

Prinses Elisabeth-zone (PEZ)
Offshore windpark

MILIEUEFFECTENRAPPORT

(uitgevoerd door Arcadis Belgium NV, in opdracht van FOD Economie)

Milieueffectenrapport Prinses Elisabeth-zone (PEZ)

FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

29 september 2023



Contactpersoon

ANNEMIE VOLCKAERT
Project Manager

M +32 486 367 550

E annemie.volckaert@arcadis.com

Arcadis Belgium nv

Gaston Crommenlaan 8 bus 101
9050 Gent
België

INHOUDSOPGAVE

Leeswijzer	i
Afkortingen en begrippen	iii
1 INLEIDING	1
1.1 DOELSTELLING VAN DIT RAPPORT	1
1.1.1 Prinses Elisabeth-zone	2
1.1.2 Omhullende scenario's	3
1.2 INITIATIEFNEMER	4
1.3 MER-DESKUNDIGEN	5
2 JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN	7
2.1 JURIDISCHE RANDVOORWAARDEN	7
2.1.1 Wetgeving in België	7
2.1.2 Europese wetgeving	12
2.1.3 Internationale wetgeving	15
2.2 BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN	17
2.2.1 Doelstellingen voor België	17
2.2.2 Doelstellingen voor Europa	19
3 BESCHRIJVING VAN HET PROJECT	22
3.1 DOELSTELLING EN MOTIVERING	22
3.2 RUIMTELIJKE SITUERING	22
3.2.1 Motivatie van de locatiekeuze	22
3.2.2 Ruimtelijke situering t.o.v. andere gebruikers	25
3.2.3 Lay-out van de Prinses Elisabeth-zone	27
3.3 TERMIJN EN FASERING	28

3.4	BESCHRIJVING TECHNOLOGIE	30
3.4.1	Windturbines	30
3.4.2	Funderingen	37
3.4.3	Erosiebescherming	41
3.4.4	Inter-array bekabeling	44
3.5	BESCHRIJVING ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN	48
3.5.1	Algemeen	48
3.5.2	Ontwikkelingsfase	50
3.5.3	Constructiefase	50
3.5.4	Exploitatiefase	67
3.5.5	Ontmantelingsfase	70
4	BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN	73
4.1	ALTERNATIEVEN CONFIGURATIE WINDTURBINES EN INTER-ARRAY KABELS	73
4.1.1	Kavel 1: windpark PE I	74
4.1.2	Kavel 2: windpark PE II	75
4.1.3	Kavel 3: windpark PE III	76
4.2	ALTERNATIEVEN INTER-ARRAY KABELS	77
4.2.1	MOG2	77
4.2.2	Spanningsniveau inter-array kabels	78
4.2.3	Begravingstechnieken inter-array kabels	78
4.3	ALTERNATIEVEN NAAR UITVOERING	79
4.3.1	Type turbine	79
4.3.2	Type fundering	79
4.3.3	Erosiebescherming	81
4.3.4	Transportbewegingen	81
4.3.5	Samenvatting	90
5	BESCHRIJVING EN BEOORDELING MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE	92
5.1	BODEM EN WATER	93
5.1.1	Methodologie	93

5.1.2	Referentiesituatie	94
5.1.3	Autonome ontwikkeling	119
5.1.4	Effecten	120
5.1.5	Leemten in kennis	159
5.1.6	Milderende maatregelen	160
5.1.7	Monitoring	164
5.2	KLIMAAT EN ATMOSFEER	166
5.2.1	Methodologie	166
5.2.2	Referentiesituatie en autonome ontwikkeling	167
5.2.3	Effecten	181
5.2.4	Leemten in kennis	192
5.2.5	Milderende maatregelen	192
5.2.6	Monitoring	192
5.3	GELUID, EMV EN TRILLINGEN	193
5.3.1	Methodologie	193
5.3.2	Referentiesituatie	193
5.3.3	Autonome ontwikkeling	199
5.3.4	Effecten	199
5.3.5	Leemten in kennis	215
5.3.6	Milderende maatregelen	216
5.3.7	Monitoring	218
5.4	FAUNA, FLORA EN BIODIVERSITEIT	219
5.4.1	Methodologie	219
5.4.2	Referentiesituatie en autonome ontwikkeling	222
5.4.3	Effecten	247
5.4.4	Leemten in kennis	301
5.4.5	Milderende maatregelen	304
5.4.6	Monitoring	307
5.5	ZEEZICHT EN MARITIEM CULTUREEL ERFGOED	309

5.5.1	Methodologie	309
5.5.2	Referentiesituatie en autonome ontwikkeling	310
5.5.3	Effecten	316
5.5.4	Leemten in kennis	323
5.5.5	Milderende maatregelen	324
5.5.6	Monitoring	324
5.6	INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN	325
5.6.1	Methodologie	325
5.6.2	Referentiesituatie en autonome ontwikkeling	326
5.6.3	Effecten	340
5.6.4	Leemten in kennis	347
5.6.5	Milderende maatregelen	347
5.6.6	Monitoring	348
5.7	RISICO'S, VEILIGHEID EN MENSELIJKE GEZONDHEID	349
5.7.1	Methodologie	349
5.7.2	Referentiesituatie en autonome ontwikkeling	349
5.7.3	Effecten	359
5.7.4	Leemten in kennis	386
5.7.5	Milderende maatregelen	387
5.7.6	Monitoring	390
6	CUMULATIEVE EFFECTEN	391
6.1	INLEIDING	391
6.2	SCOPING & METHODIEK	391
6.2.1	Scoping cumulatieve effecten	391
6.2.2	Methodiek cumulatieve effectbeoordeling	393
6.3	BESCHRIJVING EN BEOORDELING CUMULATIEVE EFFECTEN PER DISCIPLINE	395
6.3.1	Bodem en water	395
6.3.2	Klimaat en atmosfeer	403
6.3.3	Geluid, EMV en trillingen	408

6.3.4	Fauna, flora en biodiversiteit	413
6.3.5	Zeezicht en maritiem cultureel erfgoed	436
6.3.6	Interactie met andere menselijke activiteiten	438
6.3.7	Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid	443
6.4	LEEMTEN IN KENNIS	447
6.5	MILDERENDE MAATREGELEN	448
6.6	MONITORING	450
7	ONTWERP PASSENDE BEOORDELING	451
7.1	DOELSTELLING VAN VOORLIGGEND HOOFDSTUK	451
7.2	INLEIDING	451
7.3	BESCHRIJVING VAN HET PROJECT EN SCENARIO'S	454
7.3.1	Scenario's	454
7.3.2	Turbines	455
7.3.3	Funderingen en erosiebescherming	455
7.3.4	Parkbekabeling	456
7.3.5	Alternatieve configuratie windturbines en inter-array kabels	457
7.4	JURIDISCHE RANDVOORWAARDEN	460
7.5	ONTWERP PASSENDE BEOORDELING	462
7.5.1	Situering t.a.v. de Natura 2000 gebieden	462
7.5.2	Beschrijving van het Habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken'	464
7.5.3	Vogels	477
7.5.4	Zeezoogdieren	482
7.5.5	Effectbespreking	485
7.5.6	Leemten in kennis en milderende maatregelen	506
7.5.7	Besluit passende beoordeling	509
8	GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN	512
8.1	INLEIDING (VERDRAG VAN ESPOO)	512
8.2	BODEM EN WATER	513
8.3	KLIMAAT EN ATMOSFEER	514

8.4	GELUID EN ZEEZICHT	515
8.4.1	Geluid	515
8.4.2	Zeezicht	516
8.4.3	Samenvatting	516
8.5	FAUNA, FLORA EN BIODIVERSITEIT	517
8.5.1	Frankrijk	517
8.5.2	Het Verenigd Koninkrijk en Nederland	520
8.6	INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN	521
8.7	RISICO'S EN VEILIGHEID	521
8.7.1	Scheepvaartverkeer	521
8.7.2	Luchtvaartverkeer	523
8.7.3	Zwerfvuil en menselijke gezondheid	523
9	SYNTHESE EN CONCLUSIES	525
9.1	KORTE BESCHRIJVING PROJECT	525
9.2	VERWACHTE MILIEUEFFECTEN	526
9.2.1	PE I	526
9.2.2	PE II	536
9.2.3	PE III	546
9.2.4	CONCLUSIES	555
9.3	CUMULATIEVE EFFECTEN	564
9.4	GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN	567
10	REFERENTIES	570
11	BIJLAGEN	598
11.1	Procedure aanvraag milieuvergunning: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (BMM, 2003, 2019)	598
11.2	Coördinaten PEZ kavels	601
11.3	Kaartenbundel	603
11.3.1	Situering en lay-out van PE I in scenario 1	603
11.3.2	Situering en lay-out van PE I in scenario 2	604
11.3.3	Situering en lay-out van PE II in scenario 1	605

11.3.4	Situering en lay-out van PE II in scenario 2	606
11.3.5	Situering en lay-out van PE III in scenario 1	607
11.3.6	Situering en lay-out van PE III in scenario 2	608
11.3.7	Overzicht mariene beschermde gebieden in het BNZ	609
11.4	Brochures typevoorbeelden windturbines	611
12	EXTERNE BIJLAGEN	613
12.1	Numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023)	613
12.2	Aanvaringsstudie (MARIN, 2023)	613
12.3	Radarstudie (Prof. Dr. Ir. J. Catrysse, 2023)	613
12.4	Life Cycle Analysis (LCA; Arcadis Belgium NV, 2023a)	613
12.5	Afvalbeheersplan (Arcadis Belgium NV, 2023b)	613

Tabellen

Tabel 1-1 – Overzicht van de kavels binnen de Prinses Elisabeth-zone, met hun oppervlakte, gemiddelde waterdiepte en vooropgesteld totaal geïnstalleerd vermogen (Bron: principebeslissing Kavels, FOD Economie)	2
Tabel 2-1 – Overzicht van de mariene beschermde gebieden, hun oppervlakte, status en wettelijke verankering (naar Degraer et al., 2022a)	12
Tabel 3-1 – Overzicht van offshore WTG momenteel op de markt (B) of verwacht (P). Binnen deze laatste categorie vallen eveneens prototypes welke nog de nodige certificeringsprocedures dienen te doorlopen. Zowel Europese als Aziatische markt worden hier uitgelicht, ter illustratie.	30
Tabel 3-2 – Overzicht van de belangrijkste parameters en dimensies omtrent funderingen en erosiebescherming zoals gehanteerd binnen voorliggend MER. Weergegeven oppervlaktes en volumes zijn steeds uitgedrukt per individuele fundering.	44
Tabel 4-1 – Overzicht van de scenario's per kavel/windpark, met een aantal parameters van belang in de verdere hoofdstukken van voorliggend MER	74
Tabel 4-2 – Overzicht van de belangrijkste parameters naar uitvoering, gelinkt aan het typevoorbeeld voor de milieueffectbeschrijving binnen het MER	79
Tabel 4-3 – Overzicht van de verschillende funderingen en bijhorende erosiebescherming gehanteerd in de scenario's van voorliggend MER. De weergegeven cijfers betreffen steeds één afzonderlijke fundering + bijhorende erosiebescherming	81
Tabel 4-4 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de voorbereidende werken in het geval van statische MP en JF, en GBF per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. Voor GBF wordt er uitgegaan van een scenario met 10 % GBF en 90 % JF statisch	83
Tabel 4-5 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de aanvoer van funderingen en transitiestukken (in het geval van MP) per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. Voor GBF wordt er uitgegaan van een scenario met 10 % GBF en 90 % JF85	
Tabel 4-6 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de aanvoer van erosiebescherming en eventueel extra opvullen (in het geval van GBF) per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. Voor GBF wordt er uitgegaan van een scenario met 10 % GBF en 90 % JF	86
Tabel 4-7 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de aanvoer van windturbine-onderdelen of windturbines per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. *in het geval 2 jack-up vaartuigen of pontons nodig zijn, wordt verondersteld dat één ervan ter plaatse blijft, met slechts noodzaak voor één keer heen en terug richting haven te bewegen	87
Tabel 4-8 – Overzicht van totaal aantal parkkabels per kavel en scenario, op basis van indicatieve configuraties van turbines opgemaakt binnen voorliggend MER. Als tussenafstand tussen individuele kabels wordt voor alle uitvoeringsvarianten 50 m aangehouden	88
Tabel 4-9 – Overzicht van de transportbewegingen per kavel, ingedeeld per ontwikkelingsfase en doeleinde, als basis voor de verdere hoofdstukken van voorliggend MER. Merk op dat hierbij wordt uitgegaan van een worst-case situatie waarbij afzonderlijke	

turbines worden aangevoerd tijdens de constructiefase door middel van kleinere jack-up schepen welke 3 volledige turbines kunnen vervoeren tijdens 1 transport. Indien hiervoor grotere installatieschepen gebruikt worden, zullen de totale scheepsbewegingen lager liggen. In eenzelfde optiek houden de cijfers in de tabel rekening met het aanbrengen van statische erosiebescherming, daar hiervoor extra scheepsbewegingen nodig zijn ter voorbereiding. De ranges per post zijn te wijten aan onderlinge verschillen tussen de keuze voor MP, JF of een combinatie 10 % GBF + 90 % JF. Het aantal scheepsbewegingen ligt steeds het laagst voor de variant 100% JF, gevolgd door 10 % GBF + 90 % JF, en het hoogst voor 100 % MP. *het aantal transportbewegingen tijdens exploitatie betreft het aantal per jaar, gedurende de 20 jaar exploitatie. Dit in tegenstelling tot de andere fases, waar het totaal aantal transportbewegingen wordt gegeven. 89

Tabel 4-10 – Overzicht van parameters naar uitvoering, gelinkt aan de typevoorbeelden voor de milieueffectbeschrijving binnen het MER PEZ. Verschillen in aantal scheepsbewegingen zijn te wijten aan een verschillende uitvoeringsvariant naar funderingstype (100 % MP, 100 % JF of combinatie van 90 % JF en 10 % GBF). 90

Tabel 5-1 – Gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten. 92

Tabel 5-2 – Overzicht van de geologische eenheden aanwezig in de Prinses Elisabeth-zone (naar Fugro, 2022), met indicatie van de verdeling binnen de drie PEZ kavels. Diktes van de lagen werden aangevuld vanuit het voorbereidend geofysisch onderzoek in de PEZ (GEOxyz/G-tec, 2023). 104

Tabel 5-3 – Overzicht van berekende verstoorde oppervlaktes en volumes per individuele fundering, voor de verschillende activiteiten. Voor wat betreft het nivelleren en uitgraven van funderingsput, alsook stockage van gebaggerd materiaal, gaan de cijfers uit van eenzelfde grondvlak dat wordt genivelleerd, ongeacht het type turbine (12/13 MW of 22 MW). Voor het aanleggen van de erosiebescherming wordt er wel een range gegeven afhankelijk van de dimensies van de funderingen (12/13 MW of 22 MW turbine). 124

Tabel 5-4 – Overzicht van berekende verstoorde oppervlaktes en volumes per scenario en per kavel, voor de verschillende types funderingen (bij GBF wordt maximum 10 % GBF funderingen beschouwd, aangevuld met 90 % MP funderingen) en voor de verschillende activiteiten. 125

Tabel 5-5 – Overzicht van berekende volumes en oppervlakte per kavel, voor de inter-array bekabeling. Berekeningen werden enkel uitgevoerd voor scenario 1, op basis van concept configuraties zoals in Hoofdstuk 4.1. 128

Tabel 5-6 – Overzicht van de effecten van het voorbereidend onderzoek, de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de zeebodem. Significat positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.) 137

Tabel 5-7 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de waterkolom. Significat positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.) 155

Tabel 5-8 – Gemiddelde windsnelheden op open zee (> 10 km voor de kust) voor 5 standaard hoogtes (Söker et al. 2000) 168

Tabel 5-9 – Berekend energieverbruik en koolstofemissies tijdens de levenscyclus (20 jaren) van één 15 MW turbine per type fundering 183

Tabel 5-10 - Berekend energieverbruik en koolstofemissies tijdens de levenscyclus (20 jaren) van één 22 MW turbine per type fundering	183
Tabel 5-11 – Berekend energieverbruik en koolstofemissies voor de levenscyclus (20 jaren) van 2,95 km 66kV inter-array kabel (met een levensduur van 20 jaar)	184
Tabel 5-12 - Koolstofemissies en energieverbruik tijdens de levensduur van de PEZ (20 jaar) voor de twee beschouwde scenario's, inclusief bekabeling	184
Tabel 5-13 – Koolstofemissies en energieverbruik tijdens de levensduur van de totale PEZ (20 jaar) voor de twee beschouwde scenario's, inclusief bekabeling	185
Tabel 5-14 – Energiebalans voor de PEZ (inclusief bekabeling) overheen de levensduur van 20 jaren	185
Tabel 5-15 – CO ₂ -emissies voor diverse energiebronnen	188
Tabel 5-16 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de veiligheid en menselijke gezondheid. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)	191
Tabel 5-17 – Overzicht van het aantal uren/dagen/weken nodig voor het inheien van alle funderingen binnen de scenario's van voorliggend MER, per kavel in de PEZ. Hierbij wordt uitgegaan van een continu werkregime (24/24u, 7/7d) wat in realiteit niet haalbaar zal zijn. Voor MP wordt uitgegaan van 4u heien per fundering, voor JF van 4x3u heien per fundering dus 12u in totaal.	202
Tabel 5-18 - Verwacht specifiek geluid voor een sleephopperzuiger in functie van de afstand tot de bron, voor baggerschip Gerardus Mercator (188 dB @ 1 m) (Thiele, 2002)	205
Tabel 5-19 – Overzicht van berekende brongeluidsniveaus voor verschillende scheepstypes (op 6 m diepte) aan hun ontworpen snelheden. Zowel minimum, gemiddeld en maximum bronniveau worden weergegeven. Cijfers overgenomen uit de Jong et al. (2020). De types aangeduid in vet zijn de meest voorkomende scheepstypes in het BNZ. De waarden voor bronniveaus werden gesorteerd van hoog naar laag.	206
Tabel 5-20 - Vergelijking van het onderwatergeluid bij het heien tijdens de bouwphase zonder mitigerende maatregelen, deels overgenomen uit BMM (2015). Kolommen geven zowel het berekende als gemeten nul tot piek niveau (Lz-p) in dB re 1µPa gerenormaliseerd naar 750m weer, alsook de gemeten Sound exposure level (SEL) in dB re 1µPa ² s waar beschikbaar (aangepast van Betke (2008) met data van Norro et al (2013), de Jong en Ainslie (2008), en Theobald et al., 2011 voor het Sheringham shoal windpark.). De tabel werd aangevuld met data vanuit Norro (2017) voor het Nobelwind windpark, en met de inschattingen in kader van het Mermaid windpark (IMDC, 2013a), en deze voor de PEZ in voorliggend MER, zowel voor MP als JF.	208
Tabel 5-21 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op geluid, EMV en trillingen. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)	215
Tabel 5-22 – Referentie-aantallen (1993-2009) voor zeevogels zoals geformuleerd in het kader van de IHD's voor Natura 2000 en KRMS (Stienen en Vanermen, 2020).	234

Tabel 5-23 – Overzicht van berekende hoeveelheden verstoord zeebodemoppervlak (~biotoopverstoring) en volume voor de verschillende activiteiten binnen voorliggend MER. Cijfers worden weergegeven voor de verschillende scenario's, per kavel, en gesommeerd voor de hele PEZ. Ranges die gegeven worden zijn te verklaren door verschillen tussen de funderingstypes (100 % MP, 100 % JF of 90 % MP + 10 % GBF). Voor een detailoverzicht van alle berekende oppervlaktes en volumes wordt verwezen naar de effectbespreking binnen Bodem & Water. Helemaal onderaan in de tabel wordt een worst-case bepaling weergegeven van maximale aantallen voor zowel oppervlak als volume. Hierbij worden de waarden voor activiteiten 'Nivelleren en uitgraven funderingsputten', 'Stockage gebaggerd materiaal' en 'Aanleggen parkbekabeling' samengeteld. 249

Tabel 5-24 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op het macrobenthos van zachte substraten en grindbedden. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.) 260

Tabel 5-25 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op het epibenthos en vissen. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.) 274

Tabel 5-26 – Gemodelleerd aantal aanvaringen met operationele windturbines per jaar ($\pm$ SD) voor zes zeevogelsoorten t.h.v. de Oostelijke energiezone in het BNZ (Brabant et al., 2022a) en meest recente beschermingsstatuut (met jaartal laatste update) volgens de Rode Lijst in Vlaanderen en IUCN (INBO 2023; IUCN 2023). 278

Tabel 5-27 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 1 binnen de PEZ op vogels en vleermuizen; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--). 282

Tabel 5-28 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 2 binnen de PEZ op vogels en vleermuizen; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--). 283

Tabel 5-29 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 1 binnen de PEZ op zeezoogdieren in het BNZ; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--). 290

Tabel 5-30 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 2 binnen de PEZ op zeezoogdieren in het BNZ; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--). 290

Tabel 5-31 – Inschatting oppervlakte nieuw gegenereerd artificieel hard substraat (AHS) per scenario, per kavel en per funderingstype, alsook totalen voor de hele PEZ per scenario. 292

Tabel 5-32 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 1 en 2 binnen de PEZ op artificiële harde substraten (AHS) in het BNZ; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--). 297

Tabel 5-33 – Overzicht van geïdentificeerde wrakken en objecten in de PEZ gelegen (naar van den Brenk et al., 2021).	312
Tabel 5-34 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op zeezicht. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)	320
Tabel 5-35 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op het cultureel maritiem erfgoed. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)	322
Tabel 5-36 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling binnen de PEZ op interactie met andere menselijke activiteiten; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	346
Tabel 5-37 – Verwacht aantal aanvaringen per jaar voor het PEZ-windpark (MARIN, 2023)	365
Tabel 5-38 – Faalfrequenties van het RIVM (2021)	379
Tabel 5-39 – Faalfrequenties van Departement Omgeving (2022)	380
Tabel 5-40 – Werpafstanden van windturbines (IMDC (2013a)).	380
Tabel 5-41 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de veiligheid en menselijke gezondheid. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)	385
Tabel 6-1 – Overzicht van te verwachten cumulatie van effecten opgedeeld per discipline. Enkel die effecten waarvoor mogelijks cumulatie wordt verwacht, worden hieronder opgenomen in de tabel. De effecten die in de respectievelijke effectbesprekingen onder Hoofdstuk 5 als matig of significant negatief werden beoordeeld, zijn weergegeven met een asterisk *.	392
Tabel 6-2 – Overzicht van de verstoorde oppervlakte (in ha) en het bodemverzet (in Mm ³) die gepaard gaan met de verschillende activiteiten tijdens de constructiefase van de windparken in de PEZ kavels. Ranges zijn te verklaren door verschillen tussen respectievelijk 100 % MP, 100 % JF, of 90 % MP + 10 % GBF funderingen. Voor een detailoverzicht van de achterliggende cijfers, wordt verwezen naar Tabel 5-4 eerder in dit MER.	397
Tabel 6-3 – Overzicht van effecten gerelateerd aan bodem en water, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.	403
Tabel 6-4 – Koolstofemissies en energieverbruik tijdens de levensduur van de totale PEZ (20 jaar) voor de twee beschouwde scenario's.	405
Tabel 6-5 – CO ₂ -emissies voor diverse energiebronnen (op basis van EF België ⁴⁴ en LCA-studie (Arcadis Belgium NV, 2023a)	406
Tabel 6-6 - Overzicht van effecten gerelateerd aan klimaat en atmosfeer, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.	407

Tabel 6-7 – Overzicht van benodigde scheepsbewegingen voor de twee scenario's in voorliggend MER, cumulatief beschouwd voor de drie PEZ windparken samen. Er wordt een inschatting gegeven van het aantal transporten nodig per jaar, indien de volledige uitvoeringsperiode 2 dan wel 3 jaar in beslag neemt.	409
Tabel 6-8 – Overzicht van effecten gerelateerd aan geluid, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.	413
Tabel 6-9 – Overzicht van effecten op benthos (macro- en epi) en vissen, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en met andere activiteiten in het BNZ. Waar relevant wordt tussen haakjes in de eerste kolom gespecificeerd voor welke groep organismen het effect van meer belang is.	422
Tabel 6-10 – Overzicht van de te verwachten effecten van de exploitatie van het MOG2 energie-eiland en de PEZ windparken: (X) dit effect zal zo goed als zeker een rol spelen, (?) dit effect zal mogelijk en/of afhankelijk van de inrichting een rol spelen, (-) dit effect zal naar alle waarschijnlijkheid niet van tel zijn. Tabel naar Vanermen et al. (2022b).	424
Tabel 6-11 – Overzicht van effecten gerelateerd aan vogels en vleermuizen, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en in relatie tot het volledige BNZ en aangrenzende gebieden.	428
Tabel 6-12 – Overzicht van effecten gerelateerd aan zeezoogdieren, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en in relatie tot het volledige BNZ en aangrenzende gebieden.	433
Tabel 6-13 – Overzicht van cumulatief gecreëerd oppervlak (ha) aan nieuw artificieel hard substraat voor de drie kavels binnen de PEZ, opgesplitst per scenario en per type fundering. Voor achterliggende berekeningen, wordt verwezen naar de effectbespreking onder hoofdstuk § 5.4.3.5.	434
Tabel 6-14 – Overzicht van effecten gerelateerd aan artificiële harde substraten, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en in relatie tot het volledige BNZ en aangrenzende gebieden.	435
Tabel 6-15 – Overzicht van effecten gerelateerd aan zeezicht, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.	437
Tabel 6-16 - Overzicht van effecten gerelateerd aan interacties met andere menselijke activiteiten, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de ontwikkelingen in de PEZ en andere activiteiten in het BNZ.	442
Tabel 6-17 - Overzicht van effecten gerelateerd aan risico's, veiligheid en menselijke gezondheid, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.	446
Tabel 7-1 – Overzicht van de kavels binnen de Prinses Elisabeth-zone, met hun oppervlakte, gemiddelde waterdiepte en vooropgesteld totaal geïnstalleerd vermogen (Bron: principebeslissing Kavels, FOD Economie)	452
Tabel 7-2 – Overzicht van de scenario's per kavel/windpark, met een aantal parameters van belang in de verdere hoofdstukken van voorliggend MER	455
Tabel 7-3 – Overzicht van de belangrijkste parameters naar uitvoering, gelinkt aan het typevoorbeeld voor de milieueffectbeschrijving binnen het MER	455

Tabel 7-4 – Overzicht van de belangrijkste parameters en dimensies omtrent funderingen en erosiebescherming zoals gehanteerd binnen voorliggend MER. Weergegeven oppervlaktes en volumes zijn steeds uitgedrukt per individuele fundering.	456
Tabel 7-5 - Overzicht van de internationaal belangrijke zeevogelsoorten op het BNZ (Degraer et al., 2010; Belgische Staat, 2012a)	477
Tabel 7-6 - Populatiegrootte & -trends voor overwinterende en broedende zeevogels in België (gebaseerd op Art 12 National Summary Factsheet 2013-2018– Belgium) - stijgend (+), stabiel (=), fluctuerend (F) en dalend (-) (Belgische Staat, 2022b)	480
Tabel 7-7 – Gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten in het kader van de ontwerp passende beoordeling binnen voorliggend project.	486
Tabel 7-8 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. habitatype 1110 in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), verwaarloosbaar (0/-), matig negatief (-), betekenisvol negatief (--).	490
Tabel 7-9 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. habitatype 1170 in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), verwaarloosbaar (0/-), matig negatief (-), betekenisvol negatief (--).	496
Tabel 7-10 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. vogels in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief of verwaarloosbaar (0/-), matig of niet-betekenisvol negatief (-), betekenisvol negatief (--).	500
Tabel 7-11 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. zeezoogdieren in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief of verwaarloosbaar (0/-), matig of niet-betekenisvol negatief (-), betekenisvol negatief (--).	503
Tabel 8-1 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op bodem en water net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	514
Tabel 8-2 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op klimaat en atmosfeer net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	515
Tabel 8-3 - Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op geluid en zeezicht net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	517
Tabel 8-4 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op benthos en vissen net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	518

Tabel 8-5 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op vogels en vleermuizen net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	519
Tabel 8-6 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op bruinvissen net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	520
Tabel 8-7 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op risico's en veiligheid net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).	524
Tabel 9-1 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van potentiële voorbereidende geofysische/geotechnische onderzoeken in kavel PE I , voor beide scenario's en per discipline	526
Tabel 9-2 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de constructie van een windpark in kavel PE I (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	527
Tabel 9-3 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de exploitatie van een windpark in kavel PE I (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	530
Tabel 9-4 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de ontmanteling van een windpark in kavel PE I (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	533
Tabel 9-5 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van potentiële voorbereidende geofysische/geotechnische onderzoeken in kavel PE II , voor beide scenario's en per discipline	536
Tabel 9-6 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de constructie van een windpark in kavel PE II (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	537
Tabel 9-7 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de exploitatie van een windpark in kavel PE II (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	540
Tabel 9-8 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de ontmanteling van een windpark in kavel PE II (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	543
Tabel 9-9 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van potentiële voorbereidende geofysische/geotechnische onderzoeken in kavel PE III , voor beide scenario's en per discipline	546
Tabel 9-10 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de constructie van een windpark in kavel PE III (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	546
Tabel 9-11 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de exploitatie van een windpark in kavel PE III (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	549
Tabel 9-12 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de ontmanteling van een windpark in kavel PE III (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline	552

Tabel 9-13 – Overzicht van de **cumulatieve effecten** tijdens de activiteiten in kader van de constructie, exploitatie, en ontmanteling van de drie windparken in de PEZ samen (inclusief inter-array bekabeling), en in combinatie met andere activiteiten in het BNZ, weergegeven per discipline. S = cumulatief effect is gelijk aan de som van de individuele effecten; >S = cumulatief effect is groter dan de som van de individuele effecten; <S = cumulatief effect is kleiner dan de som van de individuele effecten; 0 = geen cumulatief effect of niet relevant. 566

Tabel 9-14 – Overzicht van de **grensoverschrijdende effecten** tijdens de activiteiten in kader van de constructie, exploitatie, en ontmanteling van de drie windparken in de PEZ (inclusief inter-array bekabeling), weergegeven per scenario, kavel en discipline. Deze tabel geeft de grensoverschrijdende effecten op Frankrijk weer, gezien deze het meest van toepassing zijn in voorliggend project. 568

Figuren

Figuur 1-1 – Kavelindeling en voorgesteld geïnstalleerd vermogen binnen PEZ (Bron: website FOD Economie – <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebronnen/hernieuwbare-energieen/hernieuwbare-energiebronnen-de/belgische-windenergie-op-zee>). In groen de aanduiding van de natuurbeschermingszones (Habitat- en Vogelrichtlijngebieden) op zee. In blauwe arcering de Oostelijke energiezone, in geel de zandwinningsgebieden en zoekzones zandwinning, en in paars de scheepvaartroutes. 3

Figuur 3-1 – Overzicht van de kavelindeling PEZ, de aanduiding van MOG2, en de Natura 2000 beschermde gebieden in het BNZ. De zwarte lijn in het midden het BNZ duidt de 12 nautische mijl aan, de afbakening van de territoriale wateren. 23

Figuur 3-2 – **Links:** grindbedlocaties ter hoogte van PEZ, volgens de EDEN2000-studie 'Kartering van grindbedden' waarvan de resultaten op de website <https://www.health.belgium.be/nl/eden2000-studies> te vinden zijn. Grindbedden zijn onderverdeeld in Type 1, Type 2 en Type 3. **Rechts:** gedetailleerde grindbedlocaties binnen PEZ (Bron: Montereale-Gavazzi et al., 2020, 2023a; KBIN) 24

Figuur 3-3 – Overzicht van andere gebruikers in en rondom de kavels van de PEZ, op basis van het MRP 2020-2026 en andere bronnen. Naast zaken vermeld in de legende zijn ook de zones voor militaire activiteiten NB-01 (grijs) en BNOM (lichtgroen) aangeduid. 27

Figuur 3-4 – Overzicht van funderingstypes (van links naar rechts): Gravitair (GBF), Jacket (JF) en Monopile (MP), met aanduiding van de verticale zonering (Bron oorspronkelijke figuur: Rumes et al., 2013) – I. splash zone, II. Intertidale zone, III. Submerged zone, IV. Erosiebeschermingszone 37

Figuur 3-5 – Schema van de opbouw van een statische erosiebescherming (bron: naar Sumer & Nielsen, 2013, overgenomen uit Arboleda et al., 2023). De parameters aangeduid op de figuur zijn: ta = dikte armour layer, tf = dikte filterlaag, Dp = diameter paal, Wa = footprint armour layer, Wb = footprint filterlaag 43

Figuur 3-6 – Boven: voorbeeld van een 66 kV array kabel met een 800 mm² aluminium conductor en EPR behuizing (© Prysmian Group). Onder: doorsnede van een 66 kV inter-array kabel (©Hellenic Cables). 46

Figuur 4-1 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE I. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden op basis van de laatste detailkarteringen (Montereale-Gavazzi et al., 2023a) in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

75

Figuur 4-2 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden op basis van de laatste detailkarteringen (Montereale-Gavazzi et al., 2023a) in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

76

Figuur 4-3 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden op basis van de laatste detailkarteringen (Montereale-Gavazzi et al., 2023a) in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

77

Figuur 5-1 – Dieptekaart van het BNZ (in m onder GLLWS) met aanduiding van de groepen zandbanken: 1. Kustbanken, 2. Vlaamse Banken, 3. Zeelandbanken en 4. Hinderbanken. Het studiegebied PEZ wordt aangeduid als rode polygoon. Data van AWZ-WWK Zeebrugge, aangevuld met data van de Nederlandse en Engelse Hydrografische Diensten, compilatie door Van Lancker et al. (2007)

95

Figuur 5-2 – Overzicht van de stromingsrichting, sedimenttransport en dwarsprofiel van de zandbanken in het BNZ (naar Mathys, 2009; figuur overgenomen uit van den Brenk et al., 2021). De PEZ is aangeduid met zwarte gestippelde contour

96

Figuur 5-3 –Morfologische kaart van zandduinen in het BNZ op basis van Van Lancker et al. (2007), met aanduiding van het projectgebied PEZ als rode polygoon

97

Figuur 5-4 – dwarsdoorsnede ter hoogte van de Westhinder zandbank in het projectgebied PEZ die de hiërarchie van bodemvormen weergeeft (bron: Van Oyen et al., 2013, naar Deleu et al., 2004)

97

Figuur 5-5 – Detail bathymetrische kaart ter hoogte van het studiegebied PEZ, op basis van het digitaal terreinmodel (1x1 m resolutie) van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust – Afdeling Kust – Vlaamse Hydrografie (geraadpleegd dd. 2023). Data projectie in WGS84, UTM31N

99

Figuur 5-6 – **Boven:** Detail morfologische profielen van zandduinen ter hoogte van het studiegebied PEZ, overgenomen uit Fugro (2022); **Onder:** Overzicht van de PEZ morfologie en onderscheid tussen kleine, middelgrote, grote en zeer grote zandduinen, naar GEOxyz/G-tec (2023).

100

Figuur 5-7 – Dwarsdoorsneden van de stratigrafie (boven + midden) en lithologische klassen (onder) doorheen het BNZ vanaf de kust (A) tot offshore (B) (bron: Hademenos et al., 2018)

102

Figuur 5-8 – Overzicht van Paleogene seismo-stratigrafische afzettingen die voorkomen onder de niet-geconsolideerde Quartaire afzettingen van het BNZ (Bron: figuur naar van den Brenk et al. (2021), gebaseerd op De Clercq (2018) en Le Bot et al. (2003)). De PEZ is weergegeven als rode polygoon. OS = offshore scarp, FV = Fairy Valley (zie ook § 5.5.2.2 en Figuur 5-60)

103

Figuur 5-9 – **A.** Overzichtskaart van de dikte van de Quartaire afzettingen in het BNZ (naar Mathys, 2009), met aanduiding van de Prinses Elisabeth-zone als rode contour. **B.** Detail van de dikte van Quartaire afzettingen ter hoogte van het projectgebied PEZ (Fugro, 2022) 106

Figuur 5-10 – **A.** Overzicht van de geologische opbouw van de zeebodem in het BNZ, met aanduiding van de kavels in de PEZ in rode contour (naar De Clercq, 2018). De verschillende profieltypes worden onderaan de figuur weergegeven, en diegene die voorkomen binnen de Prinses Elisabeth-zone zijn aangeduid in rode contour. **B.** Schematische weergave van de Hinderbanken stratigrafie (naar IMDC, 2022) met een link (rode pijlen) naar de voorkomende profieltypes in de PEZ. 107

Figuur 5-11 – Korrelgrootteverdeling in het BNZ (bron: Verfaillie et al., 2006), met aanduiding van de PEZ kavels (rode contour) 108

Figuur 5-12 – **A.** Eerdere indicatie van de ruimtelijke verspreiding van het potentieel voorkomen van grindbedden (waarde 5 = potentiële grindbedlocatie) in het BNZ (naar Pecceu et al., 2021), met aanduiding van de Prinses Elisabeth-zone (rode contour). **B.** Meer recente detailkaart van een deel van de PEZ (overlap met SBZ-H Vlaamse Banken) met aanduiding van de nauwkeurigere voorspelde grindpercentages nabij de Hinderbanken, naar het KBIN grind model 2022 van Montereale-Gavazzi et al. (2023a) in kader van de EDEN2000 studies 110

Figuur 5-13 – **A.** Overzichtskaart van de maximale stroomsnelheden (m/s) van eb- en vloedstroom in het BNZ (naar Lanckneus et al., 2001), met indicatie van de Prinses Elisabeth-zone (rode contour). **B.** Detail van een deel van het projectgebied, waar een hoger resolutie hydrodynamisch model (Van den Eynde et al., 2023c) werd ingezet om dieptegemiddelde stroomsnelheden te bepalen 113

Figuur 5-14 – Overzichtskaart van activiteiten ter hoogte van de Hinderbanken (i.e. projectgebied PEZ) welke een invloed kunnen hebben op sedimentatie in het gebied. Zo is er intensieve mariene aggregaatwinning toegestaan in de verschillende sectoren van concessiezone 4 (zwarte polygonen). De positie van de Westhinder meetpaal (Vlaamse Hydrografie) wordt aangeduid als rode vijfhoek. Het SBZ-H 'Vlaamse Banken' wordt weergegeven met arcering. De grijze veelhoek in het SBZ-H 'Vlaamse Banken', ten slotte, is een ankergebied. Aanwezigheid van grind (paarse stippen) en stenen (groene driehoeken) op basis van Van Lancker et al. (2016) wordt aangegeven, waarbij de grootte van de stippen in verhouding staat met de relatieve hoeveelheden (minimum 20 % grind). De lichtgele gebieden zijn de zones waarin er een hoger potentieel op het aantreffen van grind heerst. De groene vierkanten ten westen van de Oosthinder stellen grindrefugia voor die ecologisch waardevolle grindbedden herbergen. 116

Figuur 5-15 – Jaarlijkse en diepte-gemiddelde SPM concentratie (Suspended Particulate Matter) (mg/l) aan het wateroppervlak (naar Fettweis et al., 2010). De PEZ is weergegeven als rode contour. 119

Figuur 5-16 – Indicatie van de tijdelijke stortplaatsen in de kavels PE II en PE III (rode vierkantjes) zoals aangenomen in de numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V.) voor de fijne sedimentfractie. Als dimensie wordt een grondvlak van 200 bij 200 m gehanteerd; in de rest van de effectbeoordeling wordt echter een stortplaats van 500 x 500 m aangehouden. 139

Figuur 5-17 – Overzicht van de maximale laagdikte aan fijn sediment voor de twee GBF locaties gemodelleerd in het detailscenario van de pluimmodellering. De contouren van de PEZ kavels PE II en PE III zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden in groen (Arcadis Nederland B.V., 2023). Naast de GBF baggerlocatie wordt ook een tijdelijke stortlocatie voor de fijne sedimentfractie in kavel PE II aangeduid. 141

Figuur 5-18 – Weergave van de maximale laagdikte (i.e. de dikte op een bepaald moment in de tijd tijdens de werkzaamheden aangetroffen) in de PEZ kavels PE II en PE III. De contouren van de kavels zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden (op basis van de EDEN2000 studie) in groen. De locatie van twee indicatieve stortlocaties voor de fijne fractie gebaggerd sediment is eveneens aangeduid op de figuur.	143
Figuur 5-19 – Weergave van de evolutie doorheen de tijd van de laagdikte en pluimverspreiding tengevolge ingraven van funderingsputten in de PEZ kavels PE II en PE III. De contouren van de kavels zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden (op basis van de EDEN2000 studie) in groen.	145
Figuur 5-20 – Maximale laagdikte fijn sediment tijdens de installatie van de inter-array kabels in kavels PE II en PE III. De kavels van de PEZ zijn aangeduid als paarse contouren, de locatie van de grindbedden (cf. EDEN2000 studie) wordt weergegeven met een groene contour. De cirkels geven een indicatie waar de parkkabels de kleilaag kunnen bereiken en vormen de argumentatie van de brontermen gehanteerd in de pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023).	147
Figuur 5-21 – Maximale concentratieverhoging fijn sediment (dag- en dieptegemiddeld) in de PE II en PE III kavels (schematisch scenario). De kavels van de PEZ zijn aangeduid als paarse contouren, de locatie van de grindbedden wordt weergegeven met een groene contour.	150
Figuur 5-22 – Maximale concentratieverhoging fijn sediment (dag- en dieptegemiddeld) tijdens de aanleg van inter-array kabels (kabelscenario). De kavels van de PEZ zijn aangeduid als paarse contouren, de locatie van de grindbedden wordt weergegeven met een groene contour.	151
Figuur 5-23 – Maandelijks gemiddelde luchttemperatuur (°C) en neerslag (mm) in kustgemeente Bredene tussen 1991 en 2020 (KMI, 2023)	167
Figuur 5-24 – Emissie broeikasgassen in CO ₂ -equivalent door België en EU27 (indicators.be – Uitstoot van broeikasgassen (i62))	169
Figuur 5-25 – Boven: Aandeel van wegverkeer, luchtvaart, spoorverkeer, binnenvaart, zeescheepvaart, niet-uitlaat emissies en andere sectoren in de totale CO ₂ -, TSP-, SO ₂ -, NO _x (NO ₂)- en NMVOS emissie in 2018 (%). Onder: Aandeel van wegverkeer, luchtvaart, spoorverkeer, binnenvaart, zeescheepvaart in de totale CO ₂ -, SO ₂ -, NO _x (NO ₂)- en NMVOS emissie van de transportsector in 2018 (%). (VMM, 2020b)	171
Figuur 5-26 – Gemodelleerde SO ₂ -concentratie jaargemiddelden in 2019 (VMM, 2020a)	172
Figuur 5-27 – Gemodelleerde NO ₂ -jaargemiddelden in 2019 (VMM, 2020a)	173
Figuur 5-28 – Emissie van NO _x (ton NO ₂) per scheepvaarttype voor het aandeel binnenlandse zeevaart (VMM, 2020b)	173
Figuur 5-29 – Gemodelleerde PM ₁₀ -jaargemiddelden in 2019 (getoetst aan de Europese jaargrenswaarde; VMM, 2020a)	174
Figuur 5-30 – Totale PM ₁₀ -emissie (y-as links) en emissies per sector (y-as rechts) voor periode 2000-2018 (ton; VMM, 2020a)	175
Figuur 5-31 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit (in u/km ² /maand) in 2021 voor alle schepen uitgerust met AIS in het BNZ, met aanduiding van het projectgebied. Gebaseerd op AIS data verkregen via DG Scheepvaart.	176

Figuur 5-32 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit in en rond de PEZ op basis van AIS data 2021 in aantal schepen per 1000 km ² voor alle soorten schepen die beschikken over AIS, met aanduiding van het projectgebied. Bron: MARIN (2023) – Externe bijlage 2 (MARIN, 2023), op basis van AIS data 2021 verkregen bij DG Scheepvaart.	176
Figuur 5-33 – NO _x -uitstoot grenswaarden opgelegd door IMO (MARPOL Bijlage VI Voorschrift 13) met drie niveaus (Tiers) als functie van de optimale werkingssnelheid van de motor (RPM, nominaal toerental van de motor)	178
Figuur 5-34 – Fase V uitstoot-grenswaarden voor motorcategorie NRE als gedefinieerd in artikel 4, lid 1, punt 1 (verordening 2016/1628 – van toepassing sinds 2019/2020.) (NRE = Engines for mobile nonroad machinery, suited to move or to be moved, that are not included in any of other categories).	179
Figuur 5-35 – Elektriciteitsmix voor België in 2022 en 2021	187
Figuur 5-36 – Contouren van de windsnelheden (in m/s) bij een gemiddelde vin=10 m/s op rotorhoogte (Wuβow et al., 2007)	189
Figuur 5-37 – Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines) (Sanderhoff, 1993)	190
Figuur 5-38 – Overzicht van geluidsdruk niveaus en frequenties geproduceerd door verschillende bronnen (zowel natuurlijk als antropogeen) onder water (Bron: OSPAR (2023) – https://www.ospar.org/work-areas/eiha/noise)	195
Figuur 5-39 – Links: Gemiddelde geluidsdruk niveaus (in dB re 1μPa ²) tengevolge natuurlijke geluidsbronnen (wind) in de Noordzee; Rechts: Gemiddelde geluidsdruk niveaus tengevolge natuurlijke én antropogene geluidsbronnen (scheepvaart). Beide in kaart gebracht tijdens het JOMOPANS project (https://northsearegion.eu/jomopans/news/jomopans_maps/)	196
Figuur 5-40 – Geluidsdruk niveaus (in dB re 1μPa) tengevolge zowel windparken als schepen in de Noordzee (Tougaard et al., 2020).	197
Figuur 5-41 – Overzicht van gemeten geluidsdruk niveaus ter hoogte van operationele windparken in de Oostelijke energiezone van het BNZ: blauw = operationele windturbine op jacket fundering (6,15 MW turbine in C-Power); paars = operationele windturbine op monopile fundering (3 MW turbine in Belwind). Het achtergrondgeluidsdruk niveau ter hoogte van Belwind (Bligh bank) is eveneens weergegeven in zwart. Figuur naar Norro et al. (2013).	198
Figuur 5-42 – Geproduceerde geluidsniveaus in de 1/3 octaaf spectra door een sleepopperzuiger (TSHD) tijdens de verschillende werkzaamheden (de Jong et al., 2010).	204
Figuur 5-43 – Het voorkomen van EUNIS niveau 3 habitats op het BNZ en t.o.v. de PEZ (rode contour). EUNIS A5.1 habitats zijn grofkorrelige sedimenten (dubbel gearceerd); A5.2 zijn de zand tot slibbige zanden (punten), A5.3 slib tot zandig slib (schuin gestreept) (Van Lancker, 2012). De achtergrondkleur toont de betrouwbaarheid van de kartering: wit: laag; licht blauw: hoog.	224
Figuur 5-44 – Links: Geografische verdeling van de vier oorspronkelijke macrobenthosgemeenschappen (wit: onvoorspeld gebied, niet geanalyseerd) in het BNZ zoals gedefinieerd in Degraer et al. (2009). Rechts: Geografische weergave van de vijf herziene biotopen en hun staalnamelocaties in het BNZ volgens Pecceu et al. (2021), inclusief staalnamelocaties uit Breine et al. (2018). De PEZ kavels zijn aangeduid met rode contour.	225

Figuur 5-45 – Links: Potentieel voorkomen (op basis van aan- of afwezigheid) van grindbedden in het BNZ (naar Pecceu et al., 2021); Rechts: geschiktheidskaart (> 20 % kans op voorkomen) van het BNZ voor <i>Lanice conchilega</i> aggregaties van meer dan 500 ind/m ² . De classificatie in een biologische waardering werd door Pecceu et al. (2021) gedaan op basis van het % van voorkomen. De PEZ kavels zijn aangeduid als rode contouren.	226
Figuur 5-46 – Biologische waarderingskaart van het BNZ op basis van de voorkomende macro- en epibenthos, alsook demersale visgemeenschappen en het voorkomen van grindbedden en <i>Lanice conchilega</i> aggregaties (Pecceu et al., 2021). De PEZ kavels zijn aangeduid als rode contouren.	228
Figuur 5-47 – Situering sleeplocaties voor analyse epibenthos (links) en visfauna (rechts) op het gehele BNZ (De Backer et al., 2022). De PEZ kavels worden aangeduid met blauwe stippellijn. De kleuraanduiding van de sleeplocaties geeft een eerste indicatie van het type gemeenschap dat er werd aangetroffen. De achtergrondkaart geeft de mediane korrelgrootte van het sediment weer.	231
Figuur 5-48 – Belgische deel van de Noordzee met weergave van de zonering voor de berekening van de referentie-aantallen van zeevogels (zie Tabel 5-22) en indicatie van de PEZ, de Oostelijke energiezone en het N2000 gebied 'Vlaamse Banken' (Vanermen et al., 2022b).	235
Figuur 5-49 – Biologische waarderingskaart voor zeevogels in het BNZ (Deraus et al. 2007), met aanduiding van de PEZ (blauw) en de Oostelijke energiezone (zwart).	237
Figuur 5-50 – Waarnemingen van bruinvis (rood) en zeehonden (geel) in het BNZ in 2021 op basis van surveys per vliegtuig door KBIN in juni en september, met indicatie van de gevlogen route en de Oostelijke energiezone (Haelters et al., 2022).	240
Figuur 5-51 – Gemiddelde densiteit van bruinvis in de zuidelijke en centrale Noordzee in de lente (Gilles et al., 2016).	241
Figuur 5-52 – Aantal dood of stervende gestrande zeehonden aan de Belgische kust tussen 2005-2021 (blauw), met procentueel aandeel grijze zeehonden (oranje). (Haelters et al., 2021)	242
Figuur 5-53 – Grafische weergave van het 'biofilter' effect van een AHS koloniserende gemeenschap op een turbine fundering in het BNZ (Degraer et al., 2020b).	245
Figuur 5-54 – Overzicht van de gemiddelde 'swept area ratio' (i.e. het aantal keren dat een specifieke grid cel werd verstoord met boomkor per jaar) tussen 2013 en 2019 (Pecceu et al., 2021). De PEZ kavels zijn aangeduid met witte contouren.	269
Figuur 5-55 – Gevoeligheidskaart voor zeevogels in het BNZ (o.b.v. distributiemodellen voor Jan-van-Gent, roodkeelduiker, zeekoet en alk) m.b.t. 'displacement' of verplaatsing ten gevolge van o.a. barrière effecten en habitatverlies door de aanwezigheid van een windpark (Vanermen et al., 2022a), inclusief indicatie van de Oostelijke energiezone (groen) en de PEZ (geel).	280
Figuur 5-56 – Invloedszones rondom een geluidsbron voor zeezoogdieren (Verboom and Kastelein, 2005). 'Zone of audibility': zone waarbinnen het geluid hoorbaar is voor zeezoogdieren; 'Zone of responsiveness': zone waarbinnen zeezoogdieren gedragsveranderingen vertonen; 'Discomfort threshold': overschrijding van deze afstand tot de geluidsbron veroorzaakt vermijdings- en afschrikreacties; 'Zone of severe disturbance': zone waarbinnen ernstige verstoring (sterke vermijdingsreacties) van zeezoogdieren optreedt; 'Zone of hearing injury': zone waarbinnen gehoorschade of zelfs mortaliteit optreedt.	286

Figuur 5-57 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit (in u/km ² /maand) in 2021 voor alle schepen uitgerust met AIS in het BNZ, met aanduiding van het projectgebied. Gebaseerd op AIS data verkregen via DG Scheepvaart.	310
Figuur 5-58 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit in en rond de PEZ op basis van AIS data 2021 in aantal schepen per 1000 km ² voor alle soorten schepen die beschikken over AIS, met aanduiding van het projectgebied. Bron: MARIN (2023) – Externe bijlage 2, op basis van AIS data 2021 verkregen bij DG Scheepvaart.	311
Figuur 5-59 – Boven: Overzicht van de geïdentificeerde wrakken en objecten in en nabij de PEZ, op basis van voorafgaand archeologisch onderzoek (naar van den Brenk et al., 2021). 100-jarige scheepswrakken worden weergegeven met hun benaming, wrakken die bovendien individuele beschermingsmaatregelen genieten, zijn bijkomend aangeduid met een asterisk. Onder: Overzicht van de geïdentificeerde wrakken in de PEZ op basis van geofysisch (multibeam echosounder en side scan sonar) vooronderzoek door GEOxyz/G-tec (2023).	313
Figuur 5-60 – Overzichtskaart van het Top-Paleogeen oppervlak van het Belgisch Continentaal Plat (naar De Clercq, 2018), met aanduiding van de belangrijkste valleien en andere restanten, en in rood het PEZ studiegebied. In de achtergrond een bathymetrische kaart (in m LAT).	314
Figuur 5-61 – Links: archeologische potentieelkaart van De Clercq (2018) voor het BNZ, met aanduiding van de PEZ (rode contour). Rechts: paleontologische potentieelkaart van De Clercq (2018) voor het BNZ, eveneens met aanduiding van de PEZ (rode contour).	315
Figuur 5-62 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Natuurwaarden.	327
Figuur 5-63 – Intensiteit bodemberoerende visserij aan het oppervlak (< 3 cm; links) en voor de ondergrond (> 3 cm; rechts) van de zeebodem (Kint et al., 2018).	328
Figuur 5-64 – Overzicht van visserij-inspanning tussen 2013 en 2019 in verschillende zoekzones in het BNZ, waaronder de ‘Vlaamse Banken’ en de zoekzone 3 voor bodembeschermende maatregelen nabij de kust (en dus buiten het studiegebied PEZ), onderverdeeld per type en per Europese vloot (Pecceu et al., 2021).	329
Figuur 5-65 – Visserij-inspanning in 2020 door de Belgische vloot ter hoogte van de projectlocatie (PEZ) en het BNZ in visuren (Geofish, 2022).	330
Figuur 5-66 – Evolutie van de Belgische vissersvloot (1950-2020) in aantal vaartuigen en in capaciteit (BT en kW) (Polet et al., 2022).	331
Figuur 5-67 – Jaarlijkse aanvoer door Belgische vissersvaartuigen in Belgische en Europese havens tussen 2000 en 2022 (Vlaamse Overheid, 2022).	332
Figuur 5-68 – Zones binnen het BNZ voorbehouden voor maricultuur en voor commerciële en industriële activiteiten, inclusief de locaties van enkele proefprojecten rond maricultuur in de kustnabije zone en in de Spuikom van Oostende (Delbare et al., 2022).	334
Figuur 5-69 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Militaire activiteiten.	335
Figuur 5-70 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Kabelcorridor, kabels en pijpleidingen. Zie ook Figuur 3-3 in eerder hoofdstuk van dit MER voor een zoom op de PEZ.	337

Figuur 5-71 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Zandwinning en storten baggerspecie.	338
Figuur 5-72 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen.	339
Figuur 5-73 – Voornaamste verkeersstromen en scheepvaartroutes (bruin) in het BNZ (MRP 2020-2026), met aanduiding van het projectgebied (lichtgroen).	351
Figuur 5-74 – Jaarlijkse gemiddelde scheepvaartintensiteit door tankers binnen het BNZ in 2021 op basis van AIS data in uren per km ² per maand (DG Scheepvaart 2022), met aanduiding van het projectgebied.	352
Figuur 5-75 – Jaarlijkse gemiddelde scheepvaartintensiteit door vrachtschepen (container- en RoRo-schepen) binnen het BNZ in 2021 op basis van AIS data in uren per km ² per maand (DG Scheepvaart 2022), met aanduiding van het projectgebied.	352
Figuur 5-76 – Schematische voorstelling van het actief werkingsgebied VTS-SRK (rood), het BNZ (groen) en de PEZ zone (blauw) (Catrysse, 2023) (Merk op: het VTS-SRK werkingsgebied overlappend met het BNZ krijgt een bruine markering (combinatie van groen en rood)).	354
Figuur 5-77 – Reikwijdte van de SRK radarstations, bij een hoogte boven de zeespiegel van het waar te nemen object (schip) van 10 m (Catrysse, 2023)	355
Figuur 5-78 – Belgisch versus Nederlands luchtruim ter hoogte van het projectgebied PEZ	356
Figuur 5-79 – Aantal internationale olielekken gelinkt aan tankers tussen 1970 en 2022, met opdeling in matige (7-700 ton) en grote (>700 ton) lekken en gemiddeld aantal per decennium (ITOPF, 2023).	357
Figuur 5-80 – Niet-route gebonden scheepsdensiteit (Visserij) rond de PEZ (gebaseerd op AIS data 2021) (MARIN, 2023)	361
Figuur 5-81 – Configuratie turbines en kabels Scenario 1 (MARIN, 2023)	363
Figuur 5-82 – Configuratie turbines en kabels Scenario 2 (MARIN, 2023)	363
Figuur 5-83 – Reikwijdte voor de SRK radar Oostende bij objecten van 3 m, 10 m en 20 m hoogte, en een RCS van 1m ² en 25 m ² (Catrysse, 2023)	369
Figuur 5-84 – Reikwijdte voor de SRK radar Oostdijckbank bij objecten van 3 m, 10 m en 20 m hoogte, en een RCS van 1 m ² en 25 m ² (Catrysse, 2023)	371
Figuur 5-85 – Maskering van MOG2 voor de voorliggende kavel PE II (zuid) (Catrysse, 2023)	372
Figuur 5-86 – Dode zone achter het PEZ project voor de SRK radar van Oostende (Catrysse, 2023)	372
Figuur 5-87 – Dode zone achter het PEZ project voor de SRK radar van Oostdijckbank	373
Figuur 5-88 – Ligging van de vaarroute ZW naar Oostende, Zeebrugge en de Scheldmonding, en achterliggende vaarroute NT tegenover de PEZ	375
Figuur 6-1 – Overzicht van fysieke verstoring van de zeebodem in het BNZ in de periode 2011 – 2016, gelinkt aan de verschillende sectoren (overgenomen uit Belgische Staat, 2018a).	398

Figuur 6-2 – Belgisch deel van de Noordzee met operationele Oostelijke energiezone en geplande PEZ, alsook de operationele Borssele zone (Nederland) en geplande zone t.h.v. Duinkerke (Frankrijk), met aanduiding van 3 km en 16 km bufferzones voor respectievelijk Jan-van-Genten, alken en zeekoeten, en duikers en zee-eenden (Vanermen & Stienen, 2023). 427

Figuur 6-3 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit in en rond de PEZ voor visserijsschepen op basis van AIS data 2021 in aantal schepen per 1000 km², met aanduiding van het projectgebied. Bron: MARIN (2023) – Externe bijlage 2, op basis van AIS data 2021 verkregen bij DG Scheepvaart. 440

Figuur 6-4 – Belgisch deel van de Noordzee met operationele Oostelijke energiezone en twee alternatieven naar geplande PEZ i.f.v. het vermijden van barrière-effecten op Jan-van-Gent, zeekoet en alk, alsook de operationele Borssele zone (Nederland) en geplande zone t.h.v. Duinkerke (Frankrijk) (Vanermen & Stienen, 2023). 449

Figuur 7-1 – Overzicht van de kavelindeling PEZ, de aanduiding van MOG2, en de Natura 2000 beschermde gebieden in het BNZ. De zwarte lijn in het midden het BNZ duidt de 12 nautische mijl aan, de afbakening van de territoriale wateren. 453

Figuur 7-2 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE I. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden (inclusief 500 m bufferzone) op basis van de laatste detailkarteringen in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur. 458

Figuur 7-3 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden (incl. 500 m bufferzone) op basis van de laatste detailkarteringen in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur. 459

Figuur 7-4 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden (incl. 500 m buffer) op basis van de laatste detailkarteringen in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur. 460

Figuur 7-5 - Speciale zone voor Natuurbehoud 'Vlaamse Banken' (figuur gebaseerd op nieuwsbericht website BMM, 21/09/2010). De PEZ kavels zijn aangeduid als witte contouren. 465

Figuur 7-6 – Overzicht van kartering van grindbedden in het BNZ. **Boven links:** Kartering van potentiële grindgebieden (blauwe zones) op basis van: (1) sedimentdatabase; (2) stenen gevonden door duikers; (3) akoestische zeebodemclassificatie; (4) bathymetrische positie-index; (5) bathymetrie digitaal terreinmodel; en (6) een Quartairdek van minder dan 2,5 m (naar Degraer et al., 2009). De contouren van de zandwinningsgebieden zijn eveneens aangeduid op de kaart. **Boven rechts:** Kartering van potentiële aanwezigheid van grindgebieden (blauwe zones; zeer hoge biologische waarde) binnen de studie van Pecceu et al. (2021). **Onder:** Kartering van grindbedden en omliggende 500 m bufferzones in de PEZ volgens de EDEN2000 studie van Montereale-Gavazzi et al. (2023a) – zowel de ruimere type 1, type 2 en type 3 contouren (links), als de detailcontouren voor type 1 waarmee in voorliggend MER rekening werd gehouden (rechts). 471

Figuur 7-7 - Kartering van potentiële aanwezigheid (> 20 % kans) van <i>Lanice conchilega</i> aggregaties van meer dan 500 individuen per m ² binnen de studie van Pecceu et al. (2021). Een waarde 2 komt overeen met een kans van 20-40 % om <i>L. conchilega</i> aggregaties aan te treffen, 3 = 40-60 %, 4 = 60-80 %, 5 = 80-100 %.	475
Figuur 7-8 – Grote mantelmeeuw (<i>Larus marinus</i>)	479
Figuur 7-9 – Weergave van de maximale laagdikte (i.e. de dikte op een bepaald moment in de tijd tijdens de werkzaamheden aangetroffen) in de PEZ kavels PE II en PE III, zowel voor de voorbereiding en aanleg van de funderingen op de turbinelocaties (boven) als de voorbereiding en aanleg van de parkbekabeling (onder). De contouren van de kavels zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden (op basis van de EDEN2000 studie) in groen. De locatie van twee indicatieve stortlocaties voor de fijne fractie gebaggerd sediment is eveneens aangeduid op de bovenste figuur.	492
Figuur 8-1 – Overzicht van de situering van de PEZ kavels t.a.v. de omringende EEZ van de buurlanden, met aanduiding van de natuurbeschermingsgebieden (Vogel- en Habitatrichtlijn; arceringen) in NL, FR en VK wateren.	513
Figuur 8-2 – Overzicht N2000 gebieden in het BNZ en de buurlanden, met aanduiding van een cirkel met als straal 10 km (maximaal bereik pluim cf. numerieke pluimmodellering in voorliggend MER; Arcadis Nederland B.V., 2023).	518

Leeswijzer

Voorafgaand aan de concurrerende inschrijvingsprocedure (offshore tender) voor de toekomstige ontwikkeling van hernieuwbare energieproductie op zee binnen de Prinses Elisabeth-zone (PEZ) worden door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie (FOD Economie) de nodige voorstudies uitgevoerd. Eén hiervan is de opmaak van een milieueffectenrapport (MER) voor de voorziene activiteiten, als noodzakelijk onderdeel van de vergunningsaanvraag voor de bouw en exploitatie van offshore windparken (inclusief de inter-array bekabeling). Omdat onderdelen van voorliggend project ook in Natura 2000 gebied liggen, is ook een ontwerp passende beoordeling (PB) vereist.

Het MER bestaat uit twee delen: een niet-technische samenvatting (in het Nederlands, Frans en Engels) en een uitvoerige beschrijving van het voorgestelde project en de mogelijke milieueffecten. De bijlagen zijn achteraan het rapport terug te vinden. De ontwerp PB is bijgevoegd als apart hoofdstuk binnen het MER, maar kan als afzonderlijk document geraadpleegd worden.

De niet-technische samenvatting kan als alleenstaand onderdeel gelezen worden door de geïnteresseerde lezer die minder boodschap heeft aan alle technische gegevens en beschrijvingen zoals deze in de volgende hoofdstukken en bijlagen van het MER uitgebreid beschreven staan:

Hoofdstuk 1 – Inleiding, geeft een korte samenvatting van de algemene doelstelling, de initiatiefnemer van het project, de coördinator van het MER en de samenstelling van het team van deskundigen.

Hoofdstuk 2 – Juridische en beleidsmatige randvoorwaarden, behandelt de juridische en beleidsmatige randvoorwaarden die van toepassing zijn voor voorliggend project.

Hoofdstuk 3 – Beschrijving van het project, geeft de motivering en doelstellingen van het project aan, gevolgd door de ruimtelijke situering. De planning en fasering wordt eveneens beschreven binnen dit hoofdstuk, gevolgd door de technische invulling van het project voor de verschillende onderdelen en een overzicht van de verschillende activiteiten en uitvoeringswijzen per stap en per fase.

Hoofdstuk 4 – Beschrijving van de alternatieven, geeft een gedetailleerd overzicht van de mogelijke alternatieven naar configuratie, bekabeling, en uitvoering.

Hoofdstuk 5 – Beschrijving en beoordeling milieueffecten, geeft per discipline een beschrijving van de gehanteerde methodiek, de beschrijving van de referentiesituatie en autonome ontwikkeling, de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten tijdens elke fase, de leemten in de kennis, een beschrijving van de milderende maatregelen en welke monitoring van de effecten er wordt voorzien. Deze disciplines zijn:

- Bodem en Water
- Klimaat en Atmosfeer
- Geluid, Elektromagnetische velden en Trillingen

- Fauna, Flora en Biodiversiteit
- Zeezicht en Maritiem cultureel erfgoed
- Interactie met andere menselijke activiteiten
- Risico's, Veiligheid en Menselijke gezondheid

Hoofdstuk 6 – Cumulatieve effecten, gaat in op de mogelijke cumulatieve effecten van voorliggend project met andere activiteiten voor de verschillende disciplines die in Hoofdstuk 5 aan bod komen.

Hoofdstuk 7 – Ontwerp passende beoordeling, geeft een beschrijving van de te verwachten effecten in het kader van Natura 2000.

Hoofdstuk 8 – Grensoverschrijdende effecten, geeft een beschrijving van de te verwachten grensoverschrijdende effecten in het kader van het ESPOO-verdrag.

Hoofdstuk 9 – Synthese en conclusies geeft een samenvattend overzicht van de milieueffecten per discipline en per fase, de cumulatieve en grensoverschrijdende effecten en de uiteindelijke conclusies.

Hoofdstuk 10 – Referenties, geeft de lijst van geraadpleegde literatuur en andere bronnen binnen voorliggend project.

Hoofdstuk 11 – Bijlagen, te vinden achteraan voorliggend rapport.

- Bijlage 11.1 – Procedure aanvraag milieuvergunning: schematisch overzicht
- Bijlage 11.2 – Coördinaten PEZ kavels
- Bijlage 11.3 – Kaartenbundel
- Bijlage 11.4 – Brochures typevoorbeelden windturbines

Naast bovenstaande structuur van het MER zijn er ook een aantal deelstudies uitgevoerd in het kader van dit MER die als afzonderlijke bijlagen toegevoegd zijn (externe bijlagen). In deze deelstudies wordt dieper ingegaan op bepaalde deelaspecten van het MER, en de belangrijkste besluiten ervan zijn steeds verwerkt in voorliggend MER.

Hoofdstuk 12 – Externe bijlagen:

- Externe bijlage 1 – Numerieke pluimmodellering. ARCADIS Nederland B.V. (2023)
- Externe bijlage 2 – Aanvaringsstudie. MARIN (2023)
- Externe bijlage 3 – Radarstudie. Prof. Em. Dr. Johan Catrysse (2023)
- Externe bijlage 4 – Life Cycle Analysis (LCA). ARCADIS Belgium NV (2023a)
- Externe bijlage 5 – Afvalbeheersplan. ARCADIS Belgium NV (2023b)

Afkortingen en begrippen

Afkorting	Toelichting
μPA	Micropascal
AC	Alternating Current (wisselspanning)
AD	Algemene Directie
ADD	Accoustic Deterrent Devices
AHS	Artificiële Harde Substraten
AIS	Automatic Identification System
Art.	Artikel
ASCOBANS	Overeenkomst inzake de instandhouding van kleine walvisachtigen in de Oostzee, de Noordoost-Atlantische Oceaan, de Ierse en de Noordzee
BBT	Best Beschikbare Techniek
BKG (GHG)	Broeikasgas (GreenHouse gas)
BMDC	Belgian Marine Data Centre
BMM	Wetenschappelijke Dienst Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee, wetenschappelijke dienst van Operationele Directie Natuurlijk Milieu
BNOM	Militaire zone afgebakend voor schietoefeningen op zee naar drijvende doelen
BNZ	Belgische deel van de Noordzee
BT	Brutotonnage
BWZee	Biologische Waarderingskaart Zee (Biological Valuation Map for the Belgian Continental Shelf)
ca.	circa
CBRA	Cable Burial Risk Assessment
C _F	Conversiefactor (brandstofverbruik)
CFK	Chloorfluorkoolwaterstoffen
CIA zone	Commerciële en industriële activiteiten zone
cm	centimeter
CMS	Condition Monitoring System
COLREG	International Regulations for Preventing Collision at Sea
COM	Communication from the (EU) Commission

Afkorting	Toelichting
CPS	Cable Protection Units
D	rotordiameter
dB	Decibel (meeteenheid voor geluidsdrukniveau ten opzichte van een referentieniveau)
dB re 1µPa	Geluidsdrukniveau
dB(A)	Decibel (A) (meeteenheid voor geluidsdrukniveau ten opzichte van een referentieniveau gecorrigeerd volgens de A-weging)
DC	Direct Current (gelijkspanning)
Defra	Department for Environment, Food and Rural Affairs (UK)
DG	Directoraat Generaal
DIN	Opgeloste anorganische stikstof (Dissolved Inorganic Nitrogen)
EC	Europese Commissie
ECA	Emission Control Area
EDEN ₂₀₀₀	Exploring options for a nature-proof Development of offshore wind farms inside a Natura2000 area
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EEZ	Exclusieve Economische Zone
EG	Europese Gemeenschap
EIA	Environmental Impact Assessment (MEB in het Nederlands)
EIR	Environmental Impact Report (MER in het Nederlands)
EMMOSS-model	Emissiemodel voor Scheepvaart en Spoor
EMODnet	European Marine Observation and Data Network
EMV	ElektroMagnetische Velden
EPR	Ethyleen Propyleen Rubber
ERTV	Emergency Rescue Towing Vessel
ESPOO-verdrag	Verdrag inzake milieueffectrapportage in grensoverschrijdend verband
ETV	Emergency Towing Vessel
EU	Europese Unie
EUNIS	European Nature Information System

Afkorting	Toelichting
FIR	Flight Information Region
FOD	Federale Overheidsdienst
GABC	Grout Annulus Bubble Curtain
GBF	Gravity Based Foundation (gravitaire fundering)
GEOFISH	Online tool visserijgegevens
GES	Good Environmental Status (GMT in het Nederlands)
GHG	Greenhouse gas
GIS	Geografisch Informatiesysteem
GMT	Goede Milieutoestand
GPS	Global Positioning System
Gt	Giga ton
GVB	Europees Gemeenschappelijk Visserijbeleid
GW	Giga Watt
Hz	Hertz
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
ICES	International Council for the Exploration of the Sea
ICPC	International Cable Protection Committee
IHD	Instandhoudingsdoelstelling
ILVO	Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek
IMDC	International Marine & Dredging Consultants
IMO	Internationale Maritieme Organisatie
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
Ind/m ²	Aantal individuen per m ²
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IWT	Instituut voor Wetenschappen en Technologie
JF	Jacket fundering
JOMOPANS	Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea

Afkorting	Toelichting
KB	Koninklijk Besluit
KBIN	Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen
kg	kilogram
km	kilometer
KMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
KRMS	Kaderrichtlijn Mariene Strategie
KRW	Kaderrichtlijn Water
kV	Kilo Volt
kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt uur
LAT	Lowest Astronomical Tide
LCA	Life Cycle Analysis
LCOE	Levelized Cost of Energy
m	meter
m/s	meter per seconde
MARECO	Marine Ecology and Management Team (onderdeel van KBIN)
MARIN	Maritime Research Institute Netherlands
MARPOL	Marine Pollution (verdrag)
MB	Ministerieel Besluit
MBES	Multibeam Echo Sounder System
MCPG	Motion Compensated Pile Gripper
MEB	Milieueffectenbeoordeling
MER	Milieueffectenrapport
MOG ₂	Modulair Offshore Grid ₂
MP	Mono Pile
MRCC	Maritiem Reddings- en Coördinatie Centrum

Afkorting	Toelichting
MRP	Marien Ruimtelijk Plan
MSFD	Marine Strategy Framework Directive (KRMS in het Nederlands)
Mt	Mega ton
MVA	Mega Volt Ampère
MW	Mega Watt
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NB-01	Militaire zone voor oefeningen in diep water
NBH-10	Militaire zone voor oefeningen in ondiep water
NBHF	Narrow Band High Frequency
NECA	Nitrogen Emission Control Area
NEKP	Nationaal Energie- en Klimaatplan
NIS	Niet-Inheemse Soorten
NM	Nautische mijl
NMCM	Naval Mine Counter Measures
NMVOS	Niet-methaan vluchtige organische stoffen
NRE	Engines for mobile nonroad machinery
NSCOGI	North Sea Countries Offshore Grid Initiative
NSEC	North Seas Energy Cooperation
NVT	Niet van toepassing
OD Natuur	Operationele Directie Natuurlijk Milieu (onderdeel KBIN)
OHVS	Offshore High Voltage Station
OSPAR	Oslo en Parijs verdrag – bescherming van het mariene milieu van de NO-Atlantische Oceaan
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij
OWEZ	Offshore Windpark Egmond aan Zee (NL)
OWF	Offshore Wind Farm
PB	Passende Beoordeling
PCB	Polychlorinated biphenyl

Afkorting	Toelichting
PE I, PE II en PE III	Kavels binnen PEZ
PEC	Pan European Crossing
PEZ	Prinses Elisabeth-zone
ppm	Parts per million
PSU	Practical Salinity Unit
PTS	Permanent threshold shift (permanente verhoging gehoordrempel)
QZR 40	Militaire oefenzone – internationale mijnenbestrijdingsschool Eggermin - Oostende
RAMSAR-conventie	Conventie over internationaal belangrijke watergebieden voor vogels en de bescherming van die gebieden
RDF	Radio Direction Finder
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RoRo	Roll on Roll off
ROV	Remotely Operated Vehicle
rpm	Rotations per minute
RV	Research Vessel
SAC	Special Area of Conservation (SBZ-H in het Nederlands)
SB	Suction Bucket
SBP	Sub Bottom Profiler
SBZ	Speciale Beschermingszone
SBZ-H	Speciale Beschermingszone - Habitatrichtlijngebied
SBZ-V	Speciale Beschermingszone - Vogelrichtlijngebied
SDG	Sustainable Development Goal
SEA	Strategic Environmental Assessment
SECA	Sulfur Emission Control Area
SET	Strategic Energy Technology
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea
SPA	Special Protection Area (SBZ-V in het Nederlands)

Afkorting	Toelichting
SPL	Sound Pressure Level
SPM	Suspended Particulate Matter
SRK	Schelderadarketen
SS	Steam Ship
TBT	Tributyltin
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TOC	Top of Cable
TSHD	Trailing Suction Hopper Dredger (sleephopperzuiger in het Nederlands)
TTS	Temporary threshold shift (tijdelijke verhoging gehoordrempel)
UGent	Universiteit Gent
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VALDUVIS	Valorisatie van duurzaam gevangen vis
VEMA	Vergunning en Machtiging
VHF	Very High Frequency
VK	Verenigd Koninkrijk
VLIZ	Vlaams Instituut van de Zee
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VMS	Vessel Monitoring System
VTE	Voltijds equivalent
VTS	Vessel Traffic Services
VUB	Vrije Universiteit Brussel
WODA	World Organization of Dredging Associations
WTG	Wind Turbine Generator
XPLE	Cross linked polyethylene

1 INLEIDING

1.1 DOELSTELLING VAN DIT RAPPORT

Voorliggend rapport vormt het milieueffectenrapport (MER), inclusief bijlagen, voor toekomstige windparken en inter-array bekabeling binnen de Prinses Elisabeth-zone (afgekort PEZ; zie § 1.1.1). Deze windparken zullen worden gerealiseerd binnen de nieuwe zones voor productie en transport van hernieuwbare energie zoals vastgelegd in het Marien Ruimtelijk Plan (MRP) 2020-2026 (KB 22/05/2019), en zullen een beoogd gezamenlijk vermogen van 3,15 tot 3,5 GW hebben. Hiertoe werden drie afzonderlijke kavels aangeduid binnen de PEZ (zie verder).

Dit rapport dient ter ondersteuning van de milieuvergunningsaanvraag voor zowel de bouw en exploitatie van de offshore productie-eenheden binnen de kavels (i.e. het windpark *sensu strictu*) alsook de inter-array kabels welke moeten zorgen voor de verbinding van de afzonderlijke productie-eenheden en aansluiting op het Modulair Offshore Grid (MOG) 2 eiland (IMDC, 2022). Andere vormen van hernieuwbare energie, naast offshore windenergie, alsook mogelijke vormen van multi-use binnen de PEZ, worden niet beschouwd in voorliggend MER.

Voor de bouw en exploitatie van een windpark is volgens de Belgische wetgeving een vergunning en machtiging vereist. Als noodzakelijk onderdeel van een vergunningsaanvraag of –verlenging moet er een MER van de voorziene activiteiten opgemaakt worden, volgens het KB van 7 september 2003 (publicatie 17/09/2003, wijziging 26/12/2013 – hierna KB VEMA) betreffende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België (Bijlage 11.1). Het KB van 9 september 2003 (wijziging 26/12/2013 – hierna KB MEB) legt de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling (MEB) vast. Het MER dient te worden ingediend bij de Wetenschappelijke Dienst Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM) (het ‘Bestuur’) waarna zij de MEB opmaken en overmaken aan de Minister bevoegd voor Noordzee.

Analoog volgt uit de Wet Marien Milieu van 11 december 2022 en het Koninklijk Besluit van 12 maart 2002 (publicatie 09/05/2002) met betrekking tot de voorschriften voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee en de exploitatie van niet-levende rijkdommen, dat voor het leggen en exploiteren van zeekabels (inclusief inter-array bekabeling) een milieueffectenrapport bij de vergunningsaanvraag dient gevoegd te worden.

Gezien de PEZ alsook de afzonderlijke kavels deels overlappen met, of in de nabijheid gelegen zijn van, het Habitatrichtlijngebied (SBZ-H) ‘Vlaamse Banken’, en bijkomend niet-gebiedsspecifieke instandhoudingsdoelstellingen gelden voor bepaalde soorten in het volledige BNZ, dient in navolging van Art. 6 van de Europese Habitatrichtlijn en KB 27/10/2016 een ontwerp passende beoordeling (hierna PB) te worden opgemaakt om een Natura 2000 toelating voor de constructie, exploitatie en ontmanteling van de windparken en de inter-array bekabeling te kunnen bekomen, daar deze activiteiten mogelijks significante gevolgen kunnen hebben voor deze gebieden en de instandhoudingsdoelstellingen (zie Hoofdstuk 2). Het doel is te komen tot de ontwikkeling van duurzame energieproductie via windturbines, met respect voor de beschermde gebieden en de biodiversiteit.

Dit rapport vormt het MER dat door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie (de initiatiefnemer) als onderdeel van de milieuvergunningsaanvraag zal worden gebruikt. Dit MER behandelt in één document zowel de milieueffecten tijdens de bouw (inclusief voorbereidende surveys en werken), de exploitatie en de ontmanteling van het windpark, alsook de milieueffecten gerelateerd aan de inter-array bekabeling en eventuele verwijdering van de kabels, en dit voor de drie kavels binnen de PEZ. Daarnaast wordt in een afzonderlijk hoofdstuk de ontwerp PB opgemaakt, als vereiste voor het verkrijgen van een Natura 2000 toelating.

De milieueffecten worden beschreven voor twee alternatieven (scenario's) per kavel, waarbij geopteerd wordt om een bandbreedtebenadering te hanteren naar aantal turbines, individueel vermogen en technische specificaties (o.a. hoogte, rotordiameter) van turbines. Hierdoor kan de volledige range aan milieueffecten ten gevolge toekomstige windparken en inter-array bekabeling binnen de PEZ in beeld gebracht worden (zie beschrijving van alternatieve scenario's onder § 1.1.2 en verder in Hoofdstuk 4 van voorliggend MER).

1.1.1 Prinses Elisabeth-zone

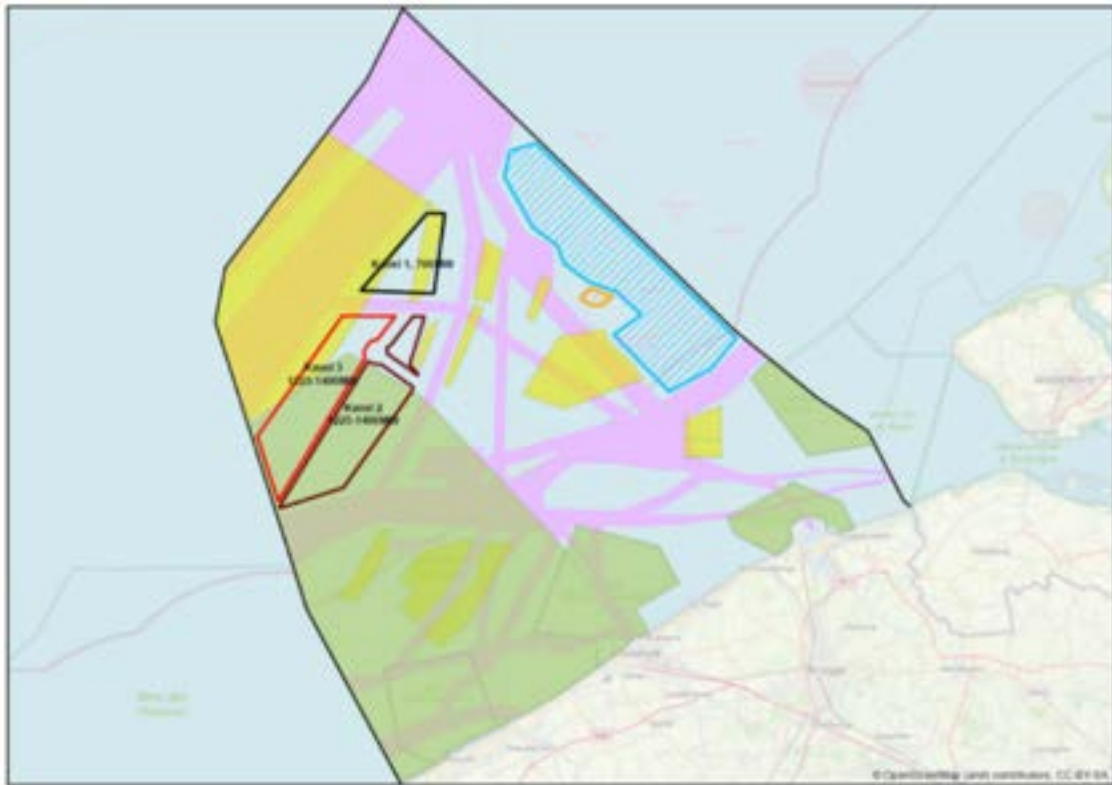
De Prinses Elisabeth-zone heeft een totale oppervlakte van 285 km² en omvat de drie zones voor hernieuwbare energie welke naast de volledig operationele Oostelijke energiezone (zone 1) werden afgebakend in het MRP 2020-2026: Noordhinder Noord (zone 2), Noordhinder Zuid (zone 3) en Fairybank (zone 4) (zie **Kaart 1 in Bijlage 11.3**).

De locatie en de omvang van de drie kavels (PE I, PE II, en PE III) die het voorwerp zullen uitmaken van de offshore tender voor toekomstige ontwikkeling werden in september 2022 door de federale regering vastgelegd in een principieel akkoord over de kavelindeling van de PEZ¹. Dit principieel akkoord stelt een opdeling van de PEZ voor in drie kavels met een bijhorend maximaal totaal geïnstalleerd vermogen van 700 MW, 1225-1400 MW en 1225-1400 MW (zie Figuur 1-1). De kavels vallen volledig binnen de afgebakende zones voor hernieuwbare energie in het MRP 2020-2026, maar hebben een andere oriëntatie. De drie kavels zullen via een ministerieel besluit officieel worden vastgelegd in 2024. Gezamenlijk wordt voor de PEZ een vermogen van 3,15 tot 3,5 GW beoogd (Tabel 1-1).

Tabel 1-1 – Overzicht van de kavels binnen de Prinses Elisabeth-zone, met hun oppervlakte, gemiddelde waterdiepte en vooropgesteld totaal geïnstalleerd vermogen (Bron: principebeslissing Kavels, FOD Economie)

	Naam kavel	Afkorting	Oppervlakte	Gemiddelde waterdiepte	Vermogen
Kavel 1	Prinses Elisabeth I	PE I	46,0 km ²	ca. 31 m onder LAT	700 MW
Kavel 2	Prinses Elisabeth II	PE II	103,0 km ²	ca. 27 m onder LAT	1225 – 1400 MW
Kavel 3	Prinses Elisabeth III	PE III	106,8 km ²	ca. 29 m onder LAT	1225 – 1400 MW

¹ <https://news.belgium.be/nl/offshore-energie-kavelindeling-van-de-prinses-elisabeth-zone>



Figuur 1-1 – Kavelindeling en voorgesteld geïnstalleerd vermogen binnen PEZ (Bron: website FOD Economie – <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebronnen/hernieuwbare-energieen/hernieuwbare-energiebronnen-de/belgische-windenergie-op-zee>). In groen de aanduiding van de natuurbeschermingszones (Habitat- en Vogelrichtlijngebieden) op zee. In blauwe arcering de Oostelijke energiezone, in geel de zandwinningsgebieden en zoekzones zandwinning, en in paars de scheepvaartroutes.

1.1.2 Omhullende scenario's

Daar de offshore windsector gekenmerkt wordt door een steeds evoluerende markt naar zowel windturbinetechnologie, als funderingen en andere technische specificaties, wordt in voorliggend MER een bandbreedtebenadering gehanteerd per kavel voor het opstellen van de te onderzoeken scenario's, met een worst-case benadering als basis. Deze aanpak houdt in dat er voor de bespreking en beoordeling van de milieueffecten uitgegaan wordt van twee meest extreme scenario's welke een waaier aan tussenliggende scenario's naar uitvoeringsmogelijkheden (alternatieven) kunnen omvatten. Deze werkwijze laat toe om een range aan milieueffecten te beoordelen. De bandbreedte is mee bepaald aan de hand van een voorafgaand (beperkt) marktonderzoek met als doel om beter inzicht te krijgen in realistische, technisch haalbare én meest waarschijnlijke marktbeschikbare windturbine technologieën voor de voorziene planperiode van de PEZ (bouwfase voorzien in 2027-2030; zie verder).

De hieruit voortvloeiende te onderzoeken alternatieven zijn per kavel verder uitgewerkt, telkens gebaseerd op volgende worst-case redenering:

- **Scenario 1** = Worst-case scenario vanuit een maximaal aantal turbines en bijhorende configuratie die per kavel mogelijk zijn, rekening houdend met het beoogde totale geïnstalleerd vermogen per kavel. Hierbij zal het

minimaal individueel vermogen per turbine als uitgangspunt genomen worden. Met andere woorden zullen een groot aantal turbines, weliswaar met kleinere dimensies, aan de basis liggen voor de effectbespreking.

- **Scenario 2** = Worst-case scenario vanuit een maximaal individueel vermogen per turbine en bijhorende configuratie die per kavel mogelijk is, rekening houdend met het beoogde totale geïnstalleerd vermogen per kavel. In dit scenario zullen een kleiner aantal turbines, maar gekenmerkt door overwegend grotere dimensies (o.a. max. rotordiameter, tiphoogte), aan de basis liggen voor de effectbespreking.

Voor beide scenario's zal een rechtstreekse connectie met het Modulair Offshore Grid 2 (MOG2 of Prinses Elisabeth-eiland) voorzien worden (zie verder). Meer details omtrent de alternatieven beschouwd in voorliggend MER zijn te vinden in Hoofdstuk 4.1.

1.2 INITIATIEFNEMER

De initiatiefnemer voor voorliggend MER (inclusief bijlagen) is de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie (hierna FOD Economie), Algemene Directie Energie (hierna AD Energie). Contactpersoon en aanspreekpunt binnen AD Energie voor voorliggend MER is Dhr. Diederik Moerman (diederik.moerman@economie.fgov.be).

Waar bij voorgaande MER-studies in het kader van offshore windparken in de Oostelijke energiezone van het Belgische deel van de Noordzee (BNZ) de initiatiefnemers de kandidaat-ontwikkelaars waren, is de aanpak in kader van PEZ gewijzigd. Op initiatief van ministers De Backer en Marghem werd vanaf 2020 immers besloten om hernieuwbare energieprojecten op de Noordzee voortaan te gaan tenderen, analoog aan de werkwijze in de buurlanden en overeenkomstig de Europese staatssteunregels. Hierdoor werd op 4 april 2019 een wet aangenomen in het federaal parlement welke de algemene principes van de concurrerende inschrijvingsprocedure (hierna 'offshore tender') vastlegt. Binnen deze vernieuwde aanpak is de FOD Economie aangesteld om de ontwikkeling van hernieuwbare energieproductie op zee binnen de PEZ te coördineren en te ondersteunen.

Voorafgaand aan de offshore tender voor toekomstige ontwikkeling (indicatieve timing publicatie voorzien in Q4 2024), waarop potentiële ontwikkelaars kunnen indienen, worden door de FOD Economie de nodige voorstudies uitgevoerd om zoveel mogelijk informatie over de PEZ te verzamelen via zowel bureau- als veldonderzoek. Zij worden hierin bijgestaan door IMDC als coördinator. Een overzicht van de deelstudies is te raadplegen op de website van de FOD Economie² en/of de digitale database PEZ³, en behelst onder meer studies omtrent het zeebodemoppervlak, de geologische ondergrond, de hydrologische en meteorologische omstandigheden en de aanwezigheid van objecten. Naast deze meer inhoudelijk-technische voorstudies, vormen ook voorliggende milieueffectrapportage en de milieuvergunningsaanvraag een onderdeel van de taken die voorafgaand aan het offshore tender proces worden uitgevoerd in opdracht van de FOD

² <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebronnen/hernieuwbare-energieen/hernieuwbare-energiebronnen-de/belgische-offshore-windenergie/voorstudies-uitgevoerd-door-de>

³ <https://offshore.digital-database.economie.fgov.be/#/home>

Economie. Een volledig overzicht van de PEZ-deelstudies is te vinden onder § 3.5.1 waar de verschillende fasen in voorliggend project in meer detail worden beschreven.

De resultaten van alle voorstudies (incl. MER) zullen na afronding ter beschikking gesteld worden aan de kandidaat-inschrijvers, om zo het risico en de gerelateerde kosten voor deze laatsten aanzienlijk te verminderen. Op het moment dat een kandidaat-inschrijver of -inschrijvers de ontwikkeling binnen PEZ wordt gegund, zal ook de milieuvergunning (voorzien per kavel), als eindresultaat van één van de voorstudies, overgedragen worden van de FOD Economie naar de geselecteerde kandida(a)t(en).

1.3 MER-DESKUNDIGEN

Binnen voorliggend project wordt de algemene coördinatie en het projectbeheer van het MER, de verschillende deelstudies, en de ontwerp PB uitgevoerd door ARCADIS Belgium NV (hierna Arcadis). Arcadis staat daarbij ook in voor het contact met de initiatiefnemer FOD Economie en overkoepelend coördinator IMDC.

Het team van deskundigen voor de opmaak van het milieueffectenrapport is samengesteld uit:

Taak/discipline	Naam
Coördinatie en kwaliteitsbeheer	Annemie Volckaert
Inleiding, projectbeschrijving, juridische en beleidsmatige randvoorwaarden, beschrijving van de alternatieven	Freija Hauquier, Annemie Volckaert
Bodem en Water	Freija Hauquier
Klimaat en Atmosfeer	Helena Voet, Jan Vangrinsven
Geluid, EMV en Trillingen	Freija Hauquier
Fauna, Flora en Biodiversiteit	Freija Hauquier, Helena Voet, Wouter Rommens
Zeezicht en maritiem cultureel erfgoed	Freija Hauquier
Interactie met andere menselijke activiteiten	Helena Voet
Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid	Jan Vangrinsven, Annemie Volckaert
Ontwerp passende beoordeling	Freija Hauquier, Helena Voet, Wouter Rommens
GIS ondersteuning	Werner Verheijen
Algemeen kwaliteitsbeheer	Annemie Volckaert

Voor specifieke expertises – met name in de externe deelstudies – werden extra deskundigen ingeschakeld:

- MARIN (Yvonne Koldenhof, Andries Nap, Pieter De Graeff) voor het uitvoeren van de nautische veiligheidsstudie;
- Prof. em. Dr. Ir. Johan Catrysse, voor het uitvoeren van de deelstudie inzake effecten op radar- en scheepscommunicatie;
- ARCADIS Nederland B.V. (Jelmer Cleveringa, Jos Van Der Baan, Simone Van Langen) voor het uitvoeren van de numerieke pluimmodellering;

- ARCADIS Belgium NV (Greet Vanderheyden, Chrystelle Verhoest, Daniele Dalla Vecchia) voor het uitvoeren van de Life Cycle Analysis voor turbines en inter-array bekabeling;
- ARCADIS Belgium NV (Ilse Laureysens, Jan Vangrinsven) voor het uitvoeren van het Afvalbeheersplan.

Deze deelstudies hebben tot doel om dieper in te gaan op bepaalde deelaspecten van het MER en zullen integraal als externe bijlagen worden toegevoegd aan het milieuvergunningaanvraagdossier. De belangrijkste besluiten zijn evenwel steeds mee verwerkt in de relevante hoofdstukken en disciplines van voorliggend MER.

2 JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN

2.1 JURIDISCHE RANDVOORWAARDEN

2.1.1 Wetgeving in België

2.1.1.1 Algemeen

Het Belgische zeegebied omvat de mariene wateren vanaf de gemiddelde laagwaterlijn en is een federale bevoegdheid. Dat gebied wordt opgedeeld in de 12 mijlszone (of territoriale wateren) en de rest (exclusieve economische zone EEZ = Belgisch continentaal plat). De Prinses Elisabeth-zone is volledig in de Belgische EEZ gelegen, en valt daarbij dus onder federale bevoegdheid.

Aan de constructie van een offshore windpark gaat een vergunningsprocedure vooraf, waarbij zowel een machtiging voor de bouw van het windpark, een machtiging voor het aanleggen van elektriciteitskabels in zee, en een milieuvergunning voor de exploitatie en ontmanteling van het windpark, inclusief de elektriciteitskabels in zee (in voorliggend MER de inter-array bekabeling), moeten worden verkregen. Een overzicht van de procedure tot verkrijgen van de milieuvergunning wordt weergegeven in Bijlage 11.1 van dit MER. Indien het project uitgevoerd wordt in overlap of nabijheid van een Natura 2000 beschermd gebied, zoals afgebakend onder de Habitat- of Vogelrichtlijn, dient naast de milieuvergunning ook een Natura 2000 toelating bekomen te worden.

De belangrijkste wetten en Koninklijke Besluiten (KB) die voor deze zaken het wettelijk kader vormen, worden in de volgende secties in meer detail besproken, en hieronder mee opgelijst:

- De **Wet van 11 december 2022** ter bescherming van het marien milieu en ter organisatie van de mariene ruimtelijke planning in de Belgische zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België – hierna de **Wet Marien Milieu (WMM)** genoemd. Hierin worden onder meer de activiteiten welke onderworpen zijn aan voorafgaande vergunning opgelijst. Zowel het plaatsen of uitbaten van offshore installaties (in dit geval windturbines) als het graven van sleuven (in geval van de inter-array kabels) zijn bijgevolg vergunningsplichtig. Daarnaast wordt ook gespecificeerd dat voor projecten die significante gevolgen kunnen hebben voor een Natura 2000-gebied, een passende beoordeling vereist is;
- Het **Koninklijk Besluit van 7 september 2003** houdende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België (publicatie Belgisch Staatsblad 17 september 2003), laatst gewijzigd door het KB van 5 juli 2018 (publicatie Belgisch Staatsblad 18 juli 2018) – hierna **KB VEMA** genoemd. Dit KB legt onder meer vast dat een vergunning wordt verleend voor een termijn van hoogstens 20 jaar (art. 41 §1). Een machtiging wordt verleend voor de termijn vereist voor de voltooiing van de gemachtigde activiteit (max. 5 jaar, met uitzonderlijk verlenging met 5 jaar) (art. 41 §1);
- Het **Koninklijk Besluit van 9 september 2003** houdende de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling in toepassing van de Wet Marien Milieu (publicatie Belgisch Staatsblad 17 september 2003), laatst gewijzigd door

het KB van 5 juli 2018 (publicatie Belgisch Staatsblad 18 juli 2018) – hierna **KB MEB** genoemd. Samengevat houdt deze regelgeving een milieueffectenbeoordeling (MEB) in door de BMM⁴, die gebaseerd is op het milieueffectenrapport (MER) ingediend door de aanvrager. De MEB wordt voorgelegd aan de federale Minister bevoegd voor het mariene milieu op basis waarvan deze laatste al dan niet de vergunning zal uitreiken;

- **Wet van 13 juni 1969** inzake de exploratie en de exploitatie van niet-levende rijkdommen van de territoriale zee en het continentaal plat, zoals meermaals gewijzigd (publicatie Belgisch Staatsblad 8 oktober 1969). Deze wet specificeert dat voor het leggen van kabels een machtiging vereist is. Delen van deze wet werden herzien in de wet van 22 april 1999 betreffende de exclusieve economische zone en de Wet Marien Milieu.
- **Wet van 22 april 1999** betreffende de exclusieve economische zone van België in de Noordzee die de Belgische jurisdictie uitbreidt buiten de territoriale wateren voor een aantal zaken op het vlak van milieu en milieubescherming, beheer en exploitatie van levende en niet-levende rijkdommen, en de opwekking van energie uit water, wind en stromen;
- Het **Koninklijk Besluit van 12 maart 2002** met betrekking tot de voorschriften voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee en de exploitatie van niet-levende rijkdommen (publicatie Belgisch Staatsblad 9 mei 2002) – hierna **KB Kabels** genoemd. Hierin wordt bepaald dat voor het leggen en exploiteren van kabels eveneens een milieueffectenrapport bij de vergunningsaanvraag dient gevoegd te worden;
- **Koninklijk Besluit van 22 mei 2019** tot vaststelling van het marien ruimtelijk plan voor de periode van 2020 tot 2026 in de Belgische zeegebieden (publicatie Belgisch Staatsblad 2 juli 2019) – hierna **KB MRP** genoemd;
- **Koninklijk Besluit van 4 februari 2020** tot instelling van veiligheidszones in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid (publicatie Belgisch Staatsblad 27 februari 2020) – hierna **KB Veiligheidszone**. Dit KB bepaalt dat een veiligheidszone van 500 m ingesteld wordt rond energieconstructies en -parken, mast, meetpaal of radar, kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid.

Voorliggend MER behandelt de milieueffecten van zowel de bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbines, als van de inter-array kabellegging en verwijdering van de kabels voor de drie kavels binnen PEZ. Artikel 19 § 2 van de Wet Marien Milieu (11/12/2022) laat immers toe één geïntegreerd MER in te dienen aangezien het hier gaat over verschillende activiteiten met hetzelfde doel (productie en transmissie van hernieuwbare energie). Het MER is opgesteld in overeenstemming met het KB MEB, met betrekking tot de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling in toepassing van de Wet Marien Milieu.

Naast het verkrijgen van de nodige vergunningen en machtigingen voor de constructie, exploitatie en ontmanteling van een offshore windpark, moet er tevens het recht verkregen worden om een bepaald deel van de zeebodem en het daarboven liggend deel van de zee te gebruiken, vervat in een zogenaamde domeinconcessie. Het wettelijk kader hiervoor wordt gevormd door:

⁴ Wetenschappelijke Dienst Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM), van de OD Natuur binnen het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), welke het 'bestuur' vormt en de MEB uitvoert en rapporteert aan de Federale Minister bevoegd voor Noordzee.

- De Wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt (publicatie Belgisch Staatsblad 11 mei 1999), gewijzigd door de **Wet van 12 mei 2019** tot wijziging van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt met het oog op het invoeren van een concurrerende inschrijvingsprocedure voor de bouw en exploitatie van productie-installaties in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en tot bekrachtiging van het koninklijk besluit van 11 februari 2019 tot wijziging van het koninklijk besluit van 16 juli 2002 betreffende de instelling van mechanismen voor de bevordering van elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen – hierna **Elektriciteitswet**. Deze wet bevat onder meer algemene bepalingen in verband met het beheer en de toegang tot het transmissienet, en in verband met de taken van Elia als netbeheerder. Deze werd nadien nog eens gewijzigd door de **Wet van 15 maart 2021** tot wijziging van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt en tot wijziging van de wet van 22 april 2019 tot wijziging van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt teneinde een capaciteitsvergoedingsmechanisme in te stellen.
- In uitvoering van de Elektriciteitswet is er een nieuw KB tender in opmaak die de regels en voorwaarden voor de toekenning van nieuwe domeinconcessies zal vastleggen.

2.1.1.2 Wet Marien Milieu

De Wet Marien Milieu van 11 december 2022 heeft als doel om de bescherming van het marien milieu te waarborgen, en de mariene ruimtelijke planning in de Belgische zeegebieden te organiseren. De Wet bepaalt onder meer de **verschillende principes** die de gebruikers van de Belgische mariene wateren dienen in acht te nemen bij het uitvoeren van activiteiten. Daartoe behoren volgende internationaal erkende beginselen: het beginsel van een hoog beschermingsniveau, het voorzorgsbeginsel, het beginsel van preventief handelen, het beginsel van duurzaam beheer, het vervuiler-betaalt-beginsel, het beginsel dat milieuaantastingen bij voorrang aan de bron dienen te worden bestreden, en het herstelbeginsel.

Naast deze algemene beginselen wordt in deze wet ook de basis gelegd voor **de instelling van mariene beschermde gebieden en beschermde soorten** (Hoofdstuk 4 van de Wet Marien Milieu). De nieuwe wet beoogt het marien milieu beter te beschermen. Zo worden onder andere de regels rond de mariene beschermde gebieden (37 % van onze Noordzee) beter aangesloten op de Habitat- en Vogelrichtlijn (zie verder). Daarnaast vermeldt Art. 12 § 1 dat 'voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van een Natura 2000-gebied, en dat, afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten, significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied', een passende beoordeling vereist is. Enkel wanneer kan worden aangetoond dat de instandhoudingsdoelstellingen van het betrokken Natura 2000-gebied niet in het gedrang zullen komen door uitvoering van het project, kan een Natura 2000 toelating verkregen worden. Enige uitzondering op deze vereiste is wanneer er geen alternatieve oplossingen zijn, en het project nodig is omwille van dwingende redenen van groot openbaar belang. Daar de PEZ in grote mate overlapt met SBZ-H Vlaamse Banken, zal voorliggend MER een ontwerp passende beoordeling omvatten. De BMM is verantwoordelijk voor het afleveren van de passende beoordeling wanneer de initiatiefnemer

van een plan of project een voorstel voor passende beoordeling indient. Deze ontwerp-PB is toegevoegd als afzonderlijk hoofdstuk binnen voorliggend MER (zie Hoofdstuk 7).

Verder worden in de Wet Marien Milieu de activiteiten opgesomd die onderworpen zijn aan een voorafgaande vergunning of machtiging verleend door de minister (Hoofdstuk 5 van de Wet Marien Milieu). Binnen voorliggend MER zijn zowel het plaatsen en uitbaten van een offshore-installatie, het graven van sleuven, als het ophogen van de zeebodem vergunningsplichtige activiteiten waarvoor de nodige vergunningen en machtigingen verkregen moeten worden bij de respectievelijke overheden.

Tenslotte regelt de Wet Marien Milieu ook het kader voor de mariene ruimtelijke planning in de Belgische zeegebieden (Hoofdstuk 6 van de Wet Marien Milieu). In de laatste herziening wordt de geldigheidsduur van een marien ruimtelijk plan gewijzigd van 6 naar 8 jaar.

2.1.1.3 Marien Ruimtelijk Plan

België is pionier in Europa op het vlak van mariene ruimtelijke planning, en is ondertussen aan de derde herziening van het MRP toegekomen (op moment van het schrijven van voorliggend MER is deze lopende voor de periode 2026 – 2034). Binnen voorliggend MER wordt het MRP voor de periode 2020-2026 gehanteerd (KB 22/05/2019).

Het MRP is een plan dat de menselijke activiteiten binnen de zeegebieden ruimtelijk organiseert, om ecologische, economische en sociale doelstellingen te bereiken. Het MRP 2020-2026 definieert drie nieuwe zones in de Noordzee voor de productie en/of opslag van elektriciteit uit hernieuwbare energie en de bouw van de nodige infrastructuur voor het transport van deze elektriciteit. De activiteiten binnen voorliggend MER situeren zich dus binnen deze zones van PEZ. Bijlage 2 van het MRP bepaalt tevens dat ‘de nieuwe zones op de Fairybank en Noordhinder Zuid enkel in gebruik kunnen worden genomen na het verkrijgen van een Natura 2000-toelating’, wat opnieuw het belang van de ontwerp passende beoordeling (Hoofdstuk 1.1) binnen voorliggend MER benadrukt.

2.1.1.4 Mariene beschermde gebieden

Met betrekking tot mariene beschermde gebieden, worden er in de Belgische wetgeving een aantal Koninklijke Besluiten vastgelegd met betrekking tot de bescherming van soorten en habitats die hun oorsprong vinden in de Wet Marien Milieu enerzijds, en de Europese Habitat- (92/43/EEG) en Vogelrichtlijn (2009/147/EG) anderzijds (zie ook § 2.1.2.1):

- Het KB van 21 december 2001 betreffende de bescherming van soorten. In dit besluit betreffende de bescherming van de soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België worden verschillende beschermingsingrepen voorgelegd ter bescherming van wilde/bedreigde flora en fauna, voor de instandhouding van de natuurlijke habitats en de biodiversiteit en ter voorkoming van schade aan gewassen, visgronden en andere vormen van eigendom;
- Het KB van 14 oktober 2005, gewijzigd door het KB van 16 oktober 2012; betreffende de instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Binnen het KB worden drie speciale beschermingszones of Vogelrichtlijngebieden (SBZ-V; Eng: SPA's,

Special Protection Areas) en twee speciale zones voor natuurbescherming of Habitatrichtlijngebieden (SBZ-H; Eng: SAC's, Special Areas of Conservation) ingesteld in het BNZ. PEZ en de afzonderlijke kavels overlappen met het SBZ-H Vlaamse Banken;

- Het **KB van 5 maart 2006** tot instelling van een gericht marien reservaat, de 'Baai van Heist' (weliswaar van minder belang binnen voorliggend MER);
- Het **KB van 27 oktober 2016** tot aanduiding en beheer van de mariene beschermde gebieden. Dit KB regelt de aanwijzing van nieuwe Natura 2000 gebieden, de aanname van instandhoudingsdoelstellingen, instandhoudingsingrepen en beheerplannen, en de procedure voor de passende beoordeling die uitgevoerd moet worden voor projecten en plannen die mogelijk een significante impact kunnen hebben op een Natura 2000 gebied en de monitoring. Op basis van dit KB werd het Ministerieel Besluit (MB) van 2 februari 2017 betreffende de aanneming van instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) voor mariene beschermde gebieden ingesteld, welke werd gewijzigd door het **MB van 11 januari 2022** welke de herziening van de instandhoudingsdoelstellingen van de mariene beschermde gebieden vastlegt. Hierbij werden ook nieuwe beheerplannen voor Natura 2000 gebieden en soorten voor de periode 2022-2027 opgemaakt (Belgische Staat, 2022b). De beheerplannen voor de Vlake van de Raan zijn op het moment van schrijven van dit MER in publieke consultatie⁵ geweest tot 9 april 2023 (van minder belang binnen voorliggend MER). Net zoals in de Wet Marien Milieu voorziet dit KB in de omzetting van artikel 6, lid 3 van de Europese Habitatrichtlijn (Richtlijn 92/43/EEG, 21 mei 1992) omtrent de vereiste voor een passende beoordeling (Art. 14 en 15 van het KB van 27 oktober 2016). Gezien de PEZ alsook de afzonderlijke kavels overlappen met, of in de nabijheid gelegen zijn van het Habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken', dient een ontwerp passende beoordeling (hierna PB) opgemaakt te worden voor de constructie, exploitatie en eventuele ontmanteling van de windparken en inter-array bekabeling in de drie kavels daar deze activiteiten mogelijks significante gevolgen kunnen hebben voor dit gebied en de instandhoudingsdoelstellingen (zie Hoofdstuk 1.1). Daarnaast gelden er ook niet-gebiedsspecifieke instandhoudingsdoelstellingen voor vogels en zeezoogdieren welke mogelijks door de activiteiten binnen voorliggend project beïnvloed worden. Indien uit de passende beoordeling blijkt dat het project een significant negatieve invloed kan hebben op dit beschermde gebied of de niet-gebiedsspecifieke IHD's voor vogels en zeezoogdieren, moet in eerste plaats gezocht worden naar alternatieve oplossingen. Indien er geen alternatieve oplossingen voorhanden zijn, dient aangetoond te worden dat het project wordt uitgevoerd om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard. Mits de nodige compenserende maatregelen kan eventueel toch een toestemming verleend worden.

Alle mariene beschermde gebieden worden eveneens vastgelegd in het Marien Ruimtelijk Plan 2020-2026 (zie eerder) voor het Belgische deel van de Noordzee (KB van 22 mei 2019). Een overzicht van alle mariene beschermde gebieden in

⁵https://www.belgium.be/nl/nieuws/2023/beschermde_gebied_de_vlake_van_de_raan_uw_mening_telt en <https://www.health.belgium.be/nl/openbare-raadpleging-over-het-ontwerp-van-de-instandhoudingsdoelstellingen-en-de-beheerplannen-voor>

het BNZ wordt in onderstaande Tabel 2-1 weergegeven. Naast de Natura 2000-gebieden, is er ook een Ramsar-gebied afgebakend, welke overlapt met het habitatrictlijngebied 'Vlaamse Banken' en dicht tegen de kust gelegen is.

Tabel 2-1 – Overzicht van de mariene beschermde gebieden, hun oppervlakte, status en wettelijke verankering (naar Degraer et al., 2022a)

Beschermde gebied	Oppervlakte	Status	Wettelijke verankering
SBZ-V1 (Vogelrichtlijngebied Nieuwpoort)	110,01 km ²	IHDs aangenomen, beheerplan opgesteld (2022-2027)	KB 14/10/05 KB 27/10/16 KB 22/05/19 MB 11/01/22
SBZ-V2 (Vogelrichtlijngebied Oostende)	144,80 km ²	IHDs aangenomen, beheerplan opgesteld (2022-2027)	KB 14/10/05 KB 27/10/16 KB 22/05/19 MB 11/01/22
SBZ-V3 (Vogelrichtlijngebied Zeebrugge)	57,71 km ²	IHDs aangenomen, beheerplan opgesteld (2022-2027)	KB 14/10/05 KB 27/10/16 KB 22/05/19 MB 11/01/22
Vlaamse Banken (Habitatrictlijngebied)	1.099,94 km ²	IHDs aangenomen, beheerplan opgesteld (2022-2027)	KB 14/10/05 KB 16/10/12 KB 27/10/16 KB 22/05/19 MB 11/01/22
Vlakt van de Raan (Habitatrictlijngebied)	64,92 km ²	Opgenomen in MRP, beheerplan in publieke raadpleging	KB 14/10/05 KB 27/10/16 KB 22/05/19
Ramsar-gebied	19 km ²		

2.1.2 Europese wetgeving

2.1.2.1 Habitat- en Vogelrichtlijn

Zoals uit bovenstaande Tabel 2-1 kan opgemaakt worden, zijn er in het BNZ in totaal 5 vogel- of habitatrictlijngebieden afgebakend. Deze vinden hun oorsprong in de **Europese Vogelrichtlijn** (79/409/EEG en gecodificeerde versie 2009/147/EG) en **Habitatrictlijn** (92/43/EEG). Samen vormen zij onderdeel van het bredere Europese ecologisch netwerk, het Natura 2000 netwerk. Dit is een netwerk van gebieden met soorten en/of habitats van communautair belang, en vormt de ruggengraat van het Europese milieubeleid m.b.t. beschermde gebieden. Deze Europese richtlijnen leggen lidstaten de verplichting op om gebieden te identificeren en beschermen in functie van het behoud van soorten of habitats. Deze verplichting geldt zowel voor land als zee (territoriale zee en EEZ). Aan de afbakening worden instandhoudingsdoelstellingen gekoppeld en de verplichting om zo nodig behoud- of herstelingsrepen te nemen. De 'waarde' van het gebied wordt hierbij bepaald op basis van de 'staat van instandhouding', deze kan gunstig, matig gunstig of ongunstig zijn. De rapportering over deze staat van instandhouding gebeurt om de 6 jaar. De BMM is bevoegd voor de monitoring van de soorten en habitats waarvoor deze beschermde mariene gebieden zijn ingesteld. Het beheer van deze

beschermde gebieden moet het behoud en herstel van de habitats en soorten garanderen, en moet, indien mogelijk, rekening houden met socio-economische factoren.

2.1.2.2 Kaderrichtlijn Mariene strategie: omschrijving goede milieutoestand

De **Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie** (2008/56/EG) of KRMS van 17 juni 2008 stelt een kader vast om maatregelen te nemen om een goede milieutoestand van het mariene milieu te bereiken of te behouden. Iedere lidstaat van de Europese Unie die aan zee grenst, moet progressief een eigen 'mariene strategie' (actieplan) opstellen bestaande uit verschillende stappen. Hiervoor moeten ze ook onderling samenwerken, in het bijzonder met de omliggende lidstaten, en waar mogelijk gebruik maken van regionale zeeconventies zoals bv. het OSPAR Verdrag voor de Noordoostelijke Atlantische Oceaan. In 2010 heeft de Europese Commissie (EC) criteria en 11 methodologische standaarden (Descriptoren) voor een goede milieutoestand (GMT of Good Environmental Status, GES) uitgebracht voor gebruik door de lidstaten. Deze descriptoren zijn:

- D1: Biologische diversiteit
- D2: Niet-inheemse soorten
- D3: Commercieel geëxploiteerde soorten (vissen, schaal- en schelpdieren)
- D4: Mariene voedselketens
- D5: Verrijking door nutriënten (meststoffen) – eutrofiëring
- D6: Integriteit van de zeebodem
- D7: Hydrografische eigenschappen (stromingen, zoutgehalte, temperatuur... van het zeewater)
- D8: Verontreiniging
- D9: Voedselveiligheid
- D10: Zwerfvuil op zee
- D11: Onderwatergeluid

Deze kaderrichtlijn werd omgezet in Belgische wetgeving met het KB van 23 juni 2010 betreffende de mariene strategie voor de Belgische zeegebieden, welke de vijf fasen binnen de KRMS omvat: 1° de initiële beoordeling, 2° de omschrijving van de goede milieutoestand, 3° het vaststellen van een reeks milieudoelen en daarmee samenhangende indicatoren, 4° de vaststelling en uitvoering van een monitoringprogramma en 5° de ontwikkeling van een maatregelenprogramma.

Van de lidstaten werd in 2012 een beschrijving en beoordeling verwacht van de op dat moment heersende milieutoestand (initiële beoordeling; Belgische Staat, 2012a), met inbegrip van de milieupact van menselijke activiteiten en een socio-economische analyse van het gebruik van de mariene wateren. Bovendien werd eveneens de GMT bepaald die men wilde verwezenlijken, en werden daaraan specifieke milieudoelen gekoppeld met bijhorende indicatoren. In 2014 werden monitoringsprogramma's opgemaakt voor alle mariene wateren die vanaf januari 2015 operationeel dienden te zijn. Tenslotte werden in 2015 ook de maatregelenprogramma's per lidstaat voorgelegd aan de Europese Commissie, met daarin de maatregelen die iedere lidstaat zou nemen om GMT te behalen. In 2018 ging vervolgens de tweede cyclus van de KRMS van start, met een update van de initiële beoordeling (Belgische Staat, 2018a), gevolgd door een herziening van

het monitoringsprogramma in 2020 (Belgische Staat, 2020), en een herziening van het maatregelenprogramma in 2022, na publieke consultatie (Belgische Staat, 2022c).

In voorliggend MER zal worden afgetoetst of het behalen van de goede milieutoestand en milieudoelen (zoals gerapporteerd door FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu aan de Europese Commissie in 2018) door het geplande project al dan niet in het gedrang komen. De belangrijkste descriptoren zijn daarbij D1/D4/D6, D2 en D7, welke in Hoofdstuk 5.1 en 5.4 aan bod zullen komen. In Hoofdstuk 5.1 wordt ook descriptor D8 toegelicht, en in Hoofdstuk 5.3 descriptor D11. Bijhorende milieudoelen en andere relevante informatie worden in meer detail in de respectievelijke hoofdstukken besproken.

2.1.2.3 De European Green Deal en Europese klimaatwet

De activiteiten binnen voorliggend MER, namelijk de bouw en exploitatie van een offshore windpark inclusief parkbekabeling, zijn op Europees niveau voornamelijk te kaderen binnen de Europese Green Deal en de juridische verankering van een aantal van de daaraan gekoppelde beleidsacties in de Europese klimaatwet.

De **Europese Green Deal** (Resolutie van het Europees Parlement van 15 januari 2020 over de Europese Green Deal (2019/2956(RSP)) stelt als doel voorop om vanaf 2050 netto geen broeikasgassen meer uit te stoten en economische groei los te koppelen van het gebruik van hulpbronnen. Daarnaast moet ook het natuurlijk kapitaal van de EU beschermd, behouden en verbeterd worden, en de gezondheid en het welzijn van de burgers beschermd worden tegen milieu-gerelateerde risico's en effecten. Het klimaataspect vormt zodoende één van de pijlers binnen de Green Deal, met als streefdoel van Europa een klimaatneutraal continent maken tegen 2050. Een eerste tussentijdse doelstelling om hiernaartoe te werken is om de uitstoot van broeikasgas tegen 2030 ten opzichte van 1990 op verantwoorde wijze tot ten minste 50 % terug te dringen en het streefdoel naar 55 % te verhogen ('Fit-for-55' package). Hernieuwbare energiebronnen vervullen hierbij een essentiële rol, zoals ook vastgelegd in de Mededeling van de Commissie van 19 november 2020 aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's met als titel "EU-strategie over de benutting van het potentieel van hernieuwbare offshore-energie met het oog op een klimaatneutrale toekomst".

Verordening (EU) 2021/1119 van het Europees Parlement en de Raad van 30 juni 2021 tot vaststelling van een kader voor de verwezenlijking van klimaatneutraliteit, en tot wijziging van Verordening (EG) nr. 401/2009 en Verordening (EU) 2018/1999, hierna "**Europese klimaatwet**", vormt de wetgevende verankering van de beleidsmatige doelstellingen uit de EU Green Deal:

- De EU moet tegen 2050 klimaatneutraal zijn en tegen 2030 een reductie van broeikasgassen met 55 % t.a.v. 1990 bereiken;
- Ten laatste tegen 30 september 2023 (en nadien vijfjaarlijks) beoordeelt de Europese Commissie de mate waarin de nationale maatregelen die, op basis van de nationale energie- en klimaatplannen stroken met die 2030 en 2050 doelstelling. Ook België heeft hiervoor een Nationaal Energie en Klimaatplan (NEKP) opgesteld (zie § 2.2.1.1);

- Ook burgers en het maatschappelijk middenveld krijgen de mogelijkheid om beste praktijken uit te wisselen en acties in kaart te brengen die bijdragen tot de verwezenlijking van de 2030 en 2050 doelstellingen.

2.1.2.4 Andere wetgeving

Naast voornoemde Europese wetgeving die specifiek van toepassing is op de bouw en exploitatie van offshore windparken, zijn er nog een reeks andere bepalingen en besluiten die relevant zijn in kader van voorliggend MER. De belangrijkste daarvan zijn de **Strategische milieubeoordeling** (richtlijn 2001/42/EC) en **Milieueffectenbeoordeling op projectniveau** (richtlijn 2014/52/EU tot wijziging van richtlijn 2011/92/EU). Op basis van deze richtlijnen moeten bepaalde plannen (SEA) en projecten (EIA) een milieueffectenbeoordeling doorlopen, inclusief openbare consultaties en de beoordeling van alternatieven. Hierdoor wordt gegarandeerd dat mogelijke milieueffecten van bepaalde plannen of projecten geïdentificeerd zijn vooraleer ze toegelaten worden (inclusief mogelijke ingrepen om negatieve effecten van het plan of project te vermijden of te milderen), en in overweging worden genomen bij een eventuele uitvoering ervan. Als gevolg van deze richtlijnen zijn de activiteiten in voorliggend project dus onderhevig aan een milieueffectenbeoordeling op projectniveau en bijhorende publieke participatie.

2.1.3 Internationale wetgeving

Naast de hierboven beschreven nationale en Europese regelgeving en richtlijnen zijn een aantal internationale verdragen en reglementeringen van belang in voorliggend project. De belangrijkste hiervan worden hieronder kort opgesomd, met een beschrijving en hun relevantie in kader van voorliggend MER.

- Het **RAMSAR-verdrag**⁶ (1971-1975) welke een aantal internationaal belangrijke watergebieden voor vogels een beschermingsstatuut geeft (gebieden beperkt tot 7 m diepte). Hoewel minder van belang in kader van voorliggend MER (daar PEZ verder offshore en op grotere waterdiepte gelegen is), wordt deze hier benoemd als één van de verdragen welke natuurbeschermingsgebieden afbakenen in het BNZ;
- Het **COLREG verdrag** (1972) welke het voorkomen van aanvaringen regelt. Binnen voorliggend MER is dit verdrag met name van belang voor Hoofdstuk 0, en de deelstudie omtrent aanvaringsrisico's (Externe bijlage 2);
- Het **MARPOL**⁷ **verdrag** (1973/1978) en bijlagen, ter voorkoming en beperking van zeeverontreiniging door scheepvaart. Binnen voorliggend MER is dit verdrag met name van belang voor Hoofdstuk 5.7. Daarnaast legt MARPOL bijlage VI normen op voor emissies van zeeschepen, welke in Hoofdstuk 5.2 aan bod komen. Zo mag het zwavelgehalte in brandstofolie maximaal 0,1 % bedragen in lage-emissiezones zoals de Noordzee, en gelden er ook strengere limieten op de NO_x-uitstoot voor scheepsdieselmotoren. Emissies die de ozonlaag aantasten zoals halonen en CFK's, ten slotte, zijn verboden;
- Het **SOLAS-verdrag** inzake veiligheid van mensenlevens op zee (1974/1978). Binnen voorliggend MER is dit verdrag met name van belang voor Hoofdstuk 5.7;

⁶ Voluit 'Overeenkomst inzake watergebieden van internationale betekenis, in het bijzonder als verblijfplaats voor watervogels'

⁷ International Convention on the Prevention of Pollution from Ships

- Het **Verdrag van Bonn** (1979) inzake bescherming van trekkende (wilde) soorten en de verwante **ASCOBANS-overeenkomst** (1992) ter bescherming van kleine walvisachtigen in de Noordzee en de Oostzee. Beiden zijn van belang in kader van Hoofdstuk 5.4, rond Fauna, Flora en Biodiversiteit;
- Het **verdrag van Bern** (1979) inzake behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijke leefmilieu. Deze is eveneens van belang in kader van Hoofdstuk 5.4, rond Fauna, Flora en Biodiversiteit;
- Het **UNCLOS⁸** of **VN Zeerechtverdrag** (1982) inzake het gebruik van de oceanen en hun grondstoffen. Dit verdrag legt onder meer de internationaal erkende zee grenzen, zoals de territoriale wateren en Economisch Exclusieve Zone (EEZ), vast. Ook werd bepaald dat kuststaten soevereine rechten hebben in de EEZ met betrekking tot natuurlijke rijkdommen en bepaalde economische activiteiten, en het uitoefenen van jurisdictie over marien wetenschappelijk onderzoek en milieubescherming. De PEZ is gelegen in de Belgische EEZ;
- Het **Akkoord van Bonn** (1983) tussen de Noordzeestaten en de Europese Gemeenschap inzake wederzijdse hulp en samenwerking in bestrijding van (olie)vervuiling, en bewaking en controle ter voorkoming van overtreding van reglementen ter bescherming en bestrijding van pollutie. Binnen voorliggend MER is dit verdrag met name van belang voor Hoofdstuk 5.7.
- Het **ESPOO verdrag** (Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context; 1991), welke voorziet dat voor projecten met grensoverschrijdende effecten het land waar die effecten zich voordoen, geconsulteerd dient te worden. Dit resulteert binnen voorliggend MER in een hoofdstuk met daarin de beschrijving van de grensoverschrijdende effecten (Hoofdstuk 8);
- Het **OSPAR verdrag** (Oslo and Paris Convention⁹; 1992), welke de bescherming van het mariene milieu in het noordoostelijk deel van de Atlantische Oceaan regelt. België valt als lidstaat binnen dit verdrag, en draagt bij tot het implementeren van de 'North-East Atlantic Environmental Strategy 2030¹⁰' welke in 2021 werd goedgekeurd, en welke een actieplan vormt ter bescherming van het mariene ecosysteem en de biologische biodiversiteit in de lidstaten grenzend aan de NO Atlantische Oceaan. Dit verdrag is van belang in kader van Hoofdstuk 5.4, rond Fauna, Flora en Biodiversiteit;
- Het **verdrag inzake Biodiversiteit** van Rio de Janeiro (1992; Convention on Biological Diversity of CBD), welke als doel heeft om de biologische diversiteit te behouden, en het duurzaam gebruik van zijn componenten vooropstelt. Dit verdrag is van belang in kader van Hoofdstuk 5.4, rond Fauna, Flora en Biodiversiteit;
- Het **verdrag van Malta** (1992, ook wel verdrag van Valletta genoemd), welke het cultureel erfgoed dat zich in de bodem bevindt beter moet beschermen. Ook de **UNESCO Conventie** voor de bescherming van het onderwatererfgoed (2 november 2001) heeft tot doel om de bescherming van erfgoed onder water te garanderen. Deze verdragen worden omgezet in Belgische wetgeving door de 'Wet tot implementatie van het UNESCO-verdrag van 2 november 2001 ter bescherming van het cultureel erfgoed onder water en de bescherming van waardevolle wrakken' (**Wet van 23 april 2021**) en het 'KB tot uitvoering van de wet van 23 april

⁸ United Nations Convention on the Law of the Sea

⁹ Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic

¹⁰ <https://www.ospar.org/convention/strategy>

2021 tot implementatie van het UNESCO verdrag van 2 november 2001 ter bescherming van het cultureel erfgoed onder water en de bescherming van waardevolle wrakken'. Binnen voorliggend MER van belang in kader van Hoofdstuk 5.5;

- De **Vijfde Internationale Conferentie over de Bescherming van de Noordzee** (Bergen-Noorwegen, 2002), waarin de aanpak van het ecosysteem voor de verdere ontwikkeling van de Noordzee duidelijk naar voren wordt geschoven. Binnen voorliggend MER van belang in kader van Hoofdstuk 5.4, rond Fauna, Flora en Biodiversiteit;
- Het **Akkoord van Parijs** (in werking sinds 2016), als opvolging van het Kyoto protocol (1997-2020) binnen het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake Klimaatverandering¹¹ (Klimaatverdrag) van 1992. Dit akkoord heeft tot doel om de verdere opwarming van de aarde te beteugelen en vormt samen met de Europese klimaatplannen en doelstellingen het bredere kader waarbinnen voorliggend MER en de uitbouw van offshore hernieuwbare energie plaatsvindt;
- Hoewel geen strikte wetgeving, zijn ook de Verenigde Naties' **Duurzame Ontwikkelingsdoelstellingen** (SDGs – Sustainable Development Goals) welke vastgesteld zijn als nieuwe mondiale duurzame ontwikkelingsagenda voor 2030 van belang. Deze SDGs vervangen de Millenniumdoelstellingen die eind 2015 zijn vervallen, en zijn van kracht sinds 2016 tot 2030. Van de 17 doelstellingen en 169 onderliggende targets zijn met name SDG14 'Bescherming van zeeën en oceanen' en SDG15 'Herstel van ecosystemen en behoud biodiversiteit' relevant in kader van voorliggend MER en ontwikkeling van offshore windparken in PEZ.

2.2 BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN

Voor de beleidsmatige randvoorwaarden wordt eveneens verwezen naar § 3.1 (Doelstelling en motivering van het project).

2.2.1 Doelstellingen voor België

2.2.1.1 Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP)

Eind 2019 heeft België, in navolging van de Europese Verordening (EU) 2018/1999¹² en de Europese Green Deal, aan de Europese Commissie een definitief **Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP)** voor de periode 2021-2030 voorgelegd, waarin de belangrijkste doelstellingen en maatregelen voor het energie-en klimaatbeleid voor die periode werden vastgelegd (Belgische Staat, 2019). Hierin werd onder meer vooropgesteld dat tegen 2030 ca. 17,5 % van het bruto eindverbruik van energie in België uit hernieuwbare energieproductie dient te komen. Daarnaast specificeert één van de maatregelen dat de bijdrage van offshore windenergie aan de Belgische hernieuwbare productiemix tegen 2030 4 GW zal bedragen. Deze doelstelling werd in 2021 nog meer aangescherpt, toen de federale regering in haar regeerakkoord

¹¹ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)

¹² Verordening (EU) 2018/1999 van het Europees Parlement en de Raad van 11 december 2018 inzake de governance van de energie-unie en van de klimaatactie, tot wijziging van Richtlijn 94/22/EG, Richtlijn 98/70/EG, Richtlijn 2009/31/EG, Verordening (EG) nr. 663/2009, Verordening (EG) nr. 715/2009, Richtlijn 2009/73/EG, Richtlijn 2009/119/EG van de Raad, Richtlijn 2010/31/EU, Richtlijn 2012/27/EU, Richtlijn 2013/30/EU en Richtlijn (EU) 2015/652 van de Raad, en tot intrekking van Verordening (EU) nr. 525/2013.

besliste om de capaciteit offshore windenergie op te trekken tot 5,4 – 5,9 GW tegen 2030. De huidige 9 operationele windparken op het BNZ, gelegen in de Oostelijke energiezone van het MRP 2020-2026, produceren sinds 2020 een totaal vermogen van ca. 2,3 GW offshore windenergie. De ambities van de federale regering dienen daarom verder geconcretiseerd te worden in een nieuwe zone in het BNZ vastgelegd in het MRP 2020-2026 voor de productie en/of opslag van elektriciteit uit hernieuwbare energie en de bouw van onderstations en kabels voor het transport van deze elektriciteit, de Prinses Elisabeth-zone. Dit komt neer op een vooropgestelde doelstelling voor een bijkomende productie van minimum 3,5, in lijn met de verbintenissen op Europees niveau en in kader van het Klimaatakkoord van Parijs (zie verder). Tezelfdertijd werd het principe van aansluiting van windenergie via een energie-eiland (het MOG2 eiland; IMDC, 2022) gevalideerd. De minister bevoegd voor Energie, Tinne Van der Straeten, en de minister bevoegd voor de Noordzee, Vincent van Quickenborne, hebben hiervoor de handen in elkaar geslagen. Streefdoel hierbij is om de maatschappelijke kosten zo laag mogelijk te houden in verhouding tot het aandeel bijkomende offshore hernieuwbare elektriciteitsproductie. Omwille van die reden besliste de federale regering om een concurrerende inschrijvingsprocedure volgens de wet van 12 mei 2019¹³ en overeenkomstig Europese staatssteunregels te organiseren voor de drie kavels waarbij de uitvoering van de voorstudies in opdracht van de FOD Economie plaatsvindt. Deze werkwijze is analoog aan de procedure in de buurlanden. De winnaar van de concurrerende inschrijvingsprocedure zal vervolgens de toelating en nodige vergunningen verkrijgen voor de bouw en exploitatie van offshore installaties voor de productie van elektriciteit via hernieuwbare energiebronnen. Voorliggend MER (als één van de voorstudies binnen PEZ) kadert binnen deze context, en zal als bijlage bij de milieuvergunningsaanvraag gevoegd worden.

De toekomstige ontwikkelingen binnen de PEZ zijn intrinsiek ook gelinkt met de projecten rond het MOG2 eiland als offshore transmissiefaciliteit om de opgewekte energie vanuit de PEZ aan land te kunnen brengen, alsook de projecten rond de noodzakelijke versterking van het onshore netwerk (het Ventilus- en het Boucle du Hainaut-project). De indienststelling van het eerste PEZ-windpark in kavel PEI zal in het bijzonder afhangen van de timing van voornoemde projecten.

2.2.1.2 Langetermijnvisie Noordzee 2050

In 2017 werd de **langetermijnvisie Noordzee 2050** voorgesteld (De Backer, 2017), welke in parallel met het toenmalige herzieningsproces voor het marien ruimtelijk plan verliep. Waar de langetermijnvisie Noordzee 2050 geldt als richtinggevend beleidsdocument, waarin doelstellingen en randvoorwaarden op lange termijn werden opgenomen, vormt het MRP het regelgevende en bindende instrument om een ruimtelijke invulling te geven aan die doelstellingen en randvoorwaarden.

In de langetermijnvisie Noordzee 2050 werden, op basis van de wetenschappelijke kennis en expertise in België, de belangrijkste principes om te komen tot de grondregels van goed beheer van het BNZ van vandaag tot 2050

¹³ Wet tot wijziging van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt met het oog op het invoeren van een concurrerende inschrijvingsprocedure voor de bouw en exploitatie van productie-installaties in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en tot bekrachtiging van het koninklijk besluit van 11 februari 2019 tot wijziging van het koninklijk besluit van 16 juli 2002 betreffende de instelling van mechanismen voor de bevordering van elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen.

vooropgesteld. Specifiek voor de ontwikkeling van activiteiten op het BNZ werden drie kernprincipes of grondregels opgesteld waaraan alle toekomstige activiteiten moeten worden getoetst. Deze kunnen als volgt gedefinieerd worden:

- Natuurlijkheid is een basisrandvoorwaarde voor de ontwikkeling van het BNZ binnen al haar dimensies;
- Het BNZ blijft ook in 2050 belangrijke gebruiksfuncties aanbieden om maatschappelijk welzijn te ondersteunen;
- Tegen 2050 is het principe van meervoudig ruimtegebruik de norm voor alle ruimtegebruik binnen het BNZ.

Vanuit deze Noordzeevisie 2050 werd de **Think Tank North Sea** opgericht, als neutraal en ongebonden entiteit waarin belanghebbenden met uiteenlopende achtergronden (wetenschap, beleid, middenveld, industrie en maatschappij) zich buigen over thema's met betrekking tot de Noordzee. De denktank vertrekt hierbij steeds vanuit de wetenschap en zoekt aansluiting bij de grote maatschappelijke uitdagingen. Zo werden in de periode 2019-2020 twee thematische focusgroepen opgericht: 'Werken met de natuur' en 'Leven met klimaatverandering'. In het visievormingstraject 2021-2022 lag de focus op 'Milieuvriendelijke duurzame blauwe groei'.

Ook voor ontwikkelingen in kader van hernieuwbare energie zoals het voorwerp van voorliggend MER, zijn de leidende principes van de langetermijnvisie Noordzee 2050 belangrijk om mee te nemen.

2.2.2 Doelstellingen voor Europa

De Belgische doelstellingen omtrent hernieuwbare energie kaderen in grote mate binnen de bredere Europese initiatieven en richtlijnen hieromtrent en de overkoepelende klimaatdoelstellingen waartoe ook België zijn steentje dient bij te dragen.

Met het NEKP beoogt België om zijn steentje bij te dragen aan de bredere **Europese Green Deal**¹⁴. Via dit Europese pakket beleidsinitiatieven wordt als overkoepelend doel voor de lidstaten vooropgesteld om vanaf 2050 netto geen broeikasgassen meer uit te stoten, en economische groei los te koppelen van het gebruik van hulpbronnen. Daarnaast dient het natuurlijk kapitaal van de EU te worden beschermd, behouden en verbeterd en de gezondheid en het welzijn van de burgers te worden beschermd tegen milieu-gerelateerde risico's en effecten. Europa zou tegen 2050 een klimaatneutraal continent moeten zijn, en hernieuwbare energiebronnen zullen hierbij een essentiële rol vervullen. Als onderdeel van de Europese Green Deal is op 29 juli 2021 de **Europese klimaatwet**¹⁵ in werking getreden, welke de Europese klimaatdoelstellingen juridisch verankert. Met de Europese klimaatwet zijn de reductiedoelen van broeikasgasemissies voor de Europese Unie aangescherpt om uitvoering te geven aan de verplichtingen van de Overeenkomst van Parijs. Hierbij wordt een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen van 55 % (t.a.v. 1990) tegen 2030 vooropgesteld, welke geleid heeft tot het 'Fit for 55' pakket met concrete richtlijnen om deze doelstelling te behalen.

¹⁴ https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_nl en Resolutie van het Europees Parlement van 15 januari 2020 over de Europese Green Deal (2019/2956(RSP))

¹⁵ Verordening (EU) 2021/1119 van het Europees Parlement en de Raad van 30 juni 2021 tot vaststelling van een kader voor de verwezenlijking van klimaatneutraliteit, en tot wijziging van Verordening (EG) nr. 401/2009 en Verordening (EU) 2018/1999 ("Europese klimaatwet").

In de strategie van de Europese Commissie¹⁶ omtrent de benutting van het potentieel van hernieuwbare offshore-energie tenslotte, wordt een opschaling van de huidige geïnstalleerde offshore-windcapaciteit van 12 GW op Europees niveau tot ten minste 60 GW tegen 2030 en 300 GW tegen 2050 beoogd.

De Europese richtlijn 2009/28/EG betreffende hernieuwbare energie legde de lidstaten van de Europese Unie een globale doelstelling op van 20 % primair verbruik van hernieuwbare energie tegen 2020. De doelstelling voor België bedroeg toen 13 % (totale energieverbruik voor verwarming, elektriciteit en transport). Deze doelstellingen werden herzien in de [Europese richtlijn 2018/2001](#) van 11 december 2018 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen (herschikking) tot 32 %, waardoor België in het NEKP een bijdrage van 17,5 % hernieuwbare energie t.a.v. het bruto finaal energieverbruik vooropstelt. Daar de mogelijkheden voor windenergie op land alsook zonne-energie eerder beperkt zijn omwille van de Belgische topografie, bevolkingsdichtheid, klimaat, en beschikbare oppervlakte, wordt er voor het leveren van deze vooropgestelde bijdrage in grote mate gekeken naar extra offshore windcapaciteit. Ook naar publieke aanvaarding en energetisch potentieel lijkt deze meest beloftevol om de doelstellingen en productie van hernieuwbare energie te verhogen. Daarenboven is offshore windenergie niet seizoensgebonden zoals zonne-energie. De richtlijn om tot 32 % van het totale energieverbruik uit hernieuwbare bronnen te halen werd in 2021 verder aangescherpt tot 40 % tegen 2030 ([COM \(2020\) 218](#)), om de doelstelling binnen de Europese klimaatwet te realiseren.

Om op Europees niveau een geïntegreerd energienetwerk te stimuleren welke bovenstaande doelstellingen naar aandeel hernieuwbare en meer specifiek offshore energie kan bewerkstelligen, werd in 2010 een eerste stap gezet met de oprichting van het [North Sea Countries Offshore Grid Initiative](#) (NSCOGI). In een Memorandum of Understanding verklaarden 10 Noordzeelanden (België, Denemarken, Frankrijk, Duitsland, Ierland, Luxemburg, Nederland, Verenigd Koninkrijk, Noorwegen en Zweden) om samen te werken en investeringen te coördineren om interconnecties tussen de landen te ontwikkelen. Meer bepaald had de NSCOGI tot doel om de verschillende offshore energieopwekkingsinstallaties van de Noordzeelanden met elkaar te verbinden via kabels en hoogspanningsstations/'stopcontacten op zee', zoals het MOG2 eiland. Sinds 2016 vormt de [North Seas Energy Cooperation](#) (NSEC)¹⁷ het vervolg op dit initiatief tot intensieve regionale samenwerking rond betaalbare, Europese offshore energie. In de verklaring van 2 december 2021 scharen 9 lidstaten, waaronder België, en de Europese Commissie zich achter het gezamenlijke doel om de efficiënte implementatie van offshore windenergie in de Noordzee mogelijk te maken en te ondersteunen, via een offshore netwerk dat deze 9 lidstaten verbindt en in staat stelt maximaal gebruik te maken van de offshore capaciteit aan hernieuwbare energie. Nog later, op 18 mei 2022, verklaren 4 lidstaten van de NSEC – België, Denemarken, Duitsland en Nederland – in de zogenaamde [Esbjerg declaration](#)¹⁸ om te streven naar een afbouw van fossiele brandstoffen (inclusief Russisch gas, olie, en steenkool) en een vervanging door Europese hernieuwbare energie afkomstig van de Noordzee (OWF & groene waterstof). Hierbij werden als gezamenlijke doelstellingen een opschaling van ten minste 65 GW offshore windenergie

¹⁶ Mededeling van de Commissie van 19 november 2020 aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's met als titel "EU-strategie over de benutting van het potentieel van hernieuwbare offshore-energie met het oog op een klimaatneutrale toekomst" (COM (2020) 741)

¹⁷ Political declaration of 2 December 2021 on energy cooperation between the North Sea countries and the European Commission on behalf of the Union ("The North Seas Energy Cooperation").

¹⁸ The declaration of energy ministers on The North Sea as a Green Power Plant of Europe

tegen 2030, en 150 GW tegen 2050 vooropgesteld. Tijdens de North Sea Summit van 26 april 2023 (<https://northseasummit23.be/>) scharen vijf extra landen (Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Luxemburg, Ierland en Noorwegen) zich achter de collectieve ambitie om van de Noordzee een hernieuwbare energie hub te maken tegen 2050. Specifiek voor België wordt als doelstelling 5,8 GW offshore windcapaciteit tegen 2030 (en zelfs 6 GW tegen 2030 volgens laatste North Sea Summit; <https://northseasummit23.be/en/belgium>), en 8 GW tegen 2040 naar voren geschoven, in lijn met de cijfers in het huidige regeerakkoord van de Federale regering: 5,4 – 5,9 GW tegen 2030 (zie eerder). Al deze doelstellingen binnen de NSEC worden ook meegenomen in de eerder vermelde EU strategie rond benutting van het potentieel van hernieuwbare offshore energie (COM (2020) 741; zie eerder).

Naast bovenstaande initiatieven zijn er nog enkele beleidsinitiatieven om de ontwikkeling en innovatie van offshore windenergie verder te bevorderen op Europees niveau. Zo is er het **Strategic Energy Technology Plan** (SET-Plan, COM (2007) 723), een strategisch plan waarbinnen ingezet wordt op de ontwikkeling van kostenefficiënte technologieën met een lage koolstofuitstoot. Het integreren van hernieuwbare technologieën in het energiesysteem en het inzetten op energie-efficiëntie binnen de industrie, vormen maar enkele van de geïdentificeerde prioritaire acties. Ook binnen het Horizon Europe programma (het Europese onderzoeks- en innovatie programma) vormt het klimaat- en energievraagstuk één van de pijlers waarop ingezet wordt. Zo heeft de Commissie in 2020 de Missie “**Starfish 2030: Restore our Ocean and Waters**”¹⁹ gelanceerd. Binnen de Missie worden 5 overkoepelende doelstellingen vooropgesteld, waaronder het herstellen van ecosystemen en biodiversiteit, het bannen van vervuiling en het koolstofneutraal en circulair maken van de blauwe economie. Dit alles moet mee helpen om de Europese Green Deal waar te maken.

¹⁹ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/mission-starfish-2030-restore-our-ocean-and-waters_en

3 BESCHRIJVING VAN HET PROJECT

3.1 DOELSTELLING EN MOTIVERING

Voorliggend MER kadert binnen de Belgische en Europese doelstellingen omtrent offshore hernieuwbare energie, als onderdeel van het NEKP voor de periode 2021-2030, en de doelstelling van de federale regering om de capaciteit offshore windenergie in het BNZ op te trekken van 2,3 GW in 2020 (operationele windparken Oostelijke energiezone) tot 5,4 – 5,9 GW tegen 2030 (zie Hoofdstuk 2.2 voor een uitgebreide beleidsmatige context). Deze cijfers moeten bijdragen aan de doelstelling op Europees niveau om een opschaling van de huidige geïnstalleerde offshore windcapaciteit van 12 GW tot ten minste 60 GW tegen 2030 te bekomen. Binnen de NSEC scharen 9 lidstaten, waaronder België, en de Europese Commissie zich achter dit doel, en wordt er gewerkt aan een internationaal netwerk om maximaal gebruik te maken van de offshore capaciteit aan hernieuwbare energie.

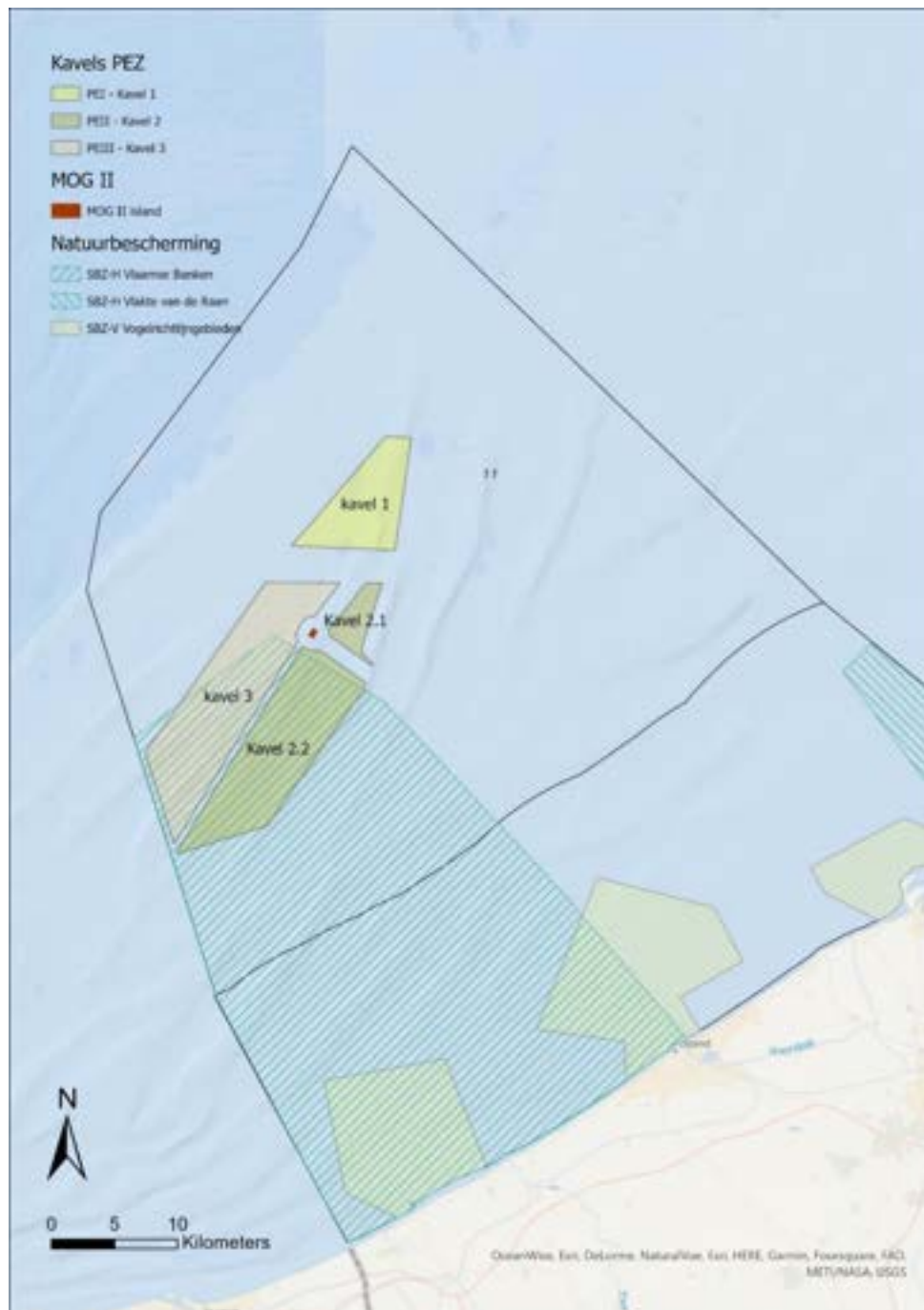
Het uitbouwen van nieuwe windparken in de PEZ, in de daartoe bestemde zones vastgelegd in het MRP 2020-2026 (KB 22/5/2019), moet een bijkomende productie van minimum 3,15 en maximum 3,5 GW bewerkstelligen om in lijn te zijn met de Belgische en Europese klimaatdoelstellingen. De bouw en exploitatie van deze bijkomende windparken zal onderwerp vormen van een concurrerende inschrijvingsprocedure (wet van 12 mei 2019; cf. buitenlands voorbeeld). Voorliggend MER (als één van de voorstudies binnen de PEZ in opdracht van de FOD Economie) kadert binnen deze context, en vormt een bijlage bij de milieuvergunningsaanvraag.

3.2 RUIMTELIJKE SITUERING

De Prinses Elisabeth-zone (PEZ) is gelegen in de Exclusieve Economische Zone (EEZ) in het Belgische deel van de Noordzee (BNZ), ter hoogte van de Hinderbanken. De site ligt op ca. 35-55 km uit de kust, afhankelijk van de locatie in de kavels, en er heerst een gemiddelde waterdiepte van ongeveer 28 m onder LAT.

3.2.1 Motivatie van de locatiekeuze

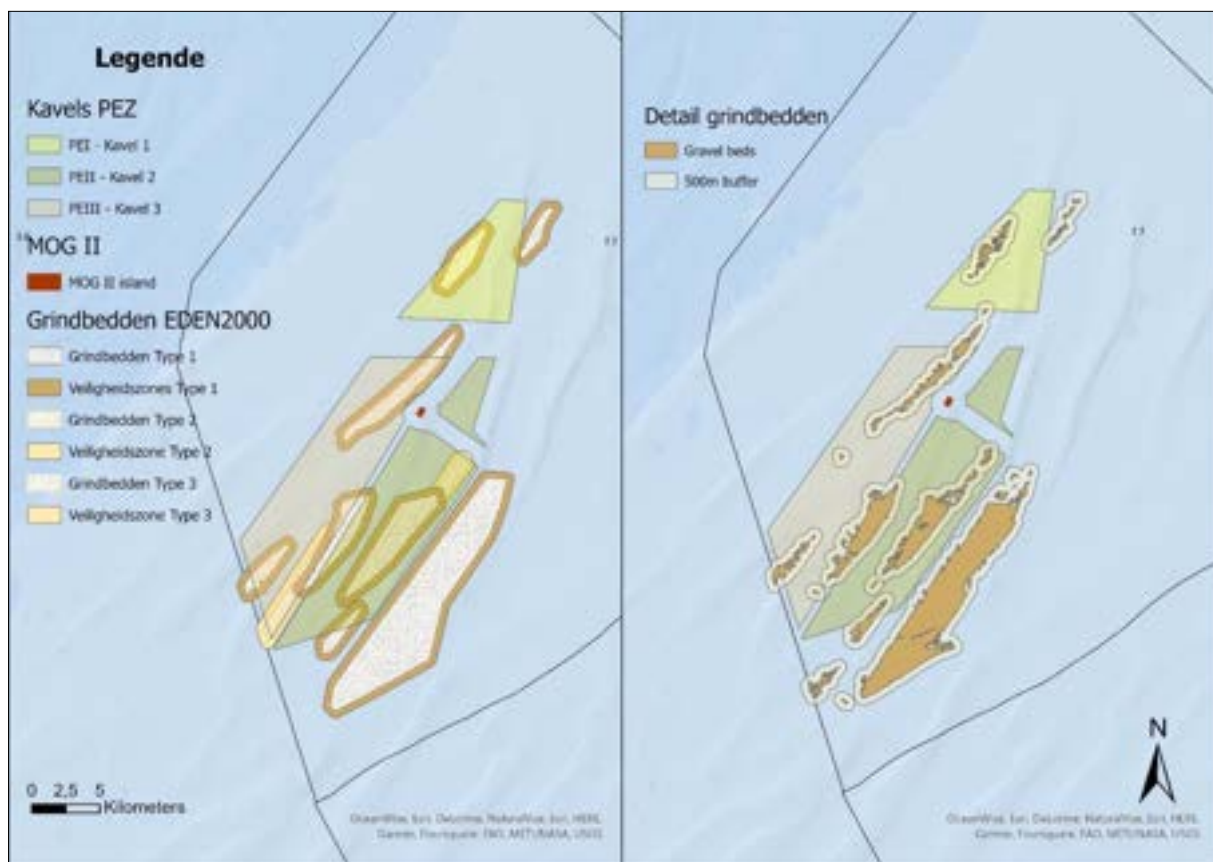
De keuze voor de locatie van de kavels werd bepaald in functie van de voorbehouden zones voor de opwekking van energie uit hernieuwbare bronnen in het KB van 22 mei 2019 tot vaststelling van het marien ruimtelijk plan voor de periode van 2020 tot 2026 in de Belgische zeegebieden, artikel 8, paragrafen 2 en 3. Binnen deze zones werden 3 kavels aangeduid (cf. principieel akkoord federale regering – 23 september 2022) (zie Figuur 1-1), waarvan de coördinaten in Bijlage 11.2 weergegeven zijn. In de PEZ zal er een domeinconcessie worden afgeleverd voor de bouw van het MOG2 eiland. Kavel PE II wordt in 2 delen gesplitst vanwege de kabelcorridor voor de exportkabels van netbeheerder Elia. Voorliggend MER doet geen voorafname aan het resultaat van milieuvergunningsprocedure van het MOG2 eiland. In de milieuvergunningsaanvraag van MOG2 wordt een voorkeursscenario naar voor geschoven: een energie-eiland op locatie West 1. Ook gaat de principebeslissing betreffende de kavels uit van dit scenario. Om deze reden wordt eveneens scenario “Eiland West 1” aangenomen binnen voorliggend MER.



Figuur 3-1 – Overzicht van de kavelindeling PEZ, de aanduiding van MOG2, en de Natura 2000 beschermde gebieden in het BNZ. De zwarte lijn in het midden het BNZ duidt de 12 nautische mijl aan, de afbakening van de territoriale wateren.

Twee kavels van de PEZ overlappen in grote mate met het SBZ-H ‘Vlaamse Banken’, welke een oppervlakte van ca. 1.099 km² beslaat, en zich bevindt in het zuidwestelijke deel van de Belgische Noordzee (Figuur 3-1). Het grenst aan het Franse Vogel- en Habitatrichtlijngebied “Bancs de Flandres” en strekt zich uit tot ongeveer 45 km in zee. De Vlaamse Banken zijn aangewezen voor de bescherming van “permanent met zeewater bedekte zandbanken” (Habitattype code 1110) en “Riffen” (Habitattype code 1170). Deze zandbanken en riffen behoren tot de ecologisch meest waardevolle habitats van onze Noordzee. Binnen de ‘Vlaamse Banken’ zijn er ook meerdere grindvelden te vinden, die deel uitmaken van Habitattype 1170 (geogene riffen). Gezien het biologisch belang van deze grindvelden en de geassocieerde biota, werden

deze uitgebreid in kaart gebracht voor de PEZ, als één van de studies binnen het EDEN2000-onderzoek²⁰. Dit onderzoek, “Exploring options for a nature-proof Development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area”, had tot doel om via 25 studies hiaten in de wetenschappelijke kennis op te vullen. Kartering van grindbedden was één van deze studies, en leverde onderstaande kaarten op (Figuur 3-2), waarop de grindbedden te zien zijn, alsook een 500 m buffer- of veiligheidszone rondom. Hierbij worden 3 types onderscheiden, waarbij type 1 grindbedden als meest ecologisch waardevol worden beschouwd (type 1 > type 2 > type 3) (zie § 5.1.2.3 voor een definitie van deze types). Binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van de rechtse detailfiguur uit Figuur 3-2 voor de locatie van de grindbedden.



Figuur 3-2 – **Links:** grindbedlocaties ter hoogte van PEZ, volgens de EDEN2000-studie ‘Kartering van grindbedden’ waarvan de resultaten op de website <https://www.health.belgium.be/nl/eden2000-studies> te vinden zijn. Grindbedden zijn onderverdeeld in Type 1, Type 2 en Type 3. **Rechts:** gedetailleerde grindbedlocaties binnen PEZ (Bron: Montereale-Gavazzi et al., 2020, 2023a; KBIN)

Projecten zoals het installeren en exploiteren van een windpark en inter-array bekabeling zijn niet verboden in deze gebieden (de beschermde gebieden overlappen dan ook deels met de in het MRP afgebakende zones voor hernieuwbare energie), maar de mogelijke impact op de beschermde habitats en soorten moet zo gedetailleerd mogelijk in kaart gebracht worden. Het vermijden van de beschermde gebieden is niet steeds mogelijk gezien de omvang van deze gebieden en de grote overlap met de afgebakende PEZ kavels. De potentiële impact van voorliggend project op het

²⁰ <https://www.health.belgium.be/nl/eden2000-studies>

beschermde Natura 2000-gebied SBZ-H 'Vlaamse Banken', en op de niet-gebiedsspecifieke instandhoudingsdoelstellingen voor soorten in het BNZ wordt in detail besproken in Hoofdstuk 7 'Ontwerp passende beoordeling'.

3.2.2 Ruimtelijke situering t.o.v. andere gebruikers

De PEZ wordt omringd en doorkruist door volgende actuele activiteiten (Figuur 3-3):

- Het **MOG2 energie-eiland** dat zich situeert tussen kavel PE II en kavel PE III;
- Het **Habitatrichtlijngebied** (SBZ-H) '**Vlaamse Banken**', waarbinnen zowel grote delen van kavel PE II als van kavel PE III gelegen zijn (zie eerder);
- Concessiezones voor **zandontginning**:
 - Sector 4a welke overlapt met kavel PE I;
 - Sector 4d welke net naast kavel PE II gelegen is aan oostelijke zijde;
 - De exploratiezone voor nieuwe zandwinningsgebieden welke overlapt met kavels PE I en PE III aan noordwestelijke zijde;
- **Telecommunicatiekabels**:
 - De TAT 14²¹ (I) telecommunicatiekabel welke dwars doorheen kavel PE II loopt in ZW-NO richting, en net langs kavel PE I. Deze werd buiten gebruik gesteld in 2020;
 - De PEC²² telecommunicatiekabel welke het zuidelijke tipje van kavel PE III en een iets grotere hoek van kavel PE II doorkruist;
 - De Tangerine telecommunicatiekabel welke ongeveer parallel met PEC ten zuiden van kavel PE II loopt op meer dan 3 km;
 - De Rembrandt 2 kabel welke de noordelijke tip van kavel PE III doorkruist van W naar O. Deze werd buiten gebruik gesteld;
 - De Mercator telecommunicatiekabel welke net ten zuiden van kavel PE II op een afstand van ca. 750 m het BNZ binnenkomt vanuit Franse wateren en in zuidoostelijke richting afbuigt;
 - De Concerto 1 South telecommunicatiekabel welke op ca. 400 m van de meest noordelijke tip van kavel PE I passeert;
 - De Hermes 2 /Hermes South kabel welke via het westen en de grens met Frankrijk binnenkomt en van west naar oost doorheen kavels PE III en PE II loopt. Deze is niet meer actief volgens de laatste gegevens;
- **Elektriciteitskabels**:
 - De Nemo Link kabel welke ten zuiden van kavel PE II passeert (op meer dan 3 km afstand weliswaar);
- De **gasleiding** Franpipe die ten zuidoosten van kavel PE II passeert. Deze gasleiding bevindt zich op minstens 1 km van de PEZ (PE II);
- Meerdere belangrijke **scheepvaartroutes**:

²¹ TransAtlantic Telephonecable Number 14

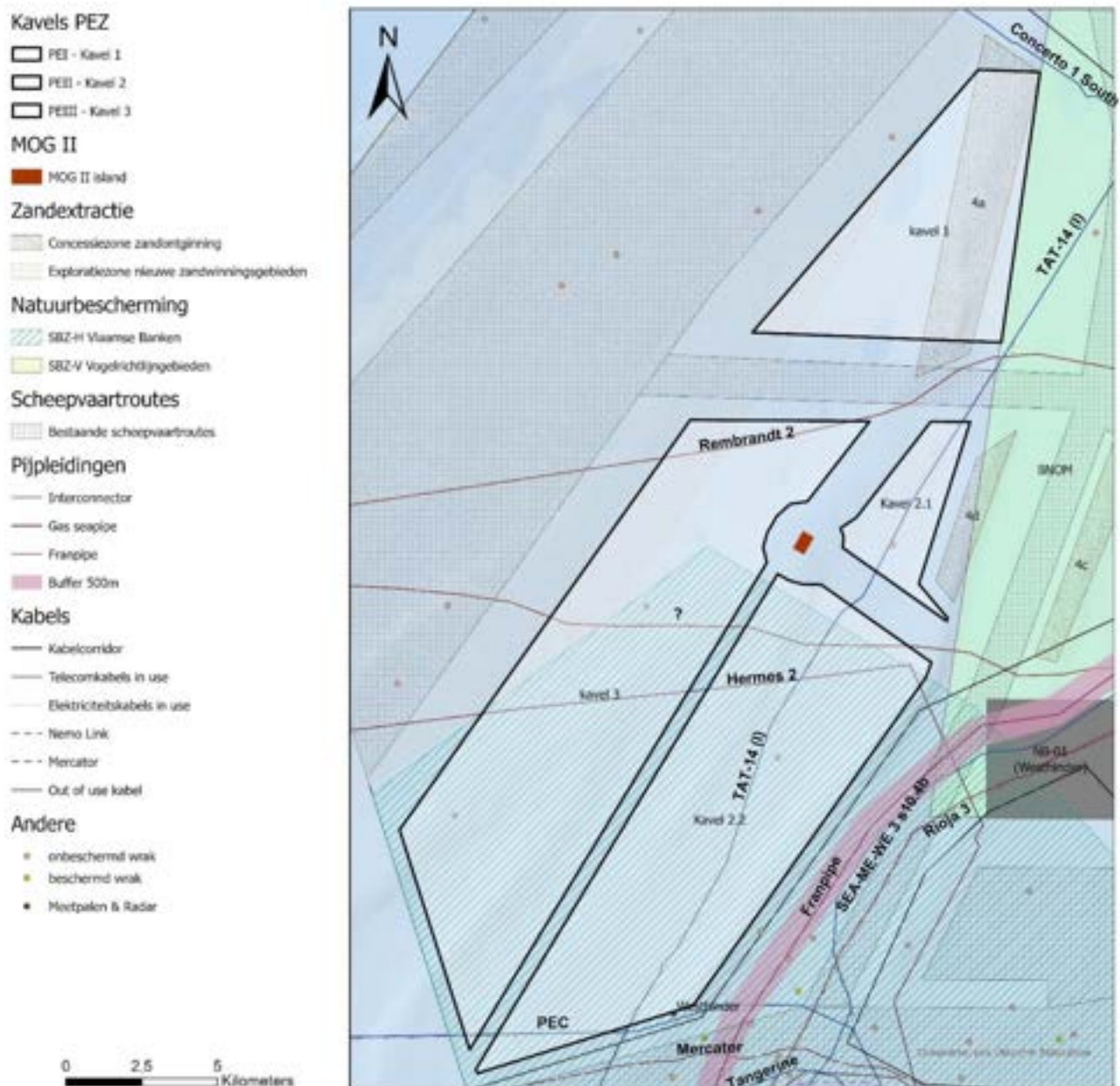
²² Pan European Crossing

- Het verkeersscheidingsstelsel Noordhinder Zuid (en daarboven Noordhinder Noord) in het noordwesten. Dit verkeersscheidingsstelsel maakt deel uit van een groot verkeersscheidingsstelsel door de Straat van Dover en wordt gebruikt door de scheepvaart tussen het zuidelijk deel van de Noordzee en het noordelijke deel of de Baltische zee. Het is één van de meest drukbevaren scheepvaartgebieden ter wereld. Aansluitend bevindt zich ter hoogte van de grens met de Nederlandse wateren (maar dus verder van de PEZ gelegen) het voorzogsgebied Noordhinder dat verder loopt op Nederlands grondgebied;
- Het verkeersscheidingsstelsel Westhinder in het zuiden. Dit verkeersscheidingsstelsel sluit ter hoogte van Duinkerke aan op het oost–west verkeersscheidingsstelsel en wordt gebruikt door schepen naar en van de Belgische kusthavens en de Scheldehavens. Aansluitend op dit verkeersscheidingsstelsel is een door de IMO aangenomen voorzogsgebied Westhinder, met ten noorden ervan het te vermijden gebied en het ankergebied Westhinder aangeduid;
- Het verkeersscheidingsstelsel Off Noordhinder ten oosten van kavel PE I, welke het verkeer inkomend van of uitgaande naar het noorden regelt;
- Tussen het verkeersscheidingsstelsel Off Noordhinder en het voorzogsgebied Westhinder loopt ook een drukbevaren route ongeveer parallel langsheen de oostelijke zijde van kavels PE I en PE II;
- Meerdere **wrakken en obstakels** (zie ook digitale database PEZ²³), waarvan 3 een beschermde status hebben: het wrak UB III-klasse-Fairy Bank dat zich in kavel PE III bevindt, het Westhinder lichtschip, ten zuidoosten van kavel PE II op een afstand van meer dan 1 km, en de SS Kilmore, eveneens ten zuidoosten van kavel PE II, maar op meer dan 2,5 km gelegen (zie ook van den Brenk et al., 2021);
- De Belgisch-Franse maritieme grens aan de zuidwestelijke rand van de kavels PE II en PE III.

De situering van de PEZ ten aanzien van de diverse andere gebruikers in het BNZ wordt in meer detail besproken binnen de disciplines “Zeezicht en cultureel erfgoed” (Hoofdstuk 5.5), “Interactie met andere menselijke activiteiten” (Hoofdstuk 5.6), en “Risico’s, veiligheid en menselijke gezondheid” (Hoofdstuk 5.7).

Van zodra gestart wordt met ontwikkeling in de PEZ kavels, zal eenzelfde doorvaartbeleid als voor de volledig operationele Oostelijke energiezone gelden, en zal vrij scheepvaartverkeer (met uitzondering van o.a. wetenschappelijk onderzoek en onderhoud) verboden zijn in de volledige PEZ alsook in de veiligheidszone van 500 m rondom de windparken (zie Bijlage 1 MRP 2020-2026, en het KB Veiligheidszone van 4 februari 2020).

²³ <https://offshore.digital-database.economie.fgov.be/#/home>



Figuur 3-3 – Overzicht van andere gebruikers in en rondom de kavels van de PEZ, op basis van het MRP 2020-2026 en andere bronnen. Naast zaken vermeld in de legende zijn ook de zones voor militaire activiteiten NB-01 (grijs) en BNOM (lichtgroen) aangeduid.

3.2.3 Lay-out van de Prinses Elisabeth-zone

In voorliggend MER en ontwerp PB wordt een tentatieve en voorlopige indeling van de windparken (configuratie) voor de verschillende kavels binnen de PEZ gehanteerd. De verdere uitwerking van een design voor offshore windparken inclusief de inter-array bekabeling op microschaal zal namelijk door de kandidaat-ontwikkelaars uitgevoerd worden. In voorliggend MER wordt daarom een conceptuele lay-out voorgesteld, op basis van een bandbreedtebenadering (zie § 1.1.2) voor de beschrijving van de potentiële milieueffecten, waarbij de volledige waaier aan tussenliggende opties open blijft voor toekomstige kandidaat-ontwikkelaars. Hierbij werd al zoveel mogelijk rekening gehouden met een aantal aspecten, zoals:

- de ligging van het MOG2 eiland (volgens locatie West 1 uit het MER MOG2; IMDC, 2022);

- de ligging van twee geplande interconnectoren (Nautilus, Triton Link) welke via de noordoostelijke corridor (zie Figuur 3-1) zullen aangesloten worden op MOG2 en waarbij de veiligheidsafstanden van 250 m aan weerszijden van de individuele kabels dienen gerespecteerd te worden;
- de ligging van de zuidoostelijke corridor waarbinnen de exportkabels van het MOG2 eiland richting aanlandingspunt aan landzijde zullen verlopen en waarbinnen bijgevolg geen ruimte is voor enige andere bekabeling;
- de ligging van de grindbedden en bufferzones rondom zoals weergegeven in Figuur 3-2 (detail rechts).

Behalve bovenstaande aspecten werd er voor de opmaak van de conceptuele lay-out in voorliggend MER verder nog geen rekening gehouden met o.a. de aanwezige telecom- en andere kabels, alsook gekende wrakken en objecten (zie van den Brenk et al., 2021) in de PEZ kavels. De windturbines liggen volledig binnen de afzonderlijke kavels PE I, PE II, en PE III. Volgens het KB Veiligheidszone²⁴ (KB van 11/04/2012 opgeheven door het KB van 04/02/2020) wordt in eerste instantie een veiligheidszone van 500 m vanaf de buitengrenzen ingesteld rondom elke turbine van zodra met de bouw wordt begonnen. Zodra alle turbines in een kavel zijn gebouwd, wordt een veiligheidszone van 500 m ingesteld rond het windpark (in dit geval kavel) vanaf de buitengrenzen. Zodra alle windparken in de afzonderlijke kavels van PEZ operationeel zijn, wordt een veiligheidszone van 500 m rond de gehele PEZ ingesteld vanaf de buitengrenzen. Deze bufferzone is volledig gelegen op het BNZ.

3.3 TERMIJN EN FASERING

In grote lijnen worden de volgende projectfasen onderscheiden binnen de offshore windenergie-ontwikkelingen in de PEZ:

- De voorbereidende fase (studie-, design- en tenderfase, huidig – 2027):
 - o Hieronder vallen onder meer de afronding van alle voorbereidende studies (inclusief voorliggend MER) in opdracht van de FOD Economie;
 - o Daarnaast komen ook de organisatie en procedure met betrekking tot de offshore tenders voor de verschillende kavels onder deze fase; deze zullen in 3 afzonderlijke offshore tenders gesplitst worden, voor kavel PE I in eerste instantie, en ca. één jaar later gevolgd door kavels PE II en PE III;
 - o Op het moment dat de winnaar(s) geselecteerd is/zijn, zal de machtiging voor constructie, alsook milieuvergunning en Natura 2000-toelating overgedragen worden van de FOD Economie (als initiële aanvrager) naar de respectievelijke winnaar(s);
 - o De winnaar(s) van de offshore tender kan/kunnen vervolgens de contractonderhandelingen, eventuele bijkomende geofysische en geotechnische surveys, gedetailleerde design studies, etc. uitvoeren.

²⁴ Koninklijk besluit tot instelling van een veiligheidszone rond de kunstmatige eilanden, installaties en inrichtingen voor de opwekking van energie uit het water, de stromen en de winden in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid, later opgeheven door het KB van 4 februari 2020 tot instelling van veiligheidszones in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid.

- De constructiefase (2027-2030):
 - o Hier wordt in eerste instantie gestart met de bouw van het windpark in kavel PE I & inter-array bekabeling – voorziene start 2027-2028, waarna operationeel in 2029;
 - o Ca. één jaar later wordt er gestart met de bouw van windparken in kavels PE II en PE III & inter-array bekabeling – voorziene start 2028-2029, waarna operationeel in 2030;
 - o Aansluiting op het MOG2 eiland is mogelijk vanaf eind 2028;
 - o Volgens de huidige wetgeving (KB VEMA), wordt de machtiging voor de bouw van de offshore windparken uitgereikt voor een periode van 5 jaar, te rekenen vanaf de ingebruikneming van de machtiging – dit betekent dat de volledige constructie binnen 5 jaar na de eerste offshore werkzaamheden in de zone (dus per kavel) moet afgerond zijn.
- De exploitatiefase (2029/2030 – 2049/2050):
 - o Volgens de Elektriciteitswet (Art. 6/3 § 2) zit tussen de start van de bouw en het einde van de afbraak van offshore constructies maximaal 40 jaar. Echter, de milieuvergunning wordt standaard uitgereikt voor een periode van 20 jaar²⁵, naast de machtiging (bouw) voor een periode van maximum 5 jaar. Hierdoor wordt binnen voorliggend MER uitgegaan van een volledige levensduur van de PEZ windparken van 25 jaar, voor constructie én exploitatie.
 - o Daar constructie zal starten met een tijdsverschil van ca. 1 jaar voor de verschillende kavels, zal de exploitatiefase hier deels mee overlappen;
 - o Tijdens deze fase zal de windenergie geproduceerd door de individuele WTG binnen de kavels via het MOG2 eiland en de export-kabels richting land stromen;
- De ontmantelingsfase (vanaf 2049/2050):
 - o Binnen voorliggend MER wordt er vooralsnog beschouwd dat alle onderdelen van de windparken binnen de PEZ na einde levensduur volledig dienen verwijderd te worden, teneinde het ecosysteem in zijn oorspronkelijke staat te herstellen. Dit geldt zowel voor de turbines zelf, de funderingen, de erosiebescherming, en de inter-array bekabeling.

De milieueffecten worden in het MER per uitvoeringsfase besproken, daar niet alle effecten even uitgesproken of relevant zijn voor iedere fase.

Bovenstaande planning²⁶ hangt in sterke mate ook af van de externe planning van o.a. het MOG2 energie-eiland, en de vergunningen en bouwfasen aan landzijde van Ventilus en Boucle du Hainaut. Een aanzienlijke vertraging in de vergunningstrajecten voor deze projecten zal derhalve een negatief effect hebben op het tijdschema voor de ontwikkeling van extra capaciteit voor offshore hernieuwbare energie binnen de PEZ.

²⁵ De mogelijkheid bestaat evenwel om een éénmalige verlenging aan te vragen tot de looptijd van de domeinconcessie, met een maximale totale duurtijd voor exploitatie van 30 jaar. Dit werd in de Oostelijke energiezone al voor meerdere concessies aangevraagd.

²⁶ <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebronnen/hernieuwbare-energieen/hernieuwbare-energiebronnen-de/belgische-windenergie-op-zee>

3.4 BESCHRIJVING TECHNOLOGIE

3.4.1 Windturbines

3.4.1.1 Mogelijke types windturbines

Het exacte model van de turbine en fundering moet nog worden bepaald, maar het zal waarschijnlijk een traditioneel model zijn voor offshore wind (geen drijvend model). De keuze van het turbinemodel zal worden bepaald door de technologische ontwikkelingen in de windenergiesector en de marktbeschikbaarheid tegen de voorziene constructie van de PEZ (2027-2030). Belangrijk hierbij is dat de technologie voldoende betrouwbaar is, met een bewezen staat van dienst (geen prototypes), en gecertificeerd conform IEC 61400 voor offshore omstandigheden. De keuze zal worden gemaakt door de kandidaat-ontwikkelaar(s) op basis van doorgedreven design-engineering, micro-siting, financieel plan inzake kostprijs en te verwachten energieproductie, en passend binnen het totaal geïnstalleerd vermogen dat vooropgesteld wordt per kavel.

Omwille van deze onzekerheid, is er beslist om een bandbreedtebenadering te hanteren naar range van individueel geïnstalleerde vermogens, op basis van internationale ontwikkelingen en verwachtingen vanuit de markt.

Op het moment van deze MER-studie zijn er op de Europese markt reeds windturbines met een geïnstalleerd vermogen tot 15 MW beschikbaar (Vestas V236-15.0 MW™; zie productfiche in Bijlage 11.4), en wordt er op de Aziatische markt gewag gemaakt van turbines met een vermogen van 18 MW in de nabije toekomst. Ook Europese producent GE zal werk maken van een 18 MW versie van de Haliade-X (<https://www.offshorewind.biz/2023/03/14/ge-developing-18-mw-haliade-x-offshore-wind-turbine/>). Een selectie van de beschikbare en verwachte turbines binnen de vermogensrange vooropgesteld in voorliggend MER wordt hieronder opgelijst in Tabel 3-1. Voor een aantal hiervan zijn de productfiches te vinden in Bijlage 11.4.

Tabel 3-1 – Overzicht van offshore WTG momenteel op de markt (B) of verwacht (P). Binnen deze laatste categorie vallen eveneens prototypes welke nog de nodige certificeringsprocedures dienen te doorlopen. Zowel Europese als Aziatische markt worden hier uitgelicht, ter illustratie.

Constructeur & type	Individueel vermogen (MW)	Rotordiameter (m)	Beschikbaar (B) of Gepland (P)	Europese (EU) of Aziatische (AZ) markt
Siemens-Gamesa SG 10.0-193 DD	10	200	B	EU
GE Haliade-X	12, 13 of 14	220	B	EU
Siemens-Gamesa SG 14-222 DD	14	222	B	EU
Vestas V236-15.0 MW™	15	236	B	EU
CTG/Goldwind	16	252	B	AZ

Constructeur & type	Individueel vermogen (MW)	Rotordiameter (m)	Beschikbaar (B) of Gepland (P)	Europese (EU) of Aziatische (AZ) markt
GE Haliade-X	18	Nog te bepalen	P	EU
Mingyang Smart Energy MySE 18.X-28X	18	280	P	AZ
CSSC Haizhuang Wind Power H260-18MW	18	260	P	AZ

Momenteel zijn meerdere leveranciers bezig met het uittesten van prototypes met grotere vermogens (+15 MW). Voortbouwend op deze markttrend is geopteerd om voor voorliggend MER verder te kijken richting toekomst met +20 MW windturbines als bovengrens voor de bandbreedte benadering. Zo zullen kandidaat-ontwikkelaar(s) de flexibiliteit hebben om te kiezen voor turbines met een groter individueel vermogen dan 20 MW, zolang de effectbepalende parameters (tiphoogte, rotordiameter, etc.) gelijk zijn. De ondergrens zal in hoofdzaak bepaald worden door de beschikbare ruimte en het totaal geïnstalleerd vermogen dat per kavel beoogd wordt (cf. Principieel akkoord Federale regering, zie § 1.1.1). Voor het MER PEZ wordt daarom, na technische analyse, de volgende bandbreedte als basis voor de effectbeschrijving genomen: 12 tot + 20 MW. Door de bandbreedte ruim genoeg te nemen, wordt de nodige flexibiliteit voorzien naar uiteindelijke keuze door de kandidaat-ontwikkelaar(s) tijdens de offshore tender procedure.

Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt bovendien geopteerd om te werken met typevoorbeelden per scenario, welke garant staan voor de volledige range van 12 tot + 20 MW (zie Tabel 4-1; Tabel 4-2). In scenario 1 wordt hiervoor gebruik gemaakt van de GE Haliade-X van 12/13 MW, met rotordiameter 220 m. In scenario 2 is er geen bestaand typevoorbeeld (en dus ook geen technische productfiche), maar wordt op basis van extrapolatie van dimensies geopteerd om een turbine van 22 MW met rotordiameter 300 m te hanteren.

3.4.1.2 Algemene turbinekenmerken

Een traditioneel model voor offshore wind bestaat uit drie rotorbladen op een verticale paal/as, verankerd in de zeebodem. Doorgaans worden windturbines ontworpen voor een technische levensduur van minimaal 20 jaar (vaak 30 jaar) en zijn zij gecertificeerd door een erkend orgaan voor het bouwtechnisch en mechanisch ontwerp, de vermogenscurve en de power quality.

Het algemene principe achter een windturbine is de omzetting van windenergie in mechanische energie welke door middel van een generator wordt geconverteerd in elektrische energie. Een turbine is opgebouwd uit verschillende componenten welke hieronder één voor één worden toegelicht. Afhankelijk van het uiteindelijk gekozen type, kan hier dus een lichte wijziging op zitten.

Rotor

De rotor vormt het onderdeel van de windturbine welke de windenergie vangt en omzet in een in wijzerzin draaiende beweging (mechanische energie). De rotor bestaat uit een horizontale as waarop drie bladen zijn gemonteerd. Bij het typevoorbeeld GE Haliade-X zijn deze bladen ongeveer 107 m lang, waardoor de totale rotordiameter op 220 m komt. Bij de grootste turbines (typevoorbeeld 22 MW) wordt geanticipeerd op een lengte van de bladen van ca. 150 m en totale rotordiameter van ca. 300 m. Het maximale toerental van de GE Haliade-X bedraagt ongeveer 7 rpm; voor de grotere turbines (+20 MW) zijn zulke technische specificaties nog niet geweten daar nog niet marktbeschikbaar. Grotere turbines zullen evenwel een lager toerental van de bladen hebben. De bladen zijn opgebouwd uit composietmateriaal (met glasvezel versterkte kunststoffen), en worden voorzien van bliksembeveiliging.

De turbines genereren stroom wanneer de windsnelheid tussen 3-5 m/s en 25-30 m/s op naafhoogte ligt. Er wordt meer vermogen opgewekt in de turbine naarmate de windsnelheid toeneemt. De windsnelheid waarmee een windturbine zijn maximale vermogen genereert, staat bekend als de nominale windsnelheid en ligt meestal tussen 11 en 14 m/s op naafhoogte. Boven een bepaalde windsnelheid (zoals bij storm) worden de rotorbladen uit de wind gedraaid zodat de windturbines stoppen. Wanneer de wind tot het vereiste niveau afneemt, zullen de windturbines automatisch opnieuw starten. De windturbines zullen op hun verticale assen kunnen draaien, zodat ze de heersende windrichting kunnen accommoderen.

Voor het typevoorbeeld GE Haliade-X bedraagt de cut-in windsnelheid ongeveer 3,5 m/s, en zal de stopzetting uit veiligheidsoverwegingen gebeuren bij ongeveer 28 m/s, wat overeenkomt met 10 beaufort of zware storm.

Gondel

De gondel vormt de eigenlijke machinekamer van de windturbine en bevindt zich bovenaan de mast. Hieraan is tevens de rotor opgehangen, waardoor de generator die zich in de gondel bevindt, de draaiende beweging van de rotor omzet in elektrische energie op middenspanning. Daarnaast bevat de gondel ook randapparatuur zoals ventilatoren om de overtollige warmte opgewekt door de generator te evacueren, elektrische installatie-onderdelen, hydraulische systemen ten behoeve van het pitchen van de rotorbladen, etc. Binnenin de gondel zijn onderdelen doorgaans gemonteerd op een stralen frame, met daarrond een behuizing gemaakt uit glasvezelversterkte kunststof. De dimensies van de gondel bij het typevoorbeeld GE Haliade-X 12/13 MW bedragen ca. 21 x 11 x 10 m (lengte x breedte x hoogte). De gondel van de Haliade-X weegt ongeveer 600 ton. Voor het typevoorbeeld 22 MW zijn er nog geen exacte cijfers bekend.

De gondel is bereikbaar via de toren (via lift of ladder), om onderhoud of reparaties uit te kunnen voeren. Vanuit de elektrische onderdelen in de gondel vertrekken vermogen- en stuurkabels die in de windturbinemast zijn opgehangen en naar de voet van de windturbine lopen. Aan de buitenkant van de gondel zijn sensoren voor meting van windrichting en windsnelheid bevestigd.

Elektrisch systeem

Om de mechanische energie die opgewekt wordt door de rotor om te zetten in bruikbare elektrische energie, beschikt een windturbine over een elektrisch systeem welke toelaat om energie om te zetten in elektriciteit aangepast aan de vereisten van het net waarop de energie geïnjecteerd zal worden. Het spreekt voor zich dat de turbines uitgerust zijn met de nodige elektrische beveiligingen (netbewaking, synchronisatie-eenheid, lastschakelaars, vermogensschakelaars, aarding, etc.).

Via de generator en stroomkabels wordt de opgewekte stroom naar de voet van de windturbine gevoerd waar zich transformatoren bevinden. Deze zullen de opgewekte elektriciteit van laagspanning naar het spanningsniveau van 66 kV van de inter-array kabels transformeren. In voorliggend MER zal alle elektrische energie via deze 66 kV inter-array kabels rechtstreeks naar het MOG2 eiland van netwerkbeheerder Elia getransporteerd worden (zie verder). De transformatie van 66 kV naar hoogspanning gebeurt door netbeheerder Elia en valt buiten de scope van voorliggend MER.

Besturing

Naast de elektrische onderdelen, is er ook een besturingssysteem aanwezig in de windturbines dat zorgt voor een veilige en efficiënte manier van werken. Zo staat het besturingssysteem onder meer in voor het richten van de windturbine naar de wind, om zoveel mogelijk energie te capteren. De rotor wordt daarbij gedraaid naar de wind en de bladen worden in optimale positie gebracht (pitch-regeling). De besturing staat eveneens in voor het aansturen van de elektrische regelsystemen voor het opwekken van elektriciteit overeenkomstig de netvereisten. Ook koeling van de gondel, elektrische kasten, etc. wordt door de besturing geregeld. Daarnaast is het ook belangrijk dat een turbine kan worden uitgeschakeld bij onveilige situaties. Hiervoor is een CMS (Condition Monitoring System) aanwezig dat in constante verbinding staat met het controlesysteem van de turbineleverancier aan land en een centraal controlecentrum. Door continu veranderingen in temperatuur, geluid, vibraties, ed. te rapporteren, welke door specialisten kunnen worden geïnterpreteerd, kan op die manier ingeschat worden of turbines uitgeschakeld dienen te worden. Naast CMS is er ook een databewaking- en verwerkingssysteem (SCADA) dat via datakabels eveneens in verbinding staat met het controlesysteem van de turbineleverancier en centraal controlecentrum aan land. Hier worden continu data zoals windsnelheid en -richting, temperatuur, rotor- en generatorsnelheid, data omtrent de opgewekte energie, vermogen, gegevens van eventuele meteomasten, eventuele cameragegevens, etc. gelogd.

Mast (toren)

De mast of toren vormt het grootste deel van de paal die boven het wateroppervlak uitsteekt, vanaf de fundering (en eventueel transitiestuk) tot aan de gondel (machinekamer). De mast bestaat uit een conische stalen buisconstructie welke doorgaans is opgedeeld in 2 tot 5 segmenten, afhankelijk van de dimensies. De toren is voorzien van een inwendige en uitwendige bescherming (coating) aangepast voor offshore staalconstructies om de weersomstandigheden te kunnen trotseren. De dimensies van de toren hangen uiteraard af van het type turbine. Bij de GE Haliade-X 12/13MW typevoorbeeld bedraagt de masthoogte ca. 129 m, en de naafhoogte (dit is de hoogte gerekend boven het gemiddeld zeeniveau, dus de masthoogte plus een deel van de fundering) ca. 135 m. De mast zelf is aan de basis/voet ca. 8 m breed

in diameter, en aan de top ca. 5,5 m. De volledige mast van de Haliade-X weegt ongeveer 2.550 ton. Voor de 22 MW typevoorbeelden zijn deze dimensies nog niet gekend.

Binnenin de mast bevinden zich een technische dienstlift en ladder met klimgeleiding, ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden, alsook kabelgeleidingen voor de stroom- en datakabels die vanuit de gondel naar de voet van de windturbine lopen. Langsheen de mast bevinden zich ook diverse tussenplatformen. Ter hoogte van de voet van de turbine (het onderste gedeelte van het eerste mastdeel) zijn transformatoren en elektrische beveiligingssystemen voor de aansluiting naar het elektrische net voorzien. In het onderste mastdeel is ook de toegangsdeur tot de mast, met bijhorend toegangsplatform gesitueerd.

Corrosiebescherming

De vochtige en zouthoudende omgeving waarin offshore windturbines moeten opereren, vereisen dat alle onderdelen de nodige bescherming hebben om hieraan te kunnen weerstaan. De corrosiebescherming van de windturbine is dus specifiek aangepast aan deze omstandigheden. Zo worden alle intern aanwezige elektromechanische componenten extra beschermd tegen contact met de vochtige en zilte omgeving. Metaalconstructies binnen in de windturbinetoren en/of gondel worden uitgevoerd in gegalaniseerd staal, roestvrij staal of aluminium. Ook de stalen mast (toren) die bloot staat aan de buitenomgeving wordt voorzien van meerlagige corrosiebescherming die wordt aangebracht in de werkhuisen van de mastleverancier. Andere metalen onderdelen van de windturbine die bloot staan aan de buitenomgeving zijn de toegangstrap/platformen, bevestigingsstructuren van sensoren op de gondel, etc. Deze worden doorgaans uitgevoerd in gegalaniseerd staal of kunststof. De gondelbehuizing evenals de bladen zijn uitgevoerd in hoogwaardig kunststof en zijn bijgevolg niet onderhevig aan corrosie.

De corrosiebescherming wordt gekozen volgens de actuele voorgeschreven normen DIN en ISO 12944-1 of NORSOK M-501. Voor de bescherming van het milieu zal er geen coating gebruikt worden die lood of chromaat bevat.

Naast deze methoden van materiaalkeuze en coatings om corrosie tegen te gaan, kan er ook gebruik gemaakt worden van kathodische corrosiebescherming waarbij opofferingsanodes van vb. zink, aluminium of magnesium elektrisch worden verbonden met de te beschermen structuren (galvanisch systeem). Door het lager potentiaal van de opofferingsanodes in vergelijking met het te beschermen materiaal (zoals staal), zal dit stuk metaal geleidelijk wegcorroderen en daarbij het ermee verbonden onderdeel beschermen. Deze techniek wordt regelmatig ingezet op o.a. scheepsrompen, scheepsschroeven en offshore constructies.

Olie- en vetopvang binnen de turbine

Bepaalde onderdelen van de windturbines vereisen het gebruik van olie en/of vet, zoals tandwielkasten, hydraulische systemen, transformatoren, etc. in de gondel (zie ook Afvalbeheersplan, Externe bijlage 5; Arcadis Belgium NV, 2023b). Het olievolume in de tandwielkast bijvoorbeeld bedraagt ca. 750 – 1.000 liter. Hydraulische systemen bevatten per unit 10 tot 150 liter hydraulische olie of in totaal ongeveer 200-300 liter hydraulische olie. Bij 66 kV opstellingen kan gebruik gemaakt worden van olie-gekoelde transformatoren (als alternatief voor droge transformatoren). Voor opvang van

eventuele lekkages olie en/of vet wordt steeds een lekbak voorzien, welke bij onderhoud wordt geledigd. Op die manier vindt er geen olie-emissie vanuit de windturbine naar de omgeving plaats.

Er is geen olieopslag in de windturbines. Wanneer olie wordt vervangen van tandwielkasten (standaard om de 5 jaar), of olie/vet uit opvangsystemen moet worden verwijderd, dan wordt dit steeds afgevoerd naar erkende verwerkers aan land.

3.4.1.3 Veiligheidsvoorzieningen en bebakening

Ten behoeve van de veiligheid van de scheep- en luchtvaart zal de nodige bebakening en signalisatie voorzien worden op en nabij de windparken, op advies van de Afdeling Scheepvaartbegeleiding en DG Scheepvaart. Zowel voor de constructie- als exploitatiefase zal een signalisatie en bebakeningsplan opgemaakt moeten worden. Dit plan zal voor de gehele PEZ zone (dus windparken in kavels PE I, PE II en PE III, alsook het MOG2 eiland) moeten worden uitgewerkt in nauw overleg met de bevoegde instanties, en met inachtnaam van de IALA²⁷-richtlijnen als leidraad.

Van zodra met de constructie van de afzonderlijke windturbines in de kavels wordt gestart, zal conform het KB van 4 februari 2020 tot instelling van veiligheidszones in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid een veiligheidszone van 500m vanaf de buitengrenzen worden ingesteld rondom de turbines, en totdat deze volledig afgebroken zijn. Zodra alle turbines in één kavel/windpark gebouwd zijn, wordt een veiligheidszone van 500 m ingesteld rond het windpark zelf vanaf de buitengrenzen. Van zodra alle windparken binnen de PEZ gebouwd zijn, wordt een veiligheidszone van 500 m rondom de volledige PEZ gehanteerd. In de veiligheidszone is regulier scheepvaartverkeer (met uitzondering van de vaartuigen vereist voor de bouw, het onderhoud en de monitoring van de installaties) verboden (cf. doorvaartbeleid bestaande Oostelijke energiezone BNZ). De volledige zone dient dus aangeduid te worden op navigatiekaarten en gemarkeerd te worden met boeien.

De windparken zullen, mede gelet op de noordelijke ligging en de nabijheid van drukke IMO verkeersscheidingssystemen (zie § 3.2.2), voorzien worden van een 'Automatic Identification System' (AIS) dat een signaal uitzendt naar alle scheepvaartverkeer. Het signaal bevat de grenzen van het park en andere relevante details. Daarnaast zal het park in overeenstemming met de bepalingen opgelegd door bevoegde instanties, bebakend worden met lichten, misthoorns en radarreflectoren.

De synchronisatie van de diverse signalisatiesystemen wordt verzekerd door middel van een door gps-satellieten gecontroleerd signaal. Daarnaast zullen zowel de bladen, de gondel als de torens gemarkeerd worden met rode banden indien de aanbevelingen van Belgocontrol dit vermelden. Indien blijkt dat de bebakeningsvereisten kunnen worden verminderd, om zo ook de visuele impact van de flitslichten te beperken, kunnen mogelijkheden tot optimalisatie overwogen worden.

²⁷ International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities

Communicatie/informatieverstrekking aan alle betrokken partijen (Scheepvaartpolitie, Bestuur Maritieme Zaken en Scheepvaart, Zeevisserijsector, Marine, etc.) van alle informatie die relevant is m.b.t. de nautische veiligheid van het windenergiepark zal worden uitgewerkt in een communicatieplan.

Andere milderende maatregelen met betrekking tot veiligheid worden besproken in § 5.7.5.

Verlichting

Het verlichtingsplan wordt in onderling overleg met de bevoegde instanties, waaronder de Maritieme Dienstverlening en Kust, Afdeling Scheepvaartbegeleiding, bepaald gebaseerd op de IALA aanbevelingen en volgens de richtlijnen betreffende de bebakening van hindernissen voor de luchtvaart van de FOD Mobiliteit en Vervoer (Directoraat-generaal Luchtvaart, Circulaire “Bebakening hindernissen” CIR/GDF-03).

Misthoorns en radarreflectoren

In onderling overleg met de bevoegde instanties zal ook bepaald worden wat de vereisten zijn naar misthoorns en radarreflectoren om de veiligheid van het windpark te garanderen.

Specifieke markering tijdens constructiefase

De markering op de site tijdens constructie is afhankelijk van de fase waarin de werken zich bevinden en zal worden bepaald in nauwe samenwerking met de lokale kustwacht. Tijdens constructie wordt het gebied gemarkeerd volgens de IALA Maritime Buoyage System en zal er een veiligheidsschip stand-by zijn op de site. Van zodra een fundering geïnstalleerd is zal een wit flitslicht geplaatst worden op een tijdelijk platform met herlaadbare batterij. Omdat de fundering de aeronautische obstructiehoogte nog niet bereikt heeft (30 m) is hiervoor nog geen verlichting nodig. Van zodra de structuur meer dan 30 m boven het water uitsteekt dient een rood waarschuwingslicht geïnstalleerd te worden van minstens 50 candela.

3.4.1.4 Geluidsemissie

Geluidssignalen worden geproduceerd door de schepen op site tijdens de constructiewerken. De grootste geluidsemissie is echter te verwachten bij heioperaties indien voor monopiles of jacket funderingen gekozen wordt. Echter, ook tijdens de exploitatiefase wordt er geluidsemissie gegenereerd door de windturbines zelf. Het gaat hierbij om geluid geproduceerd door de wrijving van de bladen in de wind door de mechanische draaiing van de rotor en bladen (aerodynamisch geluid), en geluid geproduceerd door de aanwezige elementen in de gondel zoals tandwielkast, generator, ventilatoren, pompen, etc. (mechanisch geluid). De gondel kan inwendig bekleed zijn met geluidsabsorberend materiaal om deze geluiden te dempen.

Globaal genomen wordt op basis van geluidsemissiemetingen van operationele windturbines een bepaling gedaan van de geluidsbronvermogens (zijnde de som van het aerodynamische en het mechanische geluid). Deze bronvermogens zijn, naast het type turbine, eveneens afhankelijk van de windsnelheid. Eerdere rapporten spreken over

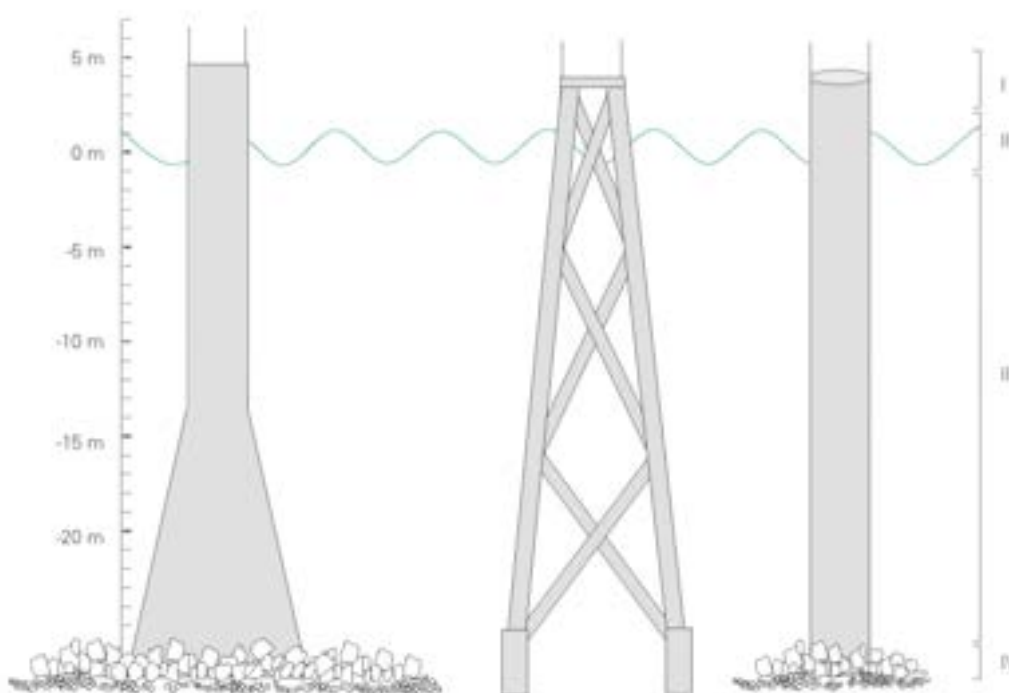
geluidsbronvermogens van ca. 104 – 110 dB(A) voor vermogens tussen ca. 3 en 10 MW per turbine bij representatieve windsnelheden van ca. 6,5 m/s op hubhoogte (IMDC, 2013a).

3.4.2 Funderingen

Idem als voor de turbine, ligt de keuze voor het funderingstype nog niet vast, en zal deze worden gemaakt door de respectievelijke winnaar(s) via gedetailleerd hydromorfologisch en geotechnisch onderzoek van de PEZ op basis van bepalende parameters zoals het turbinemodel (zie § 3.4.1), de waterdiepte, de geotechnische eigenschappen van de bodem, de lokale wind-, golf- en stromingsgegevens, etc. Ook hier zal de BBT, de kostprijs en de marktbeschikbaarheid, alsook bepaalde logistieke overwegingen mee bepalend zijn voor de keuze van de fundering.

Hoewel zowel de monopile (MP), jacket (JF) als de gravitaire fundering (GBF) te vinden zijn in de Oostelijke energiezone van het BNZ (binnen één of meerdere concessies), geeft de voorbereidende technische analyse een voorkeur (technisch, installatie, kosten-efficiëntie) aan voor monopile funderingen, gevolgd door jackets en in laatste instantie gravitair. Echter, enige onzekerheid bestaat bij grotere turbine dimensies en/of waterdieptes naar de haalbaarheid van monopiles in functie van installatie, geldende normering (o.a. geluid), logistiek, etc.

Binnen voorliggend MER worden daarom alle opties opengehouden en worden de drie alternatieve funderingen geëvalueerd naar hun milieueffecten: Monopile fundering (MP), Jacket fundering (JF), en Gravitair fundering (GBF) (zie Figuur 3-4). Daarnaast wordt ook het 'suction bucket' principe (SB) in acht genomen dat als alternatief wordt voorgesteld voor het heien bij monopile en jacket funderingen.



Figuur 3-4 – Overzicht van funderingstypes (van links naar rechts): Gravitair (GBF), Jacket (JF) en Monopile (MP), met aanduiding van de verticale zonering (Bron oorspronkelijke figuur: Rumes et al., 2013) – I. splash zone, II. Intertidale zone, III. Submerged zone, IV. Erosiebeschermingszone

3.4.2.1 Monopile fundering (MP)

Monopiles (MP) zijn stalen buispalen die in de zeebodem geheid en/of geboord worden, ofwel via de suction bucket techniek verankerd worden (zie § 3.4.2.4). De lokale bodemgesteldheid zal bepalen tot op welke diepte deze buispalen zullen moeten geheid worden om een stabiele verankering te bekomen, maar doorgaans bedraagt deze tussen 30 en 50 m diep. De paal wordt verder omringd door erosiebescherming, welke zowel statisch als dynamisch kan zijn (zie § 3.4.3).

Bij dit type fundering wordt er voorafgaand aan de installatie van de eigenlijke windturbines, de stalen buis in de zeebodem geheid, gedeeltelijk geboord of getrild (of via suction buckets verankerd). Daarna worden de turbines op deze stalen buizen gemonteerd. De monopile fundering blinkt uit in zijn eenvoud naar design en productie, maar heeft ook een relatief grote diameter ter hoogte van de zeebodem, waardoor de monopile grotere hydrodynamische krachten moet weerstaan dan de kleinere buis-onderdelen van vb. jacket funderingen. Door de relatief hoge flexibiliteit van de monopile, is deze ook onderhevig aan ombuiging en trillingen, zeker in diepere wateren en bij zwaardere bovenbouw van turbines. Al deze zaken maken dat uitvoering bij heel grote dimensies van WTG en/of waterdieptes moeilijker wordt. Gezien de waterdiepte in de PEZ doorgaans beperkt is (net zoals de rest van het BNZ), blijft monopile fundering ook voor de PEZ de geprefereerde keuze vanuit de sector.

Monopile funderingen inheien of boren in de zeebodem gebeurt vanop een jack-up vaartuig of installatievaartuig met ‘benen’ die kunnen worden verlengd tot op de zeebodem zodat een stabiel platform wordt gecreëerd van waaruit werkzaamheden kunnen plaatsvinden. Door middel van een hydraulische hamer en trilblok worden de palen in de zeebodem geheid, wat een significante hoeveelheid onderwatergeluid en trillingen veroorzaakt, al zijn er recente ontwikkelingen die een stillere en even krachtige installatietechniek beloven tegen 2025²⁸. Afhankelijk van de waterdiepte en bodemgesteldheid, moeten de monopiles tot op een bepaalde diepte ingegraven worden. Bij compactere zand- of kleilagen is er meer kracht nodig om de palen naar de gewenste diepte te drijven, waardoor geluidsniveaus nog hoger zijn. Eenmaal de paal de gewenste diepte heeft bereikt, wordt een tussenstuk of transitiestuk op de paal geplaatst, waarop dan de mast met de windturbine komt. Tussen de monopile en het transitiestuk bevindt zich echter nog een ruimte welke voor de verbinding en krachtoverdracht tussen bovenbouw en fundering zorgt. Waar deze doorgaans werd opgevuld met een specifieke betonmengeling (Engels: ‘grout’) of door middel van bouten werd vastgezet, zijn er tegenwoordig alternatieven in ontwikkeling of op de markt (vb. Van Oord ‘Slip Joint’) die dit zwakke punt in het monopile concept beter moeten maken, of worden zelfs monopiles zonder transitiestuk geplaatst (Bron: Van Oord – <https://www.vanoord.com/nl/projecten/bouw-van-een-van-de-grootste-offshore-windparken-van-nederland/>). Het is immers via deze verbinding tussen de monopile en het transitiestuk dat alle krachten en gewicht van de windturbine op de fundering terechtkomen. Een alternatief voor het inheien of intrillen van de monopile is het gebruik van het SB

²⁸ <https://www.topsectorenergie.nl/nieuws/gbm-works-een-stille-en-krachtige-installatietechniek-voor-monopiles>

principe, waarbij de voorziene stalen buis van de monopile niet geheid wordt maar door middel van aangepaste onderdruk in de bodem wordt 'gezogen'. Dit principe wordt verder uitgebreid beschreven (zie § 3.4.2.4).

Waar mogelijk zullen monopile funderingen de voorkeur krijgen in het BNZ omwille van de relatief eenvoudige constructie, geschiktheid voor een niet-horizontaal bodemverloop en het gegeven dat geen voorafgaande effening van de zeebodem vereist is (in het geval dynamische erosiebescherming wordt gekozen; zie verder).

Monopiles vereisen echter wel dat de lokale bodemgesteldheid toelaat dat er voldoende diep kan worden geheid, en vragen zeker bij grotere turbines de nodige tijd, naast geluidsoverlast bij heiwerkzaamheden, om de palen diep genoeg in de zeebodem te hameren. Voor de grootste WTG's (+ 20 – 22 MW) in scenario 2 is de haalbaarheid onzekerder, en is het aan te raden om ook alternatieve opties zoals JF en GBF, naast de MP, te beschouwen.

Binnen voorliggend MER wordt vooralsnog deze optie van monopile fundering opgehouden voor zowel scenario 1 als scenario 2. De diepte tot waarop de monopiles moeten worden ingeheid varieert naargelang de omstandigheden, maar een diepte van ca. 3 tot 4 keer de paaldiameter wordt vooropgesteld. Bij het typevoorbeeld GE Haliade-X van 12/13 MW bedraagt de diameter ter hoogte van de zeebodem ongeveer 8 – 9 m, wat overeenkomt met een te heien diepte van ca. 27 – 36 m. In voorliggend MER wordt uitgegaan van 9 m paaldiameter, en dus een diepte van 36 m voor het inheien. Voor de grotere turbines in scenario 2 (+ 20 – 22 MW) wordt de paaldiameter op basis van extrapolaties en eerste indicaties vanuit de voorafgaande technische analyse op 15 m ingeschat, waardoor de te heien diepte tot ca. 60 m gaat. Ook in Nederland (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022) worden diameters tot 15 m vooropgesteld in recente offshore windprojecten. In de toekomst zal moeten blijken of ook voor die dimensies een monopile haalbaar blijft als funderingstype. Een overzicht van gehanteerde dimensies van funderingen en bijhorende erosiebescherming is te vinden in Tabel 3-2 verder in dit hoofdstuk.

3.4.2.2 Jacket fundering (JF)

Jacket funderingen worden eveneens breed ingezet in constructie van offshore windparken, en bestaan uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier (of soms ook drie) steunpunten. Net als bij monopiles, worden de palen ofwel geheid ofwel via de suction bucket techniek verankerd. Ook hier kan erosiebescherming statisch of dynamisch zijn. Binnen het BNZ zijn jacket funderingen te vinden in de C-Power concessie in de Oostelijke energiezone.

Jackets bestaan uit meerdere palen die in de zeebodem staan en die met een aantal verbindingen met elkaar zijn verbonden, en waarop de windturbine wordt geplaatst. De grootte van het jacket is afhankelijk van de waterdiepte en de turbine. Jacket funderingen zijn, omwille van de geringere diameter van de afzonderlijke stukken stalen buis (ca. 1 – 4 m), makkelijker naar installatie, alsook naar fabricage en transport. Echter, de structuur is vrij ingewikkeld waardoor de ontwerp- en fabricatiekosten kunnen oplopen, waardoor het economisch gunstiger is om dit type fundering bij grotere waterdieptes in te zetten. Binnen voorliggend MER wordt er voor scenario 1 met de kleinere turbines een afzonderlijke paaldiameter van 3,5 m ingeschat en voor scenario 2 met grotere turbines een diameter van 4,5 m, naar analogie met de aannames voor 10 en 16 MW turbines, respectievelijk, in het MER Hollandse Kust West (Kavel VII; Pondera Consult, 2020).

Een overzicht van gehanteerde dimensies van funderingen en bijhorende erosiebescherming is te vinden in Tabel 3-2 verder in dit hoofdstuk.

De vier funderingspalen worden, eventueel na nivellering van de zeebodem, tot op de gewenste diepte (doorgaans indicatieve dieptes van ca. 20 – 65 m) geheid of getrild analoog als de werkwijze voor de bredere dikkere monopile. Daarna wordt de rest van de structuur, inclusief transitiestuk, op de 4 palen bevestigd (pre-piled principe, zie § 3.5.3.2). Ook hier kan het suction bucket principe als alternatief voor het inheien of intrillen gebruikt worden (§ 3.4.2.4).

3.4.2.3 Gravitaire fundering (GBF)

Een gravitaire fundering bestaat uit een holle betonnen (of stalen) kegel, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf een schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem. Ook hier wordt rond de fundering een erosiebescherming aangebracht. Dit funderingstype is eerder uitzonderlijk in het BNZ; slechts 6 windturbines binnen de C-Power concessie in de Oostelijke energiezone beschikken over dit type fundering. In tegenstelling tot MP en JF welke staal als hoofdbestanddeel hebben, bestaan de meeste GBF uit beton. De stabiliteit van dit type fundering komt dan ook door het gewicht van de constructie. Voorwaarde voor installatie van GBF is dat de ondergrond stabiel is, waardoor het nodig kan zijn een deel van de toplaag van de zeebodem weg te baggeren en een stabiele en vlakke laag aan te brengen. Echter, op locaties waar de waterdiepte of de geologie monopiles en/of jackets ongeschikt maken, kunnen GBF een alternatief zijn. Mogelijke voordelen van een betonnen gravitaire fundering zijn de lange levensduur (tot 100 jaar) en beperkte onderhoudsbehoefte, en het gegeven dat er geen aangroeiwerende verf gebruikt moet worden. Net zoals voor JF is de diameter van de GBF afhankelijk van het turbinetype dat geplaatst wordt en de hydrodynamische condities ter hoogte van het projectgebied. Aan de voet kan de diameter van de GBF 25 – 40 m bedragen. Binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van ca. 40 m voor het scenario met typeturbine 12/13 MW, en ca. 50 m voor het scenario met typeturbine 22 MW, naar analogie met de aannames in het MER Hollandse Kust West voor respectievelijk turbines van 10 en 16 MW (Pondera Consult, 2020), de Notitie Reikwijdte en Detailniveau voor IJmuiden Ver kavels I-IV (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022) en op basis van input vanuit voorbereidend marktonderzoek. Een overzicht van gehanteerde dimensies van funderingen en bijhorende erosiebescherming is te vinden in Tabel 3-2 verder in dit hoofdstuk.

Doordat GBF rechtstreeks tot op de zeebodem worden neergezonken vanop het ponton/schip, komen er geen heigeluid of andere installatiegeluiden aan te pas, wat voor bepaalde milieueffecten een verschillende beoordeling zal geven. Echter, doordat een relatief grotere oppervlakte van de zeebodem verstoord wordt (max. 50 x 50 m binnen voorliggend MER, enkel voor de fundering zelf), geldt dit eveneens in negatieve zin voor een deel andere milieueffecten.

3.4.2.4 Suction bucket principe (SB)

Het 'suction bucket' (SB) principe is een meer recent funderingsconcept voor wat betreft offshore windparken (operationeel sinds 2014 ongeveer) als alternatieve uitvoeringswijze bij monopile of jacket funderingen. Echter werd deze nog niet toegepast voor de windparken in de Oostelijke concessiezones in het BNZ. Het SB principe is voornamelijk

bruikbaar op gemiddelde waterdieptes van 20 tot 40 m, wat ook in de PEZ ongeveer het geval is. Bij grotere waterdieptes wordt de belasting te groot, waardoor vervormingen optreden in de structuren. Het grote voordeel van SB bij monopile en jackets is echter de stille plaatsing doordat er geen hamer aan te pas komt. Bij deze installatietechniek worden de funderingen – welke normaal gezien gemaakt zijn van staal of beton – in de zeebodem ‘gezogen’ door het ontstaan van een drukverschil (een vacuüm) tussen de binnenzijde van de bucket en de omliggende waterkolom waardoor er geen andere mechanische kracht nodig is om de funderingen te plaatsen en de installatietijd beperkt blijft. SB kan gebruikt worden in zachte, losse of kleihoudende bodems, maar is niet bruikbaar indien er rotsen, keien of harde stenen in de zeebodem aanwezig zijn. Door de complexere structuur en installatiemethodiek zijn er meer risico’s verbonden aan het gebruik van SB, wat zich vertaalt in potentieel hogere kosten. Tenslotte hebben de SB, net als GBF, ook een relatief grote diameter op de zeebodem (tot 30 – 40 m²⁹), omdat ze in staat moeten zijn om alle verticale gewicht die op de steunpunten terechtkomt te herverdelen over een bredere oppervlakte – de funderingen zelf worden immers minder diep in de zeebodem geplaatst dan de geheide palen van MP en JF. Binnen voorliggend MER wordt een diameter van 30 m op de zeebodem voor de SB in geval van kleinere turbines (scenario 1) en van 40 m voor de grotere turbines (scenario 2) aangehouden. Verwijdering van dit type fundering is relatief eenvoudig – daar de gehele draagstructuur onder druk van de bodem wordt gelicht. Eens geïnstalleerd werkt de fundering als een GBF: de bodem gevangen in de stalen ‘bucket’ werkt als gewicht.

3.4.3 Erosiebescherming

Rondom turbines en funderingen wordt doorgaans erosiebescherming aangebracht, met als doel om lokale erosie (ten gevolge van gewijzigde stromingspatronen rondom de fundering) en bijgevolg een gereduceerde stabiliteit van de installatie tegen te gaan. Op aangeven van voorafgaand marktonderzoek wordt binnen voorliggend MER geopteerd om rond alle funderingstypes een erosiebescherming te voorzien. Een erosiebescherming bestaat meestal uit één of meerdere lagen stortstenen (riprap) die rond de fundering geplaatst worden (Esteban et al., 2019). Afhankelijk van het type fundering, zal de diameter van de erosiebescherming meer of minder uitgebreid zijn. Zo bedraagt deze ca. 5 x de paaldiameter bij MP funderingen, maar zal deze groter zijn bij JF (daar er vier afzonderlijke palen met daarrond erosiebescherming zijn, eveneens met de aanname van 5 x de paaldiameter), en zeker bij GBF (tot wel meer dan 150 m in diameter voor +17 MW turbines op aangeven van voorafgaande technische analyse). Een overzicht van gehanteerde dimensies van funderingen en bijhorende erosiebescherming is te vinden in Tabel 3-2 verder in dit hoofdstuk, en in Tabel 4-3 in Hoofdstuk 4.

Het alternatief gebruik van suction buckets in plaats van inheien van MP of JF funderingen houdt eveneens de noodzaak tot erosiebescherming in, en net als bij GBF zal deze een ruimere diameter beslaan dan bij geheide MP of JF. Dit heeft consequenties voor onder meer effecten op bodem (zie verder in § 5.1.4.1 van voorliggend MER).

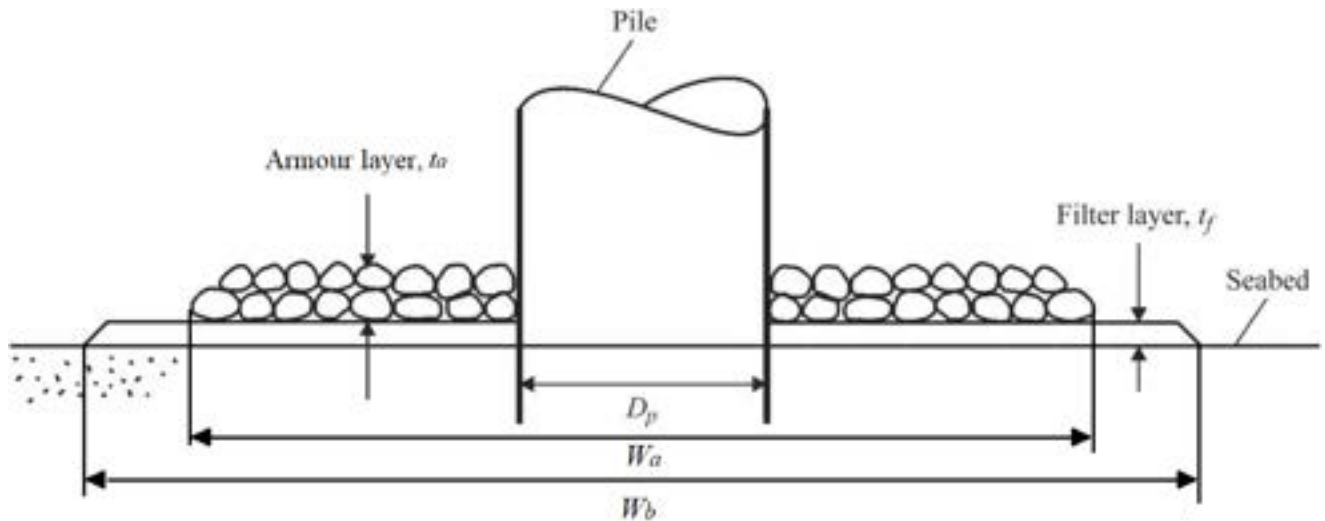
²⁹ <https://orsted.com/en/our-business/offshore-wind/wind-technology/suction-bucket-jacket-foundations>

3.4.3.1 Bij monopile funderingen

Voor monopile funderingen (en bij uitbreiding JF) zijn twee types erosiebescherming mogelijk: statische of dynamische erosiebescherming. Het verschil tussen beide types is dat statische erosiebescherming wordt aangebracht vooraleer een erosieput tot ontwikkeling kan komen, terwijl bij dynamische erosiebescherming wél vorming van een erosieput rondom de fundering wordt toegelaten die dan achteraf (gedeeltelijk) wordt opgevuld met stortstenen (den Boon et al., 2015). Statische erosiebescherming voorkomt als het ware enige verplaatsing van sediment en materiaal rondom de turbine, terwijl bij dynamische erosiebescherming tot op zekere hoogte verplaatsing van sediment is toegestaan (Arboleda et al., 2023; zie Figuur 3-5 voor een overzicht).

Indien gekozen wordt voor de statische erosiebescherming, dient de windturbinelocatie vóór plaatsing van de fundering relatief vlak genivelleerd te worden om een eerste laag (filter- of onderlaag) van kleinere stenen grind (kaliber Dn50 = 50 mm) aan te brengen. Deze laag is ongeveer tot 1 m dik in operationele windparken op vergelijkbare waterdieptes als de PEZ in de Noordzee (Esteban et al., 2019) en heeft tot doel om het wegspoelen van sediment tegen te gaan (Arboleda et al., 2023). Ook in de recente EDEN2000-studie rond erosiebescherming in kader van PEZ (Arboleda et al., 2023) wordt een dikte van ca. 0,9 m voor deze filterlaag aanbevolen, voor een turbine met een MP fundering van 9 m diameter op de zeebodem. Als diameter voor de erosiebescherming wordt ongeveer 5 keer de paaldiameter aangehouden als richtmaat (zie Tabel 3-2). Echter, het prenivelleren van de zeebodem wordt over een groter zeebodemoppervlak uitgevoerd (30 x 60 m grondvlak met hellingen 1/8 en 1/5, cf. aannames in MER Mermaid (IMDC, 2013a) en numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023; Externe bijlage 1)). Hierdoor zal de totale verstoorde oppervlakte en het bodemverzet per fundering en erosiebescherming groter zijn in dit geval waar voorafgaande nivellering nodig is (zie ook § 5.1.4.1 voor berekening van het bodemverzet in voorliggend MER). Deze aanname rond grondvlak voor prenivellering geldt binnen voorliggend MER zowel voor turbines van 12/13 als van 22 MW.

Van zodra de eerste filterlaag aangebracht is op de zeebodem, wordt de monopile geïnstalleerd. Kort nadien, eens de monopile installatie inclusief bekabeling volledig afgerond is, wordt de tweede afwerklaag erosiebescherming (de 'armour layer') aangebracht, die bestaat uit grovere steenbestorting en voldoende hydraulische stabiliteit moet bezitten om de hydrodynamische condities te weerstaan. Deze toplaag van breukstenen (kaliber van 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm) heeft eveneens een dikte van ca. 1 – 1,8 m, afhankelijk van de lokale condities (zie ook Esteban et al., 2019). De grootste stenen worden voorzien voor de ondiepste locaties (flanken en toppen zandbanken), welke doorgaans aan een meer extreme hydrodynamiek blootgesteld zijn dan dieper gelegen geulen.



Figuur 3-5 – Schema van de opbouw van een statische erosiebescherming (bron: naar Sumer & Nielsen, 2013, overgenomen uit Arboleda et al., 2023). De parameters aangeduid op de figuur zijn: t_a = dikte armour layer, t_f = dikte filterlaag, D_p = diameter paal, W_a = footprint armour layer, W_b = footprint filterlaag

Indien gekozen wordt voor de dynamische erosiebescherming, moet de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd worden, maar kan de MP fundering zonder voorbereiding in de zeebodem geplaatst worden. Het verstoorde zeebodemoppervlak en bodemverzet zal in dat geval minder groot zijn dan wanneer statische erosiebescherming gekozen wordt. Na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieput rondom de paal toegestaan, tot een zekere evenwichtssituatie wordt bereikt. Vervolgens wordt de ontstane erosieput geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen. Binnen voorliggend MER wordt echter uitgegaan van statische erosiebescherming, als worst-case scenario naar voorafgaand nivelleren van de zeebodem en bijhorende verstoring.

3.4.3.2 Bij jacket funderingen

Net zoals bij MP funderingen zijn ook bij JF zowel statische als dynamische erosiebescherming mogelijk, volgens de principes zoals in voorliggende sectie besproken. Bij dynamische erosiebescherming wordt de jacket fundering zonder voorafgaande nivellering van de zeebodem geplaatst en nadien wordt de vorming van erosieputten rondom de vier palen toegestaan. Deze putten worden vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eventueel eerst een filterlaag wordt geplaatst, gevolgd door een toplaag.

De afmetingen van de statische erosiebescherming worden net als bij MP ingeschat op ca. 5 keer de paaldiameter (voor in totaal 4 palen; cf. Pondera Consult, 2020; zie Tabel 3-2).

3.4.3.3 Bij gravitaire funderingen

Bij een GBF wordt vaker een statische erosiebescherming aangebracht (confair beschrijvingen in voorgaande sectie voor monopiles, naar opbouw en dikte van de lagen). De diameter van de bovenste toplaag is sterk locatiegebonden, en bedraagt doorgaans ca. 2,5 tot 3 keer de doorsnede van de GBF zelf. Binnen voorliggend MER wordt een aanname van ca. 3 keer de diameter van de GBF gehanteerd (50 m voor 22 MW turbines), wat neerkomt op ca. 150 m voor de grootste

turbines (cf. aannames in MER Hollandse Kust West; Pondera Consult, 2020; zie Tabel 3-2). De onderliggende filterlaag kan daar nog eens ca. 5 m voorbij komen. Tijdens voorafgaand marktonderzoek werd aangegeven dat erosiebescherming bij GBF niet altijd wordt ingecalculleerd. Echter, in voorliggend MER is de aanname dat er wél voor alle funderingstypes dergelijke bescherming wordt voorzien. Net zoals bij MP funderingen is het bij GBF nodig om de zeebodem over een groter zeebodemoppervlak te nivelleren (50 x 80 m grondvlak met hellingen 1/8 en 1/5, cf. aannames in MER Mermaid (IMDC, 2013a) en numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023; Externe bijlage 1)) (zie ook § 5.1.4.1 voor berekening van het bodemverzet in voorliggend MER). Deze aanname rond grondvlak voor prenivellering geldt binnen voorliggend MER zowel voor turbines van 12/13 als van 22 MW.

3.4.3.4 Bij suction bucket principe

Het principe rond erosiebescherming bij gebruik van het suction bucket principe voor installatie van MP of JF funderingen is gelijkaardig als bij het heien. Echter zal door de grotere diameter ter hoogte van de zeebodem (zie eerder) ook de dimensie van de aan te brengen erosiebeschermingslagen toenemen. Hierbij wordt uitgegaan van eenzelfde principe als bij de GBF in vorige sectie, dus ca. 3 keer de diameter van de SB (30 m voor 12/13 MW turbines en 40 m voor 22 MW turbines) wat neerkomt op ca. 120 m voor de grootste turbines in voorliggend MER (cf. voorgaande technische analyse).

3.4.3.5 Samenvatting dimensies funderingen en erosiebescherming

Onderstaande Tabel 3-2 geeft een samenvatting van de belangrijkste dimensies van zowel funderingen als erosiebescherming welke gehanteerd worden in voorliggend MER en de effectbesprekingen in Hoofdstuk 5.

Tabel 3-2 – Overzicht van de belangrijkste parameters en dimensies omtrent funderingen en erosiebescherming zoals gehanteerd binnen voorliggend MER. Weergegeven oppervlaktes en volumes zijn steeds uitgedrukt per individuele fundering.

Scenario + typevoorbeeld	Funderingstype	diameter fundering (m)	diameter erosie-bescherming (m)	oppervlakte fundering (m ²)	oppervlakte fundering + erosiebescherming (m ²)
Scenario 1 (12/13 MW)	100 % MP statisch	9 x 1 = 9	5 x paaldiameter = 45	ca. 64	ca. 1.590
	100 % JF statisch	3,5 x 4 = 14	5 x paaldiameter = 70	ca. 154	ca. 3.848
	10 % GBF statisch	40 x 1 = 40	3 x paaldiameter = 120	ca. 1.257	ca. 11.310
Scenario 2 (22 MW)	100 % MP statisch	15 x 1 = 15	5 x paaldiameter = 75	ca. 177	ca. 4.418
	100 % JF statisch	4,5 x 4 = 18	5 x paaldiameter = 90	ca. 254	ca. 6.362
	10 % GBF statisch	50 x 1 = 50	3 x paaldiameter = 150	ca. 1.963	ca. 17.671

3.4.4 Inter-array bekabeling

3.4.4.1 Type kabel en verbinding naar MOG2

Tot op heden is wisselspanningstechnologie (AC – Alternating Current) wereldwijd de meest gebruikte technologie om offshore windparken aan te sluiten. Zo zijn ook alle bestaande Belgische offshore windparken in de Oostelijke energiezone

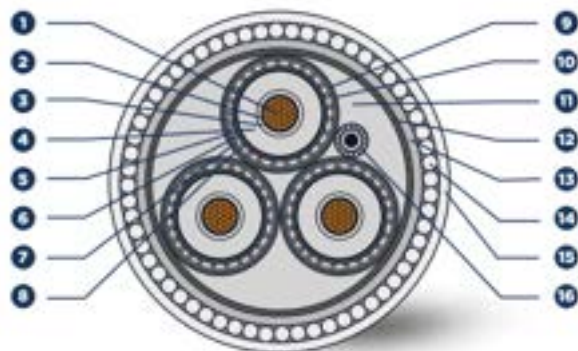
met deze technologie aangesloten. Voor inter-array of parkkabels geldt eveneens AC. Er wordt in voorliggend MER slechts één optie overwogen voor de aansluiting van de turbines op het elektriciteitsnetwerk op zee, waarbij de aansluiting wordt voorzien op het MOG2 eiland.

De afzonderlijke windturbines in de kavels worden in serie verbonden door middel van een parkkabel. Volgens de afspraken met netwerkbeheerder Elia, en in navolging van wat momenteel de BBT is, worden enkel 66 kV kabels beschouwd binnen dit MER, welke met meerdere parallelle verbindingkabels van 90 MW of MVA richting MOG2 zullen lopen. Afhankelijk van het individueel vermogen van de WTG's binnen voorliggend MER (volgens typevoorbeelden 12/13 en 22 MW), zullen er ca. 4 – 7 windturbines op 1 inter-array kabel kunnen aangesloten worden.

De respectievelijke clusters van windturbines, onderling verbonden via parkkabels op 66 kV, gaan bij de laatste WTG over in de zogenaamde verbindingkabels op 66 kV, die de link naar het offshore MOG2 energie-eiland realiseren. De aansluiting ter hoogte van het MOG2 eiland zal voorzien worden via J-tubes door de caissons van het eiland. Het laatste deel van de parkkabels, i.e. vanaf de rand van de erosiebescherming van het eiland waar de kabels beginnen te 'zweven' tot aan de voet van de caissons waar ze de J-tube kunnen ingaan, zal bovenop de erosiebescherming (breedte ca. 35 m) van het eiland komen te liggen en daarbij gedeeltelijk beschermd en ondersteund worden door CPS (cable protection units). Nadien worden de kabels verder bedolven met (al dan niet meerdere lagen) steenbestorting, rock bags, of matrassen om deze verder te beschermen en stabiliseren (m.m. netwerkbeheerder Elia, als eerste indicatie op aansluiting t.h.v. MOG2). Van zodra de kabels in de J-tubes zitten, worden zij aangesloten op een transformator 220/66/66 kV van 400 MVA die in staat is om de spanning van de parkkabels (66 kV) te transformeren naar 220 kV.

Wat betreft de bekabeling van de volledige windparken in de PEZ (inter-array bekabeling of parkbekabeling) wordt geopteerd voor toepassing van de BBT. Hierbij zal als omhulsel van de elektrische kabel een inerte, droge kunststof aangewend worden. Verschillende producenten bieden momenteel 66 kV offshore kabels aan, waarbij ofwel gebruik wordt gemaakt van XLPE (crosslinked polyethyleen) of EPR (ethyleen propyleen rubber) als kunststof behuizing van de kabels, en een geleider van aluminium of koper.

Hieronder wordt een indicatief voorbeeld van een EPR-kabel met aluminium geleider weergegeven (Figuur 3-6). De kabelsectie kan 300 tot 800 mm² bedragen (zie LCOE-studie uitgevoerd in kader van de voorstudies in opdracht van de FOD Economie; 3E, 2021). Voor een 800 mm² kabel geldt dat de diameter ongeveer 16 cm bedraagt, en het gewicht ca. 36 kg/m (<https://windeurope.org/summit2016/conference/allposters/PO324.pdf>). In de projectbeschrijving van de drie Doggerbank windparken (UK; Forewind, 2014) wordt gesproken van kabeldiameters tot ca. 25 cm (anticiperend op hogere voltages tot 72,5 kV in de toekomst, richting uitvoering van de Doggerbank B en C windparken (2024 – 2026). Binnen voorliggend MER wordt echter nog steeds 66 kV aangehouden voor de inter-array bekabeling, waardoor uitgegaan wordt van een diameter van 16 cm per kabel.



66 kV AC Composite submarine cable design

1. Conductor: Al or Cu round stranded
2. Semiconducting tape
3. Conductor non-metallic extruded screencompound
4. Insulation: XLPE water-tree retardant
5. Core non-metallic extruded screen
6. Semiconducting waterblocking tape(s)
7. Metallic screen: Copper wires
8. Semiconducting waterblocking tape(s)
9. Radial watertightness: AL/PE laminated tape or CU/PE
10. Sheath: HDPE and extruded semiconducting compound
11. Extruded profile fillers
12. Binding tape(s) with overlap
13. Polypropylene yarns, one layer/strip
14. Armouring: helically applied bitumen compound coated galvanized round steel wires
15. Polypropylene yarns, two layers
16. layers

- Armoured optical unit:

stainless steel tube, PE inner sheath, galvanized steel wire armour and PE oversheath

Figuur 3-6 – Boven: voorbeeld van een 66 kV array kabel met een 800 mm² aluminium conductor en EPR behuizing (© Prysmian Group). Onder: doorsnede van een 66 kV inter-array kabel (©Hellenic Cables).

Daarnaast worden de telecommunicatiekabels in deze energiekabels geïntegreerd. Afzonderlijk leggen van telecommunicatiekabels is bijgevolg overbodig. De telecommunicatiekabels staan onder andere in voor de afstandsbediening en –bewaking van het windenergiepark.

De verdere offshore exportkabel(s) tussen MOG2 en het onshore transmissienet van Elia valt buiten de scope van dit MER, maar werd eerder bestudeerd in het MER voor MOG2 (IMDC, 2022).

3.4.4.2 Ingraafdiepte en configuratie

Afzonderlijke inter-array of parkkabels dienen standaard tot op een diepte van minstens 1 m ingegraven te worden (top of cable, of TOC), in navolging van het KB Kabels van 12/03/2002 (zie § 2.1.1) en afhankelijk van de lokale bodemgesteldheid en de risico's voor de kabels (bv. scheepvaartroutes). Bij te ondiepe ingraving lopen de kabels het risico op blootligging en daaropvolgende beschadiging. Te diepe ingraving vormt dan weer een risico voor verhitting en bijgevolg verliezen van transportcapaciteit, alsook een moeilijker toegang bij eventueel onderhoud. Kabels die ingegraven worden in een stabiele, compacte bodem (bv. sommige types klei) vereisen eveneens een minder diepe ingraving dan bijvoorbeeld een mobiele bodem met vele zandduinen, of een kruising met andere kabels of dergelijke. De wettelijk vereiste ingraafdiepte van minstens 1 m TOC moet weliswaar steeds gehandhaafd worden. In voorliggend MER wordt een

ingraafdiepte van 1 m TOC aangehouden, waardoor afhankelijk van de aanwezigheid van zandduinen langsheen de tracés ofwel tot op 1,5 m of tot op 2,75 m diep zal worden gegraven om de kabel te installeren (zie § 3.5.3.4 voor meer details omtrent het ingraven van de parkkabels). Zaken zoals ingraafdiepte zullen daarnaast in meer detail bestudeerd worden in de cable burial risk assessment studie (CBRA) die eventueel na toewijzing van de domeinconcessie(s) door de ontwikkelaar(s) zal uitgevoerd worden. In een CBRA wordt gebruik gemaakt van een risicoanalyse om de vereiste installatiediepte voor verschillende bodemtypes en op basis van een gewenste beschermingsgraad voor de kabels te berekenen, in relatie met het risico op kabelschade. Het doel van de methodiek is om een voldoende hoge veiligheid voor zowel de kabels als voor andere gebruikers te bekomen zonder een te grote installatiediepte aan te houden (en zodoende de milieu- en financiële impact te kunnen beperken). Specifiek voor kruising met scheepvaartroutes wordt een aangepaste ingraafdiepte aangehouden, welke zal worden bepaald in de CBRA.

Binnen de windparken van de PEZ worden de inter-array kabels op een onderlinge afstand van minimum 50 m voorzien, dit omwille van de hoge dichtheid aan afzonderlijke turbines en de beperkte ruimte die beschikbaar is om alle parallelle parkkabels rechtstreeks op het MOG2 eiland aan te sluiten. Bij convergentie naar een gezamenlijk aansluitpunt, is een onderlinge afstand van minder dan 50 m mogelijk.

Waar de parkkabels andere aanwezige kabels in de kavels van de PEZ kruisen, zal de nodige kruisingsinfrastructuur aangelegd worden. Hiervoor wordt standaard 10 x 100 m (1.000 m²) erosiebescherming voorzien (zie § 3.5.3.4). Waar parkkabels in de nabijheid van kwetsbare grindbedden gelegen zijn (zie verder onder Hoofdstuk 4.1 voor indicatieve configuraties), kan als mitigerende maatregel geopteerd worden om deze af te dekken met materiaal gelijkaardig aan het aanwezige grindhabitat (zie verder in effectbespreking).

3.4.4.3 Elektromagnetische velden en warmteontwikkeling

Een belangrijke eigenschap van hoogspanningskabels in werking is het ontstaan van elektromagnetische velden als combinatie van een elektrisch veld, dat ontstaat door spanning of elektrische lading (hoe hoger de spanning, hoe sterker het elektrisch veld), en een magnetisch veld dat ontstaat door een elektrische stroom (hoe sterker de stroom, hoe sterker het magnetisch veld).

Om het elektrisch veld af te schermen, worden verschillende metalen mantels aan de buitenzijden van de isolatie rondom elke afzonderlijke geleider voorzien (zie ook Figuur 3-6). Ondergrondse (en dus ook onderzeese) kabels produceren geen externe elektrische velden doordat de velden worden afgeschermd door de isolerende mantel rondom de kabel. De isolatie houdt echter de magnetische velden niet tegen. Bij wisselstroomkabels met drie geleiders (zoals hierboven voorzien in Figuur 3-6) wordt het totaal magnetisch veld echter grotendeels geneutraliseerd doordat de magnetische velden rondom de afzonderlijke geleiders elkaar opheffen. Door de interactie van het zeewater met de magnetische velden van de kabels ontstaan ook nog eens geïnduceerde elektrische velden. Bij een ingraafdiepte van minimaal 1 m onder de zeebodem zijn deze in het zeewater opgewekte spanningen evenwel zeer klein. Dit wordt in meer detail behandeld in Hoofdstuk 5.3.

Naast de elektromagnetische velden komt bij het transport van elektrische energie ook warmte vrij, door de omzetting van stroom als gevolg van interne weerstand in de kabels en bijhorende energieverliezen. Het type kabelsysteem (gelijkstroom of wisselstroom, mono- of bipolair, gebundeld of niet gebundeld, type isolatiemateriaal, dikte en materiaal van de geleider, diepte waarop de kabels worden gelegd), de spanning en de karakteristieken van de omgeving (thermische conductiviteit en weerstand) bepalen de hoeveelheid warmte die vrijkomt. Het warmteverlies in de kabels is bij wisselspanning echter groter dan bij gelijkspanning voor eenzelfde transportcapaciteit.

Deze warmteontwikkeling heeft niet alleen effect op de omgevingstemperatuur rondom de kabels, maar ook op de kabels zelf. Voor de kabels zelf is het van belang dat deze niet te warm worden. Een te hete geleider tast de kabelisolatie aan, wat tot snelle veroudering en falen van de kabels kan leiden. Bij een AC XPLE type kabel bedraagt de maximale geleidertemperatuur ca. 90 °C. Aan de buitenzijde van de kabel is de temperatuur 10 tot 20 °C lager dan ter hoogte van de geleider. De effecten op bodemtemperatuur worden behandeld in Hoofdstuk 5.3.

3.5 BESCHRIJVING ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN

3.5.1 Algemeen

Globaal genomen kunnen de activiteiten van het project als volgt worden ingedeeld:

1. De **ontwikkelings- – of voorbereidende fase** (2020 – 2027):

- Deze omvat alle studies en vooronderzoeken, gecoördineerd door de FOD Economie, welke momenteel lopende zijn in de PEZ (zie ook § 1.2), ter voorbereiding van offshore tender en opmaak concessiedossier;
- Het doorlopen van de nodige vergunningsprocedures;
- Het doorlopen van de concurrerende inschrijvingsprocedure ter aanduiding van kandidaat-ontwikkelaar(s);
- Bijkomend geofysisch en geotechnisch onderzoek door de winnaar(s) als input voor gedetailleerde design studies;
- De nodige gedetailleerde design en micro-siting studies rond potentiële configuraties van turbines en inter-array bekabeling in de kavels door de winnaar(s) van de offshore tender;
- Eventuele uitvoering van een CBRA door de winnaar(s), om de parkbekabeling in meer detail te plannen;
- De nodige engineering, opmaak lastenboeken, offertevragen en onderhandelingen met betrekking tot de aankoop en installatie van de windturbines en de elektrische inter-array bekabeling binnen het park;
- De financiële analyse en de onderhandelingen inzake de financiering van het project;
- De investeringsbeslissingen en toewijzing van de opdrachten.

2. De **constructiefase** (2027 – 2030):

- Binnen deze fase vallen alle stappen die noodzakelijk zijn voor de inrichting van de windparken in kavels PE I, PE II en PE III, volgens de timing vooropgesteld in § 3.3. Hieronder wordt een niet-limitatieve oplistings gegeven van de belangrijkste acties;

- De inrichting van de preassemblage-plaats op land (indien van toepassing, vb. voor monopiles);
- Voorbereiding en opbouw in de haven van de funderingen voor de windturbines en de windturbines zelf;
- Voorbereiding op zee van de bouwplaats van windturbines (eventueel nivelleren van de zeebodem, afhankelijk van lokale bodemgesteldheid, type turbine en fundering, etc.);
- Aanvoer en plaatsing van de funderingen op zee;
- Installeren van erosiebescherming (indien van toepassing; al dan niet deels voorafgaand aan de plaatsing van de funderingen; zie eerder);
- Installatie van transitiestukken tussen fundering en WTG (indien van toepassing);
- Aanvoer en oprichting op zee van de windturbines;
- Installatie van parkbekabeling, eventueel voorafgegaan door voorbereidende werken ter hoogte van kruisingen van bestaande leidingen en kabels van derden;
- Aansluiting van de parkbekabeling op het MOG2 energie-eiland van netwerkbeheerder Elia;
- In dienst nemen van alle elektrische componenten;
- In dienst nemen van de windturbines.

3. De exploitatiefase (2029/2030 – 2049/2050)

- Deze fase omvat de eigenlijke productie van hernieuwbare energie door de geïnstalleerde WTG welke via de parkkabels naar het MOG2 energie-eiland wordt getransporteerd, van waaruit het richting land wordt gevoerd (geen onderdeel scope voorliggend MER). Eens aan land wordt de opgewekte energie geïnjecteerd op het openbare elektriciteitsnet;
- Op geregelde tijdstippen wordt (voornamelijk preventief en doorgaans gepland) onderhoud uitgevoerd om de installatie in optimale condities te houden en storingen en daarbij horende verliezen te vermijden. Hiervoor wordt beroep gedaan op een team van gekwalificeerde technici welke belast zijn met de preventieve en curatieve onderhoudstaken;
- Wanneer noodzakelijk (vb. omwille van een technische storing) wordt er storingsonderhoud en/of reparaties uitgevoerd;
- De performantie (zowel naar techniek, opbrengst, etc.) van de windparken wordt dagelijks gemonitord en bijgehouden via een centraal controlecenter. Eventuele omgevingscondities worden eveneens verzameld via specifieke meettoestellen en andere randapparatuur welke in de windparken geïnstalleerd werd (indien van toepassing).

4. De ontmantelingsfase (vanaf 2049/2050)

- Tijdens deze fase wordt het volledige windpark, inclusief inter-array bekabeling, verwijderd en het mariene ecosysteem in zijn oorspronkelijke toestand hersteld;
- Dit houdt in grote lijnen in:
 - Verwijdering van de parkbekabeling;

- Verwijdering van de turbines, via een omgekeerd proces als tijdens constructie, met stapsgewijze demontage en afvoer van de windturbineonderdelen;
- Verwijdering van de erosiebescherming;
- Verwijdering van de funderingen.

In de volgende secties wordt per fase een korte beschrijving gegeven van de belangrijkste activiteiten, uitvoeringswijzen (waar relevant) en benodigd materieel. Voor meer technische details wordt verwezen naar § 3.4 Beschrijving technologie.

3.5.2 Ontwikkelingsfase

In opdracht van de FOD Economie worden vooronderzoeken uitgevoerd in het kader van ontwikkelingen in de PEZ. Een overzicht van alle vooronderzoeken is terug te vinden op de website van de FOD Economie: <https://economie.fgov.be/nl/themas/energie/energiebronnen/hernieuwbare-energieen/hernieuwbare-energiebronnen-de/belgische-windenergie-op-zee>.

Bij het schrijven van deze MER-studie zijn nog niet alle resultaten van deze voorstudies beschikbaar. Indien tijdig beschikbaar en waar relevant, zullen deze meegenomen worden bij de milieueffectbeschrijving.

Ook andere relevante studies in de PEZ – zoals de EDEN2000-studies zijn in de ontwikkelingsfase uitgevoerd, in opdracht van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen, en Leefmilieu, om de leemten in kennis omtrent impact in en nabij het ‘Vlaamse Banken’ Natura 2000-gebied beter te kunnen beoordelen, met specifieke aandacht voor de grindbedden. De gegevens en informatie uit dit wetenschappelijk onderzoek zullen opgenomen worden in de aanbestedingsvoorwaarden binnen de offshore tender voor de bouw en exploitatie van de windturbines onder de verantwoordelijkheid van de FOD Economie. Waar relevant voor de milieueffectbeschrijving, en voor zover de resultaten beschikbaar zijn, zullen deze ook meegenomen worden in voorliggend MER onder de relevante disciplines.

Van zodra de winnaar(s) van de offshore tender bekend is of zijn, kunnen er eventueel nog bijkomende geofysische en geotechnische surveys plaatsvinden die voeding kunnen geven aan een gedetailleerd design van de windparken, een eventuele CBRA (zie eerder), etc. Zo kan het nuttig zijn om de inter-array kabelroutes in meer detail te onderzoeken naar eventuele objecten, mobiele zandduinen, etc.

3.5.3 Constructiefase

3.5.3.1 Beschrijving materieel en logistiek

In wat volgt wordt een kort illustratief overzicht gegeven van het materieel dat momenteel beschikbaar is en kan worden ingezet voor de realisatie van de verschillende onderdelen voor de constructie van offshore windparken en bijhorende parkbekabeling. Gezien de markt en het aanbod sterk evolueren doorheen de tijd, zal de keuze naar welk materieel uiteindelijk ingezet wordt voor de eigenlijke constructie in de PEZ (timing 2027-2030) gemaakt dienen te worden door de kandidaat-ontwikkelaar(s) op moment dat deze een detailplanning opstelt.

Omwille van de weerscondities in het BNZ, alsook eventuele opgelegde vergunningsvoorwaarden, dient er rekening gehouden te worden met de werkbare dagen op de Noordzee welke hoofdzakelijk tussen april en oktober vallen.

Tijdens de verschillende fasen en activiteiten van constructie van offshore windparken zal gebruik gemaakt worden van zeewaardige schepen en pontons, naargelang BBT en marktbeschikbaarheid op het moment van constructie. Bij het gebruik van de schepen moet er op gelet worden dat gebruik gemaakt wordt van lage emissie brandstoffen.

Mobiele kranen

Om turbines grotendeels vooraf te pre-assembleren aan wal, zijn verschillende types mobiele kranen nodig. Deze hebben een tonnage gaande van ca. 50 tot meer dan 1250 ton. Deze stap van voormontage wordt ingezet om de meer complexe interventies in het mariene milieu tot een minimum te herleiden.

Installatievaartuig

Verschillende offshore bedrijven beschikken over speciaal uitgeruste installatievaartuigen welke kunnen worden ingezet om zware lasten te manipuleren. Zowel de turbines zelf, als de funderingen ervan kunnen met dit type schepen worden getransporteerd tot hun specifieke locatie, en van daaruit geïnstalleerd worden. Deze installatieschepen worden steeds groter, tot wel meer dan 100-200 m in lengte, en ook hun hijscapaciteit neemt toe, met voorbeelden van 3.000 ton en meer. Van belang bij de keuze van het schip voor zijn hijscapaciteiten zullen de hoogte van de toren en het gewicht van de gondel zijn. Een aantal schepen werden omgebouwd tot installatievaartuigen welke specifiek tot doel de aanleg van offshore windpark toepassingen hebben. Ze werden dan ook speciaal voorzien om zo efficiënt mogelijk funderingen en turbines op offshore locaties te brengen en op te stellen. Voorbeelden hiervan zijn de 'Svanen' van Van Oord (<https://www.vanoord.com/nl/materieel/offshore-wind-installatieschip>), de 'Orion' van DEME (<https://www.deme-group.com/technologies/orion>) en 'Les Alizés' van Jan De Nul (https://www.jandenul.com/sites/default/files/2023-01/Les%20Aliz%C3%A9s%20%28EN%29_0.pdf) welke allen tot meer dan 5.000 ton kunnen liften. Vergeleken met jack-up schepen (zie verder), blijven deze installatievaartuigen drijvende gedurende de hele installatiecyclus. Ze hebben een grotere diepgang, een hoger laadvermogen, en hun kranen kunnen doorgaans meer gewicht hijsen. Echter, de grootste uitdaging van dit type schepen voor de installatie van offshore constructies zijn de scheepsbewegingen. Zelfs de meest nauwkeurige positioneringssystemen hebben een tolerantie (d.w.z. een foutmarge) van 1 m rondom de gewenste locatie, wat veel is. Om die reden worden er meerdere ankers ingezet om de drift van het schip te reduceren, wat veel tijd kost en afhankelijk van de omstandigheden ook problemen kan geven indien er veel andere obstakels in de nabijheid van de projectlocatie gelegen zijn (zoals kabels, pijpleidingen, ed.). Meer recente innovaties zoals de 'Motion Compensated Pile Grippers (MCPG)' laten toe om de scheepsbewegingen los te koppelen van het begeleiden van de MP tijdens het heien. Ondanks de complexiteit hiervan zijn er tegenwoordig heel wat producenten die zulke MCPG kunnen ontwikkelen.

De nieuwste generaties grote installatieschepen kunnen tot ca. 10 transitiestukken of 10 geassembleerde turbines vervoeren per keer. Hierbij bestaat de optie om de locatie van de haven waar de turbines ingescheept worden verder weg van de Belgische kust te kiezen (voorliggend MER gaat wel uit van een Europese uitvalshaven).

Jack-up pontons of hefeilanden en jack-up schepen

Jack-up pontons worden eveneens ingezet voor het plaatsen van zowel funderingen als windturbines. Deze pontons kunnen door middel van ingebouwde spudpalen op de zeebodem staan, waarna ze opgetild worden tot boven de hoogst te verwachten waterstand. Op deze manier kunnen de offshore werkzaamheden met een grotere veiligheid en nauwkeurigheid uitgevoerd worden, gezien er geen constante positionering moet plaatsvinden. Het jack-up ponton wordt op positie gebracht door middel van een sleepboot. Een meer recente variant op de jack-up pontons zijn de jack-up schepen. Dit zijn schepen die voorzien zijn van spudpalen om zowel zelf-navigerend te zijn als zichzelf te kunnen opduwen boven het wateroppervlak. Een voorbeeld van deze laatste is de 'Innovation' van DEME (<https://www.deme-group.com/technologies/innovation>) en de recent gebouwde 'Voltaire' van Jan De Nul (<https://www.jandenul.com/fleet/offshore-jack-installation-vessels>), welke tot 3200 ton kan liften. Jack-up schepen worden wereldwijd ingezet voor de installatie van zowel turbines als funderingen. Hun grootste voordeel is de robuustheid en de bewezen efficiëntie naar gebruik. Echter, jack-up schepen hebben typisch een lager laadvermogen dan andere installatievaartuigen, en het gebruik van de spudpalen kan afhankelijk van de lokale condities een uitdaging vormen.

De nieuwste generaties jack-up pontons en vaartuigen kunnen ca. 3-6 horizontale monopile funderingen vervoeren per transport, ofwel ca. 4 transitiestukken, of ca. 3 complete turbines. Dit is beduidend lager dan de grotere installatieschepen hierboven beschreven.

Transportpontons

Een transportponton kan worden gebruikt voor het transporteren van de windturbines en transitiestukken naar de offshore installatielocatie en wordt voortgetrokken door een sleepboot. Echter, bij langere vaartijden van de uitvalshaven naar de eigenlijke projectlocatie wordt idealiter gezocht naar een oplossing waarbij het aanleveren van de onderdelen optimaal gebeurt, door gebruik te maken van jack-up pontons of schepen, of speciaal ontwikkelde installatievaartuigen zoals in voorgaande paragrafen beschreven.

Barge

Een barge is een transportschip dat beschikt over een platte bodem, en specifiek kan ingezet worden voor de aanvoer van zware materialen zoals funderingen en transitiestukken. Deze heeft doorgaans geen hijskraan geïnstalleerd waardoor de eigenlijke installatie nog steeds via één van hoger beschreven scheepstypes dient te gebeuren.

Multicat

Kleine multifunctionele werkschepen of multcats kunnen ingezet worden voor het aanleveren van alle klein materieel en personeel op verschillende momenten tijdens de werkzaamheden.

Sleepboten

Naast de multicats, worden vaak ook kleinere sleepboten ingezet, ter ondersteuning van de grotere vaartuigen en hefpontons tijdens de werkzaamheden, om deze tot op de locatie te slepen of in positie te houden.

Werkship met graafwerktuig, baggerschip, steenstortschip

Indien de zeebodem ter hoogte van de projectlocatie dient te worden voorbereid, of indien er een prenivellering nodig is (vb. bij GBF of statische erosiebescherming rond MP of JF), of sleuf dient te worden gegraven, kan het nodig zijn om een werkship met graafwerktuig en/of een baggerschip (sleephopperzuiger) in te zetten. Deze zijn uitgerust met de nodige werktuigen om de zeebodem te baggeren, en het opgegraven sediment tijdelijk te dumpen of stockeren. Voor het aanbrengen van de stortsteenlagen van de erosiebescherming wordt gebruik gemaakt van een steenstortschip. Dit is een schip dat op een gecontroleerde manier stenen op de zeebodem kan storten, via valpijpen ('fallpipe vessel') of zijdelings ('side stone dumping vessel').

Heigereedschap

Voor het heien van de funderingspalen (indien van toepassing) dienen de installatieschepen of jack-up eilanden/schepen voorzien te worden van een zware heihamer. Als heihamer kan worden gebruik gemaakt van een hydraulische heihamer of een hydrohamer, zoals van het type 'Menck MHU-1200S – MHU 4400S' (<https://acteon.com/products-services/driven-pile-installation-services/>)³⁰, welke tot 4.400 kJ kan genereren, of het type IQIP IQ6 (<https://iqip.com/products/pile-driving-equipment/hydrohammer/>), welke zelfs tot maximum 6.600 kJ aan energie kan produceren. Het heien en afwerken van een "standaard"-monopile neemt in normale werkcondities slechts 1 dag in beslag; terwijl voor de installatie van 4 pinpiles (zie verder) als funderingspalen van een jacket een totale periode van 2 dagen wordt voorzien (van aankomst installatieschip tot vertrek).

Als alternatief voor het klassieke inheien kan ook de 'vibrating' techniek gebruikt worden. Vibrerende heihamers bevatten een systeem van roterende excentrische gewichten aangedreven door hydraulische motoren waardoor de horizontale vibraties geneutraliseerd worden. Deze techniek is sneller en goedkoper dan het klassieke inheien. Een voorbeeld is de CAPE Vibro Lifting Tool (VLT), ontwikkeld in 2012 door CAPE Holland (<https://capeholland.com/news/vibro-driving-the-next-chapter-in-offshore-wind/>). Het grootste voordeel van deze techniek is dat er tijdens het vibrerend hameren minder geluid wordt geproduceerd (ca. 20 dB re 1µPa voor frequentieband van 300-1250 Hz). Er wordt dan ook door verschillende partijen bestudeerd hoe deze techniek zo efficiënt mogelijk kan worden ingezet offshore (vb. <https://www.rwe.com/en/press/rwe-renewables/21-05-06-research-project-investigates-innovative-installation-technique-for-offshore-foundations/>).

³⁰ Ter info: in het windpark 'Hollandse Kust Zuid' kavels I-IV waar turbines van 11 MW geïnstalleerd worden op monopiles, wordt de Menck MHU 3500S hydraulische hamer gebruikt (<https://www.offshorewind.biz/2021/01/12/seaway-7-orders-menck-hammer-for-hollandse-kust-zuid/>)

Kabellegschip

Een kabellegschip is speciaal uitgerust om kabels te transporteren naar offshore locaties en deze in de zeebodem in te graven via verschillende technieken (zie verder). Een voorbeeld van een kabellegschip is de 'Nexus' van Van Oord (<https://www.vanoord.com/en/equipment/cable-laying-equipment/>). Deze beschikt over een kabelcarrousel die meer dan 5.000 ton kabel kan laden. De techniek om de kabels in de zeebodem in te graven zal afhangen van de lokale bodemgesteldheid, en kan zowel jetting als ploegen omvatten (zie secties hieronder).

Jetting techniek

In zandige bodems kunnen kabels ingegraven worden door middel van de jetting techniek. Hierbij wordt water onder druk in de zeebodem gespoten, waardoor deze fluïde wordt en de kabel in de weke zeebodem kan zakken. Na verloop van tijd herstelt de bodem zich naar zijn oorspronkelijke staat en bedekt deze de kabel. Jetting wordt uitgevoerd door een cable trencher die achter het kabellegschip kan getrokken worden over de zeebodem.

Ploegen

Een alternatief voor het kabelleggen vanop een kabellegschip is het ploegen. Hierbij wordt, afhankelijk van het type ploeg, ofwel een brede (tot 5 m; grondverplaatsende ploeg) of een minimale (30 cm tot 1 m; niet-grondverplaatsende ploeg) sleuf in de zeebodem gemaakt waarin de kabel wordt gelegd. Het voordeel van de grondverplaatsende ploeg is dat deze voor de meeste sedimenttypes kan dienen, inclusief zacht gesteente. Echter, door de brede V-vormige sleuf die gecreëerd wordt, houdt deze een groter bodemverzet in dan de niet-grondverplaatsende ploeg., waarbij de kabels doorheen de hiel van de ploegschaar lopen en op die manier in de bodem worden gedrukt. Deze techniek kan worden gebruikt in vrijwel alle soorten sediment, maar is minder efficiënt in sedimenten met een grote interne wrijving. Net als jetten, kan ploegen uitgevoerd worden door een cable trencher getrokken achteraan het kabellegschip. Binnen voorliggend MER wordt voor beide technieken een standaard sleuf van 1,5 m diep en 0,5 m breed gehanteerd, met een verwaarloosbare helling voor zones van de zeebodem waar geen zandgolven aanwezig zijn. In het geval van aanwezigheid van zandgolven wordt een ingraafdiepte van 2,75 m aangehouden. Dit omwille van het gegeven dat voorafgaand gladstrijken van zandgolven geen garantie geeft dat deze niet snel na ingraven van de kabel kunnen terug groeien. Om blijvende begraving van de kabel tot op een voldoende diepte te kunnen garanderen wordt daarom aangenomen dat deze met de helft van de zandgolfhoogte aan extra diepte ingegraven moet worden. Binnen voorliggend MER levert dat een extra benodigde diepte van 1,25 m bovenop de standaard 1,5 m op voor zones met zandgolven.

Baggeren ('trenchen')

Waar de vereiste diepte niet bereikt kan worden met de voornoemde technieken omwille van de aanwezigheid van vb. stijve klei of wanneer er anomalieën zoals rotsblokken of andere objecten verwacht worden, kan er voor het aanleggen van de kabels een geul gebaggerd worden door middel van een sleephopperzuiger (Trailing Suction Hopper Dredger TSHD) of een ander baggertuig. Na het installeren van de kabel, wordt de geul terug opgevuld door middel van het baggerschip. Deze techniek wordt binnen voorliggend MER voor de installatie van de parkkabels echter niet voorzien.

Baggeren ('pre-sweepen')

Voorafgaand aan de installatie van de parkkabels, kan het nodig zijn om de zeebodem te nivelleren of af te toppen op plaatsen waar veel mobiele zandduinen voorkomen of waar de helling meer dan 10° bedraagt (pre-sweeping). Hierdoor wordt vermeden dat de kabel tijdens installatie begint te zweven, of niet ingegraven geraakt. Bovendien wordt het risico op toekomstige blootlegging van de kabel doorheen de levenscyclus op die manier gereduceerd. Deze werkzaamheden kunnen uitgevoerd worden door een baggerschip of sleephopperzuiger (zie ook § 3.5.3.4). Het afgegraven zand wordt hierbij herverdeeld over de zeebodem waardoor tijdelijke stockage in een stortplaats niet nodig is.

3.5.3.2 Funderingen

Monopile fundering

Uitvoeringswijze

Een barge of jack-up type vaartuig kunnen worden ingezet voor de aanvoer van de stalen monopiles, het transitiestuk, en eventuele andere onderdelen. Voor de installatie van de monopile funderingen zelf is onder meer een jack-up ponton, jack-up schip of installatievaartuig nodig, uitgerust met de nodige kranen en voldoende hijscapaciteit. Een nauwkeurig gps-positioneringssysteem is geen overbodige luxe om de juiste positie voor het inheien van de funderingen te bepalen. Daarnaast dient eveneens een hydraulische heihamer of vibro-hamer aanwezig te zijn op het installatievaartuig om de MP in de zeebodem te heien tot op de vereiste diepte. Deze inheidiepte en de verticaliteit van de monopile worden tijdens de uitvoering van de werkzaamheden bepaald en gemonitord door de meetapparatuur aan boord.

De monopile, het transitiestuk en andere onderdelen worden verscheept naar de offshore locatie. Indien een jack-up ponton wordt gebruikt, wordt dit naar de locatie gebracht met een sleepboot. Een jack-up schip kan zelf tot de projectlocatie varen. Afhankelijk van het type en de grootte van het schip, kunnen ca. 3-6 monopiles horizontaal op het vaartuig getransporteerd worden (vb. de 'Innovation' van DEME; zie eerder). Binnen voorliggend MER wordt worst-case uitgegaan van ca. 4 monopiles (of 4 transitiestukken) per keer. Eens aangekomen op de projectlocatie wordt de exacte positie bepaald, wordt het hefeiland via kabels in de zeebodem verankerd en zullen de 4 poten (spudpalen) van het hefeiland uitgeschoven worden. Op deze manier hijst het werkplatform zich naar de vereiste hoogte om onafhankelijk van de golfslag de werkzaamheden te kunnen uitvoeren. In een eerste stap wordt de stabiliteit van de poten getest, en wordt de MCPG (motion compensated pile gripper) ingesteld alsook de geluidsmitigatiesystemen die aan boord van het schip aanwezig zijn.

Een funderingspaal wordt van het transportschip (de barge), of vanop de jack-up zelf gehesen via de hijskraan en wordt op de vereiste coördinaten in het water neergelaten en gepositioneerd. Nadat de positie en verticaliteit van de monopile zijn gecontroleerd, kan het heiblok op de monopile worden geplaatst waarna het inheien kan starten en de monopile tot de gewenste diepte wordt gebracht, al dan niet via een eerste fase van intrillen met een vibro-hamer. In geval van een installatievaartuig met bewegingscompensatie worden de scheepsbewegingen tijdens dit proces gecompenseerd zodat de exacte coördinaten en verticaliteit van de monopile behouden blijven. Doorheen het heiproces zal de energie die

gepaard gaat met de impact van de heihamer gradueel toenemen naargelang de MP doorheen densere zeebodemplagen wordt gedreven. De diepte tot waarop de MP wordt ingeheid bedraagt ongeveer ca. 3-4 keer de diameter (zie eerder). Van zodra de installatie voltooid is, wordt de 'as-built' positie ingemeten.

Daarna wordt het transitiestuk op de monopile bevestigd, om een eventuele scheefstand van de monopile – welke tijdens het heiwerk kan optreden – te corrigeren. Na het aanbrengen van het transitiestuk kan overgegaan worden tot het aanbrengen van voorzieningen die nodig zijn voor de inkomende en uitgaande kabels.

Aanbrengen erosiebescherming

Voor alle types funderingen en erosiebescherming (zie § 3.4.2 en 3.4.3) worden de lagen breukstenen aangebracht door middel van een daarvoor uitgerust steenstortschip ('fallpipe vessel' of 'side stone dumping vessel') welke over een valpijpsysteem of zijstelsysteem beschikt om de stortstenen aan te brengen op de zeebodem. De stortstenen worden rechtstreeks tot op de locatie gebracht aan boord van het steenstortschip, na eerst in de haven opgeladen te zijn. Afhankelijk van het gekozen type fundering en erosiebescherming (statisch of dynamisch), zal deze voorafgaand of na installatie van de funderingen zelf aangebracht worden.

Bij statische erosiebescherming wordt er voorafgaand aan de plaatsing van de fundering een lokale nivellering van de zeebodem uitgevoerd, om mobiele zandduinen te verwijderen, gevolgd door het aanbrengen van een eerste filterlaag erosiebescherming. Na aanleg van de filterlaag kan de MP of JF fundering geplaatst worden, met daaropvolgend de afwerking van de erosiebescherming met de armour toplaag breukstenen.

Bij dynamische erosiebescherming dient de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd te worden, en kan de MP of JF fundering rechtstreeks geplaatst worden. De vorming van een erosieput rondom de paal (of palen in geval van JF) is toegelaten tot een zeker evenwicht bereikt is, waarna de put geheel of gedeeltelijk wordt opgevuld met breukstenen (cf. methode bij statische erosiebescherming en armour laag).

Specifiek binnen de PEZ zal de keuze voor statische of dynamische erosiebescherming ook mee bepaald worden door de aanwezigheid van de grindbedden in het projectgebied en eventuele aanbevelingen in kader van het EDEN2000-onderzoek rond dit topic. Voor de effectbespreking wordt er echter uitgegaan van statische erosiebescherming, als worst-case situatie naar bodemverstoring (omwille van de noodzaak tot nivelleren van de zeebodem) en bodemverzet (zie ook § 5.1.4.1). Hierbij wordt bij een MP of JF een grondoppervlak van 30 x 60 m en een diepte van de erosieput van ca. 4 m, met hellingen 1/5 en 1/8 aangenomen (zie eerder), waardoor het verstoord oppervlak (inclusief hellingen) ca. 9.450 m² en het verstoord volume ca. 19.000 m³ per fundering bedraagt.

Uitvoeringstermijn per windturbine (werkbare dagen)

Voor het plaatsen van één monopile en het opzetten van het transitiestuk wordt uitgegaan van ca. 1 dag per fundering (bij geschikt weer), waarvan 4u effectief geheid. Voor het aanbrengen van de erosiebescherming wordt ca. 2-3 dagen per fundering in geval van een statische erosiebescherming gerekend, of ca. 1 dag per fundering in geval van een dynamische

erosiebescherming. Naargelang de keuzes van de kandidaat-ontwikkelaar(s), kunnen de werkzaamheden naar aanbrengen van erosiebescherming gecombineerd worden voor meerdere turbines in één campagne, welke dan een langere tijdsperiode in beslag zal nemen. Ook kan het aanbrengen van erosiebescherming rond turbines en funderingen gecombineerd worden met het aanbrengen van de erosiebescherming ter hoogte van kabelkruisingen ed. (zie verder).

Hoewel het installeren van funderingen in de Noordzee doorgaans gedurende het volledige jaar kan plaatsvinden, is de meest opportune (kostenefficiënte) installatieperiode naar weersomstandigheden tussen april en oktober.

Jacket fundering

Uitvoeringswijze

Voor de uitvoeringswijze wordt grotendeels verwezen naar de uitleg in voorgaande onderdeel rond MP funderingen, daar het benodigd materieel nagenoeg gelijkaardig is. Een JF verschilt van MP in dat doorgaans een minder zware hei-installatie nodig is, en de steenbestorting als erosiebescherming minder uitgebreid kan zijn.

Gezien JF echter een complexere structuur vormen welke bestaat uit meerdere individuele stalen balken die zeer nauwkeurig aan elkaar gelast dienen te worden op land, vraagt deze uitvoering meer voorbereidend werk. Eens volledig voorgemonteerd en uitgerust met het transitiestuk, wordt de jacket naar de offshore projectlocatie getransporteerd door middel van een vaartuig met voldoende laadvermogen, en daar vastgezet op de (3 of) 4 funderingspalen (pinpiles).

De fundering kan ofwel 'post-piled' of 'pre-piled' uitgevoerd worden. De meer traditionele manier om jackets te installeren is via post-piling, i.e. de funderingspalen worden door kokers gedreven aan de basis van de poten. Nadat de jacket neergelaten is, worden de palen in de zeebodem geheid of getrild. De verbinding tussen de kokers en de funderingspalen wordt verzekerd met grout. Bij de pre-piled installatie worden de funderingspalen eerst in de bodem geheid of getrild met een mal. Pas na het inheien wordt de jacket op de zeebodem neergelaten, waar de punten aan de uiteindes van de poten in de palen passen. Deze laatste methode is bij offshore installatie van funderingen efficiënter, gezien er vooraf gebruik kan gemaakt worden van kleinere schepen voor het inheien. Op die manier kunnen de grotere dure schepen dan efficiënter ingezet worden voor het installeren van de jackets op de vooraf geïnstalleerde funderingen en verliezen ze minder tijd per locatie. Post-piling wordt daarom weinig gebruikt voor windparken, in tegenstelling tot de olie- en gasindustrie waar slechts één structuur geïnstalleerd moet worden.

Voorafgaand aan de pre-piling installatie van de JF kan het nodig zijn om voorbereidende egalisatiebaggerwerken uit te voeren ter hoogte van de projectlocatie, met name op locaties met grote en mogelijk mobiele zandduinen (zoals te vinden in het BNZ en in het projectgebied PEZ). Dit om te voorkomen dat de pin-piles bedolven worden door de zandduinen voordat de jacket kan worden geïnstalleerd. Het pre-pilen van funderingspalen in een dergelijke lokale, vlakke werkbasis is bovendien veel efficiënter (in tijd en kwaliteit) dan wanneer geen egalisatie werd uitgevoerd. Dergelijke baggerwerken worden doorgaans uitgevoerd met een sleeophopperzuiger (zie § 3.5.3.1) welke de gebaggerde sedimenten ofwel tijdelijk in een aangeduide stortplaats in het projectgebied, ofwel permanent in speciaal daarvoor voorziene stortzones van het BNZ dumpst. Binnen voorliggend MER wordt evenwel uitgegaan van een tijdelijke stortplaats in het projectgebied, gelegen

ter hoogte van kavel PE II of PE III. De installatie van de pin-piles is verder volledig gelijkaardig aan deze voor de monopile fundering (afgezien van het feit dat de paaldiameters kleiner zijn wat de heibaarheid ten goede komt).

Aanbrengen erosiebescherming

Het aanbrengen van de erosiebescherming gebeurt op analoge wijze als voor de MP funderingen hierboven besproken. Naar dimensies wordt net als voor de MP funderingen 5 x de paaldiameter (voor de vier palen in totaal) aangehouden (zie Tabel 3-2). Bij statische erosiebescherming wordt er, analoog als voor MP, prenivellering van de zeebodem ingecalculleerd, volgens gelijkaardige dimensies naar grondvlak als bij MP (zie eerder).

Uitvoeringstermijn per windturbine (werkbare dagen)

Voor het heien van de afzonderlijke palen en het plaatsen van de jacket wordt ca. 2-3 dagen per fundering (bij geschikt weer) gerekend, waarvan 4 keer 3u effectief geheid wordt met tussenpozen van 2 uur. Het aanbrengen van de erosiebescherming neemt ca. 2-3 dagen of 1 dag per fundering in, voor respectievelijk statische en dynamische erosiebescherming.

Gravitaire fundering

Uitvoeringswijze

GBF worden geheel of gedeeltelijk opgebouwd op een premontagelocatie in de haven om vervolgens op een barge of ponton te worden gehesen en naar de offshore projectlocatie te worden gebracht. De klassieke technieken voor constructies in gewapend beton zullen hier worden gehanteerd (bekisten, wapenen, storten van beton...). Afhankelijk van de hydrodynamische condities en de uitvoeringsmethode bedraagt de diameter aan de voet van de GBF fundering tussen 25 en 40 m voor bestaande modellen, de hoogte van een GBF kan variëren tussen 40 en 60 m. Binnen voorliggend MER wordt echter uitgegaan van de zwaarste uitvoering voor het bespreken van de milieueffecten, zowel naar diameter van de GBF zelf, als naar de omliggende erosiebescherming. Hierdoor komt de diameter van de afzonderlijke GBF op 40 – 50 m ter hoogte van de zeebodem (afhankelijk van het scenario; zie verder). Voor de erosiebescherming wordt een diameter van 3 x de diameter van de GBF gehanteerd (zie ook Tabel 3-2).

In een eerste stap wordt de ‘lege’ fundering via een transportponton of barge (zie § 3.5.3.1) naar het projectgebied gebracht. De reden dat de fundering hol wordt gelaten, is om deze licht genoeg te houden om transport en hijsen mogelijk te maken. Indien de omstandigheden het toelaten, kunnen gravitaire funderingen ook zo ontworpen worden dat deze drijven zodat ze naar de locatie gesleept kunnen worden. Dit resulteert in een verminderde kost voor zware liftschepen. De werkzaamheden voor het plaatsen van de gravitaire funderingen gebeuren vanop een jack-up ponton of gelijkwaardig, uitgerust met een zware hijskraan (zie § 3.5.3.1), net zoals dit voor MP en JF het geval is. De GBF wordt echter niet ingeheid, maar rechtstreeks vanop het vaartuig of ponton afgezonken naar de zeebodem.

Een belangrijke voorwaarde voor het plaatsen van een GBF is een “niet mobiele” en stabiele ondergrond, en dus niet op vb. een kleilaag die onderhevig is aan vervorming en degradatie. Ook hier kan het aangewezen zijn om voorafgaand aan

de installatie de lokale toplaag met zandduinen te nivelleren door middel van een baggerschip. Daarnaast kan het wenselijk zijn om de lokale zeebodemgesteldheid te verbeteren naar draagkracht, door compacteren en/of injecties.

Voor de PEZ-projectlocatie wordt onderzocht in de voorstudies hoe mobiel de Quartaire zandlagen zijn. Tijdens de surveys werden horizontale/laterale verplaatsingen tot 15 m en verticale verplaatsingen tot 0,5 m opgetekend in de periode maart – mei 2022 (GEOxyz/G-tec, 2023). Met name in de zone Fairy Bank (zuidelijke helft kavels PE II en PE III) werden grotere laterale verplaatsingen opgetekend, waar dit ter hoogte van kavel PE I en in de noordelijke helft van kavels PE II en PE III beperkter was (ca. 3 – 5 m; GEOxyz/G-tec, 2023). Ook de geotechnische eigenschappen van de onderliggende Paleogene (Tertiaire) (klei)lagen werden onderzocht. Bijkomend locatiespecifiek geofysisch/geotechnisch onderzoek vanuit de kandidaat-ontwikkelaar(s) kan hier nog meer inzicht in verschaffen, naast de resultaten uit de voorbereidende geofysische/geotechnische studies vanuit de FOD Economie (GEOxyz/G-tec, 2023). In dit MER wordt voor GBF een funderingsput met diepte van 7,5 m aangenomen, en de noodzaak tot voorafgaand nivelleren van de zeebodem (zie eerder). De zone ter hoogte van de GBF wordt tot max. 7,5 m onder de zeebodem uitgebaggerd waardoor een put ontstaat met taluds van ca. 1/5 en 1/8 en aan de basis een oppervlakte van ca. 4.000 m² (50 x 80 m). Inclusief de hellingen ontstaat er zo een totaal verstoord oppervlak van ca. 26.350 m², en een totaal verstoord volume van ca. 90.000 m³ per GBF. Nadien wordt een funderingsbed van zand of grind aangelegd van 1,3 m dik. Gezien de logistieke en economische uitdagingen die met GBF gepaard gaan (cf. voorbereidende technische analyse en marktbevraging), wordt in dit MER uitgegaan van een percentage van 10 % GBF, aangevuld met 90 % MP of JF, voor de inschatting van een aantal milieueffecten.

Op plaatsen waar het Paleogeen (Tertiair) minder diep ligt dan 7,5 m onder de zeebodem en dit Paleogeen uit klei bestaat zal sowieso minder diep worden gebaggerd en zal het design van de funderingen locatiespecifiek worden uitgewerkt. Mogelijks is op deze locaties het gebruik van een GBF niet meer mogelijk. De bovenstaande diepte kan dus als een maximum beschouwd worden.

Eens de GBF afgezonken is naar de vooraf voorbereide zeebodem wordt deze vervolgens gevuld met ballast: naast de traditionele ballastmaterialen zand/grind/water kunnen ook andere specifieke ballastmaterialen met hogere densiteiten gebruikt worden. De ballast kan tot 2/3 van het finale gewicht uitmaken. De bouwput welke ontstaan is kan daarna opgevulde worden met het eerder uitgebaggerde zand (backfill) zodat de GBF ingeklemd zit. Op het einde volgt dan de installatie van de steenbestorting als erosiebescherming rond de structuur.

Aanbrengen erosiebescherming

Het materiaal voor erosiebescherming rondom een GBF wordt afgezonken met een steenstortschip (zie eerder). Voor meer details rond erosiebescherming bij GBF wordt verwezen naar § 3.4.3.3.

Uitvoeringstermijn per windturbine (werkbare dagen)

Voorafgaand aan installatie van GBF is doorgaans voorbereidend werk van de zeebodem op de projectlocatie vereist, wat tot 8-10 dagen per fundering in beslag kan nemen. Het plaatsen van de fundering zelf neemt ca. 1-2 dagen in beslag,

gevolgd door het backfillen van de funderingsput en het aanbrengen van de erosiebescherming (ca. 8-10 dagen per fundering).

Suction bucket principe

Uitvoeringswijze

De suction bucket fundering vormt een alternatieve uitvoeringswijze bij monopile of jacket structuren waarbij geen inheien of intrillen van de palen vereist is. Naar werking en dimensies zijn SB, eens geplaatst in de bodem, meer analoog aan GBF. Alle uitvoeringsactiviteiten zoals prenivelleren en aanbrengen van erosiebescherming blijven nagenoeg hetzelfde zoals beschreven in bovenstaande secties voor MP en JF.

De typische opbouw van een suction bucket fundering bestaat uit een brede “rok” (skirt) met een diameter van ca. 15 – 20 m die in de bodem wordt gebracht. Via een overgangsstuk (“lid”) wordt boven de bestaande zeebodem de aansluiting naar de schacht (“shaft”) gerealiseerd. Deze schacht vormt dan de verdere verbinding met de toren waarop de windturbine wordt gemonteerd. De schacht heeft vergelijkbare dimensies met de monopile, terwijl de rok – in functie van de lokale geotechnische bodemcondities – een gepaste diameter en hoogte (10-12 m) krijgt.

Het benodigd materieel is volledig gelijkaardig aan dat voor de monopile en jacket fundering. Nagenoeg elk schip kan het zuigproces uitvoeren. De SB zelf kunnen drijvend naar de projectlocatie gebracht worden, waarna de bucket (skirt + lid) op de bodem wordt geplaatst en door het eigen gewicht in de bodem indringt. Hierdoor wordt een vacuüm in de SB gecreëerd wat zorgt voor verdere penetratie. Via pijpen bevestigd aan de rok wordt overtollig water continu afgevoerd door daarvoor voorziene pompen, wat een continu proces van onderdruk en waterafpompings veroorzaakt. Via de pijpen kan de draagstructuur naar verticaliteit bijgestuurd worden waar nodig. De pompen worden na afronding van dit proces verwijderd via vooraf geplaatste takels. Nadien wordt de verticaliteit gecontroleerd via een meetcontrole, al dan niet bijgestaan door een Remotely Operated Vehicle (ROV). Tijdens de laatste fase van de installatie kan een kleine hoeveelheid sediment (10-20 m³) uit de rok gezogen worden om volledig contact tussen zeebodem en rokbovenkant te verzekeren. Dit materiaal komt vrij in de directe omgeving van de fundering, maar bedraagt niet meer dan de hoeveelheid die tijdens natuurlijke golf- en getijstrooming zou bewogen worden.

SB vereisen geen mechanische heigeluiden, maar werden tot op heden minder frequent toegepast op grote schaal in offshore windparken. Binnen voorliggend MER wordt realistisch gezien niet verwacht dat er voor alle turbinelocaties voor SB als funderingstechniek zal gekozen worden (ook gezien logistieke en economische uitdagingen). Net zoals voor GBF wordt er uitgegaan van een bepaald percentage aan SB voor het inschatten van relevante milieueffecten. Het kan zijn dat dit percentage uiteindelijk zal bijgesteld worden (naar boven óf naar beneden) eens met de ontwikkeling van de PEZ windparken zal gestart worden.

Aanbrengen erosiebescherming

Hoewel de totale diameter van de rok die in de bodem verzonken zit groot is (gelijkaardige dimensies als GBF; in voorliggend MER hanteren we 30 – 40 m, zie eerder), is deze ter hoogte van de zeebodem gereduceerd naar de monopile dimensies van de schacht. Afhankelijk van het type SB dient er rond deze constructie ook eenzelfde type erosiebescherming te worden voorzien als bij een standaard monopile fundering (zie eerder).

Uitvoeringstermijn per windturbine (werkbare dagen)

Het suction penetratieproces zelf duurt ongeveer 6-8 uur. De positionering en het neerlaten wordt geschat op 2-4 uur.

3.5.3.3 Windturbines

Uitvoeringswijze

Van zodra de voorbereidende werkzaamheden ter hoogte van de projectlocatie uitgevoerd zijn, t.t.z. eventuele pre-nivellering van de zeebodem, installatie van funderingen, en aanbrengen van erosiebescherming, kan overgegaan worden tot het plaatsen van de eigenlijke windturbines op de daarvoor voorziene transitiestukken of andere verbindingselementen op het boven het wateroppervlak uitstekende deel van de funderingen.

De windturbines komen ofwel rechtstreeks van de producent of worden samengesteld in daarvoor voorziene premontage locaties in de haven. Voor de premontage van de windturbines en andere onderdelen van het windpark en als werkbasis voor personeel en de installatievaartuigen kan een bouwlocatie in een nabijgelegen haven als 'marshalling harbour' (voor projecten op de Belgische Noordzee zijn dit waarschijnlijk Vlissingen, Oostende of Zeebrugge) worden ingericht. Binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van Oostende als uitvalsbasis voor de constructieactiviteiten binnen de PEZ kavels (cf. aanname in Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a).

De technische constructie van de gondel met alle interne uitrusting, de rotor en de bladen gebeurt in de werkplaatsen van de windturbineconstructeur (afhankelijk van de firma gesitueerd in Duitsland, Denemarken..., voor wat betreft de Europese markt). De fabricage van de afzonderlijke onderdelen van de toren(mast) vindt plaats in de werkplaatsen van specifieke onderaannemers (in diverse Europese landen). Het transport van de bovengenoemde windturbineonderdelen vanuit de werkplaatsen van de constructeur(s) naar de bouwlocatie in de haven zal gebeuren per schip en/of per vrachtwagen (afhankelijk van de plaatsen van herkomst en de dimensies van de onderdelen). Binnen voorliggend MER en de LCA studie (Arcadis Belgium NV, 2023a; Externe bijlage 4) wordt uitgegaan van transport per schip. Volgende windturbineonderdelen moeten worden aangeleverd:

- Afhankelijk van de dimensies, één of meerdere voorgesamonteerde segmenten van de toren, welke volledig uitgerust zijn met rustplatforms, ladders, ed.;
- De volledig voorgesamonteerde windturbinegondel (met as, mogelijks mechanische transmissie, generator, etc.);
- De naaf van de rotor en de drie rotorbladen.

Afhankelijk van de logistieke en technische keuzes van de kandidaat-ontwikkelaar(s) worden de windturbines ofwel in hun geheel ofwel in gedeeltelijk gemonteerde onderdelen naar de projectlocatie getransporteerd. In het eerste geval zal de assemblage van de afzonderlijke onderdelen volledig bij de leverancier of in uitvalshaven uitgevoerd worden en wordt de windturbine in zijn geheel verscheept naar de projectlocatie. In het tweede geval worden de onderdelen door middel van een (al dan niet gesleept) jack-up ponton of vaartuig (zie § 3.5.3.1) tot op de beoogde locatie gebracht, waarna zij ter plaatse geassembleerd worden op het ponton of installatieschip. Dergelijke assemblage gebeurt als volgt: de verschillende segmenten van de toren worden op het ponton/schip gezet met behulp van een grote mobiele kraan, en eventueel een bijkomende kleinere mobiele kraan, die zorgt voor de nodige geleiding om de segmenten zonder beschadiging uit horizontale positie naar verticale positie te brengen. De torensegmenten worden daarna aan elkaar bevestigd ter plaatse d.m.v. inwendige boutverbindingen.

Nadien wordt de windturbinegondel met de grote mobiele kraan op het ponton/schip gezet, en worden de bladen van de turbine in horizontale positie door middel van een mobiele kraan tot rotor samengevoegd. Deze wordt dan op de as van de gondel van de windturbine gemonteerd, wederom met behulp van een grote mobiele kraan, bijgestaan door een kleinere mobiele kraan die opnieuw voor de nodige geleiding zorgt.

Eens de mast, gondel en rotor aan elkaar bevestigd zijn, wordt de turbine kort aangesloten op een elektrische voeding aanwezig op het installatievaartuig of jack-up ponton/schip om de eerste testen te kunnen uitvoeren. Na loskoppeling van de voeding kan de plaatsing van de turbines op de funderingen plaatsvinden. Dit gebeurt ofwel door middel van het installatievaartuig welke ook de onderdelen tot op de projectlocatie heeft vervoerd (zie ook § 3.5.3.1), ofwel door middel van een tweede ponton of vaartuig dat tot op de locatie wordt gebracht voor het plaatsen van de turbine. Tijdens dit proces worden de ofwel vooraf gemonteerde toren, of de afzonderlijke torenonderdelen door de hijskraan op de fundering gemonteerd, en bevestigd met bouten. Eens de mast volledig staat, hijst de kraan de eigenlijke WTG met de rotor tot op de toren, waarna deze met bouten wordt aangedraaid. Van zodra dit proces rond is, kan naar een volgende positie verplaatst worden en wordt de sequentie herhaald.

Uitvoeringstermijn per windturbine (werkbare dagen)

Binnen voorliggend MER wordt aangenomen dat het assembleren van één volledige windturbine uit afzonderlijke onderdelen op het transportponton of installatieschip ongeveer 24 u in beslag neemt. Ook het plaatsen van de windturbine op de fundering neemt 24u in beslag (bij geschikte weerscondities). Door het ingezette materieel en de zware lasten, wordt er bij het installeren van windturbines enkel gewerkt in gunstige weersomstandigheden.

3.5.3.4 Elektrische infrastructuur

Het leggen van de inter-array kabels

Individuele turbines worden in lijnstrengen van 66 kV parkkabels met elkaar verbonden en rechtstreeks aangesloten op het toekomstige MOG2 energie-eiland van netbeheerder Elia (zie Figuur 3-1). De individuele parkkabels kunnen in totaal 90 MW transporteren, waardoor afhankelijk van het vermogen van de afzonderlijke WTG 4 – 7 turbines op één kabel

kunnen. Dit werd zo vastgelegd in het MB Grid Design³¹ en het Federaal Ontwikkelingsplan 2024 – 2034³² van Elia (Elia, 2023). De parkkabels kruisen elkaar in principe niet (in de mate van het mogelijke) en liggen op een onderlinge tussenafstand van minimaal 50 m (zie eerder), zoals beschreven in het KB van 12 maart 2002. De totale lengte aan parkkabel voor WTG's varieert naargelang de kavel, het vooropgesteld totaal geïnstalleerd vermogen en de geïnstalleerde turbines (zie Hoofdstuk 4 voor meer details rond alternatieven en configuraties).

De techniek die gebruikt zal worden voor het ingraven van de inter-array kabels zal worden bepaald in functie van de geotechnische condities ter hoogte van het projectgebied. Binnen voorliggend MER, en op aangeven van de sector tijdens voorafgaand marktonderzoek, worden zowel jetting als ploegen met een cable trencher beschouwd als mogelijke installatietechnieken (zie ook § 3.5.3.1 voor een beschrijving van de verschillende technieken). Gezien de zone binnen het windpark niet meer toegankelijk zal zijn voor reguliere scheepvaart, inclusief bodemberoerende visserij, en mede gezien er naar verwachting ondiep gelegen kleilagen in de zeebodem van het PEZ-projectgebied aanwezig zijn, zullen de parkkabels tot op een diepte van minimaal 1 meter onder de bodem (Top of Cable TOC) gelegd worden, overeenkomstig de wettelijk vereiste ingraafdiepte.

Pre-installatie

Voorafgaand aan de installatie van de parkkabels, kan het nodig zijn om de zeebodem te nivelleren of af te toppen op plaatsen waar veel mobiele zandduinen voorkomen of waar de helling meer dan 10° bedraagt (pre-sweeping). Hierdoor wordt vermeden dat de kabel tijdens installatie begint te zweven, of niet ingegraven geraakt. Bovendien wordt het risico op toekomstige blootlegging van de kabel doorheen de levenscyclus op die manier ook gereduceerd. Deze werkzaamheden kunnen uitgevoerd worden door een baggerschip of sleephopperzuiger. Binnen voorliggend MER wordt aangenomen (op basis van een eerdere geologische studie in het projectgebied; Fugro, 2022) dat over ca. 87 % van het projectgebied zandgolven aanwezig zijn (en over ca. 80 % meer dan 1 m hoog; zie ook Externe bijlage 1 “Numerieke pluimmodellering”, Arcadis Nederland B.V., 2023). Dit is ook zichtbaar in Figuur 5-6 in Hoofdstuk 5.1.2. Voor die locaties wordt het pre-sweepen van de zeebodem ingecalculeerd, waarbij de bovenste meters van de zandduinen worden gebaggerd met een TSHD en onmiddellijk herverdeeld over de dieper gelegen stroken (zie Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023). Op die manier wordt de aanname gemaakt dat er geen nood is aan opslag in tijdelijke ingerichte stortzones in het projectgebied binnen voorliggend MER.

Naast het nivelleren kan het ook wenselijk zijn om eventuele obstructies te verwijderen (pre-lay grapnel run) die op basis van eerder onderzoek in het projectgebied in de bovenste zeebodemplagen langsheen de kabelroutes werden aangetroffen. Voor deze werkzaamheden kan een multicat of barge met de noodzakelijke grijpinfrastructuur en/of dregghaken ingezet worden. Typische obstructies zijn bijvoorbeeld afval, visnetten, of ook wel (delen van) buiten gebruik gestelde kabels.

³¹ <https://news.belgium.be/nl/windparken-op-zee-ontwerp-voor-de-uitbreiding-van-het-modular-offshore-grid>

³² <https://www.elia.be/nl/infrastructuur-en-projecten/investeringsplannen/federaal-ontwikkelingsplan-2024-2034>

In geval van kruisingen met in gebruik zijnde kabels en/of pijpleidingen, is het soms ook noodzakelijk om al voorafgaand de zeebodem ter hoogte van de kruisingslocaties voor te bereiden (zie verder) bijvoorbeeld door het storten van een steenmat ter bescherming van de aanwezige infrastructuur. Details hiervoor worden vooraf vastgelegd in kruisingsovereenkomsten met de desbetreffende eigenaars.

Installatie

De eigenlijke installatie van kabels wordt uitgevoerd door middel van een kabellegschip (zie ook § 3.5.3.1). De meest ideale tijdsperiode is van april tot oktober in het BNZ, omwille van de weersomstandigheden (net zoals voor andere activiteiten, zie eerder). Een totale installatieperiode van ongeveer 24u per kabel wordt geanticipeerd vanuit voorafgaand marktonderzoek.

Het kabellegschip zal de kabel op de zeebodem afrollen tussen twee WTG's in, over een afstand die varieert afhankelijk van de tussenafstand die aangehouden wordt en de lokale omstandigheden. Nadien wordt de kabel ter hoogte van de turbines zelf binnen in een buis (J-tube) omhoog gebracht vanaf de zeebodem tot in de gondel, en in nabijheid van de fundering mee bedekt door de erosiebescherming die daar aangebracht wordt, ofwel van een flexibele beschermingshuls voorzien in geval de kabel onbedekt blijft in nabijheid van de turbine. Tezelfdertijd als dat de kabel op de zeebodem wordt geïnstalleerd (bij voorkeur), zal ook het ingraven plaatsvinden door een daarvoor uitgeruste ROV (trenching remotely operated vehicle). Ofwel wordt er gebruik gemaakt van jetting (of jet trenching) of ploegen, welke gebruikt worden in zachte zandige zeebodems, ofwel wordt de kabel via trenching (cut trenching) ingegraven, welke in hardere en meer compacte kleibodems kan gebruikt worden.

Bij jetting wordt de zeebodem lokaal verstoord door twee jetzwaarden uitgerust met sproeikoppen welke onder hoge druk (en afhankelijk van de lokale bodemkenmerken) een waterstraal produceren. Op deze manier wordt de zeebodem lokaal gefluïdiseerd, waarna de kabel onder zijn eigen gewicht in de ontstane sleuf zakt. De sleuf sluit zich kort nadien terug onder invloed van de natuurlijke stroming en turbulentie. Er wordt slechts een zeer lokale en tijdelijke verstoring van de zeebodem veroorzaakt op die manier, welke zich weliswaar uitstrekt over een breedte van ca. 10 m langsheen het kabeltracé (cf. marktonderzoek). De praktische haalbaarheid van de techniek is ook beperkt tot op een diepte van ca. 2 m – vaak wordt zelfs maar ongeveer 1 m diepte bereikt (wat in principe voldoende is voor de minimale ingraafdiepte van 1 m TOC).

Een alternatieve techniek voor jetting is het ploegen met een cable trencher, waarbij een ploeg achter het kabellegschip wordt bevestigd en over de zeebodem sleept en deze open ploegt tot op de gewenste diepte. Nagenoeg gelijktijdig wordt de kabel afgerold in de aldus ontstane sleuf dewelke zich op een natuurlijke wijze op korte tijd terug sluit (cf. jetting). Net als bij jetting is de ingraafdiepte voor deze methode beperkt tot ca. 1 à 2 m in de zeebodem, en wordt een invloedzone van ca. 10 m langsheen het kabeltracé geanticipeerd. Beide technieken worden in voorafgaand marktonderzoek aangehaald als BBT. Echter, tegen het moment dat zal gestart worden met de ontwikkeling binnen de PEZ, kan het zijn dat er mogelijks nog nieuwe technieken voor het leggen van elektrische parkkabels op de markt komen.

Binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van ca. 80 % ploegen op locaties waar zandduinen aanwezig zijn in het projectgebied (zie ook beschrijving referentiesituatie van de discipline Bodem & Water onder § 5.1.2). Voor de overige 20 % wordt uitgegaan van jetting als gebruikte techniek. De sleufbreedte die hierbij gehanteerd wordt is 0,5 m langsheen het kabeltracé. In zones zonder zandduinen (wat binnen voorliggend studiegebied PEZ relatief beperkt is; zie Figuur 5-6), wordt een sleufdiepte van 1,5 m aangehouden, om zeker de vereiste minimale ingraafdiepte van 1 m TOC te bereiken. Voor de zones mét zandduinen wordt een extra marge genomen op de ingraafdiepte, om zeker te zijn dat deze diep genoeg ingegraven blijft moest de zandduin zich relatief snel terug ontwikkelen. In dat geval wordt een ingraafdiepte van 2,75 m vooropgesteld (Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023).

Indien zou blijken dat jetten of ploegen technisch niet haalbaar zijn (omwille van de lokale bodemgesteldheid, vereiste ingraafdiepte, of andere), kan er een geul gebaggerd worden door middel van een sleephopperzuiger. Het voordeel van deze techniek is dat er gelijktijdig aan het uitgraven van de sleuf ook de eventuele obstructies langsheen het kabeltracé kunnen verwijderd worden tezamen met het baggermateriaal, wat een pre-lay grapnel run overbodig maakt. Van zodra de geul gebaggerd werd, kan de kabel geïnstalleerd worden, en de geul terug opgevuld worden (backfill) met het zand van de uitgravingswerken. Het nadeel van deze techniek is dat de bodembreedte van de sleuf om baggertechnische redenen minimum 5 m bedraagt. Deze optie wordt niet als realistisch beschouwd voor de inter-array bekabeling in voorliggend MER en wordt niet verder besproken in de effectbeoordelingen verder in het MER.

Post-installatie

Na installatie van de parkkabels volgen de nodige controles naar gewenste ingraafdiepte, en het aanbrengen van de kruisings- en beschermingsinfrastructuur waar nodig.

Aansluiting op MOG2

Voor een beschrijving van de aansluiting van de inter-array parkkabels op het MOG2 energie-eiland wordt eveneens verwezen naar § 3.4.4.1.

De parallelle verbindingkabels op 66 kV vanuit ieder kavel in de PEZ komen aan op het nog aan te leggen MOG2 energie-eiland in kavel PE II. In het eiland wordt - onder bevoegdheid van Elia - de geleverde energie, geproduceerd door de PEZ-windparken, opgetransformeerd naar 220 kV voor verder transport landwaarts via export kabels, en injectie in het hoogspanningsnet aan landzijde (outside scope voorliggend MER). Het technische ontwerp (zowel naar elektrische als civieltechnische infrastructuur) van het MOG2 eiland werd beschreven in het MER (IMDC, 2022).

Kruisen van kabels en pijpleidingen

In de nabijheid van de PEZ zijn er meerdere bestaande kabels en pijpleidingen gesitueerd. Binnen het projectgebied PEZ zelf zullen de inter-array parkkabels deze op sommige locaties moeten kruisen (zie § 3.2.2). De te kruisen kabels worden in meer detail besproken in Hoofdstuk 0 Interactie met andere menselijke activiteiten (zie ook Figuur 5-70). Het gaat hier om volgende assets (binnen de PEZ):

- De TAT 14 (I) telecommunicatiekabel – recent buiten gebruik gesteld;
- De PEC telecommunicatiekabel;
- De Concerto 1 South telecommunicatiekabel;
- De Hermes 2 elektriciteitskabel – buiten gebruik.

Het kruisen van kabels gebeurt steeds maximaal onder een hoek van 90° om de overlap tot een minimum te herleiden. Afhankelijk van de lokale condities ter hoogte van de kruisingen, alsook eventueel opgelegde voorwaarden, zullen de kruisingen uitgevoerd worden met matten en/of bestorting met natuurlijke steenmaterialen. De keuze zal mee bepaald worden door de aanwezigheid van kwetsbare type 1 grindbedden in de PEZ (zie eerder). Er wordt bij kruisingsinfrastructuur ook steeds rekening gehouden met de aanbevelingen voor de bescherming van kabels zoals beschreven door het International Cable Protection Committee (ICPC) en de bepalingen van het KB Kabels van 12/03/2002 (zie ook Hoofdstuk 2.1.1).

Voorafgaand aan het installeren van de kruisingsinfrastructuur, dient voor elke kruising met een elektriciteits- of telecomkabel een kruisingsovereenkomst afgesloten te worden met de eigenaar/operator. Hierin kunnen na onderling overleg specifieke eisen en/of (operationele) voorschriften opgelegd worden. Daarnaast worden de rechten en verantwoordelijkheden van de betrokken partijen, alsook de technische details van het ontwerp van de kruising beschreven.

Voor de installatie van de parkkabels wordt de zeebodem ter hoogte van kruisingen met bestaande assets voorbereid, en worden deze laatste indien nodig beschermd met beschermingsmatten of met een steenbestorting ('pre-lay berm'; zie eerder). Nadien worden de parkkabels dan over deze beschermingsmatten of steenlagen heen gelegd. Het injetten of inploegen van de sleuven wordt dan onderbroken tot op een vooraf bepaalde afstand vóór de te kruisen kabel, en hernomen op veilige afstand na de te kruisen kabel. Nadien wordt een steenbestorting/erosiebescherming aangebracht (ca. 10 – 35 m diameter en 1 m dik = ca. 100 – 1.500 m³ per kruising) met behulp van een steenstortschip (al dan niet met valpijpsysteem), of een andere type werkvaartuig uitgerust met de benodigde kranen (vb. multicat; zie § 3.5.3.1). Binnen voorliggend MER wordt voor de oppervlakte voor de steenbestorting per kruising 1.000 m² (10 x 100 m) gehanteerd, analoog aan het uitgangspunt in het MER MOG2 (IMDC, 2022).

3.5.3.5 Transportbewegingen tijdens constructiefase

Voor de bepaling van benodigde transportbewegingen wordt verwezen naar § 4.3.4. Deze zijn voornamelijk van belang voor effectbesprekingen met betrekking tot luchtkwaliteit en emissies, alsook geluid en zeezicht, zoals besproken onder meer in Hoofdstuk 5.2, 5.3 en 5.5.

3.5.4 Exploitatiefase

3.5.4.1 Organisatie: algemeen

De vooropgestelde levensduur van de windparken, van zodra volledig gebouwd en aangesloten op het elektriciteitsnet, bedraagt minimaal 20 jaar. Dit stemt overeen met de duur van de domeinconcessie en de geldigheidsduur van de milieuvergunning.

De toekomstige kandidaat-ontwikkelaar(s) staat in voor de supervisie van de technische werkzaamheden van de windturbineleverancier en van andere dienstverleners, de kwaliteitsbewaking van uitgevoerde werken, het netbeheer, het vermarkten van de geproduceerde elektriciteit en certificaten, het juridisch-financieel-administratieve beheer van de vennootschap, etc.

De exploitatie zal verlopen conform de geldende regelgeving betreffende veiligheid, gezondheid en milieu. Voor de dagelijkse exploitatie van het windpark zal men beroep doen op een centraal controlecenter. Een team van gekwalificeerde technici zal worden belast met preventieve en curatieve onderhoudstaken.

3.5.4.2 Bedrijfszekerheid van de windturbines

De bedrijfszekerheid van de windturbines wordt bepaald door de beschikbaarheid en de bereikbaarheid. Op land is de bedrijfszekerheid van windturbines circa 97 % tot 98 %. Op offshore locaties kan dit lager zijn doordat storingen niet altijd direct verholpen kunnen worden vanwege de lagere bereikbaarheid door:

- De afhankelijkheid van de beschikbare transportmiddelen;
- De relatief lange reistijd;
- De afhankelijkheid van weers- en zeecondities en seizoensinvloeden.

De mogelijke beschikbaarheid van de windturbine op zich kan gemaximaliseerd worden door:

- Een zeer doorgedreven monitoring- en besturingssystemen (SCADA-systeem; zie § 3.4.1);
- De redundante uitvoering van systemen/onderdelen;
- Een uitgekiende planning van de preventieve onderhoudsbeurten.

De bedrijfszekerheid voor de windturbines wordt contractueel vastgelegd door de kandidaat-ontwikkelaar(s) en de producenten.

3.5.4.3 Afstandscontrole en besturing

De PEZ-windparken zullen worden uitgerust met een afstandscontrole- en besturingssysteem (SCADA; zie § 3.4.1). Hiertoe wordt een centrale, geautomatiseerde eenheid voorzien. Deze eenheid zal via een glasvezelverbinding, eventueel geïntegreerd in de transport- of exportkabels, communiceren met een bewakingscentrum aan land. Dezelfde centrale eenheid zal via de glasvezelverbinding in de verbindingkabels tussen de windturbines communiceren met iedere

afzonderlijke windturbine. De afstandsbediening laat het melden van storingen toe, alsook het corrigeren van sommige storingen van op afstand en het monitoren van de nodige werkingsparameters, met het oog op preventief onderhoud.

3.5.4.4 Onderhoud funderingen en windturbines

Voor zowel funderingen als windturbines worden de nodige preventieve maatregelen genomen ter bescherming van de materialen tegen de offshore condities. Dit gebeurt in hoofdzaak door het aanbrengen van de nodige coatings aan de buitenzijde van de funderingspalen en windturbineonderdelen. De bodemerosie rondom de funderingen kan via een continu monitoringsprogramma in de gaten worden gehouden. Voor de windturbines worden een aantal werkingsparameters en statistieken continu gemeten en opgevolgd via het centraal controlesysteem, waardoor eventuele storingen en noodzaak tot onderhoud snel kunnen worden opgespoord.

Naast ad-hoc inspecties en onderhoudsbeurten in geval er zich een probleem voordoet, wordt door de windparkeigenaars een jaarlijkse visuele inspectie (boven de waterlijn) standaard voorzien. Hierbij is het vooral de bedoeling om zichtbare oppervlaktebeschadigingen, deuken, roestvorming, ed. tijdig te identificeren. Ook wordt er tijdens deze visuele inspectie gekeken naar de toestand van reddingsmiddelen en navigatieverlichting. Om kleine routine-herstellingen en onderhoud uit te voeren, is er steeds een beperkte stock aan (kleine) reserveonderdelen voorzien.

Eens om de zoveel jaren wordt naast het deel boven de waterlijn ook het onderwatergedeelte van de funderingen door een ROV geïnspecteerd, om tegemoet te komen aan de opgelegde certificeringseisen, waarbij onder meer wordt gecontroleerd op visuele gebreken, corrosie, en de werking van de bescherming. Ook de invoer van de voedingskabels wordt visueel gecheckt.

Tenslotte wordt ook om de meerdere jaren een groot onderhoud uitgevoerd, waarbij herstel en vernieuwing van het schilderwerk boven de waterlijn is inbegrepen.

Kleiner onderhoud en/of reparaties kunnen doorgaans uitgevoerd worden door middel van onderhoudsschepen welke uit de havens van resp. Oostende of Zeebrugge kunnen uitvaren tot de PEZ-windparken. Echter, voor groter onderhoud kan het wenselijk zijn dat een specifiek type vaartuig – het serviceschip – dat volledig uitgerust is met een kraan en rechtstreeks toegangssysteem tot de windturbine (vb. gecompenseerde loopbrug) enkele weken op zee blijft ter hoogte van het windpark om toe te laten dat onderhoudsteams rechtstreeks vanop het schip de turbines kunnen betreden, en dat materiaal met de kraan op de windturbines kan worden geplaatst.

Voor vervanging van hele grote onderdelen zoals een volledige rotor, gondel, generator, of dergelijke, zal een jack-up of installatievaartuig met hijsinrichting worden ingezet, analoog als tijdens de constructiefase.

3.5.4.5 Onderhoud elektrische installatie

Naast onderhoud van windturbines en funderingen, kan eveneens onderhoud van de elektrische installatie en parkbekabeling nodig zijn. Doorheen de levensduur van de kabels worden regelmatig controle surveys uitgevoerd om de

dekking van de kabels na te gaan. Waar nodig, kunnen gebeurlijk herstelwerkzaamheden noodzakelijk zijn op de parkkabels. Deze dienen idealiter zo snel mogelijk uitgevoerd te worden, om de verliezen naar beschikbaarheid van het windpark zo minimaal mogelijk te houden. Van zodra een kabeldefect geïdentificeerd wordt, zal dit deel van de kabel opengelegd worden en aan het zeeoppervlak gebracht worden, waar deze doorgeknipt wordt, en de kabeldelen terug aan elkaar verbonden worden met een stuk reservekabel en twee moffen. De herstelde kabel wordt nadien terug naar de zeebodem gebracht en ingegraven volgens de technieken die ook tijdens constructiefase werden gebruikt. Afhankelijk van de locatie van het defect, de afstand waarover zich dit voordoet, en de weersomstandigheden kan er ook beslist worden om de volledige kabel te vervangen, in plaats van de bestaande kabel te repareren indien dit meer kostenefficiënt blijkt.

3.5.4.6 Toegang onderhoudspersoneel

Het kan nodig zijn dat technici en ander personeel ten gepaste tijden de windturbine kunnen betreden. Hiervoor wordt er toegang tot de windturbines voorzien met behulp van een onderhoudsschip, of eventueel met behulp van helikopters via het 'top-mounted' platform (bijvoorbeeld bij nood, of bij dringende interventies in slechte weersomstandigheden).

3.5.4.7 Transportbewegingen tijdens exploitatiefase

Alle transportbewegingen die nodig zijn voor bovenstaande secties § 3.5.4.4 - § 3.5.4.6 worden samengeteld binnen voorliggend MER. Eerdere ervaring in de operationele windparken in de Oostelijke energiezone leert dat de onderhoudsfrequentie in de eerste jaren aanzienlijk hoger ligt dan later in de levensduur. Bijna dagelijks moeten er onderhoudstransporten uitgevoerd worden naar de windparken. De contracten en/of onderhandelingen die tijdens de financial close tussen windparkeigenaar(s) en leverancier(s) plaatsvinden, voorzien in de meeste gevallen een inherent onderhoudsaspect als onderdeel van het contract rond het windturbinepakket. Afhankelijk van de beschikbare middelen en logistiek, kan voor dit onderhoud gekozen worden voor een dagelijkse transit naar de haven (tijdens de periode van onderhoud) of het gebruik van een moederschip met kleinere onderhoudsschepen dat maar om de twee weken naar de haven terugkeert.

Het aantal transportbewegingen stemt dus min of meer overeen met het aantal werkbare dagen op zee (dit zijn dagen waarop de significante golfhoogte onder 1,5 m blijft), en dit gedurende de gehele exploitatiefase. Dit komt overeen met ongeveer 255 dagen per jaar, gezien er gedurende 69-73 % van een jaar een significante golfhoogte onder 1,5 m heerst, voor resp. 12 of 24u vensters (bron = Westhinder meetreeks 1990-2012; IMDC, 2013a). Deze aanname blijft ongewijzigd naar hetgeen in het MER voor het laatste Mermaid en Northwester 2 windpark in de Oostelijke energiezone werd aangehouden (IMDC, 2013a), en waarbij het om ca. 46 – 150 windturbines ging, afhankelijk van het beschouwde scenario. Binnen voorliggend MER zal het om een gelijkaardige range aan aantal turbines gaan. Omwille van die reden wordt er in voorliggend MER eveneens uitgegaan van 255 transporten per jaar, per kavel, ongeacht welk kavel. Dus ondanks dat kavel PE I kleiner is en minder WTG zal herbergen dan de andere kavels, zal er toch eenzelfde grootteorde van aantal onderhoudstransporten nodig zijn gedurende de exploitatiefase van 20 jaar.

3.5.5 Ontmantelingsfase

3.5.5.1 Algemeen

Binnen voorliggend MER wordt er voor de ontmantelingsfase uitgegaan van een volledige verwijdering van alle structuren welke tijdens constructiefase werden ingericht. Het gaat hierbij dan zowel over de turbines zelf, de funderingen, de erosiebescherming, alsook de inter-array bekabeling in de drie kavels. Over het algemeen wordt hier omgekeerd te werk gegaan als tijdens de constructiefase, waarbij in eerste instantie de rotor en gondel van de WTG verwijderd worden, waarna de mast in meerdere delen wordt gedemonteerd en afgevoerd. Daarna volgt dan de verwijdering van de funderingen en erosiebescherming, welke afhankelijk van het type fundering op een verschillende werkwijze zal gebeuren. De verwijdering van inter-array bekabeling bestaat uit het verwijderen van eventuele kruisingsbescherming, gevolgd door het uittrekken van de kabels zelf.

Deze manier van ontmanteling is vergelijkbaar aan relatief recente voorbeelden in vb. Deense (Vindeby), Britse (Blyth) en Nederlandse (Lely) wateren in de periode 2016-2019. Binnen het BNZ zijn alle windparken in de Oostelijke energiezone momenteel nog operationeel, zodat er geen Belgisch voorbeeld beschouwd kan worden. Een recent stakeholdertraject rond opties met betrekking tot de ontmanteling van offshore windparken in het BNZ (op initiatief van de Vice-eersteminister en minister van Justitie en Noordzee, Vincent Van Quickenborne) heeft geleid tot een eerste visiedocument hierrond (KBIN, 2023), voor de Oostelijke energiezone en ook met aanbevelingen richting de PEZ. Ook daarin wordt volledige ontmanteling van turbines (incl. mast), fundering, erosiebescherming en bekabeling als optie besproken.

3.5.5.2 Verwijdering turbines

De windturbines zullen worden verwijderd en ontmanteld door de installatie en transport methodologie zoals in § 3.5.3.3 hierboven beschreven in omgekeerde volgorde uit te voeren. De onderdelen die ontmanteld zullen worden zijn: de rotor met de bladen, de gondel inclusief de interne onderdelen, en de mast, met al zijn onderdelen zoals ladders, ed.

Naargelang de noodzaak, zal er voorafgaand al voorbereidend werk gebeuren zoals het verwijderen van losse onderdelen en vloeistoffen (oliën en transformatorvloeistoffen), de installatie en certificatie van hefpunten en het 'hot bolting' van bouten om het verwijderen van bouten te vergemakkelijken.

Het type ingezette vaartuigen bij de ontmanteling van de turbines is gelijkaardig aan hetgeen gebruikt wordt tijdens constructie, daar de afzonderlijke turbineonderdelen terug door middel van hijskranen uit elkaar dienen gehaald te worden, en op installatie- of jack-up vaartuigen naar land dienen getransporteerd te worden. Van daaruit worden, afhankelijk van het afvalbeheersplan en eventuele recyclagemogelijkheden, de afzonderlijke afvalstromen beheerd (zie Externe bijlage 5; Arcadis Belgium NV, 2023b).

3.5.5.3 Verwijdering erosiebescherming

Het verwijderen van erosiebescherming rondom de funderingen houdt in dat de stortstenen dienen verwijderd te worden. Hiervoor dient echter anders te werk worden gegaan dan bij de aanleg, daar stortstenen niet via eenzelfde type steenstortschip kunnen verwijderd worden (zie ook Peritus International Ltd., 2022). Binnen het visiedocument voor ontmanteling van windparken in de Oostelijke energiezone van het BNZ wordt evenwel de optie van hergebruik van de stortstenen mee beschouwd (KBIN, 2023). Binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van volledige verwijdering van de erosiebescherming, waardoor de stenen ofwel via een sleephopperzuiger, of een ander type dredger vaartuij (Peritus International Ltd., 2022) dienen verwijderd te worden. De optie om duikers in te zetten wordt gezien de grootschaligheid van de activiteiten binnen voorliggend MER niet als realistisch beschouwd (cf. Peritus International Ltd., 2022). Algemeen is een graafmachine (type 'backhoe dredger', cf. <https://www.jandenul.com/nl/vloot/Backhoe%20Dredgers>) nodig om de erosiebescherming te verwijderen van de zeebodem, welke doorgaans ingezet kunnen worden tot dieptes van ca. 32 m (Ørsted, 2019; Peritus International Ltd., 2022).

Er bestaan ook meer gespecialiseerde technieken (cf. Rock Removal Tool RRT van Boskalis; https://boskalis.com/media/pgthcmgi/rock_removal_tool.pdf) welke specifiek inzetten op het verplaatsen van steenbestorting in een offshore omgeving. Echter, dit type gereedschap is enkel in staat om materiaal te verplaatsen, niet om dit vanop de zeebodem terug aan boord van een vaartuij te brengen waarna het kan afgevoerd worden.

3.5.5.4 Verwijdering funderingen

Voor de ontmanteling van een jacket of monopile fundering wordt gestart met het doorsnijden van de structuur net boven de zeebodem. Daarna wordt de volledige structuur verscheept met een transportponton naar een recyclage- en verwerkingsbedrijf voor verdere ontmanteling. De steunpalen of monopiles worden uit de zeebodem getrokken eens het bovenliggend zand en de groutspecie verwijderd is. Binnen voorliggend MER wordt aangenomen dat de volledige fundering op die manier uit de bodem wordt gehaald.

Wanneer de monopile of jacket werden geplaatst door middel van het suction bucket principe, kan de fundering eenvoudig en volledig verwijderd worden. Onder druk wordt de gehele draagstructuur dan van de bodem gelicht (§ 3.4.2.4). Eventuele uitschuringsholtes rond de funderingen, zullen binnen enkele dagen na het verwijderen van de poten zich natuurlijk opvullen onder invloed van de heersende hydrodynamiek.

Bij een GBF wordt de fundering leeggemaakt en vrijgemaakt. Vervolgens wordt de fundering ter plaatse op zee gesloopt en worden de onderdelen naar land getransporteerd voor verwijdering en recuperatie.

De afvalverwerking zal worden uitgevoerd in overeenstemming met de relevante wetgeving op dat moment (zie ook Externe bijlage 5 – Afvalbeheersplan; Arcadis Belgium NV, 2023b). Er zal worden geprobeerd om alle verwijderde materialen (staalstructuren, ijzer, koper, etc.) en componenten te hergebruiken, te recyclen of op land te bergen. Tijdens het ontmantelingsproces wordt erop toegezien dat er geen afvalmateriaal op zee wordt gedumpt.

3.5.5.5 Verwijdering bekabeling

In het Koninklijk besluit van 12 maart 2002 betreffende o.m. de regels voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee wordt geen verplichting opgelegd om de mariene kabels te verwijderen. Wel wordt erop gewezen dat de 'definitieve afstand in optimale en veilige omstandigheden en met respect voor het milieu' dient te gebeuren (Art.5-11°).

Echter, gezien de grote hoeveelheid inter-array bekabeling die in de afzonderlijke kabels zal gesitueerd zijn, wordt binnen voorliggend MER de aanname gemaakt dat alle kabels volledig dienen verwijderd te worden bij ontmanteling van de windparken.

3.5.5.6 Transportbewegingen tijdens ontmantelingsfase

De windturbines en toebehoren zullen verwijderd en ontmanteld worden door de installatie- en transport-methodologie zoals hierboven beschreven in omgekeerde volgorde uit te voeren (zie § 3.5.3). Het aantal transportbewegingen zal dus maximaal hetzelfde zijn als tijdens de constructiefase.

4 BESCHRIJVING VAN DE ALTERNATIEVEN

4.1 ALTERNATIEVEN CONFIGURATIE WINDTURBINES EN INTER-ARRAY KABELS

Alle beschouwde alternatieven voor de verdere MER-studie gaan uit van de kavelindeling zoals weergegeven in Figuur 1-1 in Hoofdstuk 1. Binnen voorliggend MER wordt voor de beschrijving van de milieueffecten een bandbreedtebenadering gehanteerd, waarbij effecten worden beschreven voor 2 scenario's (zie ook § 1.1.2). Naar configuraties wordt in de volgende secties een eerste indicatieve configuratie opgemaakt per windpark (en dus kavel) binnen dit MER, om de milieueffecten in te kunnen schatten (zie Figuur 4-1, Figuur 4-2 en Figuur 4-3). Hierbij wordt uitgegaan van het aantal turbines per kavel per scenario, rekening houdend met de ligging van kwetsbare grindbedden inclusief een 500 m bufferzone (voornamelijk type 1; Montereale-Gavazzi et al., 2023a), en de ligging van het MOG2 eiland alsook 2 geplande interconnectoren (zie § 3.2.3), en dit zowel voor WTG als inter-array kabels. Hierdoor is de beschikbare ruimte voor het effectief plaatsen van turbines per kavel kleiner dan de kaveloppervlakte zoals weergegeven in § 1.1.1 (Tabel 1-1). Het is van belang te vermelden dat de configuraties in voorliggend hoofdstuk, zowel naar turbinelocaties als parkbekabeling, niet als vaststaande ontwerpen kunnen beschouwd worden. Verder gedetailleerd design van de PEZ windparken zal door de winnaar(s) van de offshore tender uitgevoerd worden, waarbij het kan zijn dat er in functie van o.a. wake effecten in het zog van de turbines afgeweken wordt van de aanname in voorliggend MER dat de kwetsbare grindbedden (type 1) inclusief hun bufferzone voor de drie kavels gevrijwaard blijven van plaatsing van WTG. Met name buiten Natura 2000 gebied (zie ook verder), kan het zijn dat dicht tot tegen de grindbedden kan gekomen worden in de 500 m bufferzone zonder evenwel met de grindbedden zelf te overlappen.

Verder werd voor het doel van voorliggend MER nog geen rekening gehouden met andere third-party assets (kabels, pijpleidingen) of wrakken aanwezig in de kavels. Uit veiligheid-en opbrengstoverwegingen, wordt vanuit voorafgaande technische analyse voorgesteld om minimaal een afstand tussen de individuele turbines van 4 keer de rotordiameter te hanteren, ook naar analogie met wat uit de voorbereidende LCOE³³ studie komt (3E, 2021), uitgevoerd in opdracht van de FOD Economie. Ten slotte wordt ook rekening gehouden met een marge van 1 extra turbine per kavel voor eventuele 'overplanting', of m.a.w. tot + 22 MW bovenop de bovengrens van het vermogen per kavel (ondergrens blijft behouden).

Door de twee scenario's per kavel/windpark te bespreken, wordt zowel de optie met het maximaal aantal WTG's (scenario 1 = configuratie 1), en de optie met maximaal geïnstalleerd totaal vermogen of minimaal aantal mogelijke WTG's met maximale rotordiameter (scenario 2 = configuratie 2) weergegeven. In beide scenario's wordt enkel een 66 kV inter-array kabelconfiguratie beschouwd, met 90 MW parkkabels rechtstreeks aangesloten op MOG2 (zie § 1.1.2 en § 3.5.3.4).

³³ levelised cost of electricity

Samenvattend wordt voor de drie kavel lay-outs rekening gehouden met een vermogensrange van 12 MW tot +20 MW per turbine, en zullen twee typevoorbeelden turbines (12/13 MW en 22 MW) uitgewerkt worden in het MER.

Tabel 4-1 – Overzicht van de scenario's per kavel/windpark, met een aantal parameters van belang in de verdere hoofdstukken van voorliggend MER

Scenario	Individuele vermogens-range	Max. # WTG op basis van range	Rotor-diameter	Minimale tiphoogte	Maximale tiphoogte
PE I – 700 MW					
Scenario 1	12-13 MW	54	220 m	25 m	245 m
Scenario 2	+20-22 MW	32-35	300 m	25 m	350 m
PE II – 1225-1400 MW					
Scenario 1	12-13 MW	107	220 m	25 m	245 m
Scenario 2	+20-22 MW	64-65	300 m	25 m	350 m
PE III – 1225-1400 MW					
Scenario 1	12-13 MW	108-117	220 m	25 m	245 m
Scenario 2	+20-22 MW	64-69	300 m	25 m	350 m

De voorgestelde bandbreedtebenadering laat toe dat de uiteindelijke afmetingen van de gekozen turbines kunnen worden gekozen binnen deze beschreven ranges en types, dus 12 - +20 MW, voor zo ver de dimensies in Tabel 4-1 niet overschreden worden. De voorgestelde scenario's benaderen immers steeds de worst-case voor een bepaald effect (naar maximum aantal, of maximale dimensies), en dekken op die manier ook situaties af met kleinere of minder aantal turbines af, en dus kleinere milieueffecten.

4.1.1 Kavel 1: windpark PE I

Onderstaande Figuur 4-1 geeft de configuraties voor scenario 1 en 2 binnen kavel PE I weer. Hier gaat het om 54 WTG's van 12/13 MW bij scenario 1 en 32 WTG's van 22 MW bij scenario 2. In beide scenario's worden de individuele turbines verbonden met elkaar en MOG2 op 66 kV inter-array kabels. Als tussenliggende afstand tussen 2 turbines wordt 4 keer de rotordiameter (D) gehanteerd, wat neerkomt op 880 m in scenario 1 en 1.200 m in scenario 2. In beide scenario's worden de type 1 grindbedden in het kavel, inclusief hun bufferzone van 500 m volledig gevrijwaard van WTG's. De doelstelling omtrent totaal vooropgesteld vermogen voor dit kavel komt hierbij niet in het gedrang.

De totale lengte van de conceptuele intekening van inter-array kabels (die rechtstreeks op het MOG2 eiland aangesloten worden), bedraagt ongeveer 145 km binnen dit kavel, met verwaarloosbare verschillen tussen beide scenario's (scenario 2 heeft weliswaar minder turbines, maar van een hoger individueel vermogen, waardoor er minder op één inter-arraykabel kunnen aangesloten worden, en er meer kabels nodig zijn – geldt ook voor volgende kavels). Als tussenafstand tussen de individuele parkkabels wordt 50 m aangehouden, voor zo ver mogelijk. Bij convergentie richting het MOG2 eiland, en rekening houdende met de toekomstige kabels die zich in de aanloopcorridor richting MOG2 zullen bevinden, kan deze tussenafstand echter niet aangehouden worden (en dit voor beide scenario's). Ook werd er bij het intekenen

van de indicatieve parkbekabeling op meerdere plaatsen een doorkruising van de 500 m bufferzone rondom de type 1 grindbedden gemaakt. De grindbedden zelf worden wel volledig gevrijwaard, en het aantal doorkruising van de bufferzone wordt tot een minimum gehouden.



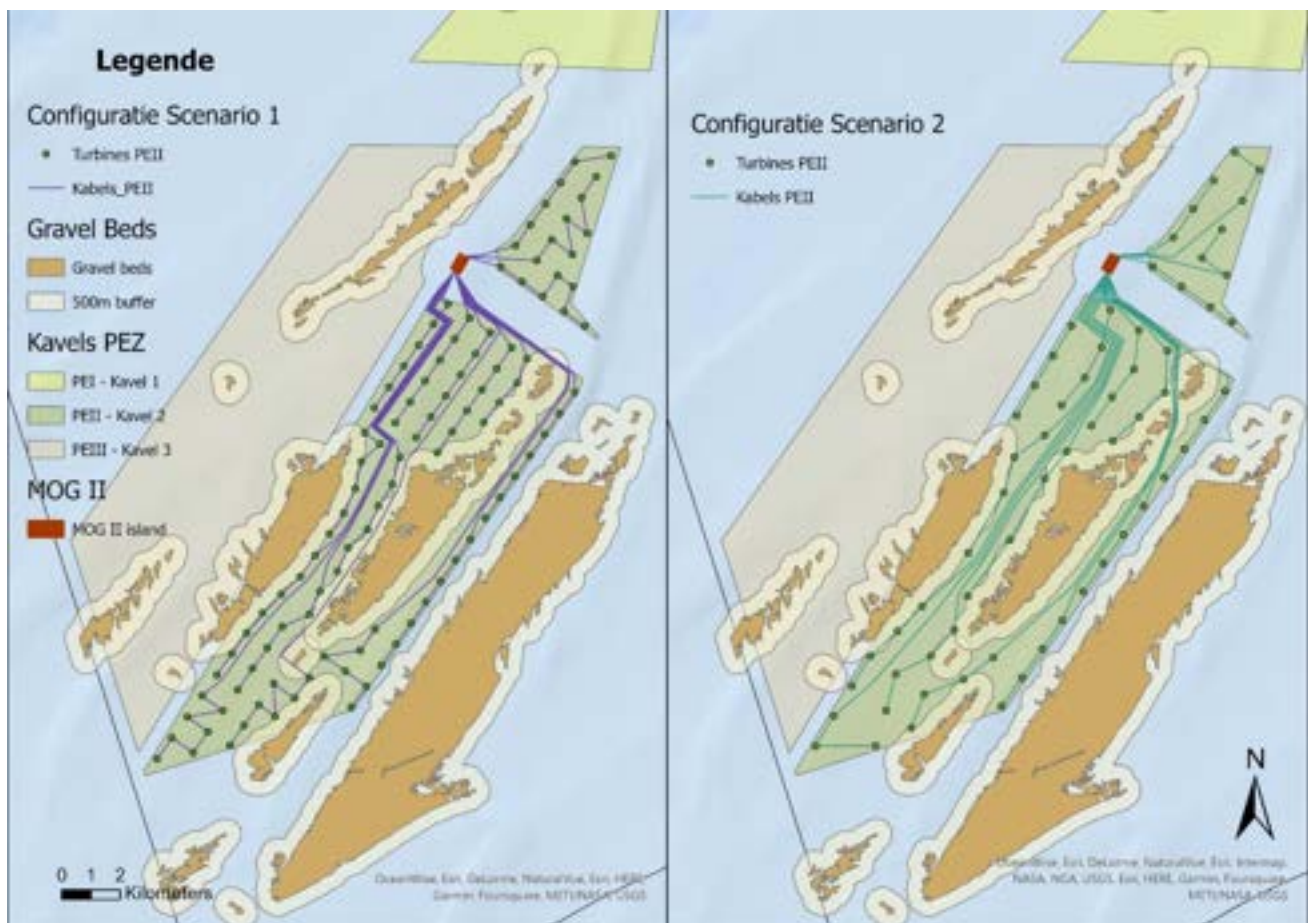
Figuur 4-1 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE I. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden op basis van de laatste detailkarteringen (Monteale-Gavazzi et al., 2023a) in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

4.1.2 Kavel 2: windpark PE II

Onderstaande Figuur 4-2 geeft de configuraties voor scenario 1 en 2 binnen kavel PE II weer. Hier gaat het om 107 WTG's van 12/13 MW bij scenario 1 en 64 WTG's van 22 MW bij scenario 2. In beide scenario's worden de individuele turbines verbonden met elkaar en MOG2 op 66 kV inter-array kabels. Als tussenliggende afstand tussen 2 turbines wordt 4 keer de rotordiameter (D) gehanteerd, wat neerkomt op 880 m in scenario 1 en 1.200 m in scenario 2. In beide scenario's worden de type 1 grindbedden in het kavel, inclusief hun bufferzone van 500 m volledig gevrijwaard van WTG's. De doelstelling omtrent totaal vooropgesteld vermogen voor dit kavel komt hierbij niet in het gedrang.

De totale lengte van de conceptuele intekening van inter-array kabels (die rechtstreeks op het MOG2 eiland aangesloten worden), bedraagt ongeveer 210 km binnen dit kavel, met verwaarloosbare verschillen tussen beide scenario's. Als tussenafstand tussen de individuele parkkabels wordt 50 m aangehouden, voor zo ver mogelijk. Bij convergentie richting

het MOG2 eiland, en rekening houdende met de toekomstige kabels die zich in de aanloopcorridor richting MOG2 zullen bevinden, kan deze tussenafstand echter niet aangehouden worden (en dit voor beide scenario's). Ook werd er bij het intekenen van de indicatieve parkbekabeling op meerdere plaatsen een doorkruising van de 500 m bufferzone rondom de type 1 grindbedden gemaakt. De grindbedden zelf worden wel volledig gevrijwaard, en het aantal doorkruising van de bufferzone wordt tot een minimum gehouden.



Figuur 4-2 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden op basis van de laatste detailkarteringen (Monteale-Gavazzi et al., 2023a) in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

4.1.3 Kavel 3: windpark PE III

Onderstaande Figuur 4-3 geeft de configuraties voor scenario 1 en 2 binnen kavel PE III weer. Hier gaat het om 117 WTG's van 12/13 MW bij scenario 1 en 64 WTG's van 22 MW bij scenario 2. In beide scenario's worden de individuele turbines verbonden met elkaar en MOG2 op 66 kV inter-array kabels. Als tussenliggende afstand tussen 2 turbines wordt 4 keer de rotordiameter (D) gehanteerd, wat neerkomt op 880 m in scenario 1 en 1.200 m in scenario 2. In beide scenario's worden de type 1 grindbedden in het kavel, inclusief hun bufferzone van 500 m volledig gevrijwaard van WTG's. De doelstelling omtrent totaal vooropgesteld vermogen voor dit kavel komt hierbij niet in het gedrang.

De totale lengte van de conceptuele intekening van inter-array kabels (die rechtstreeks op het MOG2 eiland aangesloten worden), bedraagt ongeveer 265 km binnen dit kavel. Als tussenafstand tussen de individuele parkkabels wordt 50 m aangehouden, voor zo ver mogelijk. Bij convergentie richting het MOG2 eiland, en rekening houdende met de toekomstige kabels die zich in de aanloopcorridor richting MOG2 zullen bevinden, kan deze tussenafstand echter niet aangehouden worden (en dit voor beide scenario's). Ook werd er bij het intekenen van de indicatieve parkbekabeling op meerdere plaatsen een doorkruising van de 500 m bufferzone rondom de type 1 grindbedden gemaakt. De grindbedden zelf worden wel volledig gevrijwaard, en het aantal doorkruising van de bufferzone wordt tot een minimum gehouden.



Figuur 4-3 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden op basis van de laatste detailkarteringen (Monteale-Gavazzi et al., 2023a) in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

4.2 ALTERNATIEVEN INTER-ARRAY KABELS

Inter-array bekabeling betreft de onderlinge verbinding van de afzonderlijke turbines in een windpark, en de aansluiting daarvan op een offshore substation. In het geval van PEZ zullen alle inter-array kabels rechtstreeks aansluiten op het MOG2 eiland van netwerkbeheerder Elia tussen kavels PE II en PE III.

4.2.1 MOG2

Binnen voorliggend MER wordt er slechts één alternatief naar locatie van het MOG2 eiland beschouwd, namelijk locatiealternatief West 1 uit het MER voor MOG2 (IMDC, 2022). De coördinaten van het centrale punt van dit MOG2 eiland zijn hieronder overgenomen uit het MER (IMDC, 2022).

Locatie	UTM31N-WGS84 Easting (m)	UTM31N-WGS84 Northing (m)
West 1	465.168,00 E	5.708.697,00 N

4.2.2 Spanningsniveau inter-array kabels

Binnen voorliggend MER wordt er uitgegaan van één mogelijk spanningsniveau voor de inter-array kabels, namelijk 66 kV. Dit spanningsniveau werd vastgelegd door onder meer het Federaal Ontwikkelingsplan 2024 – 2034 (Elia, 2023) van netwerkbeheerder Elia die ook het MOG2 eiland zal beheren. Het uitgangspunt van 66 kV kabels voor voorliggend MER is de worst-case situatie naar aantal benodigde parkkabels en daaraan gelinkte milieueffecten. Een eventueel hoger spanningsniveau (vb. 132 kV/kabel) dat ter ontwikkeling komt in de komende 5-10 jaar, zou toelaten om meer turbines op éénzelfde kabel te verbinden, wat zou resulteren in een lager aantal parkkabels en dus ook totale kabellengte.

De windturbines worden in groepen van 4-7 turbines (afhankelijk van het individueel vermogen per turbine; zie eerder) verbonden op een 66 kV parkkabel of string, overeenstemmend met 90 MW totaal vermogen per string. De vooropgestelde ingraafdiepte van inter-arraykabels betreft minimaal ca. 1 m onder de zeebodem.

Bij het uitwerken van een indicatieve configuratie voor de 3 kavels inclusief de inter-array kabels (zie § 4.1) is zoveel mogelijk rekening gehouden met volgende:

- Keuze voor de kortste route tot MOG2, om de totale lengte aan benodigde kabel zo klein mogelijk te houden;
- Ontwijken waar mogelijk van kwetsbare grindbedden (type 1) (zie ook § 3.2.3 en Figuur 3-2);
- Zo min mogelijk kruisen van parkkabels onderling (in de mate van het mogelijke);
- Ontwijken van de export-kabels vanaf het MOG2 eiland richting land, welke de volledige zuidoostelijke corridor (zie Figuur 3-1) zullen innemen, waardoor er geen inter-array kabels in deze corridor kunnen lopen;
- Maximaal rekening houden met de in de noordoostelijke aanloopcorridor richting MOG2 geplande interconnectoren (Nautilus en Triton Link) op basis van eerste intekeningen en een veiligheidsafstand van 250 m.

Binnen de PEZ wordt tussen alle inter-array kabels, gezien hun relatief groot aantal, een tussenafstand van 50 m gerespecteerd, om de beschikbare ruimte voor de inplanting van windturbines te maximaliseren en gezien binnen deze zone het risico op beschadiging van de kabels lager ingeschat wordt (gezien het verbod op reguliere scheepvaart binnen de PEZ).

4.2.3 Begravingstechnieken inter-array kabels

Voor het ingraven van inter-array kabels binnen de drie PEZ kavels, die de verschillende turbines onderling met elkaar en met het MOG2 eiland zullen verbinden, zijn er meerdere begravingstechnieken mogelijk. In voorliggend MER worden als alternatieve begravingstechnieken jetting en ploegen beschouwd, op basis van wat in de Oostelijke energiezone gebruikt werd en wat tijdens het voorafgaand marktonderzoek bevestigd werd als Best Beschikbare Techniek (BBT). De gebruikte methode en het materieel hangen af van de lokale bodemgesteldheid, het bodemtype en de specifieke condities (vb. in vaargeul, grindbed, etc.) binnen de voorziene kabeltracés. Binnen voorliggend MER wordt een aanname gehanteerd dat er in 87 % van het projectgebied zandduinen aanwezig zijn (zie eerder), welke voorafgaand nivelleren van de zeebodem vereisen. Daarnaast wordt er voor het ingraven van de kabels in 80 % van het projectgebied uitgegaan van ploegen als gehanteerde techniek, en in de overige 20 % van jetten. Voor beide technieken wordt een standaard sleuf van 1,5 m diep en 0,5 m breed vooropgesteld. Echter, waar er zandduinen vooraf genivelleerd werden, wordt een diepte van 2,75 m aangenomen (1 meter extra + 25 cm marge), zodat de kabel onder het mobiele pakket sedimenten terechtkomt en begraven blijft als er opnieuw zandgolven gevormd worden (zie ook Externe bijlage 1 “Numerieke pluimmodellering”, Arcadis Nederland B.V., 2023).

Voor meer details omtrent de types begravingstechniek wordt verwezen naar § 3.5.3.4 van voorliggend MER. Kruisingen met bestaande pijpleidingen, elektriciteits- en telecomkabels zullen worden uitgevoerd conform de beschrijving in § 3.5.3.4.

4.3 ALTERNATIEVEN NAAR UITVOERING

4.3.1 Type turbine

Binnen voorliggend MER PEZ wordt gewerkt op basis van een bandbreedtebenadering, waarbij voor de beschrijving van de milieueffecten 2 typevoorbeelden zijn geselecteerd die garant staan voor de volledige range naar individueel vermogen van de turbines (range 12 tot +20 MW; zie Tabel 4-2). In scenario 1 is het typevoorbeeld de GE Haliade-X van 12/13 MW. In scenario 2 is er geen bestaand typevoorbeeld, maar wordt op basis van extrapolatie van dimensies geopteerd om een turbine van 22 MW te hanteren.

Tabel 4-2 – Overzicht van de belangrijkste parameters naar uitvoering, gelinkt aan het typevoorbeeld voor de milieueffectbeschrijving binnen het MER

Uitvoering	12/13 MW	22 MW
Type turbine	GE Haliade-X	Onbekend
Individueel vermogen (MW)	12/13 MW	22 MW
Rotordiameter (m)	220	300
Diameter mast op de zeebodem (m), bij keuze MP	9	15
Maximale tiphoogte (m)	245	350
Minimale tiphoogte (m)	25	25
Tussenafstand turbines (m)	880	1.200

4.3.2 Type fundering

Hoewel vanuit de voorafgaande technische analyse de monopile (MP) en jacket fundering (JF) duidelijk als ‘business as usual’ worden beschouwd, wordt geopteerd om de range van funderingstypes (zie § 3.4.2) zo breed mogelijk te houden voor voorliggend MER. De kans bestaat namelijk dat er zich technische beperkingen voordoen zowel in functie van de grootte van de turbines als in functie van de bodemgesteldheid, die de keuze voor bijvoorbeeld een gravitaire fundering (GBF) noodzaken. Voor de uitgebaggerde sedimenten voor de funderingen wordt binnen voorliggend MER uitgegaan van tijdelijke stockageplaatsen binnen de kavels welke te bepalen zijn op moment van uitvoering. In de numerieke pluimmodellering (Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023) werden echter al twee indicatieve stortplaatsen ingetekend in kavels PE II en PE III (Figuur 5-16 verder in dit MER), om te kunnen bepalen wat het effect van stockage van de fijne fractie op de pluimvorming en sedimentatie zou zijn. Deze stortplaatsen werden zo ingetekend dat deze niet overlappen met en ook niet bovenstrooms gelegen zijn van de grindbedden en omringende bufferzones van 500 m in de PEZ.

Waar mogelijk zal op basis van voorafgaande technische analyse de monopile fundering de voorkeur krijgen in het BNZ omwille van de relatief eenvoudige constructie, en geschiktheid voor een niet-vlakke bathymetrie. Binnen voorliggend MER wordt echter voor alle turbinelocaties uitgegaan van statische erosiebescherming, waardoor er hoe dan ook nood zal zijn aan voorafgaand nivelleren, resulterende in een vlakke bathymetrie. Voor monopiles is het ook noodzakelijk dat heien over een voldoende grote diepte mogelijk is in functie van het bodemprofiel. Daarnaast vraagt het inheien zeker bij grotere turbines de nodige tijd, naast geluidsoverlast bij heiwerkzaamheden (zie verder in dit MER, bij de effectbesprekingen).

Voor de grootste WTG (+20 – 22 MW) in scenario 2 is de haalbaarheid van monopiles onzekerder, en moeten zeker ook alternatieve opties zoals JF en GBF mee beschouwd worden. Echter, omwille van verschil in kostprijs, lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat een GBF fundering wordt toegepast voor alle WTG's binnen een windpark, en wordt rekening gehouden met een percentage van 10 % GBF ten opzichte van 90 % MP en/of JF binnen de scenario's (in geval een combinatie van funderingen de worst-case blijkt; zie afzonderlijke effectbeoordelingen en externe bijlagen). Daarbovenop wordt omwille van gelijkaardige onzekerheden ook het suction bucket (SB) principe als alternatief voor het inheien bij monopile en jacket funderingen beschouwd. Echter, de aanname is ook hier dat dit SB principe in een beperkter aantal van de totale funderingen per kavel zal ingezet worden, omwille van de gecompliceerdere uitvoering, welke minder standaard in gebruik is momenteel (zie eerder). Net als voor GBF wordt uitgegaan van een percentage van 10 % SB om bepaalde milieueffecten te kunnen beoordelen. Dit percentage kan echter naar boven of beneden bijgesteld worden in geval kandidaat-ontwikkelaar(s) dit bij de start van de werkzaamheden nodig achten.

Samenvattend, worden binnen voorliggend MER de drie funderingsopties (MP, JF, GBF) alsook het inzetten van SB als alternatief voor het heien van MP en JF opgehouden voor zowel scenario 1 als scenario 2. Milieueffecten zullen worden besproken per turbine en per type fundering (waar relevant). Voor de milieueffecten per windpark (scenario 1 en 2) zullen milieueffecten besproken worden voor de situatie waarbij alle turbines binnen het scenario eenzelfde funderingstype

hebben, tenzij anders vermeld (cf. percentages hierboven voor GBF en SB). In werkelijkheid kan – mede onder invloed van lokale bodemgesteldheid – ook een combinatie van verschillende funderingstechnieken mogelijk zijn binnen de kavels, ook in functie van wenselijkheid van de toekomstige kandidaat-ontwikkelaar(s). De bandbreedtebenadering en het openhouden van de funderingsopties moet ervoor zorgen dat de uiteindelijke keuze niet gehypothekeerd wordt. De aannames die in voorliggend MER gemaakt worden, dienen louter ter illustratie van de grootteorde van bepaalde effecten.

Een overzicht van de voornaamste dimensies en parameters voor de verschillende funderingstypes gehanteerd in voorliggend MER wordt gegeven in Tabel 4-3 hieronder. Merk op dat suction buckets niet als dusdanig vermeld worden in deze tabel, gezien het hierbij een alternatieve uitvoeringsmethode betreft. Naar dimensies kan er voor een SB echter uitgegaan worden van deze voor GBF.

Tabel 4-3 – Overzicht van de verschillende funderingen en bijhorende erosiebescherming gehanteerd in de scenario's van voorliggend MER. De weergegeven cijfers betreffen steeds één afzonderlijke fundering + bijhorende erosiebescherming

Scenario + typevoorbeeld	Funderingstype	diameter fundering (m)	diameter erosie-bescherming (m)	oppervlakte fundering (m ²)	oppervlakte fundering + erosie-bescherming (m ²)
Scenario 1 (12/13 MW)	100 % MP statisch	9 x 1 = 9	5 x paaldiameter = 45	ca. 64	ca. 1.590
	100 % JF statisch	3,5 x 4 = 14	5 x paaldiameter = 70	ca. 154	ca. 3.848
	10 % GBF statisch	40 x 1 = 40	3 x paaldiameter = 120	ca. 1.257	ca. 11.310
Scenario 2 (22 MW)	100 % MP statisch	15 x 1 = 15	5 x paaldiameter = 75	ca. 177	ca. 4.418
	100 % JF statisch	4,5 x 4 = 18	5 x paaldiameter = 90	ca. 254	ca. 6.362
	10 % GBF statisch	50 x 1 = 50	3 x paaldiameter = 150	ca. 1.963	ca. 17.671

4.3.3 Erosiebescherming

Voor de 3 types fundering (MP, JF, GBF) en de alternatieve verankering via SB wordt statische erosiebescherming besproken naar milieueffecten, conform de beschrijving in § 3.4.3 en § 3.5.3.2. Een overzicht van de voornaamste dimensies en parameters voor de verschillende funderingen en hun erosiebescherming in beide scenario's van voorliggend MER is te vinden in Tabel 4-3 hierboven.

4.3.4 Transportbewegingen

Op basis van voorliggende alternatieven is een eerste inschatting gebeurd van het aantal transportbewegingen tijdens de constructie-, exploitatie- en ontmantelingsfase van de PEZ-windparken, die als basis worden meegenomen voor de effectbeoordeling (zie Tabel 4-9) en in de LCA studie (Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a). Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen transportbewegingen ter voorbereiding van de offshore bouwlocatie, voor de aan/afvoer van windparkonderdelen (funderingen, transitiestukken, erosiebescherming, windturbines), en voor de aanleg/verwijdering van kabels en voor personeel.

Elke transportbeweging bevat zowel de heen- als terugvaart, dus de dubbele afstand kust-projectgebied. Het aantal bewegingen wordt berekend op basis van het aantal windturbines per configuratie en de rechtstreekse aansluiting op het MOG2 energie-eiland per configuratie.

De keuze om eventueel gebruik te maken van het suction bucket principe heeft geen effect op het aantal transportbewegingen bij de voorbereiding, aanvoer van onderdelen of aanbrengen van erosiebescherming, daar dit principe enkel als alternatief voor het inheien of intrillen bij monopile en jacket gezien wordt, en dus alle andere uitvoeringsactiviteiten hetzelfde blijven.

Voor voorliggend MER wordt ook uitgegaan dat de turbine onderdelen geproduceerd worden in Europa, en getransporteerd worden vanuit een Europese uitvalshaven, met name Oostende. Voor de turbine-onderdelen wordt uitgegaan van productie in Denemarken of Noord-Duitsland, voor de funderingen wordt Hoboken (België) vooropgesteld als productiesite.

4.3.4.1 Algemene aannames

Bij het bepalen van het aantal scheepsbewegingen per fase van voorliggend project, worden een aantal algemene uitgangspunten gehanteerd, welke hieronder worden opgelijst.

- Onder één scheepsbeweging wordt zowel de trip vanuit de haven naar de offshore locatie, als de omgekeerde trip beschouwd;
- De tijdsduur van de scheepsbewegingen is de effectieve vaartijd en tijd om de infrastructuur te installeren. Laden en lossen is in principe niet in detail bepaald (tenzij specifiek beschreven); de uitstoot tijdens het laden bedraagt slechts 10 % van de uitstoot tijdens het varen, en slechts 5 % als het schip ligt te wachten.
- Er wordt uitgegaan van een activiteitsduur van 24 uur in één dag, tenzij anders vermeld;
- Voor onderhoud en inspectie wordt gewerkt met een gemiddeld aantal scheepsbewegingen per jaar, daar de intensiteit en frequentie van dit type activiteiten sterk kan schommelen doorheen de exploitatiefase (zie ook eerder);
- Voor diverse types van materiaal wordt het benodigde volume voor de bouw van de windparken in de kavels PEZ uitgedrukt in m³ volume. Deze werd omgezet naar tonnages rekening houdend met onderstaande conversiefactoren (om benodigde scheepscapaciteit te kunnen bepalen):

- Graniet gesteente: 2,7 (alle gesteente verondersteld graniet, op uitzondering van kwartsiet dat specifiek benoemd wordt);
- Grind: 2,7 (=verondersteld als graniet);
- Kwartsiet gesteente: 2,6;
- Versterkt beton met 1,5% staal: 2,4;
- Voor kabels wordt volgend gewicht per lopende meter aangenomen: 36 kg/m voor de AC inter-array kabels (zie § 3.4.4.1).

4.3.4.2 Voorbereidende werken

Bijkomend locatiespecifiek geofysisch/geotechnisch onderzoek vanuit de kandidaat-ontwikkelaar(s) (zie eerder) zal gepaard gaan met de nodige scheepsbewegingen, welke afhankelijk zullen zijn van de bestudeerde locaties, afstand tot de uitvalsbasis en ingezette technieken. Daar het niet mogelijk is om deze scheepsbewegingen in detail te begroten in voorliggend MER, zullen deze niet meegenomen worden in onderstaande berekeningen waarbij de focus op de pre-sweeping en nivellering van de zeebodem voorafgaand aan het installeren van funderingen en parkbekabeling ligt.

Op basis van huidige kennis omtrent de ondergrond in het projectgebied en de voorafgaande geologische desk studie (Fugro, 2022) worden er binnen de PEZ over een groot deel van het zeebodemoppervlak zandgolven aangetroffen die tussen 1 en 4 m hoog kunnen zijn, en zelfs lokaal nog hoger tot ca. 6 – 10 m (zie verder onder § 5.1.2.2; GEOxyz/G-tec, 2023). Als aanname binnen voorliggend MER wordt er uitgegaan van ca. 87 % van de projectlocatie waar zandduinen aanwezig zullen zijn, en waar het prenivelleren van de zeebodem voorafgaand aan installatie van monopile of jacket funderingen met statische erosiebescherming, alsook parkkabels, noodzakelijk zal zijn. Voor gravitaire funderingen gaat het om 100 % van de locatie, maar binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van maximaal 10 % GBF uitvoering (worst-case scenario). De voorbereidende werken worden uitgevoerd met een baggerschip (zie §3.5.3) voor het nivelleren, en een stortschip voor het plaatsen van funderingsbed bij GBF of filterlaag erosiebescherming bij statische monopile/jacket. Als aanname wordt er, analoog als tijdens het MER voor Mermaid (IMDC, 2013a), uitgegaan van een capaciteit van voorbereidende werken voor 3 funderingen per schip tijdens 1 transport, vooraleer er moet teruggekeerd worden naar de haven. Dit resulteert in onderstaande Tabel 4-4.

Tabel 4-4 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de voorbereidende werken in het geval van statische MP en JF, en GBF per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. Voor GBF wordt er uitgegaan van een scenario met 10 % GBF en 90 % JF statisch

Scenario	Type turbine	Aantal turbines	Funderings-type	Aantal transporten
PE I – 700 MW				
Scenario 1	12 MW	54	MP statisch	29
			JF statisch	29
			GBF (10%)	30
Scenario 2	22 MW	32	MP statisch	17
			JF statisch	17

Scenario	Type turbine	Aantal turbines	Funderings-type	Aantal transporten
			GBF (10%)	18
PE II – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	107	MP statisch	57
			JF statisch	57
			GBF (10%)	58
Scenario 2	22 MW	64	MP statisch	34
			JF statisch	34
			GBF (10%)	35
PE III – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	117	MP statisch	62
			JF statisch	62
			GBF (10%)	64
Scenario 2	22 MW	64	MP statisch	34
			JF statisch	34
			GBF (10%)	35

4.3.4.3 Aanvoer funderingen en transitiestukken

Voor de aanvoer van de funderingen voor de turbines naar de offshore bouwlocatie wordt gebruik gemaakt van een barge of jack-up, waarbij een aantal funderingen worden aangeleverd per transport. Het aantal is zeer sterk afhankelijk van enerzijds de dimensies van de funderingsonderdelen en anderzijds van de dimensies van het transportmiddel. De nieuwste generatie jack-ups (vb. Innovation van DEME; zie ook § 3.5.3.1) kunnen 4-6 monopiles vervoeren, waarbij we in voorliggend MER uitgaan van een worst-case situatie van 4 MP of JF per transport, zeker ook gezien de trend naar groter wordende turbines en dito funderingen. Daarbovenop beschouwen we in het aantal transportbewegingen ook de afzonderlijke aanvoer van transitiestukken voor de monopiles (hoewel deze afhankelijk van de gekozen fundering niet meer altijd nodig zijn) in een worst-case situatie, waardoor er bijkomend nog scheepsbewegingen bijkomen van eenzelfde grootteorde als de aanvoer van de funderingen zelf, nl. 4 transitiestukken per transport met een barge of jack-up vessel. Indien er voor deze laatste gebruik gemaakt wordt van een groter installatieschip welke mogelijk tot 10 transitiestukken kan vervoeren per transport (zie ook § 3.5.3.1), zal het aantal scheepsbewegingen voor het scenario met MP funderingen uiteraard lager liggen dan vermeld in onderstaande tabel.

Daar gravitaire funderingen grotere dimensies hebben dan MP of JF, voorzien we voor de aanvoer van dit type fundering 1 transport per GBF. In voorliggend MER beschouwen we echter 10 % GBF per kavel en per scenario, waardoor er in de bepaling van de benodigde scheepstransporten in Tabel 4-5 wordt uitgegaan van het scenario met 10 % GBF + 90 % JF. Wederom geldt dit als een worst-case situatie, daar gravitaire funderingen waar mogelijk ook eventueel drijvend kunnen aangevoerd worden.

Een overzicht van het resulterend geraamd aantal transportbewegingen per scenario en kavel wordt weergegeven in Tabel 4-5. Hierbij wordt tevens uitgegaan van de aanname dat de funderingen zullen aangevoerd worden vanaf de plaats van hun fabricage. Dit kan een ingerichte site zijn langs de Belgische kust of een bestaande site in één van de buurlanden bv. Frankrijk. Binnen voorliggend MER wordt er voor funderingen uitgegaan van Oostende als uitvalsbasis, en Hoboken als productiesite voor de funderingen.

Tabel 4-5 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de aanvoer van funderingen en transitiestukken (in het geval van MP) per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. Voor GBF wordt er uitgegaan van een scenario met 10 % GBF en 90 % JF

Scenario	Type turbine	Aantal turbines	Funderings-type	Aantal transporten
PE I – 700 MW				
Scenario 1	12 MW	54	MP statisch	27
			JF statisch	14
			GBF (10%) statisch	18
Scenario 2	22 MW	32	MP statisch	16
			JF statisch	8
			GBF (10%) statisch	11
PE II – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	107	MP statisch	54
			JF statisch	27
			GBF (10%) statisch	35
Scenario 2	22 MW	64	MP statisch	32
			JF statisch	16
			GBF (10%) statisch	21
PE III – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	117	MP statisch	60
			JF statisch	30
			GBF (10%) statisch	39
Scenario 2	22 MW	64	MP statisch	32
			JF statisch	16
			GBF (10%) statisch	21

4.3.4.4 Aanvoer erosiebescherming

In voorliggend MER wordt er voor alle funderingstypes voorzien om een erosiebescherming aan te leggen welke statisch (MP, JF, GBF) of dynamisch (MP, JF) kan zijn. Dit gebeurt met behulp van één steenstortschip (zie ook § 3.5.3). Er wordt uitgegaan van de aanvoer en aanleg van erosiebescherming van drie funderingen vooraleer het schip moet terugkeren naar de haven. In het geval van statische MP of JF werd de filterlaag al aangelegd tijdens de voorbereidende werkzaamheden (zie § 4.3.4.2), waardoor hieronder in Tabel 4-6 enkel nog de armour laag beschouwd wordt. Voor dynamische erosiebescherming bij MP of JF gaat het om beide lagen nog te voorzien door het steenstortschip. Idem voor statische erosiebescherming in het geval van GBF.

In het geval van gravitaire funderingen zijn er bovenop de erosiebescherming zelf ook nog bijkomende activiteiten zoals het opvullen met ballast en backfill nodig, waardoor extra transporten worden voorzien (cf. IMDC, 2013a). Hiervoor geldt eenzelfde aanname als voor de erosiebescherming, namelijk dat drie funderingen kunnen gevuld worden tijdens één transport.

Een overzicht van alle scheepsbewegingen die hiervoor nodig zijn, voor de verschillende kavels en scenario's, wordt hieronder opgelijst in Tabel 4-6.

Tabel 4-6 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de aanvoer van erosiebescherming en eventueel extra opvullen (in het geval van GBF) per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. Voor GBF wordt er uitgegaan van een scenario met 10 % GBF en 90 % JF

Scenario	Type turbine	Aantal turbines	Funderings-type	Aantal transporten
PE I – 700 MW				
Scenario 1	12 MW	54	MP statisch	18
			JF statisch	18
			GBF (10%) statisch	20
Scenario 2	22 MW	32	MP statisch	11
			JF statisch	11
			GBF (10%) statisch	12
PE II – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	107	MP statisch	36
			JF statisch	36
			GBF (10%) statisch	39
Scenario 2	22 MW	64	MP statisch	21
			JF statisch	21
			GBF (10%) statisch	24
PE III – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	117	MP statisch	39
			JF statisch	39
			GBF (10%) statisch	43
Scenario 2	22 MW	64	MP statisch	21
			JF statisch	21
			GBF (10%) statisch	24

4.3.4.5 Aanvoer windturbine-onderdelen

De windturbines worden ofwel in onderdelen (turbinegondel, toren, rotorbladen) naar de site vervoerd met een (gesleept) jack-up ponton en ter plaatse geassembleerd en geïnstalleerd met behulp van een tweede jack-up ponton dat ter plaatse blijft en zich enkel tussen de turbineposities beweegt. Dit assiterend ponton dient één keer heen en terug naar de haven te keren, waardoor het aantal scheepsbewegingen met 2 vermeerderd wordt voor dit assiterend voertuig.

Ofwel worden de turbines samengebouwd op een gesleept jack-up ponton of een groot speciaal daarvoor uitgerust installatieschip en geassembleerd naar de site vervoerd. In het geval van een jack-up ponton is ook hier een tweede ponton nodig voor de installatie van de turbines (cf. hierboven). In het geval van een installatieschip gebeurt de installatie van op het schip zelf.

De nieuwste generatie jack-up pontons kan gemiddeld drie complete turbines per keer verschepen. Een groot installatieschip kan tot tien geassembleerde turbines tegelijk vervoeren. Dit resulteert in onderstaande aantal transporten per kavel en per scenario (Tabel 4-7).

*Tabel 4-7 – Overzicht geraamde transportbewegingen voor de aanvoer van windturbine-onderdelen of windturbines per kavel en per scenario voorzien in voorliggend MER. *in het geval 2 jack-up vaartuigen of pontons nodig zijn, wordt verondersteld dat één ervan ter plaatse blijft, met slechts noodzaak voor één keer heen en terug richting haven te bewegen*

Scenario	Type turbine	Aantal turbines	Scheepstype	Aantal transporten
PE I – 700 MW				
Scenario 1	12 MW	54	2 jack-up vessels en/of pontons*	20
			groot installatieschip	6
Scenario 2	22 MW	32	2 jack-up vessels en/of pontons*	13
			groot installatieschip	4
PE II – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	107	2 jack-up vessels en/of pontons*	38
			groot installatieschip	11
Scenario 2	22 MW	64	2 jack-up vessels en/of pontons*	24
			groot installatieschip	7
PE III – 1.225-1.400 MW				
Scenario 1	12 MW	117	2 jack-up vessels en/of pontons*	41
			groot installatieschip	12
Scenario 2	22 MW	64	2 jack-up vessels en/of pontons*	24
			groot installatieschip	7

4.3.4.6 Aanleg kabels

Binnen voorliggend MER wordt er uitgegaan van het simultaan aanleggen en ingraven van parkkabels door middel van jetten of ploegen (cable-cut trenching) vanaf een kabellegschip. Op basis van de indicatieve kabelconfiguraties die ingetekend werd, en afhankelijk van de lokale omstandigheden voor de drie kavels, worden in totaal tussen 8 en 18 kabels per kavel en scenario bekomen (zie onderstaande Tabel 4-8).

De totale lengte van de parkkabels bedraagt zo'n 145 km voor 66 kV parkkabels bij het maximaal aantal windturbines (scenario 1) in kavel PE I, 210 km voor kavel PE II en ca. 265 km voor kavel PE III, op basis van de indicatieve configuraties weergegeven in § 4.1 voor de drie kavels binnen voorliggend MER. Voor scenario 2 werd de totale lengte niet bepaald, maar er kan aangenomen worden dat deze niet wezenlijk zal verschillen van de berekende afstanden voor scenario 1 (zie

eerder). Alle parkkabels worden rechtstreeks aangesloten op het MOG2 eiland tussen kavel PE II en PE III (zie ook beschrijving onder § 3.4.4.1 omtrent aansluiting).

Tabel 4-8 – Overzicht van totaal aantal parkkabels per kavel en scenario, op basis van indicatieve configuraties van turbines opgemaakt binnen voorliggend MER. Als tussenafstand tussen individuele kabels wordt voor alle uitvoeringsvarianten 50 m aangehouden

Scenario	Type turbine	Aantal turbines	Aantal kabels	Totale kabellengte (km)	Aantal transporten	Afstand tussen kabels (m)
PE I – 700 MW						
Scenario 1	12 MW	54	9	145	105	50
Scenario 2	22 MW	32	8	Niet bepaald		
PE II – 1.225-1.400 MW						
Scenario 1	12 MW	107	17	210	151	50
Scenario 2	22 MW	64	17	Niet bepaald		
PE III – 1.225-1.400 MW						
Scenario 1	12 MW	117	18	265	191	50
Scenario 2	22 MW	64	16	Niet bepaald		

Binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van parkkabels met een gewicht van ca. 36 kg/m (zie eerder), wat overeenkomt met ca. 3.600 ton per km. Wetende dat kabellegschepen zoals de Nexus van Van Oord ongeveer 5.000 ton op hun kabelcarrousel kunnen laden, komt dit uit op een totaal aantal scheepsbewegingen voor kavel PE I van ca. 105, voor kavel PE II van ca. 151 en voor kavel PE III van ca. 191 voor installatie van de parkkabels, ongeacht het scenario.

Bij de werkzaamheden voor kabelleggen, kunnen extra transportbewegingen nodig zijn voor assiterende schepen (vb. steenstortschip), afhankelijk van het beunvolume van de ingezette baggerschepen, het aantal te kruisen kabels (in functie van plaatsing van beschermingsmatten en steenbestorting), etc. Omwille van het gegeven dat er binnen voorliggend MER en de scenario's nog geen zekerheid bestaat omtrent deze zaken, is het moeilijk hier een accuraat cijfer op te plakken. Deze transportbewegingen worden bijgevolg nog niet mee begroot, maar zullen naar verwachting niet van die grootteorde zijn dat het totaal aantal scheepsbewegingen noemenswaardig zal stijgen.

4.3.4.7 Aanvoer personeel

Het totale aantal personeeltransporten per schip gedurende de constructiefase van de drie kavels wordt geraamd op 250 transporten, opgedeeld voor de verschillende kavels naargelang hun grootte, onafhankelijk van de gekozen configuratie. Deze inschattingen zijn gebaseerd op een extrapolatie van de aannames voor het laatst geïnstalleerde windpark in de operationele Oostelijke energiezone (Mermaid; zie IMDC, .2013a), waar deze op 100 bewegingen voor 1 park geraamd werden. Voor kavel PE II en PE III wordt een aanname van 100 bewegingen aangehouden in voorliggend MER (ongeacht het scenario). Gezien kavel PE I kleiner is dan de andere twee kavels, wordt hier een inschatting van ca. 50 bewegingen per scenario vooropgesteld. De transportbewegingen voor het personeel vinden plaats over de gehele duur van de constructiefase. Er wordt daarnaast ook uitgegaan van het feit dat het personeel aan boord blijft bij de

installatieschepen, waardoor het hier een worst case inschatting betreft. In realiteit kan het immers zijn dat niet steeds een groot schip zal nodig zijn en personen en materiaal transporten ook kunnen gecombineerd worden.

4.3.4.8 Samenvatting transportbewegingen

Hieronder wordt een samenvattende Tabel 4-9 gegeven met het overzicht van de totale transportbewegingen per fase. Voor de inschattingen tijdens exploitatie- en ontmantelingsfase wordt verwezen naar secties 3.5.4.7 en 3.5.5.6.

*Tabel 4-9 – Overzicht van de transportbewegingen per kavel, ingedeeld per ontwikkelingsfase en doeleinde, als basis voor de verdere hoofdstukken van voorliggend MER. Merk op dat hierbij wordt uitgegaan van een worst-case situatie waarbij afzonderlijke turbines worden aangevoerd tijdens de constructiefase door middel van kleinere jack-up schepen welke 3 volledige turbines kunnen vervoeren tijdens 1 transport. Indien hiervoor grotere installatieschepen gebruikt worden, zullen de totale scheepsbewegingen lager liggen. In eenzelfde optiek houden de cijfers in de tabel rekening met het aanbrengen van statische erosiebescherming, daar hiervoor extra scheepsbewegingen nodig zijn ter voorbereiding. De ranges per post zijn te wijten aan onderlinge verschillen tussen de keuze voor MP, JF of een combinatie 10 % GBF + 90 % JF. Het aantal scheepsbewegingen ligt steeds het laagst voor de variant 100% JF, gevolgd door 10 % GBF + 90 % JF, en het hoogst voor 100 % MP. *het aantal transportbewegingen tijdens exploitatie betreft het aantal per jaar, gedurende de 20 jaar exploitatie. Dit in tegenstelling tot de andere fases, waar het totaal aantal transportbewegingen wordt gegeven.*

Scenario	Individuele vermogens-range	Doeleinde	Constructie	Exploitatie* (*aantal per jaar)	Ontmanteling
PE I: 700 MW					
Scenario 1	12-13 MW				
		Voorbereiding	29 – 30	nvt	29 – 30
		Aanvoer	52 – 65	nvt	52 – 65
		Kabels	105	nvt	105
		Personeel	50	255	50
		TOTAAL	236 – 249	255	236 – 249
Scenario 2	+20-22 MW				
		Voorbereiding	17 – 18	nvt	17 – 18
		Aanvoer	32 – 40	nvt	32 – 40
		Kabels	105	nvt	105
		Personeel	50	255	50
		TOTAAL	204 – 212	255	204 – 212
PE II: 1.225 – 1.400 MW					
Scenario 1	12-13 MW				
		Voorbereiding	57 – 58	nvt	57 – 58
		Aanvoer	101 – 128	nvt	101 – 128
		Kabels	151	nvt	151
		Personeel	100	255	100
		TOTAAL	409 – 436	255	409 – 436
Scenario 2	+20-22 MW				
		Voorbereiding	34 – 35	nvt	34 – 35
		Aanvoer	61 – 77	nvt	61 – 77

Scenario	Individuele vermogens-range	Doeleinde	Constructie	Exploitatie* (*aantal per jaar)	Ontmanteling
		Kabels	151	nvt	151
		Personeel	100	255	100
		TOTAAL	346 – 362	255	346 – 362
PE III: 1.225 – 1.400 MW					
Scenario 1	12-13 MW				
		Voorbereiding	62 – 64	nvt	62 – 64
		Aanvoer	110 – 140	nvt	110 – 140
		Kabels	191	nvt	191
		Personeel	100	255	100
		TOTAAL	463 – 493	255	463 – 493
Scenario 2	+20-22 MW				
		Voorbereiding	34 – 35	nvt	34 – 35
		Aanvoer	61 – 77	nvt	61 – 77
		Kabels	191	nvt	191
		Personeel	100	255	100
		TOTAAL	386 – 402	255	386 – 402

4.3.5 Samenvatting

Hieronder wordt een korte samenvatting gegeven van de belangrijkste parameters naar uitvoering (geldig voor de 3 kavels) als uitgangspunt voor het MER (Tabel 4-10). Voor detailbeschrijvingen naar technologie en activiteiten wordt verwezen naar respectievelijk Hoofdstuk 3.4 en 3.5.

Tabel 4-10 – Overzicht van parameters naar uitvoering, gelinkt aan de typevoorbeelden voor de milieueffectbeschrijving binnen het MER PEZ. Verschillen in aantal scheepsbewegingen zijn te wijten aan een verschillende uitvoeringsvariant naar funderingstype (100 % MP, 100 % JF of combinatie van 90 % JF en 10 % GBF).

Uitvoering	12/13 MW	22 MW
Type turbine	GE Haliade-X	Onbekend
Individueel vermogen (MW)	12/13 MW	22 MW
Rotordiameter (m)	220	300
Diameter op de zeebodem (m), bij keuze MP	9	15
Diameter op de zeebodem (m), bij keuze JF	14	18
Diameter op de zeebodem (m), bij keuze GBF	40	50
Maximale tiphoogte (m)	245	350
Minimale tiphoogte (m)	25	25
Tussenafstand turbines (m)	880	1.200
Fundering / erosiebescherming		
Monopile (MP)	Statisch	Statisch

Uitvoering		12/13 MW	22 MW
		Installatie via heien of suction bucket	Installatie via heien of suction bucket
		Statisch	Statisch
	Jacket (JF)	Installatie via heien of suction bucket	Installatie via heien of suction bucket
	Gravitair (GBF) (hier: 10 %)	Statisch	Statisch
Bekabeling			
	Voltage	66 kV inter-array	66 kV inter-array
Transportbewegingen per kavel (incl. voorbereiding, funderingen, turbines, erosiebescherming, kabels)			
	Constructie (volledig)	236 – 493	204 – 402
	Exploitatie (per jaar)	255	255
	Ontmanteling (volledig)	236 – 493	204 – 402
Transportbewegingen volledige PEZ (incl. voorbereiding, funderingen, turbines, erosiebescherming, kabels)			
	Constructie (volledig)	1.108 – 1.178	936 – 976
	Exploitatie (per jaar)	765	765
	Ontmanteling (volledig)	1.108 – 1.178	936 – 976
	TOTAAL PE I + PE II + PE III	2.981 – 3.121	2.637 – 2.717

5 BESCHRIJVING EN BEOORDELING MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE

In dit hoofdstuk worden de potentiële milieueffecten van de activiteiten binnen voorliggend project beschreven en beoordeeld per discipline en per fase, waar mogelijk/beschikbaar (inclusief voorbereidende surveys). De focus ligt hierbij op het projectgebied PEZ en het studiegebied, waarbij de eerste de drie kavels binnen PEZ omvat, en de tweede verwijst naar het gebied waarbinnen er zich verstoring kan voordoen ten gevolge van voorliggend project. In die zin kan het studiegebied ruimere dimensies aannemen dan het projectgebied, afhankelijk van de beschouwde effectgroep.

Per discipline wordt eerst een beschrijving van de referentiesituatie en de autonome ontwikkeling gegeven, daarna een overzicht van de mogelijke milieueffecten en de beoordeling, gevolgd door eventuele leemten in kennis, mogelijke milderende maatregelen en aanbevelingen naar monitoring van effecten. Milderende maatregelen worden voorgesteld voor ingrepen die een mogelijk negatieve impact op het milieu kunnen veroorzaken. Door milderende maatregelen toe te passen zullen de negatieve effecten vermeden, opgeheven, verzacht of gecompenseerd worden.

De milieueffecten van voorliggend project worden geïdentificeerd en geëvalueerd op basis van de projectbeschrijving, beschikbare literatuur en eventueel overleg met de belanghebbende partijen. Voor het bepalen van de significantie van een impact werd rekening gehouden met de grootte, de omvang of reikwijdte, en de duur (tijdelijk of permanent karakter) van het effect. De beschreven effecten worden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven (Tabel 5-1), gezien de moeilijkheden om een volledig kwantitatieve aanpak te hanteren. Positieve effecten duiden op een verhoging, ondersteuning of versterking van de betrokken (natuurlijke of gewenste) eigenschap van het milieu, een negatieve beoordeling wijst op het verdwijnen, een verlaging of een aantasting van een bepaalde (natuurlijke of gewenste) eigenschap. Per discipline worden de voornaamste effecten op het einde van ieder hoofdstuk samengevat.

Tabel 5-1 – Gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten.

Symbol	Effectniveau	Beschrijving	Beoordeling
++	Significant positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Zeer positief
+	Matig positief	Meetbaar positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Positief
0/+	Gering positief	Meetbaar kleine positieve verbetering in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Neutraal
0	(vrijwel) Geen	Onmeetbaar effect of niet relevant	Geen
0/-	Gering negatief	Meetbaar kleine negatieve wijziging in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Verwaarloosbaar

Symbol	Effectniveau	Beschrijving	Beoordeling
-	Matig negatief	Meetbaar negatieve wijziging in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Aanvaardbaar
--	Significant negatief	Meetbaar negatieve wijziging in de kwaliteit van de milieuomstandigheden op grote schaal (BNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Onaanvaardbaar

5.1 BODEM EN WATER

5.1.1 Methodologie

In dit hoofdstuk wordt in eerste instantie de referentiesituatie beschreven wat betreft disciplines bodem en water. Hierin wordt achtereenvolgens een algemene beschrijving gegeven, gevolgd door de bathymetrie, de geologie (zowel Quartair als Tertiair, tegenwoordig Paleogeen en Neogeen genaamd), de morfologie, de sediment- en stromingskarakteristieken, alsook het sedimenttransport en de waterkwaliteit van het BNZ. Daarbij wordt telkens vertrokken van de meest recente relevante wetenschappelijke literatuur (inclusief monitoringsrapporten van de Oostelijke energiezone) voor het bredere BNZ, aangevuld met de meest recente beschikbare literatuur, studierapporten en survey data specifiek voor het projectgebied PEZ.

Daarna volgt de effectbespreking voor de aanleg, exploitatie en ontmanteling van windturbines, funderingen en erosiebescherming in de drie kavels van de PEZ, alsook de inter-array bekabeling. Hierbij wordt uitgebreid aandacht besteed aan de veranderingen in de bodemtopografie en de bodemsamenstelling, alsook pluimvorming en turbiditeit ten gevolge van het voorbereidend nivelleren van de turbinelocaties en kabeltracés (waar nodig), gevolgd door het uitgraven van de funderingsputten en de installatie van de inter-array kabels. De verandering van sedimentconcentraties in de waterkolom door menselijk toedoen wordt immers beschouwd als één van de voornaamste drukken op het marien milieu van het BNZ (Van den Eynde et al., 2022).

De effecten worden eveneens getoetst aan de verplichte strategie voor het bereiken van een goede milieutoestand (GMT) (§ 5.1.4) binnen de Kaderrichtlijn Mariene Strategie. In het bijzonder worden hier descriptoren D6 (Zeebodintegriteit) en D7 (Hydrografische omstandigheden) uitgelicht in functie van de effecten op de zeebodem en de waterkolom. Daarnaast is ook descriptor D8 (Vervuilende stoffen) relevant voor de effectbeschrijving op water binnen voorliggend MER.

De beoordeling van de voornaamste effecten op de zeebodem en de waterkolom zal uiteindelijk worden samengevat. De beschouwingen worden ondersteund door berekeningen op basis van de volgende beschikbare data:

- Een pluimmodellering om het effect op de sedimentatie tijdens de constructie van turbines, funderingen en inter-array kabelinfrastructuur te bepalen (Arcadis Nederland B.V., 2023);
- De resultaten van een geofysische en geotechnische meetcampagne uitgevoerd door GEOxyz/G-tec in opdracht van de FOD Economie (als onderdeel van de voorbereidende studies in de PEZ; GEOxyz/G-tec, 2023);

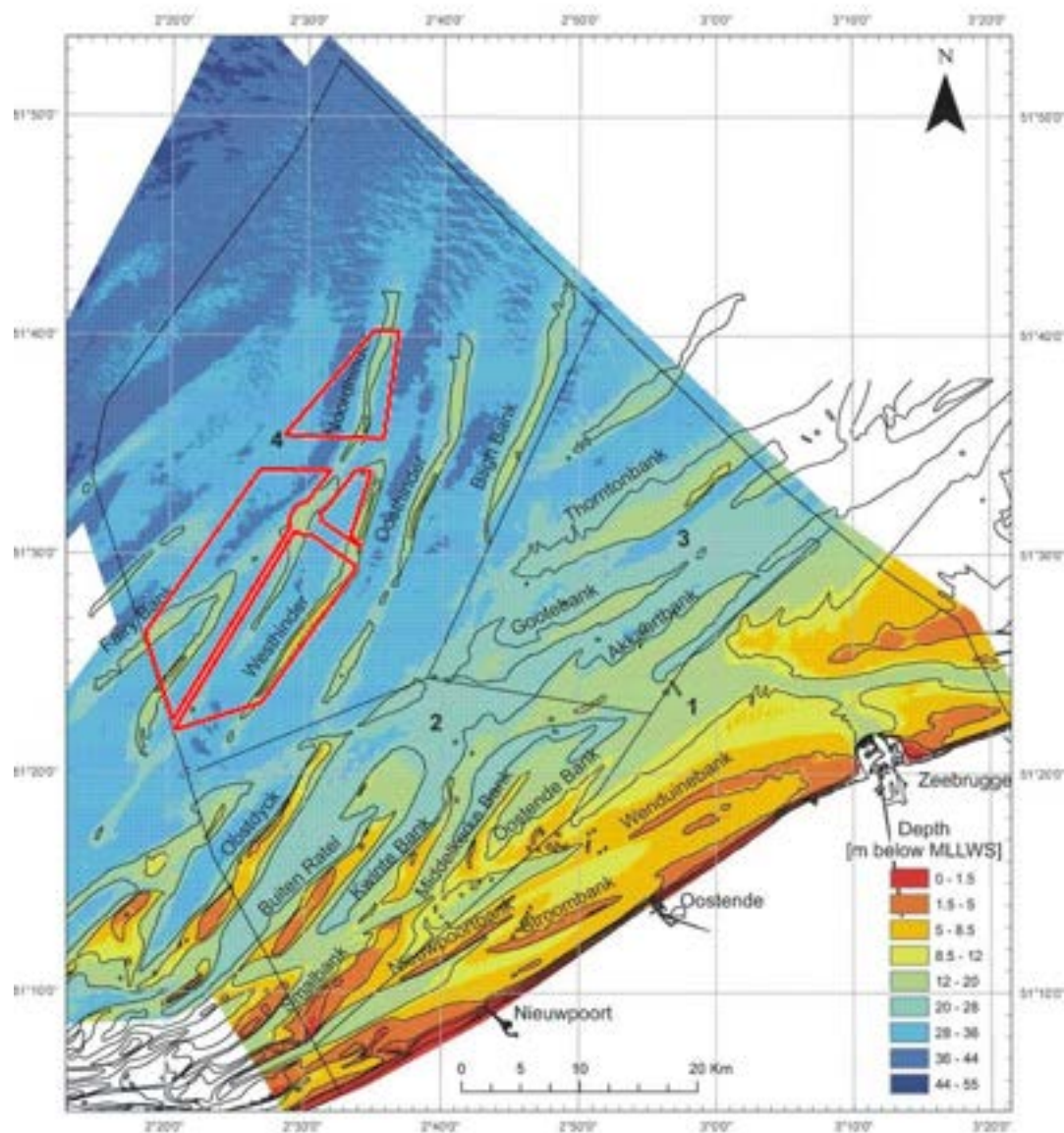
- De resultaten van een geologische desk studie uitgevoerd door Fugro in opdracht van de FOD Economie (als onderdeel van de voorbereidende studies in de PEZ; Fugro, 2022);
- Waar relevant, tenslotte, de resultaten van een archeologische desk studie uitgevoerd door Periplus Archeomare in samenwerking met het VLIZ (Vlaams Instituut voor de Zee) in opdracht van de FOD Economie (als onderdeel van de voorbereidende studies in de PEZ; van den Brenk et al., 2021).

5.1.2 Referentiesituatie

5.1.2.1 Algemene beschrijving

Het zeebodemoppervlak van het BNZ vormt onderdeel van de Zuidelijke Noordzee en beslaat ca. 3.454 km² (wat overeenkomt met ca. 0,5 % van de totale Noordzee oppervlakte) grenzend aan het Franse, Britse en Nederlandse continentaal plat. De waterdiepte is doorgaans beperkt, en varieert tussen 0 en 55 m onder LAT (Lowest Astronomical Tide of laagste astronomisch getij). De gemiddelde waterdiepte voor het hele BNZ bedraagt ca. 20 m onder LAT. De zeebodem bestaat uit een complex systeem van ondiepe getijdezandbanken en tussenliggende geulen welke in vier grote groepen kunnen onderverdeeld worden: de Kustbanken, Vlaamse Banken, Zeelandbanken en Hinderbanken (Figuur 5-1).

Het studiegebied PEZ waarbinnen alle voornoemde activiteiten in kader van dit MER (constructie, exploitatie en ontmanteling van offshore windturbines en inter-array bekabeling in kavels PE I, PE II en PE III) zullen uitgevoerd worden situeert zich ter hoogte van de Hinderbanken, op een afstand die varieert tussen 35 en 55 m uit de kust. Het gebied wordt gekenmerkt door een gemiddelde waterdiepte van ca. 28 m onder LAT, weliswaar met sterke verschillen tussen de geulen en de toppen van de zandbanken (range van 4,72 tot 44,38 m onder LAT; GEOxyz/G-tec, 2023). Zoals kan afgeleid worden uit onderstaande Figuur 5-1, overlapt het studiegebied PEZ met 3 van de 5 Hinderbanken, namelijk Fairybank, Westhinder en Noordhinder. De gemiddelde waterdiepte binnen de afzonderlijke kavels bedraagt ca. 31 m onder LAT voor kavel PE I, ca. 27 m onder LAT voor kavel PE II, en ca. 29 m onder LAT voor kavel PE III.



Figuur 5-1 – Dieptekaart van het BNZ (in m onder GLLWS) met aanduiding van de groepen zandbanken: 1. Kustbanken, 2. Vlaamse Banken, 3. Zeelandbanken en 4. Hinderbanken. Het studiegebied PEZ wordt aangeduid als rode polygoon. Data van AWZ-WWK Zeebrugge, aangevuld met data van de Nederlandse en Engelse Hydrografische Diensten, compilatie door Van Lancker et al. (2007)

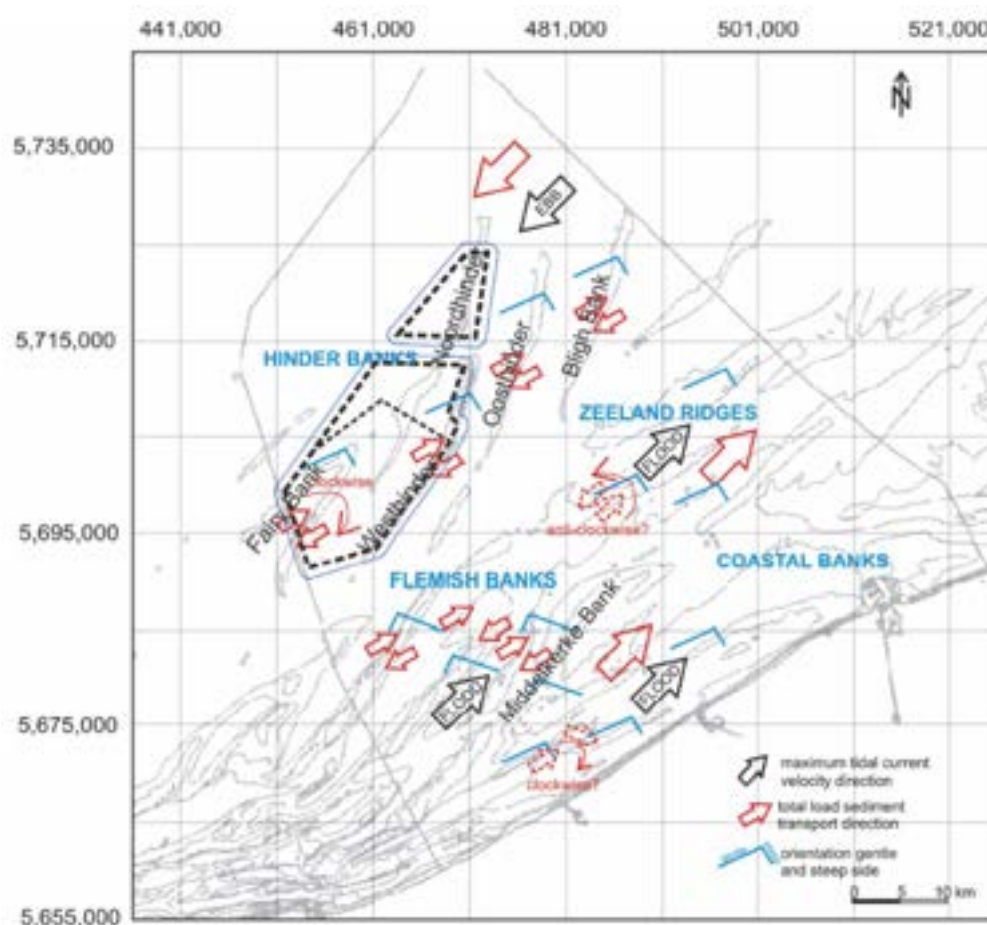
In de volgende secties wordt dieper ingegaan op de belangrijkste kenmerken van het geologisch en hydrologisch systeem van het BNZ, waarop de activiteiten binnen voorliggend MER mogelijks een impact zullen hebben.

5.1.2.2 Morfologie en bathymetrie

Belgische deel van de Noordzee

De algemene bathymetrie van het Belgische deel van de Noordzee wordt weergegeven in Figuur 5-1 hierboven. De diepte neemt geleidelijk toe met toenemende afstand tot de kust, tot ca. 45 m in volle zee op een afstand van meer dan 30 km uit de kust. Het zandbankensysteem bestaat uit verschillende groepen zandbanken (zie eerder) die tientallen kilometers lang, enkele kilometers breed en tot 20 m hoog kunnen zijn. Het dynamische deel van de zandbanken is doorheen de tijd

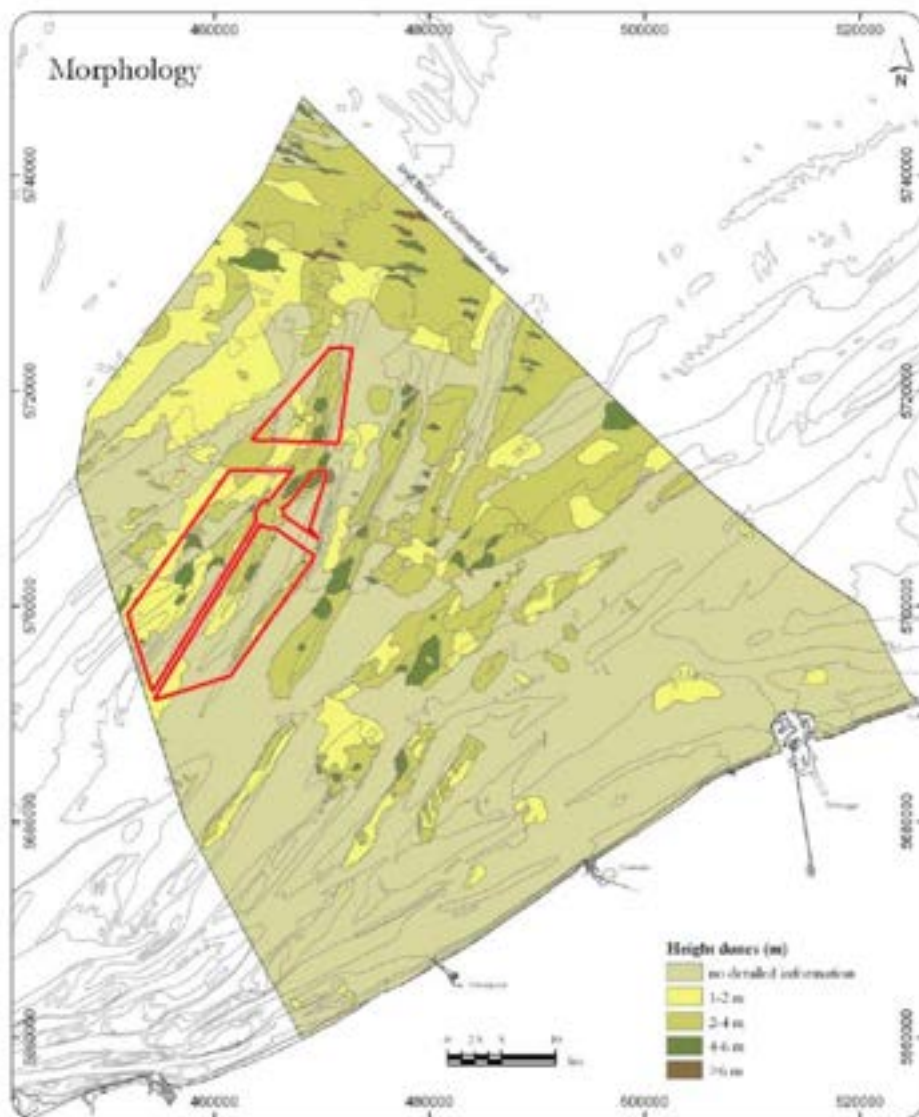
gevormd door de interactie van grote hoeveelheden zand en ZW-NO georiënteerde getijdenstromingen. Ze kunnen bestaan dankzij een fundamenteel proces van aparte eb- en vloedgeulen aan weersijden van de bank die circulaire zandbewegingen over en rond de banken creëren waardoor deze in stand kunnen gehouden worden. Doordat de eb- en vloedstroom verschillen in stroomsterkte, en doordat de zandbanken meer blootstaan aan iedere zijde aan ofwel eb- ofwel vloedstroom (Dyer en Huntley, 1999), resulteert dit in een asymmetrisch dwarsprofiel van de banken, met een zacht oplopende flank aan de ene en een korte steile helling aan de andere zijde. De eb- en vloedstroomrichtingen worden weergegeven in Figuur 5-2.



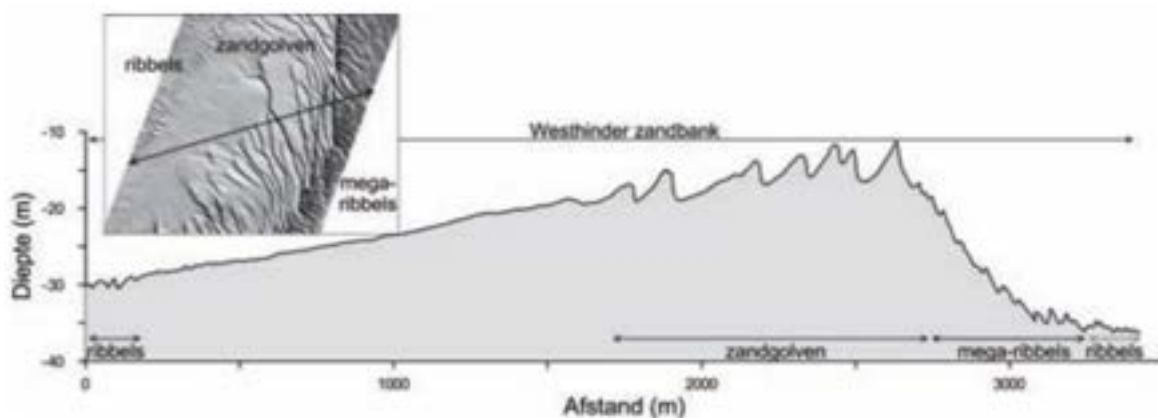
Figuur 5-2 – Overzicht van de stromingsrichting, sedimenttransport en dwarsprofiel van de zandbanken in het BNZ (naar Mathys, 2009; figuur overgenomen uit van den Brenk et al., 2021). De PEZ is aangeduid met zwarte gestippelde contour

Ondanks de zeer dynamische omgeving vertonen de zandbankcomplexen in het BNZ een globale stabiliteit over tientallen tot zelfs honderden jaren (Van Cauwenberghe, 1971; Ceuleneer and Lauwaert, 1987; Van Lancker et al., 2009). Ook de Hinderbanken worden als stabiel beschouwd (Houbolt, 1968; De Moor, 1985). Het optreden, de onderlinge afstand en de morfologie van de zandbanken en tussenliggende geulen als geheel zijn over het algemeen niet drastisch veranderd in de afgelopen 200 jaar.

Naast de grote zandbanken zijn er ook een aantal bodemvormen aanwezig in het BNZ die zich boven op de zandbanken manifesteren. Er worden ribbels, megaribbels en zandduinen (of zandgolven) onderscheiden (zie Figuur 5-3 en Figuur 5-4).



Figuur 5-3 –Morfologische kaart van zandduinen in het BNZ op basis van Van Lancker et al. (2007), met aanduiding van het projectgebied PEZ als rode polygoon



Figuur 5-4 – dwarsdoorsnede ter hoogte van de Westhinder zandbank in het projectgebied PEZ die de hiërarchie van bodemvormen weergeeft (bron: Van Oyen et al., 2013, naar Deleu et al., 2004)

Deze bodemvormen verschillen in fysische parameters zoals golflengtes, hoogtes, etc. Zandduinen zijn de grootste bodemvormen en zijn tot enkele meters hoog (doorgaans 1 – 10 m; zie Van Oyen et al., 2013). Ze zijn daarmee aanzienlijk kleiner dan de zandbanken zelf, maar veel dynamischer en prominenter aanwezig in het BNZ. Ze zijn meestal loodrecht op de overheersende getijdestromingsrichting gepositioneerd, en naar de kam van de zandbank waarop ze zich bevinden toe gericht. De hoogste zandduinen zijn te vinden op het noordelijk deel van de Vlaamse Banken (tot 8 m hoog) en in de geulen van de Hinderbanken (tot 11 m hoog; Figuur 5-3). Zandduinen zijn in staat om sterk te migreren (gemiddeld 1 – 20 m/jaar; IMDC, 2022) met getij- en golfwerking. Zo werden op de Westhinder migraties van zelfs > 50 m op 1,5 jaar geobserveerd (Deleu et al., 2004). Daarnaast bevinden zich kleinere ribbels (enkele tot tientallen cm hoog) en megaribbels (ca. 20 – 150 cm hoog, Van Oyen et al., 2013) in het BNZ, welke eerder onder invloed van de golfwerking ontstaan als 2D en 3D structuren bovenop de andere bodemvormen (Van Oyen et al., 2013). Zandribbels vertonen een minder sterke migratie dan de zandduinen.

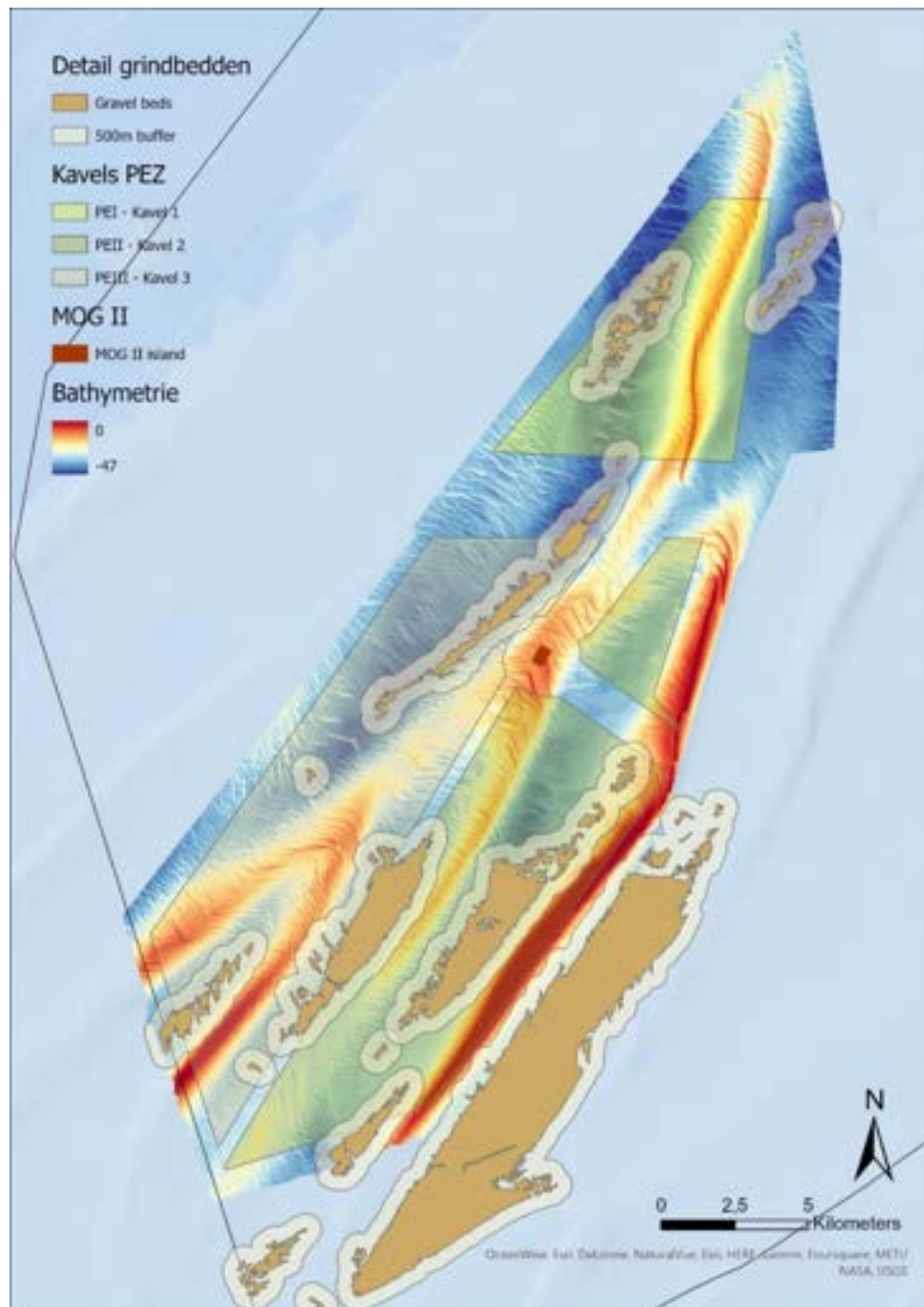
Prinses Elisabeth-zone

De Hinderbanken waar de PEZ zich bevindt zijn NNO-ZZW georiënteerd en bestaan uit vijf zandbanken: Fairybank, Westhinder, Noordhinder, Oosthinder en Blighbank (Figuur 5-1), waarvan het studiegebied enkel met de eerste drie overlapt. Een meer gedetailleerde bathymetrische kaart van het studiegebied wordt weergegeven in Figuur 5-5. De waterdiepte varieert ruwweg tussen 5 en 45 m onder LAT (zie Fugro, 2022; GEOxyz/G-tec, 2023), maar bedraagt over meer dan 85 % van de oppervlakte meer dan 20 m onder LAT.

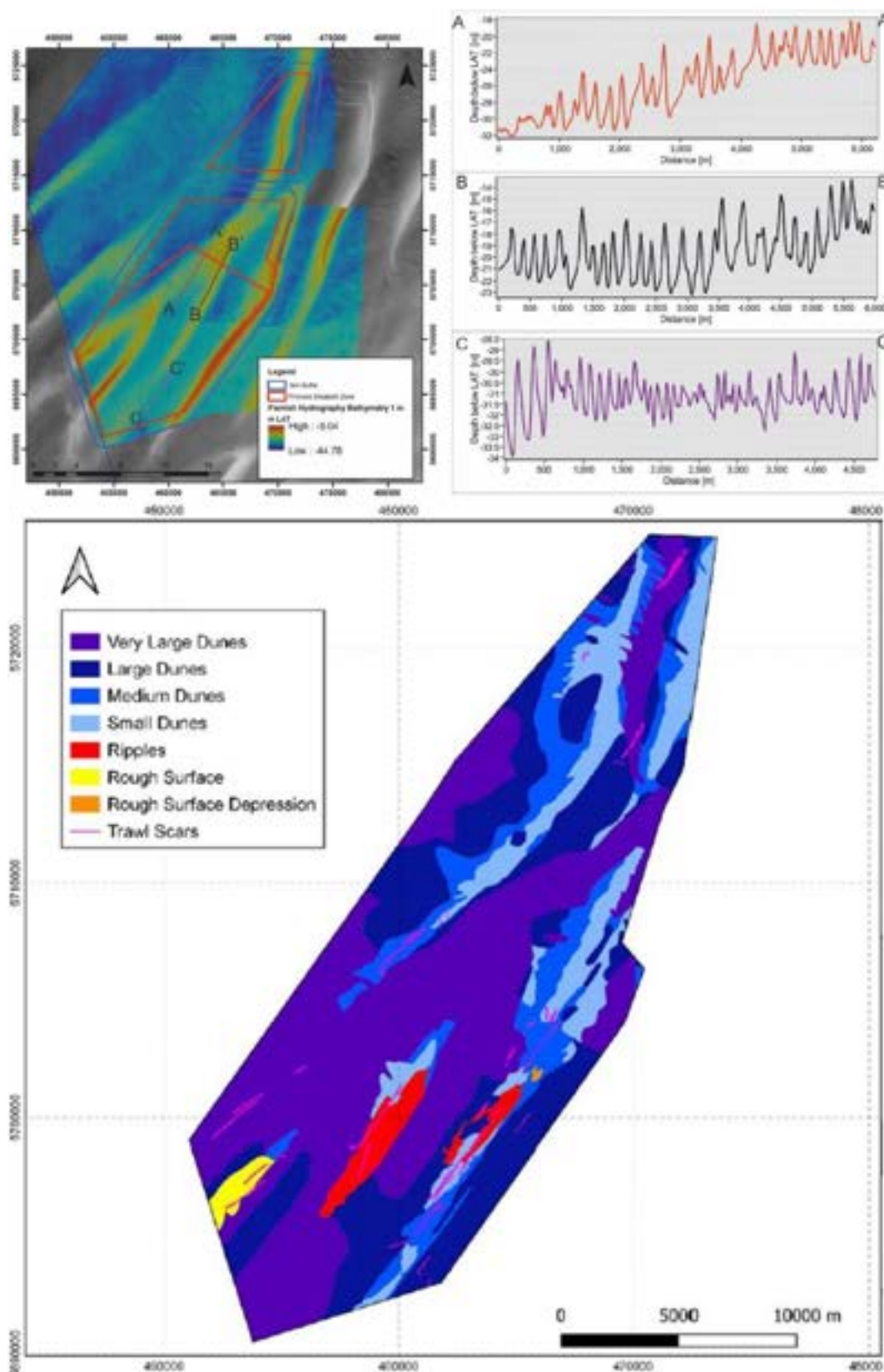
Omwille van de dominante ebstroom (ZW) langsheen de Hinderbanken, wordt een circulaire zandbeweging in wijzerzin gecreëerd resulterend in een steile oostelijke flank, en langgerekte ruggen tussen 15 (Noordhinder) en 26 km (Westhinder) lang en tussen 1,5 (Noordhinder) en 4 km (Westhinder) breed (van den Brenk, 2021). De hoogte van de Hinderbanken binnen de PEZ varieert van ca. 10 tot 25 m boven de omringende zeebodem. De top van de Fairybank is op ca. 8 m onder LAT gelegen, die van Westhinder op ca. 6 m onder LAT en Noordhinder 12 m onder LAT (van den Brenk et al., 2021). De tussenliggende geulen zijn tot op 40 m onder LAT gelegen (Figuur 5-5).

De Hinderbanken zijn stabiel over langere periodes in de tijd, getuige een gelijkaardige situatie vandaag als ongeveer 70 jaar geleden (van den Brenk, 2021). Echter komen er in het projectgebied meerdere zandduinen voor over een significant deel van het totale zeebodemoppervlak (zie ook Fugro, 2022; GEOxyz/G-tec, 2023; van den Brenk, 2021) (Figuur 5-3; Figuur 5-6). Ter hoogte van de Noordhinder komen grote tot zeer grote zandduinen voor van gemiddeld 150 m breed, en tussen 4 en 10 m hoog. Ook ter hoogte van de Westhinder en Fairybank worden grote tot zeer grote zandduinen aangetroffen met een gelijkaardige breedte, en een iets lagere maximale hoogte tot ca. 6-7 m (GEOxyz/G-tec, 2023). Voorgaand onderzoek in kader van het MER MOG2 (IMDC, 2022) heeft aangetoond dat de zandduinen in de PEZ (meer specifiek, ter hoogte van de Westhinder zandbank) een noordoostelijke migratie van ca. 5 tot 10 m over een tijdsinterval van ca. zes maanden vertonen, resulterend in een plaatselijk hoogteverschil van ± 2 m (IMDC, 2022). Nog recenter werden tijdens de geofysische voorstudie van de PEZ (i.o.v. FOD Economie) zandduinmigraties in laterale richting tot 15 m over een periode van 2 maanden in 2022 (maart – mei) waargenomen, resulterend in een hoogteverschil van 0,5 m (GEOxyz/G-tec, 2023). Met name in de zuidelijke helft van de PEZ waren sterkere migraties te zien, terwijl deze in het noordelijk deel

ca. 3 – 5 m bedroegen. Binnen voorliggend MER wordt aangenomen dat ca. 80 % van het totale bodemoppervlak van de PEZ met zandduinen van > 1 m hoog bedekt wordt. Dit komt ook grotendeels overeen met de resultaten van de voorbereidende geologische desktopstudie en geofysische studie in het projectgebied (Fugro, 2022; GEOxyz/G-tec, 2023).



Figuur 5-5 – Detail bathymetrische kaart ter hoogte van het studiegebied PEZ, op basis van het digitaal terreinmodel (1x1 m resolutie) van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust – Afdeling Kust – Vlaamse Hydrografie (geraadpleegd dd. 2023). Data projectie in WGS84, UTM31N



Figuur 5-6 – **Boven:** Detail morfologische profielen van zandduinen ter hoogte van het studiegebied PEZ, overgenomen uit Fugro (2022); **Onder:** Overzicht van de PEZ morfologie en onderscheid tussen kleine, middelgrote, grote en zeer grote zandduinen, naar GEOxyz/G-tec (2023).

5.1.2.3 Geologie

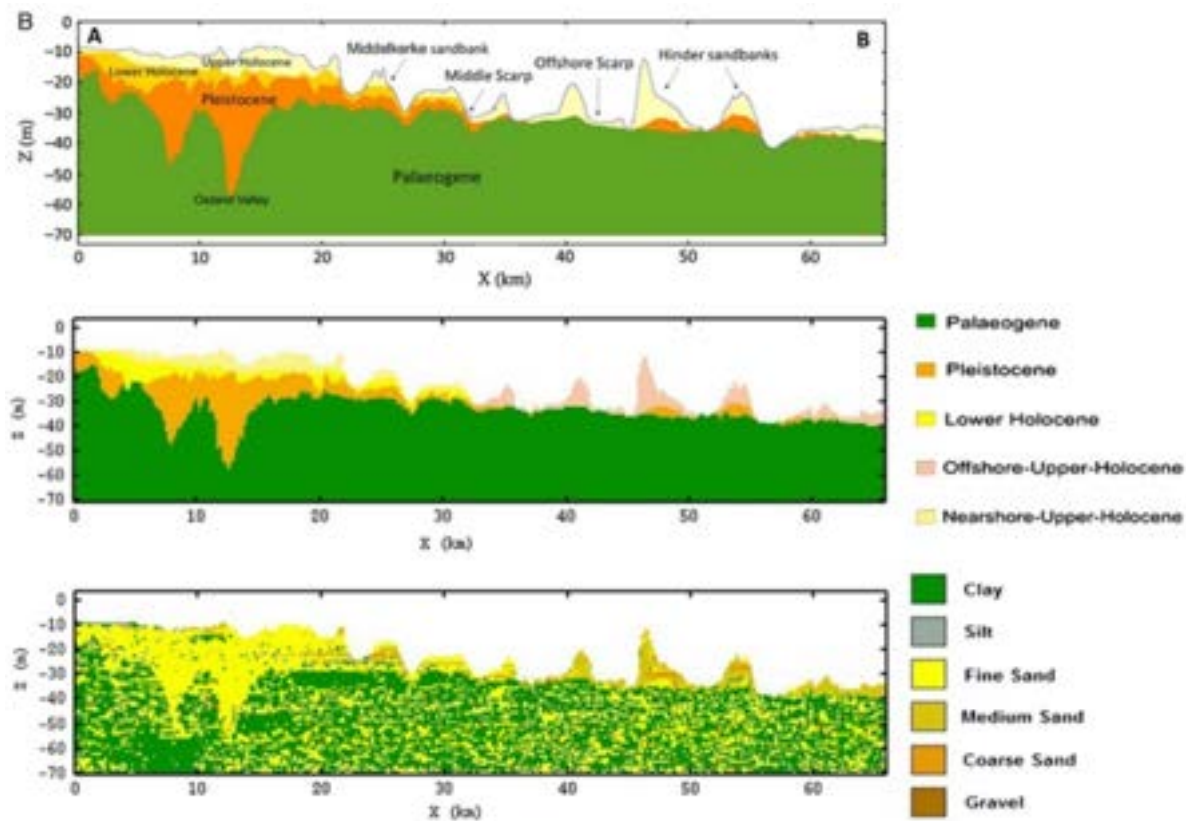
Belgische deel van de Noordzee

Voor een uitgebreide beschrijving van het Paleogeen en het Quartair van het Belgische deel van de Noordzee wordt verwezen naar De Batist & Henriët (1995), Le Bot et al. (2003), De Clercq (2018), en de archeologische (van den Brenk et al., 2021) en geologische (Fugro, 2022) desktop studies uitgevoerd in opdracht van de FOD Economie specifiek voor de PEZ.

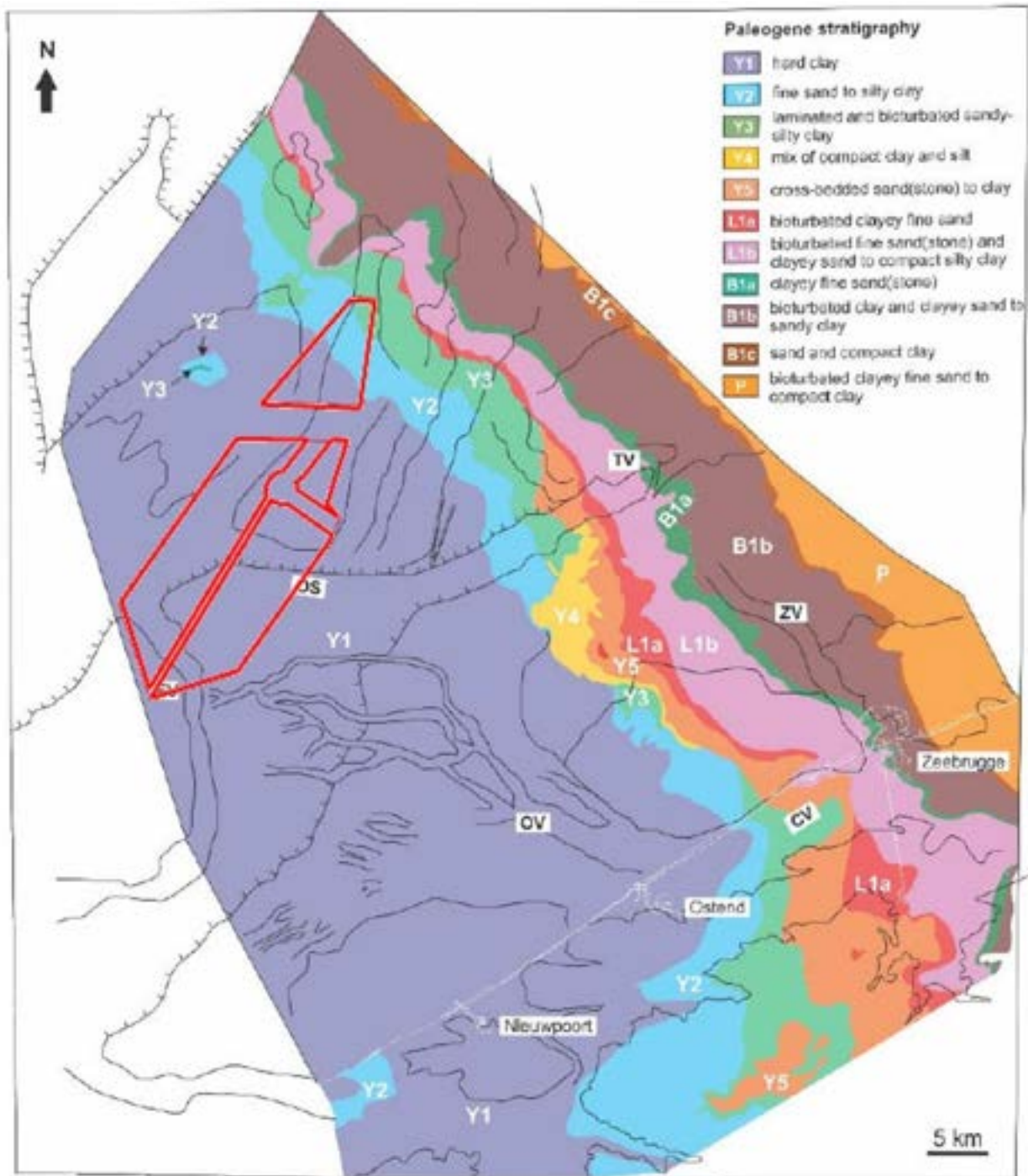
De algemene bodemgeologie-opbouw in het BNZ bestaat uit een dikke laag Paleogene afzettingen (Tertiair) op een Paleozoïsche sokkel die op ca. 250 m diepte nabij de Franse, en ca. 450 m nabij de Nederlandse grens gelegen is (van den Brenk et al., 2021). Dit continentaal blok wordt het Londen-Brabant Massief genoemd, en werd tijdens het Krijt overstroomd met kalkafzettingen met een dikte die varieert van ca. 50 m tot 220 m. Bovenop deze kalkafzettingen bevinden zich dan de Paleogene sedimenten, welke voornamelijk bestaan uit klei afgezet tijdens het Ieperiaan (Onder Eoceen), ook wel 'Ieperse klei' genaamd (Figuur 5-7; De Clercq, 2018; Hademenos et al., 2018, van den Brenk et al., 2021; Fugro, 2022). De klei-afzettingen worden verder opgedeeld in drie formaties: Kortrijk, Tielt en Gentbrugge (zie ook Figuur 5-8; Le Bot et al., 2003; De Clercq, 2018).

De Paleogene sedimenten dagzomen lokaal aan de zeebodem omwille van een discontinu Quartair dek van Pleistocene en Holocene afzettingen. Dit fenomeen is meer uitgesproken in zeewaartse richting, zoals ook zichtbaar op Figuur 5-7. Het Quartair, opgedeeld in het oudere Pleistoceen en huidige Holoceen, vormt de bovenste laag van de zeebodem waarop de kenmerkende zandbanken zijn afgezet. Het Pleistoceen was een periode gekenmerkt door afwisselende ijstijden en interglacialen, met bijhorende zeespiegelwijzigingen. Grote rivieren doorkruisten het BNZ, waardoor valleien als de Oostende vallei (Figuur 5-7) ontstonden waarin grote hoeveelheden sediment werden afgezet. Na de laatste ijstijd ca. 12.000 jaar geleden begon het Holoceen, en overstroomde de zuidelijke Noordzee ten gevolge van de zeespiegelstijging. De zandbanken in het BNZ vertellen het verhaal van vroegere afzettingen doorheen de verschillende geologische fasen en hebben een diverse samenstelling. Enkel de bovenste zandige laag is kenmerkend voor de huidige hydrodynamische condities en werd ca. 7.000 jaar geleden gevormd (Mathys, 2009). De andere lagen kunnen onder meer Pleistocene estuariene sedimenten, Holocene slikken en schorrenrestanten, en resten van Holocene kustnabije banken bevatten. Onder invloed van een lange periode van complexe en dynamische afzettingscondities, zijn de Quartaire afzettingen ter hoogte van de geulen tussen de zandbanken sterk geërodeerd en gefragmenteerd, waardoor de toplaag zeer dun kan zijn.

Over het algemeen is de dikte van de Quartaire afzettingen over het volledige BNZ dus ook beperkt. Bijna 40 % van het oppervlak is slechts bedekt door een laag van 5 m dik. Dikkere pakketten (ca. 20 – 30 m dikte) komen voor dichterbij de kust, in de Pleistocene riviervalleien, en onder de zandbanken (zie Figuur 5-7; Figuur 5-9 A.). Voor wat betreft de sedimentologische samenstelling bestaan deze Quartaire deklagen hoofdzakelijk uit zand met lokaal bijmenging van klei, grind of schelpenbanken (Figuur 5-7 onder).



Figuur 5-7 – Dwarsdoorsnedes van de stratigrafie (boven + midden) en lithologische klassen (onder) doorheen het BNZ vanaf de kust (A) tot offshore (B) (bron: Hademenos et al., 2018)



Figuur 5-8 – Overzicht van Paleogene seismo-stratigrafische afzettingen die voorkomen onder de niet-geconsolideerde Quartaire afzettingen van het BNZ (Bron: figuur naar van den Brenk et al. (2021), gebaseerd op De Clercq (2018) en Le Bot et al. (2003)). De PEZ is weergegeven als rode polygoon. OS = offshore scarp, FV = Fairy Valley (zie ook § 5.5.2.2 en Figuur 5-60)

Prinses Elisabeth-zone

Een overzicht van de geologische eenheden aanwezig in het PEZ studiegebied wordt gegeven in Tabel 5-2. Er worden in totaal drie eenheden teruggevonden in het studiegebied, opgedeeld in Paleogene afzettingen afkomstig uit het Eoceen, en Quartaire Pleistocene en Holocene afzettingen (van den Brenk et al., 2021; Fugro, 2022).

Figuur 5-8 toont het afgedekte Paleogeen substraat in het BNZ, met aanduiding van de PEZ. Hierop is te zien dat het grootste deel van het Paleogeen substraat van het westelijk deel van het BNZ ter hoogte van het studiegebied PEZ de Formatie van Kortrijk (Y1) is, die voornamelijk bestaat uit Ieperse klei (zie eerder). Ieperse klei wordt algemeen omschreven als een homogene zwarte en harde groengrijze klei met enkele tussenvoegingen van een siltige tot fijnzandige klei-eenheid (Le Bot et al., 2003). De formatie van Kortrijk (Y1) komt voor in alle drie de PEZ kavels (Tabel 5-2). Ter hoogte van Noordhinder Noord, in kavel PE I, bevinden zich daarnaast afzettingen van de formatie van Tielt (Y2) en Gentbrugge (Y3) in de ondergrond (Tabel 5-2). Deze bestaan eveneens uit klei, maar bevatten daarnaast inmenging en laminaties van silt en zandfracties, waardoor hun uitzicht meer heterogeen is (De Clercq, 2018).

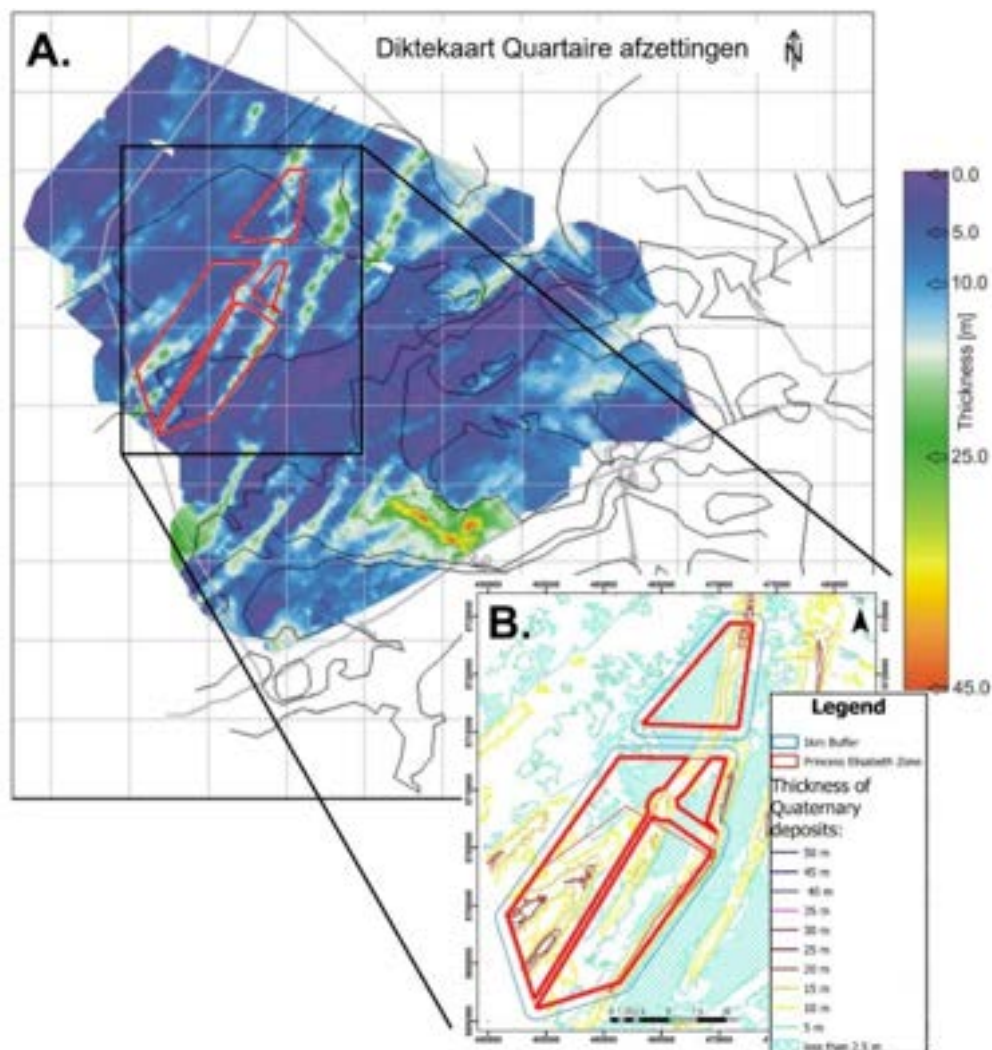
De top van het Paleogeen wordt gekenmerkt door een aantal geomorfologische bodemvormen, zoals riviervalleien en -terrassen. De PEZ bevindt zich ter hoogte van zowel het 'middle' als 'offshore' platform welke gescheiden worden door de 'offshore scarp' (aangeduid als OS in Figuur 5-8; zie ook § 5.5.2.2 en Figuur 5-60 verder in dit MER). Deze vormt naar alle waarschijnlijkheid een restant van de valleiflank van de vroegere rivierinsnijding van de Maas (Mathys, 2009; De Clercq, 2018; van den Brenk et al., 2021). Nabij de Franse grens bevindt zich de Fairy vallei (FV op Figuur 5-60, verder in dit MER) die zich van zuid naar noordelijke richting uitstrekt in kavels PE II en PE III (Fugro, 2022).

Tabel 5-2 – Overzicht van de geologische eenheden aanwezig in de Prinses Elisabeth-zone (naar Fugro, 2022), met indicatie van de verdeling binnen de drie PEZ kavels. Diktes van de lagen werden aangevuld vanuit het voorbereidend geofysisch onderzoek in de PEZ (GEOxyz/G-tec, 2023).

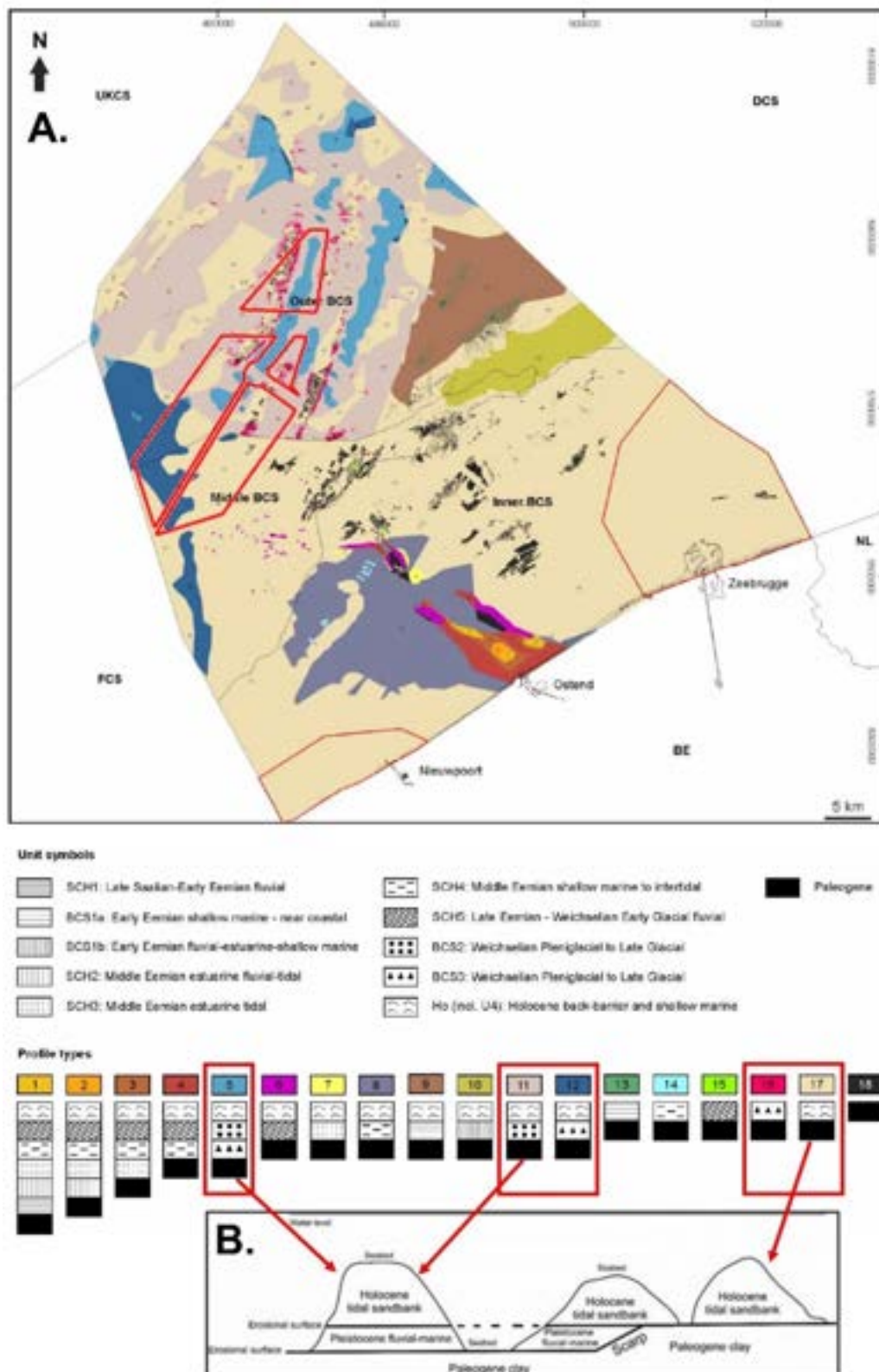
Eenheid	Tijdvak	Naam	Afzettingsmilieu	Geotechnische beschrijving	Distributie binnen de PEZ	Distributie binnen de kavels
Ia	Holoceen	Holoceen	Marien – mobiele sedimenten	Zeer los tot los ZAND	Noordhinder Noord, Noordhinder Zuid, Fairybank	PE I, PE II, PE III
Ib	Holoceen	Holoceen	Marien	Zeer dicht ZAND	Noordhinder Noord, Noordhinder Zuid, Fairybank	PE I, PE II, PE III
II	Pleistoceen	Pleistoceen	Estuarien tot marien	Zeer dicht ZAND met lokaal lagen van KLEI en SILT	Noordhinder Noord, Noordhinder Zuid, Fairybank	PE I, PE II, PE III
IIIa		Gentbrugge (Y3) Dikte ca. 0 – 25 m; in PEZ: 17 m (GEOxyz/G-tec, 2023)	Marien	KLEI met zeer hoge tot extreem hoge sterkte, met enkele holtes met zand (ingevulde graafgangen)	Noordhinder Noord	PE I
IIIb	Vroeg Eoceen	Tielt (Y2) Dikte ca. 30 m; in PEZ: max. 36 m (GEOxyz/G-tec, 2023)	Marien tot deltaïsch	KLEI met zeer hoge tot extreem hoge sterkte, met laminaties tot lagen van dicht tot zeer dicht zand	Noordhinder Noord	PE I
IIIc		Kortrijk (Y1) Dikte ca. 150 – 180 m; in PEZ: min. 195 m (GEOxyz/G-tec, 2023)	Marien	KLEI met zeer hoge tot extreem hoge sterkte, met laminaties tot lagen van silt en zand. Met lokaal kleisteen nodules, laminaties en lagen	Noordhinder Noord, Noordhinder Zuid, Fairybank	PE I, PE II, PE III

De Paleogene formaties en geomorfologische bodemvormen worden afgedekt met een laag Quartaire sedimenten, afgezet onder invloed van mariene, riveriene, estuariene en periglaciaire condities, bovenop een veelal erosief oppervlak (Mathys, 2009; De Clercq, 2018). De diktes van deze Quartaire afzettingen in het projectgebied PEZ variëren tussen 0 m in de geulen tot meer dan 25 m op de zandbanken (Figuur 5-9 A.), maar over het algemeen wordt het grootste deel van de PEZ gekenmerkt door afzettingen onder 10 m dikte (Figuur 5-9 B.). De geologische desktop studie in de PEZ beschrijft een dikte van het Quartair dek van ongeveer 0,5 – 5 m tussen de zandbanken in het projectgebied, en ongeveer 15 – 30 m ter hoogte van de zandbanken zelf (Fugro, 2022). Tijdens het geofysisch onderzoek in de PEZ werd eveneens aangetoond dat het Quartair dek het dikst is ter hoogte van de zandbanken en de zandduinen in het projectgebied, tot ca. 36 m dik (GEOxyz/G-tec, 2023).

Ten noorden van de offshore scarp (voornamelijk kavels PE I en PE III), en in de ingesneden riviervallei ter hoogte van de Fairybank (kavels PE II en PE III), zijn er restanten van Pleistocene estuariene tot ondiepe mariene sedimenten met daarbovenop Holocene afzettingen terug te vinden. Ten zuiden van de scarp, met name in kavel PE II, zijn de Pleistocene sedimenten doorheen de tijd echter geërodeerd waardoor de Holocene afzettingen rechtstreeks op de Paleogene onderlaag rusten (zie Figuur 5-10; De Clercq, 2018; Fugro, 2022). Tussen de Holocene en Pleistocene sedimenten bevindt zich een erosieoppervlak dat gekenmerkt wordt door een laag grind van gemiddeld ca. 15 cm, maar lokaal tot 110 cm dik (IMDC, 2022 en referenties daarin). Dit zijn tevens de locaties waar er dagzomend grind kan geobserveerd worden (zie volgende sectie 5.1.2.4). In vergelijking met andere locaties in het BNZ, is er ter hoogte van de Hinderbanken en het projectgebied PEZ een hogere aanwezigheid van grindbedden gesitueerd (zie verder).



Figuur 5-9 – **A.** Overzichtkaart van de dikte van de Quartaire afzettingen in het BNZ (naar Mathys, 2009), met aanduiding van de Prinses Elisabeth-zone als rode contour. **B.** Detail van de dikte van Quartaire afzettingen ter hoogte van het projectgebied PEZ (Fugro, 2022)



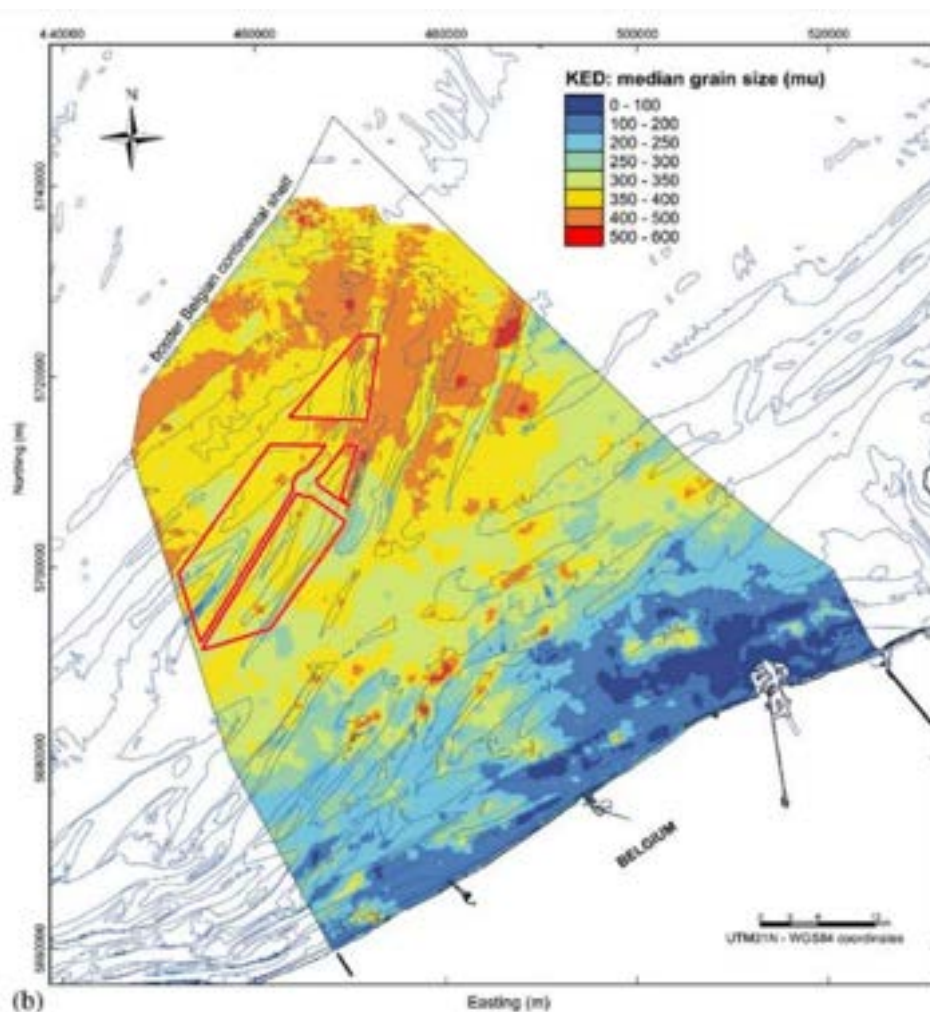
Figuur 5-10 – **A.** Overzicht van de geologische opbouw van de zeebodem in het BNZ, met aanduiding van de kavels in de PEZ in rode contour (naar De Clercq, 2018). De verschillende profieltypen worden onderaan de figuur weergegeven, en diegene die voorkomen binnen de Prinses Elisabeth-zone zijn aangeduid in rode contour. **B.** Schematische weergave van de Hinderbanken stratigrafie (naar IMDC, 2022) met een link (rode pijlen) naar de voorkomende profieltypen in de PEZ.

5.1.2.4 Sedimentkarakteristieken

Granulometrie – korrelgrootteverdeling

Het BNZ wordt gekenmerkt door een veelal zandige zeebodem van verschillende korrelgroottes. Op basis van Figuur 5-11 en onderzoek van Verfaillie et al. (2006) kan afgeleid worden dat de gemiddelde korrelgrootte in het BNZ op de meeste plaatsen verder offshore varieert tussen ca. 350 en 500 μm , wat overeenkomt met lithologische klasse 'medium zand'. Hoe dichterbij de kust, hoe fijner het sediment doorgaans wordt (Figuur 5-11).

Specifiek literatuuronderzoek omtrent de omstandigheden in de PEZ (Fugro, 2022) toont aan dat zowel bovenop Noord- en Westhinder als in de getijdegeulen ertussen voornamelijk medium zand en grofkorrelig sediment met korrelgroottes van 300 – 400 μm wordt aangetroffen. Ter hoogte van de Fairybank is er een zone waar sediment met een korrelgrootte van minder dan 300 μm voorkomt (Fugro, 2022). In het voorbereidend geofysisch onderzoek in de PEZ werden op basis van side-scan sonar data drie lithologische sedimenttypes onderscheiden: zand, grofzandig substraat en grind (GEOxyz/G-tec, 2023).



Figuur 5-11 – Korrelgrootteverdeling in het BNZ (bron: Verfaillie et al., 2006), met aanduiding van de PEZ kavels (rode contour)

Naast zanden komen er lokaal ook grindbedden voor tussen de Noordhinder en Westhinder (zie volgende sectie). De locatie van deze grindbedden werd in het kader van EDEN2000-onderzoek in het projectgebied nader in kaart gebracht (Montereale-Gavazzi et al., 2023a; zie ook Figuur 3-2).

Grindbedden

Binnen het BNZ en het studiegebied PEZ komen grindbedden voor, naast de zandige sedimenten (zie eerder). Deze natuurlijke grindbedden vormen onderdeel van het beschermd Europees habitattype 1170 (Riffen), en worden gekenmerkt door een heterogene verdeling van grind en zand. De harde substraten zijn vaak relict van afzettingen waarvan het fijnere materiaal werd weggespoeld door stroming en getij, waarna de grove fractie achterbleef. In het BNZ komen grindbedden voornamelijk verder uit de kust voor, ter hoogte van de geulen tussen de zandbanken van de Hinderbanken (Figuur 5-12 A.) Omwille van het gegeven dat de grindbedden een hard substraat bieden welke ideaal is voor de kolonisatie door allerlei organismen (epifauna; zie ook § 5.4.2.2 en 5.4.2.5 verder in dit MER), herbergen ze een rijke fauna (biodiversiteitshotspots) en een enorm ecologisch potentieel. Echter, zijn ze ook kwetsbaar voor verstoring, waardoor de druk op deze grindbedden door de waaier aan menselijke activiteiten in het BNZ toeneemt (o.a. verzanding, facilitatie invasieve soorten, etc.). Binnen voorliggend MER wordt er, omwille van het voorkomen van grindbedden in het projectgebied (zie Figuur 5-12) en de overlap met het Habitatrictlijngebied 'Vlaamse Banken', aangemeld voor onder meer habitattype 1170 waartoe deze grindbedden behoren (zie ook Hoofdstuk 7 'Ontwerp passende beoordeling'), de nodige aandacht aan dit habitat besteed binnen de verschillende disciplines.

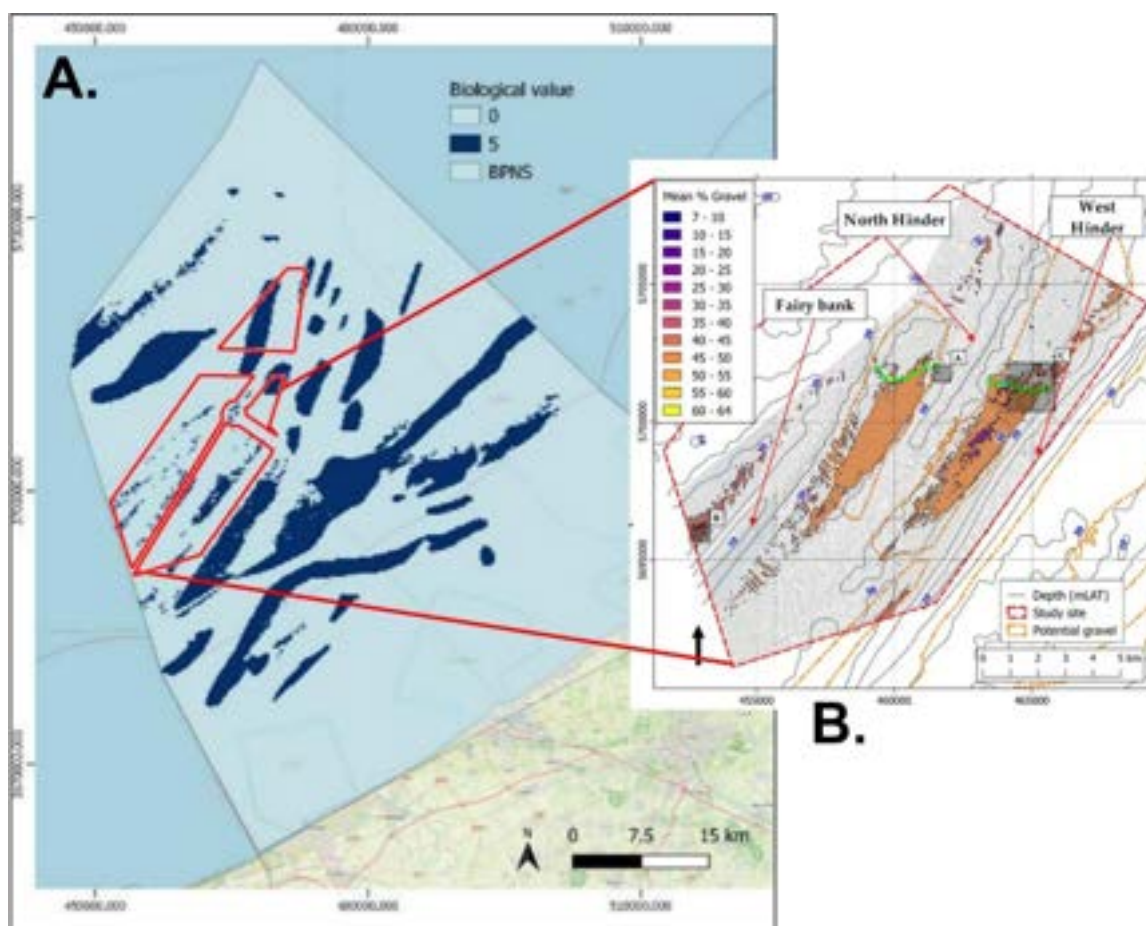
De huidige kennis omtrent de grindbedden werd in opdracht van FOD Leefmilieu door het KBIN in kaart gebracht in de recente EDEN2000-studie 'Kartering van grindbedden' waarvan de resultaten op de website <https://www.health.belgium.be/nl/eden2000-studies> te vinden zijn (Montereale-Gavazzi et al., 2020, 2023a). Op basis hiervan werd door het KBIN een kaart van het volledige studiegebied PEZ gedeeld (grindbedden + 500 m buffer), welke als basis zal dienen voor de effectbesprekingen en beoordelingen binnen voorliggend MER (zie ook § 3.2 en Figuur 3-2). Belangrijk hierbij is op te merken dat het karteren van deze grindbedden slechts een momentopname is en dat er dus met enige onzekerheid rekening moet worden gehouden.

Het studiegebied PEZ herbergt met name binnen kavels PE II en PE III grindbedden (Figuur 3-2, en herneming hiervan hieronder), welke onderverdeeld worden in drie verschillende types naargelang hun potentieel ecologische waarde:

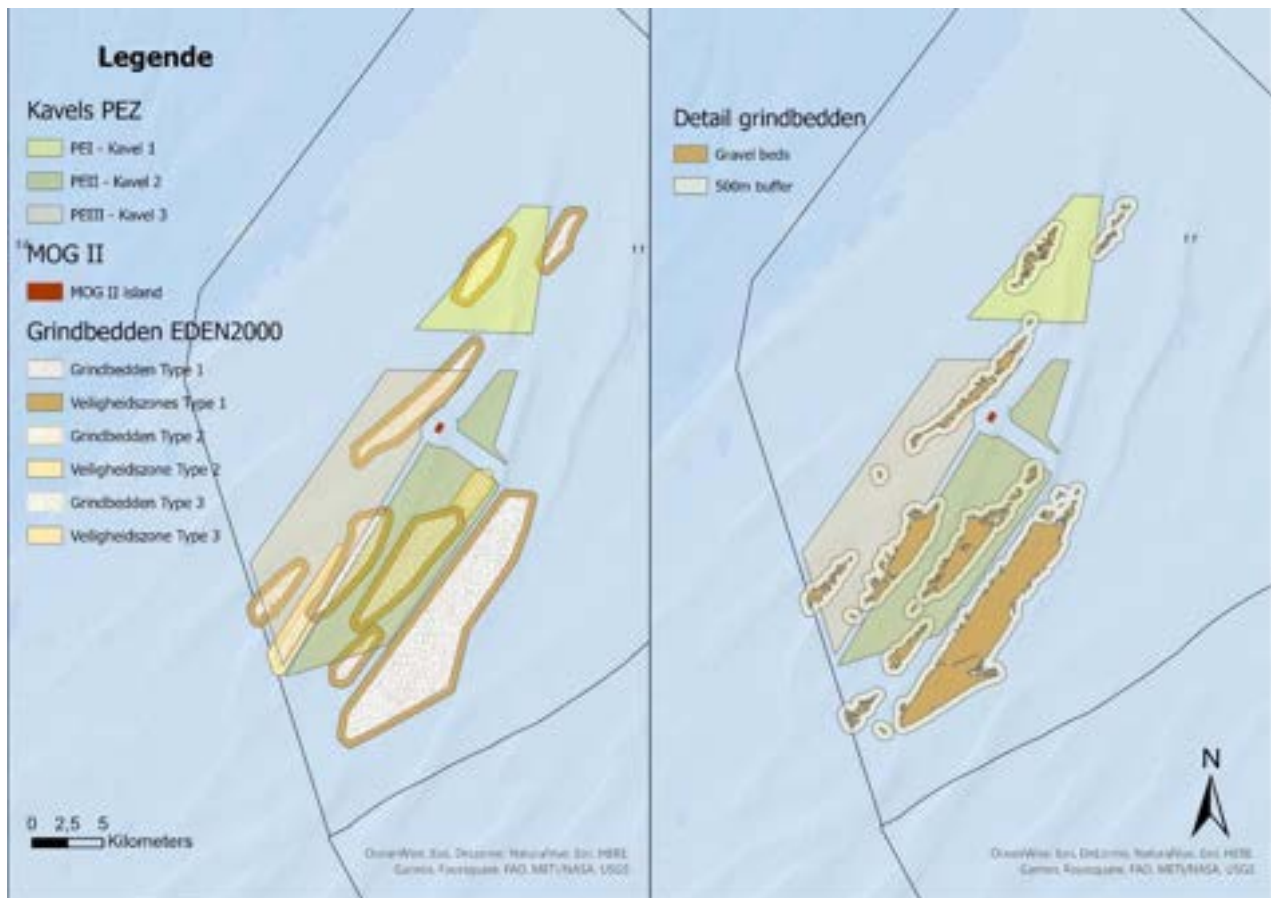
- Type 1 bestaat uit een landschap van een groot aaneengesloten gebied met hoge kans op voorkomen van dagzomend grind. Dit type heeft een hoge kans op maximaal ecologisch potentieel en een hoge kans op bouwrestricties in het kader van milieuvergunbaarheid. Nagenoeg alle grindbedden in de PEZ zijn van dit type;
- Type 2 duidt op kleinere gebieden met hoge kans op voorkomen van dagzomend grind afgewisseld met grofzandige barchaanduinen. Dit type heeft een hoge kans op groot ecologisch potentieel en een reële kans op bouwrestricties in het kader van milieuvergunbaarheid. Binnen de PEZ is er één uitloper in het ZW van kavel PE III geklasseerd als type 2;
- Type 3 tenslotte, bestaat uit kleinere gebieden met lage kans op voorkomen van dagzomend grind. Er heerst bijgevolg een lage kans op ecologisch potentieel en op bouwrestricties in het kader van milieuvergunbaarheid.

Daarom zullen deze ook niet verder besproken worden in de effectbespreking (§ 5.1.4). Binnen de PEZ is dit type beperkt terug te vinden aan de oostelijke zijde van kavel PE II.

Één van de kenmerken van de zandige en grindrijke substraten ter hoogte van de offshore Hinderbanken en de PEZ is dat deze doorlatend of permeabel zijn (Toussaint et al., 2021), wat wil zeggen dat ze in staat zijn om vloeistoffen door te laten (IMDC, 2022). Aanwijzingen in het mariene milieu tonen aan dat biogeochemische activiteit en mineralisatieprocessen optimaal kunnen doorgaan in zulke doorlatende ondergrond, waardoor de waterkolom efficiënt gevoed kan worden met de anorganische bouwstenen die nodig zijn voor primaire productie (KBIN-OD Natuur, 2022). Eventuele toevoeging van fijner materiaal aan zandig en grindrijk substraat kan de permeabiliteit beïnvloeden, waardoor het sediment kan veranderen van een bron aan anorganische voedingsstoffen richting waterkolom tot een sink waarin organisch materiaal zich ophoopt in het sediment. Dit ‘verfijnen’ van het sediment wordt beschouwd als onomkeerbaar proces en heeft ook gevolgen voor de aanwezige bodemfauna (zie ook effectbespreking onder § 5.4.3; Lefaible et al., 2023).



Figuur 5-12 – A. Eerdere indicatie van de ruimtelijke verspreiding van het potentieel voorkomen van grindbedden (waarde 5 = potentiële grindbedlocatie) in het BNZ (naar Pecceu et al., 2021), met aanduiding van de Prinses Elisabeth-zone (rode contour). **B.** Meer recente detailkaart van een deel van de PEZ (overlap met SBZ-H Vlaamse Banken) met aanduiding van de nauwkeurigere voorspelde grindpercentages nabij de Hinderbanken, naar het KBIN grind model 2022 van Montereale-Gavazzi et al. (2023a) in kader van de EDEN2000 studies



Herneming van Figuur 3-2 – **Links:** grindbedlocaties ter hoogte van de PEZ, volgens de EDEN2000-studie 'Kartering van grindbedden' waarvan de resultaten op de website <https://www.health.belgium.be/nl/eden2000-studies> te vinden zijn. Grindbedden zijn onderverdeeld in Type 1, Type 2 en Type 3. **Rechts:** gedetailleerde grindbedlocaties binnen de PEZ (Bron: Montereale-Gavazzi et al., 2020, 2023a; KBIN).

Chemische samenstelling van de bodem

De chemische samenstelling van de bodem is van belang in het kader van verontreiniging van het mariene milieu (gelinkt aan descriptor 8 van de KRMS). Binnen het BNZ wordt de concentratie aan vervuulende stoffen zowel in de waterkolom (cf. Kaderrichtlijn Water (KRW)), als in biota, sediment en vogeleieren (cf. OSPAR) gemonitord. De effecten op het mariene ecosysteem worden eveneens opgevolgd, door het analyseren van polychloorbifenylen (PCB's), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), zware metalen, en organotinverbindingen (Belgische Staat, 2018a). Momenteel zijn er 10 evenwichtig verspreide monitoringsstations opgenomen in het BNZ netwerk (zie Belgische Staat, 2018a voor hun locatie) waar halfjaarlijks sedimentstalen worden verzameld. Binnen het studiegebied PEZ is één monitoringsstation (code W08) gelegen, ter hoogte van Fairybank. Resultaten voor het hele BNZ (en dus het volledige monitoringsnetwerk) worden echter verondersteld representatief te zijn voor de PEZ ook.

Uit de meest recente 'Actualisatie van de Initiële beoordeling voor de Belgische mariene wateren' (Belgische Staat, 2018a) in kader van KRMS en de Quality Status Report 2023 van OSPAR (Larsen et al., 2022) blijkt dat voor veel verontreinigende stoffen de goede milieutoestand niet gehaald wordt. Met name in de groep van de persistente, bio-accumulerende en toxische stoffen (e.g., PCB's en kwik) wordt de norm overschreden. Door hun persistente aard zullen deze bovendien

slechts zeer geleidelijk afnemen in concentratie en daarom lang in het mariene milieu voorkomen. Echter, door een aantal maatregelen en beleidskaders op internationaal niveau (zie ook § 2.1), en het verbod van tributyltin (TBT) als antifouling verf op scheepsrompen sinds 2003, worden dalende concentraties genoteerd voor stoffen als kwik, lood, TBT, PCB's en PAK's. Voor PCB's (overschrijding OSPAR milieukwaliteitsnorm) in mariene sedimenten van het BNZ worden geen significante dalingen sinds 2005 genoteerd, al is dit op ruimere schaal en langere tijdsperiode (1995 – 2015) wel het geval in het zuidelijke deel van de Noordzee. Normen voor PAK's worden niet overschreden in mariene sedimenten (Belgische Staat, 2018a). Voor verschillende zware metalen (Cu, Cr, Pb, Zn, Hg, Cd), ten slotte, wordt de norm in het mariene sediment op meerdere monitoringslocaties wel overschreden.

5.1.2.5 Stromingskarakteristieken

Waterdieptes

Voor een beschrijving van de waterdieptes wordt verwezen naar § 5.1.2.2 onder bodem. De waterdiepte in het projectgebied PEZ varieert tussen 5 m onder LAT en 45 m onder LAT, en bedraagt gemiddeld ca. 29 m onder LAT. Tussen de kavels zijn er kleine verschillen in gemiddelde diepte, met ca. 31 m in kavel PE I, ca. 27 m in kavel PE II en ca. 29 m in kavel PE III.

Hydrodynamica

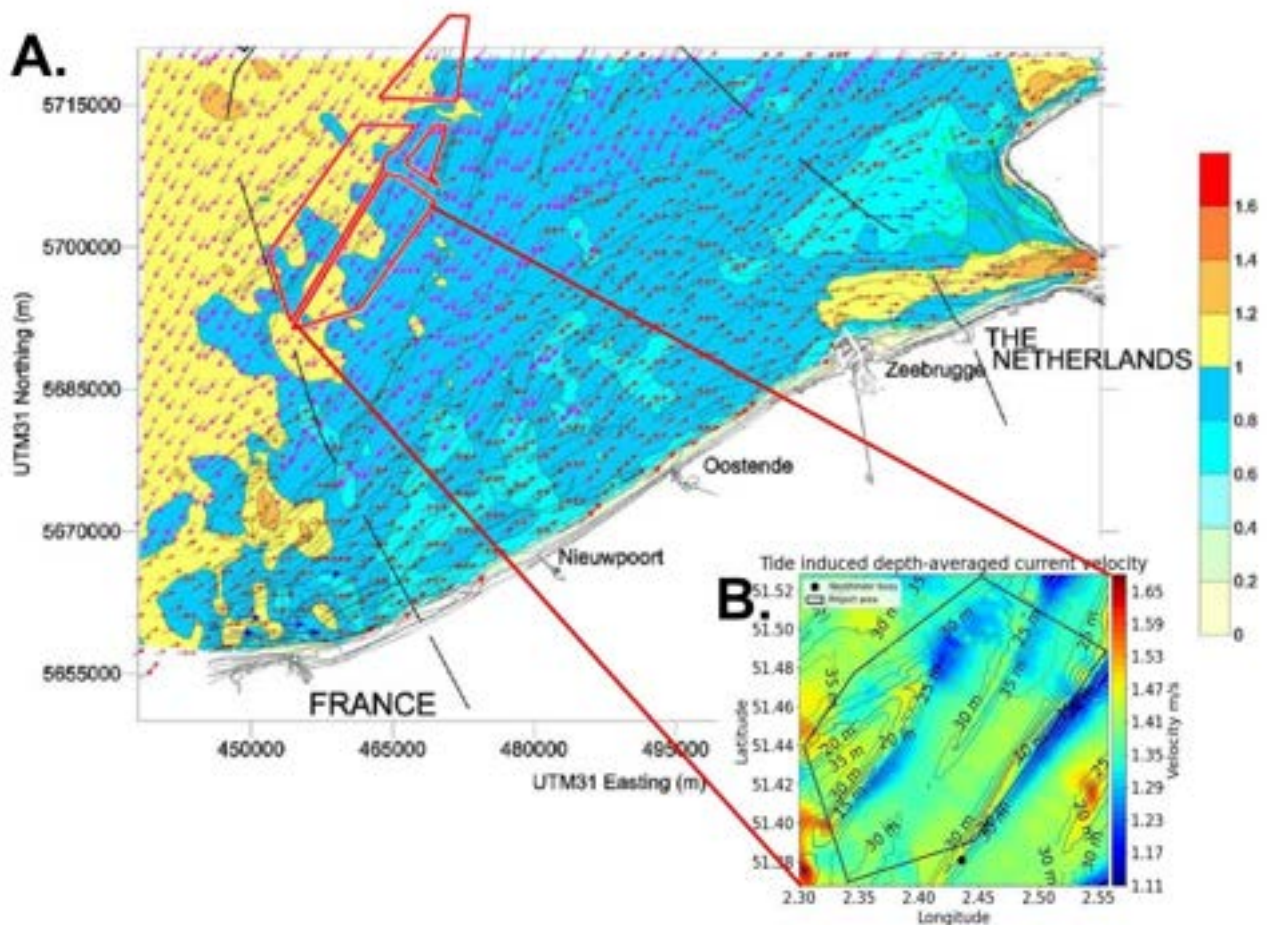
De hydrodynamica van het BNZ wordt gedomineerd door een sterke getijdenwerking, welke semi-diurnaal optreedt (van den Brenk et al., 2021). Deze getijdenwerking is de resultante van de getijdengolven in de Atlantische Oceaan, en de eb- en vloedstromingen verlopen min of meer parallel met de kust. De amplitude van het getij (i.e. verschil tussen eb en vloed) bedraagt minder dan 4 m bij doortij en meer dan 5 m bij springtij.

Al sinds de jaren 1980 worden wind-, getij- en golfmetingen uitgevoerd op het BNZ, binnen het Meetnet Vlaamse Banken (<https://meetnetvlaamsebanken.be/>). Op basis van deze metingen kunnen statistische gemiddelden bepaald worden voor de verschillende meetlocaties. De locatie die zich het dichtst bij het projectgebied PEZ bevindt, is de boei en meetpaal ter hoogte van de Westhinder zandbank. In 2022 bedroeg het gemiddelde getij (in m TAW) ter hoogte van het meetstation Westhinder 2,38 m (Meetnet Vlaamse Banken, data download dd. 19 april 2023).

Onder invloed van de dominante wind- en golfrichting is ook de getijstroom georiënteerd volgens een ZW – NO richting. Dicht nabij de kust en langs de Vlaamse Banken domineert de vloedstroom (resulterende NO stroming) welke wordt gekenmerkt door snelheden aan het oppervlak van ca. 1 m/s (Figuur 5-13). Echter, ter hoogte van het projectgebied PEZ (Hinderbanken) en verder offshore is de ebstroom de dominante stroomrichting (ZW), en worden snelheden van 0,8 tot 1,4 m/s genoteerd (Lanckneus et al., 2001; Figuur 5-13). Over het algemeen worden lagere stroomsnelheden verwacht nabij de kust. Hoe verder richting de PEZ, hoe hoger de verwachte stroomsnelheden.

In het kader van het MOG2 energie-eiland, werden er in het MER (IMDC, 2022) specifieke metingen uitgevoerd in de PEZ. De gemeten maximale stroomsnelheden bedroegen 1,2 m/s bij doortij, en 1,45 m/s bij springtij, wat overeenkomt met

het kaartmateriaal in Figuur 5-13. Als bijkomende observatie, werden doorgaans hogere snelheden bovenop de zandbanken gerapporteerd (IMDC, 2022). Wat betreft de gemiddelde stroomsnelheid, werd tijdens springtij 0,52 m/s opgetekend, en tijdens doodtij 0,35 m/s. Gezien het projectgebied in voorliggend MER hetzelfde is als dat van het MOG2 energie-eiland (weliswaar ruimer), kunnen gelijkaardige cijfers aangehouden worden in de effectbeoordelingen in deze studie.



Figuur 5-13 – A. Overzichtskaart van de maximale stroomsnelheden (m/s) van eb- en vloedstroom in het BNZ (naar Lanckneus et al., 2001), met indicatie van de Prinses Elisabeth-zone (rode contour). B. Detail van een deel van het projectgebied, waar een hoger resolutie hydrodynamisch model (Van den Eynde et al., 2023c) werd ingezet om dieptegemiddelde stroomsnelheden te bepalen

Golfhoogtes

Windgolven worden gekarakteriseerd door golfhoogtes en golfperiodes. De hoogste golven in het BNZ zijn doorgaans terug te vinden wanneer de wind uit noord- tot noordwestelijke windrichting komt. Over het algemeen nemen gemiddelde golfhoogtes toe in zeewaartse richting, met toenemende waterdiepte (al kunnen lokale variaties verwacht worden onder invloed van de verschillende zandbanken en andere bodemvormen in het BNZ; zie eerder). Dichter bij de kust speelt toenemende bodemwrijving een grotere rol, waardoor de golven (onder invloed van afnemende

golfsnelheden) kleiner worden en de gemiddelde significante golfhoogte³⁴ ca. 0,5 tot 1 m bedraagt. De gemiddelde golfperiode ter hoogte van de kust bedraagt ca. 3,5 – 4,5 s (Van Lancker, 1999). In 2022 bedroeg de gemiddelde golfhoogte ter hoogte van het meetstation Westhinder 102,5 cm (Meetnet Vlaamse Banken data download dd. 19 april 2023). Langere tijdsreeksen (zie IMDC, 2022 voor details) ter hoogte van het projectgebied tonen aan dat significante golfhoogtes kleiner dan 1,0 m voor meer dan 50% van de tijd optreden. Golfhoogtes groter dan 2,0 m komen slechts ongeveer 10 % van de tijd voor in het projectgebied.

Bodemschuifspanning

De bodemschuifspanning is een maat voor de bodemdynamiek die zowel de invloed van de stroomsterkte als de invloed van de golfwerking in rekening brengt (Winter and Jongbloed, 2018). Deze bepaalt de mate van erosie, resuspensie en depositie van materiaal ter hoogte van de zeebodem en vormt als het ware de link tussen materiaal in de waterkolom en op de zeebodem. In het kader van potentiële effecten naar sedimenttransport en sedimentatie is deze parameter dus van groot belang. Binnen voorliggend MER wordt voor bodemschuifspanning verwezen naar de resultaten van een numerieke modellering van de referentiesituatie in het kader van het MER van het MOG2 energie-eiland (IMDC, 2022), omwille van de nabijheid van de PEZ, alsook naar de resultaten voor de hele PEZ binnen het EDEN2000 onderzoek van Van den Eynde et al. (2023b).

Hieruit blijkt dat de bodemschuifspanning (gemiddeld over een springtij-doodtij cyclus) in de omgeving van de West 1 eilandlocatie (binnen kavel PE II) onder invloed van het getij tijdens een zomersituatie ca. 0,4 N/m² bedraagt (IMDC, 2022). Bij wintercondities (gemiddelde getijcondities in combinatie met golfwerking onder een éénjarige storm) op dezelfde locatie bedraagt deze gemiddeld ca. 0,5 N/m². Onderzoek in het kader van de EDEN2000 studies (Van den Eynde et al., 2023b) noteert bodemschuifspanningen die gemiddelde tussen 0,5 en 0,8 Pa (of N/m²) variëren, en ter hoogte van de toppen van de zandbanken Noordhinder Noord en ten zuiden van de Fairybank tot lokaal 0,9 Pa en hoger kunnen gaan. Dit betekent dat voor de hele PEZ, de gemiddelde bodemschuifspanning hoog genoeg zal zijn om fijn materiaal in suspensie te brengen gedurende hogere stromingssnelheden in het gebied.

5.1.2.6 Sedimenttransport

Belgische deel van de Noordzee

Onder invloed van de stromingskarakteristieken besproken in voorgaande § 5.1.2.5, vindt er sedimenttransport plaats binnen het BNZ. Voortschrijdend inzicht tijdens de laatste jaren heeft geleid tot een onderscheid tussen de sedimentbalans van fijn materiaal enerzijds, en zand anderzijds. Voor slib (fijne fractie) kan aangenomen worden dat ca. 20 miljoen ton droge stof per jaar door het Nauw van Calais naar het BNZ wordt getransporteerd (Van Lancker et al., 2007). Voor de zandfractie is dit echter minder zeker, en wordt er gedacht aan lokale herschikkingen om de

³⁴ De golfhoogte is het verschil in hoogte tussen een golfkam en het daaropvolgende golfdal. De significante golfhoogte is de gemiddelde hoogte van het hoogste één derde deel van de verzameling golfhoogtes in het beschouwde tijdvak. De golfperiode is het verschil in tijd tussen de passage van twee opeenvolgende golfkammen.

volumetoenames en -afnames van zandbanken (welke in het verleden verondersteld werden stabiel te blijven) te verklaren.

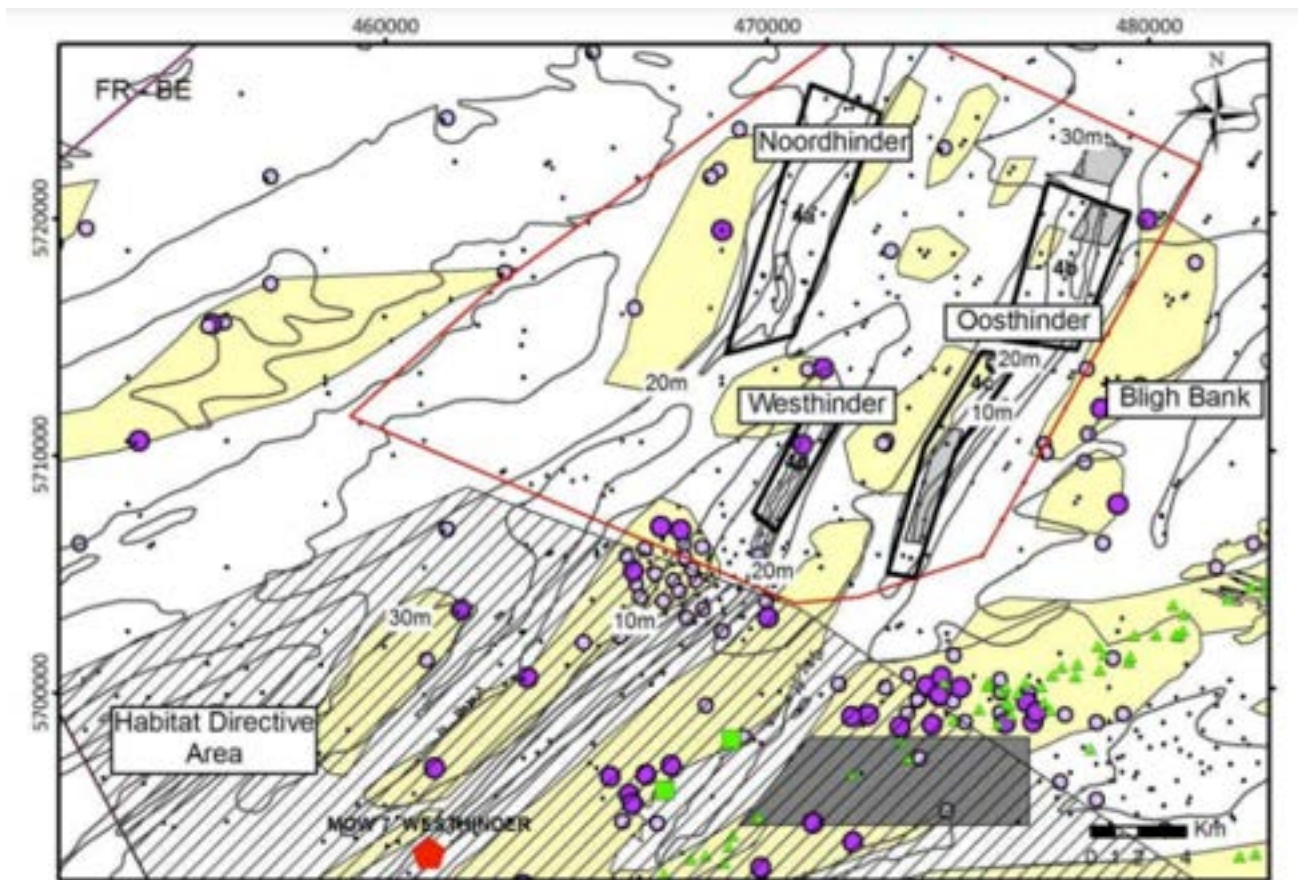
Afhankelijk van de dominante stroomrichting, zal ook de sedimenttransportrichting in een getijdensysteem variëren doordat een grotere hoeveelheid zand wordt getransporteerd tijdens ofwel vloed ofwel eb. Dit fenomeen resulteert in een asymmetrie van de voorkomende bodemvormen (ribbels, megaribbels, zandduinen), waarbij de residuele vloedstroom verantwoordelijk is voor een vloedasymmetrie op de westelijke zandbankflank en het oostelijk deel van de geul, en de residuele ebstroom voor een eb-asymmetrie op de oostelijke flank en het westelijk deel van de geul (IMDC, 2022). Op deze manier wordt een convergentie van zand en sedimentophoging op de zandbanktop gecreëerd.

Prinses Elisabeth-zone

Zoals besproken in voorgaande § 5.1.2.5 en weergegeven in Figuur 5-13, is de residuele stroomrichting, en daarmee dus ook sedimenttransportrichting, ter hoogte van de kustnabije zone de vloedrichting (NO), terwijl dit verder offshore en richting projectgebied de ebrichting (ZW) is.

Meer detailonderzoek in kader van het MER voor MOG2 (IMDC, 2022) heeft aangetoond dat ter hoogte van het projectgebied PEZ de asymmetrie van de zandbanken zelf niet steeds het residueel zandtransport volgt. Dit komt doordat zandbanken (als grootste bodemvormen) zich eerder traag aanpassen aan de huidige hydrodynamische omstandigheden. De meer mobiele zandduinen/golven en ribbels vertonen wel een asymmetrie die in 42 % van de gevallen eb-gedomineerd was, tegenover 26 % vloed-gedomineerd (IMDC, 2022 en referenties daarin). De ebstroming in het projectgebied is, ondanks dat deze minder lang invloed uitoefent, krachtiger dan de vloedstroming waardoor deze meer sediment in suspensie kan brengen.

Offshore activiteiten zoals visserij, zandontginning en windparken kunnen zorgen voor (al dan niet meer) lokale pluimvorming en gewijzigde sedimentatieprocessen (Van den Eynde et al., 2023b). In Figuur 5-14 zijn verschillende offshore activiteiten geïllustreerd die een effect kunnen hebben op de sedimentatieprocessen ter hoogte van de potentiële grindbedden in het projectgebied PEZ. Hier wordt verder op ingegaan in de effectbespreking van voorliggend hoofdstuk, (zie § 5.1.4), en in het hoofdstuk rond cumulatieve effecten (§ 6.3).



Figuur 5-14 – Overzichtskartaal van activiteiten ter hoogte van de Hinderbanken (i.e. projectgebied PEZ) welke een invloed kunnen hebben op sedimentatie in het gebied. Zo is er intensieve mariene aggregaatwinning toegestaan in de verschillende sectoren van concessiezone 4 (zwarte polygoenen). De positie van de Westhinder meetpaal (Vlaamse Hydrografie) wordt aangeduid als rode vijfhoek. Het SBZ-H 'Vlaamse Banken' wordt weergegeven met arcering. De grijze veelhoek in het SBZ-H 'Vlaamse Banken', ten slotte, is een ankergebied. Aanwezigheid van grind (paarse stippen) en stenen (groene driehoeken) op basis van Van Lancker et al. (2016) wordt aangegeven, waarbij de grootte van de stippen in verhouding staat met de relatieve hoeveelheden (minimum 20 % grind). De lichtgele gebieden zijn de zones waarin er een hoger potentieel op het aantreffen van grind heerst. De groene vierkanten ten westen van de Oosthinder stellen grindrefugia voor die ecologisch waardevolle grindbedden herbergen.

5.1.2.7 Waterkwaliteit

Fysicochemische parameters

Net zoals voor een aantal van de stromings- en golfkarakteristieken in voorgaande secties, worden er binnen het BNZ ook fysicochemische parameters verzameld (binnen hetzelfde meetnet Vlaamse Banken, of binnen de chemische monitoring in het kader van de KRW en OSPAR). Data kunnen opgehaald worden op het LifeWatch dataportaal (<https://rshiny.lifewatch.be/station-data/>).

Wat betreft **watertemperatuur**, worden waarden tussen 0,05 en ca. 20 °C genoteerd, met een gemiddelde van ca. 11 °C. Hierbij treden uiteraard seizoenale variaties op, alsook diepteverschillen. Tijdens de herfst en winter is de bodemtemperatuur hoger dan aan het wateroppervlak, maar vanaf de lente wordt het water aan het oppervlak warmer door de stijgende luchttemperaturen en constante warmte-uitwisseling aan het wateroppervlak. De

temperatuurschommelingen zijn doorgaans meer uitgesproken ter hoogte van de kust, en nemen af in zeewaartse richting.

De **saliniteit** in het BNZ bedraagt gemiddeld 31 – 35 g/kg of PSU. Net zoals de temperatuur zijn er lichte seizoenale variaties (omwille van riveriene invloed van Schelde, Rijn, Seine, Maas; **OSPAR Commission, 2000**; Degraer et al., 2018b). De saliniteit nabij de kust kan door de zoetwaterpluimen uit de rivieren variëren van 25 tot 32 PSU, en de saliniteit aan het wateroppervlak is hoger en constanter (32 ppt) dan aan de zeebodem (25 tot 31 ppt). Bovendien neemt de saliniteit ook toe met afstand tot de kust, waarbij een maximum van ca. 34,2 – 35,2 PSU in de PEZ bereikt wordt (data opgehaald voor station 421 op <https://rshiny.lifewatch.be/station-data/> in 2022; IMDC, 2022).

Nutriënten (stikstof N, fosfor P, en silicium Si) spelen een belangrijke rol in het marien ecosysteem gezien ze nodig zijn bij de primaire productie. De aanvoer van deze nutriënten kan op verschillende manieren, zowel via de atmosfeer (depositie) als via riveriene input. Voor stikstof gebeurt ca. 65 – 80 % van de input in de Noordzee via rivieren, voor fosfor is dit zelfs 80 – 85 % (OSPAR QSR 2010). Sinds het begin van de metingen in 1990 in de OSPAR-regio 'Greater North Sea', zijn de concentraties aan nutriënten N en P gradueel afgenomen (OSPAR QSR 2023; Axe et al., 2022). Concentraties zijn het hoogst in de kustnabije zone (omwille van hogere intensiteit aan menselijke activiteiten en riveriene input) en tijdens de winter (omwille van natuurlijke verhoogde primaire productie in de lente en zomer waardoor nutriënten gebruikt worden door algen). Verder offshore, ter hoogte van het projectgebied PEZ, wijzen de indicatoren voor stikstof en fosfor op een goede toestand (Belgische Staat, 2018a). In de kustzone (tot 1 zeemijl) wordt de goede milieutoestand vooralsnog niet bereikt (Belgische Staat, 2018a).

Ook voor bepaalde **metalen** worden de vooropgestelde milieukwaliteitsnormen in de Belgische territoriale wateren (2018a) overschreden. Via de BMDC databank (Belgian Marine Data Center; <https://www.bmdc.be/NODC/>) kunnen gegevens voor zowel metaalconcentraties in sediment als in de waterkolom opgevraagd worden. Hieruit blijkt dat de waarden in open zee ca. 0,1 – 2,6 µg/l voor zink (Zn), max. 0,001 µg/l voor kwik (Hg), max. 0,035 µg/l voor cadmium (Cd), max. 0,31 µg/l voor lood (Pb) en max. 1,0 µg/l voor koper (Cu) bedragen. Deze liggen veelal tussen de vooropgestelde OSPAR streefwaarde en grenswaarde. In de OSPAR Quality Status Report van 2000 werden achtergrondwaarden in de bredere OSPAR regio van ca. 5 – 25 ng/l Cd, ca. 0,1- 0,5 ng/l Hg, 5 – 20 ng/l Pb en ca. 50 – 360 ng/l Cu genoteerd. Voor tributyltin (TBT) worden waarden boven de grenswaarde genoteerd, voornamelijk in frequent gebruikte scheepsroutes (tot ca. 100 ng/l; OSPAR QSR 2000). Echter, sinds de ban op TBT in 2003 wordt aangenomen dat deze waarden verder zullen dalen in de toekomst (Belgische Staat, 2018a). In het projectgebied PEZ gelden waarden (vanuit BMDC databank voor station W08) die binnen deze grootteorde van richtwaarden voor de open zee in het BNZ liggen.

Wat betreft **olieverontreiniging** in het BNZ (zie ook § 5.7.2) vormen operationele en accidentele lozing van bunker- en smeerolie de belangrijkste bronnen van vervuiling. Onder invloed van beleidskaders zoals MARPOL, IMO richtlijnen en de Havenontvangstrichtlijn³⁵ (COM 2019/883) is het aantal operationele olielozingen voor onze kust echter sterk gedaald en

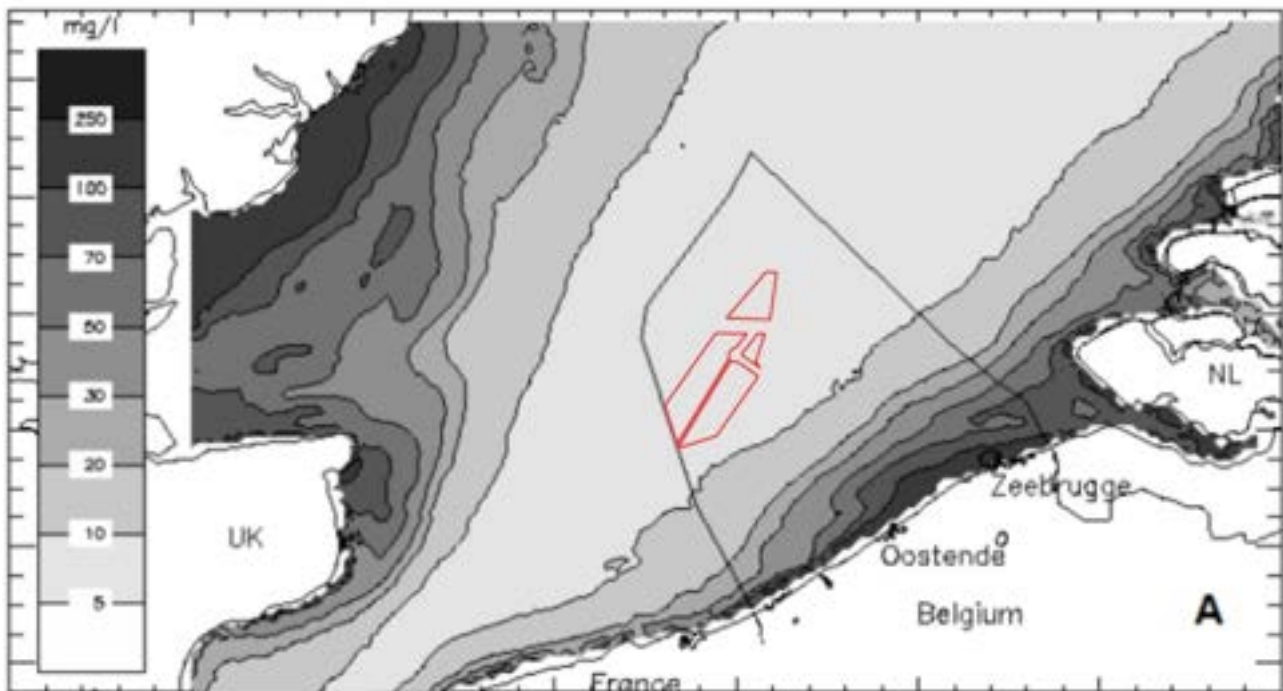
³⁵ Richtlijn (EU) 2019/883 van het Europees Parlement en de Raad van 17 april 2019 inzake havenontvangstvoorzieningen voor de afvalafgifte van schepen, tot wijziging van Richtlijn 2010/65/EU en tot intrekking van Richtlijn 2000/59/EG

de jaarlijks waargenomen olievolumes significant gedaald met ca. 90 % (BMM, 2020a). Voor meer informatie omtrent olielozingen wordt verwezen naar § 5.7.2 van voorliggend MER.

Turbiditeit en zwevend stof

Turbiditeit of troebelheid van het zeewater wordt bepaald door de hoeveelheid gesuspendeerde partikels in het water (suspended particulate matter, SPM) en bepaalt de lichtinval in de waterkolom welke belangrijk is voor het fotosynthetiserende fytoplankton. In het BNZ is er een zogenaamd turbiditeitsmaximum gesitueerd in de meer kustnabije zone, waar concentraties tussen 20 en > 150 mg/l aan het oppervlak (zie ook Figuur 5-15) en tussen 100 en > 4000 mg/l nabij de zeebodem gemeten worden (Lauwaert et al., 2016). Dit turbiditeitsmaximum wordt vooral veroorzaakt door natuurlijke processen, met een kleine bijkomende invloed van het storten van baggerspecie in de daarvoor toegewezen stortzones (Lauwaert et al., 2016; MRP 2020-2026, KB 22 mei 2019). Satellietbeelden en analyses van SPM concentraties aan het wateroppervlak tonen een duidelijke afname in concentraties SPM van de kust richting meer offshore (Figuur 5-15). Daarnaast zijn concentraties in kustnabije wateren lager in het westen (doorgaans < 10 mg/l), ter hoogte van de Vlaamse Banken, dan in het oosten van het BNZ, en is er ook een seizoenale variatie met lagere concentraties aan het wateroppervlak in de zomer dan in de winter (zie Lauwaert et al., 2016). Concentraties nemen toe bij stormcondities, waarbij ze tot 15 keer hoger kunnen liggen dan bij normale omstandigheden.

Net zoals andere karakteristieken van de waterkolom en het sediment (zie voorgaande paragrafen) wordt het SPM gehalte op regelmatige basis gemonitord in het BNZ, op een diepte van drie meter onder het wateroppervlak. Binnen de PEZ is het station W08 gelegen, waar een SPM gehalte tussen ca. 1 mg/l en 20 mg/l werd vastgesteld voor de periode 2011 – 2021, of gemiddeld 5 mg/l over diezelfde periode (BMDC data download dd. 3/5/2023). Binnen voorliggend MER wordt dan ook uitgegaan van een achtergrondconcentratie van 5 mg/l binnen de effectbeoordelingen en in de numerieke pluimmodellering (zie Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023).



Figuur 5-15 – Jaarlijkse en diepte-gemiddelde SPM concentratie (Suspended Particulate Matter) (mg/l) aan het wateroppervlak (naar Fettweis et al., 2010). De PEZ is weergegeven als rode contour.

5.1.3 Autonome ontwikkeling

Het kenmerkende getijdezandbanksysteem van het BNZ bestaat uit relatief stabiele structuren welke zich ongeveer 7.000 jaar geleden hebben gevormd, toen het getijklimaat vergelijkbaar was met het huidige. Veranderingen in parameters zoals zeespiegel, wind- en golfklimaat, stroming, chemische eigenschappen van het zeewater en de zeebodem, ed. onder invloed van klimaatverandering kunnen op lange termijn een invloed hebben op de heersende condities in het projectgebied. Binnen voorliggend MER wordt een constructie- en exploitatiefase geanticipeerd vanaf ca. 2028 tot 2049 à 2050 ongeveer. In die tijdspanne kunnen onder invloed van klimaatverandering een aantal van de hierboven beschreven parameters wijzigen, al zullen deze veranderingen in zeeniveau, watertemperatuur, waterkwaliteit of hydrodynamica over het algemeen niet significant zijn binnen de periode van uitvoering van voorliggend project.

Wel kan er een toename aan extreme stormen verwacht worden, welke een mogelijke invloed op de sedimentdynamiek in het BNZ en de PEZ kunnen hebben (zie CLIMAR rapport; Van den Eynde et al., 2011). Ook golven worden verwacht met ca. 1 % in hoogte toe te nemen over de komende decennia op basis van regionale modellen. In hoeverre deze wijzigingen in hydrodynamische parameters zich zullen vertalen in wijzigingen in de morfodynamische stabiliteit van het zandbanken- en geulensysteem in het BNZ is niet duidelijk. Op basis van zeven regionale klimaatmodellen tot 2100 werden in Susini et al. (2022) een aantal relevante klimaatparameters (zoals gemiddelde windsnelheden) voor offshore energieproductie in de Noordzee en Ierse Zee bepaald. Hierin werd melding gemaakt van een toename in westenwinden (net zoals ook werd opgetekend in Van den Eynde et al., 2011), een algemeen dalende trend in gemiddelde windsnelheden, en (net als in Van den Eynde et al., 2011) een toename in extreme gebeurtenissen (Susini et al., 2022). Andere mogelijke wijzigingen met betrekking tot klimaatverandering zijn een stijging van de watertemperatuur (met ca. 0,05 °C per jaar; Van den Eynde et

al., 2011), een toename van de zuurtegraad, een afname in het zoutgehalte, en een afname van het zuurstof in het water (IPCC, 2022).

Andere offshore activiteiten (e.g. zandextractie, visserij, ed.) welke doorheen de laatste decennia zijn toegenomen in intensiteit in het BNZ, en welke hebben geleid tot een toegenomen verzanding van de grindbedden in de PEZ, zullen ook wijzigingen ondergaan in de komende decennia. Ook de bouw en aanwezigheid van het MOG2 eiland in de PEZ zal op kortere termijn leiden tot wijzigingen in het sedimentatie/erosiepatroon in de omgeving van de windparken. In het MER voor het MOG2 eiland worden tijdens de constructiefase afzettingen van fijn sediment van ca. 1 cm dik tot op ongeveer 2 km van het eiland voorspeld op basis van modellering, met dichters tegen het eiland een zone waarbij over beperkte oppervlakte meer dan 2,5 cm fijn sediment wordt afgezet (IMDC, 2022). Omwille van gewijzigde lokale stromingspatronen rond het eiland en gewijzigde sedimentatie tijdens de operationele fase van het eiland wordt echter ook een verondieping/aanzanding van meer dan 1 m rondom het eiland verwacht (met name aan de lijzijde) tot op ca. 1,5 km afstand van de locatie van het eiland zelf (IMDC, 2022). Door de aanwezigheid van het eiland wordt ook verdieping verwacht tot ca. 10 m over een periode van 10 jaar in de nabijheid van het eiland. Enige wijzigingen in sedimentatiepatronen, morfologie, geologie, etc. ten gevolge van de werkzaamheden of de aanwezigheid van de PEZ windparken zullen hierdoor dus plaatsvinden tegen een achtergrond van de aanwezigheid van het MOG2 eiland in de zone en de effecten daarvan die zich kort voor aanvang van de constructie van de PEZ windparken zullen hebben gemanifesteerd.

Verder kan verwacht worden dat de antropogene invloed op de waterkwaliteit in het mariene milieu verder zal dalen. Bijvoorbeeld zouden de concentraties aan TBT, zware metalen, nutriëntentoevoer via rivier, etc. een positieve dalende trend moeten tonen in de toekomst. Deze trend is voornamelijk het gevolg van een strengere wetgeving en beleidsmaatregelen (vb. verbod op gebruik TBT, Kaderrichtlijn Water, Kaderrichtlijn Mariene Strategie, etc.).

5.1.4 Effecten

Binnen voorliggend MER worden twee typevoorbeelden turbines (12/13 MW en 22 MW) voorzien, met telkens drie mogelijke alternatieve funderingstypes: de monopile (MP), de jacket fundering (JF) en de gravitaire fundering (GBF), met als alternatief voor het heien van de palen bij monopile en jacket funderingen de suction bucket techniek (SB) (zie Hoofdstuk 4). Erosiebescherming kan zowel statisch als dynamisch zijn, maar wordt in voorliggend MER als statisch aangenomen, daar deze de worst-case benadering naar bodemverstoring inhoudt. Voor de kabels worden de 66 kV inter-array kabels individueel aangesloten op het MOG2 eiland, en zal er gebruik gemaakt worden van ofwel jetten ofwel ploegen als ingravingstechniek. Al bovenstaande zaken gelden voor de drie kavels in de PEZ.

De volgende parameters kunnen potentieel effecten ondervinden van de constructie, exploitatie en ontmanteling van de windparken en bijhorende bekabeling:

- Effecten op de bodem
 - Morfologie;
 - Geologie;

- Sedimentsamenstelling (korrelgrootteverdeling);
- Bodemkwaliteit (chemische samenstelling);
- Effecten op water
 - Hydrodynamica (stromingskarakteristieken: waterdiepte, golfhoogte, stroomsnelheden);
 - Sedimenttransport, pluimvorming, en sedimentatie;
 - Waterkwaliteit (fysico-chemische samenstelling);
 - Turbiditeit.

Deze worden in de onderstaande secties in meer detail besproken, opgedeeld in een luik meer gelinkt aan Bodem, en een luik meer gelinkt aan Water (al zijn beide nauw verbonden met elkaar). De effectbesprekingen worden daarnaast ook opgedeeld per uitvoeringsfase, waar relevant. Betreffende de turbiditeit en/of pluimvorming die optreedt tijdens de constructiefase, wordt tevens naar Externe bijlage 1 “Numerieke pluimmodellering” (Arcadis Nederland B.V., 2023) verwezen. Binnen onderstaande secties zullen ook de effecten op KRMS descriptor D6 (Bodemintegriteit), en D7 (Hydrografische omstandigheden) worden besproken.

5.1.4.1 Effecten op de bodem

Constructiefase

In deze sectie worden de effecten op de bodem beschreven voor de activiteiten ter voorbereiding en tijdens de constructie van de funderingen, turbines, erosiebescherming en kabels in de PEZ kavels, voor scenario's 1 en 2 binnen voorliggend MER. De verschillende activiteiten tijdens de constructie worden in meer detail beschreven in § 3.5.3. De verwachte duur van de gehele constructiefase wordt geschat op twee tot drie jaar (startende met kavel PE I, gevolgd door kavels PE II en PE III).

Tijdens deze constructiefase zullen onderstaande activiteiten een potentieel effect hebben op de zeebodem:

- Eventuele voorbereidende geotechnische surveys uitgevoerd door de kandidaat-ontwikkelaar(s). Deze worden echter niet in detail mee beschouwd binnen voorliggend MER daar hier nog onzekerheid rond bestaat, maar er wordt wel een indicatie gegeven van de grootteorde van de effecten van een standaard geotechnische survey (bestaande uit een aantal cone penetration tests (CPT's) en eventueel bijkomende boringen) op de zeebodem;
- Voorbereidende baggerwerken in functie van het nivelleren en/of voorbereiden van de zeebodem met een TSHD in het geval van o.a. funderingen en erosiebescherming. Het uitgebaggerde sediment dat uit de funderingsputten (inclusief hellingen) komt, zal moeten gestockeerd worden in daarvoor voorziene tijdelijke stortplaatsen in de PEZ kavels zelf. Tijdens de bagger- en dumpactiviteiten wordt aangenomen dat ca. 30 % van het materiaal verloren gaat (cf. aannames in het MER MOG2 (IMDC, 2022) en MER Mermaid (IMDC, 2013a));
- Voorbereidende baggerwerken in functie van het nivelleren en/of voorbereiden van de zeebodem in het geval van de inter-arraykabels. Specifiek wordt er voor het aanleggen van de inter-array bekabeling uitgegaan van ca. 87 % van het projectgebied waar zandduinen aanwezig zijn (in 80 % van het projectgebied bedraagt de hoogte ervan zelfs meer dan 1 m) en waar pre-sweepen van de zeebodem nodig zal zijn. Dit weggebaggerde zand wordt

herverdeeld over de zeebodem ter plaatse, dus tijdelijke stockage is niet voorzien voor deze activiteit binnen voorliggend MER;

- Het installeren/inheien van de funderingen, tot op de gewenste diepte (afhankelijk van het gekozen funderingstype en de dimensies van de turbines binnen ieder scenario). Als alternatief wordt het principe van suction bucket bij MP en JF voorzien in voorliggend MER, voor 10 % van de turbinelocaties;
- Het aanleggen van de erosiebescherming (al dan niet in verschillende stappen), bestaande uit een filterlaag (stortstenen van een kleiner kaliber) en een armour laag (stortstenen met grotere diameter). De diameter van deze erosiebescherming is afhankelijk van het scenario (dimensies turbines & funderingen) en het funderingstype;
- Het ingraven van de inter-array bekabeling in de drie kavels met een wettelijk vastgelegde minimale in graafdiepte van 1 m top of cable (TOC). De diepte van de sleuf is hierbij eveneens afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van zandduinen in het gebied (zie ook § 3.4.4 en § 4.2.3). In zones met zandduinen wordt een ingraafdiepte van 2,75 m aangehouden, in zones zonder zandduinen 1,5 m. In beide gevallen is de sleufbreedte 0,5 m. Het ingraven van de sleuf en het afrollen van de parkkabels zal hierbij simultaan verlopen.

In de onderstaande secties wordt eerst een berekening gemaakt van het verstoorde oppervlak en volume (bodemverzet) voor de verschillende funderingstypes en erosiebescherming, alsook parkbekabeling, binnen scenario 1 en 2 voor de drie PEZ kavels. Nadien wordt dieper ingegaan op de gezamenlijke effecten van bovenstaande activiteiten op de verschillende bodemparameters.

Berekening bodemverzet en verstoorde zeebodemoppervlaktes – nivellering, funderingen & erosiebescherming

De berekening van de oppervlakte waarbinnen de integriteit van de zeebodem zal verstoord worden is onder meer van belang bij het evalueren van de impact op descriptor D6 van de KRMS, alsook naar verstoring van de voorkomende bodemgemeenschappen (zie § 5.4.3.1). Deze verstoringen tijdens de constructiefase van funderingen en erosiebescherming van de windparken in de drie kavels hebben een permanente wijziging van de zeebodem tot gevolg, zolang de constructies niet ontmanteld worden.

De gebaggerde zandoverschotten tijdens het nivelleren van de turbinelocaties en het uitgraven van de funderingsputten zullen gestockeerd moeten worden op tijdelijke stortplaatsen in de kavels. Hierbij wordt aangenomen dat de maximale dikte van het sedimentpakket dat dient gestockeerd te worden idealiter binnen dezelfde grootteorde ligt als de natuurlijke zandduinen in de PEZ (3 – 6 à 10 m hoog; cf. GEOxyz/G-tec, 2023; zie 5.1.2.2). Hierdoor wordt een laagdikte van 5 m aangenomen. Volgens het volume dat gestockeerd zal moeten worden tijdens de constructiewerkzaamheden (zie verder), en vertrekkende van een laagdikte van 5 m, gaat het volgens een initiële berekening om 1 à 2 stortplaatsen van 500 x 500 m (250.000 m² of 25 ha). Belangrijk hierbij is dat deze berekening weliswaar uitgaat van een worst-case scenario waarbij alle bagger- en stortwerkzaamheden per kavel gelijktijdig plaatsvinden, met een laagdikte van 5 m en uitgaande van het grootste aantal turbines en grootste bodemverzet in functie van type funderingen. Ter volledigheid, werd in de numerieke pluimmodellering (zie Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023) een indicatie van tijdelijke stortplaatsen

gegeven voor kavels PE II en PE III, met als dimensie 200 x 200 m (~ 40.000 m² of 4 ha). Echter, gezien in de pluimmodellering enkel de fijne fractie werd gemodelleerd, zullen deze dimensies niet volstaan voor stockage van het volledige uitgebaggerde volume indien een laagdikte van 5 m wordt aangehouden. Het aantal stortplaatsen en hun locatie dienen geoptimaliseerd te worden door de toekomstige ontwikkelaar(s), in nauw overleg met bevoegde instanties, in functie van de werkzaamheden.

Bij de bepaling van het bodemverzet en de verstoorde bodemoppervlaktes wordt uitgegaan van onderstaande aannames voor de verschillende types funderingen en bijhorende erosiebescherming (zie ook Tabel 3-2 en onderstaande Tabel 5-3 en Tabel 5-4):

- Er wordt uitgegaan van indicatieve configuraties zoals beschreven in Hoofdstuk 4.1, waarbij geen funderingen in de grindzones (met name type 1) en omliggende 500 m bufferzone worden geplaatst, en dit voor beide scenario's;
- Weergegeven diameters zijn steeds deze ter hoogte van de zeebodem;
- In het geval van MP funderingen wordt uitgegaan van 1 paal, met paaldiameter 9 m (scenario 1, typevoorbeeld 12/13 MW) of 15 m (scenario 2, typevoorbeeld 22 MW) ter hoogte van de zeebodem;
- In het geval van JF funderingen wordt uitgegaan van 4 palen, ieders met paaldiameter 3,5 m (scenario 1) of 4,5 m (scenario 2) ter hoogte van de zeebodem;
- In het geval van GBF funderingen wordt een diameter zoals in het MER Hollandse Kust West kavel VII (Pondera Consult, 2020) gehanteerd, wat neerkomt op 40 m voor een 12/13 MW typevoorbeeld (scenario 1), en 50 m voor een 22 MW typevoorbeeld (scenario 2);
- In het geval van MP en JF funderingen wordt voor de erosiebescherming een diameter van 5 x de paaldiameter ter hoogte van de zeebodem gerekend, en een diepte van uitgraving van 4 m;
- In het geval van GBF (alsook SB) funderingen wordt voor de erosiebescherming een diameter van 3 x de GBF diameter ter hoogte van de zeebodem gerekend, en een diepte van uitgraving 7,5 m;
- Voor de bespreking van de effecten van dit MER wordt uitgegaan van een worst-case scenario waarbij voor alle funderingstypes steeds een statische erosiebescherming zal aangebracht worden om vorming van 'scour' of erosieputten rondom de funderingen te voorkomen. Hierbij dient de zeebodem voorafgaand genivelleerd te worden. Onderstaande berekende oppervlaktes en volumes stellen dus steeds de worst-case benadering voor, uitgaande van een grondvlak van 30 x 60 m (MP/JF) of 50 x 80 m (percentage van 10 % GBF) en hellingen van 1/8 en 1/5 (zie Tabel 5-3; Externe bijlage 1 "Numerieke pluimmodellering", Arcadis Nederland B.V., 2023). Deze oppervlaktes gelden ongeacht het type turbine (12/13 MW of 22 MW).

Onderstaande Tabel 5-3 geeft de berekening weer van de totale verstoorde oppervlakte (in m²) en het totale bodemverzet (in m³) tijdens de verschillende activiteiten voor de constructie van de windparken in de drie PEZ kavels per funderingstype. Afhankelijk van de milieueffecten die verder binnen dit hoofdstuk besproken zullen worden, kan de focus op één of meerdere van de beschouwde activiteiten gelegd worden. Het aanleggen van erosiebescherming bijvoorbeeld, zal naar ruimtelijke footprint volledig binnen de activiteiten 'nivelleren zeebodem & uitgraven funderingsput' vallen, maar naar type effecten verschillend zijn (vb. het aanbrengen van breuksteen), waardoor deze als afzonderlijke lijn is opgenomen in Tabel 5-3 en Tabel 5-4 verder. Wanneer cumulatieve cijfers voor bodemverzet (verstoorde volume) en

verstoorde oppervlakte gegeven worden, zal er voor deze laatste een sommatie over de activiteiten heen plaatsvinden (nivelleren, uitgraven, stockeren), terwijl dit voor bodemverzet niet het geval is, daar het materiaal dat gebaggerd wordt, uiteindelijk ook deels hetzelfde is als hetgeen gestockeerd wordt (minus 30 % verliezen; zie eerder).

Uit onderstaande Tabel 5-3 blijkt dat vooral gravitaire funderingen naar verstoring van de zeebodem (oppervlaktes en volumes) steeds de grootste impact hebben. Net om die reden werden deze ook als worst-case beschouwd in de numerieke pluimmodellering voor scenario 1 (Arcadis Nederland B.V., 2023; Externe bijlage 1) en wordt er daarbij een scenario gemodelleerd met 10 % GBF. Voor stockage van gebaggerd sediment wordt een aanname van 5 m laagdikte van het gestockeerd materiaal aangehouden, zodat deze binnen de gemiddelde range aan dikte van de zandduinen in het PEZ projectgebied valt (cf. GEOxyz/G-tec, 2023). Voor wat betreft SB, zullen de cijfers een vergelijkbare grootteorde hebben als deze voor GBF. Keuze voor een nog groter percentage (i.e. > 10 %) zal gepaard gaan met nog grotere verstoorde oppervlaktes.

Tabel 5-3 – Overzicht van berekende verstoorde oppervlaktes en volumes per individuele fundering, voor de verschillende activiteiten. Voor wat betreft het nivelleren en uitgraven van funderingsput, alsook stockage van gebaggerd materiaal, gaan de cijfers uit van eenzelfde grondvlak dat wordt genivelleerd, ongeacht het type turbine (12/13 MW of 22 MW). Voor het aanleggen van de erosiebescherming wordt er wel een range gegeven afhankelijk van de dimensies van de funderingen (12/13 MW of 22 MW turbine).

Activiteit	Parameter (uitgedrukt per fundering)	Type fundering		
		MP*	JF*	GBF**
Nivelleren zeebodem + uitgraven funderingsput	verstoord oppervlak (m ²)	9.450	9.450	26.350
	verstoord volume (m ³)	19.000	19.000	90.000
Stockage gebaggerd materiaal***	verstoord oppervlak bij laagdikte 5 m (m ²)	2.660	2.660	12.600
	gestockeerd volume (m ³) ****	13.300	13.300	63.000
Aanleggen erosiebescherming	verstoord oppervlak (m ²), afhankelijk van type turbine (dimensies fundering voor 12/13 of 22 MW turbine))	1.590 – 4.418	3.848 – 6.362	11.310 – 17.671

* uitgaande van statische erosiebescherming, grondvlak van 30 x 60 m, 4 m diepe funderingsput en hellingen van 1/5 en 1/8

** uitgaande van grondvlak van 50 x 80 m, 7,5 m diepe funderingsput, en hellingen van 1/5 en 1/8

*** uitgaande van 30 % baggerverlies (cf.; Van den Eynde et al., 2010)

**** bij MP en JF is dit permanent gestockeerd, bij GBF wordt een deel terug gebruikt voor de backfill van de funderingsput en als ballast voor de fundering zelf, hierbij treden opnieuw baggerverliezen van ca. 30% op (Van den Eynde et al., 2010)

In Tabel 5-4 wordt dan de berekening gemaakt voor de scenario's binnen voorliggend MER, voor de afzonderlijke kavels in de PEZ, en nadien voor alle kavels samen, opgedeeld per type activiteit. Gezien overal wordt uitgegaan van statische erosiebescherming, is prenivelleren van de zeebodem voor alle turbines noodzakelijk, dus in 100 % van de gevallen. Hierdoor wordt een worst-case scenario berekend wat betreft totale bodemverzet. In realiteit kan het echter zijn dat prenivelleren over een minder groot aandeel van turbines nodig zal zijn.

Uit de tabel blijkt dat een scenario met 100 % monopile funderingen resulteert in de kleinste verstoorde oppervlaktes en volumes, vergeleken met een scenario met 100 % jacket funderingen of met een combinatie van 10 % gravitaire en 90 % monopile funderingen. Onderstaande berekeningen houden weliswaar geen rekening met mogelijke backfill van de gravitaire funderingen, maar gezien hun beperkte bijdrage tot het totaal aantal turbines per kavel, zal dit weinig verschil

geven naar grootteorde van berekeningen. Indien voor SB gekozen wordt, aan een vergelijkbaar percentage als hieronder voor GBF opgenomen (i.e. 10 %), zullen de cijfers naar bodemverzet en oppervlakte sterk gelijkaardig zijn aan de cijfers voor het GBF scenario. Indien een hoger percentage SB zou ingezet worden als funderingstechniek, zullen de effecten naar bodemverstoring groter zijn.

Tabel 5-4 – Overzicht van berekende verstoorde oppervlaktes en volumes per scenario en per kavel, voor de verschillende types funderingen (bij GBF wordt maximum 10 % GBF funderingen beschouwd, aangevuld met 90 % MP funderingen) en voor de verschillende activiteiten.

		Scenario 1 = 278 turbines			Scenario 2 = 160 turbines		
		PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Monopile (100 %)		54 MP	107 MP	117 MP	32 MP	64 MP	64 MP
Diameter fundering (m) op zeebodem		9 x 1 = 9			15 x 1 = 15		
Diameter erosiebescherming (m)		5 x paaldiameter = 45			5 x paaldiameter = 75		
Nivelleren + uitgraven funderingsput	totaal verstoord oppervlak (Mm ²)	0,51	1,01	1,11	0,30	0,60	0,60
	totaal verstoord volume (Mm ³)	1,03	2,03	2,22	0,61	1,22	1,22
Stockage gebaggerd materiaal	totaal verstoord oppervlak (Mm ²) bij 5 m laagdikte gestockeerd	0,14	0,28	0,31	0,09	0,17	0,17
	totaal gestockeerd volume (Mm ³)	0,72	1,42	1,56	0,43	0,85	0,85
Aanleggen erosiebescherming	Totaal verstoord oppervlak fundering + erosiebescherming (Mm ²)	0,09	0,17	0,19	0,14	0,28	0,28
Jacket (100 %)		54 JF	107 JF	117 JF	32 JF	64 JF	64 JF
Diameter fundering (m) op zeebodem		3,5 x 4 = 14			4,5 x 4 = 18		
Diameter erosiebescherming (m)		5 x paaldiameter = 70			5 x paaldiameter = 90		
Nivelleren + uitgraven funderingsput	totaal verstoord oppervlak (Mm ²)	0,51	1,01	1,11	0,30	0,60	0,60
	totaal verstoord volume (Mm ³)	1,03	2,03	2,22	0,61	1,22	1,22
Stockage gebaggerd materiaal	totaal verstoord oppervlak (Mm ²) bij 5 m laagdikte gestockeerd	0,14	0,28	0,31	0,09	0,17	0,17
	totaal gestockeerd volume (Mm ³)	0,72	1,42	1,55	0,43	0,85	0,85
Aanleggen erosiebescherming	Totaal verstoord oppervlak fundering + erosiebescherming (Mm ²)	0,21	0,41	0,45	0,2	0,41	0,41
Gravitair (10 %, 90 % MP)		49 MP + 5 GBF	96 MP + 11 GBF	105 MP + 12 GBF	29 MP + 3 GBF	58 MP + 6 GBF	58 MP + 6 GBF
Diameter fundering (m) op zeebodem		40 x 1 = 40			50 x 1 = 50		
Diameter erosiebescherming (m)		3 x paaldiameter = 120			3 x paaldiameter = 150		
Nivelleren + uitgraven funderingsput	totaal verstoord oppervlak (Mm ²)	0,59	1,20	1,31	0,35	0,71	0,71
	totaal verstoord volume (Mm ³)	1,38	2,81	3,08	0,82	1,64	1,64
Stockage gebaggerd materiaal	totaal verstoord oppervlak (Mm ²) bij 5 m laagdikte gestockeerd	0,19	0,39	0,43	0,11	0,23	0,23
	totaal gestockeerd volume (Mm ³)	0,97	1,97	2,16	0,57	1,15	1,15
Aanleggen erosiebescherming	Totaal verstoord oppervlak fundering + erosiebescherming (Mm ²)	0,13	0,28	0,3	0,18	0,36	0,36

		Scenario 1 = 278 turbines			Scenario 2 = 160 turbines		
TOTAAL VOLLEDIGE PEZ		100% MP	100 % JF	10 % GBF + 90 % MP	100% MP	100 % JF	10 % GBF + 90 % MP
Nivelleren + uitgraven funderingsput	Verstoord oppervlakte zeebodem (Mm ²)	2,63	2,63	3,10	1,5	1,50	1,77
	Verstoord volume zeebodem (Mm ³)	5,28	5,28	7,27	3,05	3,05	4,10
Stockage gebaggerd materiaal	Verstoord oppervlakte zeebodem (Mm ²) bij 5 m laagdikte gestockeerd	0,74	0,74	1,02	0,43	0,43	0,57
	Gestockeerd volume zeebodem (Mm ³)	3,70	3,70	5,09	2,13	2,14	2,87
Aanleggen erosiebescherming	Verstoord oppervlakte zeebodem (Mm ²)	0,44	1,07	0,71	0,71	1,02	0,91

Uit de Tabel 5-4 hierboven blijkt dat, als er enkel gekeken wordt naar aanleg van erosiebescherming en nodige ontgravingen daarvoor voor de verschillende types fundering, de grotere dimensies van turbines in scenario 2 (22 MW typevoorbeeld) leiden tot een grotere verstoorde oppervlakte, ondanks hun lager aantal per kavel dan in scenario 1 (12/13 MW typevoorbeeld), behalve in het geval van JF waar de cijfers gelijkaardig zijn (cf. kleiner verschil in diameter van pin-piles voor JF bij 12/13 MW en 22 MW). In dit geval is dus dimensie van de fundering de bepalende factor naar verstoorde oppervlakte en volumes. Echter, voorliggend MER houdt rekening met een noodzaak tot voorafgaande nivellering van de zeebodem over een ruimer grondvlak dan enkel de diameter van de erosiebescherming voor alle turbines per kavel, en hierbij wordt dit grondvlak voor beide scenario's (dus ongeacht de dimensies van de typevoorbeelden in ieder scenario) gelijk gehouden. De aanleg van erosiebescherming valt hier ruim binnen (zie ook Tabel 5-3). Indien er dus op die manier gerekend wordt met het worst-case scenario waarbij nivellering op alle turbinelocaties nodig zal zijn en een combinatie van 90 % MP en 10 % GBF wordt aangehouden (Tabel 5-4), blijkt dat er in geval van scenario 1 (hoger aantal turbines) ongeveer een dubbel zo grote impact zal zijn naar verstoorde oppervlakte en bodemverzet dan bij scenario 2: afhankelijk van het kavel binnen de PEZ varieert het verstoord zeebodemoppervlak als gevolg van nivelleren en uitgraven van funderingen tussen ca. 0,6 en 1,3 km² voor scenario 1, terwijl dit in scenario 2 ca. 0,35 – 0,7 km² is. Voor het volume gaat het om ca. 1,4 – 3,1 Mm³ en ca. 0,8 – 1,6 Mm³, respectievelijk, voor scenario 1 en 2. In dit geval wordt de grootste verstoring naar zeebodemoppervlak en bodemverzet dus bepaald door het aantal turbines, en niet zozeer de verschillende dimensies van deze turbines.

Uit bovenstaande Tabel 5-4 blijkt ook dat een scenario met 10 % gravitaire funderingen (aangevuld met 90 % MP) een hogere mate van verstoord oppervlakte en volume met zich meebrengt dan indien enkel voor MP en/of JF gekozen wordt, dit omdat er enerzijds dieper wordt uitgegraven en anderzijds omdat het grondvlak voor nivelleren in dat geval ook groter zal zijn. Logischerwijs, tenslotte, is de verstoring het hoogst in kavel PE III (zeker bij scenario 1), gezien het hoogste aantal turbines binnen dat kavel passen. Een vergelijkbare conclusie kan gemaakt worden voor SB, welke naar dimensies gelijkaardig zijn aan deze voor GBF.

Als de cijfers uit bovenstaande Tabel 5-4 voor nivelleren van de zeebodem en uitgraven van funderingen worden vergeleken met de totale oppervlakte zeebodem in het BNZ (i.e. 3.454 km²) of de volledige PEZ (i.e. 255 km²), wordt er in het meest worst-case scenario naar bodemverstoring (i.e. scenario 1 met prenivellering van 100 % van de turbine-locaties,

combi 10 % gravitaire en 90 % monopile funderingen, en aanleg van statische erosiebescherming) ca. 0,09 % (~3,10 km²) van het totale BNZ of ca. 1,2 % van de totale PEZ oppervlakte verstoord, voor alle drie de PEZ kavels tezamen. Per kavel gaat het om maximaal 0,04 % van het totale BNZ of 0,5 % van de PEZ (voor kavel PE III).

Naast rechtstreekse verstoring van de zeebodem op de locaties van de funderingen zelf, wordt er ook een heel deel materiaal gestockeerd in tijdelijke stortlocaties in de kavels. Indien rekening wordt gehouden met een dikte van sedimentpakket van 5 m op deze stortplaatsen, wordt er in het worst-case scenario 1 met 10 % GBF een bijkomende totale oppervlakte van ca. 1,02 km² (of 102 ha) zeebodem verstoord (~ 0,03 % totale BNZ of ~ 0,4 % totale PEZ), voor alle drie de PEZ kavels tezamen. Per afzonderlijk kavel gaat het om ca. 19 ha voor kavel PE I, 39 ha voor kavel PE II en 43 ha voor kavel PE III, wat overeenkomt met 0,08 – 0,17 % van de totale PEZ oppervlakte. Zoals eerder vermeld in dit hoofdstuk, zal er op het moment dat er gestart zal worden met uitvoering van de werkzaamheden moeten bekeken worden door de ontwikkelaar(s) hoe deze stortlocaties zo optimaal mogelijk worden ingericht (ook in functie van fasering in uitvoering), zodat er zo min mogelijk verstoring optreedt van de zeebodem, en zodat de laagdikte beperkt blijft tot maximaal 5 m (in functie van gemiddelde hoogte zandduinen in de PEZ).

Berekening bodemverzet en verstoorde zeebodemoppervlaktes – parkbekabeling

Naast het nivelleren en installeren van de funderingen en erosiebescherming (zie hierboven), wordt de zeebodem bijkomstig verstoord door het voorafgaand klaarmaken van de zeebodem, en aanleggen van de parkbekabeling. Bij de bepaling van het bodemverzet en de verstoorde bodemoppervlaktes voor de parkbekabeling wordt uitgegaan van onderstaande aannames:

- Er wordt uitgegaan van de indicatieve conceptconfiguraties naar parkbekabeling zoals weergegeven in § 4.1. Omwille van een vergelijkbaar aantal kabels in zowel scenario 1 als scenario 2, wordt er enkel een berekening voor scenario 1 weergegeven. De aanname is dat bodemverzet binnen scenario 2 in eenzelfde grootteorde zal liggen;
- Binnen het projectgebied PEZ wordt standaard uitgegaan van een sleuf van 1,5 m diep (om zeker tot de minimale ingraafdiepte van 1 m top of cable TOC te komen) en 0,5 m breed (voor zowel ploegen als jetten). Dit komt neer op een verstoord volume van 0,75 m³ per strekkende meter kabel;
- Binnen het projectgebied PEZ zal ca. 87 % van de zeebodem met zandduinen bedekt zijn, waar voorafgaand pre-sweepen met een TSHD noodzakelijk is. Er wordt aangenomen dat gemiddeld 2 m zandduin moet afgegraven worden, welke herverdeeld wordt over de dieper gelegen delen. Op deze manier komt het afgegraven volume uit op ca. 8 m³ per strekkende meter kabel;
- Op deze locaties met zandduinen wordt een ingraafdiepte van 2,75 m gehanteerd onder het oppervlak dat gepre-sweept werd (1,5 m standaard + 1,25 m extra marge) om ervoor te zorgen dat de kabels zeker diep genoeg komen te liggen in het geval zandduinen zich terug gevormd zouden hebben (cf. aannames numerieke pluimmodellering; Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023). Dit komt neer op een verstoord volume van 1,375 m³ per strekkende meter kabel.

Onderstaande Tabel 5-5 geeft een overzicht van de berekende verstoorde volumes (in Mm³) die gepaard gaan met de voorbereiding en installatie van de inter-array bekabeling voor de drie PEZ kavels. Deze zijn ongeacht het type fundering dat gekozen wordt, alsook het scenario (aannahme dat grootteordes gelijkaardig zullen zijn voor beide scenario's, daar ook het aantal en de totale lengte van de kabels ongeveer even groot zal zijn).

Tabel 5-5 – Overzicht van berekende volumes en oppervlakte per kavel, voor de inter-array bekabeling. Berekeningen werden enkel uitgevoerd voor scenario 1, op basis van concept configuraties zoals in Hoofdstuk 4.1.

	Scenario 1		
	PE I	PE II	PE III
Totale parkkabel lengte (km)	143	210	266
Bodemverzet (m ³) per strekkende meter kabel	9,375 m ³ (87 % mét zandduinen); 0,75 m ³ (13 % zonder zandduinen)		
Verstoord oppervlak (m ²) per strekkende meter kabel	0,5 m ²		
Totaal bodemverzet (Mm ³) parkbekabeling per kavel	1,18	1,73	2,20
<i>waarvan door pre-sweepen</i>	1,00	1,46	1,85
<i>waarvan door sleuven (zowel mét als zonder zandduinen)</i>	0,18	0,27	0,35
Totaal verstoord oppervlakte per kavel (Mm ²)	0,07	0,11	0,13
TOTAAL bodemverzet (Mm³) VOLLEDIGE PEZ	5,11		
TOTAAL verstoord oppervlak (Mm²) VOLLEDIGE PEZ	0,31		

Uit bovenstaande Tabel 5-5 blijkt dat het totaal verstoord zeebodemoppervlak vooral afhankelijk is van het beschouwde kavel. Hierbij gaat het in kavel PE III over ca. 0,13 km², wat het grootste oppervlak van de drie kavels is. Dit komt echter overeen met minder dan 0,005 % van het totale zeebodemoppervlak in het BNZ of 0,05 % van de totale oppervlakte van de PEZ. Ook als de drie kavels tezamen worden beschouwd, is het totaal verstoord oppervlak minder dan 0,01 % van het hele BNZ, of 0,12 % van de totale PEZ. Voor wat het bodemverzet betreft, heeft het pre-sweepen van de zeebodem met een TSHD voorafgaand aan de installatie van de parkbekabeling (d.m.v. jetten/ploegen met een kabellegschip en cable trencher) een groter aandeel in het bodemverzet. De eigenlijke installatie van de parkkabels waarbij eerst een sleuf wordt geploegd/gejet en daarna (quasi simultaan) de parkkabel wordt neergelegd in de sleuf brengt een beperkt aandeel bodemverzet met zich mee.

Invloed op morfologie

Op basis van de bovenstaande berekeningen wordt de impact op de morfologie bekeken. Zoals eerder aangehaald, wordt vóór het plaatsen van statische erosiebescherming voor monopiles, jackets en gravitaire funderingen een deel van de zeebodem weggebaggerd. Ook bij het ingraven van de parkbekabeling is een voorafgaande nivellering van de zeebodem noodzakelijk. Beide activiteiten hebben dus een impact op de lokale zeebodemtopografie en bathymetrie, daar zandgolven worden genivelleerd (alleszins gedurende de tijd van de werkzaamheden), en er ontgravingen zijn ter hoogte van de turbinelocaties. Voor wat betreft de impact van voorbereidende surveys (geotechnisch) die eventueel door de ontwikkelaar(s) zullen uitgevoerd worden, zal het totale verstoorde oppervlak en bodemverzet minimaal zijn in verhouding tot de berekende oppervlaktes en volumes in Tabel 5-4 en Tabel 5-5 hierboven. Er zullen hoogstens een aantal CPT's uitgevoerd worden, welke een heel beperkte diameter verstoorde oppervlakte met zich meebrengen, en bovendien in aantal ook beperkt zullen zijn. Er worden bijgevolg nagenoeg geen effecten (0) van de voorbereidende surveys op de zeebodemtopografie verwacht, en dit voor de drie kavels en beide scenario's.

Voor wat betreft de activiteiten die nadien tijdens de eigenlijke constructie zullen plaatsvinden, zal er in het geval van monopile funderingen een permanente verlaging van de bathymetrie van ongeveer 4 m ter hoogte van de funderingen zelf optreden (i.e. diepte funderingsput). In geval van een GBF wordt een funderingsput van 7,5 m diep voorzien, welke na plaatsing van de fundering opnieuw opgevuld zal worden met funderingslagen, al zal de natuurlijke morfologie niet in zijn oorspronkelijke staat hersteld worden. Deze verlagingen zullen met name de Quartaire deklaag beïnvloeden, daar uitgebreid literatuuronderzoek voor de PEZ, aangevuld met geofysisch onderzoek, heeft aangetoond dat de dikte van het Quartair dek ongeveer 0,5 – 5 m bedraagt tussen de zandbanken in het projectgebied, en ongeveer 15 – 30 m (zelfs tot 36 m) ter hoogte van de zandbanken zelf (Fugro, 2022; GEOxyz/G-tec, 2023).

In het worst-case scenario van hoogst aantal turbines (scenario 1 = 278 turbines van 12/13 MW over de drie kavels samen) met ieder een statische erosiebescherming waardoor er noodzaak is tot prenivelleren van de turbinelocaties en een verhouding van 10 % gravitair en 90 % monopile funderingen, zal het verstoorde oppervlak in de totale PEZ ca. 3,10 km² (of 310 ha) bedragen (zie Tabel 5-4), wat overeenkomt met ca. 0,09 % van het totale BNZ. Stockage van dit gebaggerde materiaal zal tot een verstoring van ca. 1,02 km² (of 102 ha) leiden (Tabel 5-4), en het aanleggen van de parkbekabeling zorgt voor nog eens ca. 31 ha bijkomende verstoring (ongeacht het type funderingen en voor de hele PEZ – dus de drie kavels samen; Tabel 5-5). Dit leidt alles samen tot een worst-case verstoring van 443 ha zeebodemplak in de PEZ als de drie windparken volledig aangelegd worden (inclusief parkbekabeling), wat overeenkomt met 0,13 % van het totale BNZ, of met ca. 1,75 % van de totale PEZ. Per afzonderlijk kavel wordt in kavel PE I ca. 0,3 % van de totale PEZ verstoord (0,02 % totale BNZ), in kavels PE II en PE III is dat door het grotere aantal turbines ca. 0,7 % van de totale PEZ. Ter vergelijking, werd het verstoord oppervlak in de laatste concessies in de Oostelijke energiezone (Mermaid en Northwester 2; IMDC, 2013a, b) op maximaal ca. 100 ha ingeschat, overeenstemmend met ca. 0,4 % van de Oostelijke energiezone, welke uiteindelijk een vergelijkbaar oppervlak als de PEZ beslaat (285 km²). In verhouding is het verstoord oppervlak bij de windparken in de PEZ kavels dus gelijkaardig in grootteorde als deze in de Oostelijke energiezone. Een lager aantal turbines in scenario 2 (160 in totaal over de drie kavels heen) leidt tot een kleiner verstoord zeebodemplak (maximaal 177 ha voor de turbinelocaties, 57 ha voor stockage en 31 ha voor de parkbekabeling = ca. 265 ha in totaal ~ 0,08 % van het BNZ of ca. 1 % van de totale PEZ) en dus een kleiner effect op de zeebodemplakmorfologie dan in scenario 1. De totale oppervlakte per kavel waarover wijzigingen in het Quartaire pakket zullen optreden ten gevolge prenivellering en aanbrengen van erosiebescherming en parkbekabeling is bijgevolg beperkt t.a.v. het volledige BNZ en de volledige PEZ, en dit voor beide scenario's, waardoor het effect op morfologie van de zeebodemplak als lokaal en gering negatief (0/-) kan worden beschouwd voor alle kavels, scenario's en funderingstypes.

Wat betreft de totale volumes aan sediment die dienen uitgebaggerd te worden voor de installatie van de funderingen en erosiebescherming, gaat het in het worst-case scenario (scenario 1, statische erosiebescherming, combi 10 % GBF en 90 % MP, prenivelleren voor alle turbines) om een totaal volume van 7,27 Mm³ voor de drie kavels samen (Tabel 5-4). Zonder rekening te houden met eventuele bagger- en dumpverliezen die optreden tijdens de werkzaamheden, komt dit overeen met een dikte van ca. 2,85 cm over het totale oppervlak van de PEZ (dus voor de drie kavels samen, i.e. ca. 255 km²) moest al dit sediment gelijkmatig verdeeld worden over het de totale oppervlaktes van de kavels. Dit ligt binnen de grootteorde van gemodelleerde natuurlijke sedimentatie in de Oostelijke energiezone (IMDC, 2013a, b), en wordt als

representatief voor de PEZ ook beschouwd. Het totale volume dat dient af- of uitgegraven te worden voor het aanleggen van de parkbekabeling (inclusief pre-sweepen) wordt binnen voorliggend MER op ca. 5,10 Mm³ ingeschat, voor de drie kavels samen, en ongeacht het scenario of type fundering (Tabel 5-5). Samen met de maximaal 7,27 Mm³ voor de funderingen en erosiebescherming binnen scenario 1 en voor een 10 % GBF variant (Tabel 5-4), zal er in totaal dus ca. 12,4 Mm³ bodemverzet optreden, wat neerkomt op een dikte van ca. 4,85 cm over het totale PEZ oppervlak. In realiteit zal het uitgegraven sediment echter niet over de volledige PEZ gelijkmatig uitgespreid worden, maar wel in tijdelijke stortplaatsen gedumpt worden (zie eerder in dit hoofdstuk). Uit de pluimmodellering valt af te leiden dat tijdelijke stortplaatsen in de PEZ beter tussen de grindbedden en niet in de langsrichting van het getij (i.v.m. de pluimvorming en daaropvolgende sedimentatie; zie verder) gekozen worden. Deze conclusie ligt in lijn met de resultaten van modellering van verschillende potentiële stortlocaties in en rond de PEZ in de EDEN2000 studie van Van den Eynde et al. (2023b). Verder nemen tijdelijke stortplaatsen best een zo klein mogelijk oppervlak van de zeebodem in, zodat de oppervlakte waarbinnen de zeebodem (en daarbij ook het benthos; zie verder) verstoord wordt, minimaal is (BMM, 2006, 2007). De morfologische effecten van het uitgebaggerde sediment van de funderingen en erosiebescherming en hun tijdelijke stockage tijdens de constructiefase worden als lokaal, en daarom als gering negatief, beschouwd (0/-). Deze beoordeling geldt voor beide scenario's en voor alle afzonderlijke kavels, al zal de impact in kavel PE I kleiner zijn dan in de grotere kavels PE II en PE III (maar in grootteorde nog steeds vergelijkbaar). Het gegeven dat er binnen voorliggend MER een aanname is waarbij enkel voor 10 % van het totaal aantal turbines per kavel een gravitaire fundering wordt voorzien (welke een groter bodemverzet en verstoord oppervlak inhoudt), leidt tot gelijke beoordelingen voor de verschillende varianten naar fundering binnen voorliggend MER. Wanneer er echter voor alle turbines als alternatief voor het inheien van funderingen gekozen wordt voor suction buckets, zal de impact groter zijn (gezien de diameter op de zeebodem gelijkaardig is als deze voor gravitaire funderingen; cf. Tabel 3-2). Bovendien vereisen suction buckets een relatief grote diameter van omliggende erosiebescherming³⁶, waardoor een scenario met 100 % SB als matig negatief (-) zal scoren wat betreft impact op morfologie. Gezien de logistieke uitdagingen bij het installeren van SB versus het inheien van JF of MP, lijkt het eerder onwaarschijnlijk dat deze techniek overal zou ingezet worden, waardoor in voorliggend MER uitgegaan wordt van een percentage van 10 % van de turbinelocaties waar SB zullen ingezet worden (cf. aanname voor GBF; zie eerder).

Invloed op geologie

De gecombineerde activiteiten binnen voorliggend MER (met name inheien van funderingen, nivelleren van de zeebodem, ingraven van parkbekabeling) brengen een aantal effecten op de geologie van de zeebodem met zich mee: zo kan de dikte van het Quartair sedimentpakket wijzigen door baggeren en (tijdelijk) stockeren van materiaal (zie ook hierboven), kan de zeebodem lokaal verdicht worden, en kunnen dieper gelegen sedimentlagen met andere karakteristieken komen dagzomen. Zoals in voorgaande sectie beschreven is de dikte van het Quartair dek met name

³⁶ <https://orsted.com/en/what-we-do/renewable-energy-solutions/offshore-wind/wind-technology/suction-bucket-jacket-foundations>

beperkt (ca. 0,5 – 5 m) in de geulen tussen de zandbanken in het projectgebied (Fugro, 2022), waardoor de kans op dagzomen van diepere sedimentlagen vooral in de geulen groot is.

Net zoals voor de morfologie, geldt dat in het worst case scenario de zeebodem over een totale oppervlakte van ca. 440 ha (310 ha funderingen + erosiebescherming; 100 ha stortplaatsen; 30 ha parkbekabeling) verstoord zal worden door nivelleren, aanleggen van funderingen en erosiebescherming, stockeren van materiaal, en parkbekabeling, waardoor ook over datzelfde oppervlak een wijziging in het Quartair sedimentpakket kan optreden. Bij het uitgraven van de funderingsputten wordt er 4 (MP/JF) of 7,5 m (GBF) diep gegraven. Bij het aanleggen van de parkbekabeling zal een sleuf tot op een standaarddiepte van 1,5 m, maar ter hoogte van zandgolven tot op 2,75 m diep, uitgegraven worden. In dit laatste geval wordt de zeebodem eerst lokaal genivelleerd waarbij de zandige toplaag wordt herverdeeld om zo dieper gelegen delen op te vullen.

Ter hoogte van de zandbanken, waar een dik pakket Quartaire sedimenten (15 – 30 m dik; zie eerder) gelegen is, alsook in de zones waar zandduinen van meer dan 1 m dik voorkomen (ca. 80 % van de PEZ), zullen deze activiteiten vooral een effect hebben op het Quartaire dek, welke geologisch gezien van minder belang is daar ze onder invloed van de heersende hydrodynamiek aan continue verstoring blootgesteld is. Echter in de geulen tussen de zandbanken is de dikte van het Quartair sedimentpakket heel beperkt (minder dan 5 m – zie Figuur 5-9 B), en daar is ook de kans op dagzomend grind het grootst (Montereale-Gavazzi et al., 2023a). In de indicatieve configuraties binnen voorliggend MER werden de turbines alvast niet rechtstreeks bovenop de grindbedden of in de 500 m buffer errond geplaatst, waardoor de zones met meeste kans op dagzomen van Paleogene lagen aan het zeebodemoppervlak veelal gevrijwaard zullen worden, waardoor er beperkt risico naar effecten op de geologie zal optreden. Echter, met name in kavel PE I is er nog steeds een groot deel van het kavel waar er een dunne laag Quartaire sedimenten voorkomt buiten de grindbedlocaties. Dit in tegenstelling met kavels PE II en PE III waar de locatie van de type 1 grindbedden in grote lijnen wel overeenkomt met de zones waar de dikte van het Quartair pakket minder dan 2,5 m bedraagt. Hierdoor is de kans op het blootleggen van onderliggende Paleogene (Tertiaire) lagen door de voorbereidende werken het grootst in kavel PE I, al zal ook daar door de indicatieve configuratie een groot deel van de turbinelocaties de Paleogene lagen vrijwaren. Het effect op de geologie wordt bijgevolg als gering negatief beoordeeld (0/-), voor de drie kavels, en de verschillende varianten naar fundering. Bij de parkbekabeling wordt, omwille van het voorafgaand herverdelen van sediment bij het nivelleren, alsook de beperkte breedte en geringe diepte (tot op max. 2,75 m) van de sleuven bij het uitgraven, enkel de Quartaire toplaag aangetast, en blijft de continuïteit van de geologische lagen dus overal behouden.

Wat betreft verdichting van de zeebodem, worden zowel monopiles als jacketfunderingen tot op een diepte van ca. 4 keer de paaldiameter geheid, wat in grote lijnen overeenkomt met ca. 36 – 60 m voor MP in respectievelijk scenario 1 en 2, en iets minder diep voor JF indien een diameter van 3,5 of 4,5 m per afzonderlijke paal wordt aangehouden (zie § 3.5.3.2). De geologische lagen in de onmiddellijke omgeving van de palen zullen bijeen gedrukt (verdicht) worden, met als gevolg dat de continuïteit van de geologische lagen lokaal verloren gaat, respectievelijk tot een diepte van ca. 60 m in het worst case scenario met grootste dimensies turbines (22 MW, scenario 2) binnen voorliggend MER. Gezien de dikte van het Quartaire dek binnen de PEZ kavels sterk schommelt (zie Figuur 5-9) maar doorgaans minder dan 5 à 10 m

bedraagt, zullen hierdoor de funderingen in nagenoeg alle gevallen tot in het paleogeen substraat reiken. In de ondergrond bevinden zich de kleihoudende lagen van de formaties van Kortrijk (PE I, PE II, PE III), Tielt en Gentbrugge (beperkt tot PE I) (Le Bot et al., 2003; Figuur 5-8). Deze kleilagen kunnen 'kleitektonische' vervormingen en breuken bevatten (Le Bot et al., 2003; zie § 5.1.2.3), waarvan het nog niet geweten is of die kunnen gereactiveerd worden bij belasting door structuren zoals funderingen en turbines, waardoor de stabiliteit van de kleilagen aangetast wordt. Daarom is er sinds januari 2023 een onderzoeksproject "Clay Tectonics" lopende (partners VLIZ-UGent-VUB; <https://researchportal.vub.be/en/projects/sbo-project-clay-tectonics>) om de mogelijke effecten van funderingen op gekende kleideformaties in het BNZ te onderzoeken. Echter kan het wel zo zijn dat een puntbelasting zoals een windturbinefundering binnen voorliggend MER een grotere kans op reactivatie kan teweegbrengen dan meer gespreide belastingen zoals de eilandstructuur beschreven in het MER van het MOG2 energie-eiland (IMDC, 2022). Dit effect op verdichting van de zeebodem dient verder bestudeerd te worden, en wordt vanuit een voorzorgsprincipe als matig negatief (-) beoordeeld.

Echter, in zijn totaliteit wordt het effect van de installatie van windparken in de PEZ kavels (incl. parkbekabeling) op de geologie onder de zeebodem als gering negatief (0/-) beschouwd omwille van de beperkte oppervlakte (zie eerdere sectie) waarbinnen alle voorgaande effecten en verstoring plaatsvinden binnen voorliggend MER.

Invloed op sedimentsamenstelling (korrelgrootteverdeling)

Binnen de PEZ kavels varieert de korrelgrootte aan het sedimentoppervlak tussen de 300 en 400 µm ter hoogte van de Noord- en Westhinder en in de getijdegeulen ertussen, en worden enkel ter hoogte van de Fairybank een zone aangetroffen met een korrelgrootte van < 300 µm (Figuur 5-11; Fugro, 2022). Daarnaast zijn er in alle drie de kavels heel wat zones met grindvoorkomen afgebakend (Montereale-Gavazzi et al., 2023a; Figuur 3-2). Deze zones met type 1 grindbedden (zie eerder) worden echter in de indicatieve configuraties binnen voorliggend MER (zie § 4.1) niet rechtstreeks geïmpacteerd. De andere zones binnen de kavels zullen wel een verandering in korrelgrootteverdeling ondergaan door de verschillende activiteiten binnen voorliggend MER. Het gaat dan onder meer om het prenivelleren van de zeebodem (zowel voorafgaand aan de installatie van funderingen als kabels), alsook het aanbrengen van erosiebescherming en breuksteen rondom de verschillende types fundering.

Tijdens het prenivelleren van de zeebodem in functie van het nadien aanbrengen van erosiebescherming, funderingen of parkbekabeling, zal het lokaal wegbaggeren van materiaal en het herverdelen in nabijgelegen zones (parkbekabeling) of verplaatsen naar tijdelijke stortlocaties in de kavels (funderingen) als mogelijk gevolg hebben dat het onderliggend sediment ter hoogte van de uitgebaggerde locaties aan het zeebodemoppervlak komt te liggen, waar het blootstaat aan de hydrodynamiek ter hoogte van de zeebodem. In voorliggend MER wordt uitgegaan van nivellering voor 100 % van de turbinelocaties, en langsheen 87 % van de parkbekabelingstracés. Hierdoor zal maximaal 340 ha van de zeebodem op deze manier een potentiële wijziging aan sedimentsamenstelling ondergaan (zie voorgaande sectie). Echter gaat het bij deze prenivellering om een eerder beperkte diepte (in verhouding met het uitbaggeren van funderingsputten), waardoor de kans dat Paleogene sedimentlagen worden geraakt gering is. De Paleogene kleilagen komen met andere woorden niet (of nauwelijks) te dagzomen door het nivelleren (zie ook voorgaande bespreking voor de geologie), waardoor kan

aangenomen worden dat de korrelgrootte niet drastisch zal wijzigen door deze baggeractiviteit (gering negatief effect (0/-)). Tijdens het dumpen van gebaggerd materiaal in tijdelijke stortplaatsen in de PEZ kavels, wordt in het worst-case scenario ca. 100 ha van de zeebodem bedolven voor de drie kavels samen (rekening houdende met ca. 30 % baggerverliezen tijdens deze activiteit). Ook hier kan een verandering in korrelgrootte optreden, door het stockeren van zonevreemd materiaal. Gezien de diepte waarop de funderingen in de zeebodem ingegraven worden (4 m in geval van MP; 7,5 m in geval van GBF; zie eerder), zal het gebaggerde sediment dat in de tijdelijke stortplaatsen terecht zal komen bestaan uit een mengeling van voornamelijk Holocene zanden maar ook gedeeltelijk een grovere grindfractie gezien het voorkomen ervan in de PEZ. Er wordt aangenomen dat het te dumpen sediment afkomstig van de nivellerings- en uitgravingswerkzaamheden sterk zal gelijken op het reeds aanwezige materiaal in de tijdelijke stortplaatsen in de PEZ, waardoor het effect op korrelgrootte ter hoogte van de stortlocaties als gering negatief (0/-) wordt beschouwd.

Naast de directe effecten ter hoogte van turbinelocaties, kabeltracés en tijdelijke stortplaatsen, kunnen al de bovenstaande activiteiten (nivelleren, baggeren, dumpen) ook een heel deel fijnere sedimentfractie in suspensie brengen waardoor korrelgrootteveranderingen verder weg van de turbinelocaties optreden door depositie van fijn materiaal uit de ontstane sedimentpluimen. Dit belangrijk effect wordt in meer detail besproken in de effectbespreking voor water in volgende sectie 5.1.4.2.

De bodemsamenstelling in de kavels binnen de PEZ zal rondom de funderingen wijzigen doordat een statische erosiebescherming met breuksteen voorzien is voor alle turbines in voorliggend MER. Hierdoor zal de lokale korrelgrootteverdeling van de zeebodem permanent wijzigen (Descriptor D6.1 wijziging zeebodemsubstraat; zie verder onder § 5.1.4.3) in de dichte nabijheid van de turbines, zolang de funderingen en de erosiebescherming niet ontmanteld worden. Het gaat hierbij om ca. 1.590 m² per monopile fundering, ca. 3.848 m² per jacket fundering en ca. 11.310 m² per GBF voor scenario 1 (zie Tabel 5-3). Bij de grotere dimensies turbines (scenario 2) gaat het om respectievelijke 4.418 m², 6.362 m² en 17.671 m² per MP, JF, en GBF. Het ruimtelijk effect van de aan te brengen erosiebescherming zal dus groter zijn bij scenario 2, en is ook afhankelijk van het type fundering (waarbij MP < JF < GBF). De effecten zijn het grootst in kavel PE III, aangezien er daar telkens het grootste aantal funderingen en bijhorende erosiebescherming zal geïnstalleerd worden. In totaal voor de hele PEZ zal ca. 44 – 107 ha zeebodem op die manier een wijziging in de korrelgroottesamenstelling ondergaan in scenario 1, afhankelijk of er voor 100 % MP, 100 % JF of een mengeling met 10 % GBF gekozen wordt. In scenario 2 gaat het om 71 – 102 ha, afhankelijk van de keuze van fundering. Het alternatief gebruik van suction buckets bij MP of JF valt eveneens binnen deze ranges, indien er op basis van voorafgaande technische analyse in kader van voorliggend MER slechts voor een beperkt aandeel van de totale turbine-aantallen voor deze techniek geopteerd wordt (SB hebben een gelijkaardige diameter als GBF; zie eerder in Hoofdstuk 3 van voorliggend MER).

Een erosiebescherming rondom funderingen bestaat typisch uit een filterlaag van grind (kaliber Dn50 = 50 mm), en een toplaag (kaliber van 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm) (zie ook § 3.4.3). Onderzoek binnen het EDEN2000 project (Arboleda et al., 2023) raadt eveneens een statische erosiebescherming aan, om het risico op verrollen van stenen en ander materiaal te beperken. Binnen diezelfde studie wordt een Dn50 van 450 mm voor de toplaag voorgesteld, met een dikte van ca. 1,2 m voor MP funderingen van 9 m diameter op de zeebodem. Voor de filterlaag stelt het onderzoek van Arboleda

et al. (2023) een Dn50 van 20 mm voorop, met een laagdikte van 0,9 m. Binnen voorliggend MER wordt als diameter voor de erosiebescherming 5 x de paaldiameter bij MP en JF aangehouden, en 3 x de paaldiameter bij GBF. Op die manier zal de hoeveelheid erosiebescherming dus omvangrijker zijn bij GBF dan bij de andere types fundering. Bij de keuze voor type stortsteen, wordt doorgaans rekening gehouden met de lokale bodemgesteldheid, zodat enkel geologisch zuivere materialen, zoals natuurlijke breuksteen, worden gebruikt. De EDEN2000-studie van Arboleda et al. (2023) haalt aan dat, gezien de ligging van de type 1 en type 2 grindbedden in de PEZ kavels en hun ecologisch belang (zie eerder), er gebruik dient gemaakt te worden van natuurlijke breuksteen die het grindbedhabitat zoveel mogelijk benadert. Dit zal ook verder onder de effectbespreking voor het benthos (zie § 5.4.3) besproken worden.

Ondanks het gegeven dat in beide scenario's en voor alle funderingstypes een statische erosiebescherming wordt vooropgesteld binnen voorliggend MER, en ondanks het gegeven dat nivellering van de zeebodem nodig zal zijn in 100 % van de locaties van turbines, en langsheen 87 % van de parkbekabeling, gaat het om relatief beperkte oppervlaktes van het totale BNZ (slechts 0,08 – 0,13 % afhankelijk van het scenario). De effecten van erosiebescherming en het nivelleren van de zeebodem bij constructie van zowel funderingen als parkbekabeling op de korrelgrootte en de zeebodemintegriteit (Descriptor D6 Goede Milieutoestand) worden als gering negatief (0/-) beoordeeld. Deze beoordeling geldt voor beide scenario's in de drie PEZ kavels, en voor de verschillende funderingstypes.

Invloed op bodemkwaliteit (chemische samenstelling)

Ondanks de nodige veiligheidsvoorzieningen die in acht genomen worden, kan een hypothetische kans op een accidentele lozing van verontreinigende stoffen vanop de installatievaartuigen (zowel voor de turbines/funderingen als parkbekabeling) binnen voorliggend MER niet volledig uitgesloten worden. Kans op aanvaringen en olieverontreiniging worden in meer detail toegelicht in hoofdstuk 5.7 (Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid). Echter, gezien het dynamische karakter van de Noordzee, de heersende stromingen, en het zandige karakter van de bovenste Quartaire toplaag sedimenten van de zeebodem, zal dergelijke accidentele verontreiniging geen aanleiding geven tot verontreiniging in de bodem (0).

Bij aanleg van breukstenen en onderliggende filterlaag als erosiebescherming rondom de funderingen wordt uitgegaan van een scenario waarbij geologisch zuivere materialen, die bovendien gelijkaardig zijn aan het omringende van nature aanwezige materiaal in de PEZ, worden gekozen. EDEN2000-onderzoek van Arboleda et al. (2023) pleit eveneens voor het gebruik van natuurlijke breuksteen die het grindbedhabitat in de PEZ kavels zoveel mogelijk benadert. Bij gebruik van zulke geologisch zuivere materialen worden (vrijwel) geen effecten op de bodemkwaliteit verwacht (0).

Tijdens de constructiefase van voorliggend MER worden er dus (vrijwel) geen effecten verwacht op de bodemkwaliteit (0). Deze beoordeling geldt voor de drie kavels afzonderlijk, voor beide scenario's en voor alle funderingstypes.

Operationele fase

Invloed op morfologie

Rondom structuren bestaande uit palen in de zeebodem (cf. MP of JF funderingen in voorliggend MER) kan onder invloed van veranderende stromingspatronen rondom de funderingen een erosieput of 'scouring' ontstaan (IMDC, 2022; Pondera Consult, 2020). De dimensies van zulke erosieput hangen af van verschillende parameters, zoals de heersende stromingen, de korrelgrootte van het lokale sediment, en de vorm en dimensies van de palen of structuren in de zeebodem zelf. Het aanbrengen van erosiebescherming zoals voorzien in voorliggend MER moet dergelijke vorming van erosieputten rondom de funderingen echter vermijden. Bij gravitaire funderingen zal vanwege de grotere dimensies ter hoogte van de zeebodem een grotere erosiebescherming nodig zijn dan bij paalfunderingen zoals MP en JF (zie ook Tabel 5-3). Binnen voorliggend MER wordt tevens enkel de optie van statische erosiebescherming (als worst-case naar bodemverzet en verstoord zeebodemoppervlak) beschouwd, waarbij er in tegenstelling tot dynamische erosiebescherming vanaf het begin een filterlaag wordt voorzien welke scour-vorming zal tegengaan. Ook onderzoek in kader van het EDEN2000-project (Arboleda et al., 2023) pleit voor statische erosiebescherming om de effecten op de zeebodem morfologie en kwetsbare habitats in de PEZ tot een minimum te beperken. Echter kan er nog steeds secundaire erosie (i.e. vorming van kleinere erosieputten aan de grenszone tussen de zeebodem en erosiebescherming in stroomafwaartse richting) optreden, waardoor het effect van de aanwezigheid van de funderingen op morfologie tijdens de exploitatiefase als gering negatief (0/-) wordt ingeschat. Deze beoordeling geldt voor de drie PEZ kavels afzonderlijk, voor beide scenario's, en voor alle funderingstypes. Verder zal de aanwezigheid van erosiebescherming door de beperkte oppervlakte ervan en de grote onderlinge afstand tussen de afzonderlijke windturbines van minimaal 4 keer de rotordiameter geen bijkomende effecten hebben op de natuurlijke morfologische processen in de PEZ kavels.

Invloed op geologie

Tijdens de operationele fase worden er geen activiteiten verwacht die aanleiding kunnen geven tot effecten op de geologie, tenzij eventuele tussentijdse bestorting met breukstenen rondom de funderingen indien nodig. Dit kan bijkomend een hoeveelheid geologisch vreemd materiaal in het projectgebied PEZ brengen, maar wordt als verwaarloosbaar (0/-) beschouwd gezien het telkens over kleine hoeveelheden zal gaan.

Invloed op sedimentsamenstelling (korrelgrootteverdeling)

De aangebrachte erosiebescherming rondom de turbines en ter hoogte van kruisingen van kabels zorgt tijdens de operationele fase voor een lokale heterogeniteit ten opzichte van de omringende zandbodem, zelfs al kan er fijner materiaal terechtkomen tussen de breuksteen, bv. organisch materiaal afkomstig van begroeiing op de funderingen en/of erosiebescherming (Braeckman et al., 2020; Lefaible et al., 2018, 2019; zie ook effectbesprekingen benthos onder § 5.4.3). Het gaat om een permanente wijziging van het zeebodemsubstraat (Descriptor D6.1 zeebodemintegriteit), zolang de funderingen en de erosiebescherming aanwezig zijn, maar welke doorgaans lokaal optreedt. Bijkomende effecten op de korrelgrootteverdeling tijdens de exploitatiefase worden daarom als gering negatief (0/-) ingeschat.

Invloed op bodemkwaliteit (chemische samenstelling)

Er is vrijwel geen effect (0) te verwachten op de verontreiniging en kwaliteit van de zeebodem (cf. constructiefase) tijdens de exploitatiefase. Dit geldt voor alle kavels in de PEZ, voor alle scenario's en voor alle funderingstypes.

Ontmantelingsfase

De effecten op de zeebodem tijdens de ontmantelingsfase (die bestaat uit het verwijderen van de palen, de funderingen, de erosiebescherming en de parkkabels) zullen gelijkaardig zijn als in de constructiefase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de constructiefase, met name omdat er geen nivelleringswerken en uitgravingen in functie van aanleg erosiebescherming aan te pas komen, waardoor ook het bodemverzet tijdens deze fase minder groot zal zijn als tijdens de constructiefase. Echter, waar bij de constructie door aanleg van steenbestorting met een grotere diameter een wijziging in de korrelgrootteverdeling nabij de turbinelocaties wordt bekomen (met een relatieve toename aan grover, hard substraat ten koste van omringende zachte substraten – zie ook effectbespreking voor benthos), zal bij de volledige ontmanteling van de erosiebescherming een omgekeerde beweging gecreëerd worden. In dat geval zal er hard substraat terug verwijderd worden, ten voordele van zachte substraten. Naar implicaties voor korrelgrootteverdeling zullen deze dus gelijkaardig zijn in grootteorde als tijdens de constructiefase. De mogelijke implicaties hiervan op de zeebodemhabitats en bodemfauna (zachte substraten vs. grindbedden/hardsubstraatfauna) worden besproken in § 5.4.3.

Voor wat betreft de zeebodem morfologie kan het zijn dat na verwijdering van funderingen, erosiebescherming, en parkkabels, deze onder invloed van de heersende hydrodynamiek zich zal herstellen. Echter blijkt uit eerdere studies dat de ontstane putten na verwijdering van funderingen over het algemeen redelijk stabiel zijn en zich niet snel natuurlijk herstellen (Van den Eynde et al., 2010). Hier kan worden voorgesteld om deze op te vullen met zand, indien deze uitgraving zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie in de PEZ kavels. Ondanks het risico op ontstaan van putten welke gedurende langere periode aanwezig zullen blijven in de PEZ kavels, wordt het effect van de ontmantelingsfase op de zeebodem morfologie van maximaal eenzelfde grootteorde als tijdens de constructiefase ingeschat, omwille van het beperkte totale oppervlak in verhouding tot de hele PEZ (zie eerder).

Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op bodem

Onderstaande Tabel 5-6 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op de zeebodem. Deze beoordelingen gelden ongeacht het type fundering dat gekozen wordt, en zijn grotendeels gelijkaardig voor beide scenario's in voorliggend MER. Beoordelingen gelden eveneens voor de drie afzonderlijke kavels, al blijft kavel PE I omwille van de geringere grootte en het kleinere aantal te installeren turbines een iets kleinere impact geven naar bodemverzet en verstoord oppervlakte. Wanneer echter de beoordeling wordt gemaakt in verhouding tot de totale oppervlakte van de PEZ, en een vergelijking wordt gemaakt met impacten van de windparken in de Oostelijke energiezone, worden de effecten van de drie kavels een gelijke grootteorde qua significantie toegewezen.

De beoordelingen gaan uit van een worst-case beoordeling, waarbij het scenario met 90 % MP en 10 % GBF, allen met prenivellering en statische erosiebescherming, als uitgangspunt is genomen. Naar grootteorde van effecten, worden er echter geen noemenswaardige verschillen tussen de funderingstypes verwacht. Indien in realiteit echter zou blijken dat nivellering van de zeebodem op minder plaatsen dan voorzien nodig wordt geacht, of indien er voor dynamische erosiebescherming zou geopteerd worden, kunnen de effecten kleiner zijn, al zullen ze naar verwachting nog steeds binnen de classificatie van gering negatief (0/-) vallen voor de meeste effecten.

Tabel 5-6 – Overzicht van de effecten van het voorbereidend onderzoek, de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de zeebodem. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op bodem	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Vorbereidende fase (geotechnisch onderzoek)						
Invloed op morfologie	0	0	0	0	0	0
Constructiefase						
Invloed op morfologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0	0	0	0	0
Exploitatiefase						
Invloed op morfologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
Invloed op morfologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0	0	0	0	0

5.1.4.2 Effecten op water

Constructiefase

Invloed op hydrodynamica

Tijdens de constructie van turbines, funderingen, erosiebescherming en parkbekabeling treden vrijwel geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het type fundering (0). De effecten op stromingen en golven worden als zeer lokaal beschouwd, en vallen binnen de range aan heersende stromings- en golfpatronen binnen het studiegebied PEZ en het bredere BNZ.

Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie

Tijdens de constructiefase zal er een belangrijk te verwachten effect zijn op sedimenttransport en sedimentatie tengevolge de bagger- en stortwerkzaamheden tijdens het nivelleren, uitgraven van funderingsputten en erosiebeschermingsputten, en het maken van de sleuven voor de inter-array bekabeling. Er wordt namelijk aangenomen dat 30 % sedimentverlies zal optreden tijdens het proces van baggeren, transporteren, storten (d.m.v. kleppen) en de periode na het storten wanneer het materiaal onbeschermd achterblijft, naar analogie met waarnemingen op de Thorntonbank bij het C-Power project (Van den Eynde et al., 2010).

Doordat tijdens deze werken niet alleen de grovere maar ook de fijnere sedimentfracties (deels) in suspensie komen, leidt dit tot het ontstaan van zogenaamde sedimentpluimen in de waterkolom welke over een grotere zone kunnen getransporteerd worden en potentieel aanleiding geven tot verhoogde sedimentatie tot buiten het projectgebied PEZ. Tegelijkertijd leidt dit tot een verhoging van de turbiditeit in de waterkolom.

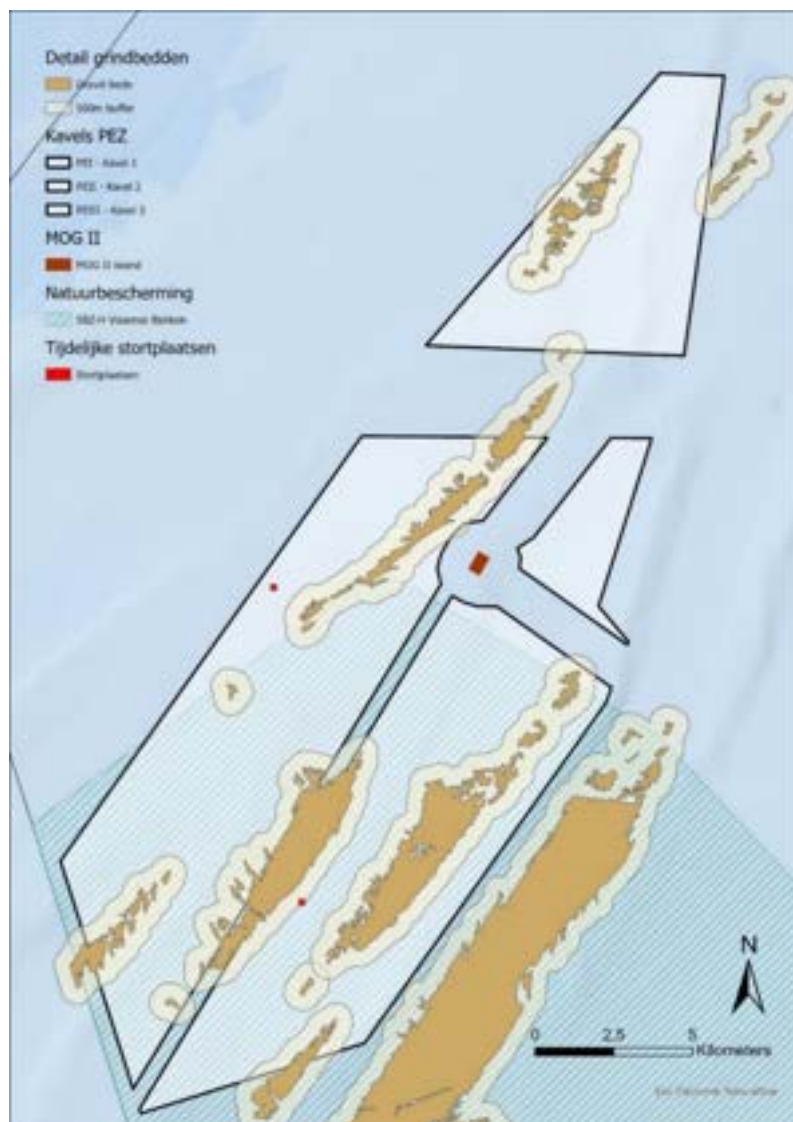
Om de pluim die door baggeren en storten ende andere activiteiten binnen voorliggend MER ontstaat in kaart te brengen, alsook de afzetting van fijn materiaal (< 250 µm; cf. Wentworth schaal), werd een **numerieke pluimmodelleringsstudie** uitgevoerd (Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023). Hierbij was het de bedoeling om met name de verspreiding van de fijnere sedimentfracties (slib + fijn zand) te visualiseren, om de effecten naar reikwijdte en concentratie beter in te kunnen schatten. Wat betreft de grovere sedimentfracties (middelgrote zanden en grind) welke in de PEZ kavels aanwezig zijn, en welke eveneens zullen vrijkomen bij de bagger- en stortactiviteiten, wordt aangenomen dat deze via bodemtransport getransporteerd zullen worden en lokaal zullen neerslaan, en dus enkel in de dichte nabijheid van de turbinelocaties, kabeltracés en tijdelijke stortplaatsen zullen ophopen. Voor de berekeningen van de verstoorde oppervlaktes en het bodemverzet van deze activiteiten wordt verwezen naar voorliggende sectie § 5.1.4.1 rond effecten op de zeebodem.

Er werden in totaal drie types activiteiten gemodelleerd in de numerieke pluimmodelleringsstudie (voor meer detail wordt verwezen naar Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023):

- **Detailscenario:** pluimvorming tijdens één bagger- en stortoperatie (uitgraven funderingsput, transport + kleppen) van een gravitaire fundering (inclusief prenivelleren van de zeebodem) met de grootste dimensies binnen voorliggend MER, met name die voor het 22 MW typevoorbeeld van scenario 2. Binnen dit scenario werden 2 mogelijke baggerlocaties voor GBF gemodelleerd, één op 500 m naast een grindbed in kavel PE II, en één op 500 m bovenstrooms van hetzelfde grindbed. Hierdoor kan het effect op grindbedden in de PEZ bepaald worden;
- **Schematisch scenario:** pluimvorming ten gevolge van het gelijktijdig prenivelleren en uitgraven van funderingsputten binnen kavels PE II en PE III (aangezien deze eenzelfde termijn en fasering hebben; zie § 3.3). Dit scenario moet toelaten om cumulatieve effecten van het aanleggen van alle turbinelocaties binnen deze kavels te bepalen. Hierbij werd uitgegaan van een maximaal aantal (12/13 MW) turbines per kavel (107 voor kavel PE II en 117 voor kavel PE III), wat overeenkomt met scenario 1 binnen voorliggend MER. Binnen ieder kavel werd een tijdelijke stortlocatie van 200 x 200 m voor de fijne sedimentfractie aangeduid (zie Figuur 5-16).

Als worst-case scenario naar bodemverzet werd uitgegaan van een variant met 10 % GBF, en 90 % MP funderingen met respectievelijk 90.000 m³ en 19.000 m³ te baggeren volume. Backfill van de GBF werd niet meegenomen in dit scenario omwille van hun beperkt aantal t.a.v. het totale aantal turbines (23 op een totaal van 124 turbines voor kavels PE II en PE III samen), alsook de relatief beperkte hoeveelheid fijne sedimenten in het projectgebied, waardoor deze al grotendeels zullen uitgewassen zijn (cf. Arcadis Nederland B.V., 2023);

- **Kabelscenario:** pluimvorming tengevolge het jetten/ploegen (inclusief prenivelleren of pre-sweepen) van de inter-array kabels binnen kavels PE II en PE III. Hierbij werd uitgegaan van een standaard ingraafdiepte van 1,5 m met een sleufbreedte van 0,5 m, tenzij in gebieden met zandduinen (87 % van de zeebodem in de kavels PEZ) waar er tot op 2,75 m diepte wordt ingegraven. Pre-sweepen van de zeebodem op plaatsen met zandduinen vindt plaats door middel van een sleephopperzuiger waarbij het afgeschraapte materiaal lokaal herverdeeld wordt (geen tijdelijke stockage), het ingraven van de inter-array kabels zelf vindt plaats met een cable trencher.



Figuur 5-16 – Indicatie van de tijdelijke stortplaatsen in de kavels PE II en PE III (rode vierkantjes) zoals aangenomen in de numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V.) voor de fijne sedimentfractie. Als dimensie wordt een grondvlak van 200 bij 200 m gehanteerd; in de rest van de effectbeoordeling wordt echter een stortplaats van 500 x 500 m aangehouden.

Volgende algemene aannames werden bijkomend gehanteerd binnen de numerieke pluimmodellering:

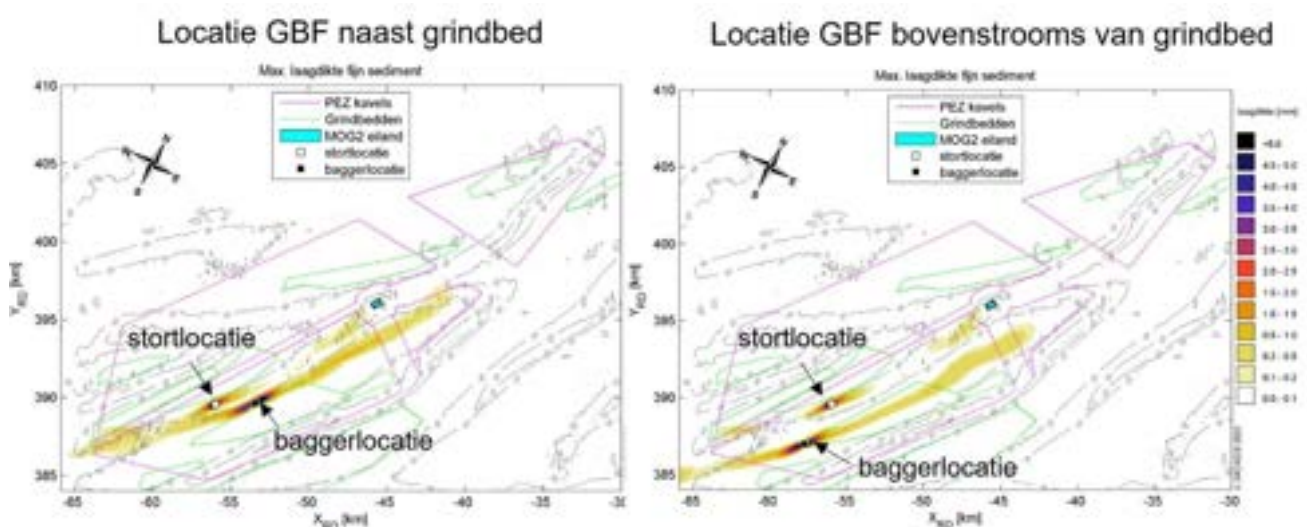
- De indicatieve configuratie van turbines en parkbekabeling zoals voorgesteld in Hoofdstuk 4.1 werd aangehouden;
- Er werd uitgegaan van de bestaande bathymetrie in de PEZ, maar met het MOG2 energie-eiland reeds aanwezig in het projectgebied;
- Als achtergrondconcentratie slib in de PEZ werd 5 mg/l aangenomen, welke binnen de gemiddelde range van 0 – 10 mg/l valt die lokaal wordt waargenomen (Fettweis et al., 2010);
- Resuspensie van het fijne materiaal werd meegenomen in de modellering, wat zoveel wil zeggen als dat neergeslagen materiaal ook weer in suspensie kan gebracht worden, als de hydrodynamica hier aanleiding toe geeft;
- Enkel fijne sedimentfracties werden gemodelleerd, met volgende verdeling: 20 % van het gebaggerde materiaal bestaat uit fijne zanden (korrelgrootte < 250 µm); 0,5 % van het gebaggerde materiaal bestaat uit slib (korrelgrootte < 63 µm). Deze bronterm geldt voor die zones waar enkel de bovenste Holocene sedimentlagen worden geïmpacteerd (i.e. de zones met zandduinen, ofte ca. 87 % van het zeebodemoppervlak in de PEZ). Voor de zones waar door dagzomende kleilagen wordt gegaan (wat in het kabelscenario gebeurt; zie Figuur 3-6 in de Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023) zal er in verhouding meer fijne fractie ontgraven worden en in de pluim terechtkomen. Bij het aanleggen van kabels door kleilagen (ca. 13 % van het oppervlak in de PEZ) werd uitgegaan van een bovenste laag van 1 m met zand en dus eenzelfde samenstelling als de rest van het gebied, maar daaronder een kleilaag met 90 % klei/slib. Op die plaatsen is een klei/slib-percentages aangenomen van 30 %, en een percentage fijn zand van 13 %;
- Van de fijne sedimenten bij de baggerwerken met een TSHD (detailscenario en schematisch scenario) gaat 1 % verloren door draghead losses nabij de zeebodem (i.e. ter hoogte van de zuigkop van de sleephopperzuiger zelf). 66 % van de fijne fractie gaat verloren als overflow losses nabij het wateroppervlak, waardoor enkel de resterende 33 % vrijkomt bij het storten (kleppen) ter hoogte van de tijdelijke stortlocaties in de PEZ kavels;
- Voor het kabelscenario kan er omwille van de techniek (ploegen/jetten) heel lokaal gewerkt worden, waarbij het fijne sediment hoofdzakelijk bij de bodem in suspensie komt. Ook het voorafgaande pre-sweepen (enkel herverdeling sediment, zonder opslag in de beun of transport naar tijdelijke stortplaats) in het kabelscenario zal leiden tot vrijkomen van fijne sedimenten nabij de zeebodem.

In wat volgt, worden de voornaamste resultaten uit de verschillende gemodelleerde scenario's kort toegelicht, in relatie tot hun relevantie voor de effectbespreking op het sedimenttransport doorheen de waterkolom, en sedimentatie op verder gelegen locaties.

Detailscenario:

Uitgaande van een sleephopperzuiger met beunvolume van 6.500 m³ zal één baggercyclus ca. 2,5 u in beslag nemen. Gezien voor een GBF funderingsput 90.000 m³ moet uitgegraven worden (inclusief hellingen), zullen in totaal 14 cycli van 2,5 u ofwel 35 u (~1,5 dag) nodig zijn. De resultaten van de modellering tonen aan dat de pluim zich uitstrekt in de richting

van de getijstrooming rondom de turbinelocaties. Er ontstaat een maximale afzetting van meer dan 0,1 mm dik over een gebied van ca. 25-30 kilometer lang in de getijrichting en 1-2 km breed (zie Figuur 5-17). In de nabijheid van de bagger- en stortlocatie loopt de laagdikte op tot meer dan 5 mm. Belangrijk om hierbij op te merken is dat de figuren de maximale laagdikte op enig moment in de tijd weergeven. Het kan dus zijn dat deze laagdiktes niet overal tegelijk voorkomen doordat een deel van het sedimentlaag alweer kleiner is geworden door resuspensie en verdere verspreiding van het fijne sediment. Bij een locatie voor het voorbereiden en uitgraven van een GBF funderingsput die op 500 m bovenstrooms van een grindbed gelegen is (zie Figuur 5-17 rechterpaneel), is over een groot deel van het grindbed een laagdikte van 0,2 – 0,5 mm te zien, met lokaal meer dan 1 mm (tot 5 mm dicht bij de baggerlocatie). Deze afzettingen van meer dan 1 mm strekken zich ca. 2,5 km uit over het grindbed. Bij een locatie van een funderingsput tussen twee grindbedden in gelegen (zie Figuur 5-17 linkerpaneel) wordt dit effect niet waargenomen (maximale laagdikte < 0,2 mm). Hieruit kan besloten worden dat het positioneren van turbines, en met name de grootste dimensies van gravitaire funderingen (22 MW; scenario 2) die omvangrijke voorbereidende baggerwerken vereisen, dicht tegen de kwetsbare grindbedden dient vermeden te worden. Gezien in voorliggend MER en pluimmodellering enkel werd vergeleken tussen een locatie bovenstrooms van en tussen grindbedden in, is het niet mogelijk om exact te bepalen op welke afstand de turbines zouden moeten geplaatst worden om geen effecten op de grindbedden teweeg te brengen. Echter, werd een afstand van minimaal 2 km bovenstrooms van de grindbedden aangenomen als zijnde de afstand waarbij sedimentatie op de grindbedden tot een minimum kan herleid worden (< 0,2 mm). Het moet bekeken worden of dergelijke afstand nog enigszins mogelijk zal zijn binnen de indicatieve configuratie voor scenario 1 welke voldoet aan de vereisten omtrent minimale totale geïnstalleerde capaciteit van de windparken in de drie PEZ kavels. Een afstand nog verder dan de 500 m van de grindbedden af, is bijgevolg mogelijks als niet-realistisch te beschouwen wil de nodige capaciteit behaald worden per afzonderlijk kavel.



Figuur 5-17 – Overzicht van de maximale laagdikte aan fijn sediment voor de twee GBF locaties gemodelleerd in het detailscenario van de pluimmodellering. De contouren van de PEZ kavels PE II en PE III zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden in groen (Arcadis Nederland B.V., 2023). Naast de GBF baggerlocatie wordt ook een tijdelijke stortlocatie voor de fijne sedimentfractie in kavel PE II aangeduid.

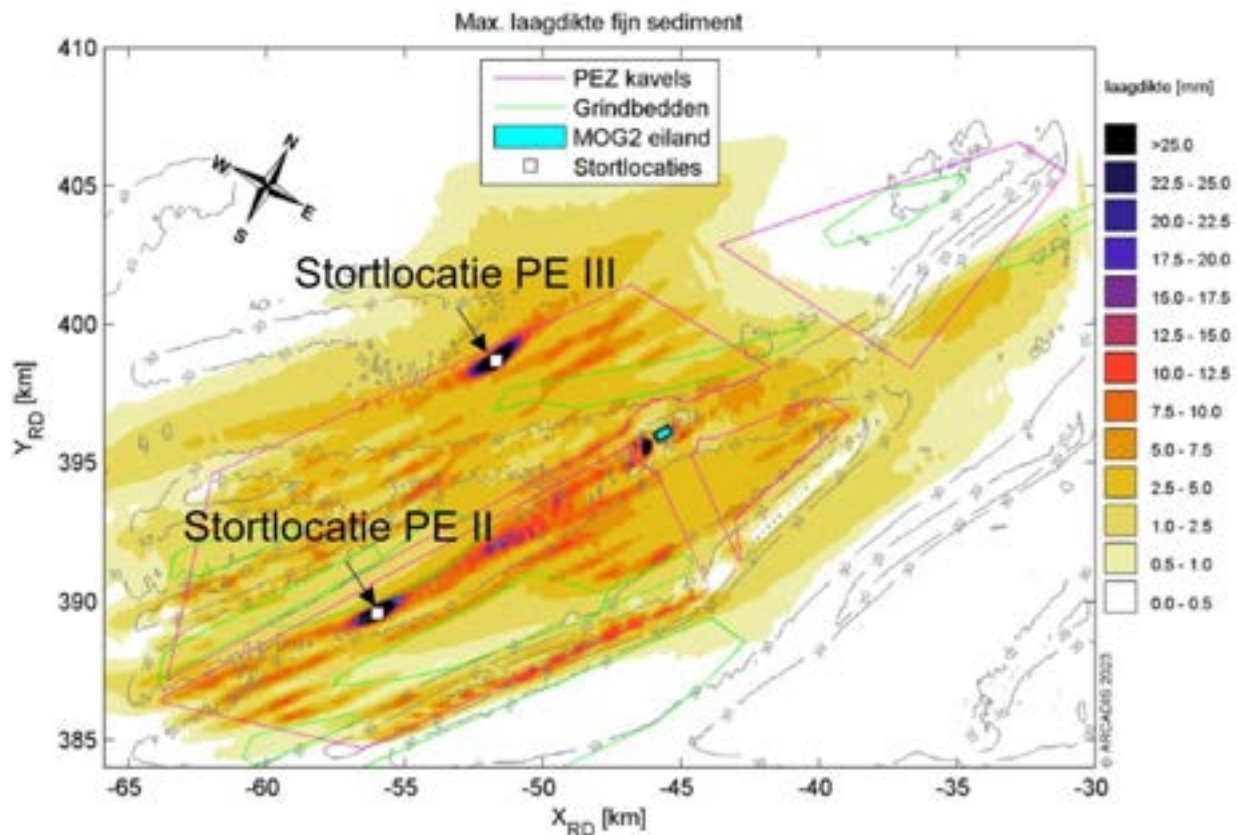
Schematisch scenario:

Om een beeld te krijgen van de situatie tijdens gelijktijdige ontwikkeling in kavels PE II en PE III, geeft onderstaande Figuur 5-18 de maximale verspreiding en laagdikte weer van het fijne sediment (fracties < 250 µm korrelgrootte) die maximaal op enig moment in de tijd in de PEZ kavels aangetroffen wordt binnen de periode van het uitgraven van de funderingsputten. Hierop is duidelijk te zien dat er met name ter hoogte van de tijdelijke stortlocaties in de kavels een laag van meer dan 2,5 cm dik wordt afgezet over een afstand van ca. 2 km worst case. Ook naast het MOG2 eiland wordt een sedimentlaag van meer dan 2,5 cm dik afgezet (tot zelfs ca. 8 cm, over een oppervlakte van ca. 1 km²), doordat de stromingen gehinderd worden door het eiland en fijn sediment accumuleert. Op de turbinelocaties zelf wordt een laag van ca. 1 cm afgezet. Ter hoogte van de kwetsbare grindbedden in de kavels worden maximale laagdiktes van 1 cm aangetroffen, al komen ze doorgaans niet boven 0,5 cm uit. Met name in kavel PE III wordt een iets dikkere sedimentlaag over de grindbedden afgezet, in lijn met de dominante getijstrooming, al blijft deze nog steeds onder 1 cm dik.

Als er wordt gekeken naar evolutie doorheen de tijd (Figuur 5-19), blijkt dat het sedimentpakket al op dag 10 boven 2,5 cm uitkomt nabij de eerste baggerlocaties (door het direct lokaal neerslaan van fijn sediment tijdens het baggeren en nivelleren van de turbinelocaties) en op de stortlocaties. Ook na 100 dagen (i.e. ongeveer 7 weken na de totale periode nodig voor het voltooiën van de werkzaamheden in beide kavels) is dit nog steeds het geval op de stortlocaties (welke continu en tot op het laatste moment verstoord worden door bijkomende sedimentdump), nabij het MOG2 eiland, en op sommige baggerlocaties (daar wordt aangenomen dat er sequentieel gewerkt zal worden en dus niet overal op hetzelfde moment baggeractiviteit plaatsvindt). De laagdiktes halveren echter op alle locaties (zowel bagger- als stortlocaties) binnen enkele weken na het beëindigen van de activiteiten op de desbetreffende plaats. Bij ieder springtij zal een deel van het fijne sediment in resuspensie gebracht worden.

Bovenstaande resultaten tonen wederom het belang van de locatiekeuze van de tijdelijke stortplaatsen aan, waarbij deze niet vlakbij grindbedden moeten geplaatst worden.

De verspreiding van de sedimentpluim wordt met name in noordelijke en noordoostelijke richting, overeenstemmend met de getijrichting in de PEZ, aangetroffen. Hierdoor wordt ook de waterkolom en zeebodem ter hoogte van kavel PE I (die tegen dan al ontwikkeld zou moeten zijn, cf. termijn en fasering) beïnvloed door de werkzaamheden in kavels PE II en PE III. Dit effect zal verder besproken worden in Hoofdstuk 6 rond Cumulatieve effecten.



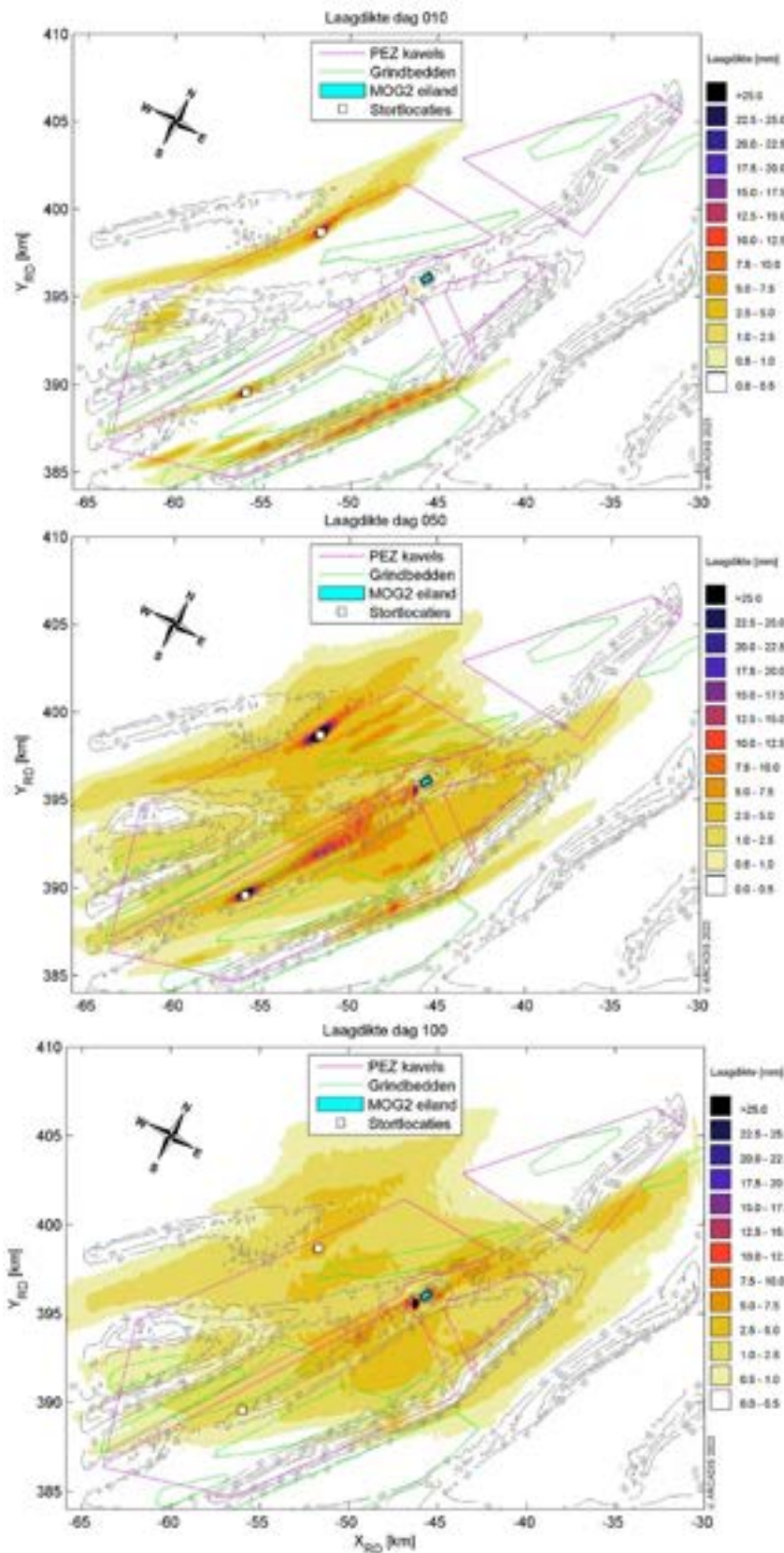
Figuur 5-18 – Weergave van de maximale laagdikte (i.e. de dikte op een bepaald moment in de tijd tijdens de werkzaamheden aangetroffen) in de PEZ kavels PE II en PE III. De contouren van de kavels zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden (op basis van de EDEN2000 studie) in groen. De locatie van twee indicatieve stortlocaties voor de fijne fractie gebaggerd sediment is eveneens aangeduid op de figuur.

Op basis van de resultaten kan besloten worden dat de afzettingen van fijn sediment zich uitstrekken tot buiten de grenzen van de kavels (zij het relatief beperkt tot ca. 10 km; Figuur 5-18), en dat met name ter hoogte van de tijdelijke stortlocaties een dikker sedimentpakket zal neerslaan, waardoor de impact op de lokale bodemgesteldheid en korrelgrootteverdeling in die zones als matig negatief (-) wordt beoordeeld. Ter hoogte van de kwetsbare grindbedden wordt tijdelijk en lokaal een sedimentlaag van maximaal 1 cm dik afgezet, al bedraagt de dikte op de meeste plaatsen minder dan 0,5 cm.

Omwille van het tijdelijke aspect en het gegeven dat laagdiktes al na enkele weken halveren door resuspensie onder de heersende hydrodynamica, wordt de beoordeling niet als significant negatief beschouwd. Dit is in lijn met de conclusies van de EDEN2000 studie van Van den Eynde et al. (2023b) die besluiten dat de effecten relatief lokaal en beperkt in tijd zullen zijn. Door het gegeven dat de gemiddelde bodemschuifspanning in de PEZ hoog genoeg is om fijn materiaal makkelijk in suspensie te brengen bij voldoende stroming, wordt de afgezette sedimentlaag dus snel (bij ieder springtij) terug geërodeerd (Van den Eynde et al., 2023b). De nodige aandacht dient echter wel uit te gaan naar eventuele cumulatieve effecten met ander activiteiten in de buurt (zie Hoofdstuk 6).

Er wordt aangenomen dat bij scenario 2 met grotere turbines maar een kleiner aantal, de ontstane baggerpluim maximaal van dezelfde grootteorde zal zijn als hier gemodelleerd voor scenario 1. Op basis van de berekeningen eerder in dit

hoofdstuk naar bodemverzet, gaat het voor dit scenario om ongeveer de helft van het volume bodemverzet (nivelleren en uitgraven funderingsputten: ca. 0,8 – 1,6 Mm³, afhankelijk van het kavel – tegenover ca. 1,4 – 3,1 Mm³ voor scenario 1; zie Tabel 5-4), waardoor in realiteit de ontstane baggerpluim naar verwachting zelfs beperkter zal zijn. Toch wordt hier vanuit een voorzorgsprincipe eenzelfde beoordeling aangehouden (matig negatief). Het effect op het sedimenttransport en sedimentatie wordt dus voor beide scenario's gelijk beoordeeld, en voor beide kavels. Hoewel er geen specifieke modellering voor kavel PE I werd uitgevoerd, daar deze in de onmiddellijke omgeving van de andere kavels gelegen is, en er dus gelijkaardige hydrodynamica heerst, wordt ook voor dit kavel een baggerpluim van maximaal eenzelfde omvang geanticipeerd, zeker gezien het aantal turbines in het kavel kleiner is (max. 54) dan in de kavels PE II en PE III. Het totale bodemverzet voor dit kavel (ca. 1,4 Mm³ voor scenario 1, en ca. 0,8 Mm³ voor scenario 2; 90 % MP + 10 % GBF; Tabel 5-4) bedraagt ongeveer de helft van de andere twee kavels die wel gemodelleerd werden. In realiteit wordt dus verwacht dat de effecten op sedimenttransport en sedimentatie van de fijne fractie in kavel PE I van een kleinere omvang zullen zijn, maar wordt vanuit het voorzorgsprincipe aangenomen dat het naar beoordeling eenzelfde grootteorde betreft en wordt ook hier matig negatief (-) aangehouden.

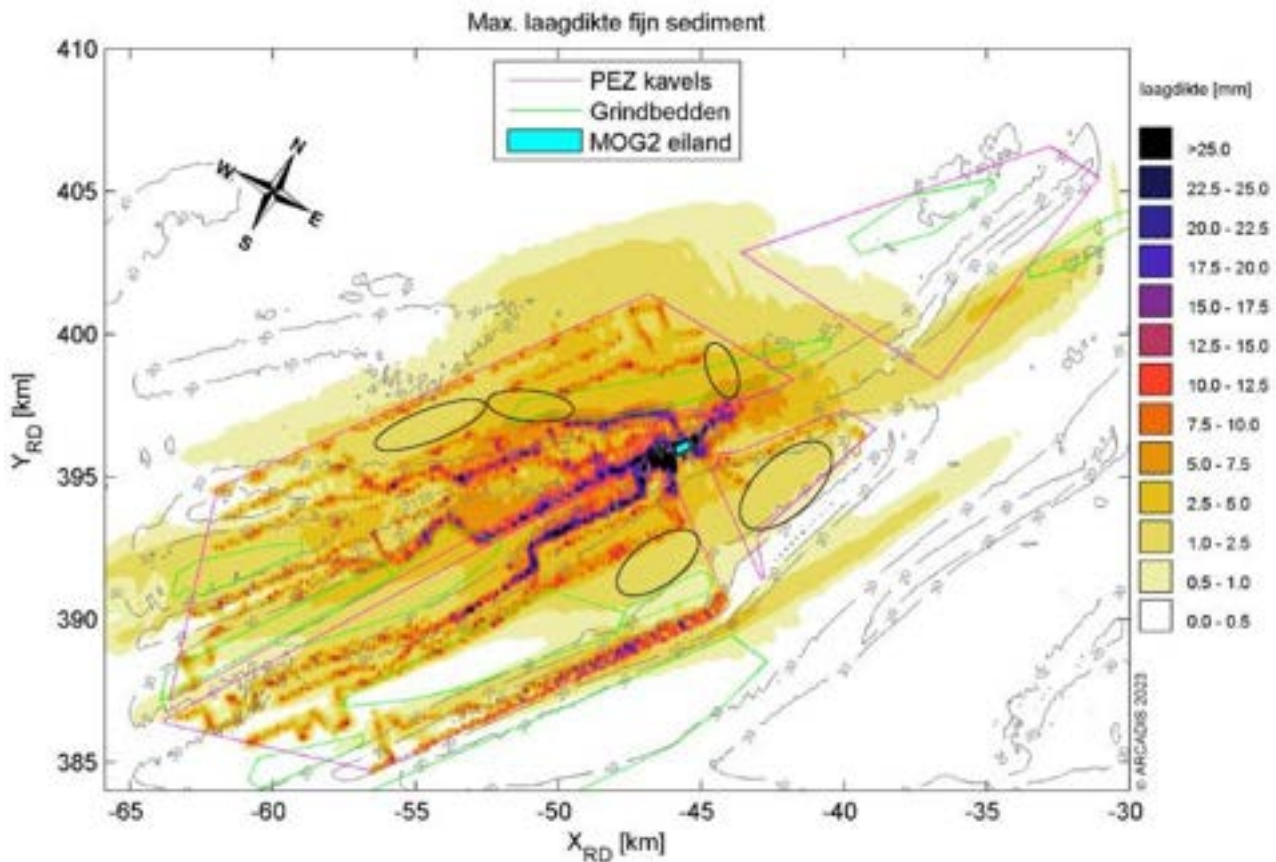


Figuur 5-19 – Weergave van de evolutie doorheen de tijd van de laagdikte en pluimverspreiding tengevolge ingraven van funderingsputten in de PEZ kavels PE II en PE III. De contouren van de kavels zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden (op basis van de EDEN2000 studie) in groen.

Kabelscenario:

Naast de effecten van het uitgraven van de funderingsputten en het stockeren van materiaal op de stortlocaties (zie schematisch scenario) werden ook de effecten van pluimvorming en depositie tengevolge de installatie van de parkbekabeling in kavels PE II en PE III gemodelleerd.

Net zoals voor de turbines, zal een sedimentpluim tot ontwikkeling komen tijdens het pre-sweepen van de zeebodem, en het installeren van de parkbekabeling met een cable trencher welke zich uitstrekt over de PEZ en tot daarbuiten in noordelijke en noordoostelijke richting, waardoor de invloed van de werkzaamheden in kavels PE II en PE III ook reikt tot in het kavel PE I (waar op zich ook al de effecten van de eigen parkbekabeling zullen spelen), en vice versa. Op deze uitlopers zal echter maximaal een laagdikte van 0,5 cm afgezet worden. Ter hoogte van de kabeltracés zelf, wordt een maximale laagdikte van fijne sedimenten van 1 tot meer dan 2,5 cm aangetroffen, weliswaar beperkt tot enkele honderden meters verder naast de kabel zelf (Figuur 5-20). Hoe meer in de buurt van het MOG2 eiland gekomen wordt, neemt de dikte van de sedimentlaag toe (tot 15 cm dik vlak naast het MOG2 eiland, wederom over een oppervlakte van ca. 1 km²), omwille van het gegeven dat de kabels allen aanlanden ter hoogte van het eiland en omwille van ophoping van het sediment door belemmering van de stroming daar, zeker aan zuidwestelijke zijde. Echter, net zoals voor de sedimentafzetting die ontstaat bij de funderingswerken (schematisch scenario), zal ook in dit geval het sedimentpakket snel in resuspensie komen (zie Externe bijlage 1 voor de tijdsreeks van deze evolutie; Arcadis Nederland B.V., 2023), waardoor gedurende het merendeel van de tijd de dikte minder dan 0,5 cm zal bedragen. Na 40 dagen (~6 weken) na beëindigen van de werkzaamheden bedraagt de maximale laagdikte nog maximaal 0,5 cm, behalve ter hoogte van het MOG2 eiland waar het gedurende langere tijd meer blijft (gezien alle kabels aanlanden op dit punt).



Figuur 5-20 – Maximale laagdikte fijn sediment tijdens de installatie van de inter-array kabels in kavels PE II en PE III. De kavels van de PEZ zijn aangeduid als paarse contouren, de locatie van de grindbedden (cf. EDEN2000 studie) wordt weergegeven met een groene contour. De cirkels geven een indicatie waar de parkkabels de kleilaag kunnen bereiken en vormen de argumentatie van de brontermen gehanteerd in de pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023).

Ter hoogte van kwetsbare grindbedden, en omwille van het gegeven dat in de hypothetische configuraties van de parkbekabeling (zie § 4.1) sommige kabels aan de rand van of binnen de bufferzones rondom de grindbedden gelegen zijn, worden op sommige locaties binnen deze bufferzones en ter hoogte van de grindbedden zelf sedimentdeposities van maximaal 2 cm aangetroffen. Echter, over het grootste deel van de grindbedden zal maximaal 0,5 cm fijn sediment neerslaan (zie Figuur 5-20). Net zoals voor het schematisch scenario geldt dat ook voor de parkbekabeling de grindbedden in kavel PE III (omwille van hun locatie t.a.v. de dominante getijstrooming) een doorgaans dikker sedimentpakket kunnen verwachten dan deze in kavel PE II. Ook omwille van het gegeven dat er in de indicatieve configuratie slechts een beperkt aantal parkkabels zuidelijk van de grindbedlocaties in kavel PE II loopt, en deze ook doorgaans op een iets ruimere afstand van de grindbedden kunnen gelegen zijn dan in kavel PE III. In de studie van Van den Eynde et al. (2023b) wordt aanbevolen om kabels op een afstand van minimaal 20 m tot de type 1 grindbedden in te graven. Gezien de vooropgestelde totaal geïnstalleerde vermogens per kavel, alsook de hoeveelheid en het oppervlak aan kwetsbare grindbedden in de kavels, in combinatie met het aantal parkkabels die nodig is om alle turbines rechtstreeks op het MOG2 eiland aan te sluiten, lijkt het niet overal mogelijk om die 20 m afstand aan te houden voor de parkbekabeling. Binnen de indicatieve oefening in Hoofdstuk 4.1 werd zoveel mogelijk getracht om de 500 m bufferzones rond de type 1 grindbedden te vrijwaren, ook met parkbekabeling, maar dit bleek niet overal mogelijk waardoor op sommige locaties in de drie PEZ kavels heel dicht tegen de grindbedden (en dus in de bufferzone) wordt gekomen. Met name in scenario 1 en voor kavels

PE II en PE III komen de parkkabels op die manier op een afstand van min. 28 m (kavel PE II) en 20 m (kavel PE III) van de grindbedden te liggen volgens de indicatieve intekening (in kavel PE I bedraagt de minimale afstand van de parkkabels tot het dichtstbijzijnde grindbed nog steeds meer dan 340 m in dit scenario). Binnen scenario 2 bedraagt de minimale afstand van de dichtstbij gelegen parkkabel tot de eigenlijke grindbedden respectievelijk ca. 400 m (kavel PE I), 35 m (kavel PE II) en 27 m (kavel PE III). Verdere micro-siting door ontwikkelaar(s) kan hier mogelijk nog verder aan tegemoet komen om deze afstanden tot de grindbedden zo groot mogelijk te houden, en de bufferzones maximaal te vrijwaren. Niettemin is het ook in de indicatieve oefening in Hoofdstuk 4.1 nog steeds voor heel grote delen van kavels PE II en PE III wél mogelijk om de grindbedden en bufferzones te vrijwaren van bekabeling en de afzetting van fijn sediment er te beperken tot maximaal 0,5 cm (uitgezonderd enkele zones aan de randen tot tijdelijk maximaal 2 cm). Gezien de grindbedden zich momenteel niet in een gunstige staat bevinden (zie verder onder hoofdstuk 5.4 rond Fauna, flora en biodiversiteit), valt evenwel te verantwoorden dat er op sommige locaties dicht bij de grindbedden moet gegaan worden met een enkele parkkabel.

Samenvatting:

Hoewel het gezamenlijk effect van het schematisch scenario van funderingen en kabelscenario binnen kavels PE II en PE III niet werd berekend, kan aangenomen worden dat de effecten op pluimvorming en sedimentatie in en rond de PEZ elkaar zullen versterken. In de meest conservatieve benadering, indien er zou uitgegaan worden van het tegelijk voorkomen van de maximale laagdiktes voor zowel het voorbereiden en aanleggen van de funderingsputten voor de turbines, als het voorbereiden en ingraven van de parkkabels, zouden gecumuleerde laagdiktes van ca. $8 + 15 = 23$ cm ter hoogte van het MOG2 eiland aangetroffen worden. Zulk een scenario is evenwel niet realistisch in de praktijk, waarbij activiteiten elkaar zullen opvolgen in de tijd. Algemeen wordt het effect van de constructie van de funderingen en parkbekabeling op de natuurlijke sedimentatie op basis van de huidige kennis en de modelresultaten als matig negatief (-) beschouwd. Deze effecten op het sedimenttransport en sedimentatie worden voor beide scenario's gelijk beoordeeld, en voor de drie kavels, ongeacht het type fundering. Doordat in voorliggend MER 10 % van de totaal te installeren turbines een gravitaire fundering zal zijn (worst-case scenario dat gemodelleerd werd), wordt het verschil met een scenario waarbij enkel voor monopile funderingen gekozen wordt niet als dusdanig verschillend beschouwd dat het zal leiden tot een andere beoordeling van effecten. Voor kavel PE I wordt uit voorzorg eenzelfde beoordeling aangehouden als voor kavels PE II en PE III (vanwege het kleinere aantal turbines, en het verschil in uitvoeringsperiode van de werkzaamheden t.a.v. kavels PE II en PE III), al kan geargumenteed worden dat de effecten naar verwachting minder groot zullen zijn (daar ca. de helft in aantal turbines en dus bodemverzet nodig is om het vereiste totaal geïnstalleerd vermogen voor dit kavel te halen). Analoog wordt ook voor het scenario 2 met een kleiner aantal turbines (weliswaar met grotere dimensies) dezelfde beoordeling gehanteerd, al zullen effecten naar totaal bodemverzet en daarmee gerelateerde pluimvorming en sedimentatie naar verwachting kleiner zijn dan voor het gemodelleerde scenario. Uit voorzorg wordt echter dezelfde beoordeling (dus matig negatief) aangehouden.

Ter hoogte van zones met hoge kans op voorkomen van dagzomend grind (type 1 contour grindbedden) of zones met hoge kans op voorkomen van dagzomend grind afgewisseld met grofzandige barchaanduinen (type 2) wordt een

maximale gecumuleerde depositie van maximaal 2 cm dik verwacht aan de randen, waar parkbekabeling gelegen is, en indien de werkzaamheden gelijktijdig doorgaan op alle parkkabeltracés. Echter, op de meeste locaties en gedurende het merendeel van de tijd van de werkzaamheden (voor die locaties waar de laagdikte hoger oploopt) zal de dikte onder de 0,5 cm blijven ter hoogte van de grindbedden. Grindbedden in kavel PE III zullen in verhouding iets meer afzetting tengevolge werkzaamheden binnen voorliggend MER kunnen verwachten dan deze in kavel PE II, omwille van hun positie t.a.v. de dominante getijstroming en de indicatieve configuraties naar turbines en parkkabels om tot het vereiste totaal geïnstalleerd vermogen te geraken per kavel.

De effecten van de depositie uit bovenstaande effectbeoordelingen op het habitat en de biota wordt in meer detail besproken in § 5.4.3.

Invloed op turbiditeit

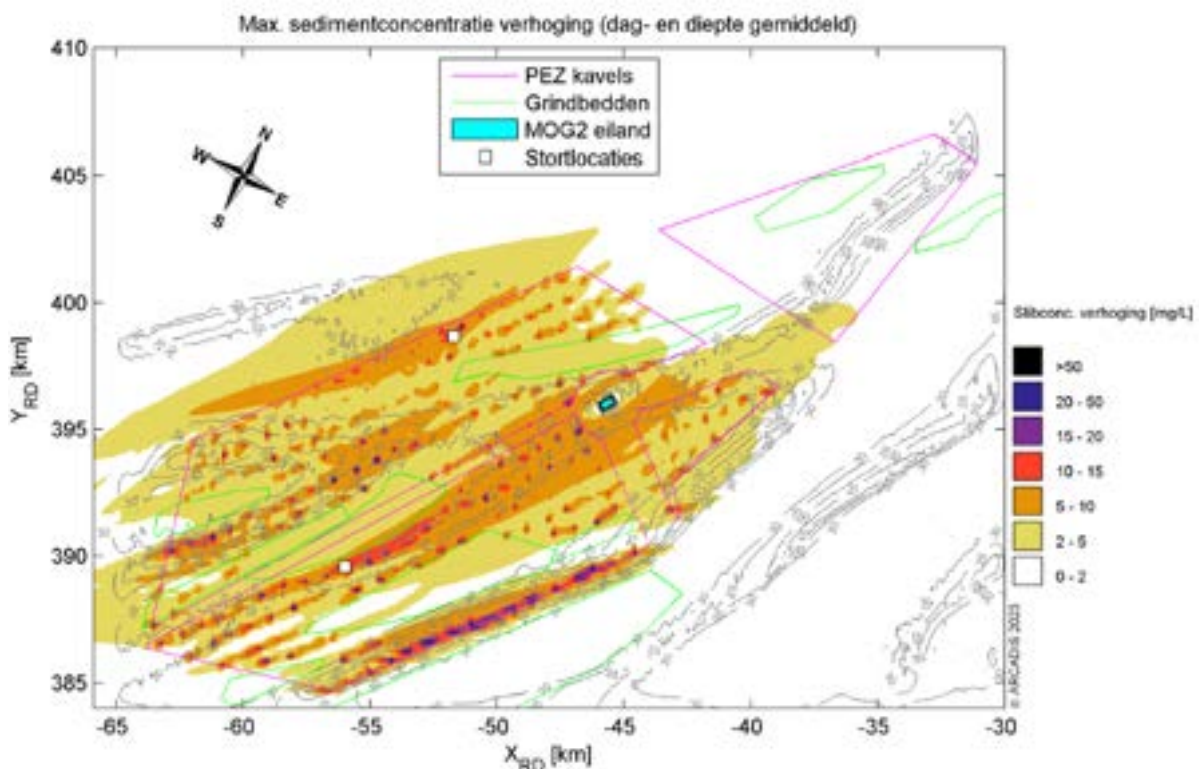
Tijdens de constructiefase van de funderingen en parkbekabeling kan een lokale verhoging van de turbiditeit optreden bij de bagger- en stortactiviteiten. Binnen voorliggend MER wordt uitgegaan van een worst-case scenario van prenivelleren van de zeebodem voor 100 % van de turbinelocaties (90 % MP, 10 % GBF), en langsheen 87 % van de parkbekabelingstracés. In het geval van de nivellering en het uitgraven van de funderingsputten wordt er sediment gestockeerd in daarvoor voorziene stortplaatsen in de PEZ kavels. Het totale bodemverzet per funderingstype en per activiteit werd berekend in voorgaand hoofdstuk § 5.1.4.1 met daarin de bespreking van effecten op de zeebodem (zie ook Tabel 5-3 en Tabel 5-4).

Om een inschatting te kunnen maken van de invloed van de activiteiten op de turbiditeit in de waterkolom, werd er in de numerieke pluimmodellering (Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023) berekend wat de maximale dag- en dieptegemiddelde vertroebeling is voor de verschillende scenario's (zie voorgaande paragrafen onder invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie). Als achtergrondconcentratie werd een turbiditeit van 5 mg/l gehanteerd (zie § 5.1.2.7).

In het **detailscenario** voor één GBF werd aangetoond dat de baggerpluim zich verspreidt met de dominante getijrichting, maar dat de concentraties in de waterkolom enkel in de nabijheid van de bagger- en (in mindere mate) stortlocaties zelf boven de achtergrondwaarde van 5 mg/l uitkomen. Dit kan verklaard worden door de aanname dat 66 % van het fijne sediment als overflow losses vrijkomt ter hoogte van de baggerlocatie. Deze tijdelijke verhoging van de turbiditeit nabij de bagger- en stortlocaties dempt echter snel uit (na minder dan 1 dag), door lokaal neerslaan of verdere verspreiding (zie voorgaande bespreking naar laagdiktes en verspreiding). In het projectgebied PEZ bevindt zich in hoofdzaak een zandige bodem, met een gemiddelde korrelgrootteverdeling tussen 300 en 400 µm, waardoor gravitaire krachten het zand relatief snel terug doen uitzinken.

In het **schematisch scenario** voor de gecombineerde installatie van turbines (nivelleren en uitgraven van funderingsputten) in kavels PE II en PE III werd eveneens een verspreiding van de baggerpluimen met de dominante getijrichting waargenomen, tot buiten de kavels in constructie waardoor ook kavel PE I die tegen dan al volgebouwd zal

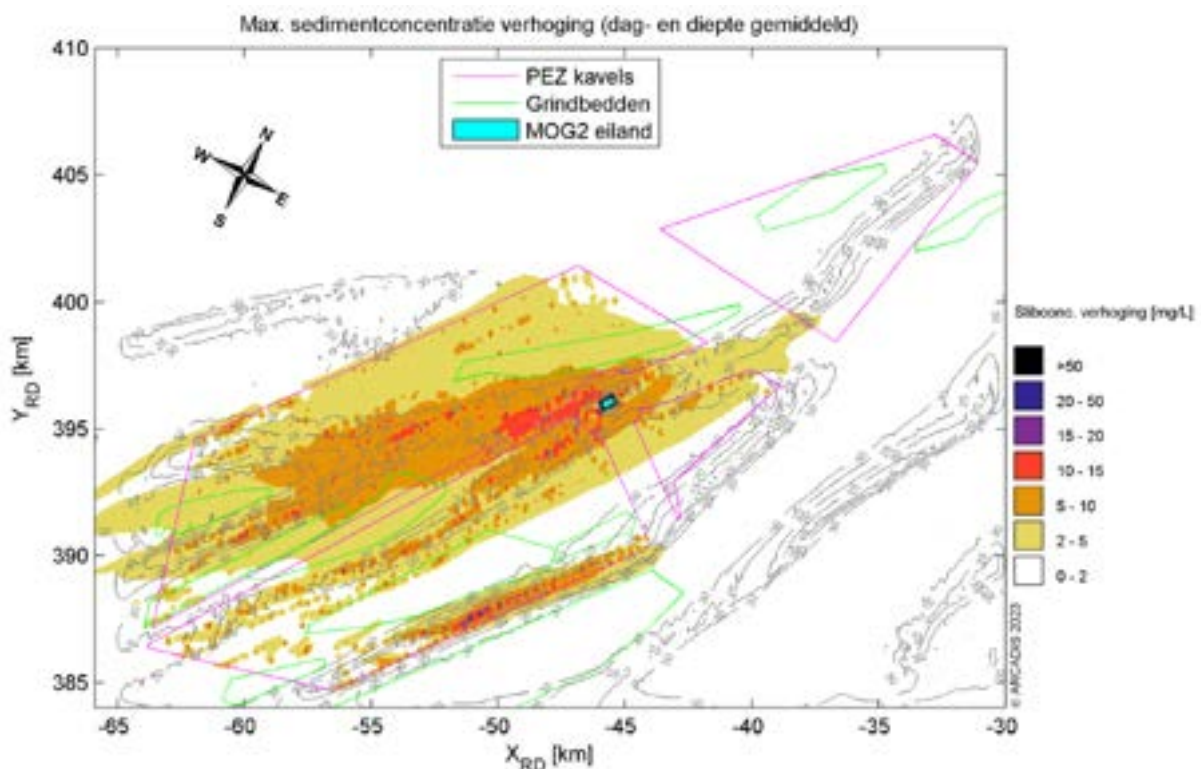
zijn beïnvloed wordt (al blijft de ruimtelijke verspreiding van de turbiditeitspluim beperkt tot ca. 5 km buiten kavels PE II en PE III; Figuur 5-21). Na 100 dagen (zie figuren in Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023) zal er nog steeds sediment neerslaan in het projectgebied PEZ, alsook deels daarbuiten (vooral in noordelijke – noordoostelijke richting). Ter hoogte van de turbinelocaties komt de dieptegemiddelde concentratie van fijne sedimenten in suspensie tijdelijk boven de 15 of zelfs 20 mg/l uit (Figuur 5-21), wat hoger is dan de achtergrondconcentraties van 5 mg/l. Dit effect zal echter snel uitdempen doorheen de tijd (na minder dan 24u).



Figuur 5-21 – Maximale concentratieverhoging fijn sediment (dag- en dieptegemiddeld) in de PE II en PE III kavels (schematisch scenario). De kavels van de PEZ zijn aangeduid als paarse contouren, de locatie van de grindbedden wordt weergegeven met een groene contour.

In de modellering werd berekend dat de concentraties in suspensie gedurende minder dan 5 % (i.e. ca. 2,5 dag) van de constructiewerkzaamheden (hier bepaald als 48 werkbare dagen) boven de 5 mg/l uitstijgen. Dichter bij de stortlocaties zal, omwille van de continue stortactiviteiten, de hoeveelheid materiaal in suspensie echter wel langer dan 5 % van de tijd hoger zijn dan de achtergrondwaarden. Dit effect doet zich vooral voor ter hoogte van de zeebodem, waar het sediment gestort wordt. De zone rond de stortplaatsen waar gedurende meer dan 50 % van de tijd (i.e. 24 dagen) de achtergrondconcentraties worden overschreden strekt zich ongeveer 1 km uit in de dominante getijrichting, met name ter hoogte van de zeebodem (zie Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023). Tussen de grindbedden wordt de achtergrondconcentratie ter hoogte van de zeebodem gedurende 35 % van de tijd (i.e. ca. 17 dagen) van de constructiewerkzaamheden overschreden, maar boven de grindbedden zelf is de vertroebeling doorgaans minder dan de 5 mg/l achtergrondconcentratie, waardoor effecten op de turbiditeit boven deze kwetsbare gebieden al bij al beperkt blijven.

In het **kabelscenario** tenslotte, werd wederom een verspreiding van de sedimentpluimen met de dominante getijrichting waargenomen, al reikt deze minder ver buiten de kavels in constructie dan voor de pluim tengevolge de funderingswerken (Figuur 5-22). Ter hoogte van de kabeltracés, komt de dieptegemiddelde concentratie van fijne sedimenten in suspensie doorgaans niet boven de 10 mg/l uit (Figuur 5-22), tenzij ter hoogte van het MOG2 energie-eiland, waar turbiditeit oploopt tot 15 mg/l gezien de concentratie aan kabels toeneemt. Dit effect zal echter ook in dit geval snel uitdempsen doorheen de tijd (na minder dan 24u).



Figuur 5-22 – Maximale concentratieverhoging fijn sediment (dag- en dieptegemiddeld) tijdens de aanleg van inter-array kabels (kabelscenario). De kavels van de PEZ zijn aangeduid als paarse contouren, de locatie van de grindbedden wordt weergegeven met een groene contour.

In de modellering werd berekend dat de concentraties in suspensie nergens in de PEZ gedurende meer dan 50 % (i.e. ca. 30 dagen) van de constructiewerkzaamheden (hier bepaald als 60 werkbare dagen) boven de 5 mg/l uitstijgen. Dichter bij het MOG2 eiland wordt de 5 mg/L concentratieverhoging het langst overschreden omwille van de cumulatie van parkkabels. Ter hoogte van de grindbedden wordt de 5 mg/L slechts plaatselijk overschreden, vooral bij de bodem en nergens langer dan 20 % van de tijd (i.e. 12 dagen).

Samenvattend kan uit bovenstaande besloten worden dat de constructie van funderingen (inclusief nivelleren en storten) en parkbekabeling in scenario 1 van voorliggend MER een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit zal veroorzaken, welke boven de achtergrondconcentraties uitstijgt, maar ook snel uitdempt, doorgaans binnen de 24 uur. Ter hoogte van de type 1 grindbedden wordt de achtergrondconcentratie enkel lokaal en gedurende korte tijd overschreden, waardoor het effect op de turbiditeit in de kwetsbare grindgebieden lager wordt ingeschat dan voor de omliggende sedimenten. Voor beide kavels en voor alle funderingstypes wordt de impact op turbiditeit bijgevolg als gering negatief (0/-)

beoordeeld. Er wordt aangenomen dat effecten in kavel PE I, alsook de installatie van een kleiner aantal turbines (met weliswaar grotere dimensies) binnen scenario 2, van maximaal vergelijkbare grootteorde zullen zijn, zodat deze beoordeling geldt voor alle kavels en alle scenario's.

Invloed op waterkwaliteit

De eerder beschreven activiteiten rond prenivelleren van de zeebodem, uitgraven van funderingen, aanbrengen van erosiebescherming en jetten/ploegen van de inter-array bekabeling hebben ook als mogelijk effect dat zij, door hun impact op de zeebodem (zie eerdere besprekingen onder morfologie en geologie), kunnen leiden tot het vrijkomen van zware metalen uit het verstoord sediment. Zo wordt binnen het BNZ de kwaliteitsnorm voor verschillende zware metalen (o.a. Cu, Cr, Pb, Zn, Hg, Cd) in het mariene sediment overschreden (zie § 5.1.2.4). Er wordt echter aangenomen dat enkel de bovenste laag van de zeebodem zware metalen bevat (Phua et al., 2004). Gezien er voornamelijk grovere sedimenten (gemiddelde korrelgrootte 300 – 400 µm in de PEZ; zie eerder) verwijderd worden met een laag percentage aan fijn materiaal (20 % fijn zand met korrelgrootte < 250 µm en 0,5 % slib met korrelgrootte < 63 µm in die zones met zandduinen; cf. aannames numerieke pluimmodellering; Externe bijlage 1 – Arcadis Nederland B.V., 2023 en referenties daarin), en lage concentraties aan zware metalen (zie § 5.1.2.4 en § 5.1.2.7), kan dit als een gering negatief effect beschouwd worden (0/-). Ondanks dat in zones zonder zandduinen waar kleilagen dagzomen hogere percentages aan fijn materiaal (13 % fijn zand en 30 % slib; Arcadis Nederland B.V., 2023) voorkomen, geldt dit voor een beperkt aandeel van het verstoord zeebodemoppervlak, waardoor een gering negatieve beoordeling behouden blijft.

Analoog als voor zware metalen, is de potentiële impact van het vrijkomen van organische polluenten uit de bovenste sedimentlaag tijdens de constructiefase vrij gering (0/-), gezien er voornamelijk zand geëxtraheerd wordt met een laag percentage aan fijne deeltjes en organisch materiaal. In bepaalde delen van de PEZ (met name ter hoogte van Fairybank en ten noorden van de offshore scarp), kunnen fijnere (Pleistocene) rivierinvullingen voorkomen onder het Holoceen dek die een hoger organisch gehalte hebben (zie Figuur 5-10 B). Op de flanken van de zandbanken zit dit organisch materiaal vrij dicht aan het zeebodemoppervlak, waardoor het evenwel om een beperkte hoeveelheid gaat in de hele PEZ.

Aangezien de Noordzee aangeduid is als een speciale zone (volgens MARPOL 73/78; zie ook Hoofdstuk 2) voor afval (zie ook Externe bijlage 5; Arcadis Belgium NV, 2023b) sinds 1991 en voor olie sinds 1999, met een verbod op lozen van beide (door schepen groter dan 400 ton), zullen de activiteiten binnen voorliggend MER niet leiden tot lozingen van deze verontreinigende stoffen. De aangroeiwerende verf die wordt aangebracht op scheepsrompen gebruikt tijdens de constructiefase is TBT-vrij, gezien de wereldwijde ban sinds januari 2003 en daaropvolgende verwijdering van TBT vanaf januari 2008. De mogelijke kans op aanvaring en olieverontreiniging wordt in meer detail besproken in hoofdstuk 5.7. Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid.

Op temperatuur, opgeloste zuurstof en saliniteit wordt eveneens geen invloed verwacht tengevolge de constructiewerkzaamheden.

Operationele fase

Invloed op hydrodynamica

Eens de windparken in de drie PEZ kavels geïnstalleerd zijn, zullen in totaal ca. 160 (scenario 2) tot 278 (scenario 1) windturbines zich in de volledige PEZ bevinden. Voor kavel PE I gaat het om 54 (scenario 1) dan wel 32 (scenario 2) turbines, voor kavel PE II om 107 of 64 turbines, respectievelijk, en voor kavel PE III ten slotte om 117 of 64 turbines respectievelijk.

In deze drie windparken zal het **golfpatroon** rondom de windturbinefunderingen enigszins veranderen, afhankelijk van de openheid van de constructie en de diameter van de fundering. Bij JF, die als meer open constructies beschouwd kunnen worden, worden de golven minder gehinderd dan bij MP en GBF (Pondera Consult, 2020). In deze meer dichte constructies zal immers golfreflectie aan de loefzijde en golfafscherming aan de lijzijde veroorzaakt worden. De mate waarin deze effecten optreden is echter sterk afhankelijk van het uiteindelijke detaildesign van de windparken, en vooralsnog moeilijk te kwantificeren binnen voorliggend MER. Het verschil tussen de funderingstypes zal naar verwachting echter klein zijn. In het MER van Hollandse Kust West Kavel VII werd door middel van het SWAN model (Simulating Waves Nearshore) het effect van een MP met een diameter van 10 m (dus vergelijkbaar met scenario 1 in voorliggend MER) op het omliggende golfveld bepaald (Pondera Consult, 2020), waarbij een lokale verhoging (+ 0,1 m) voor de MP, en een lokale afname (- 0,5 m) achter de MP optrad. Eerdere studies hebben echter aangetoond dat deze effecten op golfhoogte enkel zeer lokaal (tot ca. 100 m afstand) plaatsvinden (zie Pondera Consult, 2020 en referenties daarin) waardoor het effect op golven voor alle uitvoeringsalternatieven naar funderingen en turbines als neutraal (0) beoordeeld wordt. Deze beoordeling geldt voor de twee scenario's en de drie PEZ kavels.

Niet alleen golven, maar ook lokale **stroming** rondom de funderingen in de PEZ kavels zal een verandering ondergaan. Wederom speelt het type fundering (al dan niet meer open of gesloten, zie eerder) een rol hierbij. Echter is de invloedszone van een dergelijke obstructie op de stroming zo beperkt, dat er geen interferentie optreedt tussen de invloed van diverse palen op de stroming (Pondera Consult, 2020). In de modelleringen in kader van het MER van het Mermaid windpark in de Oostelijke energiezone (IMDC, 2013a, b) werd het effect van een MP van 10 m diameter op het lokale stromingsveld bepaald, en werd er slechts over enkele honderden meters achter de MP een (beperkte) afname in stroomsnelheden gedetecteerd (IMDC, 2013a, b). Binnen voorliggend MER worden bovendien tussenafstanden tussen windturbines van 880 m (scenario 1) tot 1.200 m (scenario 2) vooropgesteld (algemene aanname = minimaal 4 keer de rotordiameter). Hierdoor zullen er geen parkeffecten (0) op de stroming en golfpatronen te verwachten zijn voor het scenario met monopiles en jacket funderingen. De invloed van gravitaire funderingen op de hydrodynamica is door de grotere afmetingen ter hoogte van de zeebodem weliswaar groter, maar wordt nog steeds als gering negatief (0/-) beoordeeld, ook omdat er binnen voorliggend MER slechts in 10 % van de turbine aantallen een GBF voorzien wordt.

Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie

Analoog aan de lokale veranderende hydrodynamiek rondom individuele funderingspalen, kan er een lokaal en gering effect optreden op het sedimenttransport. Zoals eerder besproken in § 5.1.4.1, zal lokale 'scour', i.e. de vorming van

erosieputten, plaatsvinden. Dit effect wordt door het toepassen van statische erosiebescherming voor alle funderingen binnen voorliggend MER grotendeels beperkt. Bijkomend zullen door de grote onderlinge afstand tussen de afzonderlijke turbines geen cumulatieve invloeden van het windpark op het sedimenttransport in de directe nabijheid optreden (Pondera Consult, 2020). Hierdoor wordt het effect op sedimenttransport als zeer lokaal en gering negatief (0/-) beoordeeld, voor beide scenario's in de drie kavels, en voor alle funderingstypes.

Invloed op turbiditeit

Tijdens de exploitatie van de windparken in de PEZ kunnen sedimentpluimen (weliswaar kleinere dan tijdens constructie) ontstaan in het zog (stroomafwaarts) van de individuele windturbines. Deze sedimentpluimen werden eerder al waargenomen (via satellietfoto's) en onderzocht in het Belwind I windpark ter hoogte van de Bligh bank in de Oostelijke energiezone (Baeye & Fettweis, 2015), en werden tot recent toegewezen aan de aangroei op de funderingen en daarmee geassocieerde potentiële flux van fijn organisch materiaal richting de zeebodem (zie eerder – organische aanrijking). De biologische activiteit op en rond de funderingen van de turbines zou op die manier zorgen voor de geobserveerde pluimen, welke omwille van de lage sedimentatiesnelheden ook tot op ca. 1 – 2 km van de turbinelocaties kunnen verspreiden (Baeye & Fettweis, 2015).

Meer recent werd echter gesuggereerd dat in plaats van een biogene oorsprong, eerder fysische processen aan de basis zouden liggen van deze sedimentpluimen, door toegenomen turbulentie in het zog van de turbines (Van den Eynde et al., 2023b). Verdere monitoring ter hoogte van het Mermaid windpark moet meer informatie verschaffen omtrent de grootteorde van deze turbiditeitspluimen in het BNZ. Ongeacht welke processen uiteindelijk aan de basis liggen van dit fenomeen, worden gelijkaardige turbiditeitspluimen verwacht in de PEZ kavels, waardoor het effect op turbiditeit tijdens de exploitatiefase als gering negatief (0/-) beoordeeld wordt. Deze beoordeling geldt voor alle kavels, scenario's en funderingstypes.

Invloed op waterkwaliteit

Tijdens de exploitatiefase van de windparken in de PEZ worden geen langetermijn effecten op de waterkwaliteit verwacht (0). Net zoals tijdens de constructiefase, en net zoals aangehaald in de effectbespreking voor bodemkwaliteit, is de kans op een accidentele lozing met acuut effect op de waterkwaliteit zeer gering. In de windturbines zelf worden immers voorzieningen getroffen (o.a. vloeistofdichte voorzieningen en lekbakken) om ervoor te zorgen dat milieuverontreinigende stoffen zoals (hydraulische) olie en vet aanwezig in onder meer gondel en tandwielkast niet kunnen vrijkomen in het zeewater (zie ook § 3.4.1; § 5.7.3.5; Pondera Consult, 2020; IMDC, 2013a). Eventueel opgevangen olie of andere vloeistoffen in de daarvoor voorziene lekbakken wordt tijdens onderhoud verwijderd uit de windturbines. Wat betreft het gebruik van aangroeiwerende verven, worden er geen chemicaliën zoals TBT gebruikt in de bescherming van de funderingen (bij GBF wordt zelfs geen aangroeiwerende verf voorzien). Als corrosiebescherming van de stalen mast wordt doorgaans een meerlagige epoxy-coating of kuststoflaag speciaal ontworpen voor toepassing in offshore omstandigheden gebruikt. Op de MP of JF funderingen kan eveneens een epoxy-coating voorzien worden, al dan niet in combinatie met kathodische bescherming (Zn of Al-opofferingsanodes). Eerder onderzoek naar vrijstelling van Zn uit deze

anodes toonde echter aan dat de concentraties in sedimenten nabij en verder weg van windparklocaties in het BNZ niet significant verschilden van achtergrondconcentraties (De Witte & Hostens, 2019). Ook in studies in Nederlandse context werd er een verwaarloosbare verhoging van Al/Zn concentraties in de waterkolom ten opzichte van de normale achtergrondconcentraties opgetekend (Pondera Consult, 2020), waardoor er geen effect van de corrosiebescherming op de waterkwaliteit wordt verwacht (0). Andere vormen van zwerfval of afval met een mogelijke impact op de waterkwaliteit worden kort aangehaald in § 5.7.3.8, en zullen worden behandeld volgens de richtlijnen van het Afvalbeheersplan (Externe bijlage 5, Arcadis Belgium NV, 2023b).

Ontmantelingsfase

De effecten op water tijdens de ontmantelingsfase (die bestaat uit het verwijderen van de palen, de funderingen, de erosiebescherming en de parkkabels) zullen gelijkaardig zijn als in de constructiefase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de constructiefase. Er wordt dus integraal verwezen naar de effectbeoordeling voor de constructiefase.

Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op water

Onderstaande Tabel 5-7 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op de waterkolom. Deze beoordelingen gelden ongeacht het type fundering dat gekozen wordt (tenzij anders vermeld), en zijn gelijkaardig voor beide scenario's in voorliggend MER, en voor de verschillende kavels.

Tabel 5-7 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de waterkolom. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op water	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Invloed op hydrodynamica	0	0	0	0	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-	-	-	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploatiefase						
Invloed op hydrodynamica	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
Invloed op hydrodynamica	0	0	0	0	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-	-	-	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.1.4.3 Toetsing aan de KRMS

In het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie 2008/56/EG (KRMS) werden in juli 2012 door de Belgische Staat de kenmerken van de Goede Milieutoestand (GMT) en de milieudoelen gedefinieerd, op basis van de elf kwalitatief beschrijvende elementen (of descriptoren) uit Bijlage I van de KRMS (zie ook § 2.1.2.2). Deze werden herzien in 2018 (Belgische Staat, 2018b). In voorliggend hoofdstuk wordt de mogelijke impact besproken van de aanleg, exploitatie en ontmanteling van windparken in de drie PEZ kavels op de GMT en milieudoelen voor de beschrijvende elementen D6 (Zeebodintegriteit) en D7 (Hydrografische omstandigheden).

Relevante descriptoren en milieudoelen

De GMT van de hierboven vermelde descriptoren wordt omschreven als volgt:

- D6: “De integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name bentische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast”. Hieruit blijkt de sterke link met de beoordelingen onder § 5.4.3. Onder aantasting wordt zowel fysiek verlies (door een permanente wijziging van het zeebodensubstraat of de zeebodem morfologie en door de extractie van zeebodensubstraat) als fysieke verstoring (tijdelijke en omkeerbare) van de zeebodem verstaan.
- D7: “Permanente wijziging van de hydrografische eigenschappen berokkent de mariene ecosystemen geen schade”. Het milieudoel werd gedefinieerd om zo snel mogelijk de permanente hydrografische veranderingen te identificeren die worden veroorzaakt door de bouw van nieuwe infrastructuur in zee of op de kust en die mogelijk de spreiding van erosie- en sedimentatiegebieden in het BNZ wijzigen. Daar windparken op zee ook nieuwe infrastructuur vormen, is het noodzakelijk om de impact op deze descriptor af te toetsen.
- D8: “Concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat geen verontreinigingseffecten optreden”.

Of de GMT bereikt wordt, wordt gemeten aan de hand van een aantal criteria en indicatoren per descriptor. Hieronder worden enkel die criteria met een rechtstreekse link naar effecten in voorliggend hoofdstuk eruit gelicht. Voor een volledige oplijsting van alle criteria wordt verwezen naar Belgische Staat (2018b). Binnen descriptor D6 zijn er ook een aantal criteria en indicatoren specifiek gerelateerd aan de toestand van de bentische habitats gedefinieerd. Deze worden mee besproken in § 5.4.3.6 in de effectbeschrijvingen voor Fauna, flora en biodiversiteit.

- **D6: Zeebodintegriteit:**
 - C1: Permanente wijzigingen van de zeebodem (km² of % t.o.v. natuurlijke omvang van het habitat) ten gevolge van de verschillende menselijke activiteiten (met inbegrip van permanente wijzigingen van het natuurlijke zeebodensubstraat of de natuurlijke zeebodem morfologie door fysieke herstructurering, infrastructuurontwikkeling en verlies van substraat door de winning van grondstoffen van de zeebodem). Onder fysiek verlies wordt een permanente wijziging van de zeebodem verstaan die een periode van twee verslagcycli (twaalf jaar) of langer heeft geduurd of naar verwachting zo lang zal duren. De beoordeling omvat kwantificatie van het verloren gegaan gebied ten opzichte van de totale natuurlijke omvang van alle bentische habitats in het te beoordelen gebied (bv. door de omvang van de antropogene wijziging);

- C2: Fysieke verstoringen (km² of % t.o.v. natuurlijke omvang van het habitat) door de verschillende menselijke activiteiten (zoals visserij door bodemberoering) die een verandering van de zeebodem teweegbrengen, maar waarvan de zeebodem kan herstellen als de activiteiten waardoor de verstoringen worden veroorzaakt, worden beëindigd;
- C3: De ruimtelijke omvang van elk habitatype (km² of % t.o.v. natuurlijke omvang van het habitat) dat schade is berokkend, door wijziging van de biotische en abiotische structuur en de functies ervan (bv. door wijzigingen van de soortensamenstelling en hun relatieve dichtheid, het niet-voorkomen van bijzonder gevoelige of kwetsbare soorten of soorten die een essentiële functie hebben, de groottesamenstelling van soorten), door fysieke verstoringen. Onder dit criterium worden 2 milieudoelen gekoppeld die veranderingen in het fysische habitat kwantificeren:
 - D6.2: Het ruimtelijke bereik en de spreiding van de EUNIS habitats van niveau 3 (zanderige modder tot modder, modderig zand tot zand en grindhoudend sediment), evenals dat van grindbedden schommelen – in verhouding tot de referentiestatus zoals beschreven in de Initiële beoordeling – binnen een marge die zich beperkt tot de accuraatheid van de huidige distributiemappen.
 - D6.3: Binnen in de grindbedden te definiëren testzones mag de verhouding van de oppervlakken met harde substraten (meer bepaald de oppervlakken die gekoloniseerd worden door epifauna van hard substraat) ten opzichte van de oppervlakken met zacht sediment (meer bepaald oppervlakken bovenop het hard substraat en die de ontwikkeling van de substraatfauna verhinderen) geen negatieve trend vertonen.
- C4: De omvang van het verlies van het habitatype, als gevolg van antropogene belastingen, is niet groter dan een vastgesteld deel van de natuurlijke omvang van het habitatype in het te beoordelen gebied.
- **D7: Hydrografische omstandigheden:** binnen deze descriptor worden twee parameters bepaald:
 - C1: De ruimtelijke omvang en spreiding van de permanente wijziging van de hydrografische omstandigheden (bijvoorbeeld wijzigingen van de golfwerking, van stromingen, van het zoutgehalte, van de temperatuur) op de zeebodems en in de waterkolom, meer bepaald gekoppeld aan fysiek verlies van de natuurlijke zeebodems;
 - D7.1: Veranderingen ten gevolge van nieuwe projecten worden als significant beschouwd als ze (i) een fysiek verlies betekenen (zoals gedefinieerd in D6), (ii) een variatie van meer dan 10 % veroorzaken in absolute waarde van de gemiddelde schuifspanning op de bodem ten opzichte van de referentiesituatie, of (iii) ze een variatie van meer dan 10 % veroorzaken in absolute waarde van de duur van sedimentatie of erosie ten opzichte van de referentiesituatie.
 - C2: Ruimtelijke omvang van ieder bentisch habitatype dat negatieve effecten ondergaat (fysieke en hydrografische eigenschappen en eraan verbonden levensgemeenschappen) als gevolg van de permanente wijziging van de hydrologische omstandigheden;
 - D7.2: In afwachting van het definiëren van een gemeenschappelijke methodologie op OSPAR-niveau zal de omvang van de volgende zones worden gerapporteerd als parameter die negatieve gevolgen ondergaat van de permanente wijzigingen van de hydrografische omstandigheden die te wijten zijn aan de aanwezigheid of de exploitatie van een infrastructuur: (i) de zones die een fysiek verlies in de

zin van criterium D6C1 hebben ondergaan ; (ii) de in criterium D7C1 geïdentificeerde zones, waarvan de habitatclassificatie zou veranderen volgens het voorspellingsmodel voor benthische habitats dat in het kader van EMODNet-habitat is ontwikkeld voor de Keltische Zee en de ruime Noordzee (Populus et al., 2017).

Impact op de Goede Milieutoestand en milieudoelen

De activiteiten binnen voorliggend MER hebben met name een effect op beschrijvende elementen D6 (zeebodemintegriteit) en D7 (hydrografische omstandigheden). De effectbespreking onder § 5.1.4.1 en § 5.1.4.2 heeft immers aangetoond dat de impact van offshore windparken in de PEZ op de Goede Milieutoestand en milieudoelen van D8 beperkt zal zijn, gezien de activiteiten geassocieerd met de constructie, exploitatie en ontmanteling een verwaarloosbaar effect zullen hebben op de bodem- en waterkwaliteit. In wat volgt ligt de focus dus op de beoordeling t.a.v. descriptoren D6 en D7, welke nauw gelinkt zijn aan elkaar bovendien.

Zoals berekend in § 5.1.4.1, zal er tijdens de constructie van de windparken in de PEZ kavels (incl. parkbekabeling) een relatief groot bodemverzet gebaggerd en gestockeerd worden. Hierbij zal een deel van deze sedimenten permanent verloren zijn. Daarnaast zal ook de zeebodem tijdelijk verstoord worden (o.a. door nivelleren zeebodem, uitbaggeren funderingsputten, aanleggen erosiebescherming, en ingraven kabels). Echter werd aangetoond dat slechts een beperkte oppervlakte verstoord wordt door deze activiteiten (max. 0,05 % van het totale BNZ, indien kavels afzonderlijk beschouwd worden, of max. 0,13 % cumulatief voor de drie kavels samen). Effecten zoals pluimvorming, sedimenttransport en sedimentatie werden bovendien als relatief lokaal en van tijdelijke duur beoordeeld, gezien bij ieder springtij een deel van de fijne afgezette sedimenten terug in resuspensie kan komen (cf. Van den Eynde et al., 2023b; Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023). Effecten op kwetsbare type 1 grindbedden werden door het vrijwaren van deze grindbedden en hun omringende 500 m bufferzone al zoveel mogelijk geminimaliseerd (zowel naar fysieke verstoring, als naar pluimvorming en sedimentatie belangrijk). Naar aanleiding van het berekende bodemverzet en verstoord zeebodemoppervlak kan besloten worden dat:

- de activiteiten binnen voorliggend MER een impact zullen hebben op de Goede milieutoestand m.b.t. D6 (zeebodemintegriteit), welke als gering negatief (0/-) wordt beoordeeld gezien de bagger- en stortactiviteiten en de ruimtelijke footprint van de geïmpacteerde locaties (inclusief tijdelijke stortplaatsen in de PEZ kavels). Bovendien blijft de verandering in o.a. korrelgrootte tengevolge aanwezigheid van erosiebescherming rondom funderingen een permanent karakter houden, zo lang deze niet ontmanteld werden (binnen voorliggend MER is echter wel de aanname dat alles na afloop van de exploitatiefase volledig zal verwijderd worden);
- het ruimtelijke bereik en de spreiding van de EUNIS habitats van niveau 3 echter niet significant zullen aangetast worden (milieudoel D6.2); dit ook omwille van het vermijden van grindbedlocaties tijdens het opmaken van indicatieve configuraties binnen voorliggend MER;
- er geen variatie van meer dan 10 % in absolute waarde van de duur van sedimentatie of erosie ten opzichte van de referentiesituatie wordt gecreëerd (milieudoel D7.1); dit omwille van de mogelijkheid tot resuspensie van de afgezette sedimentlagen ter hoogte van bagger- en stortlocaties (zie effectbespreking m.b.t. sedimenttransport en turbiditeit);

- er geen wijziging in de habitatclassificatie zal optreden zoals gespecificeerd in milieudoel D7.2; dit omwille van de beperkte verstoorde oppervlaktes. Indien echter geopteerd zou worden voor een erosiebescherming rond alle turbines binnen een bepaald kavel die een specifiek habitattype nabootst (cf. grindbedden; zie ook Zupan et al. (2023c), kan dit wel een potentiële invloed hebben op de habitatclassificatie;
- enige bezorgdheid omtrent impacten op het grindbed-habitat worden specifiek afgetoetst in de 'ontwerp passende beoordeling' in Hoofdstuk 7.

Besluit bespreking en beoordeling van de impact op de Goede Milieutoestand en milieudoelen

Gebaseerd op deze resultaten, en zoals besproken in vorige paragrafen, geeft de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (incl. inter-array bekabeling) in de PEZ aanleiding tot fysiek verlies en fysieke verstoring van – weliswaar een beperkt aandeel van – de zeebodem in het BNZ, en dus een gering negatief (0/-) effect op D6 Zeebodemintegriteit. De impact op D7 Hydrografische omstandigheden wordt eveneens beoordeeld als gering negatief (0/-), gezien het lokale en tijdelijke karakter van de activiteiten in voorliggend MER en dus de effecten op sedimenttransport en turbiditeit.

5.1.5 Leemten in kennis

5.1.5.1 Bodem

Binnen het onderzoeksproject “Clay Tectonics” (zie eerder) zal verder onderzocht worden in hoeverre het installeren van funderingen in kader van offshore windparken kan leiden tot reactivatie van kleitektonische vervormingen en breuken in de dieper gelegen Paleogene kleilagen van het BNZ.

Voor het scenario 2 met grotere dimensies van turbines (22 MW typevoorbeeld), is het vooralsnog onzeker over welke exacte afmetingen het zal gaan, en werd in dit MER een extrapolatie van bepaalde parameters op basis van huidige kennis over kleinere bestaande turbinemodellen gemaakt. In de toekomst zal moeten blijken over welke dimensies het in praktijk zal gaan, wat op dat moment kan leiden tot een aanpassing in de berekende verstoorde oppervlaktes en erosiebeschermingsdiameters. Er werd vanuit een voorzorgsprincipe een worst-case scenario aangehouden in voorliggend MER, waardoor de impact in realiteit binnen deze ranges zou moeten vallen.

5.1.5.2 Water

Het gebruik van de suction bucket techniek is vooralsnog minder uitgebreid getest in de praktijk (zie ook https://orsted.com/-/media/www/docs/corp/com/our-business/wind-power/bucket-jacket_long-version.ashx?la=en&hash=bb12170bd01a84543af54599146637e5) dan andere types funderingen. Echter vereist deze (net als gravitaire fundering) een grote diameter aan erosiebescherming, waardoor het verstoorde oppervlakte en risico op pluimvorming groter wordt dan bij o.a. kleinere diameters bij monopile of jacket funderingen. In hoeverre suction buckets een grotere pluim zullen doen ontstaan dan de gemodelleerde GBF is een leemte in kennis (zie ook BMM, 2015 – MEB MERMAID).

Daarnaast wordt ook aangenomen, op basis van de numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023), dat turbines tot op ca. 500 m van de grindbedden geplaatst een beperkt (zowel in ruimte als in tijd) effect hebben op deze grindbedden, zonder dat hiervoor exact kan bepaald worden op welke afstand de turbines idealiter komen te staan om nagenoeg geen effecten op de grindbedden te veroorzaken.

De keuze naar tijdelijke stortlocaties werd binnen voorliggend MER nog niet gemaakt, daar dit op moment dat gestart zal worden met de uitvoering moet afgetoetst worden met de relevante overheden. Hoewel het zeker is dat een locatie voor stortplaatsen opwaarts van de dominante getijrichting in de buurt van grindbedden absoluut af te raden is, werd niet bepaald welke exacte locatie dit best zou zijn in het BNZ. Dit is een leemte in kennis. Ook Van den Eynde et al. (2023b) toonde aan dat deze locaties beter tussen grindbedden dan boven- of benedenstrooms ervan worden ingericht.

Voor wat betreft de origine van de sedimentpluimen in het zog van de individuele windturbines, dient verdere monitoring in het Mermaid windpark meer uitsluitsel te geven of deze al dan niet van biogene of fysische (turbulentie) oorsprong zijn, daar dit momenteel nog niet volledig opgehelderd is (Van den Eynde et al., 2023b).

5.1.6 Milderende maatregelen

Bij het opmaken van de indicatieve configuraties naar turbinelocaties en inter-array parkbekabeling voor de drie PEZ kavels werden al een aantal maatregelen geïntegreerd om de impact op de meest waardevolle en/of kwetsbare zones (grindbedden) in de PEZ te reduceren.

Vanuit de EDEN2000 studies is er een detailkartering van deze grindbedden en een classificatie naar ecologisch potentieel beschikbaar (Montealeone-Gavazzi et al., 2023a). Bij de opmaak van hypothetische configuraties werd er dan ook al met deze locaties (met name type 1 grindbedden) en een bufferzone van 500 m daarrond rekening gehouden om te beoordelen in welke mate het vooropgesteld totaal geïnstalleerd vermogen in de PEZ kan gehaald worden met **maximaal vermijden van deze type 1 grindbedden en hun bufferzone**.

In Hoofdstuk 4.1 en Figuur 4-1, Figuur 4-2 en Figuur 4-3 werd aangetoond dat een intekening van zowel turbinelocaties en parkbekabeling mogelijk is waarbij er geen overlap met de type 1 grindbedden optreedt. Voor turbinelocaties is het bovendien mogelijk om ook uit de omliggende 500 m bufferzone te blijven. Echter voor parkbekabeling kan dit laatste niet gegarandeerd worden, daar alle individuele turbines rechtstreeks op het MOG2 eiland dienen aangesloten te worden, en het aantal kabels op die manier oploopt en (deels) dicht tegen of zelfs in de bufferzones rond de grindbedden zal moeten lopen. In de EDEN2000 studie van Van den Eynde et al. (2023b) wordt een **minimale afstand van 20 m tot de grindbedden** aanbevolen. Op basis van de oefening naar indicatieve configuratie in voorliggend MER is het mogelijk om deze afstand van parkbekabeling tot de grindbedden in alle drie de kavels aan te houden (zie eerder). In de verdere detaillering en micro-siting oefening die zal uitgevoerd worden door de kandidaat-ontwikkelaar(s) dient hier verder rekening mee gehouden te worden en kan enige optimalisatie naar nog grotere afstanden tot de grindbedden mogelijk zijn.

Hoewel het vermijden van grindbedden en omringende bufferzones geen garantie geeft dat de grindbedden volledig gevrijwaard zullen blijven van alle effecten (zie eerdere effectbesprekingen), zal met name de ergste sedimentatie op de grindbedden en bodemverstoring vermeden worden. Van belang hierbij te vermelden is ook het gegeven dat de grindbedden in de PEZ zich momenteel niet in een goede milieutoestand bevinden (cf. Belgische Staat, 2018a; Montereale-Gavazzi et al., 2023b; KBIN, 2023), en door de uitsluiting van bodemberoerende activiteiten in het projectgebied van zodra de windparken aangelegd zullen worden (zie verder), alsook de mogelijkheden om erosiebescherming zo aan te leggen dat deze dienst kan doen als uitbreiding van het habitat (breukstenen met gelijkaardige karakteristieken als grindbedden), kan aangenomen worden dat er een verbetering van de algemene toestand van het habitat waarschijnlijk is. De ideale afstand tot de grindbedden om zo min mogelijk invloed te creëren werd in dit MER en bijhorende pluimmodellering weliswaar niet bepaald, maar bij het inplanten van turbines dient ervoor gezorgd te worden dat de **afstand tot de grindbedden in de dominante stromingsrichting** van het getij **groot genoeg** is. Binnen voorliggend MER wordt 500 m afstand aangehouden, omwille van de bufferzone rond de grindbedden en van de indicatieve configuratie die ervoor moet zorgen dat het vooropgestelde totaal geïnstalleerde vermogen per kavel gehaald wordt. Tijdens de verdere micro-siting oefening van kandidaat-ontwikkelaar(s) moet hier verder bekeken worden welke optimalisatie naar nog grotere afstanden tot de grindbedden mogelijk zijn. Uit de pluimmodellering kan geconcludeerd worden dat op een afstand van minimaal 2 km bovenstrooms van de grindbedden, de ergste sedimentatie (i.e. meer dan 0,5 cm) vermeden zal worden.

Ook naar **inrichting van tijdelijke stortplaatsen** voor het gebaggerde sediment ten tijde van de constructiewerkzaamheden wordt aanbevolen om rekening te houden met de locatie van de aanwezige grindbedden in de PEZ. De stortplaatsen worden best zo beperkt mogelijk gehouden naar aantal en dimensies (zie eerder onder § 5.1.4.1) en worden best gepositioneerd tussen de grindbedden (ook hier best op voldoende afstand, dus meer dan 1 km) en niet in de langsrichting van het getij (i.v.m. de pluinvorming en de daaropvolgende sedimentatie). Deze conclusie ligt in lijn met de resultaten van modellering van verschillende potentiële stortlocaties in en rond de PEZ in de EDEN2000 studie van Van den Eynde et al. (2023b).

Wat betreft erosiebescherming rond de individuele funderingen, wordt er specifiek voor de PEZ gepleit voor een **statische erosiebescherming** (EDEN2000-studie; Arboleda et al., 2023), om de mogelijkheid te creëren om een habitat gelijkaardig aan de kwetsbare grindbedden in de zone te verkrijgen. Deze erosiebescherming bestaat uit een filterlaag met daarbovenop een armour laag van breukstenen met een mediane korreldiameter D50 van ongeveer 45 cm, en een dikte van de laag van ongeveer 2,5 keer de D50, wat overeenkomt met ca. 1,2 m. Voor de onderliggende filterlaag wordt als mediane korreldiameter ca. 2 cm voorgesteld, en een dikte van ca. 0,9 m (= 10 % van de paaldiameter) voor een MP fundering van 9 m diameter ter hoogte van de zeebodem (Arboleda et al., 2023). Binnen voorliggend MER werd er daarom voor alle turbinelocaties met dergelijke erosiebescherming rekening gehouden, waardoor de effectbeoordelingen in dit hoofdstuk al uitgaan van deze optie. Daarnaast dient er voor de steenbestorting (armour laag) met natuurlijke en geologisch zuivere materialen gewerkt te worden welke een gelijkaardige mineralogie hebben dan het aanwezige habitat (zie ook Zupan et al., 2023c). Dit om potentiële veranderingen in bodemkwaliteit te vermijden. Een bijkomende mogelijkheid is om deze **breuksteenlaag zo te ontwerpen dat er een verhoogde habitatcomplexiteit wordt bereikt** (Zupan

et al., 2023c). Op die manier kan de erosiebeschermingslaag een uitbreiding van het complexere grindhabitat in de PEZ kavels vormen. Zeker in de nabijheid van de grindbedden en omringende bufferzones, wordt aangeraden om deze mogelijkheid te benutten (Zupan et al., 2023c), zeker te meer omdat de grindbedden zich momenteel in een slechte status bevinden (zie eerder). Mogelijke positieve effecten van deze aanpak zijn een potentiële verhoging van soortenrijkdom op de breukstenen, in vergelijking met de naburige zandige substraten (zie ook effectbeoordelingen onder Fauna, flora en biodiversiteit), en een toename in densiteiten en biomassa van onder andere sleutelsoorten zoals dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) en kreeft (*Homarus gammarus*) (ter Hofstede et al., 2022; Zupan et al., 2023c).

In het kader van visies omtrent **toekomstige ontmanteling** (cf. Visiedocument na stakeholderoverleg; KBIN, 2023) zal de inrichting van de erosiebescherming ook een belangrijk aandachtspunt zijn. Immers, indien deze zo gekozen wordt dat er een toename aan hardsubstraatfauna (cf. grindbedden; Zupan et al., 2023c) wordt bekomen, zal een volledige ontmanteling zoals voorzien in voorliggend MER ook betekenen dat dit habitat terug verdwijnt van de turbinelocaties en ter hoogte van kruisingen van parkkabels met andere kabels. Hoewel de grindbedden in de PEZ momenteel een beperkte natuurwaarde hebben door hun intensieve verstoring door antropogene activiteiten (bodemberoerende visserij, zandextractie, etc.), kan de aanwezigheid van de windparken in de PEZ gedurende 20 – 30 jaar wel toelaten dat deze habitats zich herstellen, en mogelijks uitbreiden op de erosiebeschermingslagen. In het visiedocument (KBIN, 2023) wordt daarom aanbevolen om kabels in of nabij grindbedden bij de ontmanteling niet te verwijderen, en om ook de erosiebescherming in dat geval te laten liggen. Dit zal echter moeten bekeken worden naar haalbaarheid vanuit zowel veiligheid, noodzaak voor hergebruik van grondstoffen, als logistiek oogpunt door kandidaat-ontwikkelaars.

Voor de installatie van de parkbekabeling wordt in voorliggend MER en in de numerieke pluimmodellering rekening gehouden met de aanwezigheid van zandgolven in het projectgebied PEZ, over een aanzienlijk aandeel van de kavels. Eerdere ervaring in onder andere C-power en Belwind leert dat het bloot komen te liggen van park- en exportkabels een reële mogelijkheid is (BMM, 2015), met name in zones waar zandduinen mobiel zijn. Om dit te vermijden werd in voorliggend MER uitgegaan van **diepere ingraving ter hoogte van zones met voorafgaand genivelleerde zandduinen** (ca. 87 % van de PEZ kabeltracés; zie eerder), tot onder de basis van de zandduinen (zie ook Van den Eynde et al., 2023b). Daar echter het gebied enkel toegankelijk zal zijn voor werfverkeer en onderzoek, wordt het bijkomend risico naar veiligheid of beschadiging van de kabel echter zeer klein ingeschat.

Het **correct toepassen** van de richtlijnen in het **Afvalbeheersplan** (zie Externe bijlage 5; Arcadis Belgium NV, 2023b) zal bijdragen tot het minimaliseren van mogelijke verontreiniging van bodem en water.

Daarnaast zijn er nog **extra maatregelen van een meer technische aard** mogelijk tijdens de uitvoering van het project om verhoging in turbiditeit en verspreiding van sediment naar de meest kwetsbare en/of waardevolle zones te minimaliseren.

- Tijdens de constructiewerkzaamheden kan de impact op het sedimenttransport (met name tijdens voorafgaande nivellering) verminderd worden door de periode waarin gebaggerd materiaal blootgesteld is aan de hydrodynamische processen zo kort mogelijk te houden. Met name tijdens het aanleggen van de parkbekabeling, is het aangewezen om gestaag door te werken en meteen na nivelleren de kabels te installeren met een cable

trencher. Ook bij het nivelleren van zandduinen omwille van daaropvolgende installatie van funderingen en aanleg van erosiebescherming is het aan te raden om zo snel mogelijk nadien de installaties te plaatsen, om te vermijden dat de zandduinen zich opnieuw gevormd hebben in tussentijd, en de werkzaamheden dienen herhaald te worden;

- Tijdens de installatie van funderingen en erosiebescherming, in geval van voorafgaande nivellering kan de impact op de tijdelijke stockageplaats(en) verder beperkt worden door als milderende maatregel een bagger-stortplan op te stellen, zodat afhankelijk van welke sectie gebaggerd wordt (zandig of eerder slibhoudend – al zal dit in het projectgebied beperkt zijn) een andere stortplaats toegekend wordt waar gelijkaardig materiaal reeds voorkomt.
- Baggeren zonder overflow: De maatregel bestaat erin om in bepaalde zones en/of gedurende bepaalde momenten in het getij (wanneer de stroming niet naar de kwetsbare grindbedden in het Natura 2000 gebied gericht is) geen overflow van fijne materialen toe te laten. Op deze manier kan de mogelijke impact op de meest waardevolle grindzones gemilderd worden. Deze maatregel is met name relevant in gebieden met veel fines in de zeebodemmatrix, wat in de PEZ over het algemeen niet het geval is (zie § 5.1.4.2). Bij de installatie van de parkkabels kan het echter wel zijn dat er door Paleogene kleilagen wordt gegaan, met een hoger percentage fines als gevolg (zie § 5.1.4.2). Het baggeren zonder overflow heeft ook enkele nadelen:
 - Het baggerproces is minder efficiënt: De beun van het baggerschip zit veel sneller vol waardoor een groter aantal scheepsbewegingen noodzakelijk zal zijn (in feite wordt een grote hoeveelheid water getransporteerd), met een hogere uitstoot;
 - Door het groter aantal scheepsbewegingen heeft deze maatregel ook een belangrijke impact op de duur van de werken;
- Gebruik van silt curtains / geotextiel: Silt curtains (ook wel troebelheidsgordijnen, slibschermen of slibbarricades genoemd) zijn verticale barrières in het water die de fijne deeltjes slib tegenhouden die door bagger-, bouw- of landwinningswerkzaamheden in het water worden geloosd. Dergelijke barrières zouden in bepaalde zones gebruikt kunnen worden (nabij het MOG2 eiland, bij stockageplaats(en)...). De effectiviteit van silt screens is evenwel beperkt tot zones met een beperkte stroming. De inzetbaarheid ervan in het voorliggend project in de PEZ dient bijgevolg bestudeerd te worden.
- Sommige baggerschepen zijn ook uitgerust met technische aanpassingen om de verspreiding van fijn materiaal te reduceren:
 - Gebruik van Green valve of Plumigator (Royal IHC): Tijdens het overflow proces wordt minder lucht meegezogen in het baggermengsel in de beun. Wanneer het overflow mengsel het schip verlaat, wordt het minder sterk naar de oppervlakte geduwd door het lagere luchtgehalte.
 - Overflow mengsel wordt terug naar zeebodem gepompt: De TSHD 'Bonny River' (DEME) heeft een grote jet pijp op de zuigbuis die gebruik maakt van onttrokken overflow water uit de hopper. Het water wordt terug naar de zeebodem gepompt en wordt geïntegreerd in het baggerproces. Hierdoor kan het schip 'closed loop dredging' realiseren waarbij de door het proceswater gegenereerde troebelheid wordt geëlimineerd.

5.1.7 Monitoring

Analoog als voor de windparken in de Oostelijke energiezone, zal er voor de PEZ nood zijn aan een monitoringsprogramma welke zowel de drie windparken als het MOG2 energie-eiland omvat (zie ook MER MOG2; IMDC, 2022). Op basis van voortschrijdende inzichten, reële observaties en grondige analyse van meetgegevens in de windparken zelf, kunnen de effecten van de aanwezige windparken maximaal bestudeerd worden. Binnen de Oostelijke energiezone zijn er op die manier al heel wat nuttige inzichten en bijsturingen in het monitoringsprogramma gekomen (zie o.a. Degraer et al., 2018a, 2019, 2020a, 2021, 2022b). Ook in andere Europese landen werden monitoringsprogramma's voor de windparken opgesteld, en gezamenlijk analyse van de resultaten daarvan kan ook tot bijkomende cumulatieve en bredere inzichten leiden. Dit werd onder meer gedaan in de studie van Coolen et al. (2022), op basis van onderzoek in kader van BE, NL en DE monitoringsprogramma's. In die studie worden een aantal aanbevelingen geformuleerd richting toekomstige monitoringsprogramma's van offshore windparken, welke dus ook relevant zijn in kader van voorliggend MER. Met name naar te registreren parameters voor de windparken wordt er in Coolen et al. (2022) aangestuurd op zoveel mogelijk uniformiteit tussen de monitoringsprogramma's onderling, zodat resultaten kunnen vergeleken worden en indien mogelijk ook relevant zijn voor naburige windparken. Het gaat dan onder meer om standaard zaken als geografische gegevens, fysische parameters (zoals saliniteit, diepte, temperatuur, etc.), zeebodemkarakteristieken (zoals zeebodemsamenstelling, substraattype, etc.) en windpark-specifieke gegevens (zoals type turbines, type fundering, etc.).

Het monitoringsprogramma omvat monitoring voor, tijdens en na de exploitatie van de windparken, inclusief de parkbekabeling. Deze monitoring kan naast het leveren van belangrijke wetenschappelijke inzichten ook een manier zijn om de functionaliteit en effectiviteit van de PEZ windparken na te gaan. De volgende zaken zouden deel kunnen uitmaken van een monitoringsprogramma:

- Een nauwkeurige registratie van de baggeractiviteiten (meer expliciet de baggervolumes en de vorming van turbiditeitspluimen). Hierbij dienen ook expliciet de bewegingen van het gestockeerde zand te worden opgemeten in het geval van tijdelijke stockage buiten het projectgebied om een inschatting te maken van de werkelijke verliezen tijdens baggeren en storten.
- De evolutie van de morfologie en bathymetrie rond de turbines en de kabeltrajecten kunnen worden gemonitord op basis van geofysische meetcampagnes.
- De evolutie van de erosie en sedimentatieprocessen rond de turbines en de kabeltrajecten kunnen in kaart worden gebracht.
- De sedimentsamenstelling en bodemkwaliteit kunnen aan de hand van een uitgebreide staalnamecampagne nauwkeurig gemonitord worden.
- Specifiek voor het kabeltraject kan de ingravingsdiepte van de kabels opgevolgd worden, al is dit voor parkkabels minder van belang uit veiligheidsoverwegingen, daar alle bodemberoerende activiteiten zullen uitgesloten zijn in de windparken zodra deze gebouwd zijn. Belangrijke locaties om hierbij wel in meer detail op te volgen zijn deze in de buurt van de nabijgelegen third-party kabels in het projectgebied.

Al bovenstaande zaken dienen zeker in de nabijheid van de kwetsbare grindbedden in de PEZ kavels nauwlettend in het oog gehouden te worden. Op basis van de EDEN2000 studies zijn er weliswaar al een aantal aanbevelingen geformuleerd, welke in voorliggend MER zoveel mogelijk werden ingebouwd in de respectievelijke hoofdstukken, maar toetsing aan de verwachtingen vanuit de praktijk zal een cruciaal element zijn om de gevolgen voor grindhabitats (ook in kader van Natura 2000 – cf. ontwerp passende beoordeling in Hoofdstuk 7) in kaart te brengen. Waar nodig, kan er op basis van de monitoringsresultaten één en ander bijgestuurd worden. Het gegeven dat de ontwikkeling in kavel PE I met één jaar tijdsverschil zal voorafgaan aan de ontwikkelingen in kavels PE II en PE III kan mogelijks belangrijk zijn om alvast een aantal gegevens voor dat kavel te monitoren in dat eerste jaar na constructie.

Indien op bepaalde locaties voor suction buckets als alternatief voor het heien van grote dimensies turbines wordt gekozen, zal het noodzakelijk zijn om de effecten daarvan op de omringende zeebodem en sedimenttransport/turbiditeit in de waterkolom te monitoren om meer inzichten te krijgen rond de ecologische aanvaardbaarheid van deze techniek (zie ook BMM, 2015). Bijkomende monitoring naar tijdelijk verhoogde turbiditeit tijdens hun installatie wordt verwacht.

Nog locaties om nauwlettend in het oog te houden, zijn de tijdelijke stortplaatsen voor het uitgebaggerde materiaal welke in de verschillende PEZ kavels zullen moeten geïnstalleerd worden. Hun evolutie doorheen de tijd moet gemonitord worden om te kijken hoe lang hun invloed op de zeebodem blijft bestaan.

Omtrent fijn materiaal in de waterkolom ten slotte, dient ingezet te worden op bijkomende monitoring offshore van de hoeveelheid fijn gesuspendeerd materiaal, om beter te kunnen inschatten wat de turbiditeitspluimen in het zog van geïnstalleerde turbines veroorzaakt (cf. Van den Eynde et al., 2023b).

5.2 KLIMAAT EN ATMOSFEER

5.2.1 Methodologie

5.2.1.1 Klimaat

De effecten beschreven onder 'klimaat' hebben betrekking op het globale klimaat enerzijds (door de vermindering van emissie van broeikasgassen) en op het lokale windklimaat anderzijds (door de aanwezigheid van windparken). De secties 5.2.2 – 5.2.6 worden uitgewerkt op basis van een samenvatting van de beschikbare literatuurbronnen, websites, monitoring-gegevens en gelijkaardige milieueffectenrapportages.

De uitbouw van de nieuwe windparken in de PEZ vormt een essentiële bijdrage aan de Belgische doelstellingen voor hernieuwbare energie en de algemene Europese klimaatdoelstellingen (zie § 2.2).

5.2.1.2 Atmosfeer

Gezien er tot op heden geen systematische meetgegevens zijn van de luchtkwaliteit op zee, worden er ter referentie publiek beschikbare meetgegevens en jaarrapporten van VMM gebruikt van de dichtstbijzijnde (relevante) meetposten. Deze bevinden zich echter enkele kilometers landinwaarts, waardoor de meetgegevens slechts als een indicatieve benadering kunnen beschouwd worden. Anderzijds kunnen ze nog steeds als relevant beschouwd worden gezien er niet wordt verwacht dat lokale uitlaatgassen van vrachtschepen in het BNZ de lokale luchtkwaliteit ter hoogte van de PEZ sterk zullen beïnvloeden. Ook het aandeel van verschillende sectoren in de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen wordt hierin beschouwd, incl. scheepvaart. Deze laatste wordt door VMM bepaald door middel van het EMMOSS-model op basis van het aantal geregistreerde scheepsbewegingen. Daarnaast worden er meetgegevens ook verder landinwaarts toegelicht, gezien deze gedeeltelijk afkomstig zijn van de scheepsvaart en ze het meest relevant zijn voor de menselijke gezondheid. Op zee zijn in verhouding wel minder mensen aanwezig.

De algemene luchtverontreinigende componenten waarmee in dit project rekening wordt gehouden zijn CO₂, NO_x, SO₂ en PM₁₀. De actuele luchtkwaliteit binnen het studiegebied wordt getoetst aan de Europese doelstellingen voor luchtkwaliteit. Deze zijn van toepassing binnen de volledige EU en dienen geïmplementeerd te zijn in de nationale wetgevingen.

Sinds 2015 wordt aan boord van het Belgische Kustwachtvliegtuig een zogenaamde 'sniffer'-sensor ingezet die toelaat het zwavelgehalte in de brandstof in de uitstoot van schepen af te leiden op basis van metingen die boven zee worden gerealiseerd. Deze nieuwe "zwavelmonitoringsvluchten" van de BMM werden opgestart in het kader van het Europese pilootproject 'CompMon' (Compliance Monitoring), met als doel bij te dragen aan de handhaving van de strenge zwavelemissienormen vastgelegd in Bijlage VI aan het internationale MARPOL 73/78 Verdrag en de Europese Zwavelrichtlijn, in aanvulling van de havenstaatinspecties – in België uitgevoerd door het Directoraat-Generaal Scheepvaart (FOD Mobiliteit). De inperking van de zwaveluitstoot (of SO_x) door schepen betreft immers een Europese topprioriteit, voor diverse belangrijke volksgezondheids- en milieuredenen (fijn stof, zure regen en verzuring van oceanen,

enz.). Sinds 2020 is de sniffer sensor uitgebreid met een NOx sensor waardoor het Belgische kustwachtvliegtuig, naast de zwavelmetingen, ook in staat is de nieuwste NOx emissienormen te monitoren vanuit de lucht³⁷.

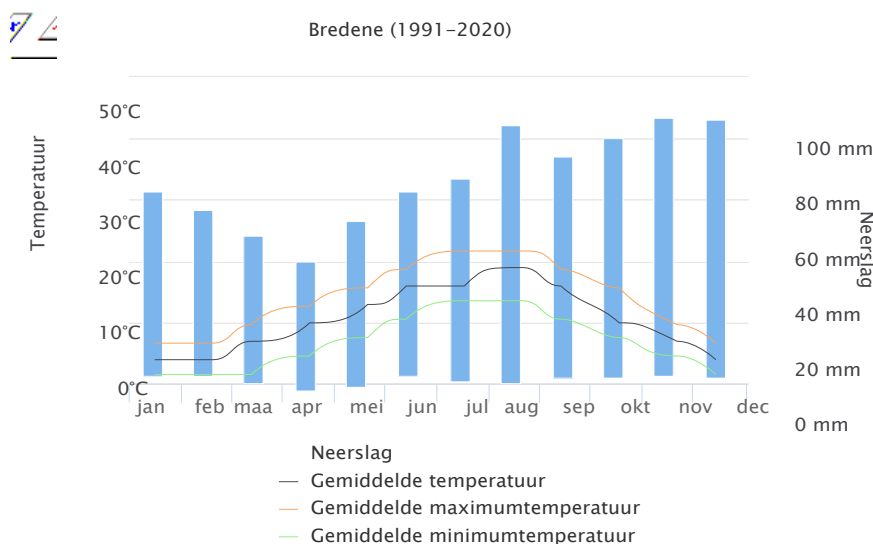
Naast deze data, is binnen dit MER ook een Life Cycle Analysis (LCA) uitgevoerd waarbij de CO₂-uitstoot en het energieverbruik wordt berekend ten gevolge van de productie, het transport, de installatie, exploitatie en ontmanteling van de Prinses Elisabeth-zone. De belangrijkste informatie en de conclusies van deze studie worden verwerkt in dit hoofdstuk (zie § 5.2.3). Voor het integraal rapport wordt verwezen naar Externe bijlage 4 “LCA” (Arcadis Belgium NV, 2023a).

5.2.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

5.2.2.1 Klimaat

Lokaal klimaat

De Belgische kust wordt gekenmerkt door een gematigd zeeklimaat met vrij veel regen en wind en kleine temperatuurschommelingen tussen de verschillende seizoenen. Gemiddeld heerst er een koele zomer (17,7°C) en een zachte winter (4,1°C; [KMI – Klimaat in uw gemeente \(meteo.be\)](https://www.kmi.be/klimaat-in-uw-gemeente)). Ter illustratie wordt in Figuur 5-23 de gemiddelde temperatuur en neerslag voor de periode 1991-2020 weergegeven voor kustgemeente Bredene.



Figuur 5-23 – Maandelijks gemiddelde luchttemperatuur (°C) en neerslag (mm) in kustgemeente Bredene tussen 1991 en 2020 (KMI, 2023)

Voorgaande klimaatkarakteristieken aan de Belgische kust gelden ook in grote mate voor het klimaat ter hoogte van de PEZ, al is er op zee gemiddeld een meer constant windklimaat en een hogere windsnelheid. De gemiddelde windsnelheid

³⁷<https://odnature.naturalsciences.be/mumm/nl/aerial-surveillance/combating-air-pollution>
<https://www.naturalsciences.be/nl/news/item/19155>

stijgt in de eerste 20 km vanaf de kust relatief snel met de afstand. Zo kan de windsnelheid op 10 km van de kust reeds 25% hoger zijn dan aan land. Deze snelle toename vlakt echter af vanaf 20 km uit de kust. De Prinses Elisabeth-zone situeert zich op ca. 35-55 km uit de kust, afhankelijk van de locatie in de kavels.

Op de zuidelijke rand van PEZ kavel PE II staat het meetstation Westhinder (op ca. 32 km uit de kust van Nieuwpoort), die in real-time verschillende klimatologische parameters meet en doorgeeft. Actuele meteorologische data kunnen steeds geconsulteerd worden op het Meetnet Vlaamse Banken (www.meetnetvlaamsebanken.be). Op basis van deze data wordt voor het Westhinder meetstation een gemiddelde windsnelheid van 8,0 m/s opgemeten op 10m hoogte voornamelijk uit de zuidelijke richting (periode 01/01/2017 t.e.m. 31/12/2022).

Boven het wateroppervlak neemt de windsnelheid toe met de hoogte volgens een logaritmische functie. De windsnelheid neemt snel toe vanaf het oppervlak en op een hoogte interessant voor windenergiegebruik wordt de gradiënt kleiner. De gemiddelde windsnelheid voor de Noordzee op verschillende hoogtes wordt gegeven in onderstaande Tabel 5-8. Voor het windpark Northwind in de Oostelijke energiezone werden op een hoogte van +84 m LAT windsnelheden van 41,9 m/s gemodelleerd (terugkeerperiode 50j). Op diezelfde hoogte werden door IMDC (2011) windsnelheden van 26 m/s gemodelleerd (terugkeerperiode 1j).

Tabel 5-8 – Gemiddelde windsnelheden op open zee (> 10 km voor de kust) voor 5 standaard hoogtes (Söker et al. 2000)

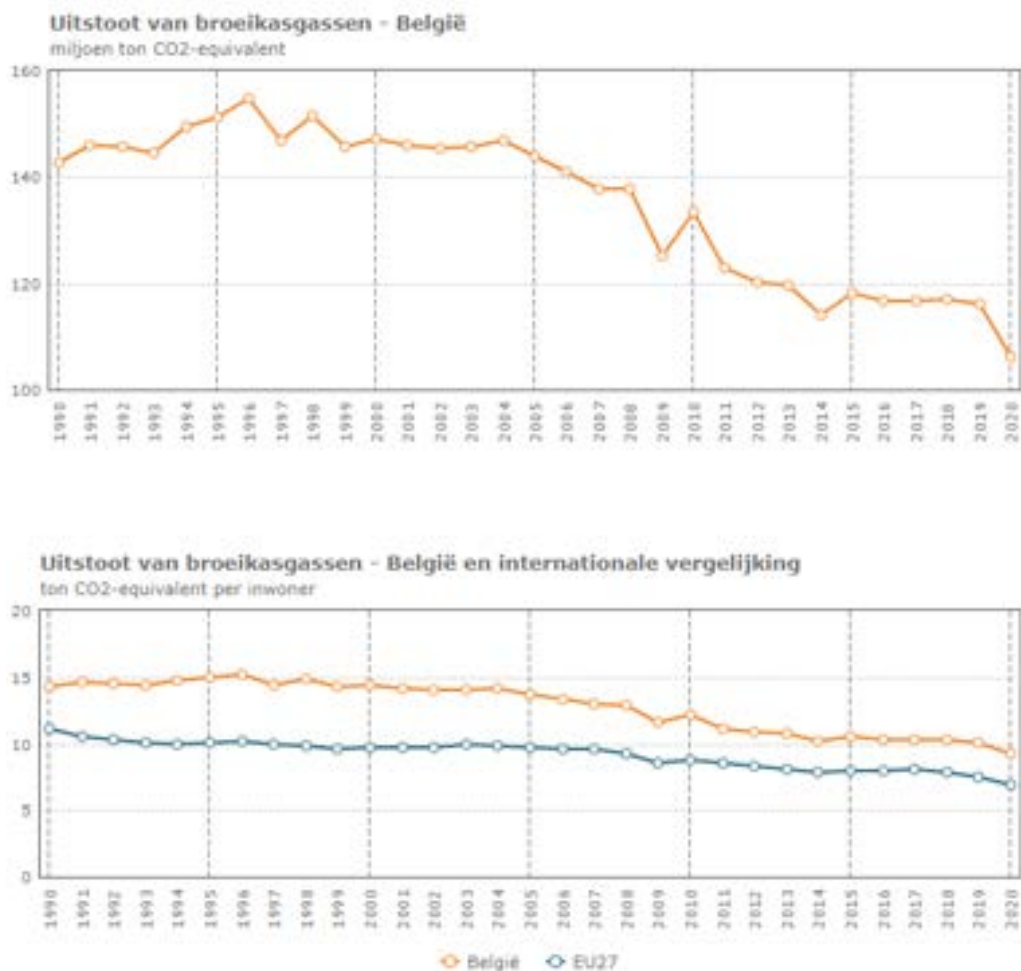
Hoogte boven het wateroppervlak	Gemiddelde windsnelheid (m/s)
10 m	7,0 – 8,0
25 m	7,5 – 8,5
50 m	8,0 – 9,0
100 m	8,5 – 10,0
200 m	9,5 – 11,0

CO₂

Koolstofdioxide is het belangrijkste broeikasgas uit menselijke oorsprong. De globale pre-industriële atmosferische concentratie van 280 ppm steeg reeds tot 419 ppm in 2022 (NASA, 2022) en de emissies door fossiele brandstoffen stegen globaal aanzienlijk tussen 1990 en 2019 (resp. 23 Gt/jaar tot 38 Gt/jaar). Indien alle CO₂-equivalenten (CO₂-eq) meegeteld worden was de globale uitstoot in 1990 en 2019 gelijk aan resp. 38 Gt/jaar en 59 Gt/jaar. Alle CO₂-eq betekent het effect van alle broeikasgassen herrekend naar het effect per uitgestoten CO₂-eq voor fossiele brandstoffen, methaan, N₂O, F-gassen (vooral koelvloeistoffen) en netto CO₂ afkomstig van landgebruik, verandering in landgebruik en bosbouw (in het Engels: land use, land-use change and forestry (LULUCF)) (IPCC, 2022).

De uitstoot in België en de EU in CO₂-eq waren de afgelopen decennia wel dalend (Figuur 5-24), in tegenstelling tot de globale emissies. Op de figuur is verder te zien dat het gemiddelde voor een inwoner van België hoger ligt dan het gemiddelde voor een inwoner van de EU.

In België had de transportsector in 2020 een aandeel van 13 % en de industriële sector een aandeel van 18 % in de totale Belgische uitstoot van broeikasgassen (106,2 miljoen ton CO₂-eq; National Inventory Report, 2022). Scheepvaart is wereldwijd verantwoordelijk voor zo'n 3 % van de CO₂-emissies, terwijl voorspellingen aangeven dat de sector tegen 2050 ongeveer 2,5 keer zoveel zal uitstoten (European Commission, 2022). In België zorgde de binnenlandse scheepvaart in 2017 voor een totale emissie van zo'n 160 ton CO₂ (VMM, 2019). De emissies door scheepvaart (inclusief CO₂) worden verder besproken in § 5.2.2.2.



Figuur 5-24 – Emissie broeikasgassen in CO₂-equivalent door België en EU27 (indicators.be – Uitstoot van broeikasgassen (i62))

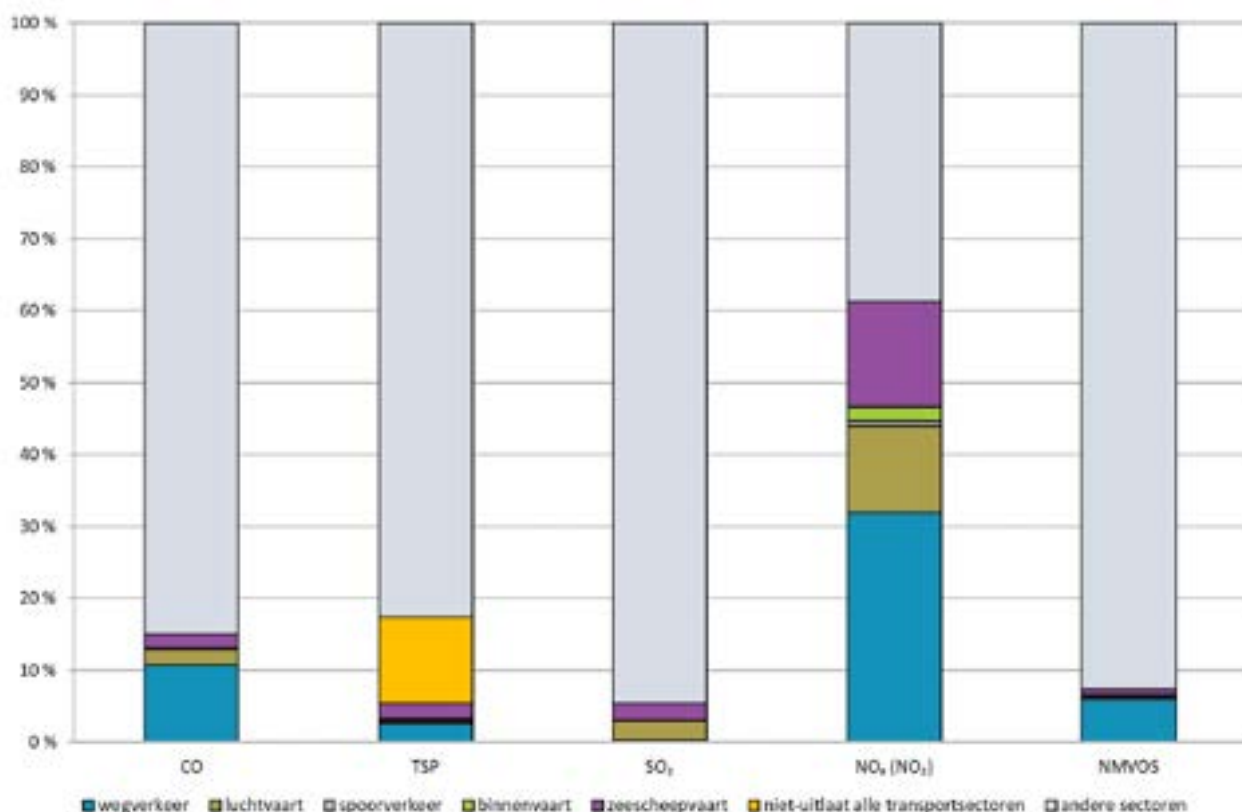
5.2.2.2 Atmosfeer

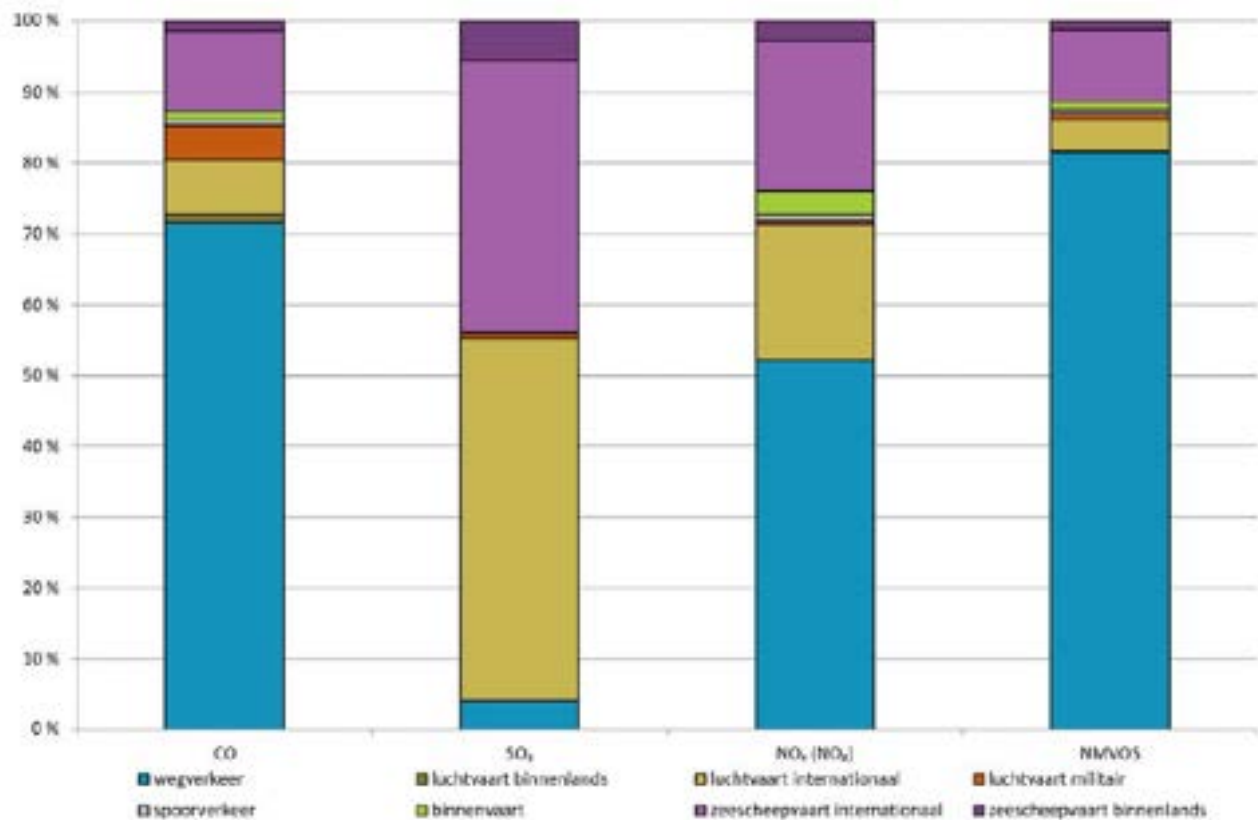
Tot op heden zijn geen systematische meetgegevens beschikbaar van de luchtkwaliteit boven het BNZ. Er zijn wel meetresultaten van de sniffer-sensor aan boord van het Belgische kustwachtvliegtuig, maar dat gaat enkel over

zwavelgehaltes in de rookpluimen van schepen en dus niet over de gemiddelde luchtkwaliteit boven (gebieden van) het BNZ.

Daarom worden in dit hoofdstuk ter referentie de resultaten van een aantal meetstations en modelleeroefeningen op land besproken (VMM, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b). De gehalten aan vervuilende componenten zullen op zee steeds lager zijn dan op land, gezien de lagere antropogene druk. Daarenboven komen deze emissies vrij in een omgeving gekenmerkt door heel wat luchtdynamiek die bijdraagt tot een verdunning van de luchtvervuiling. Het aandeel van zeeschepen is wel gemodelleerd en opgenomen in de analyse en de jaarrapporten lucht van VMM.

De transportsector leverde in 2018 voor de meeste luchtverontreinigende stoffen minder dan 20 % bij aan de totale emissie in Vlaanderen. Uitzondering is NO_x (NO_2), waar de transportsector een belangrijke bijdrage van ruwweg 60 % leverde (Figuur 5-25). Vanaf 2010 droeg zeevaart aanzienlijk minder bij aan de luchtverontreiniging dan in de jaren ervoor. De belangrijkste oorzaken van de flink lagere emissies zijn de lagere vaarsnelheden, waardoor minder brandstof wordt verbruikt en de verstrenging van uitstootnormen voor schepen (zie verder onder 'Emissies ten gevolge van scheepvaart').

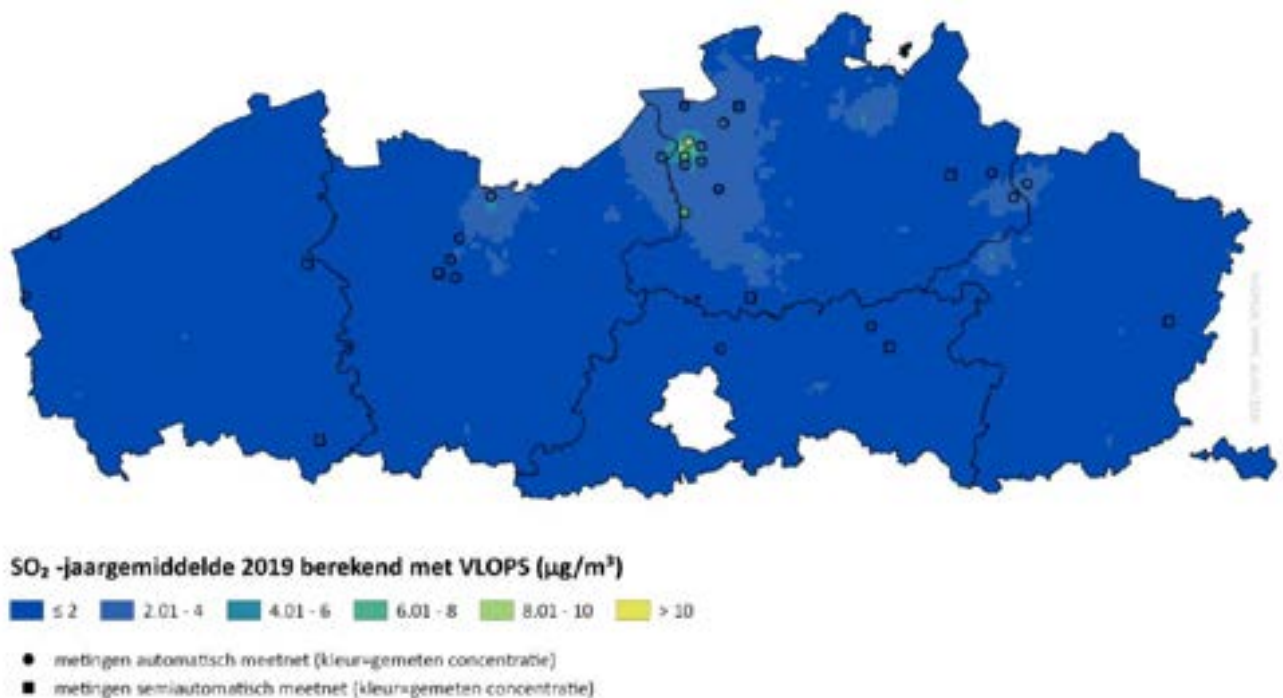




Figuur 5-25 – Boven: Aandeel van wegverkeer, luchtvaart, spoorverkeer, binnenvaart, zeescheepvaart, niet-uitlaat emissies en andere sectoren in de totale CO-, TSP-, SO₂-, NO_x(NO₂)- en NMVOS emissie in 2018 (%). Onder: Aandeel van wegverkeer, luchtvaart, spoorverkeer, binnenvaart, zeescheepvaart in de totale CO-, SO₂-, NO_x(NO₂)- en NMVOS emissie van de transportsector in 2018 (%). (VMM, 2020b)

SO₂

Gemodelleerde waarden voor SO₂ concentraties in 2019 worden weergegeven in onderstaande Figuur 5-26. In 2018 lag de gemiddelde SO₂-uitstoot 77% lager dan in 2000 en werden de dag- en uurgrenswaarden nergens binnen Vlaanderen overschreden. In 2018 lagen de gemiddelde emissies ruimschoots onder het emissieplafond uit de NEC-richtlijn van 2010. Vanaf 2020 is er een nieuw (relatief) plafond van kracht die voor SO₂-uitstoot een reductie van 43% oplegt ten opzichte van deze in 2005, ook deze werd reeds in 2018 gerespecteerd (VMM, 2020a).



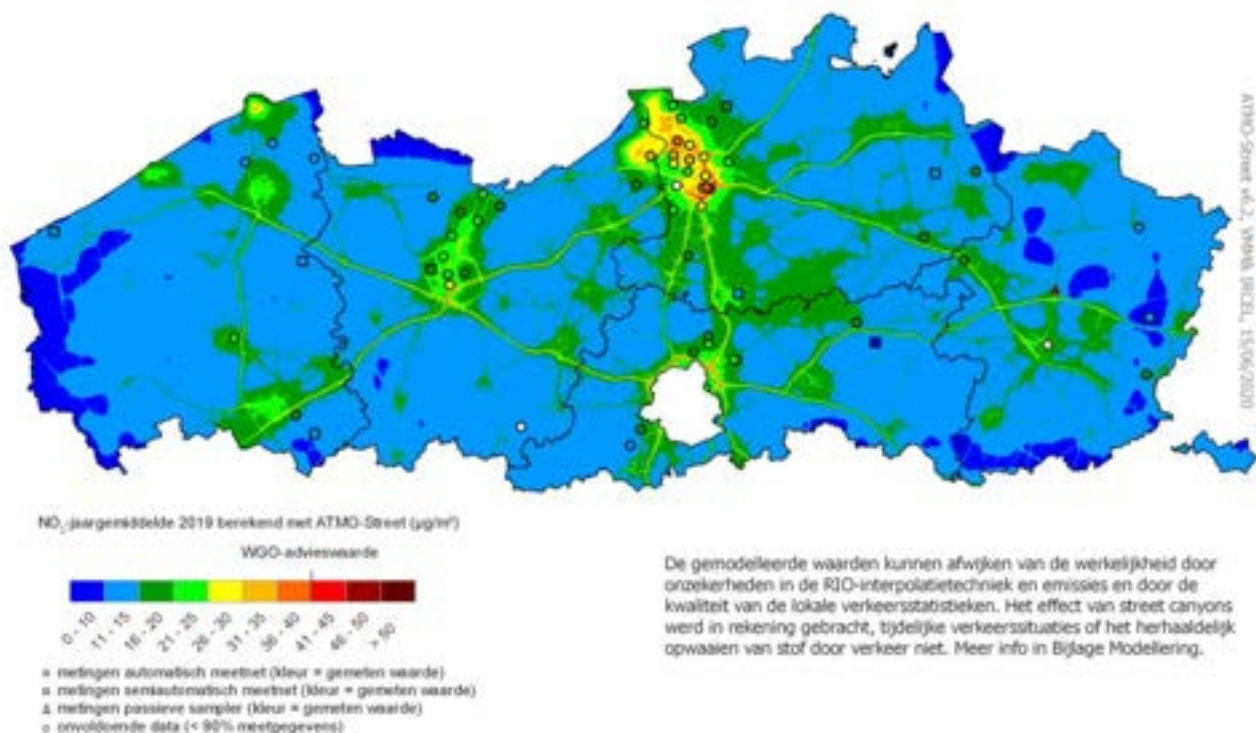
Figuur 5-26 – Gemodelleerde SO₂-concentratie jaargemiddelden in 2019 (VMM, 2020a)

De verkeerssector droeg in 2018 ongeveer 5 % van de totale SO₂-emissies bij (1.474 ton), voornamelijk door lucht- en scheepvaart (VMM, 2020b).

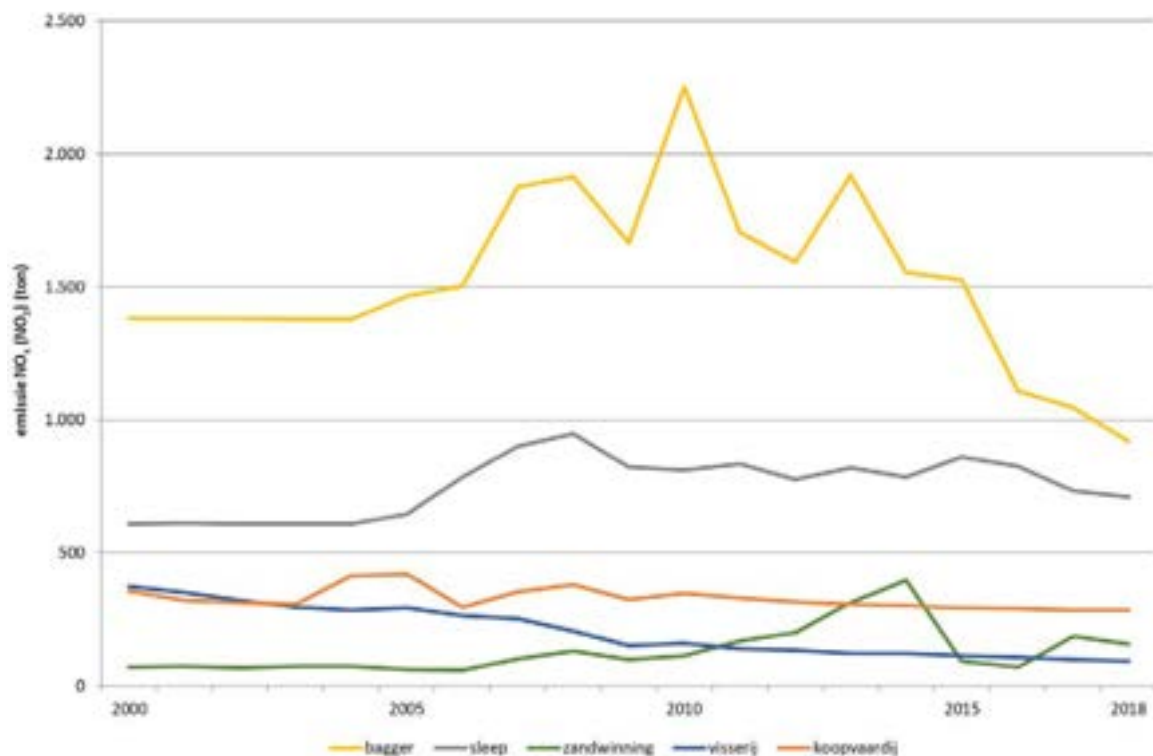
NO_x

Gemodelleerde waarden voor gemiddelde luchtconcentraties NO₂ boven Vlaanderen worden weergegeven in onderstaande Figuur 5-27. De NO_x-uitstoot in 2020 was lager dan het NEC-plafond en noch de jaargrenswaarde, uurgrenswaarde of alarmdrempel werden overschreden. De totale NO_x-emissies in 2018 lagen 47% lager dan deze in 2000 (VMM, 2020a), voornamelijk ten gevolge van een emissievermindering in elektriciteitscentrales en een verandering in het wagenpark. De grootste bijdrage werd geleverd door het verkeer (61%), waarvan ruim de helft door wegverkeer en een kwart door internationale scheepvaart (VMM, 2020b). De internationale emissies door zeevaart op Belgisch grondgebied hebben enkel een bestemming of vertrek in Vlaanderen.

Sinds 2007 vertoont de NO_x-uitstoot door scheepvaart een dalende trend. Sindsdien zijn echter enkele pieken te zien in NO_x-emissies die overeenkomen met de bouw van de windparken in de Oostelijke energiezone (C-Power in 2008, Belwind in 2010 en Northwind in 2013). Hierbij spelen baggerboten de grootste rol in NO_x-uitstoot, goed voor net geen 1.000 ton NO₂ in 2018 (Figuur 5-28).



Figuur 5-27 – Gemodelleerde NO₂-jaargemiddelden in 2019 (VMM, 2020a)

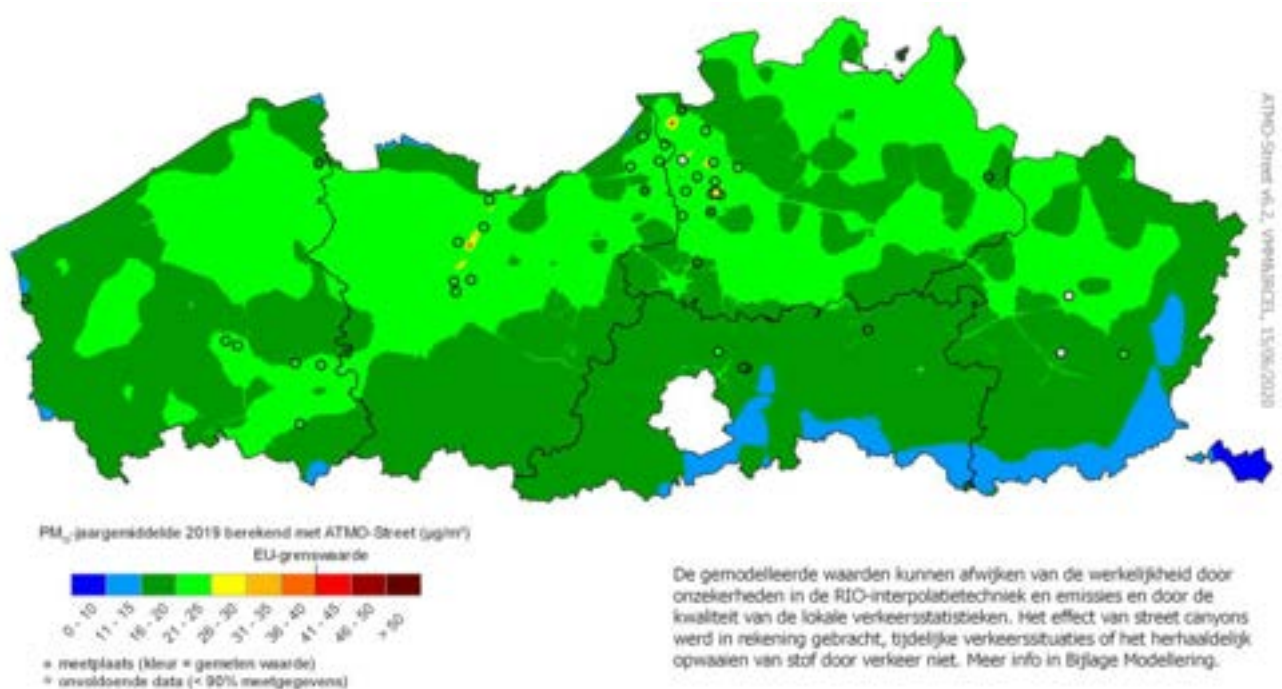


Figuur 5-28 – Emissie van NO_x (ton NO₂) per scheepvaarttype voor het aandeel binnenlandse zeevaart (VMM, 2020b)

PM₁₀

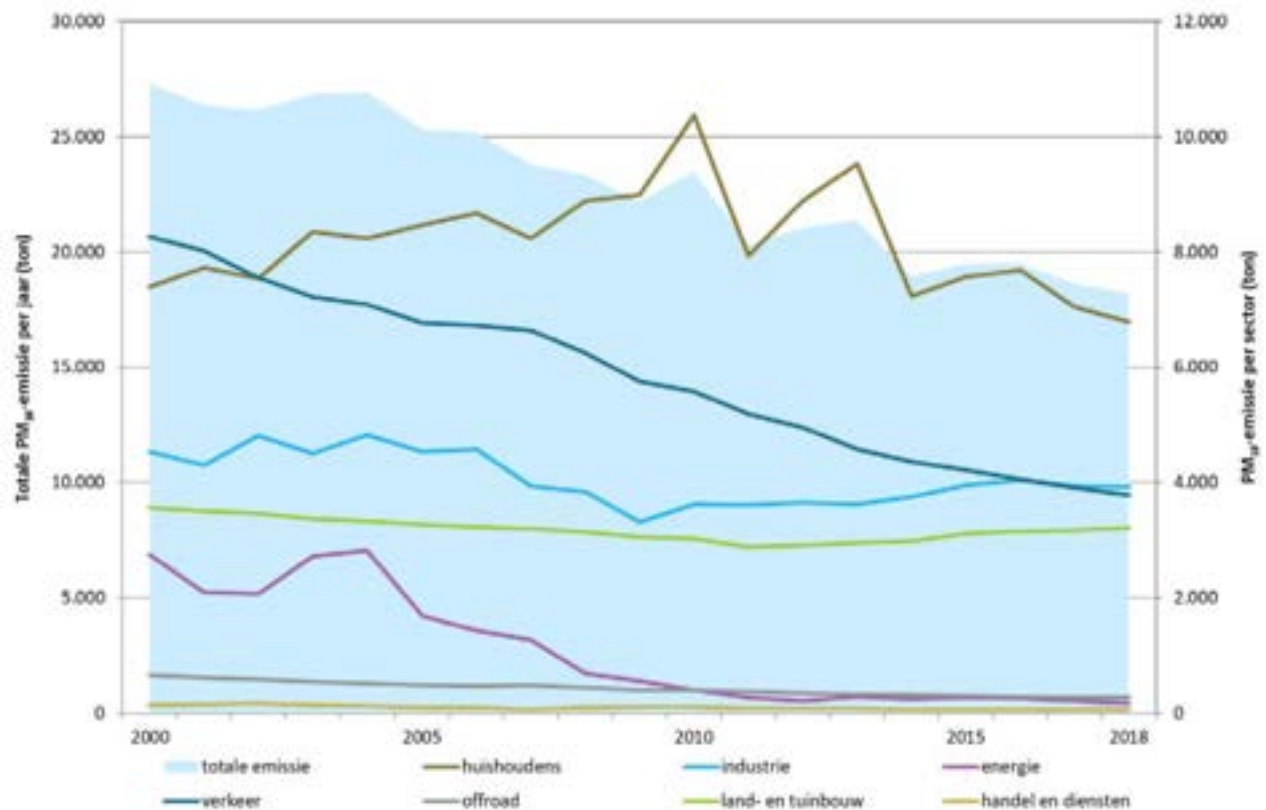
Figuur 5-29 geeft de concentraties aan fijn stof aan in Vlaanderen in 2019. De Europese grenswaarde en de daggrenswaarde werden in 2019 in Vlaanderen gerespecteerd (VMM, 2020a). De strengere WGO-advieswaarden werden echter in geen enkele meetplaats gehaald.

De drempelwaarden van 50 µg/m³ PM₁₀ en van 35 µg/m³ PM_{2,5} worden in België gehanteerd voor het informeren van de bevolking. Indien de gemiddelde concentratie in de afgelopen 24 uur overschreden wordt en er voor de volgende 24 uur voorspeld wordt dat deze aanhoudt, wordt een nationaal informatiebericht uitgestuurd. In 2019 viel dit tweemaal voor (eind februari en begin april; VMM 2020a). De drempelwaarde van 50 µg/m³ PM₁₀ komt overeen met de Europese daggrenswaarde en advieswaarde van de WGO.



Figuur 5-29 – Gemodelleerde PM₁₀-jaargemiddelden in 2019 (getoetst aan de Europese jaargrenswaarde; VMM, 2020a)

De PM₁₀-emissies daalden over de periode tussen 2000-2018 met 33 %, tot ongeveer 18.000 ton PM₁₀ (Figuur 5-30). De grootste dalingen zijn te zien in de emissies door verkeer, teweegebracht door de introductie van meer milieuvriendelijke en efficiëntere voertuigen. De binnenlandse scheepvaart heeft een bijdrage van ongeveer 72 ton PM₁₀ (VMM, 2019).



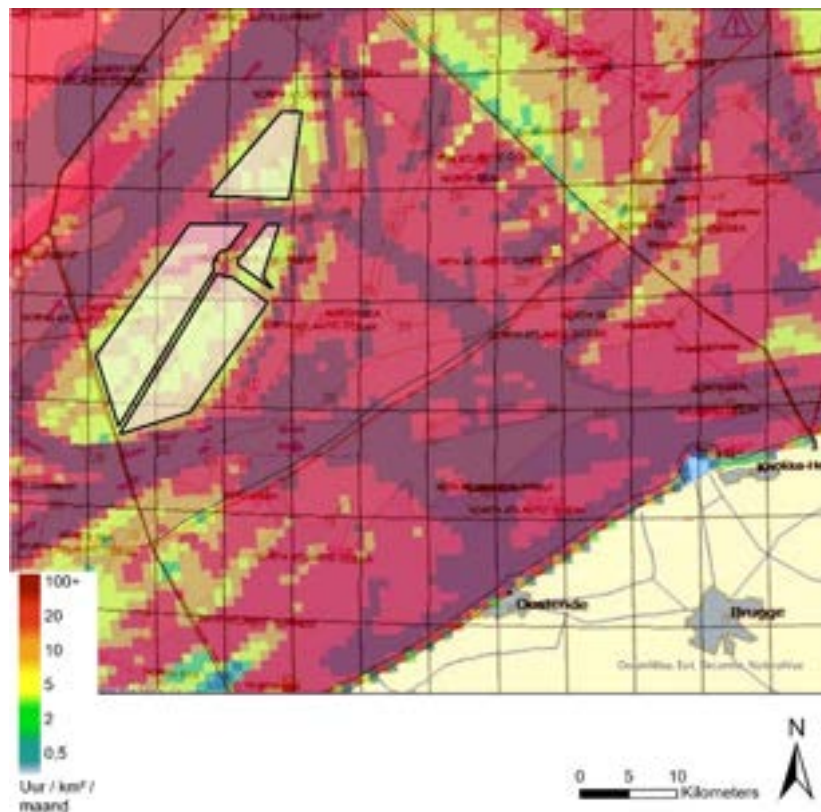
Figuur 5-30 – Totale PM₁₀-emissie (y-as links) en emissies per sector (y-as rechts) voor periode 2000-2018 (ton; VMM, 2020a)

Evaluatie luchtkwaliteit

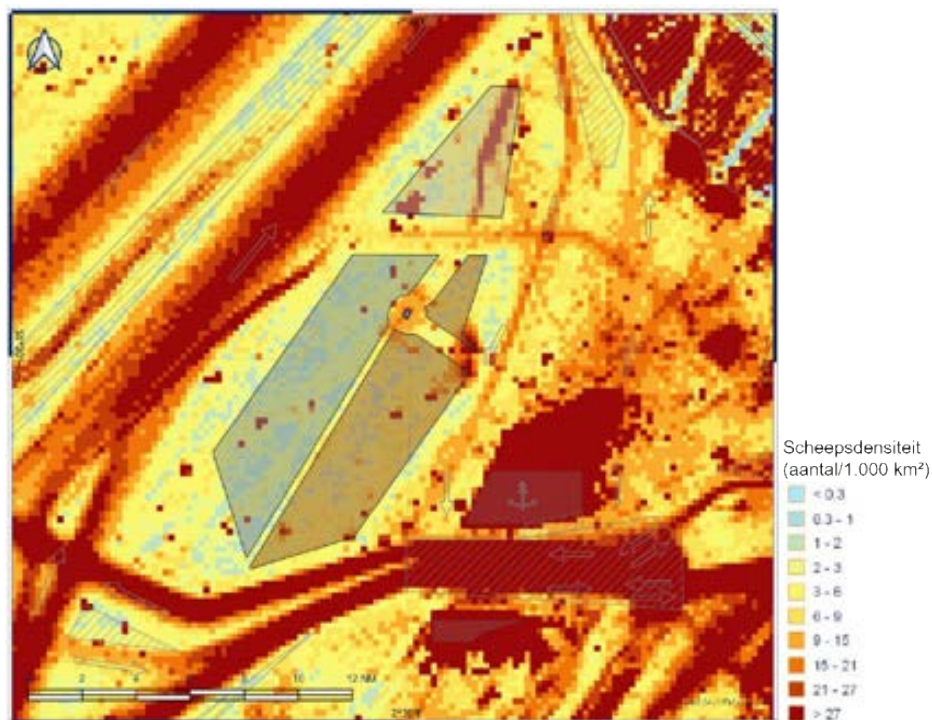
Voorgaande gegevens tonen aan dat de waarden ter hoogte van het projectgebied voor alle relevante componenten inzake luchtkwaliteit ruimschoots voldoen aan de vooropgestelde (Europese) doelstellingen.

Emissies ten gevolge van scheepvaart

Figuur 5-31 geeft de gemiddelde scheepvaartdensiteit weer in 2021 binnen het BNZ (EMODnet, 2023) en Figuur 5-32 geeft in meer detail de scheepvaartdensiteit weer in en rond het projectgebied (zie Externe bijlage 2 “Aanvaringsstudie”, MARIN, 2023). Gezien hier enkel rekening wordt gehouden met de schepen uitgerust met AIS liggen de werkelijke densiteiten hoger, vooral tijdens de zomermaanden wanneer bijvoorbeeld de pleziervaart piekt. Naar de toekomst toe wordt voor de scheepvaartsector binnen het BNZ een trend verwacht naar grotere en energiezuinigere schepen (Belgische staat, 2018c). Emissies van broeikasgassen en andere relevante stoffen door internationale scheepvaart worden besproken in de vierde internationale broeikasgasstudie van het IMO (2020).



Figuur 5-31 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit (in u/km²/maand) in 2021 voor alle schepen uitgerust met AIS in het BNZ, met aanduiding van het projectgebied. Gebaseerd op AIS data verkregen via DG Scheepvaart.



Figuur 5-32 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit in en rond de PEZ op basis van AIS data 2021 in aantal schepen per 1000 km² voor alle soorten schepen die beschikken over AIS, met aanduiding van het projectgebied. Bron: MARIN (2023) – Externe bijlage 2 (MARIN, 2023), op basis van AIS data 2021 verkregen bij DG Scheepvaart.

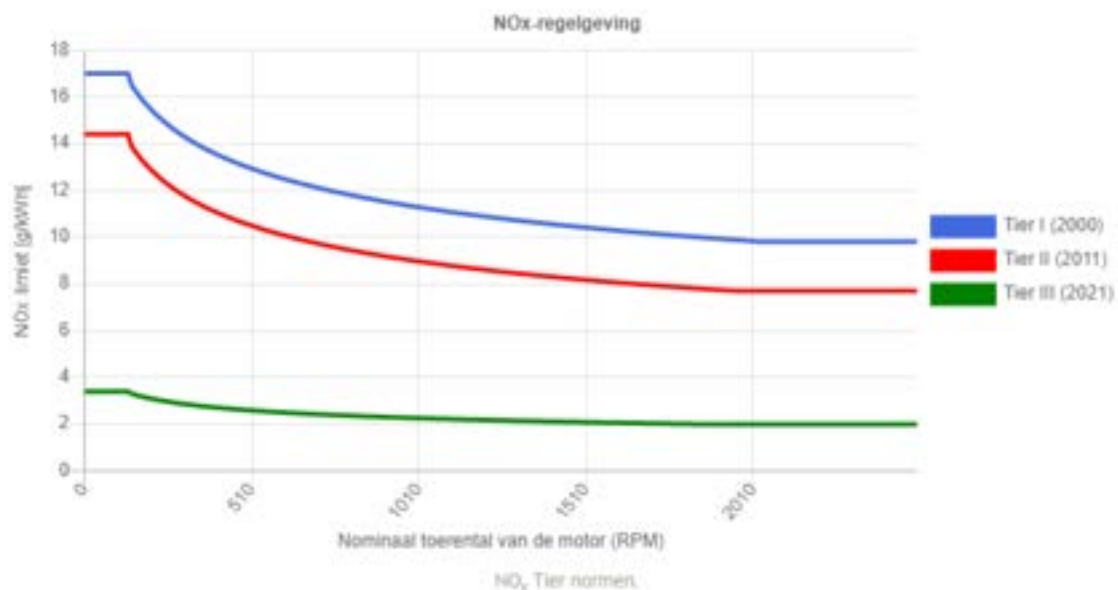
NO_x emissies door scheepvaart

Internationale regelgeving vanuit IMO stelt sterke grenzen op voor de uitstoot van NO₂ door scheepsdieselmotoren (IMO MARPOL Bijlage VI Voorschrift 13). MARPOL definieert hierbij bepaalde zeegebieden als “speciale gebieden” (special areas) waar, om technische redenen die verband houden met hun oceanografische en ecologische toestand en met het zeeverkeer, speciale verplichte methoden ter voorkoming van zeeverontreiniging moeten worden toegepast. Volgens het verdrag krijgen deze speciale gebieden een hoger beschermingsniveau dan andere zeegebieden³⁸. De Noordzee is een dergelijk speciaal gebied. De huidige werkwijze (geldig sinds 2021) bestaat uit drie emissieniveaus (Tiers), afhankelijk van de bouwdatum van de schepen. De grenswaarden zijn uitgedrukt in hoeveelheid NO_x per eenheid motorvermogen (g NO_x per kWh). Deze grenswaarden in NO_x-uitstoot zijn van toepassing op elke scheepsdieselmotor met een vermogen van meer dan 130 kW en de emissienormen zijn afhankelijk van de optimale werkingssnelheid van de motor (uitgedrukt in RPM).

- TIER I-norm voor schepen gebouwd tussen 2000 en 2011 en voor schepen gebouwd tussen 1990 en 2000 met een groot motorvermogen (>5.000 kW) of met een cilindergrootte boven de 90L (9,8 – 17 g NO_x per kWh).
- TIER II-norm voor schepen gebouwd tussen 2011 en 2021 (7,7 – 14,4 g NO_x per kWh)
- TIER III-norm voor schepen gebouwd vanaf 2021 in het ECA-gebied (incl. Noordzee) (2,0 – 3,4 g NO_x per kWh). Hiermee wordt een significante daling in NO_x-emissies (tot 80 %) beoogd door schepen in het ECA-gebied tussen 2021 en 2040.
- TIER 0 voor schepen gebouwd voor 1990, hiervoor werd geen norm vastgelegd.

De limieten vooropgesteld door Tier I en II zijn wereldwijd van kracht, ook voor schepen in NECA-gebieden die voor 2021 werden gebouwd. Volgens IMO hebben TIER I motoren een lagere NO_x-emissie (12-14 %) per ton verbanding vergeleken met de pre-regulatie (Tier 0) motoren. Tier II en Tier III motoren hebben respectievelijk een 25 % en 80 % lagere NO_x-emissie dan de Tier I motoren.

³⁸ <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Special-Areas-Marpol.aspx>



Figuur 5-33 – NO_x-uitstoot grenswaarden opgelegd door IMO (MARPOL Bijlage VI Voorschrift 13) met drie niveaus (Tiers) als functie van de optimale werkingssnelheid van de motor (RPM, nominaal toerental van de motor)

Binnen Europa vallen scheepsmotoren ook onder het Europees klasseringssysteem dat eisen stelt aan de uitstoot van de interne verbrandingsmotoren van nieuwe niet voor de weg bestemde mobiele machines (Richtlijn 97/68/ EG van 1997, en update van 2016: verordening 2016/1628). Sinds 2019-2020 is stage V in voege (Figuur 5-34). De toegelaten uitstoot is sterk gereduceerd en is van toepassing voor de nieuwe motoren die op de markt komen. Emissies kunnen dus nog verder beperkt worden t.o.v. de MARPOL-normen door schepen met motoren met strengere normen te gebruiken, al blijft het mogelijk om te werken met oudere motoren en de overeenkomstige hogere uitstoot. De emissies opgenomen in de normen zijn tevens vastgesteld bij een bepaald vermogen, snelheid en standaard brandstoftype, waardoor bv. andere vaarsnelheden of brandstoftype een aanzienlijke impact kan hebben op de werkelijke emissies. Zo kan trager varen resulteren in lagere emissies, alsook het gebruik van biobrandstof.

Tabel II-1: Fase V emissiegrenswaarden voor motorcategorie NRE als gedefinieerd in artikel 4, lid 1, punt 1)

Emissiefase	Subcategorie motor	Vermogensgroep	Omschrijvingstype	CO	HC	NO _x	Deeltjes-massa	PM	A
		kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
Fase V	NRE-v-1 NRE-c-1	0 < P < 5	CI	5,00	(HC + NO _x ≤ 7,50)		0,40 (*)	—	1,10
Fase V	NRE-v-2 NRE-c-2	5 ≤ P < 19	CI	6,60	(HC + NO _x ≤ 7,50)		0,40	—	1,10
Fase V	NRE-v-3 NRE-c-3	19 ≤ P < 37	CI	5,00	(HC + NO _x ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Fase V	NRE-v-4 NRE-c-4	37 ≤ P < 56	CI	5,00	(HC + NO _x ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Fase V	NRE-v-5 NRE-c-5	56 ≤ P < 130	alle	5,00	0,19	0,40	0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Fase V	NRE-v-6 NRE-c-6	130 ≤ P ≤ 560	alle	3,50	0,19	0,40	0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Fase V	NRE-v-7 NRE-c-7	P > 560	alle	3,50	0,19	3,50	0,045	—	6,00

(*) 0,60 voor met de hand te starten en met lucht gekoelde motoren met directe insputting

Figuur 5-34 – Fase V uitstoot-grenswaarden voor motorcategorie NRE als gedefinieerd in artikel 4, lid 1, punt 1 (verordening 2016/1628 – van toepassing sinds 2019/2020.) (NRE = Engines for mobile nonroad machinery, suited to move or to be moved, that are not included in any of other categories).

SO₂-emissies door scheepvaart

De zwavel emissies (SO₂) door scheepvaart zijn de laatste 15 jaar sterk gereduceerd door de steeds strengere normen door IMO en de Europese Unie (Richtlijn 2016/802). Door de internationale scheepvaartorganisatie IMO werden beperkingen van het zwavelgehalte in stookolie opgesteld voor zeeschepen en deze werden opgenomen in het MARPOL-verdrag 73/78. Wereldwijd is de richtlijn in 2020 verstrengd en mag brandstof van internationale zeeschepen maximaal 0,5 % m/m zwavel bevatten ('Global Sulphur Cap' in MARPOL Bijlage VI). In het ECA-gebied (incl. Noordzee) zijn de normen nog strenger en mogen schepen sinds 2015 enkel nog brandstof gebruiken met maximaal 0,1 % m/m zwavel.

PM₁₀-emissies door scheepvaart

Rond PM₁₀ bestaan geen emissiedoelstellingen of normen voor scheepvaart. De uitvoering van de Europese NEC-richtlijn voor SO₂ en NO_x zal een gunstig effect hebben op de secundaire PM₁₀ concentraties.

CO₂-emissies door scheepvaart

Via MARPOL Bijlage VI wordt ook de CO₂-emissie door scheepvaart aan banden gelegd. Bij de bouw van nieuwe schepen in of na 2013 werd vereist de energie-efficiëntie te verhogen (MARPOL 2021 Annex VI: Energy Efficiency Design Index -

EEDI, amendement 1 november 2022). Op deze manier wordt op een systematische wijze de CO₂-uitstoot van schepen vergeleken met schepen van dezelfde grootte en type. De theoretische hoeveelheid CO₂ uitgestoten per nautische mijl wordt hierbij berekend op basis van de karakteristieken van het schip. Hoger geschaalde schepen kunnen een significant lagere CO₂ uitstoot hebben gedurende hun reis, wat een lager brandstofverbruik en lagere kostprijs betekent.

5.2.2.3 Autonome ontwikkeling

Verwachtingen rond de toename van de gemiddelde temperatuur tegen eind deze eeuw hangen af van het gebruikte emissie-scenario. Volgens het IPCC kan dit variëren tussen +3,3 en +5,7 °C vergeleken met de gemiddelde globale temperatuur in de periode van 1850-1900 (IPCC, 2021). De verwachte zeespiegelstijging tegen 2100 door thermische uitzetting van zeewater en smeltende ijskappen wordt ingeschat tussen 28 en 101 cm ten opzichte van 1990, afhankelijk van het gebruikte model en scenario's. Een stijging van boven de 2 m wordt echter ook niet uitgesloten door de worst-case scenario's (IPCC, 2021). De autonome ontwikkeling van het globale klimaat is dan weer moeilijk in te schatten wegens de problematiek rond het broeikaseffect en de opwarming van de aarde. Globale atmosferische concentraties aan broeikasgassen zoals koolstofdioxide (CO₂), lachgas (N₂O) en methaan (CH₄) zijn veel hoger nu dan in de pre-industriële tijden. Dit is voornamelijk te wijten aan het gebruik van fossiele brandstoffen, de landbouw en grootschalige wijzigingen in landgebruik.

Ook de schaal waarop internationale scheepvaart plaatsvindt neemt toe, ook richting de West-Europese havens waarbij schepen de Noordzee gebruiken om deze havens te bereiken. In het BNZ wordt de laatste vier decennia wel een daling (-17,9 % sinds 1980) van het aantal zeeschepen dat op jaarbasis de Vlaamse zeehavens aandoet vastgesteld. Deze daling wordt echter gecompenseerd door de steeds groter wordende schepen waardoor de totale bruto tonnage op heden ruim 3,5 maal de hoeveelheid uit 1980 overstijgt (Maes et al., 2022). De scheepvaartsector en de gebruikte vaargeulen zullen nagenoeg gelijk blijven (Belgische Staat, 2018c), en de trend naar grotere en energiezuinigere schepen zal zich naar alle waarschijnlijkheid verder zetten, in overeenstemming met de Europese Strategie voor duurzame en slimme mobiliteit (COM(2020)789). Op het gebied van havenontwikkeling worden in de nabije toekomst geen significante veranderingen verwacht (Belgische Staat, 2018c). Op lange termijn kan wel een verdere automatisering en robotisering van de logistieke ketens in de havens en de ontwikkeling van een 'maritieme logistieke cloud' om nautische en logistieke gegevens te verzamelen verwacht worden.

Eisen omtrent luchtkwaliteit zijn de laatste jaren nog verstrengd en nieuwe technologieën zouden de uitstoot door scheepvaart in de Noordzee nog verder kunnen terugschroeven, voor meer informatie wordt verwezen naar de sectie 'Emissies ten gevolge van scheepvaart' in § 5.2.2.2. Om het effect van die technologieën en de veranderende MARPOL-richtlijnen voor SO_x en NO_x in te schatten werden verschillende emissie-scenario's ontwikkeld en besproken door CNSS voor het jaar 2030 (CNSS, 2014).

5.2.3 Effecten

5.2.3.1 Effecten op klimaat

Voor de bespreking van de effecten op het klimaat wordt aandacht besteed aan de effecten die bijdragen tot de globale klimaatsverandering, de effecten op het lokaal klimaat en de atmosfeer.

Levenscyclusanalyse (LCA)

Vooraleer de effecten op het globale klimaat besproken worden, wordt de belangrijkste informatie uit de levenscyclusanalyse (LCA) (zie Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a), hieronder hernomen. Voor een meer gedetailleerde beschrijving met de berekeningen wordt verwezen naar deze externe bijlage.

Het doel van de studie

Het doel van de LCA-studie is om overheden een schatting te geven van het energieverbruik en de koolstofvoetafdruk van de PEZ. In deze LCA werden drie alternatieve funderingstypes beschouwd: de monopile (MP), de jacket fundering (JF) en de gravitaire fundering (GBF). In de LCA is ook rekening gehouden met de 66 KV inter-array bekabeling van het PEZ windpark.

Voor het MER van de PEZ wordt een bandbreedtebenadering gebruikt, waarbij een individueel vermogensbereik van 12 MW tot 22 MW per turbine als basis wordt genomen voor de scenario's (alternatieven). De LCA is opgesteld voor een windturbine van 15 MW, op huidig ogenblik de grootste turbine waarvoor (beperkt) informatie beschikbaar is. 22 MW-turbines zijn (nog) niet beschikbaar op de markt, zodat er geen technische of operationele gegevens konden worden gevonden. De methodologie bestaat er dus in de berekeningen te maken voor een 15 MW-windturbine, en vervolgens de uiteindelijke effecten (koolstofvoetafdruk en energieverbruik) op te schalen om de effecten van een 22 MW-windturbine te ramen, met behulp van conversiefactoren. Aangezien 15 MW-turbines nog maar zeer recent worden geproduceerd en geïnstalleerd, zijn er geen uitgebreide gegevens over de bouw, werking, onderhoud en ontmanteling ervan. Hoe verder in de levenscyclus van een 15 MW-turbine, hoe groter de onzekerheden. Dit geldt voor het onderhoud en de ontmanteling, waarvoor in deze analyse literatuurstudies en prognoses worden gebruikt om de milieueffecten te modelleren, in plaats van operationele gegevens.

De totale emissies van het MOG2-eiland zijn niet opgenomen in de LCA-studie, deze werden eerder door IMDC (2022) berekend.

De windparken

Het windturbinemodel houdt rekening met een levensduur van 20 jaar en drie mogelijke funderingstypes (monopile, jacket en gravitaire fundering).

Vaak hebben kabels een langere levensduur dan de turbines en wanneer turbines vervangen moeten worden, worden kabels ondergronds gehouden en opnieuw gebruikt. In deze studie is de levensduur van de kabels 20 jaar, in

overeenstemming met de levensduur van de windturbine, aangezien de projectspecificaties een volledige ontmanteling van de infrastructuur vooropstellen.

De beoordeling van de koolstofemissies en het energieverbruik houdt rekening met de hele levenscyclus van de PEZ. In dit rapport worden de volgende 5 fasen in de levenscyclus van een windturbine besproken voor een 15/22 MW windturbine en 66 kV inter-array bekabeling: de productiefase, de transportfase, de constructiefase, de operationele fase (inclusief onderhoud) en de ontmantelingsfase.

- Voor de **productiefase** wordt gekeken naar de belangrijkste materialen van de componenten van het park, en de koolstofvoetafdruk en het energieverbruik zijn berekend om de impact voor de productie van deze materialen te evalueren.
- De **transportfase** omvat het transport van de productielocatie naar een Belgische haven en vandaar naar het projectgebied, voor de kust van België. Voor deze LCA-studie zijn alleen productielocaties in Europa in aanmerking genomen (aannee).
- De **constructiefase** omvat alle activiteiten die nodig zijn om de windturbines op te stellen en het leggen van de interfacekabels om de turbines met het MOG2-eiland te verbinden.
- De **operationele fase** (inclusief onderhoudsfase) omvat de activiteiten in verband met inspectie en reparatie van de turbines en kabels.
- De **ontmantelingsfase** omvat de activiteiten die nodig zijn om de infrastructuur uit het projectgebied te verwijderen en waar mogelijk de materialen te hergebruiken/recycleren. Voor het PEZ wordt uitgegaan van een volledige ontmanteling tot de oorspronkelijke staat (inclusief turbines, kabels, erosiebescherming, funderingen).

De aanname in de LCA-studie is dat, met de veranderende regelgeving en technologieën, de activiteiten voor hergebruik, herbestemming en recycling de productie van nieuwe materialen (gedeeltelijk) kunnen compenseren. Onder deze aanname wordt de ontmantelingsfase als energie- en koolstofneutraal beschouwd. Afvalstromen die tijdens de verschillende fasen ontstaan, worden niet meegenomen in de huidige beoordeling; voor deze wordt er verwezen naar het afvalbeheersplan (zie Externe bijlage 5; Arcadis Belgium, 2023b).

Conclusies – energieverbruik en koolstofvoetafdruk

De totale emissies voor een **15 MW turbine** met de drie typen funderingen worden gegeven in Tabel 5-9 hieronder.

Tabel 5-9 – Berekend energieverbruik en koolstofemissies tijdens de levenscyclus (20 jaren) van één 15 MW turbine per type fundering

	Energieverbruik (GWh)			Koolstofvoetafdruk (ton CO ₂)		
	Monopile	Gravitair	Jacket	Monopile	Gravitair	Jacket
Productie	35,7	41,3	37,1	8.280	10.543	8.669
Transport	0,1	0,1	0,1	34	21	34
Installatie	0,4	1,0	1,4	108	277	382
Werking en onderhoud	6,1	6,1	6,1	1.666	1.666	1.666
Ontmanteling	0	0	0	0	0	0
Totale levenscyclus (20j)	42,2	48,4	44,7	10.088	12.507	10.751

De totale emissies voor een **22 MW turbine** met de drie typen funderingen worden gegeven in Tabel 5-10Tabel 5-9 hieronder.

Tabel 5-10 - Berekend energieverbruik en koolstofemissies tijdens de levenscyclus (20 jaren) van één 22 MW turbine per type fundering

	Energieverbruik (GWh)			Koolstofvoetafdruk (ton CO ₂)		
	Monopile	Gravitair	Jacket	Monopile	Gravitair	Jacket
Productie	58,2	68,0	60,7	13.530	17.487	14.207
Transport	0,1	0,1	0,1	34	21	34
Installatie	0,4	1,0	1,4	108	277	382
Werking en onderhoud	6,1	6,1	6,1	1.667	1.667	1.667
Ontmanteling	0	0	0	0	0	0
Totale levenscyclus (20j)	64,8	75,1	68,4	15.334	19.451	16.290

Het totale energieverbruik en de CO₂-uitstoot van de **inter-arraybekabeling van één windturbine van 15 MW** (2,95 km kabel), van productie tot ontmanteling, wordt weergegeven in de volgende

Tabel 5-11.

Tabel 5-11 – Berekend energieverbruik en koolstofemissies voor de levenscyclus (20 jaren) van 2,95 km 66kV inter-array kabel (met een levensduur van 20 jaar)

	Energieverbruik (GWh)	Koolstofvoetafdruk (ton CO ₂)
Productie	3,9	1.070
Transport	0,0	4
Installatie	0,3	90
Werking en onderhoud	0,9	262
Ontmanteling	-	-
Totale levenscyclus (20j)	5,1	1.426

Het energieverbruik en koolstofemissies tijdens de levensduur van de PEZ (20 jaar) voor de twee beschouwde scenario's worden hieronder weergegeven in Tabel 5-12. Indien gekozen wordt voor een 100 % monopile, dan liggen zowel de CO₂ emissies als het totale energieverbruik iets lager dan bij een combinatie van funderingstypes (90 % JF + 10% GBF).

Tabel 5-12 - Koolstofemissies en energieverbruik tijdens de levensduur van de PEZ (20 jaar) voor de twee beschouwde scenario's, inclusief bekabeling

Scenario	Turbine vermogen (MW)	Aantal turbines	Funderingstype	CO ₂ emissies (kton CO ₂)	Energieverbruik (GWh)
PE I - 700 MW					
Scenario 1	15	54	90 % JF + 10 % GBF	658	2.683
			100 % MP	614	2.527
Scenario 2	22	32	90 % JF + 10 % GBF	418	1.691
			100 % MP	392	1.599
PE II - 1400 MW					
Scenario 1	15	107	90 % JF + 10 % GBF	1.271	5.193
			100 % MP	1.181	4.880
Scenario 2	22	64	90 % JF + 10 % GBF	800	3.251
			100 % MP	747	3.066
PE III - 1400 MW					
Scenario 1	15	108	90 % JF + 10 % GBF	1.309	5.335
			100 % MP	1.218	5.020
Scenario 2	22	64	90 % JF + 10 % GBF	827	3.348
			100 % MP	774	3.163

De totalen voor de PEZ worden hieronder weergegeven in Tabel 5-13.

Tabel 5-13 – Koolstofemissies en energieverbruik tijdens de levensduur van de totale PEZ (20 jaar) voor de twee beschouwde scenario's, inclusief bekabeling

Totaal PE I + II + III	Funderingstype	Totale CO ₂ emissies 20 j (kton CO ₂)	Totaal energieverbruik 20 j (GWh)
Scenario 1	90 % JF + 10 % GBF	3.239	13.211
	100 % MP	3.013	12.428
Scenario 2	90 % JF + 10 % GBF	2.046	8.290
	100 % MP	1.913	7.828

Conclusies – energiebalans

De energiebalans is het verschil tussen de energie die in 20 jaar wordt opgewekt door het volledige windpark en de energie die wordt verbruikt om het park te produceren, te bouwen en operationeel te houden gedurende deze levensduur.

De totale energie die door het park wordt opgewekt, komt uit de LCOE-studie die door 3E is uitgevoerd voor de PEZ (3E, 2021) en komt overeen met 14.930 GWh/jaar (voor turbines van 15 MW). Er dient te worden opgemerkt dat dit getal theoretisch is en afhangt van de windomstandigheden en van de finale kenmerken van de windturbines. De energiebalans per kavel en voor de verschillende scenario's overheen een levensduur van 20 jaar wordt weergegeven in de onderstaande Tabel 5-14.

Tabel 5-14 – Energiebalans voor de PEZ (inclusief bekabeling) overheen de levensduur van 20 jaren

Scenario	Funderingstype	Totaal opgewekte energie in 20 j (GWh)	Totaal verbruikte energie in 20 j (GWh)	% energie verbruikt t.o.v. energie opgewekt
PE I - 700 MW				
Scenario 1	90 % JF + 10 % GBF	59.720	2.683	4%
	100 % MP	59.720	2.527	4%
Scenario 2	90 % JF + 10 % GBF	59.720	1.691	3%
	100 % MP	59.720	1.599	3%
PE II - 1400 MW				
Scenario 1	90 % JF + 10 % GBF	119.440	5.193	4%
	100 % MP	119.440	4.880	4%
Scenario 2	90 % JF + 10 % GBF	119.440	3.251	3%
	100 % MP	119.440	3.066	3%
PE III - 1400 MW				
Scenario 1	90 % JF + 10 % GBF	119.440	5.335	4%
	100 % MP	119.440	5.020	4%
Scenario 2	90 % JF + 10 % GBF	119.440	3.348	3%

Globaal klimaat

Een belangrijke positieve impact van de exploitatie van de windparken is de reductie van de emissies van broeikasgassen, die mee verantwoordelijk zijn voor de globale klimaatsverandering. De elektriciteitsproductie van de energieparken dient niet door middel van andere energiebronnen te worden opgewekt. Aangezien een aanzienlijk deel van de elektriciteitsproductie nog afkomstig is uit fossiel gas worden door de windturbines aanzienlijke CO₂-emissies vermeden. Volgens 3E (2021) wordt er een productie gelijk aan 14.930 GWh/jaar (= 14,93 TWh/jaar) voorspeld voor de PEZ met een totale geïnstalleerde capaciteit gelijk aan 3.500 MW (kavels met 1x 700 MW en 2x 1.400 MW.) De productie per kavel is gelijk aan 2,98 TWh/jaar voor PE I en 5,96 TWh/jaar voor PE II en PE III elk afzonderlijk.

De maximale theoretische productie voor 3.500 MW is gelijk aan 30.660 GWh/jaar (uitgaande van een jaar met 8.760 uren). De capaciteitsfactor wordt bijgevolg voorspeld gelijk te zijn aan 49 %³⁹. Ter vergelijking: de gemiddelde capaciteitsfactor van de huidige Belgische offshore windturbines is gelijk aan 38 % en in 2021 bedroeg deze 34,4 %⁴⁰. De uiteindelijke capaciteitsfactor is afhankelijk van de windsnelheden. De huidige Belgische offshore windturbines hebben een maximale capaciteit tussen 3 MW – 9,5 MW. Door de verbeterde technologie van nieuwe windturbines en hun grotere hoogte (hogere en meer stabiele windsnelheden) verhoogt de capaciteitsfactor. In Denemarken is de gemiddelde capaciteitsfactor bv. ook gestegen de afgelopen decennia⁴¹.

De huidige 9 operationele windparken op het BNZ, gelegen in de Oostelijke energiezone van het MRP 2020-2026, hebben sinds 2020 een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 2,3 GW offshore windenergie. In de PEZ wordt een bijkomend geïnstalleerd vermogen van minimum 3,15 en maximum 3,5 GW in de PEZ beoogd.

In 2021 en 2022 was de totale elektriciteitsproductie in België gelijk aan resp. 92,2 TWh en 88,3 TWh (Figuur 5-35). Resp. 6,7 TWh (7,3 %) en 6,6 TWh (7,5 %) was afkomstig van offshore windenergie. De capaciteitsfactor in 2021 was 34,4 % en de gemiddelde capaciteitsfactor is 38 %. De jaarlijkse verwachte elektriciteitsopbrengst is dus 7,4 TWh.

De totale verwachte elektriciteitsproductie van Belgische offshore windturbines vanaf de volledige PEZ operationeel is, bedraagt dus 22,3 TWh/jaar. De totale elektriciteitsproductie in België in 2021 was 92,2 TWh. Ten opzichte van dit cijfer is de totale verwachte elektriciteitsproductie van Belgische offshore windturbines 24,2 %. Dit is een significante verhoging van de duurzame elektriciteitsproductie in België.

³⁹ De capaciteitsfactor is een maat voor de productiviteit van een energie-installatie (in dit geval de PEZ). Het is de verhouding tussen de werkelijke elektriciteitsproductie en de maximaal mogelijke opbrengst.

⁴⁰ <https://www.belgianoffshoreplatform.be/nl/news/windparken-in-belgische-noordzee-leverden-in-2021-groene-stroom-voor-bijna-2-miljoen-belgische-huishoudens/>

⁴¹ <https://turbines.dk/statistics/>



Figuur 5-35 – Elektriciteitsmix voor België in 2022 en 2021⁴²

In de onderstaande Tabel 5-15 wordt de totale CO₂-emissie berekend voor diverse energiebronnen indien daar 14.930 GWh/jaar elektriciteit mee geproduceerd wordt, op basis van emissiefactoren (EF) voor België.

De factoren die in de tabel staan betreffen⁴³:

- EF productie elektriciteit: de CO₂-emissies bij de productie van de elektriciteit.
- EF upstream: de CO₂-emissies bij de productie van de energiedragers die de elektriciteitscentrale gebruikt.
- EF overige: de overige CO₂-emissies van de levenscyclus. Voor windturbines wordt dit als volgt berekend:
 - In scenario's 1 en 2 wordt resp. 162 en 102 kton CO₂ uitgestoten per jaar (3.239 en 2.046 kton CO₂ over 20 jaren, zie Tabel 5-13). Overheen 1 jaar wordt er 14,9 TWh opgewekt, de emissie per energie-eenheid is daarom gelijk aan resp. 0,011 en 0,007 kg CO₂/kWh.
 - Voor MOG2 bedraagt de totale CO₂-emissie 1.600 kton over 20 jaar (IMDC, 2022). Per jaar is dit dus 80 kton CO₂.
 - Indien de emissies uit de LCA-studie opgeteld worden bij de MOG2-emissies komt dit op een totaal van resp. 242 en 182 kton CO₂/jaar voor scenario's 1 en 2. Omgerekend is dat resp. 0,016 en 0,012 kg CO₂/kWh.

Voor gas, nucleair en zonne-energie zijn deze waarden niet gekend en worden ze verondersteld verwaarloosbaar te zijn.

- EF totaal: optelsom van de 3 bovenstaande.

⁴² https://www.elia.be/nl/nieuws/persberichten/2023/01/20230106_energymix2022

Persbericht (PDF): Elektriciteitsmix voor België in 2022: toename hernieuwbare productie en hoge beschikbaarheid nucleaire park zorgen opnieuw voor netto-export

⁴³ Alle EF-gegevens zijn afkomstig van <https://www.co2emissiefactoren.be/factoren>, behalve 'EF overige' voor windturbines, deze is berekend op basis van de levenscyclusanalyse overheen de ganse levenscyclus van 20 jaren (zie Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a).

Tabel 5-15 – CO₂-emissies voor diverse energiebronnen

Energiebron	Emissie voor 14,9 TWh (kton CO ₂)	EF totaal (kg CO ₂ /kWh)	EF productie elektriciteit (kg CO ₂ /kWh)	EF upstream (productie brandstoffen) (kg CO ₂ /kWh)	EF overige (kg CO ₂ /kWh)
Gas	6.241	0,418	0,351	0,067	/
Nucleair	179	0,012	0,002	0,01	/
Windturbines (scenario 1)	242	0,016	0	0	0,016
Windturbines (scenario 2)	182	0,012	0	0	0,012
Biomassa	1.120	0,075	0	0,075	/
Zonne-energie	821	0,055	0	0	0,055

De beoordeling van de prestaties van België wordt gemaakt door het vergelijken met de huidige CO₂-uitstoot van België en wanneer de elektriciteit zou opgewekt worden met gas in plaats van door windturbines. Indien de elektriciteitsproductie uit gas vervangen wordt door de windturbines van de PEZ (3.500 MW) wordt er 5.999 – 6.059 kton CO₂ (= 6,0 – 6,1 Mton CO₂) vermeden per jaar resp. voor scenario's 2 en 1. Overheen 20 jaren is dat 120 – 122 Mton CO₂. Ter vergelijking: in 2020 bedroeg de totale uitstoot van broeikasgassen in België 106 Mton CO₂-eq. De vermeden emissies per kavel zijn gelijk aan 1.200 (scenario 1) en 1.212 (scenario 2) kton CO₂ voor PE I en 2.400 (scenario 1) en 2.424 (scenario 2) kton CO₂ voor PE II en PE III elk afzonderlijk.

In het Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP) (§ 2.2.1.1) is vooropgesteld dat het bruto eindverbruik in 2030 gelijk is aan 411 TWh⁴⁴ en de doelstelling is dat 72 TWh (17,5 %) afkomstig is uit hernieuwbare energiebronnen. De PEZ zou daar voor 21 % (14,9 TWh / 72 TWh) deel van uitmaken, inclusief de Oostelijke energiezone kom dit op 31 % (22,3 TWh / 72 TWh). Daarnaast heeft de federale regering in haar regeerakkoord van 2021 opgenomen dat de capaciteit van de offshore windenergie tegen 2030 5,4 – 5,9 GW zal bedragen. Met de Oostelijke energiezone (2,3 GW) komt dit samen met de PEZ (3,5 GW) op 5,8 GW.

De energieparken dragen in slechts zeer kleine mate bij tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar ze leveren wel een meetbare bijdrage op lokaal Belgisch vlak. Het effect op het globaal klimaat tijdens de exploitatiefase wordt daarom als matig positief beoordeeld (+) voor alle kavels afzonderlijk en significant positief (++) voor alle kavels samen (hele PEZ, zie § 6.3.2.).

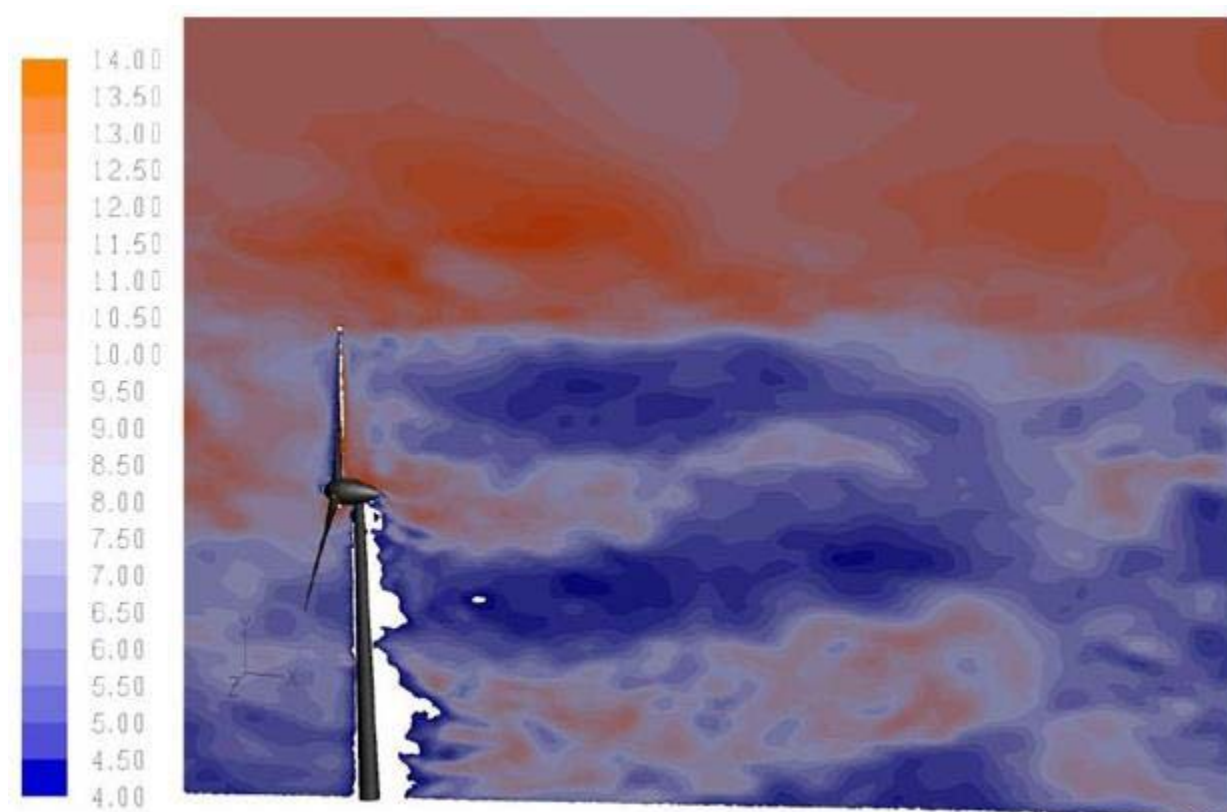
Tijdens de constructie- en ontmantelingsfase werken de windturbines niet (allemaal) en is er energie vereist (met de bijhorende CO₂-uitstoot), de impact wordt tijdens deze fases daarom als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Lokaal windklimaat

De impact van de windparken op het lokale windklimaat wordt enerzijds veroorzaakt door het feit dat de windturbines een obstakel zijn voor de wind, en anderzijds doordat de windturbines energie onttrekken aan de wind. Daardoor ontstaat

⁴⁴ Nationaal energie- en klimaatplan - 2021-2030 - Deel A - Nationaal Plan Context, doelstelling, beleidslijnen & maatregelen

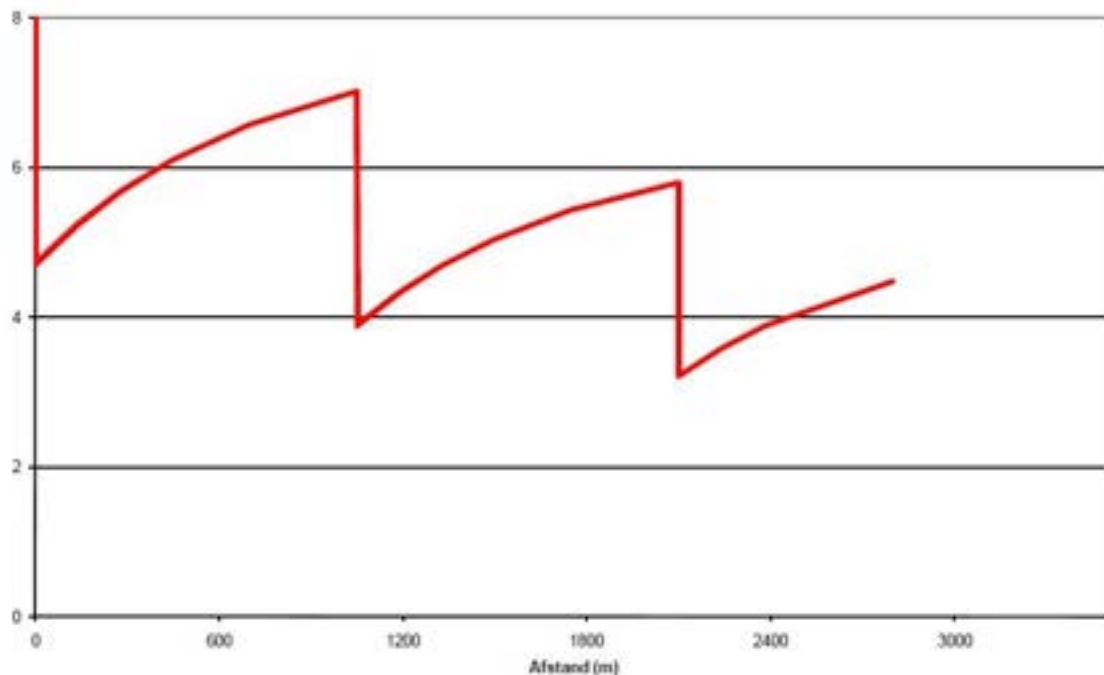
achter de rotor een turbulente zog-stroming met lagere windsnelheden (Figuur 5-36). De wind is dus binnen het park en in de nabije omtrek vertraagd en ook verstoord. Brand (2009) berekende dat de windsnelheid achter een offshore windpark ca. 40 % lager is dan vlak ervoor. Om het verlies in windsnelheid achter een windpark te beperken tot 0,5 m/s dient een tussenafstand van 10 tot 30 km in acht genomen te worden tussen de parken in de overheersende windrichting (zuidelijk) (Brand, 2009).



Figuur 5-36 – Contouren van de windsnelheden (in m/s) bij een gemiddelde $v_{in}=10$ m/s op rotorhoogte (Wußow et al., 2007)

Om de onderlinge afstand tussen de windturbines te bepalen moet er een optimalisatie gevonden worden tussen twee factoren. Enerzijds moeten de turbines op een zekere afstand van elkaar geplaatst worden om de opbrengst van de individuele turbines te maximaliseren. Anderzijds is het geïnstalleerd vermogen per oppervlakte best zo groot mogelijk om een optimale benutting van de beschikbare zone te bekomen. In elk geval dient er een minimale afstand gehouden te worden om de turbulenties en bijgevolg de resulterende belasting van de windturbines tot een aanvaardbaar niveau te beperken.

In de onderstaande Figuur 5-37 wordt het cumulatieve effect van verschillende windturbines achter elkaar weergegeven (Sanderhoff, 1993). De wind heeft net achter de eerste windturbine bijna 45 % van zijn snelheid verloren. Juist voor de tweede windturbine bedraagt de windsnelheid terug ca. 82 % van zijn initiële waarde, na de tweede windturbine neemt de windsnelheid opnieuw af met ca. 45 %, etc. De windturbines bevinden zich evenwel niet perfect achter elkaar zodat het effect van de eerste rij windturbines op de tweede rij kleiner zal zijn. De efficiëntie van de windturbines hangt dus af van de opstelling en de windrichting.



Figuur 5-37 – Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines) (Sanderhoff, 1993)

Een tweede factor die het lokale windklimaat beïnvloedt, is de turbulentie veroorzaakt door de windturbines. De turbulentie intensiteit verhoogt namelijk in het zog van de windturbine. Het effect van deze parameter is over een grotere afstand merkbaar dan de windsnelheid. Turbulentie is voornamelijk belangrijk voor de stressgevoeligheid van het materiaal, maar binnen het park heeft turbulentie eveneens een effect op de efficiëntie. Hoe dichter twee windturbines bij elkaar geplaatst zijn, hoe hoger de turbulentie.

De effecten van de windparken op het lokale windklimaat zullen beperkt blijven tot zeer lokale effecten en worden bijgevolg als vrijwel geen effect (0) beoordeeld (exploitatiefase). De effecten tijdens de productie, constructie en ontmanteling worden als vrijwel onbestaande (0) beoordeeld. Potentiële grensoverschrijdende effecten worden besproken in § 8.3.

Lokaal temperatuur-klimaat onder invloed van kabels

De effecten als gevolg van de warmteproductie door de kabels worden besproken in:

- De discipline geluid, EMV en trillingen (§ 5.3)
- § 5.4.3.1 (effect op macrobenthos).
- § 5.4.3.2 (effect op vissen).

5.2.3.2 Effecten op atmosfeer

Met betrekking tot luchtvervuiling zijn de belangrijkste emissies deze door de scheepsbewegingen tijdens alle projectfasen en de vermeden emissies door elektriciteit op te wekken door windturbines in plaats van het gebruik van fossiele brandstoffen.

De ontwikkeling van de PEZ zal slechts een kleine jaarlijkse toename (ca. 0,2 – 0,3 %) in aantal scheepsbewegingen betekenen, voor alle fasen (constructie, exploitatie en ontmanteling) (zie § 5.7.3.1.). NO_x en SO₂-emissies zijn verder voor resp. ca. 15 % en 3 % afkomstig van zeescheepvaart (§ 5.2.2.2, Figuur 5-25). De resulterende toename van deze emissies door scheepvaart is dus heel beperkt.

Tijdens de verbranding van fossiele brandstoffen zoals gas voor elektriciteitsproductie komt NO_x en SO₂ vrij. In 2016 waren de NO_x en SO₂-emissies voor resp. 13 % en 3 % afkomstig van elektriciteitscentrales in Vlaanderen⁴⁵. Voor windturbines zijn deze emissies verwaarloosbaar tijdens hun constructie, exploitatie en ontmanteling. Voor kernenergie en zonne-energie zijn dergelijke emissies ook verwaarloosbaar, maar momenteel bestaat de productiecapaciteit voor elektriciteit in België nog voor 26,6 % uit de verbranding van fossiele brandstoffen zoals gas⁴⁶.

Daarenboven komen deze emissies vrij in een omgeving gekenmerkt door heel wat luchtdynamiek die bijdraagt tot een verdunning van de luchtvervuiling. Tevens is de menselijke aanwezigheid ter hoogte van de PEZ relatief beperkt.

Het effect op de atmosfeer tijdens de exploitatie door de vermeden emissies wordt beoordeeld als gering positief (0/+). Het effect tijdens de productie, constructie en ontmanteling wordt beoordeeld als vrijwel geen effect (0).

5.2.3.3 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op klimaat en atmosfeer

Onderstaande Tabel 5-16 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op het klimaat en de atmosfeer voor alle funderingstypes.

Tabel 5-16 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de veiligheid en menselijke gezondheid. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op klimaat en atmosfeer	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Productie- en constructiefase						
Globaal klimaat	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0	0	0	0	0
Atmosfeer	0	0	0	0	0	0
Exploitatiefase						
Globaal klimaat	+	+	+	+	+	+
Lokaal klimaat	0	0	0	0	0	0
Atmosfeer	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Ontmantelingsfase						
Globaal klimaat	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0	0	0	0	0
Atmosfeer	0	0	0	0	0	0

⁴⁵ Lozingen in de lucht 2000-2016, VMM, 2016, pag. 13 en 18, tabellen 1 en 3.

⁴⁶ <https://www.febeg.be/statistieken-elektriciteit>

5.2.4 Leemten in kennis

Voor het MER van de PEZ wordt een bandbreedtebenadering gebruikt, waarbij een individueel vermogensbereik van 12 MW tot 22 MW per turbine als basis wordt genomen voor de scenario's (alternatieven). De LCA is opgesteld voor een windturbine van 15 MW, op dit ogenblik de grootste turbine waarvoor informatie beschikbaar is. 22 MW turbines zijn (nog) niet beschikbaar op de markt, zodat er geen technische of operationele gegevens konden worden gevonden. De methodologie bestaat er dus in de berekeningen te maken voor een 15 MW windturbine, en vervolgens de uiteindelijke effecten (koolstofvoetafdruk en energieverbruik) op te schalen om de effecten van een 22 MW windturbine te ramen, met behulp van conversiefactoren. Aangezien 15 MW turbines nog maar zeer recent worden geproduceerd en geïnstalleerd, zijn er geen uitgebreide gegevens over de bouw, werking, onderhoud en ontmanteling ervan. Hoe verder in de levenscyclus van een 15 MW turbine, hoe groter de onzekerheden. Dit geldt voor het onderhoud en de ontmanteling, waarvoor in deze analyse literatuurstudies en prognoses worden gebruikt om de milieueffecten te modelleren, in plaats van operationele gegevens.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de aannames en bijhorende leemten in de kennis wordt verwezen naar de LCA-studie (zie Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a).

5.2.5 Milderende maatregelen

De scheepsbewegingen kunnen verder geoptimaliseerd worden waardoor ook de transportemissies zullen afnemen:

- Letten op de herkomst van het materiaal om vaarkilometers te beperken.
- Grotere schepen inzetten om minder vaak te moeten varen.
- Scheepsbewegingen combineren, bijvoorbeeld transport van klein materiaal en personen tijdens de drie jaar constructie van de PEZ.

Overige maatregelen om transportemissies te beperken zijn:

- Schepen en scheepsmotoren die zuiniger en efficiënter zijn;
- Langzamer varen (om te besparen op brandstof), echter kan dit onvolledige verbranding en hogere NO_x emissies tot gevolg hebben;
- Inzetten op schonere scheepsbrandstof zoals aardgas (meestal LNG) of waterstof. Bijgevolg wordt er veel minder (voor aardgas) of geen (voor waterstof) NO_x en SO_x uitgestoten.
- Inzetten op uitlaatgas reinigingssysteem, bijvoorbeeld met tweetrapskatalytisch filtersysteem of zgn. 'scrubbers'.

5.2.6 Monitoring

Toekomstige windontwikkelaars kunnen bijdragen tot het verder monitoren van de luchtkwaliteit op zee door eventueel toelating te geven voor de installatie van sniffer-sensoren op de windparken. Zie § 5.2.1.2 voor meer informatie over sniffer-sensoren.

5.3 GELUID, EMV EN TRILLINGEN

5.3.1 Methodologie

De activiteiten binnen voorliggend MER tijdens de constructie, exploitatie en ontmanteling van de windparken in de PEZ kavels (inclusief parkbekabeling) vereisen het inzetten van een aantal geluidsproducerende werktuigen en transportmiddelen. Binnen voorliggend hoofdstuk worden de effecten op het geluid boven water (relevant met name voor de mens als receptor, alsook bepaalde vogels), en op het geluid onder water (relevant met name voor onder andere zeezoogdieren, vissen, etc. als receptor) besproken.

Hiervoor wordt het te verwachten geluid tijdens de werkzaamheden in kader van voorliggend MER vergeleken met de referentiesituatie, welke het huidige geluidsklimaat in het projectgebied PEZ (en het bredere BNZ) omvat. Voor de verschillende projectfasen en werkzaamheden wordt hierbij een inschatting van de geproduceerde geluidsvermogensniveaus gemaakt, op basis van monitoring uit gelijkaardige projecten (o.a. monitoringsrapporten van de Oostelijke energiezone (WinMon-rapporten)) of meetgegevens in de literatuur en recente projecten zoals het JOMOPANS⁴⁷-project in de Noordzee. De geluidsimpact van het project zal eveneens beschouwd worden op de milieudoelen in het kader van de KRMS en het behalen van de GMT voor descriptor D11.

Naast effecten op boven- en onderwatergeluid wordt er in dit hoofdstuk ook aandacht geschonken aan de effecten van de elektromagnetische velden en warmteontwikkeling welke eigen zijn aan de inter-array parkbekabeling.

5.3.2 Referentiesituatie

5.3.2.1 Omgevingsgeluid boven het wateroppervlak

Het geluidsklimaat boven het wateroppervlak in volle zee wordt voornamelijk bepaald door enerzijds natuurlijke geluiden zoals golven, regen, vogels, etc., en anderzijds door antropogene geluiden zoals vliegtuigen, schepen en de aanwezigheid van offshore windparken of andere geluidsproducerende constructies.

Het natuurlijke omgevingsgeluid is echter moeilijker te meten, doordat metingen in volle zee verstoord worden door het geluid van golven die tegen de romp van de meetboot slaan. Tijdens de bouw van het C-Power windpark in de Oostelijke energiezone werden geluidsniveaus ter hoogte van de Thorntonbank van ca. 40 – 45 dB(A) gemeten op volle zee, zonder de bijdrage van antropogene geluidsbronnen zoals de windturbines zelf (IMDC, 2022). Dichter bij de kust, rond het Zwin en onder een vliegcorridor, werd het omgevingsgeluid geraamd op 35 ± 5 dB(A) (Decloedt et al., 1998). In de kustzone zelf hangt het omgevingsgeluid af van onder meer de verkeerssituatie, vegetatie, aanwezigheid van eventuele gebouwen, etc. Ook de wind en de golven dragen bij tot het geluidsniveau. De gemiddelde waarde ligt tussen 50 en 65 dB(A) op 25 m van de kustlijn (Ecolas NV, 2003).

⁴⁷ Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea - <https://northsearegion.eu/jomopans/>

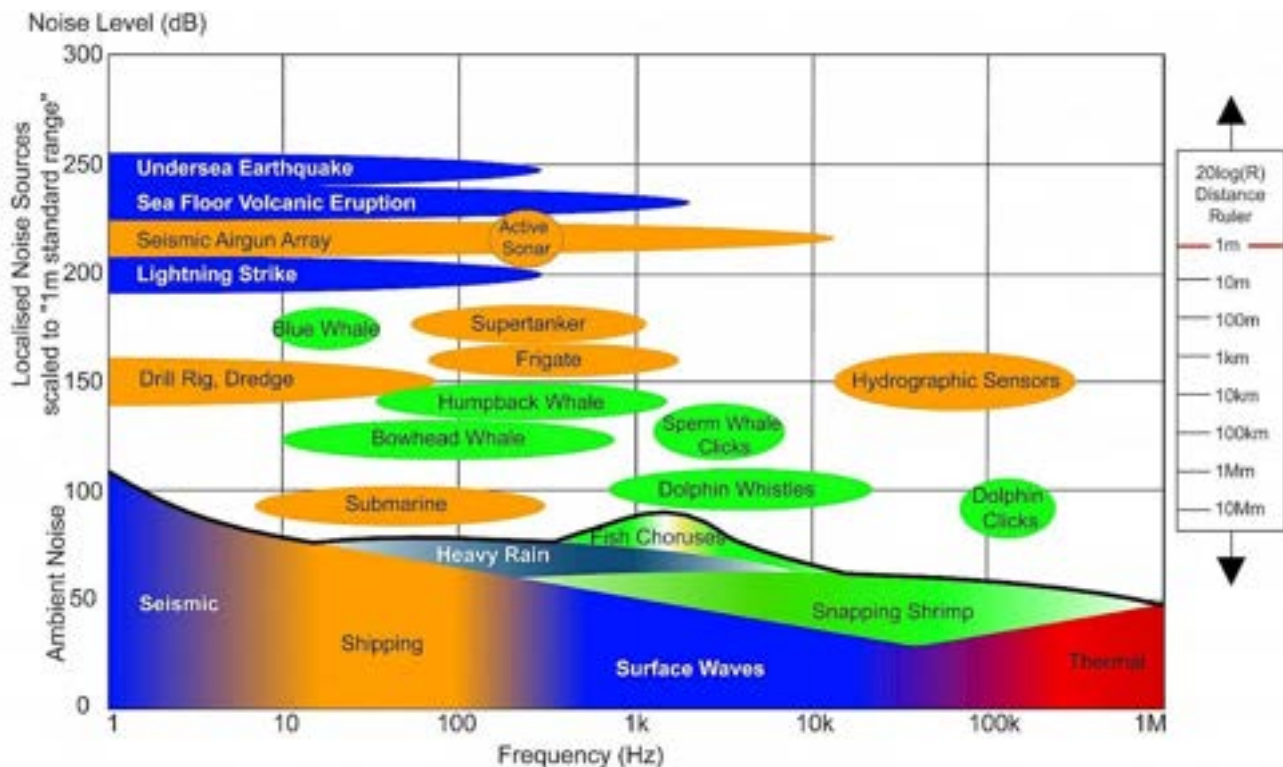
Wat betreft het antropogene omgevingsgeluid, vormt scheepvaart één van de grootste bronnen van geluid in open zee, maar ook de reeds bestaande windparken in de Oostelijke energiezone dragen bij tot het huidige referentieomgevingsgeluid in het BNZ.

Metingen in en nabij het operationele C-Power (Thorntonbank; 5 en 6,15 MW turbines; GBF en JF funderingen) en Belwind (Bligh bank; 3 MW turbines + 1 x 6 MW; MP funderingen) windpark resulteerden in een operationeel geluidsniveau op naafhoogte afkomstig van het draaien van de rotorbladen van ca. 102 – 105 dB(A) bij windsnelheden tussen 8 en 12 m/s, en ca. 105 – 115 dB(A) bij hogere windsnelheden (Norro et al., 2013). Door de snelheid waarmee geluid zich voortplant in lucht (343 m/s), zal iedere verdubbeling van de afstand tot de bron een vermindering met ca. 6 dB inhouden. Hierdoor reikt de invloed van geluidsbronnen niet heel ver, en zal dus ook het geluid geproduceerd door de roterende windmolens in de operationele windparken snel uitdempen. Een simpele berekening leert dat een geluidsniveau van 105 dB op die manier op een afstand van ca. 500 m nog slechts 45 dB(A) zal bedragen, wat overeenkomt met het natuurlijk achtergrondniveau van ca. 40 – 45 dB(A) (zie eerder). Eenzelfde conclusie werd gemaakt in het MER voor het Mermaid windpark (als één van de laatst ontwikkelde windparken in de Oostelijke energiezone) (IMDC, 2013a).

Het geluid afkomstig van de scheepvaart hangt sterk af van de locatie (vb. scheepvaartroute, vaargeul), het type vaartuig, de weersomstandigheden etc. Gezien de grote variatie is hier geen algemene referentiesituatie van gekend.

5.3.2.2 Omgevingsgeluid onder het wateroppervlak

Het geluidsklimaat onder water is van rechtstreeks belang voor onder meer biota als zeezoogdieren en vissen in het projectgebied PEZ. Bronnen van het huidige onderwatergeluid in de Noordzee omvatten zowel natuurlijke geluiden (getijstrooming, wind, regen, golfslag, geluid van onderwaterbiota, etc.) als antropogene geluiden (schepen, bestaande windparken, visserij, meetactiviteiten, etc.). Figuur 5-38 hieronder geeft een overzicht van een aantal geluidsbronnen en hun geproduceerde geluidsdrukniveaus onder water (OSPAR, 2023).

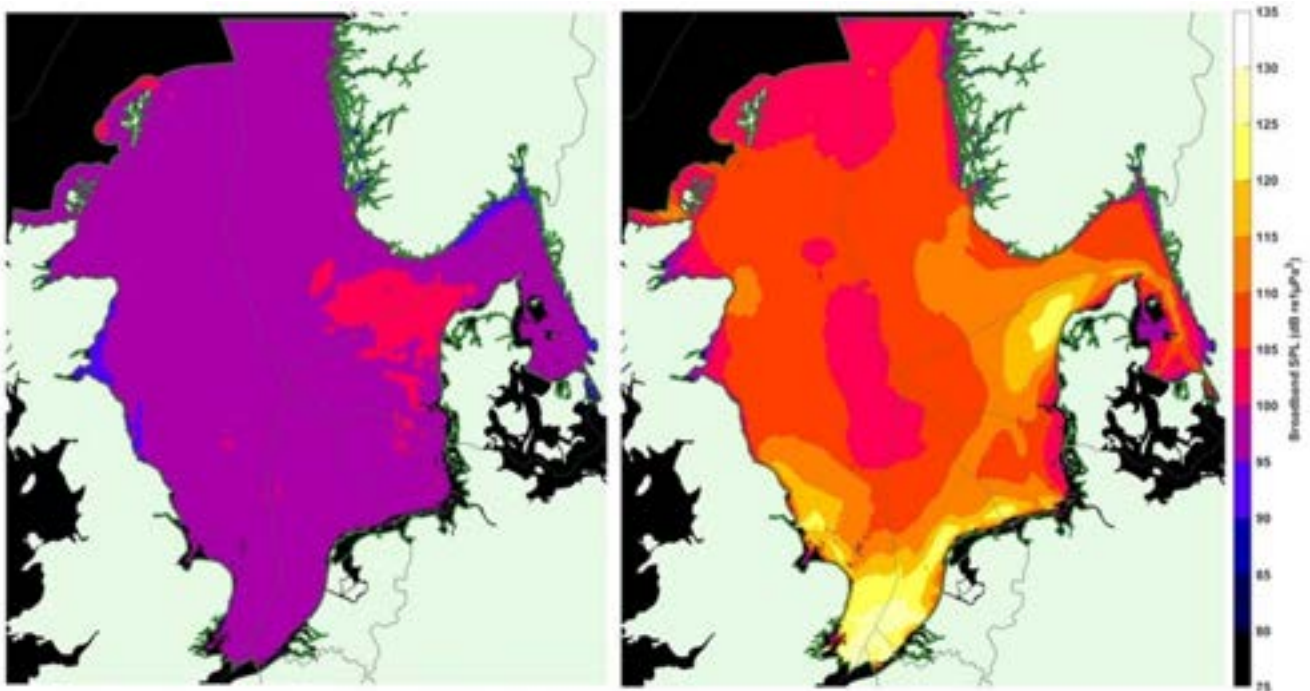


Figuur 5-38 – Overzicht van geluidsdrumniveaus en frequenties geproduceerd door verschillende bronnen (zowel natuurlijk als antropogeen) onder water (Bron: OSPAR (2023) – <https://www.ospar.org/work-areas/eiha/noise>)

Door de hogere geluidssnelheid onder water (1.500 m/s) t.a.v. deze in de lucht (343 m/s), plant geluid zich verder voort onder water. Ook het geluidsdrumniveau is hoger in water dan in lucht (maal factor 4) omwille van een grotere golflengte onder water. Tenslotte wordt de amplitude onder water gemeten t.a.v. een referentiedruk van 1 μPa , waar dit in lucht t.a.v. 20 μPa is, waardoor de waarde van de decibel als meeteenheid voor geluidsdrumniveau anders is onder water dan in lucht. Om beide te kunnen vergelijken moet het geluidsdrumniveau onder water met ca. 62 dB verminderd worden. Bijvoorbeeld, een onderwatergeluidsdrumniveau van 190 decibel (i.e. het niveau geproduceerd door een containerschip) komt overeen met ca. 130 decibel in lucht (dB(A)). Achtergrondgeluid onder water is ook afhankelijk van de diepte – zo zal in ondiep water de wind en regen aan het zeeoppervlak duidelijker waar te nemen zijn, terwijl laagfrequentie signalen (< 200 Hz) wegvallen door interactie met de zeebodem, geulranden en het wateroppervlak, waardoor een ‘tunnel’ effect bekomen wordt. Omgevingsgeluid is verder ook seizoensgebonden, tengevolge verschillen in verkeersstromen en scheepsdensiteiten, weersomstandigheden, stromingen en biologische activiteit (vb. seizoenstrek van bepaalde soorten).

Het Interreg-project JOMOPANS⁴⁸ heeft over de periode 2015 – 2022 werk gemaakt van een kwantificering van de hoeveelheid omgevingsgeluid onder water in de bredere Noordzee. Hieruit blijkt dat de achtergrondgeluidsniveaus (i.e. deze door wind en golven) ca. 95 – 100 dB bedragen doorgaans, ook in het BNZ (zie onderstaande Figuur 5-39).

⁴⁸ JOMOPANS = Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea



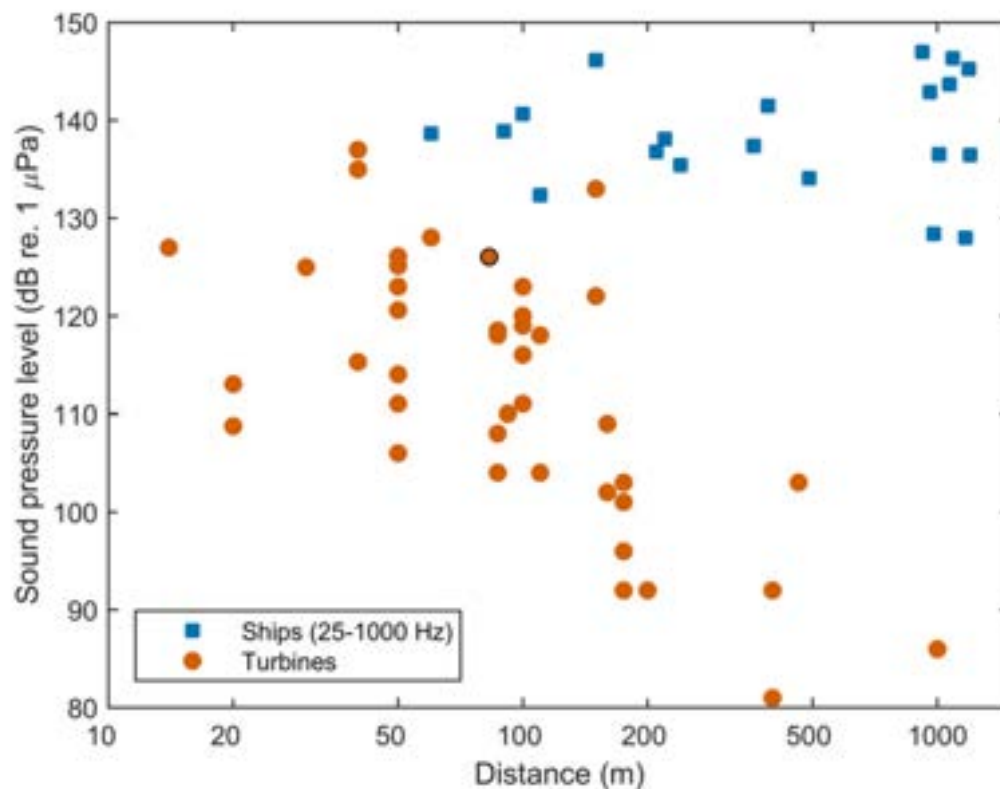
Figuur 5-39 – **Links:** Gemiddelde geluidsdrukkniveaus (in dB re 1µPa²) tengevolge natuurlijke geluidsbronnen (wind) in de Noordzee; **Rechts:** Gemiddelde geluidsdrukkniveaus tengevolge natuurlijke én antropogene geluidsbronnen (scheepvaart). Beide in kaart gebracht tijdens het JOMOPANS project (https://northsearegion.eu/jomopans/news/jomopans_maps/)

Als daarbij de antropogene geluidsbronnen zoals scheepvaart worden bijgerekend, om het totale cumulatieve omgevingsgeluid in kaart te brengen, is op bovenstaande Figuur 5-39 rechterpaneel duidelijk merkbaar dat met name in het zuidelijke deel van de Noordzee, waartoe ook het BNZ behoort, de geluidsdrukkniveaus ca. 30 dB re 1 µPa² hoger liggen. Met name de grotere containerschepen en tankers genereren tijdelijk een hoog geluidsniveau (tot 190 dB re 1 µPa; zie ook modelresultaten in het SOUNDS⁴⁹ eindrapport: Cruz et al., 2021) tijdens het voorbijvaren. Het BNZ ligt hierbij op de drukke vaarroutes ter hoogte van het Kanaal, waardoor het omgevingsgeluid (onder water) in het studiegebied van de hoogste is binnen de hele Noordzee-regio. Ter hoogte van het projectgebied PEZ geldt eveneens een achtergrond onderwatergeluidsniveau van ca. 120 – 130 dB re 1 µPa², op basis van de JOMOPANS gegevens.

Specifiek voor de operationele windparken in de Noordzee werden ook metingen uitgevoerd om de geluidsniveaus van deze constructies in kaart te brengen. Voor het Prinses Amalia Windpark werden operationele niveaus van 107 tot 110 dB re 1 µPa² op 100 m afstand van het windpark opgemeten. Op meer dan 3,5 km afstand was dit nog 105 – 107 dB re 1 µPa² (Pondera Consult, 2020). Hieruit werd geconcludeerd dat op grotere afstand van het park, de geluidsniveaus geproduceerd door de operationele offshore windturbines niet boven de achtergrondgeluidsdrukkniveaus uitkomen. In een studie van Tougaard et al. (2020) werd eveneens een olijsting van de geluidsniveaus van operationele windparken over heel Europa gegeven, waarbij een duidelijk significante bijdrage van voornamelijk afstand tot de windparken, alsook windsnelheden en grootte van turbines (in de studie werden turbines van ca. 0,2 tot 6 MW individueel vermogen beschouwd), werd opgetekend. Geluidsniveaus varieerden daarbij tussen ca. 85 en 135 dB re 1 µPa (zie Figuur 5-40),

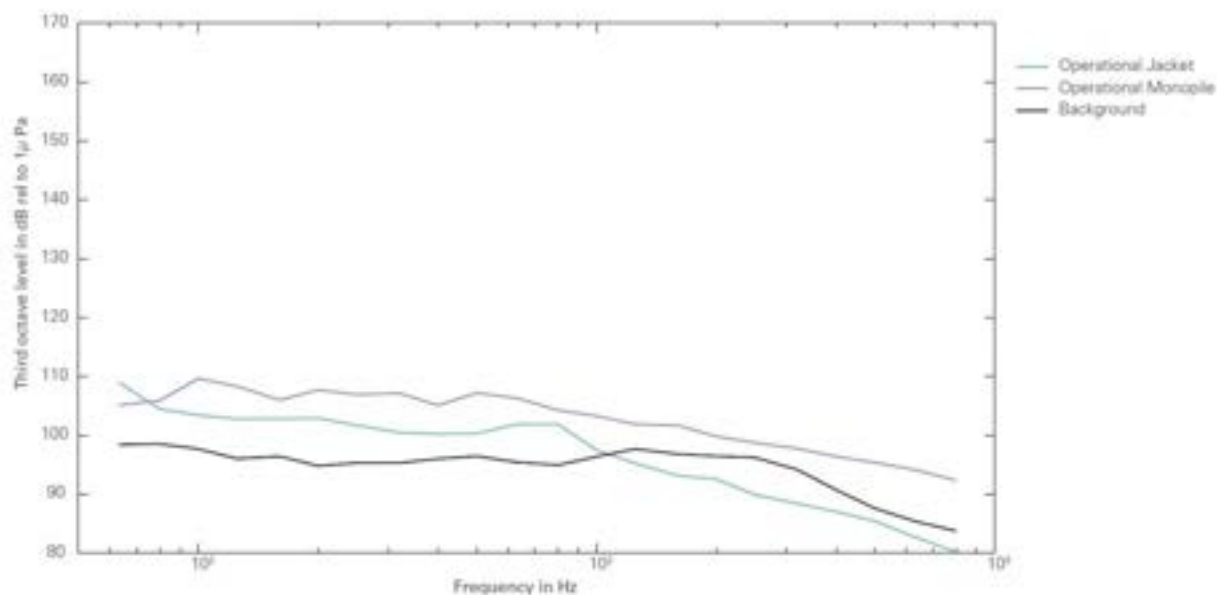
⁴⁹ SOUNDS = Status of the Underwater Noise from Shipping

afhankelijk van zowel de afstand (met hogere geluidsniveaus dicht bij de bron) en de grootte van de turbines (in C-Power in de Oostelijke energiezone werden de hoogste waarden opgetekend). Er werd evenwel aangetoond dat de geluidsniveaus geproduceerd door de windparken nog steeds ca. 20 – 30 dB onder deze van scheepsgerelateerde onderwatergeluiden bij eenzelfde frequentie lagen (zie Figuur 5-40). Vanaf een afstand van 500 m (= grens veiligheidszone van de windparken) zal het specifieke geluid van de operationele windparken vermoedelijk worden gemaskeerd door het onderwaterachtergrondgeluid zoals opgemeten aan de Thorntonbank (Haelters et al., 2009).



Figuur 5-40 – Geluidsdrukniveaus (in dB re 1μPa) tengevolge zowel windparken als schepen in de Noordzee (Tougaard et al., 2020).

Naast grootte van turbines, speelt mogelijks ook het type fundering een rol bij de productie van geluid tijdens de operationele fase. Zo werden metingen uitgevoerd voor zowel jacket (C-Power) als monopile (Belwind) funderingen in de operationele windparken van de Oostelijke energiezone van het BNZ (Norro et al., 2013). Op onderstaande Figuur 5-41 zijn de resultaten van deze metingen voor de MP en JF uitgezet t.a.v. de gemeten achtergrondgeluidsniveaus ter hoogte van de Bligh bank (Belwind). Monopile funderingen (hier: voor 3 MW turbines in Belwind) generen dus een hoger geluidsdrukniveau tijdens de operationele fase dan jacket funderingen (hier: voor 6,15 MW turbines in C-Power) bij eenzelfde windsnelheid.



Figuur 5-41 – Overzicht van gemeten geluidsdrukniveaus ter hoogte van operationele windparken in de Oostelijke energiezone van het BNZ: blauw = operationele windturbine op jacket fundering (6,15 MW turbine in C-Power); paars = operationele windturbine op monopile fundering (3 MW turbine in Belwind). Het achtergrondgeluidsdrukniveau ter hoogte van Belwind (Bligh bank) is eveneens weergegeven in zwart. Figuur naar Norro et al. (2013).

5.3.2.3 Elektromagnetische velden

Elektromagnetische velden zijn van nature aanwezig op aarde – met een achtergrond aardmagnetisch veld van ongeveer 25 – 60 μT (Gill, 2023). Verschillende soorten, waaronder vissen, zeezoogdieren, etc., gebruiken dit aardmagnetisch veld (onder meer voor navigatie), en zenden zelf ook kleine bio-elektrische velden uit in respons (vb. door spierbewegingen, neurologische processen, etc.). De transmissie van elektriciteit door de aanwezige zeekabels in het BNZ draagt eveneens bij tot de aanwezige elektromagnetische velden in het BNZ, al zijn deze in grote mate beperkt tot de eigenlijke kabellocaties (Gill, 2023). In tegenstelling tot geluid, reikt de invloedssfeer van de geproduceerde EMV door aanwezige kabels in het BNZ, niet heel ver (maximaal enkele tientallen meters; zie verder).

De intensiteit van de opgewekte EMV hangt af van het type kabel (gelijkstroom DC of wisselstroom AC; in voorliggend MER zijn de parkkabels AC of wisselstroomkabels), de locatie, en het vermogen van de kabel (in voorliggend MER is dat 90 MW per parkkabel). Door de aanwezige behuizing rond de geleiders van de kabels wordt het geïnduceerd elektrisch veld nagenoeg volledig afgeschermd, maar het magnetisch veld niet. Als er meerdere geleiders in de kabels zitten, wordt het totaal magnetisch veld evenwel grotendeels geneutraliseerd doordat de velden rond de individuele geleiders elkaar opheffen. De veldsterkte neemt ook snel af met de afstand ten opzichte van de kabellocatie (zowel horizontaal als verticaal). Dieper ingraven van kabels leidt eveneens tot een reductie in het magnetisch veld. Nog van belang is dat de opgewekte magnetische veldsterkte eveneens afhangt van de elektrische stroom die door de kabel wordt getransporteerd (conductiviteit). In het geval van inter-array kabels zoals in voorliggend MER zullen de magnetische veldsterktes dus lager zijn dan deze voor AC of DC exportkabels welke een grotere transmissiecapaciteit hebben (SEER, 2022). Zo zullen inter-array AC kabels van 66 kV een elektromagnetisch veld dat tweemaal lager is in intensiteit dan een 132 kV AC exportkabel uitzenden. Wanneer de uitgezonden EMV relatief klein is, wat te verwachten is bij kabels met een

lager vermogen, daalt zij tot achtergrondniveaus binnen enkele meters van de kabels. Bij kabels met een groot vermogen is de ruimtelijke omvang in de tientallen meters gemeten (Gill, 2023).

5.3.3 Autonome ontwikkeling

Er worden geen significante veranderingen verwacht met betrekking tot **natuurlijke geluiden** ten gevolge van bv. veranderende weersomstandigheden of veranderende biologische activiteit in de periode relevant voor voorliggend MER. Ten gevolge klimaatsverandering kan evenwel de frequentie en intensiteit van stormen toenemen (zie ook § 5.1.3) waardoor er sprake kan zijn van iets hogere achtergrondgeluidsniveaus, weliswaar binnen dezelfde grootteorde.

Wat betreft de **antropogene geluiden** zullen met name ontwikkelingen in de scheepvaart mogelijks leiden tot een verandering in het geluidsklimaat op zee. Volgens de laatste cijfers wordt het aantal zeeschepen dat op jaarbasis een Belgische zeehaven aandoet tijdens de laatste vier decennia (van 1980 tot 2020) gekenmerkt door een daling (- 17,9% sinds 1980; Maes et al., 2022). Maar ondanks een daling in het aantal schepen worden deze ook steeds groter, waardoor de geluidsproductie per schip hoger ligt (zie ook OSPAR QSR, 2023⁵⁰). Naast ontwikkelingen in de scheepvaart, zullen ook bijkomende offshore constructies, zoals het MOG2 energie eiland (zie ook Hoofdstuk 6 voor cumulatieve effecten) en onderzeese kavels in het BNZ en de gerelateerde scheepsbewegingen nodig voor de bouw en het onderhoud, verder bijdragen aan het heersende geluidsklimaat onder water (zowel impuls als omgevingsgeluid) (Belgische Staat, 2022a).

5.3.4 Effecten

5.3.4.1 Voorbereidend onderzoek

Ten behoeve van de gedetailleerde kabelrouting en het ontwerp van de windparken is een goede kennis van de mariene bodem en het bodemoppervlak essentieel. Daartoe kunnen bijkomende geofysische en geotechnische seabed surveys uitgevoerd worden door de kandidaat-ontwikkelaar(s) op het moment dat de offshore tender gewonnen wordt en de eigenlijke voorbereidingen starten. Dergelijke onderzoeken gaan vaak gepaard met geluidsproducerende gereedschappen en meetapparatuur zoals subbottom profilers (SBP) en sparkers. Zulke akoestische apparatuur is echter ontworpen om energie binnen een gespecificeerd en gelimiteerd hoekbereik over te dragen, en produceert als het ware gefocuste energiebronnen duidelijk gericht op de ondergrond. Tijdens dergelijk geofysisch onderzoek wordt vaak een relatief klein gebied ingemeten, over een korte tijdspanne (grootteorde enkele weken tot maanden), waardoor de ruimtelijke omvang van de geluidsverstoring dus beperkt zal zijn. Het gebruik van akoestische luchtdrukbronnen (airguns) en explosies is niet aan de orde tijdens voorbereidende onderzoeken, waardoor het totale effect op de geluidsproductie onder water als gering negatief (0/-) wordt beoordeeld, ongeacht het kavel binnen de PEZ. Boven water wordt er nagenoeg geen effect (0) verwacht.

⁵⁰ <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/other-assessments/shipping-and-ports/>

5.3.4.2 Constructiefase

Relevante geluidsbronnen boven en onder het wateroppervlak

Tijdens de constructie van de PEZ windparken en de inter-array bekabeling, zullen een aantal activiteiten geluidsemissies en trillingen boven en onder water veroorzaken. Deze activiteiten worden hieronder kort toegelicht:

- Algemene **scheepsbewegingen** van en naar de projectlocatie. Voor een overzicht van de benodigde scheepsbewegingen in kader van beide scenario's in voorliggend MER wordt verwezen naar § 4.3.4. Afhankelijk van het type schip, zal het geproduceerde geluidsniveau variëren;
- Het voorafgaand **nivelleren en klaarmaken van de zeebodem (baggeren en storten)**: voorafgaand aan het uitgraven van funderingsputten en het aanleggen van de parkkabels in de drie PEZ kavels zullen delen van de zeebodem genivelleerd dienen te worden met een sleephopperzuiger (TSHD). Bij de funderingen wordt in voorliggend MER uitgegaan van een statische erosiebescherming in 100 % van de turbinelocaties, waardoor over een relatief groot grondvlak per fundering nivellering zal plaatsvinden. Het afgegraven sediment wordt hierbij gestockeerd in de tijdelijke stortplaatsen in de PEZ kavels (zie § 5.1.4). Bij de parkkabels zullen de aanwezige zandgolven in het projectgebied genivelleerd dienen te worden (herverdeling over toppen en dalen), waardoor ca. 87 % van de kabeltracés op die manier beïnvloed zal worden. Bij deze activiteiten komt dus geluid geproduceerd door de sleephopperzuiger(s) vrij.
- **Heien van paalfunderingen** zoals monopile en jacket funderingen. Bij deze activiteiten zullen hoge piek geluidsdrukniveaus geproduceerd worden, voor beide scenario's in voorliggend MER. Daar de piek geluidsdrukniveaus ook mede bepaald worden door de turbine-dimensies (in functie van individueel vermogen van typevoorbeelden 12/13 en 22 MW), zal hier voor scenario 2 een nóg hoger maximaal piek geluidsdrukniveau optreden (zie verder);
- Het **aanbrengen van erosiebescherming** rondom de funderingen, bestaande uit een filterbed en armour steenbestorting: Een valpijpschip zal de verschillende lagen steenbestorting naar de projectlocatie transporteren en daar neerlaten op de zeebodem. Deze activiteit wordt mee beschouwd onder de algemene scheepsbewegingen in de onderstaande effectbesprekingen;
- Het **installeren van de parkkabels** met een kabellegschip en cable trencher, gevolgd door het eveneens aanbrengen van erosiebescherming ter hoogte van kruisingen met bestaande kabels. Deze activiteit wordt mee beschouwd onder de algemene scheepsbewegingen in de onderstaande effectbesprekingen.

Effecten van constructie boven het wateroppervlak

Bovenwatergeluid door baggeren en storten

Tijdens voorbereidende baggerwerkzaamheden zoals hierboven omschreven, worden drie geluidsbronnen onderscheiden: het baggeren op zich door de sleephopperzuiger (TSHD), het transport van de schepen, en het storten van het materiaal, welke allemaal op een relatief beperkt oppervlak plaatsvinden in voorliggend MER, daar het baggeren ter hoogte van de turbinelocaties gebeurt, en het storten van materiaal op een tijdelijke stortplaats binnen de PEZ kavels

zelf. Het ingezette vaartuig op zich produceert ook geluid via onder andere de motoren, zuigpomp, filterinstallatie, lieren, generatoren, hydraulische werktuigen, etc. Slecht onderhoud van het materiaal aan boord zal eveneens zorgen voor een toename in geluidsniveaus (WODA, 2013; de Jong et al., 2020). In tegenstelling tot voorbijvarende schepen zijn baggerschepen gedurende een langere tijd een continue geluidsbron in het projectgebied PEZ. Het geluidsniveau tijdens het baggeren is sterk afhankelijk van de bodemkarakteristieken. Het baggerschip zal meer kracht moeten gebruiken om harde en samengedrukte sedimenten te kunnen losmaken. Echter, in het projectgebied komen veelal zandige bodems voor (zie § 5.1.2), en de grindbedden die in de PEZ aanwezig zijn worden ontweken tijdens de werkzaamheden volgens de configuraties in voorliggend MER voor beide scenario's. Op die manier zal het geluidsniveau beperkter blijven dan wanneer er in kleiige ondergrond dient gebaggerd te worden. Nog binnen voorliggend MER is het baggeren en storten met name erop gericht om de zeebodem op locaties waar zich zandduinen bevinden, en dikkere zandpakketten, te nivelleren. Op die manier worden de dieper gelegen geulen (waar meer compacte Paleogene kleilagen dagzomen) minder verstoord.

In het meest recente MER voor de zandwinning in de concessiezones van het BNZ (Arcadis Belgium, 2020) werd opgelijst wat het specifieke geluid van een sleephopperzuiger in functie van de afstand tot de bron van de werken is. Hieruit bleek dat de geluidsbijdrage van 1 TSHD waarneembaar (boven water) is tot op een afstand van ca. 1 km uit de bron, als rekening wordt gehouden met de gerapporteerde achtergrondgeluidsniveaus van ca. 40 – 45 dB(A) ter hoogte van de Thorntonbank (zie § 5.3.2.1). Van zodra de afstanden tot de bron groter worden, zal de geluidsbijdrage van een enkel baggerschip gemaskeerd worden door het omgevingsgeluid.

Op basis van bovenstaande informatie kan besloten worden dat baggeren en storten vrij lage geluidsniveaus veroorzaakt boven water en dat het geluid bovendien snel afneemt met de afstand tot de baggerschepen. Gezien de grote afstand tot de kust (meer dan 35 km), zal het geluid tijdens het baggeren en storten niet hoorbaar zijn vanuit de kust. De bijdrage van het baggeren tijdens de voorbereidende werkzaamheden voor funderingen en parkbekabeling op het bovenwatergeluid wordt als bijna geen effect (0) beoordeeld, ongeacht het scenario, kavel en funderingstype (gezien voor alle funderingstypes wordt uitgegaan van een statische erosiebescherming waarvoor nivelleren steeds nodig is).

Bovenwatergeluid door scheepvaart

De geluidsbelasting van de transport-, werk- en ondersteuningsschepen vanuit de haven van Oostende als uitvalsbasis naar de projectlocatie PEZ wordt bepaald door het motorgeluid van de ingezette schepen, het aantal schepen dat gelijktijdig actief is in de PEZ kavels tijdens de ontwikkeling, en het aantal transportbewegingen. Voorbijvarende schepen veroorzaken een tijdelijke verhoging van het achtergrondgeluidsniveau boven water, welke in geval van voorliggend MER over een periode van ca. 2 – 3 jaar (de totale ontwikkelingsfase van de drie PEZ kavels samen – 2027/2028 tot 2030) zullen geïntensifieerd zijn t.a.v. het scheepvaartverkeer in de zone.

Op basis van Figuur 5-57 en Figuur 5-58 verder in dit MER, alsook de Aanvaringsstudie (MARIN, 2023; Externe bijlage 2), blijkt dat de PEZ momenteel niet de meest drukbevaren zone van het BNZ is, maar zich wel bevindt tussen enkele drukke IMO scheepvaartroutes. Hierdoor zal het effect van de tijdelijke verhoging in aantal transportbewegingen en de

geproduceerde geluidsniveaus boven water grotendeels opgaan in het omliggende geluid ter hoogte van de scheepvaartroutes.

Uit Tabel 4-10 kan besloten worden dat de volledige ontwikkeling van de PEZ (dus voor de drie kavels samen) in scenario 1 ca. 1.100 – 1.200 transportbewegingen zal vragen, over een periode van drie jaren ongeveer. Voor scenario 2 gaat het om ca. 930 – 980 transporten. Zo zal het aantal bewegingen per jaar tijdens de constructiefase ongeveer 300 – 400 zijn voor de drie kavels samen. Als er wordt uitgegaan van een totaal aantal scheepsbewegingen op het hele BNZ van ca. 300.000 / jaar (Maes et al., 2022), zal het geproduceerde geluidsniveau door de scheepvaart in kader van voorliggend MER een tijdelijke en relatief beperkte bijdrage leveren aan het totale geluid boven water in de PEZ. Het effect hiervan in het studiegebied PEZ wordt beoordeeld als gering negatief (0/-), ongeacht het kavel en scenario.

Bovenwatergeluid door heien van funderingen

Tijdens de eigenlijk installatie van funderingen ter hoogte van de turbinelocaties in de PEZ kavels zal het inheien van monopiles en/of jacket funderingen de geluidsbelasting tijdelijk verhogen. Het heien van een monopile duurt ongeveer 4 u (of ca. 0,5 werkdag), voor een jacket fundering wordt 4 x 3u geheid ongeveer, telkens met tussentijdse pauzes van ca. 2u, waardoor in totaal ca. 18 uur gewerkt wordt (of ca. 1 dag). Onderstaande Tabel 5-17 geeft voor de scenario's in voorliggend MER weer over hoeveel tijd de werkzaamheden zullen plaatsvinden, en dit per kavel. Het is duidelijk dat het lagere aantal turbines en funderingen dat te plaatsen is onder scenario 2 tot een lager aantal heidagen leidt dan onder scenario 1. Verder zal het aantal heiwerkdagen hoger liggen voor een situatie waarbij gekozen wordt voor jacket funderingen (doordat er telkens 4 pin-piles dienen ingeheid te worden per fundering) dan voor monopile funderingen.

Tabel 5-17 – Overzicht van het aantal uren/dagen/weken nodig voor het inheien van alle funderingen binnen de scenario's van voorliggend MER, per kavel in de PEZ. Hierbij wordt uitgegaan van een continu werkregime (24/24u, 7/7d) wat in realiteit niet haalbaar zal zijn. Voor MP wordt uitgegaan van 4u heien per fundering, voor JF van 4x3u heien per fundering dus 12u in totaal.

Duurtijd heien	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
aantal turbines	54	107	117	32	64	64
Uren						
MP	216	428	468	128	256	256
JF	648	1.284	1.404	384	768	768
Dagen (24u)						
MP	9	18	20	5	11	11
JF	27	54	59	16	32	32
Weken (7d)						
MP	1	3	3	1	2	2
JF	4	8	8	2	5	5

De geluids- en trillingsniveaus die op die manier geproduceerd worden door het heien zijn afhankelijk van het type heiwerktuig, de kracht van de hamerslagen, de snelheid waarmee de impact op de paal terechtkomt, de vorm van de paal (cilindrisch, conisch, etc.), de bodemgesteldheid (zand, klei, minder of meer compact, etc.), en de diameter van de paal.

Voor het inheien van kleinere jacket pinpiles, zal dus relatief minder geluid geproduceerd worden (maar wel voor 4 palen) in verhouding met een monopile met grotere diameter. Van zodra de palen dieper in de zeebodem zitten, en het grootste deel onder het wateroppervlak zit, valt het geluidsvermogeniveau ook sterk terug (Norro et al., 2013). Metingen in kader van het C-Power windpark in de Oostelijke energiezone (Norro et al., 2013) gaven maximaal gedetecteerde geluidsvermogeniveaus boven water van 145 dB (A) aan voor het heien van een pin-pile met diameter van 1,8 m van een jacket fundering, op ca. 280 m afstand van de bron. Hieruit blijkt dat inheien van funderingen een lokaal (doch detecteerbaar tot op 10 km van de bron) en tijdelijk sterke verhoging van het achtergrondgeluid inhoudt. Tijdens de constructie van het C-Power windpark werd echter gebruik gemaakt van kleinere turbines (5 en 6,15 MW) welke een lager geluidsniveau zullen produceren t.a.v. de turbines van 12/13 MW (scenario 1) en 22 MW (scenario 2) binnen voorliggend MER. Er kan dus een nóg hoger geluidsniveau boven water hoorbaar op een nog verdere afstand van de bron geanticipeerd worden voor de scenario's in voorliggend MER. De verstoring is echter tijdelijk, tijdens het heien van de palen zelf (gaande van ca. 5 – 9 dagen voor kavel PE I tot ca. 11 - 20 dagen voor kavel PE III voor monopile funderingen, en ca. 16 – 27 dagen voor kavel PE I tot ca. 32 – 59 dagen voor kavel PE III voor jackets), en waarneembaar tot op minimaal 10 km van de bron. Daar bovendien deze verstoring zich voordoet ter hoogte van de PEZ, ca. 35 – 55 km uit de kust, waar geen permanente menselijke aanwezigheid is (voornamelijk voorbijvarende schepen) wordt het effect van inheien van MP en JF op het geluidsniveau boven water als gering negatief (0/-) beoordeeld voor beide types funderingen voor het scenario met 12/13 MW turbines (dus scenario 1). In het scenario met 22 MW turbines als typevoorbeeld (scenario 2), wordt het effect op het geluidsniveau boven water als matig negatief (-) beoordeeld voor het monopile funderingstype, omwille van de naar verwachting hogere geluidsniveaus van de heiwerkzaamheden, ondanks de kortere duurtijd (kleiner aantal turbines). Ondanks de kleinere oppervlakte en dus het kleiner aantal te plaatsen windturbines in kavel PE I, wordt eenzelfde beoordeling aangehouden voor dit kavel in de beide scenario's.

Voor een alternatieve configuratie (in beide scenario's) waarbij een aantal funderingen (10 %) gravitair worden geplaatst, gelden minder hoge geluidsverstoringen (doordat er bij GBF geen mechanische heigeluiden geproduceerd worden). Echter, gezien nog steeds ca. 90 % van de totale aantallen funderingen monopile of jackets zullen zijn, wordt eenzelfde beoordeling in zijn totaliteit per kavel aangehouden in dat geval. Moest er gekozen worden voor het SB principe als alternatief voor heien, zal de beoordeling in dat geval milder zijn en - afhankelijk van het aandeel funderingen dat als SB geplaatst wordt – zelfs nagenoeg afwezig (0) als er 100 % SB gehanteerd worden (al wordt dit scenario niet realistisch beschouwd omwille van logistiek-economische beperkingen). Bij minder gunstige weersomstandigheden zal door een toenemend achtergrondgeluidsniveau (omwille van toegenomen natuurlijke geluidsemissies) het effect van werfgeluiden verlagen, maar dit wordt niet van die aard ingeschat dat het tot een andere beoordeling zou leiden.

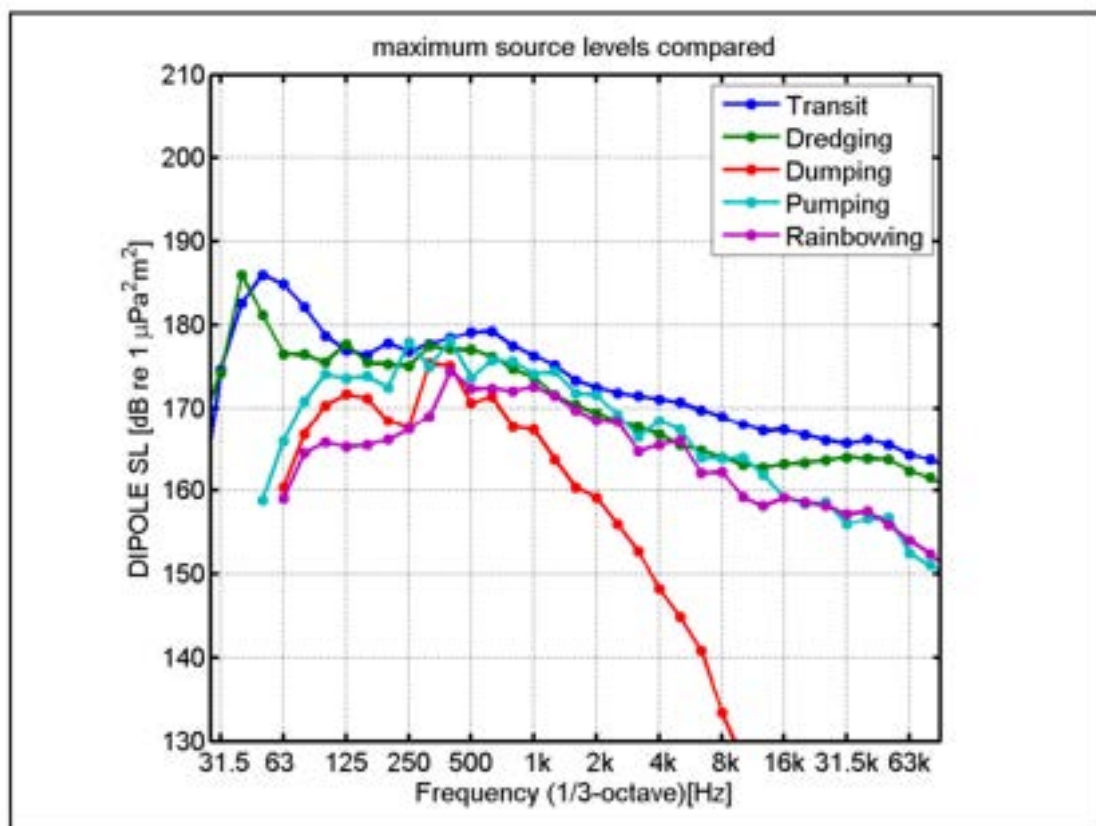
Effecten van constructie onder het wateroppervlak

Onderwatergeluid door baggeren en storten

Naast het geluid boven water, zullen de ingezette baggerschepen tijdens de voorbereidende nivellering van de zeebodem voor zowel funderingen als parkkabels, alsook de bagger- en stortwerkzaamheden tijdens het uitgraven van de funderingen, eveneens geluid onder het wateroppervlak genereren. Voor een typische TSHD wordt met tussenpozen

geluid geproduceerd tijdens het uitgraven zelf, het transporteren naar de tijdelijke stortplaatsen in de PEZ kavels, en het lossen van het sediment. Afhankelijk van hoe lang de TSHD aan het werken is, zal dit over een langere periode een nagenoeg continue geluidsverstoring inhouden in de kavels van de PEZ gedurende de constructiewerkzaamheden (maximaal 2 à 3 jaar, voor de drie PEZ kavels samen).

Om een beeld te krijgen van de hoeveelheid geluid die door zulke werkzaamheden worden geproduceerd door de baggerschepen (TSHD) voerde De Jong et al. (2010) metingen van onderwatergeluiden uit die door zeven individuele TSHD's werden geproduceerd tijdens verschillende activiteiten voor de aanleg van Maasvlakte 2, een havenuitbreiding van de haven van Rotterdam (zie Figuur 5-42). Hoewel het een ander type project betrof dan voorliggend MER, zijn de werkzaamheden relatief vergelijkbaar, op het rainbowen of sproeien na. Het onderzoek maakte een directe vergelijking van de maximale bronniveaus van de verschillende activiteiten (het baggerproces zelf, transit, storten, pompen en sproeien), waarbij aangetoond werd dat het baggeren van zand vergelijkbare geluiden produceert als tijdens de transitfase, met maximale piekwaarden van ca. 185 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{m}^2$ in de lagere frequenties van het spectrum (zie Figuur 5-42). Verder werd ook aangetoond dat het maximale breedbandgeluid boven 100 Hz vergelijkbaar was voor alle activiteiten behalve het storten van het sediment, dat beduidend lager geluid produceert dan vb. transit en baggeren.



Figuur 5-42 – Geproduceerde geluidsniveaus in de 1/3 octaaf spectra door een sleepopperzuiger (TSHD) tijdens de verschillende werkzaamheden (de Jong et al., 2010).

Net als boven water, zal het geproduceerde geluid tijdens de werkzaamheden ook uitdempnen met de afstand tot de bron. Op basis van een formule ontwikkeld door Thiele (2002) voor geluidsdemping onder water, welke toepasbaar is in de

Noordzee tot een waterdiepte van 100 m, met een zandige zeebodem en een windsnelheid welke kleiner is dan 37 km/uur, wordt een verlies van 4,5 dB bij een verdubbeling van de afstand tussen de bron en de ontvanger opgetekend voor een frequentie van 100 Hz. Op die manier kan een inschatting gemaakt worden tot hoe ver onder water de geluidsniveaus boven het aanwezige achtergrondniveau van ca. 120 – 130 dB re 1 μPa^2 (zie § 5.3.2.2) zullen uitstijgen. Als dit toegepast wordt op een maximaal bronniveau van ca. 185 dB re 1 μPa op 1 m van de TSHD, zal het geluidsniveau tot op een afstand van ca. 4 à 5 km boven 130 dB uitstijgen. In de studie van Thiele (2002) zelf, werd gewerkt met geproduceerde geluidsniveaus door TSHD Gerardus Mercator (<https://www.jandenul.com/nl/vloot/sleephopperzuigers>), welke een bronniveau van 188 dB re 1 μPa op 1 m van de TSHD genereert (zie onderstaande Tabel 5-18). Hierbij werd een afstand van ca. 8 – 10 km genoteerd om tot onder 130 dB re 1 μPa^2 als achtergrondgeluidsniveau te komen.

Tabel 5-18 - Verwacht specifiek geluid voor een sleephopperzuiger in functie van de afstand tot de bron, voor baggerschip Gerardus Mercator (188 dB @ 1 m) (Thiele, 2002)

Specifiek geluid onder water, in dB re 1 μPa									
Afstand tot de bron (km)	0,5	1	2	5	10	20	40	80	160
Specifiek geluid (L_{z-p})	148	143	138	133	128	123	119	114	110

Bovenstaande cijfers liggen in dezelfde grootteorde als wat in eerdere studies naar het brongeluid (breedband) voor baggeractiviteiten werd gemeten. Resultaten daarin varieerden van 172 tot 185 dB (re 1 μPa @ 1 m), met pieken rond 100 Hz in de ene studie, en maxima van 177 dB (re 1 μPa @ 1 m), met piekfrequenties tussen 80 en 200 Hz in de andere studie. Op 430 meter en 1.500 meter afstand van een baggerschip werden geluidsniveaus van respectievelijk 138 en 131 dB (re 1 μPa @ 1 m) gemeten (Nedwell & Howell, 2004; BMM, 2007).

Binnen voorliggend MER wordt aangenomen dat met een gelijkaardig type TSHD zal gewerkt worden tijdens de nivelleringswerken en bagger- en stortactiviteiten in kader van de constructie van de PEZ windparken. Rekening houdend met het transmissieverlies volgens Thiele (2002) en de bovenstaande geluidsniveaus rond 185 dB re 1 μPa tijdens het baggeren en de transit, kan worden besloten dat het onderwatergeluid bij gunstige weersomstandigheden tot op enkele kilometers van het baggerschip beduidend hoger zal zijn dan het aanwezig achtergrondgeluidsniveau (ca. 120 – 130 dB re 1 μPa^2 ; zie § 5.3.2.2). Om bij gunstige weersomstandigheden (2-3 Beaufort, zeegang 1-2, kabbelende tot licht golvende zee) het geluid van een sleephopperzuiger te dempen tot het aanwezige achtergrondgeluidsniveau, zal ca. 10 – 20 km afstand noodzakelijk zijn. Bij minder gunstige weersomstandigheden (3-4 Beaufort, zeegang 2-3, licht golvende tot golvende zee) zal het laagfrequent achtergrondgeluidsniveau echter verhogen met ca. 20 à 30 dB, waardoor de geluidsverhoging door een TSHD zich zal beperken tot op enkele kilometers van het schip zelf. Wanneer de schepen slecht onderhouden zouden worden, kan dit zorgen voor een toename in het geluidsniveau (WODA, 2013; de Jong et al., 2020), waardoor er weer tot op een grotere afstand een verhoging van het geluidsniveau zal optreden. De gegeneerde geluidsniveaus tijdens het storten op de zeebodem is relatief laag en kortstondig in verhouding met de andere activiteiten, zodat het specifieke geluid van deze activiteit verwaarloosbaar is. Echter, voor de globale beoordeling van de bagger- en stortwerkzaamheden in kader van de PEZ windparken onder water geldt dat deze als matig negatief (-) worden

beoordeeld, omwille van totale duurtijd (2-3 jaar) van de werkzaamheden en het gegeven dat het onderwatergeluid tot kilometers buiten de PEZ kavels boven het achtergrondgeluidsniveau zal uitstijgen. Deze beoordeling geldt voor de drie kavels, en ongeacht het type fundering daar voor alle funderingen wordt uitgegaan van het aanleggen van statische erosiebescherming (zie Hoofdstuk 3 en 4 van voorliggend MER) waarbij voorafgaande nivellering vereist is.

Onderwatergeluid door scheepvaart

Wat betreft het onderwatergeluid dat gepaard zal gaan met de constructiewerkzaamheden (inclusief aanleg van parkbekabeling), kunnen gelijkaardige conclusies gemaakt worden als gespecificeerd onder het deel rond bovenwatergeluid door scheepvaart tijdens de constructie, en het deel hier net boven rond het effect van baggeren en storten door middel van een sleepopperzuiger (TSHD).

In een studie van TNO in opdracht van de FOD Leefmilieu in 2020 (de Jong et al., 2020) werden de bronniveaus geproduceerd door verschillende scheepstypes in kaart gebracht voor het BNZ. Onderstaande Tabel 5-19 met cijfers uit die studie geeft een overzicht van de geproduceerde geluidsniveaus (op 6 m diepte) wanneer de schepen varen op de snelheid waarvoor ze ontworpen zijn. Binnen voorliggend MER kan uitgegaan worden van vergelijkbare geluidsniveaus geproduceerd door de schepen die ingezet zullen worden voor de constructiewerkzaamheden. Geluidsniveaus van kleinere ondersteuningsvaartuigen en barges (cf. beschrijvingen in § 3.5.3) zullen weliswaar lager liggen dan deze in de tabel (gezien hier voornamelijk focus op de grotere tankers en installatieschepen, baggerschepen ed. ligt), maar zullen van een vergelijkbare grootteorde zijn.

Tabel 5-19 – Overzicht van berekende brongeluidsniveaus voor verschillende scheepstypes (op 6 m diepte) aan hun ontworpen snelheden. Zowel minimum, gemiddeld en maximum bronniveau worden weergegeven. Cijfers overgenomen uit de Jong et al. (2020). De types aangeduid in vet zijn de meest voorkomende scheepstypes in het BNZ. De waarden voor bronniveaus werden gesorteerd van hoog naar laag.

Type	Bronniveau (dB re 1 μ Pa.m)		
	min	gemiddeld	max
LNG	196	196	196
olietankers	188	192	201
containerschepen	178	189	195
koelschepen	186	188	188
vrachtschepen	177	187	191
LPG	176	184	188
ro-ro	177	183	191
chemische tankers	181	183	184
baggerschepen	161	182	199
sleepboot	174	181	187
andere non-cargo	171	180	191
product tankers	166	178	188
offshore	159	175	187
algemene cargo	151	165	173

Uit bovenstaande Tabel 5-19 blijkt dat gemiddelde bronniveaus schommelen tussen 165 en 196 dB re 1 μ Pa. Als er wordt uitgegaan van de formule van Thiele (2002) voor geluidsdemping onder water, zal het geluid van de types schepen in het BNZ ofwel al op ca. 1 km afstand binnen de achtergrondgeluidsniveaus vallen (120 – 130 dB re 1 μ Pa²) voor de schepen met de laagste bronniveaus, ofwel pas op > 50 km.

Het exacte geluidsniveau bepalen van alle gezamenlijke scheepvaartverkeer tijdens de constructiefase is niet evident, gezien kan aangenomen worden dat de activiteiten gespreid zullen voorkomen doorheen de tijd, en het aantal schepen op eenieder moment in de tijd aanwezig in de PEZ kavels zal variëren. Gezien de PEZ momenteel geen al te druk bevaren zone is in het BNZ (zie § 5.3.2), zal het lokale geluidsniveau in de kavels zelf weliswaar tijdelijk verhoogd zijn t.a.v. de achtergrondgeluidsniveaus. Echter, in zijn totaliteit, zal de invloed van de bijkomende scheepsbewegingen en geproduceerde geluidsniveaus ook deels opgaan in het lawaai van de vele schepen die rondom de PEZ ter hoogte van de IMO scheepvaartroutes opereren. Niettemin wordt het effect van de bijkomende scheepsbewegingen en hun geproduceerde geluidsniveaus als matig negatief (-) beoordeeld, voor de drie PEZ kavels, en beide scenario's in voorliggend MER. Ook al heeft scenario 2 minder turbines die zullen moeten geplaatst worden, zijn deze wel van een grotere omvang waardoor het aantal scheepsbewegingen extra ook voor dat scenario ca. 300 per jaar zal bedragen voor de drie kavels samen (zie eerder), en dus van eenzelfde grootteorde is waardoor de beoordeling hetzelfde blijft voor beide scenario's.

Onderwatergeluid door heien van funderingen

De hoogste geluidsniveaus die geproduceerd zullen worden tijdens de constructiefase zullen afkomstig zijn van het heien van de palen voor de monopile en jacket funderingen van de turbines. Het brongeluid dat onder water wordt waargenomen tijdens het heien is sterk afhankelijk van de diameter en de lengte van de paal, maar ook van de lokale geologie en bathymetrie. Waar de eerste twee factoren de hoeveelheid energie bepalen die nodig is om de paal in de zeebodem te heien, bepalen de laatste twee factoren de efficiëntie waarmee het geluid verspreid wordt.

Heien gebeurt doorgaans met een zware hydraulische heihamer (type Menck MHU 1200S – MHU 4400S, welke tot 4.400 kJ kunnen genereren, of type IQIP IQ6, welke tot max. 6.600 kJ kunnen genereren; zie projectbeschrijving). Als alternatief kan ook een vibrerende heihamer gebruikt worden waarbij ca. 20 dB re 1 μ Pa minder geluid gegenereerd wordt dan bij de klassieke heihamers. De hoeveelheid energie waarmee per slag de paal dieper in de zeebodem wordt geheid, varieert ook doorheen het totale heiproces. In het begin zullen lagere energiehoeveelheden per hamerslag bereikt worden. Het geluidsniveau onder water dat per slag vrijkomt zal ook toenemen met de hoeveelheid energie, en hoogste geluidsemissies treden op in het frequentiegebied 100 tot 1.000 Hz. Tijdens monitoring van de constructie in de Oostelijke energiezone werden geluidsniveaus gemeten die aan de start van de heiwerkzaamheden (bij een energiehoeveelheid van < 500 kJ per hamerslag) nog onder de opgelegde geluidslimiet van 185 dB re 1 μ Pa in het kader van KRMS in het BNZ lagen. Echter, van zodra de energie geproduceerd door de hamer meer dan 500 kJ bedroeg (500 – 4.000 kJ), kwamen de piekniveaus ver boven deze limiet uit (Norro, 2018).

Algemeen kan gesteld worden dat er een toename zal zijn in het geluidsdrukkniveau onder water met een toename in de diameter van de geheide paal. In een poging om deze relatie tussen diameter van de paal en geproduceerd piekniveau in een formule te gieten, werd door Parvin et al. (2006) volgend lineair model verkregen: het geluidsniveau van nul tot piek L_{z-p} op 750 m = 185,5 dB + 2,4*(paaldiameter in m). Indien deze lineaire vergelijking toegepast wordt op een selectie van verschillende windparken in de Noordzee, worden piekniveaus gaande van 188 tot bijna 200 dB re 1 μ Pa @ 750 m bereikt, voor palen gaande van ca. 1 tot 5 m diameter (zie onderstaande Tabel 5-20, laatste kolom). Naast de berekende piekniveaus worden in de tabel eveneens de gemeten piekgeluidsniveaus weergegeven waar beschikbaar, en daarnaast ook het resulterende blootstellingniveau (SEL of Sound Exposure Level). De respectievelijke paaldiameters van de funderingen worden eveneens weergegeven. Helemaal onderaan in de Tabel 5-20 wordt een extrapolatie gemaakt voor de paaldiameters van funderingen (zowel MP als JF) binnen voorliggend MER, uitgaande van de formule van Parvin et al. (2006) hierboven. De waardes die in de tabel worden gegeven gaan steeds uit van de situatie zonder het inzetten van enige mitigerende maatregelen, en het gebruik van een hydraulische heihamer (geen vibrerende). De waardes werden in BMM (2015) omgezet naar geluidsdrukkniveaus op 750 m van de bron, wat het vergelijken met de KRMS limiet in het BNZ (i.e. 185 dB re 1 μ Pa @ 750 m) vergemakkelijkt.

Tabel 5-20 - Vergelijking van het onderwatergeluid bij het heien tijdens de bouwphase zonder mitigerende maatregelen, deels overgenomen uit BMM (2015). Kolommen geven zowel het berekende als gemeten nul tot piek niveau (L_{z-p}) in dB re 1 μ Pa gerenormaliseerd naar 750m weer, alsook de gemeten Sound exposure level (SEL) in dB re 1 μ Pa²s waar beschikbaar (aangepast van Betke (2008) met data van Norro et al (2013), de Jong en Ainslie (2008), en Theobald et al., 2011 voor het Sheringham shoal windpark.). De tabel werd aangevuld met data vanuit Norro (2017) voor het Nobelwind windpark, en met de inschattingen in kader van het Mermaid windpark (IMDC, 2013a), en deze voor de PEZ in voorliggend MER, zowel voor MP als JF.

Locatie	Diameter paal (m)	Max SEL (750m) re 1 μ Pa ² .s (meting)	L_{z-p} @ 750 m re 1 μ Pa (meting)	L_{z-p} @750m volgens Parvin et al. (2006)
Port construction, 2005	0,9	157	183	188
Port construction, 2005	1	159	185	188
Fino 1, 2003	1,6	162	184	189
C-Power phase 2&3, 2011	1,8	178	189	190
Alpha Ventus, 2008	2,7	174	199	192
Utgrunden, 2000	3	166	n/a	193
Sky 2000, 2002	3	163	189	193
Fino 2, 2006	3,3	169	189	193
Amrumbank West, 2005	3,5	171	191	194
Horns Rev II, 2008	3,9	176	195	195
North Hoyle, 2003	4	n/a	194	195
Q7, 2007	4	177	200	195
Barrow, 2005	4,7	n/a	195	197

Locatie	Diameter paal (m)	Max SEL (750m) re 1 μ Pa ² .s (meting)	Lz-p @ 750 m re 1 μ Pa (meting)	Lz-p@750m volgens Parvin et al. (2006)
Fino, 2008	4,7	172	196	197
Belwind, 2010	5	166	194	198
Sheringham Shoal, 2011	5,1	n/a	198	198
Northwind, 2013	5	n/a	196	198
Nobelwind (OHVS)	6,8	180	200	202
Nobelwind (MP)	5	174	198	198
Mermaid monopile (MER; IMDC, 2013a))	7	n/a	n/a	202
Mermaid pin-pile (MER; IMDC, 2013a)	2,5	n/a	n/a	192
PEZ 12/13 MW monopile	9	n/a	n/a	207
PEZ 22 MW monopile	15	n/a	n/a	222
PEZ 12/13 MW pin-pile (jacket)	3,5	n/a	n/a	194
PEZ 22 MW pin-pile (jacket)	4,5	n/a	n/a	196

Binnen voorliggend MER gaat het om palen met diameters van 9 – 15 m voor MP funderingen (afhankelijk van het beschouwde typevoorbeeld turbine in de twee scenario's) en van 3,5 – 4,5 m voor JF funderingen (eveneens afhankelijk van het scenario) (zie Tabel 3-2). Deze dienen tot op een diepte van ca. 40 – 65 m ongeveer in de zeebodem ingeheid te worden, op iedere turbinelocatie. Uit de Tabel 5-20 kan afgeleid worden dat de te verwachten gegenereerde geluidsdrumniveaus voor de PEZ dus zowel voor MP als JF ver boven de huidige limiet van 185 dB re 1 μ Pa zullen uitstijgen. Ook tijdens de constructiefase van de windparken in de Oostelijke energiezone kwamen de ingeschatte geproduceerde geluidsniveaus tijdens het heien boven deze limiet. Door het inzetten van geluidsreducerende milderende maatregelen (opgelegd in de vergunningsvoorwaarden voor vele van de operationele windparken in de Oostelijke energiezone) kon het geluidsniveau gereduceerd worden met ca. 12 – 20 dB re 1 μ Pa tot een piekniveau van 183 tot 193 dB re 1 μ Pa @ 750 m (Norro, 2020). Hieruit bleek dat enkel tijdens de constructie van het Northwester 2 de milderende maatregel van een dubbel bubbelgordijn effectief in staat was om het geluid vrijkomend tijdens de heiwerkzaamheden tot onder de KRMS limiet van 185 dB te houden (Norro, 2020; Rumes & Zupan, 2021; Rumes et al., 2022). In het geval van Northwester 2 ging het echter om turbines van 9,5 MW, met paaldiameters van 7,4 m, wat nog relatief vergelijkbaar is met de dimensies voor scenario 1 in voorliggend MER (12/13 MW turbines, 9 m paaldiameter), maar aanzienlijk kleiner is dan de dimensies voor scenario 2 in voorliggend MER (22 MW turbines, 15 m paaldiameter). In het MEB Mermaid is zelfs sprake van een potentiële reductie van ca. 20 tot 25dB re 1 μ Pa bij gebruik van een 'pile sleeve' als alternatief voor het bellengordijngegeven voor de lage frequenties waarbij het hoogste geluidsniveau geproduceerd wordt (BMM, 2015) (zie ook § 5.3.6 Milderende maatregelen).

Op basis van deze cijfers dienen dus ook voor de heiactiviteiten in de PEZ kavels en voor beide scenario's milderende maatregelen te worden gebruikt om het onderwatergeluid niveau dat gegenereerd wordt tijdens de bouw, onder de door België vooropgestelde limiet binnen het kader van de KRMS van 185 dB (re 1 μ Pa) op 750 m te houden (zie ook § 5.3.4.5). De effecten van heien op zeezoogdieren en ander biota worden besproken in het Hoofdstuk 5.4 rond Fauna, flora en biodiversiteit.

Op basis van ingeschatte geluidsreducties welke kunnen verkregen worden met de huidige BBT aan milderende maatregelen (o.a. dubbel bubbelgordijn, inzetten van vibrerende hamers), zal het voor de funderingen in scenario 1 van voorliggend MER nog mogelijk zijn om onder de vooropgestelde limiet in het BNZ te blijven met het impulsieve onderwatergeluid. Het effect van onderwatergeluid tijdens de heiwerkzaamheden voor dit scenario wordt bijgevolg nog als aanvaardbaar, maar weliswaar matig negatief (-) beoordeeld bij gebruik van de huidige BBT. Voor scenario 2, waarbij nóg grotere paaldimensies zullen moeten geheid worden, is het echter op basis van de huidige kennis niet steeds mogelijk om onaanvaardbare effecten uit te sluiten, zelfs met toepassen van de BBT milderende maatregelen (zie ook § 5.3.6). Omwille van deze onzekerheid wordt het effect van het heien van de funderingspalen bij MP voor dit scenario op het onderwatergeluid als significant negatief (--) beoordeeld. Voor JF is het wel mogelijk om, mits mitigatie, onder de norm van 185 dB re 1 μ Pa te blijven, waardoor ook in dit scenario een beoordeling matig negatief (-) aangehouden wordt. Indien voor GBF of SB als alternatief voor het heien van de MP en JF wordt gekozen, zal er geen heigeluid aan te pas komen. Echter, GBF wordt verondersteld in slechts 10 % van de turbinelocaties ingezet te worden, waardoor er geen verschil in beoordeling is ten gevolge van het type fundering. Bij gebruik van SB als volwaardig alternatief voor heien (100 % ipv 10 % ingezet) zullen de effecten naar onderwatergeluid nagenoeg onbestaande zijn, echter ook dit scenario is weinig realistisch.

5.3.4.3 Operationele fase

Hinder door geluid

Tijdens de operationele fase zullen de geluidsbronnen bestaan uit de schepen ingezet voor operationele activiteiten en onderhoud, alsook de geluidsniveaus geproduceerd door het draaien van de wieken. Voor de parkbekabeling wordt geen productie van boven- en onderwatergeluid verwacht daar deze zodanig wordt ontwikkeld en geïnstalleerd dat de kans dat er na de installatie nog werkzaamheden of controle moeten gebeuren tot een minimum wordt herleid.

Het gemiddeld aantal (onderhouds-)scheepsbewegingen tijdens de operationele fase is geschat op 255 bewegingen per jaar en per kavel (Tabel 4-10). Dit is bepaald op basis van aannames die beschreven staan in § 3.5.4.7 en § 4.3.4. Er is hierbij geen onderscheid gemaakt tussen de twee scenario's (12/13 MW vs. 22 MW), hoewel kan verwacht worden dat het aantal scheepsbewegingen voor onderhoud in scenario 2, waarin de totale PEZ ongeveer 50 % minder turbines zal huisvesten, iets lager zal liggen in realiteit. De scheepsbewegingen zullen gespreid doorheen het hele jaar plaatsvinden, maar bevinden zich in een gelijkaardige grootteorde als het aantal scheepsbewegingen per jaar tijdens de constructiefase. Er wordt bijgevolg analoog als tijdens de constructiefase een matig negatief effect van toegenomen scheepsbewegingen (-) op (boven- en) onderwatergeluid verwacht voor de drie kavels in de PEZ tijdens de operationele fase.

Uit eerder onderzoek in reeds operationele windparken (cf. § 5.3.2.2; Tougaard et al., 2020) is gebleken dat de geluidsniveaus onder water geproduceerd door het draaien van de rotorbladen ongeveer maximaal 135 dB re 1 μ Pa bedragen, op afstanden dichtbij de windparken zelf. Ook het geluid boven water is hoger dan het achtergrondgeluid: voor C-Power op de Thorntonbank werden piekwaarden van 50 à 60 dB(A) genoteerd, in functie van windsnelheden tot 12 m/s (BMM, 2015). Op 500 m van de windturbines en het windpark (i.e. de veiligheidsafstand) neemt het geluid sterk af, waardoor het opgaat in het achtergrondgeluid. Gezien de turbines in voorliggend MER over grotere dimensies zullen beschikken dan wat beschreven wordt in de huidige literatuur (waaronder de oplijsting in Tougaard et al., 2020 voor verschillende Europese windparken – voor C-Power gaat het specifiek om 5 MW turbines), wordt minimaal eenzelfde geluidsniveau, maar naar verwachting zelfs hoger, verwacht voor de PEZ windparken tijdens de operationele levensduur, zowel boven als onder water. Hoewel deze geluidsniveaus nog steeds lager liggen dan deze geproduceerd door voorbijvarende schepen, vormen ze wel een constante aanwezigheid in het onderwatergeluidsklimaat in de PEZ kavels gedurende 20 jaar. Omwille hiervan wordt het effect van aanwezigheid van de windparken in de drie PEZ kavels op het onderwatergeluid als gering negatief (0/-) beoordeeld.

De gezamenlijke effecten van scheepvaart in kader van onderhoud van de PEZ windparken en parkkabels, alsook de aanwezige operationele windparken in de drie PEZ kavels op onderwatergeluid tijdens de exploitatiefase worden als matig negatief (-) beschouwd, ongeacht het type fundering en scenario. Voor wat betreft bovenwatergeluid, worden de gezamenlijke effecten als gering negatief (0/-) beschouwd.

Hinder door elektromagnetische velden (EMV) en warmte

Elektromagnetische velden die geproduceerd worden door onderzeese kabels hangen zoals eerder besproken sterk af van het type kabel, de hoeveelheid elektriciteit die moet vervoerd worden, de design, etc. In het EDEN2000 onderzoek (Gill, 2023) werden waardes voor het magnetisch opgewekt veld van 1 – 18 μ T voor AC kabels (verschillende voltages), en 10 – 270 μ T voor DC kabels gerapporteerd. Binnen voorliggend MER worden evenwel enkel AC parkkabels beschouwd van 66 kV en 90 MW capaciteit. Voor deze parkkabels kan de geproduceerde veldsterkte eenvoudig berekend worden door deze voor 132 kV AC exportkabels door twee te delen. Binnen voorliggend MER wordt voor beide scenario's (gezien zelfde type kabel, ongeacht de turbine) met andere woorden een magnetische veldsterkte van 1 – 9 μ T verwacht, wat lager is dan het achtergrond aardmagnetisch veld. Bovendien zorgt de vooropgestelde kabeldesign, met drie geleiders welke in een beschermende behuizing zitten, en de onderlinge afstand van min. 50 m tussen kabels ook al voor een vermindering van de effecten van de opgewekte EMV. De magnetische veldsterkte neemt ten slotte ook snel af met toenemende afstand tot de kabel. Hierdoor wordt er nagenoeg geen effect (0) van de aanwezige parkbekabeling op het elektromagnetisch veld beschouwd tijdens de operationele fase van voorliggend project, en dit voor de drie PEZ kavels ongeacht het scenario.

Het gezamenlijke effect van meerdere parkkabels in de PEZ kavels op de elektromagnetische veldsterkte is minder goed onderzocht, en wordt als een leemte in kennis beschouwd. De mogelijke effecten van EMV op de onderwaterbiota worden besproken in Hoofdstuk 5.4.

Ook naar **warmteproductie** van de parkkabels tijdens de operationele fase, wordt gezien de onderlinge afstand van de kabels (min. 50 m, behalve ter hoogte van convergentie naar het MOG2 eiland) en de ingraafdiepte van min. 1 m TOC een geringe lokale opwarming in de buurt van de kabels zelf verwacht (zie § 3.4.4.3). Het effect wordt als nagenoeg onbestaand beschouwd (0), en dit voor beide scenario's in de drie kavels.

Hinder door trillingen

Tijdens de operationele fase worden mechanische trillingen geproduceerd door de windturbines, onder meer door het bewegen van de rotorbladen langs de mast, de draaiende onderdelen van de generator in de gondel, en de interactie van de turbine met de wind, golven, en beweging van zand en water langs de mast. Bij een hogere windsnelheid zal ook het trillingsniveau toenemen.

Het is echter moeilijk om een duidelijk cijfer voor deze opgewekte mechanische trillingen te geven, zeker gezien de geplande windturbines (12/13 MW en zeker 22 MW windturbine) van een grotere omvang zijn dan de huidige generatie turbines in onder meer de Oostelijke energiezone. De trillingseffecten onder water zijn bijgevolg niet gekend en een leemte in de kennis. Vanuit een voorzorgsprincipe wordt er tijdens de exploitatie een gering negatief (0/-) effect verwacht ten gevolge van trillingen voor alle kavels en scenario's in voorliggend MER.

5.3.4.4 Ontmantelingsfase

Bij het volledig verwijderen van erosiebescherming, funderingen, palen en parkkabels kan er aangenomen worden dat eenzelfde type van schepen, materialen en methoden zullen ingezet worden als tijdens de constructiefase, al zullen er geen heiwerkzaamheden nodig zijn. De geluidsproductie zal bijgevolg van eenzelfde grootteorde zijn als de constructiefase en wordt als gering negatief (0/-, bovenwatergeluid) tot matig negatief (-, onderwatergeluid scheepvaart, baggeren en storten) beoordeeld. In tegenstelling tot de constructiefase wordt hier geen onderscheid tussen scenario's gemaakt, gezien er geen heiwerkzaamheden aan te pas zullen komen, welke met name in scenario 2 (22 MW turbines) heel hoge piekgeluidsverstoringsniveaus zullen produceren bij een keuze voor monopiles. Hierdoor geldt eenzelfde beoordeling, ongeacht het kavel, het scenario en het funderingstype.

5.3.4.5 Toetsing aan de KRMS

In het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie 2008/56/EG (KRMS) werden in juli 2012 door de Belgische Staat de kenmerken van de Goede Milieutoestand (GMT) en de milieudoelen gedefinieerd (herziening in 2018; Belgische Staat, 2018b), op basis van de elf kwalitatief beschrijvende elementen uit Bijlage I van de KRMS. In voorliggend hoofdstuk wordt de mogelijke impact besproken van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken in de PEZ op de GMT en milieudoelen voor het beschrijvend element D11 (Energie, waaronder onderwatergeluid).

Relevante descriptor en milieudoelen

De GMT van de hierboven vermelde descriptor D11 wordt omschreven als volgt:

- D11: “De toevoer van energie, waaronder onderwatergeluid, is op een niveau dat het mariene milieu geen schade berokkent”.

Of de GMT verder bereikt wordt, wordt gemeten aan de hand van een aantal criteria en indicatoren per descriptor. Hieronder worden de criteria met betrekking tot zowel impulsief als continu onderwatergeluid (en dus een rechtstreekse link naar effecten in voorliggend hoofdstuk) toegelicht.

- **D11: Energie**
 - C1: De ruimtelijke spreiding, de temporele omvang en het niveau van bronnen van antropogeen impulsief geluid zijn niet hoger dan de niveaus waarop populaties zeedieren schade wordt berokkend;
 - Het niveau van antropogene impulsieve geluidsbronnen, genormaliseerd naar 750 m van de bron, overschrijdt 185 dB re 1 μ Pa (L_{z-p}) niet. Deze limiet voor impulsief onderwatergeluid wordt gehanteerd binnen het BNZ en opgelegd door de Minister van de Noordzee in de vergunningsvoorwaarden voor allerlei offshore activiteiten. Het geluidsniveau wordt uitgedrukt als nul tot piekniveau (L_{z-p}), uitgedrukt in dB re 1 μ Pa. Gezien het niet mogelijk is om brongeluid te meten, worden niveaus genormaliseerd tot het niveau op 750 m van de bron (Belgische Staat, 2018a).
 - C2: De ruimtelijke spreiding, de temporele omvang en het niveau van antropogeen continu laagfrequent geluid zijn niet hoger dan de niveaus waarop populaties zeedieren schade wordt berokkend.
 - D11.2: Er mag geen positieve trend zijn in het jaargemiddelde van de geluidsdruk binnen de 1/3 octaafbanden 63 en 125 Hz, gemeten op één locatie.

Impact op de Goede Milieutoestand en milieudoelen

De activiteiten binnen voorliggend MER hebben een effect op beschrijvend element D11 (Energie waaronder onderwatergeluid) door het produceren van onderwatergeluid tijdens de verschillende fasen van voorliggend MER, en de productie van elektromagnetische velden en warmte door de parkbekabeling tijdens de exploitatiefase. Voorlopig werden in de omschrijving van de goede milieutoestand en milieudoelen enkel deze voor onderwatergeluid opgenomen, waardoor duidelijke limieten of beperkingen voor EMV en warmteontwikkeling bij parkbekabeling ontbreken en hier niet mee beschouwd worden.

Tijdens de constructiefase wordt de opgelegde limiet voor impulsief onderwatergeluid van 185 dB re 1 μ Pa duidelijk overschreden bij alle scenario's in voorliggend MER indien geen mitigerende maatregelen worden ingezet. In het geval van monopile funderingen in scenario 1 (typevoorbeeld 12/13 MW turbines) wordt een geproduceerd piekgeluidsniveau van ca. 207 dB re 1 μ Pa geanticipeerd, wat dus hoger is dan de limiet in kader van de KRMS en welke in vergunningsvoorwaarden sinds 2013 mee opgenomen wordt. Voor monopile funderingen in scenario 2 (typevoorbeeld

22 MW turbines) wordt een nóg hoger geproduceerd geluidsniveau verwacht (meer dan 220 dB), al betreft het hier een extrapolatie en valt hier moeilijk te bepalen hoeveel hoger dit in realiteit zal zijn, gezien de ontwikkelingen in zowel turbinedimensies, alsook in heigereedschappen en mitigerende maatregelen. Voor de jacket funderingen liggen de geproduceerde piekniveaus lager (ca. 195 dB re 1µPa), maar overschrijden ze wel nog steeds de vooropgestelde norm en zijn ook hier mitigerende maatregelen noodzakelijk.

In volgende paragrafen onder § 5.3.6 worden een aantal milderende maatregelen besproken, waaronder zowel maatregelen met betrekking tot de technische specificaties van de ingezette werktuigen, alsook met betrekking tot geluidsreducerende praktijken welke kunnen helpen een deel van de geproduceerde geluidsniveaus af te zwakken. Daar waar voor monopile funderingen in scenario 1 de kans realistisch is dat met mitigatie de norm wordt bereikt, blijft voor de grootste dimensies van turbines (+ 20 MW) evenwel de onzekerheid bestaan, ook vanuit de marktsector zelf, of de milderende maatregelen voldoende zullen zijn om onder de opgelegde geluidsnorm van 185 dB re 1 µPa te blijven. Daarom zal voor scenario 2 van voorliggend MER het behalen van de GMT voor descriptor D11 van de KRMS niet realistisch zijn. Voor jacket funderingen is het, gezien de kleinere paaldiameter (3,5 – 4,5 m), wel mogelijk om onder de vooropgestelde geluidslimiet te blijven binnen beide scenario's, mits mitigerende maatregelen worden ingezet. Voor alternatieven zoals een GBF of het gebruik van suction buckets komt er geen heien aan te pas, waardoor de impact op impulsief onderwatergeluid en de KRMS drempel voor D11 wel aanvaardbaar is.

5.3.4.6 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op geluid, EMV en trillingen

Onderstaande Tabel 5-21 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op geluid, EMV en trillingen. Effecten zijn grotendeels gelijkaardig voor de drie kavels in voorliggend MER. Er wordt wel een onderscheid gemaakt in de beoordelingen voor het geproduceerde onderwatergeluidsniveau naargelang het type fundering dat gekozen wordt en of hier al dan niet inheien van palen voor nodig is. Er is ook een verschil tussen scenario 1 en 2 voor wat betreft het geproduceerde geluidsniveau tijdens de heiwerkzaamheden in de constructiefase omwille van de turbinedimensies. Met het toepassen van de huidige milderende maatregelen (BBT) kan naar verwachting het piekgeluidsniveau voor de kleinere turbines van 12/13 MW in scenario 1 tot onder de KRMS limiet van 185 dB re 1 µPa @ 750 m gehouden worden, zowel voor monopile als jacket funderingen. Echter voor scenario 2 met turbines van 22 MW als typevoorbeeld is dit voor monopiles minder realistisch, zelfs met het inzetten van de milderende maatregelen welke op heden BBT zijn (zie ook verder onder § 5.3.6). Hierdoor is er voor dat scenario en type fundering sprake van een aanzienlijk negatief effect op het onderwatergeluidsniveau. Alternatieve funderingen zoals GBF of SB welke geen inheien van palen (en dus geen geluidsniveaus daaraan gelinkt) vereisen, worden binnen voorliggend MER in 10 % van de turbinelocaties ingezet, waardoor het totale scenario met 10 % GBF en 90 % MP of JF geen verschil in grootteorde van beoordeling geeft als de 100 % MP of JF variant. Indien er toch een hoger percentage aan SB of GBF wordt ingezet in de uiteindelijke windparken, zal het effect op geluid milder zijn, daar minder mechanische heigeluiden zullen nodig zijn.

Tabel 5-21 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op geluid, EMV en trillingen. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op geluid, EMV en trillingen	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Vorbereidende fase (geotechnisch/geofysisch)						
Invloed op bovenwatergeluid	0	0	0	0	0	0
Invloed op onderwatergeluid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Constructiefase						
Invloed op bovenwatergeluid : baggeren en storten	0	0	0	0	0	0
Invloed op bovenwatergeluid : scheepvaart	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen 100 % MP of 90 % MP + 10 % GBF/SB (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	0/-	0/-	-	-	-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen 100 % JF of 90 % JF + 10 % GBF/SB (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid : baggeren en storten	-	-	-	-	-	-
Invloed op onderwatergeluid : scheepvaart	-	-	-	-	-	-
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen 100 % MP of 90 % MP + 10 % GBF/SB (incl. huidige BBT mitigatie)	-	-	-	--	--	--
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen 100 % JF of 90 % JF + 10 % GBF/SB (incl. huidige BBT mitigatie)	-	-	-	-	-	-
Exploitatiefase						
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-	-	-	-	-
Invloed op trillingen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op EMV	0	0	0	0	0	0
Invloed op warmte	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-	-	-	-	-

5.3.5 Leemten in kennis

De geluidsemissie onder water door het heien van paalfunderingen is naast de plaatselijke geologie en bathymetrie afhankelijk van de diameter en lengte van de paal, en is bijgevolg momenteel nog niet exact te begroten. Gezien de snelle ontwikkeling van de windturbintechnologie is een verschuiving te zien naar grotere windturbines waardoor binnen voorliggend MER een bandbreedtebenadering van 12 - +20 MW turbines gehanteerd wordt. Bij gebruik van grotere monopile funderingen zal dit grotere eisen stellen aan de heimachines (hoger vermogen) en zal de geluidsimpact (het geluidsniveau) naar verwachting vergroten, zoals eerder besproken. Er heerst bovendien nog onzekerheid in welke mate mitigerende maatregelen effectief zullen bijdragen om de wettelijke geluidsnormen voor impulsief geluid in het BNZ

(confair KRMS doelstellingen) te halen, zeker voor de grotere dimensies van turbines (+ 20 MW in voorliggend MER, scenario 2).

Voor het onderwatergeluid van de geplande windturbines (range van 12/13 MW tot 22 MW) is er deels nog een leemte in kennis (turbines > 15 MW) met betrekking tot de effectieve impact tijdens exploitatie op het aanwezig onderwatergeluid. Zowel de emissie van geluid naar het water als de propagatie van geluid in water met sterke stromingen, het effect van eventueel brekende golven en zeer poreuze bodem, zijn weinig bekend. Om te kunnen beoordelen of het onderwatergeluid vanwege windturbines een verstoring vormt voor vissen en zeezoogdieren, moeten zowel de frequenties als de amplitude van trillingen en geluiden vanwege dergelijke windturbines in het BNZ bekend zijn. In het kader van het jaarlijkse monitoringsprogramma omtrent onderwatergeluid rond de offshore windparken in het BNZ, zullen deze effecten in de toekomst verder inzichtelijk moeten worden gemaakt.

Het specifieke geluid geproduceerd tijdens de aanleg van erosiebescherming vormt eveneens een leemte in de kennis. In de literatuurstudie van Nedwell et al. (2003) werd een geluidsmeting aangehaald waarbij een onderwatermeting werd uitgevoerd tijdens het storten van breuksteen als erosiebescherming, ter hoogte van de Shetland eilanden. Uit deze meting bleek dat het geluid afkomstig van het storten van de stenen onder het achtergrondgeluidsniveau bleef.

Ten slotte is ook het te verwachten trillingsniveau tijdens de operationele fase een leemte in de kennis.

5.3.6 Milderende maatregelen

Er worden reeds heel wat milderende maatregelen toegepast in offshore constructie van windparken, omwille van de effecten van het impulsief geluid op biota zoals zeezoogdieren en vissen. Hierdoor zijn deze maatregelen vaak al best practice (BBT) bij de kandidaat-ontwikkelaars en worden zij veelal opgelegd in de vergunningsvoorwaarden voor de activiteiten. Echter, de snelheid waarmee turbines steeds grotere proporties aannemen is hoog, en binnen voorliggend MER wordt een bandbreedte tot meer dan 20 MW turbines aangehouden. Deze zullen nóg grotere energetische heijnspanningen vragen om in de zeebodem geheid te kunnen worden, indien voor monopile of jacket funderingen gekozen wordt. Het potentieel van de huidige milderende maatregelen qua geluidsreductie evolueert echter niet met eenzelfde snelheid. Toekomstige ontwikkelaars zullen moeten kunnen aantonen dat ook voor de grotere dimensies turbines zoals binnen voorliggend MER de nodige inspanningen kunnen geleverd worden om onder de wettelijke geluidslimiet te blijven. Hieronder wordt een oplijsting gegeven van mogelijke milderende maatregelen, met waar mogelijk een indicatie van de hoeveelheid reductie in onderwatergeluid die zij inhouden.

Mogelijke maatregelen zijn:

- Het spreekt voor zich dat het degelijk onderhouden van de in te zetten schepen, machines en materieel kan bijdragen aan het minimaliseren van de geluidsemissies (de Jong et al., 2020);
- Bij de productie van impulsgeluiden dienen de nodige milderende maatregelen genomen worden om de KRMS norm voor impulsgeluiden te respecteren. Voor de bescherming van het leefmilieu tijdens heijactiviteiten kunnen mogelijke maatregelen worden aangegeven:

- Heien mag niet plaatsvinden tussen 1 januari en 30 april, de periode met de hoogste dichtheid aan bruinvissen in Belgische wateren (zie ook effectbespreking en milderende maatregelen voor zeezoogdieren onder § 5.4.3.4 en § 5.4.5.4).
- Luidruchtige werkzaamheden maximaal groeperen en beperken in werkingsduur, om het aantal keren dat de zeezoogdieren worden verdreven maximaal te beperken. Gezien het aantal turbines, en de quasi gelijktijdige aanleg van de drie PEZ windparken zullen de zeezoogdieren weliswaar gedurende een langere periode blootgesteld worden aan verhoogde geluidsdrukniveaus.
- Bij het opstarten van heiwerkzaamheden is het gebruik van een zachte start, waarbij wordt begonnen met een laag vermogen dat steeds verder wordt opgevoerd, aangewezen om de aanwezige vissen en zeezoogdieren de kans te geven om zich te verwijderen uit het gebied voordat schadelijke geluidsniveaus hen plots (onaangekondigd) bereiken (soft start procedure).
- Daarnaast kunnen voorafgaand aan de start van de werkzaamheden afschrikmiddelen zoals pingers (acoustic deterrent device ADD) worden gebruikt.
- Trillingsarme technieken (vb. een geluidsgedempt heiblok bij het heien van palen) waarbij het bovenwatergeluid maximaal gedempt wordt, heeft mogelijk ook positieve effecten op het geproduceerde onderwatergeluid.
- Het gebruik van een bellengordijn of een absorberende mantel (foam screen) om het onderwatergeluid tijdens de constructiefase te verminderen. Het inzetten van een 'big bubble curtain' (BBC) of 'double big bubble curtain' (DBBC) is momenteel al best practice bij offshore hei-activiteiten. Echter, door de vereiste DP2 ('dynamic positioning') schepen, die in staat zijn om hun positie nauwkeurig genoeg te behouden, wordt ook een aanzienlijke hoeveelheid emissies de lucht in gestuurd. De gemiddelde reductie van onderwatergeluid verkregen omwille van het inzetten van een DBBC bij een gemiddelde stromingsnelheid ($< 0,75$ m/s) varieert tussen ca. 15 en 16 dB (ERA Report, Bellman, 2020). In het MEB Mermaid (BMM, 2015) wordt gewag gemaakt van een potentiële reductie van ca. 20 dB re $1 \mu\text{Pa}$ bij gebruik van deze techniek, al vormt de dynamische omgeving ter hoogte van de offshore PEZ kavels een extra uitdaging.
- Een 'pile sleeve' is een alternatief voor het bellengordijn. Het is een geluidsscherm dat rondom de paal wordt geplaatst en waarvan de fysische principes vergelijkbaar zijn aan deze van een bellengordijn, enkel de constructie is anders. Het fysisch principe berust op het verschijnsel dat een geluidsgolf deels wordt gereflecteerd en deels wordt getransmitteerd wanneer deze door verschillende media propageert. In het MEB Mermaid wordt voor deze techniek een potentiële reductie van ca. 20 tot 25dB re $1\mu\text{Pa}$ gegeven voor de lage frequenties waarbij het hoogste geluidsniveau geproduceerd wordt (BMM, 2015).
- Voor aanvang van de heiwerkzaamheden kunnen controles (visuele en/of 'Porpoise detectors') worden uitgevoerd op de aanwezigheid van zeezoogdieren.
- Tijdens de werkzaamheden dienen deze onderbroken te worden wanneer een zeezoogdier in de onmiddellijke omgeving wordt waargenomen (Rumes et al., 2020).
- Indien technisch mogelijk, kan gebruik worden gemaakt van de suction bucket techniek voor de installatie van jacket funderingen, waarbij geen impulsgeluiden worden geproduceerd. Binnen voorliggend MER wordt echter

aangenomen dat deze techniek in 10 % van de turbinelocaties voorgesteld zal worden (cf. aanname voor GBF), gezien de uitdagingen.

Op basis van bovenstaande reeks milderende maatregelen, wordt binnen voorliggend MER een maximale reductie van het piekonderwatergeluidsniveau van 25 dB re 1 μ Pa @ 750 m geanticipeerd. Op die manier kan voor de verschillende scenario's en funderingstypes op basis van de geëxtrapoleerde cijfers in Tabel 5-20 onderstaande besloten worden:

- Voor scenario 1 zal het piekgeluidsniveau voor heien van MP funderingen zakken tot ca. 182 dB re 1 μ Pa @ 750 m; voor JF funderingen is dat ca. 169 dB;
- Voor scenario 2 zal het piekgeluidsniveau voor heien van MP funderingen zakken tot ca. 197 dB re 1 μ Pa @ 750 m, wat nog steeds boven de KRMS geluidsnorm ligt (zie eerder); voor JF funderingen zakt het piekgeluidsniveau in dat geval tot ca. 171 dB.

Het dient gezegd dat er momenteel heel wat onderzoek plaatsvindt naar nog verdere innovatieve oplossingen om het geluidsniveau tijdens heiwerkzaamheden naar beneden te krijgen. Tegen dat er gestart zal worden met de ontwikkeling van de PEZ kavels zullen er dus mogelijks nieuwe technologieën beschikbaar zijn, en zal het bij de keuze voor monopile fundering belangrijk zijn dat toekomstige ontwikkelaar(s) kunnen aantonen dat de gekozen technieken voldoen om binnen de vooropgestelde normering te blijven. Echter in voorliggend MER wordt uitgegaan van bovenstaande set aan mogelijke maatregelen, welke standaard toegepast worden in het BNZ.

5.3.7 Monitoring

Als monitoringsprogramma kan tijdens de belangrijkste fasen van de bouwwerken (heien van palen, het baggeren, het storten van erosiebescherming, installatie infrastructuur, etc.) en tijdens de eerste jaren van de operationele fase een inventarisatie van het onderwater- en bovenwatergeluid worden voorgesteld op verschillende afstanden tot de turbinelocaties, en op cruciale locaties in de PEZ kavels (zoals de kwetsbare grindbedden), waarvan verondersteld wordt dat deze dienstdoen als hotspot voor een aantal biota zoals vissen en vogels, welke ook gevoelig zijn aan omgevingsgeluid boven en onder water. Tijdens het heien moet bovendien geverifieerd worden dat de gegenereerde impulsgeluiden kleiner zijn dan 185 dB re 1 μ Pa (nul tot max. SPL) op 750 m van de bron, zodat wordt voldaan aan de huidige wetgeving. Zoals eerder aangehaald, valt specifiek voor de grotere dimensies van turbines (+ 20 MW in voorliggend MER, scenario 2) te betwijfelen of de huidig toegepaste milderende maatregelen zullen volstaan om de vooropgestelde geluidsnormen voor impulsief geluid in het BNZ te halen. Hier dient verder onderzoek naar te gebeuren.

5.4 FAUNA, FLORA EN BIODIVERSITEIT

Binnen het hoofdstuk 'Fauna, Flora & Biodiversiteit' worden vier verschillende groepen organismen uitgelicht, namelijk het benthos (macro- en epibenthos), de vissen, de vogels, de vleermuizen en de zeezoogdieren. Daarnaast wordt ook aandacht besteed aan de biota gelinkt aan de windturbines en funderingen als artificiële harde substraten, welke uit al voorgaande groepen organismen kunnen komen. Per groep wordt een beschrijving gegeven van de referentiesituatie en autonome ontwikkeling, de mogelijke effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van windparken en parkbekabeling in de PEZ kavels, eventuele leemten in kennis, mitigerende maatregelen en monitoring.

Daarnaast wordt ook bekeken wat de mogelijke effecten zijn op descriptoren D1/D4, D6 (habitats), D2 en D3 van de KRMS, en het behalen van de GMT zoals vastgelegd in de nationale rapportering aan de EC 'Omschrijving van goede milieutoestand & vaststelling van milieudoelen voor de Belgische mariene wateren' (Belgische Staat, 2018b).

5.4.1 Methodologie

5.4.1.1 Macrobenthos

Het macrobenthos wordt gedefinieerd als die soorten die in het sediment leven en groter zijn dan 1 mm. Ze vormen door hun algemene aanwezigheid in de zeebodem, het relatief eenvoudig bemonsteren ervan en dito identificatie, en hun beperkte mobiliteit een ideale indicator voor het monitoren van antropogene effecten en de status van het lokale mariene ecosysteem.

De beschrijving van de referentiesituatie van het macrobenthos in het BNZ stoelt op eerdere compilaties van gegevens van verschillende onderzoeksprojecten om tot een gebiedsdekkende beschrijving van gemeenschappen te komen. Het gaat onder meer om:

- Een studie voorafgaand aan het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden in het BNZ (Degraer et al., 2009);
- Verschillende wetenschappelijke studies uitgevoerd door o.a. de Universiteit Gent, Sectie Mariene Biologie en het ILVO naar de macro- en epibenthosgemeenschappen in verhouding tot natuurlijke en antropogene invloeden in de Noordzee;
- De BWZee-studie (Deros et al., 2007) welke uitgevoerd werd door 5 Belgische onderzoeksgroepen in het kader van het PODO II programma van Federaal wetenschapsbeleid, en resulteerde in een geïntegreerde biologische waarderingskaart over meerdere taxonomische groepen die de biologische en ecologische waarde op resolutie van het hele BNZ weergeeft. Een meer recente update van deze biologische waarderingskaart voor o.a. macrobenthos werd in 2021 gepubliceerd door Pecceu et al. (2021);
- Monitoring en rapporten daarrond in het kader van de KRMS.

Voor de effectbeoordeling van de windparken en bekabeling binnen de PEZ op het macrobenthos, wordt in eerste instantie gebruik gemaakt van de jaarlijkse monitoringsrapporten van de Belgische windparken in de Oostelijke

energiezone (o.a. Degraer et al., 2018a, 2019, 2020a, 2021, 2022b; hierna WinMon-rapporten), welke te vinden zijn op <https://odnature.naturalsciences.be/mumm/nl/windfarms/>.

Meer specifieke informatie rond het studiegebied PEZ is te vinden in de lijst EDEN2000-studies, waar er enerzijds werd gekeken naar de effecten van uitsluiting van visserij op het benthos van het zandige zeebodemsubstraat (Van Hoey et al., 2023) en de grindbedden (Kapasakali et al., 2023a), en anderzijds naar de impact van sedimentdepositie op grindbedden (Van den Eynde et al., 2023b) en grindbedecosystemen (Zupan et al., 2023b). In kader van het MER van het MOG2 eiland (IMDC, 2022), werd er ook een studie naar potentiële effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van een offshore eiland op de fauna van grofzandig habitat uitgevoerd (Brabant et al., 2022b).

Binnen de effectbeoordeling op macrobenthos, zal er ook de link gemaakt worden met de effectbeoordeling binnen de discipline 'Bodem' (§ 5.1.4.1) gezien de nauwe relatie, en wordt ook beoordeeld welke impact de activiteiten binnen voorliggend MER hebben op descriptoren D1 en D4 binnen de KRMS. Dit geldt eveneens voor de andere groepen fauna in de volgende secties.

5.4.1.2 Epibenthos en vissen

Onder epibenthos wordt de groep organismen verstaan die op of net boven de zeebodem, of op keien en stenen (grind) in het BNZ voorkomt. Deze zijn doorgaans, net zoals het macrobenthos, zichtbaar met het blote oog (> 1 mm). Daarnaast wordt er binnen deze sectie ook ingegaan op de visfauna in het BNZ, daar de focus van monitoring van vissen voornamelijk op de demersale vissen ligt, welke – net als het epibenthos – in de nabijheid van de zeebodem te vinden zijn. Ook in wetenschappelijke rapporten worden beide groepen organismen vaak samen beschreven. Naast demersale vissen zijn er ook pelagische vissen die vrijzwemmend (en veelal in scholen) in de waterkolom voorkomen. Binnen het BNZ is onderzoek naar deze groep vissen echter beperkter, gezien de relatief ondiepe wateren waardoor het makkelijker is om demersale vissen te bemonsteren (met een boomkor) dan pelagische visnetten en/of sonar in te zetten (Degraer et al., 2022a).

De referentiesituatie voor epibenthos (§ 5.4.2.2) wordt beschreven aan de hand van de meest recente wetenschappelijke informatie op resolutie van het BNZ. Hiervoor wordt, net als voor macrobenthos, gebruik gemaakt van de oorspronkelijke en geüpdatet geïntegreerde, gebiedsdekkende biologische waarderingskaarten (Deraus et al., 2007; update van Pecceu et al., 2021). Voor vissen worden ook de vroegere studies van De Maerschalck et al. (2006) en De Backer et al. (2010) naar de densiteit en soortensamenstelling van demersale vissen in het BNZ mee beschouwd, daar deze nog steeds een goed overzicht geven van de toestand op schaal van het BNZ. De online GEOFISH tool (www.geofish.be) die ontwikkeld werd door het ILVO, kan inzicht geven over de status van het visbestand (op basis van ICES-gegevens) van verschillende soorten in het BNZ. Tenslotte vormt de studie van De Backer et al. (2022) de meest recente gebiedsdekkende analyse van zowel epibenthos als demersale vissoorten. Hierin werden stalen over de periode 2008 – 2020 geanalyseerd, verzameld door middel van 540 boomkorf vangsten verspreid over 83 locaties in het BNZ.

Voor de effectbespreking op epibenthos en visfauna (§ 5.4.3.2) wordt net zoals voor macrobenthos beroep gedaan op de jaarlijkse WinMon-rapporten (zie eerder). Met directe relevantie voor het studiegebied PEZ zijn er ook een aantal

EDEN2000-studies welke geraadpleegd werden in kader van effecten van windparken op epibenthos en vissen. Het gaat onder meer om een studie rond impact van erosiebescherming op enkele vissoorten zoals kabeljauw, wijting en tong (Vanaverbeke et al., 2023), en een studie naar de samenstelling van de (epi-) benthische gemeenschappen op deze erosiebescherming en hun gelijkenis met grindbedfauna (Zupan et al., 2023c).

5.4.1.3 Vogels en vleermuizen

Meer dan 1 miljoen zeevogels vliegen jaarlijks door het zuidelijke deel van de Noordzee, waarvan de meeste soorten een voorkeur vertonen voor de kustgebieden (± 20 km uit de kust). Daarnaast vormt het BNZ ook een belangrijke migratiecorridor voor heel wat zangvogels (Passeriformes sp.) en worden ook vleermuizen waargenomen die de oversteek tussen het Verenigd Koninkrijk en het vasteland maken.

Het voorkomen en de mogelijke effecten op zee- en zangvogels wordt opgevolgd door INBO. Sinds begin jaren '90 worden door INBO gestandaardiseerde vogeltellingen uitgevoerd in het BNZ via een transectmethode vanaf een schip (Tasker et al., 1984). De afgelopen 20 jaar gebeurde dit maandelijks langs drie vaste trajecten, waarbij de focus zich gedurende de voorbije jaren verplaatste van het volledig BNZ naar een meer lokale monitoring rondom de bestaande windparken van de Oostelijke energiezone. In het kader van de milieueffectenrapportage van het MOG2 eiland (IMDC, 2022) werd deze kennis door INBO samengevat d.m.v. een literatuurstudie rond potentiële effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van offshore structuren op zeevogels (Vanermen et al., 2022b). Samen met relevante bevindingen uit onderzoek binnen het kader van EDEN2000 (Vanermen & Stienen, 2023) en het WinMon monitoringsprogramma worden resultaten van deze studies geïntegreerd in de effectenbespreking van dit hoofdstuk (zie § 5.4.3.3).

Naast vogels binnen het BNZ wordt in dit hoofdstuk ook het potentiële effect van de bouw, exploitatie en ontmanteling van windmolens (incl. parkbekabeling) in de PEZ op vleermuizen besproken. Hiervoor wordt net zoals voor de andere fauna groepen gebruik gemaakt van de informatie hieromtrent in de WinMon-rapporten (Degraer et al., 2018a; 2019).

5.4.1.4 Zeezoogdieren

Het voorkomen van zeezoogdieren in het BNZ wordt in voorliggend MER beschreven aan de hand van studies uit verschillende gebieden van de Noordzee, gezien hun grote leefgebied en mobiliteit deze soorten niet beperkt tot één locatie. Het KBIN is verantwoordelijk voor de coördinatie van het onderzoek van beschermde mariene diersoorten (Koninklijk Besluit van 21 december 2001, Staatsblad van 14 februari 2002) en jaarlijks geeft KBIN daartoe een rapport uit betreffende de strandingen en waarnemingen van zeezoogdieren in België. Dit gebeurt in samenwerking met andere wetenschappelijke instellingen, SeaLife Blankenberge, niet-gouvernementele organisaties (NGO's) en het publiek. Hiertoe worden ook jaarlijks doorgaans twee surveys gevlogen boven het BNZ d.m.v. BMM's verkenningsvliegtuig 'OO-MMM', waarbij zeezoogdieren worden geteld langs gestandaardiseerde lijntrajecten. Deze aantallen worden vervolgens gebruikt om het aantal en verspreiding van zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren in te kunnen schatten. Een van de doelstellingen van de Overeenkomst inzake de bescherming van kleine walvisachtigen (ASCOBANS) is bovendien de ontwikkeling van een nationaal netwerk dat gebruik maakt van een centrale databank voor strandingen en

weefselmonsters. Deze gegevensbank is sinds 1999 actief in België, beheerd door het Belgisch marien gegevenscentrum, en kan worden geraadpleegd op <http://www.marinemammals.be>. In deze databank kunnen gegevens over strandingen, waarnemingen en necropsies worden ingegeven en geraadpleegd, inclusief de mogelijke doodsoorzaak (zowel indirect als klinisch bepaald) volgens de P01 BODC/NERC woordenscha (o.a. 'bijvangst', 'natuurlijk', of 'predatie'). Voor de achtergrond van het datamanagement, zie Vandenbergh et al. (2016).

Verder wordt voor de beschrijving van de referentiesituatie en potentiële effecten op zeezoogdieren gebruik gemaakt van recente studies door Rumes & Degraer (2022a, 2022b), uitgevoerd in kader van het MER voor MOG2 (IMDC, 2022), rond de verwachte effecten van onderwatergeluid en turbiditeit geproduceerd tijdens de bouw, exploitatie en ontmanteling van offshore constructies. Samen met bevindingen uit het WinMon monitoringsprogramma van de Oostelijke energiezone, worden resultaten uit deze studies geïntegreerd in de effectbespreking onder § 5.4.3.4.

5.4.1.5 Artificiële harde substraten

De ontwikkeling van windparken binnen de PEZ zorgt voor een introductie van artificiële harde substraten (i.e. funderingen en erosiebescherming) in een omgeving gekenmerkt door voornamelijk zachte (zandige) substraten (zie ook § 5.1). Verder worden in het BNZ ook artificiële harde substraten (AHS) geïntroduceerd in de vorm van scheepswrakken, kustverdediging (bv. strandhoofden en havenstrekdammen) of initiatieven ten behoeve van natuurbehoud en/of -herstel (bv. reefballen in de Oostelijke energiezone). Deze AHS zorgen voor een plotse toename in habitatdiversiteit en -complexiteit, waardoor ze doorgaans snel gekoloniseerd worden door diverse gemeenschappen.

De referentiesituatie voor AHS beschreven in § 5.4.2.5 wordt opgebouwd met gebruik van recent wetenschappelijk onderzoek in het BNZ (o.a. Coolen et al., 2020; Degraer et al., 2020b; Voet et al., 2021; Voet & Vlaminck et al., 2022; Zupan et al., 2023a) en de jaarlijkse WinMon-rapporten van de Oostelijke energiezone. De focus wordt gelegd op epifauna (koloniserende organismen > 1mm) en visgemeenschappen geassocieerd met de AHS, waardoor er overlap met § 5.4.2.2 is. Voor de effectbespreking (§ 5.4.3.5) wordt naast de WinMon-rapporten tevens gebruik gemaakt van de recente rapporten in kader van het EDEN2000 project. Het gaat hier onder meer over een studie rond benthische gemeenschappen op de erosiebescherming en hun gelijkenissen met natuurlijke grindbedden (Zupan et al., 2023c), alsook rond verschillen in de koloniserende gemeenschappen naargelang type of materiaal van de fundering (Zupan et al., 2023d).

In het kader van AHS wordt er, naast de beschrijving van de impact van de activiteiten binnen voorliggend MER op descriptor D1 en D4 binnen de KRMS (zie § 5.4.1.1), ook een toetsing aan de milieudoelen voor descriptor D2 in voorliggend hoofdstuk voorzien.

5.4.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Voor de vier verschillende groepen organismen (benthos, vissen, vogels en zeezoogdieren) wordt de referentiesituatie en autonome ontwikkeling hieronder beschreven, waarbij telkens eerst een algemene beschrijving wordt gegeven voor het BNZ, en vervolgens wordt ingegaan op de relevantie voor de Prinses Elisabeth-zone (PEZ).

5.4.2.1 Macrobenthos

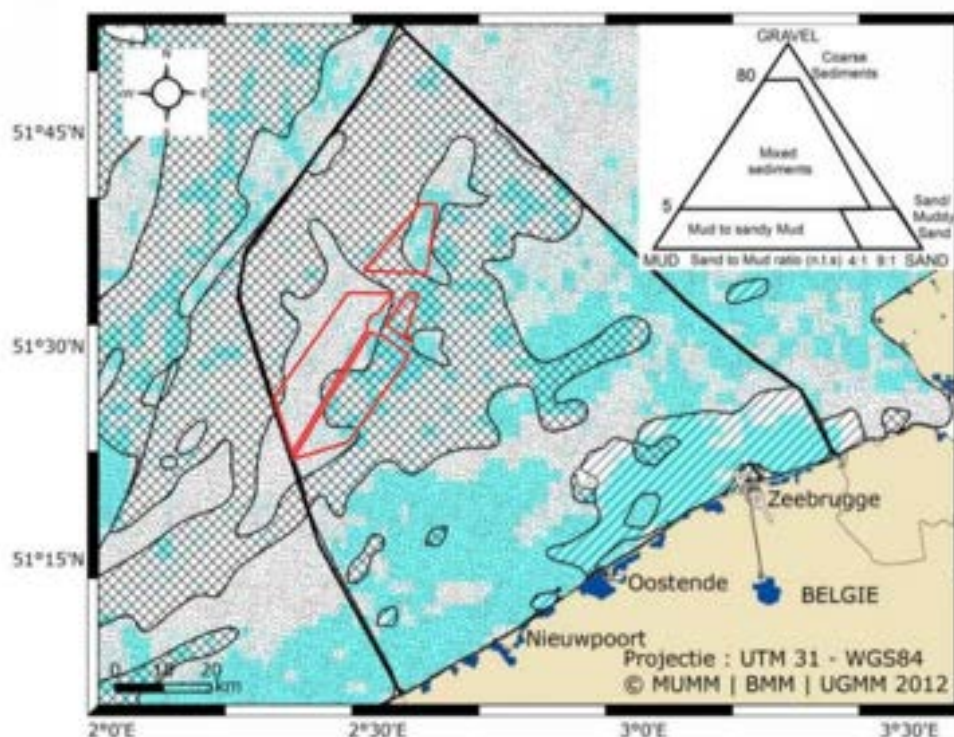
Belgische deel van de Noordzee

Zachte substraten

De zachte mobiele substraten van de zeebodem van het geulen- en zandbankensysteem in het BNZ (habitattype 1110) herbergt een gevarieerde macrobenthische levensgemeenschap, met als belangrijkste vertegenwoordigers onder meer wormen (Annelida) (voornamelijk borstelwormen, Polychaeta), schaaldieren (Crustacea) (voornamelijk vlokreeften, Amphipoda), schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk tweekleppigen, Bivalvia, en zeehuisjesslakken, Gastropoda) en stekelhuidigen (Echinodermata) (voornamelijk zee-egels, Echinoidea). De diversiteit en densiteit van deze groepen organismen varieert echter sterk doorheen het BNZ, met doorgaans rijkere gemeenschappen ter hoogte van de westelijke kustzone, het oostelijke deel van de Vlaamse Banken (ter hoogte van het projectgebied PEZ, zie verder) en het zuidelijke deel van de Zeelandbanken. Ter hoogte van de oostelijke kustzone worden de laagste diversiteit en densiteiten opgemeten, wat waarschijnlijk te maken heeft met verhoogde concentraties slib (ook o.i.v. de scheldemonding) (Van Hoey et al., 2004). Binnen het macrobenthos zijn ook niet alle taxa even abundant of gelijkmatig verspreid over het BNZ. Zo neemt de abundantie van de borstelwormen toe met toenemende afstand tot de kust, en vertonen tweekleppigen een omgekeerd patroon, met hoogste aantallen dicht bij de kust.

De verspreiding van macrobenthische organismen is bovendien sterk gekoppeld aan het aanwezige zeebodemhabitat en substraat, omwille van hun afhankelijkheid van fysische karakteristieken zoals korrelgrootte en zuurstofgehalte van de zeebodem. Vanuit kennis omtrent de ondergrond, kan dus ook al in bepaalde mate een voorspelling gedaan worden van het aan te treffen macrobenthos. Binnen het BNZ worden drie grote substraattypes aangetroffen, die ecologisch overeenstemmen met een EUNIS niveau 3 habitatclassificatie (zie onderstaande Figuur 5-43). De kartering is gebaseerd op verhoudingen tussen de percentages grind, zand en slib (zie inzet in onderstaande Figuur 5-43), maar de betrouwbaarheid van de afbakening van deze types neemt echter af verder offshore, en dus in de richting van de PEZ (Van Lancker, 2012):

- A5.1: Grofkorrelige sedimenten bestaan ofwel uit ≥ 80 % grind, alsook uit sedimenten met een zand tot slibverhouding ≥ 9 . De grofkorrelige substraten omvatten ook de grindbedden (habitattype 1170), behalve de grote stenen zelf; de PEZ bestaat ongeveer voor de helft uit dit type sediment;
- A5.2: Zand tot slibbig zand bestaat uit < 5 % grind en een zand/slibverhouding van ≥ 4 ; ook dit type beslaat ca. 50 % van de PEZ;
- A5.3: Slib tot zandig slib stemt overeen met < 5 % grind, alsook een zand/slibverhouding van < 4 ; dit type sediment komt voornamelijk voor in de kustnabije zone en is minder relevant voor PEZ.



Figuur 5-43 – Het voorkomen van EUNIS niveau 3 habitats op het BNZ en t.o.v. de PEZ (rode contour). EUNIS A5.1 habitats zijn grofkorrelige sedimenten (dubbel gearceerd); A5.2 zijn de zand tot slibbige zanden (punten), A5.3 slib tot zandig slib (schuin gestreept) (Van Lancker, 2012). De achtergrondkleur toont de betrouwbaarheid van de kartering: wit: laag; licht blauw: hoog.

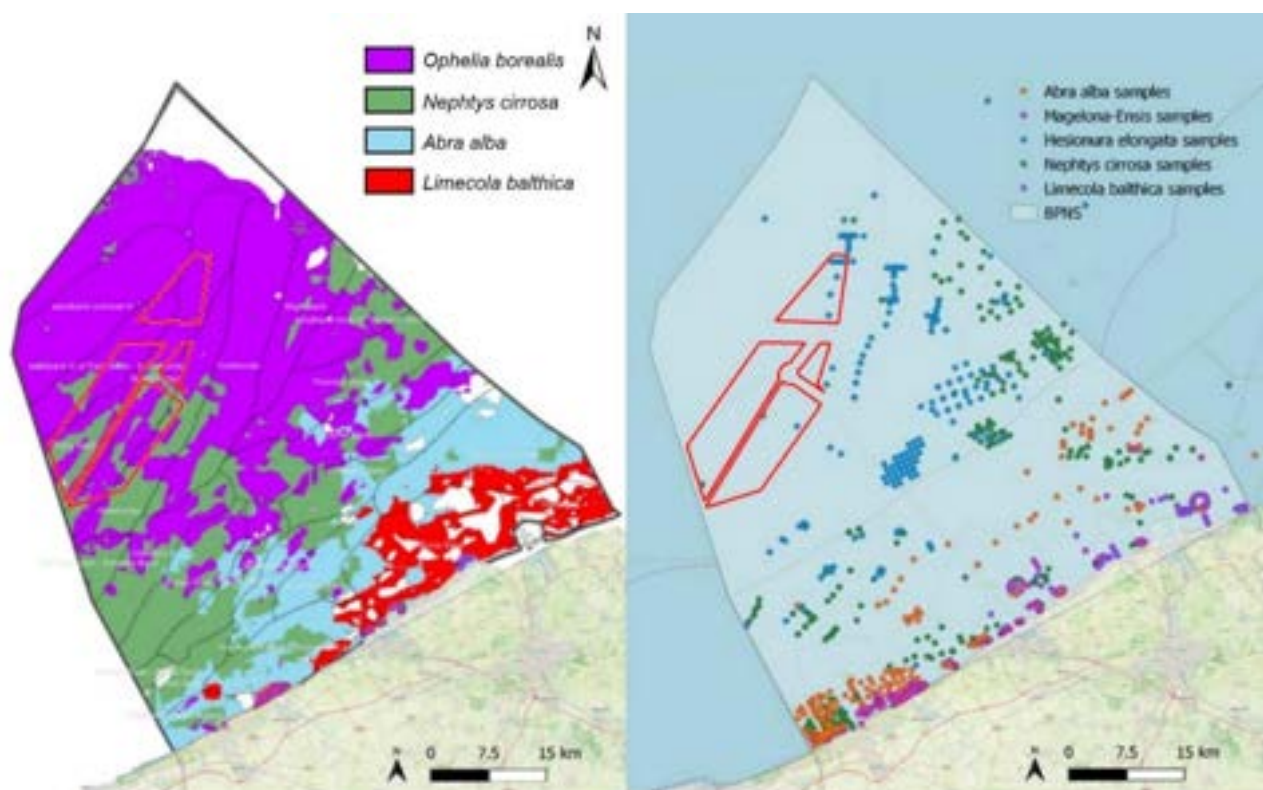
Binnen de zandige mobiele substraten van het BNZ werd het macrobenthos oorspronkelijk ingedeeld in vier (Figuur 5-44 links; Degraer et al., 2009), maar na meer recente herzieningen in vijf⁵¹ gemeenschappen (Figuur 5-44 rechts; Breine et al., 2018); welke in min of meer goed gedefinieerde omgevingen worden waargenomen (al vertonen ze graduele overgangen tussen elkaar), en welke ieder gekenmerkt worden door een aantal karakteristieke soorten, een bepaalde diversiteit, en een verschillende densiteit. Deze vijf gemeenschappen worden door Breine et al. (2018) als volgt omschreven:

- De *Limecola balthica* gemeenschap welke een lage soortenrijkdom (gemiddeld 7 soorten/0,1 m²) en lage densiteit (gemiddeld 580 individuen (ind.)/m²) vertoont, en doorgaans voorkomt in slibrijke (gemiddeld 45 % slib) sedimenten (mediane korrelgrootte: 184 µm) (cf. EUNIS A5.3 habitat);
- De *Abra alba* – *Mysella bidentata* gemeenschap welke de hoogste densiteit (gemiddeld 5.763 ind./m²) en soortenrijkdom (gemiddeld 26 soorten/0,1 m²) bezit, en aangetroffen wordt in eerder slibrijk (gemiddeld 12 % slib) fijn zand (mediane korrelgrootte: 211 µm) (cf. EUNIS A5.2 habitat);
- De *Magelona* – *Ensis directus* gemeenschap, die vroeger beschouwd werd als een overgangsgemeenschap (en niet apart vermeld werd op Figuur 5-44 (links), en welke een gemiddelde biodiversiteit (gemiddeld 12 soorten/0,1 m²) en hoge dichtheid (gemiddeld 2.511 ind./m²) vertoont. Deze gemeenschap wordt aangetroffen in fijn zand (mediane korrelgrootte: 199 µm) met een slibgehalte van gemiddeld 7 %;

⁵¹ De intertidale gemeenschap *Eurydice pulchra*-*Scolecopsis squamata* (zie Degraer et al., 2022a), wordt hier niet beschouwd, daar de focus op de offshore wateren ligt in voorliggend MER.

- De *Nephtys cirrosa* gemeenschap welke een lage dichtheid (gemiddeld 368 ind./m²) en een lage soortenrijkdom (gemiddeld 9 soorten/0,1 m²) bezit. Deze komt doorgaans voor in zuivere (gemiddeld < 1 % slib) fijn tot medium zandige (mediane korrelgrootte: 297 µm) sedimenten (cf. EUNIS A5.1 habitat);
- De *Hesionura elongata* (vroeger *Ophelia borealis*) gemeenschap, welke een gemiddelde dichtheid (gemiddeld 724 ind./m²) en soortenrijkdom (gemiddeld 14 soorten/0,1 m²) vertoont, en aan te treffen is in medium- tot grofzandige (mediane korrelgrootte: 387 µm) bodems met een laag slibgehalte (0,9 % slib) (cf. EUNIS A5.1 habitat).

Ondanks een temporele (seizoenale) variatie in de structuur van bovenstaande macrobenthosgemeenschappen, blijven zij relatief stabiel zolang hun typerende habitat niet drastisch wijzigt (Van Hoey et al., 2004). Hierdoor zijn ruimtelijke patronen in het BNZ zichtbaar (zie Figuur 5-44) met *Limecola*, *Magelona* en *Abra* gemeenschappen dicht bij de kustzone, en *Nephtys* en *Hesionura* gemeenschappen eerder offshore (en dus ter hoogte van het projectgebied PEZ). Onder invloed van activiteiten zoals zandextractie, baggeren en storten, en bodemberoerende visserij in het BNZ, bevindt 100 % van het zandig zacht substraat (Natura 2000 habitattypen 1110) zich niet in een goede milieutoestand (Belgische Staat, 2018a).

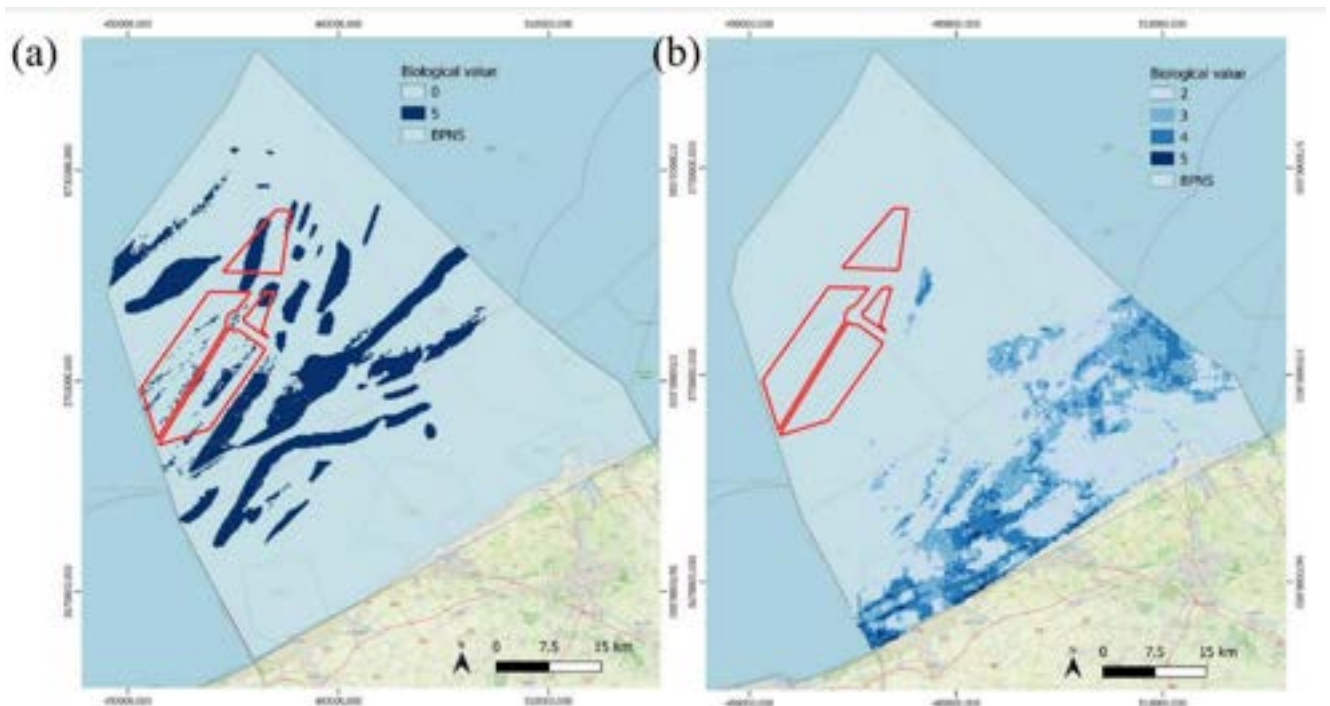


Figuur 5-44 – **Links:** Geografische verdeling van de vier oorspronkelijke macrobenthosgemeenschappen (wit: onvoorspeld gebied, niet geanalyseerd) in het BNZ zoals gedefinieerd in Degraer et al. (2009). **Rechts:** Geografische weergave van de vijf herziene biotopen en hun staalnamelocaties in het BNZ volgens Pecceu et al. (2021), inclusief staalnamelocaties uit Breine et al. (2018). De PEZ kavel is aangeduid met rode contouren.

Riffen

Naast de zandige substraten komen er in het BNZ ook grindbedden en biogene riffen (habitattype 1170) voor, wat heeft geleid tot meerdere studies omtrent de waarschijnlijkheid naar ruimtelijk voorkomen van deze riffen in het BNZ (zie o.a.

Degraer et al., 2009; Pecceu et al., 2021). Figuur 5-45 geeft een overzicht van de potentiaalkaarten voor zowel de geogene riffen (~de grindbedden) als biogene riffen (~riffen gevormd door o.a. de schelpkokerworm *Lanice conchilega*) in het BNZ (naar Pecceu et al., 2021). Grindbedden (in voorgaande studies gedefinieerd als sediment met mediane korrelgrootte > 2 mm wat anders is van definitie aangehouden in de EDEN2000 studies zoals Montereale-Gavazzi et al., 2023a) bedekt potentieel ca. 490 km² van het BNZ (~ 13,7 % totale oppervlakte BNZ; Pecceu et al., 2021).



Figuur 5-45 – **Links:** Potentieel voorkomen (op basis van aan- of afwezigheid) van grindbedden in het BNZ (naar Pecceu et al., 2021); **Rechts:** geschiktheidskaart (> 20 % kans op voorkomen) van het BNZ voor *Lanice conchilega* aggregaties van meer dan 500 ind/m². De classificatie in een biologische waardering werd door Pecceu et al. (2021) gedaan op basis van het % van voorkomen. De PEZ kavels zijn aangeduid als rode contouren.

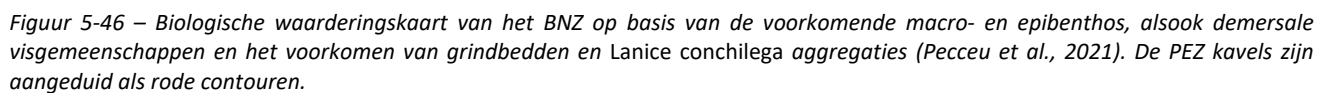
Uit bovenstaande Figuur 5-45 kan afgeleid worden dat de kans op het voorkomen van grindbedden groter is in meer offshore gelegen zones van het BNZ, terwijl de kans op het voorkomen van *Lanice conchilega* – of schelpkokerwormaggregaties dan weer het grootst is dicht bij de kust (met name ter hoogte van de westkust waar het habitatrichtlijngebied ‘Vlaamse Banken’ aan het strand grenst). Zowel de geogene grindbedden als biogene schelpkokerwormen voegen een extra dimensie aan habitatcomplexiteit toe in het doorgaans zandige banken- en geulensysteem van het BNZ. Ze herbergen daardoor een andere mix aan soorten (ook sessiele organismen van het epibenthos en andere geassocieerde taxa; zie § 5.4.2.2 en § 5.4.2.5) en vertonen een hogere biodiversiteit. Zo vormden grindbedden historisch gezien het biotoop van de Europese platte oester (*Ostrea edulis*), en herbergen ze ook nu nog een unieke en soortenrijke macrobenthos-fauna die bovenop de grindbedden leeft (epifauna) bestaande uit o.a. sponzen, zachte koralen, mosdiertjes en zeeanemonen (Houziaux et al., 2008; Degraer et al., 2018b). De biogene riffen zijn eveneens hotspots voor biodiversiteit en worden gevormd door aggregaties van de schelpkokerworm *Lanice conchilega* (Degraer et al., 2009). Deze soort wordt beschouwd als een ‘ecosysteem ingenieur’ welke in staat is de lokale stroming en sedimentsamenstelling te veranderen doordat hun zandkokers ongeveer 4 cm boven de zeebodem uitsteken en op

die manier een microhabitat van dense patches vormen. Beide types riffen kunnen ook verschillende functionele rollen vervullen, zoals grindbedden bijvoorbeeld dienstdoen als broed- en/of kinderkamers voor hogere trofische niveaus zoals inktvissen (de gewone zeekat en pijlintkvisen) en haaien zoals de hondshaai (zie verder; Brabant et al., 2022b), of als schuilplaats voor meer kwetsbare juvenielen.

Beide habitats zijn echter ook meer kwetsbaar voor verstoring en antropogene impacten (met name bodemberoerende activiteiten), waardoor ze in het BNZ onder druk staan en zelden kunnen uitgroeien tot volwaardige gemeenschappen. Het verschil met zachte substraten situeert zich hierin met name dat de riffen gekenmerkt worden door een fauna die wordt omschreven als K-strategen, welke langlevend zijn, maar er langer over doen om zich ten volle te ontwikkelen (zie ook vergelijking tussen historische rijkdom en huidige verarmde toestand grindbedden in de BNZ zoals aangehaald in de studie van Kapasakali et al., 2023a en Montereale-Gavazzi et al., 2023b). De zandige substraten daarentegen, worden door hun meer dynamische karakter gekenmerkt door een fauna grotendeels bestaande uit r-strategen, welke een snelle turnover hebben en zich daardoor makkelijker terug kunnen aanpassen na een fase van verstoring. De grindbedden vormen bijgevolg een nog meer verstoord habitat dan de zachte substraten in het BNZ, en bevinden zich allesbehalve in een goede milieutoestand (Belgische Staat, 2018a; zie ook Kapasakali et al., 2023a; Montereale-Gavazzi et al., 2023b). Veel van de doelsoorten (doorgaans langlevende sessiele fauna die zich vasthecht op de stenen) die zijn opgenomen in de verschillende milieudoelen ontbreken of zijn enkel als juvenielen of in verarmde toestand waargenomen. In de studie van Pecceu et al. (2021), in opdracht van FOD Leefmilieu, werd daarom een reeks nieuwe visserijmaatregelen voorgesteld, met als doel onder meer een verbetering van de status van grindbedden. Binnen de effectbespreking van voorliggend hoofdstuk zal ook aandacht besteed worden aan de mogelijke invloed van het uitsluiten van bodemberoerende activiteiten van zodra de PEZ windparken in aanbouw zullen zijn (zie 5.4.3.1).

Biologische waarderingskaart

Op basis van de hierboven beschreven informatie rond het macrobenthos van zachte substraten in het BNZ, de vijf typerende gemeenschappen, en de verspreiding van habitatype 1170 (geogene en biogene riffen), alsook informatie rond epibenthos en vissen (zie verder onder § 5.4.2.2) werd er recent een update van de biologische waarderingskaart van Derous et al. (2007) gepubliceerd in het rapport van Pecceu et al. (2021). Het BNZ werd hierbij ingedeeld in 5 klassen, gaande van heel lage (score 1) tot heel hoge (score 5) biologische waarde (zie onderstaande Figuur 5-46). De kaart vormt een beeld van de potentieel ecologische waarde die kan verkregen worden binnen de verschillende locaties van het BNZ.



Zachte substraten

Riffen

Datum: 29 september 2023

project; zie ook Figuur 3-2; Figuur 5-45 links). Zo worden grindbedden aangetroffen tussen de Noordhinder en de Westhinder, en tussen de Westhinder en de Oosthinder. Het gaat met name om type 1 grindbedden (groot aaneengesloten gebied met hoge kans op voorkomen van dagzomend grind) welke gekenmerkt worden door een hoge kans op maximaal ecologisch potentieel en een hoge kans op bouwrestricties in het kader van milieuvergunbaarheid (zie § 5.1.2.4). Hierdoor varieert de biologische waarde in de PEZ van laag (score 2) tot zeer hoog (score 5), op basis van Figuur 5-46 (Pecceu et al., 2021). De biologische waarde is, weinig verrassend, het hoogst ter hoogte van de grindbedlocaties in de kavels, en is het laagst aan de meest westelijke zijde van kavels PE II en PE III, tegen de Franse grens. Op basis van de habitatgeschiktheidskaart voor *Lanice conchilega* (Figuur 5-45 rechts) kan besloten worden dat er binnen de PEZ geen biogene riffen van schelpkokerwormen aangetroffen worden.

Binnen voorliggend MER werd bij het intekenen van de indicatieve concept-configuraties in alternatieve scenario's 1 en 2 (zie § 4.1) rekening gehouden met het vermijden van de grindbedden (zowel type 1 als type 2) in de PEZ kavels. Hierdoor is er nergens overlap met ingetekende turbines binnen één van de scenario's, noch kruising van de grindbedden met inter-array kabels.

Habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken'

Het projectgebied PEZ van voorliggend MER situeert zich ten slotte deels overlappend met, en deels nabij, het Habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken' (zie ook Figuur 3-1). Dit gebied werd geselecteerd omwille van zijn hoge ecologische waarde en hoog percentage aan waardevolle biotopen. Het gebied omvat namelijk 35 % van de oppervlakte aan habitattype 1110 in het BNZ, 29 % van de *Lanice conchilega* aggregaties en 38 % van de grindbedden. De benthische habitats voorkomend in dit gebied worden meer in detail besproken in Hoofdstuk 7 'Ontwerp passende beoordeling'.

Autonome ontwikkeling

De stabiliteit en bodemstructuur in het projectgebied PEZ wordt over het algemeen als groot beschouwd, afgezien van de mobiele zandduinen en ribbels. Hierdoor zouden de macrobenthosgemeenschappen niet wezenlijk veranderen zonder uitvoering van de activiteiten in voorliggend MER. Echter kunnen door klimaatsverandering ook wijzigingen in de stromingskarakteristieken en zeebodem morfologie optreden. Naast veranderingen in de algemene gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc., wordt er ook een toename verwacht in extreme stormen, welke een invloed kunnen hebben op de sedimentdynamiek. Er wordt echter niet verwacht dat zich hierdoor drastische wijzigingen zullen voordoen in de macrobenthosgemeenschappen van de PEZ.

Wat wel een mogelijke wijziging in macrobenthos kan teweegbrengen, zijn andere antropogene activiteiten die plaatsvinden in het BNZ, en welke een verstoring van de zeebodem inhouden. Het gaat dan onder meer om zandwinning (cf. controlezone 4 voor zandextractie is deels gelegen binnen de PEZ) en bodemberoerende visserij (zie ook Figuur 5-14 eerder in dit MER).

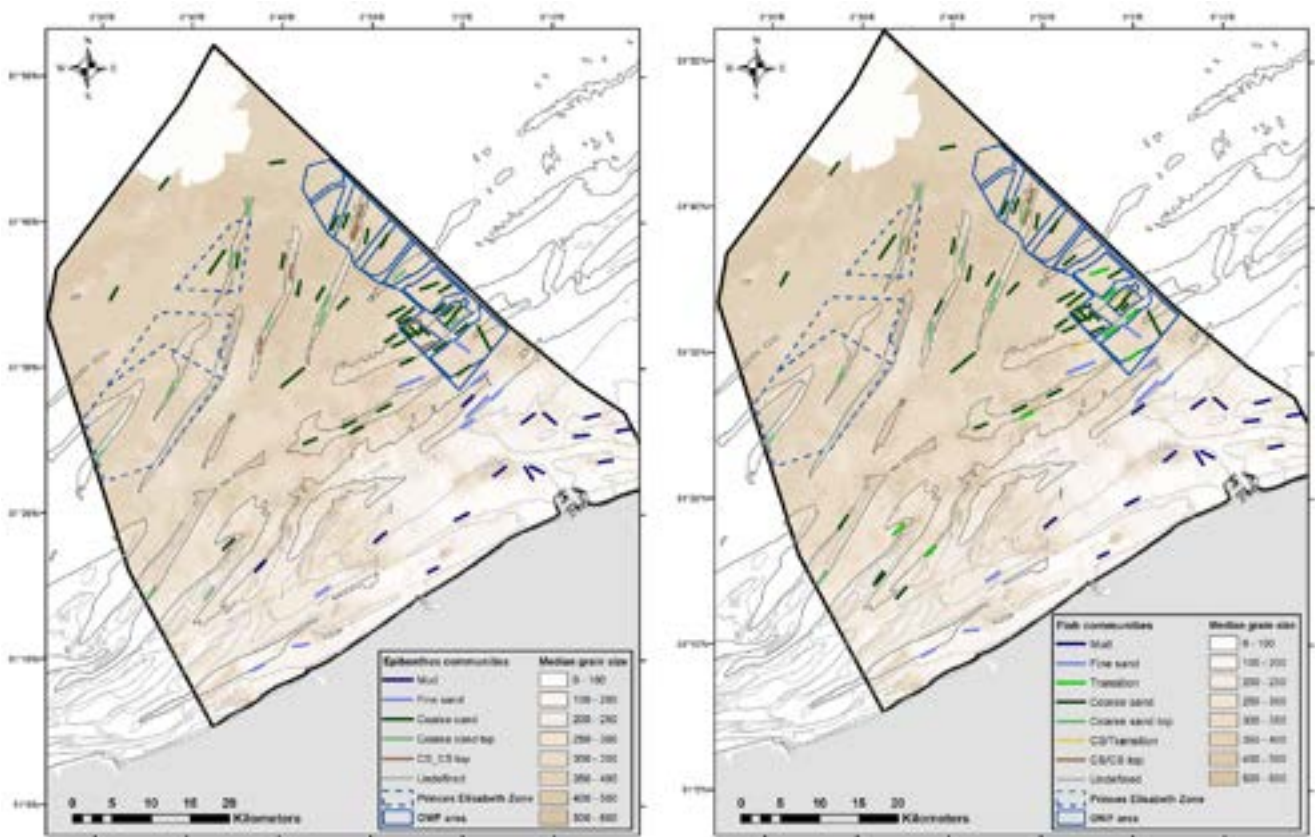
5.4.2.2 Epibenthos en vissen

Belgische deel van de Noordzee

Epibenthos

Het epibenthos leeft op en nabij de zeebodem, zowel op de zandige substraten als (al dan niet) vastgehecht op de stenige substraten, en wordt in het BNZ gekenmerkt door groepen als zeesterren (Asteroidea), slangsterren (Ophiuroidea), garnalen (Caridea), krabben (Brachyura), kreeften (Astacidea), inktvissen (Cephalopoda), en zeeanemonen (Anthozoa), zoals dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) op de stenige substraten. Op basis van monitoringsonderzoek in de periode 2004 – 2009 op schaal van het hele BNZ (80 staalnamepunten, 9 staalnamecampagnes; De Backer et al., 2010), werden 92 verschillende soorten aangetroffen (epibenthos + demersale vissen; zie ook volgende sectie), waarbij slangsterren het best vertegenwoordigd waren, gevolgd door tweekleppigen en garnalen. Een meer recente gebiedsdekkende studie werd uitgevoerd door De Backer et al. (2022), in kader van toekomstige monitoring van offshore windparken (cf. WinMon programma), waarbij gegevens van 540 vangsten verspreid over 83 staalnamelocaties in het hele BNZ in de periode 2008 – 2020 werden geanalyseerd (Figuur 5-47).

Net zoals voor macrobenthos, kunnen er voor epibenthos bepaalde ruimtelijke patronen in het BNZ waargenomen worden. De dominante gradiënt is, analoog aan het macrobenthos, de kust-offshore gradiënt, in navolging van enkele fysische parameters zoals saliniteit, temperatuur, diepte en sedimentsamenstelling (De Backer et al., 2010, 2022). Terwijl gemeenschappen dicht bij de kust voornamelijk bestaan uit garnalen, slangsterren en krabben, worden er meer offshore voornamelijk heremietkreeften en de demersale vissoorten schar en kleine pieterman aangetroffen (zie verder). Verder blijkt dat ook de densiteiten en biomassa hoger liggen in de meer kustnabije locaties (De Maerschalck et al., 2006). Op basis van resultaten van De Maerschalck et al. (2006) en De Backer et al. (2022) werden gemiddeld fors hogere densiteiten voor het epibenthos genoteerd in de kustzone (tot 15 km ver in zee) dan in de rest van het BNZ. De gemiddelde densiteit varieerde daarbij tussen 2 en 1.600 ind./1.000 m². In de studie van De Backer et al. (2010) ging het om gemiddeld ca. 323 ind./1.000 m² in de kustzone, versus ca. 22 ind./1.000 m² offshore. Het aantal soorten lag ca. 25 % lager in de oostelijke kustzone en op de Vlake van de Raan t.o.v. de westelijke kustzone, en was ook iets lager in offshore gebieden verder dan 30 km uit de kust (hoewel verschillen minder uitgesproken waren dan voor densiteiten; De Maerschalck et al., 2006). Echter, meer recent onderzoek van De Backer et al. (2022) rapporteerde net hogere soortenrijkdom in de offshore gebieden dan dicht bij de kust (toch zeker voor het epibenthos in de grofzandige sedimenten). In de oostelijke kustzone wordt een modderige gemeenschap aangetroffen, gedomineerd door grijze garnaal (*Crangon crangon*), terwijl elders in de kustnabije zandige substraten voornamelijk slangster (*Ophiura ophiura*) wordt aangetroffen (De Backer et al., 2022). Verder worden ook seizoenale verschillen opgetekend in het epibenthos (hogere soortenrijkdom in herfst dan lente; De Backer et al., 2010). Verder offshore worden typische epibenthossoorten zoals stevige en ovale strandschelp (*Spisula solida* en *Spisula elliptica*, respectievelijk), gemarmerde zwemkrab (*Liocarcinus marmoreus*) en de inktvissoorten gewone pijlinktvis (*Loligo vulgaris*) en Atlantische dwerginktvis (*Sepioloidea atlantica*) aangetroffen ter hoogte van de grovere zandlocaties. Op de toppen van de zandbanken is de epibenthos gemeenschap verarmd en wordt deze gedomineerd door de gewone heremietkreeft (*Pagurus bernhardus*) (De Backer et al., 2022).



Figuur 5-47 – Situering sleeplocaties voor analyse epibenthos (links) en visfauna (rechts) op het gehele BNZ (De Backer et al., 2022). De PEZ kavels worden aangeduid met blauwe stippellijn. De kleuraanduiding van de sleeplocaties geeft een eerste indicatie van het type gemeenschap dat er werd aangetroffen. De achtergrondkaart geeft de mediane korrelgrootte van het sediment weer.

Vissen

Binnen de vissen wordt doorgaans een onderscheid gemaakt tussen de vissen die in de waterkolom leven (pelagische vissen), en deze die dicht bij de zeebodem voorkomen (demersale vissen) waar ze een belangrijke kinderkamer vinden. Zoals eerder vermeld, wordt er in het BNZ voornamelijk onderzoek naar demersale vissoorten uitgevoerd (Degraer et al., 2022a). De belangrijkste ordes binnen deze groep zijn de haringachtigen (Clupeiformes), de grondels (Gobiidae), de kabeljauwachtigen (Gadiformes), de baarsachtigen (Perciformes), de platvissen (Pleuronectiformes) en de schorpioenvisachtigen (Scorpaeniformes). De meest voorkomende demersale platvissen in het BNZ zijn pladijs (*Pleuronectes platessa*), tong (*Solea solea*), schar (*Limanda limanda*), tongschar (*Microstomus kitt*) en griet (*Scophthalmus rhombus*). Andere dominante demersale vissoorten zijn de kleine pieterman (*Echiichthys vipera*), pitvissen (*Callionymus* spp.), wijting (*Merlangius merlangus*), steenbolk (*Trisopterus luscus*) en harnasmannetje (*Agonus cataphractus*) (Degraer et al., 2022a). De kustzone is over het algemeen rijker in aantallen en biomassa van demersale vissen dan meer offshore gelegen gebieden (De Maerschalck et al., 2006; De Backer et al., 2022), en net zoals voor epibenthos komen er ook seizoenale variaties in hun aantallen voor. Toch was het aantal soorten in de offshore gebieden (> 30 km uit de kust) ter hoogte van de Hinderbanken (en dus het projectgebied PEZ) vrij hoog (De Maerschalck et al., 2006). In de studie van De Maerschalck et al. (2006) werden in totaal 52 demersale vissoorten opgetekend in het BNZ, terwijl dat er in de staalnames van De Backer et al. (2010) 69 waren. In de laatste gebiedsdekkende studie van De Backer et al. (2022) worden als dominante soorten in kust nabije wateren voornamelijk grondels (*Pomatoschistus* spp.) in meer modderige sedimenten

ter hoogte van de oostkust en schar (*Limanda limanda*) in de zandige sedimenten opgetekend. Offshore worden visgemeenschappen gedomineerd door kleine pieterman (*Echiichthys vipera*), rasterpitvis (*Callionymus reticulata*), dwergtong (*Buglossidium luteum*), schurftvis (*Arnoglossus laterna*) en rode mul (*Mullus surmuletus*). Ter hoogte van de toppen van de zandbanken offshore komt een verarmde visgemeenschap voor die volledig gedomineerd wordt door kleine pieterman. Ter hoogte van de 12 NM (afbakening territoriale zee) wordt een tussengemeenschap aangetroffen, welke bestaat uit soorten van zowel de kustnabije als meer offshore gemeenschappen, en bijgevolg het meest divers is (De Backer et al., 2022).

Binnen de pelagische vissen komen haring (*Clupea harengus*) en sprat (*Sprattus sprattus*) wijdverspreid binnen het BNZ voor (Van Ginderdeuren et al., 2014; De Backer et al., 2022). Met name juvenielen worden aangetroffen, en voornamelijk dicht bij de kust. Adulte individuen van haring komen eerder seizoensaal voor in het BNZ, wanneer ze in de herfst onderweg zijn naar hun paaigebieden in het Kanaal. Andere soorten zoals makreel (*Scomber scombrus*) en horsmakreel (*Trachurus trachurus*) komen dan weer voornamelijk in de zomer voor.

Prinses Elisabeth-zone

Epibenthos

Specifieke data omtrent het epibenthos (en de vissen) in de PEZ is momenteel slechts beperkt voorhanden (cf. Figuur 5-47), en De Backer et al. (2022) pleit daarom voor een grondige analyse van de huidige gemeenschappen (voorafgaand aan de geplande ontwikkelingen in de PEZ kavels) om een goede referentie (T0) vóór enige impact te bekomen. Niettemin zijn een aantal sleeplocaties in het studiegebied gelegen (De Backer et al., 2022; Figuur 5-47) waaruit enige conclusies kunnen gehaald worden. Ook bij het opstellen van de biologische waarderingskaart van Pecceu et al. (2021), als aanvulling op het werk van Derous et al. (2007), werden epibenthos-gegevens mee opgenomen. Op basis van de biologische waarderingskaart (zie ook beschrijving onder Macrobenthos), varieert de biologische waarde in de PEZ van laag (score 2) tot zeer hoog (score 5) (Figuur 5-46; Pecceu et al., 2021). Echter, op basis van De Maerschalck et al. (2006) en De Backer et al. (2010) kan worden afgeleid dat de soortenrijkdom en vooral de densiteit van het epibenthos laag is binnen de PEZ. Op basis van de informatie in Figuur 5-47 kan besloten worden dat er in de hele PEZ zowel de offshore grofzandige gemeenschap als de verarmde gemeenschap op de toppen van de Hinderbanken aanwezig is (De Backer et al., 2022). Er wordt, net als voor het macrobenthos, aangenomen dat de grindbedden in het studiegebied PEZ een hoge rijkdom aan (langlevende) epibenthossoorten (o.a. gewispons *Haliclona oculata*, dodemansduim *Alcyonium digitatum*, en wulk *Buccinum undatum*; Houziaux et al., 2008; Pecceu et al., 2021) herbergen.

Vissen

Ter hoogte van de PEZ is er weinig specifieke monitoringsinformatie beschikbaar voor pelagische of demersale vissen (De Backer et al., 2022). Net zoals voor macro- en epibenthos, werd informatie omtrent demersale visfauna mee opgenomen in de meest recente update van de biologische waarderingskaart (Pecceu et al., 2021). Net zoals voor epibenthos, vormen grindbedden een belangrijk potentieel kraam- en paaigebied voor demersale vissen, waardoor hun aantallen en mogelijks soortenrijkdom lokaal hoger kan liggen in de PEZ ter hoogte van de grindbedden. Op basis van de studie van De

Maerschalck et al. (2006) wordt eveneens een relatief grote soortenrijkdom waargenomen ter hoogte van de Hinderbanken. Op basis van de beperkte informatie uit Figuur 5-47 kan worden besloten dat (net zoals voor epibenthos) zowel de visfauna geassocieerd met de grovere zandige sedimenten (met o.a. kleine pieterman, schurftvis, rode mul en dwergtong) als de verarmde gemeenschap ter hoogte van de toppen van de zandbanken (gedomineerd door kleine pieterman) aanwezig is in de PEZ (De Backer et al., 2022).

Autonome ontwikkeling

Zowel epibenthos als vissen staan onder druk van (met name bodemberoerende) visserij (zowel Belgische als buitenlandse vloot). Onder invloed van Europese (gemeenschappelijk visserijbeleid GVB) en nationale (vb. Valduvis⁵² – visserij verduurzaamt; Convenant Duurzame Visserij 2021-2025⁵³) initiatieven en beheersmaatregelen, zijn een aantal visbestanden, zoals schol, griet, haring en wijting momenteel op een duurzaam niveau in grote delen van de Noordzee, waaronder het BNZ (zie www.geofish.be). Er wordt ook extra aandacht besteed aan het beperken van bodemverstorende visserijtechnieken (vb. boomkor) en aan de problematische teruggooi van o.a. ondermaatse vis, niet-commerciële soorten, ongewervelden en afval. Niettegenstaande deze positieve evoluties, zijn er nog steeds visbestanden in het BNZ die onder druk staan, zoals kabeljauw, zeebaars en tong (www.geofish.be).

Er kan verwacht worden dat de visgemeenschappen en vermoedelijk ook de epibenthosgemeenschappen wijzigingen zullen ondergaan ten gevolge van de klimaatsverandering (wijzigingen in stromingskarakteristieken, chemische eigenschappen van het zeewater, temperatuur, stormfrequenties, etc.). Op dit moment heerst er nog veel onzekerheid over de kwantificering van de invloeden van klimaatsverandering op het mariene milieu, zeker op de schaalgrootte van het BNZ. Bovendien zijn de effecten geïnduceerd door klimaatsverandering niet altijd te scheiden van effecten ten gevolge van andere, menselijke invloeden.

5.4.2.3 Vogels en vleermuizen

Belgische deel van de Noordzee

Zeevogels

Sinds 1987 worden in het BNZ gestandaardiseerde tellingen uitgevoerd per vliegtuig en sinds 1992 per schip (RV Belgica, RV Zeeleeuw en RV Simon Stevin) om de densiteiten en verspreiding van zeevogels in kaart te brengen en te monitoren. In het BNZ komen voornamelijk zeevogels uit vier voedselgildes voor:

- Zee-eenden (*Melanitta* sp.) en eidereenden (*Somateria millissima*) voeden zich voornamelijk met bodemorganismen en duiken hiervoor geregeld naar de zeebodem;
- Duikers (*Gavia* sp.), futen (*Podiceps* sp.), sterns (Sternidae sp.) en alken (Alcidae sp.) jagen vooral actief in de waterkolom naar pelagische vis;

⁵² <https://valduvis.be/>

⁵³ <https://lv.vlaanderen.be/visserij/vissen-europese-wateren/visserijbeleid>

- Noordse stormvogels (*Fulmarus glacialis*) en dwergmeeuwen (*Hydrocoloeus minutus*) foerageren vooral aan het wateroppervlak en voeden zich met o.a. kleine vis, insecten en mariene ongewervelden;
- Grotere meeuwen (Laridae sp.) en drieteenmeeuwen (*Rissa tridactyla*) zijn eerder opportunistisch en worden vaak aangetrokken tot vissersschepen (Volckaert & Durinck, 2018).

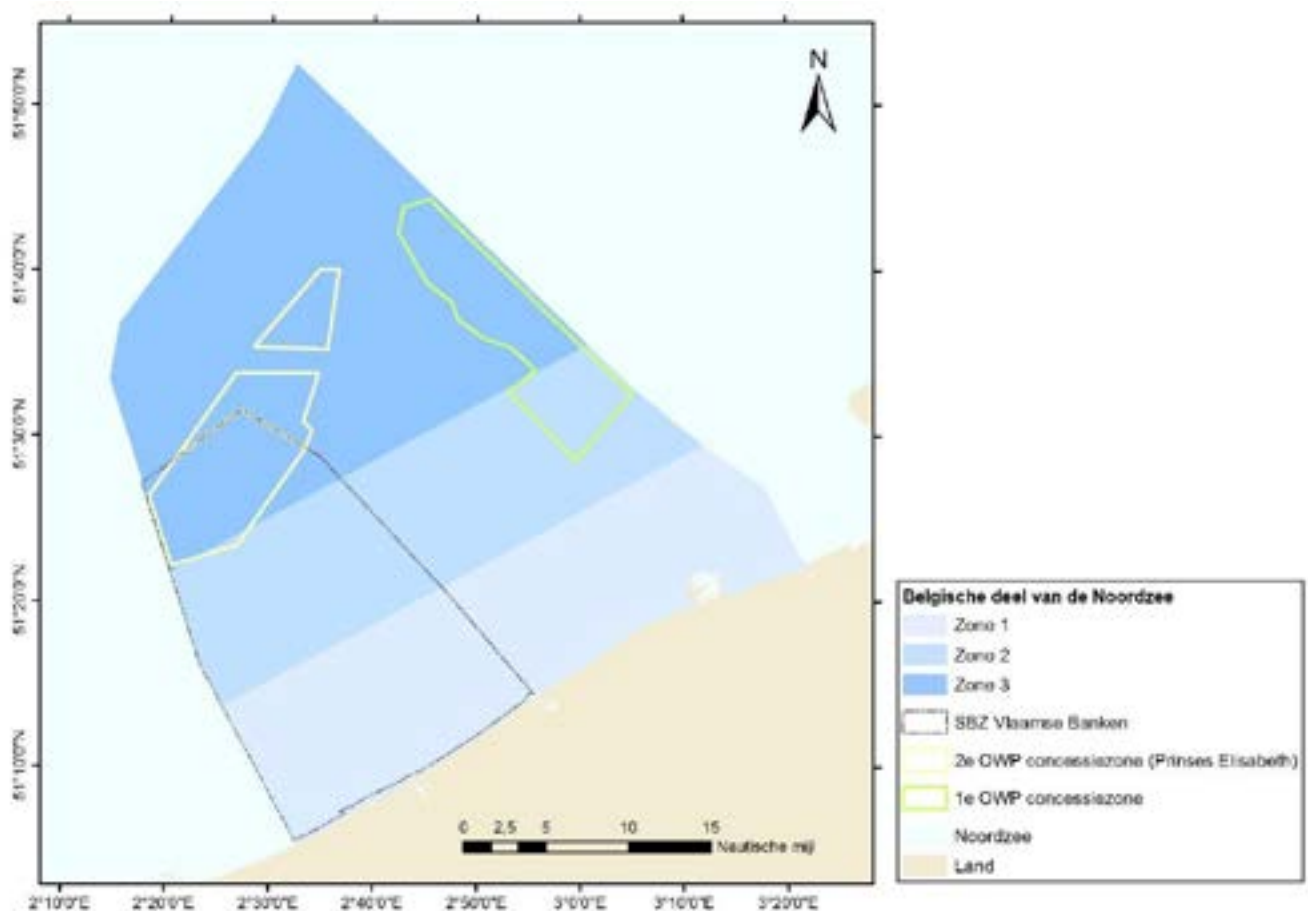
Voor deze zeevogels vormen vooral de ondiepe kustbanken een belangrijke habitat, gezien deze fungeren als o.a. overwinteringsplaats. Op basis van de Europese Vogelrichtlijn (Natura 2000) komen acht van deze zeevogelsoorten binnen het BNZ in aanmerking voor bescherming en werd er voor vier soorten een Speciale Beschermingszone (SBZ-V) nabij de kust afgeleid (zie ook Figuur 5-62 in § 5.6.2.1): de grote stern (*Thalasseus sandvicensis*), de visdief (*Sterna hirunda*), de fuut (*Podiceps cristatus*) en de dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*). Voor deze soorten werden daarom specifieke instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) geformuleerd om hun aantallen op peil te houden binnen het BNZ (Stienen & Vanermen, 2020; Vanermen et al., 2022b). Om deze doelstellingen indachtig te blijven, moet een passende beoordeling opgemaakt worden om mogelijke impacten op deze IHD's in kaart te brengen (zie Hoofdstuk 7).

Aan de basis van deze doelstellingen, die geformuleerd werden in het kader van Natura 2000 en KRMS, liggen de zogenaamde referentie-aantallen voor de periode 1993-2009. Deze referentie-aantallen stellen de hoogste dichtheden van een bepaalde zeevogelsoort voor binnen de zone van het BNZ waar zich minstens 70 % van de aantallen van deze soort bevindt, en worden weergegeven in Tabel 5-22. De zones waarnaar wordt verwezen in Tabel 5-22 worden geduid in Figuur 5-48.

Tabel 5-22 – Referentie-aantallen (1993-2009) voor zeevogels zoals geformuleerd in het kader van de IHD's voor Natura 2000 en KRMS (Stienen en Vanermen, 2020).

Soort	Seizoen	Zone(s)	Referentie Aantal	N2000	KRMS
Duiker sp.	Winter	1 & 2	930	X	X
Fuut	Winter	1	1.300	X	X
Jan-van-Gent	Najaar	2 & 3	3.700		X
Zwarte zee-eend	Voorjaar	1 & 2	4.500	X	X
Dwergmeeuw	Voorjaar	1 & 2	2.000	X	X
Stormmeeuw	Winter	1, 2 & 3	5.600		X
Kleine mantelmeeuw	Voorjaar	1 & 2	9.300	X	X
Grote mantelmeeuw	Winter	1, 2 & 3	7.700	X	X
Zilvermeeuw	Voorjaar	1 & 2	4.900		X
Drieteenmeeuw	Winter	2 & 3	6.300		X
Grote stern	Zomer	Broedpopulatie	6.900	X	

Soort	Seizoen	Zone(s)	Referentie Aantal	N2000	KRMS
Dwergstern	Zomer	Broedpopulatie	600	X	
Visdief	Zomer	Broedpopulatie	6.600	X	
Zeekoet	Winter	2 & 3	9.800		X
Alk	Winter	2 & 3	2.000		X



Figuur 5-48 – Belgische deel van de Noordzee met weergave van de zonering voor de berekening van de referentie-aantallen van zeevogels (zie Tabel 5-22) en indicatie van de PEZ, de Oostelijke energiezone en het N2000 gebied 'Vlaamse Banken' (Vanermen et al., 2022b).

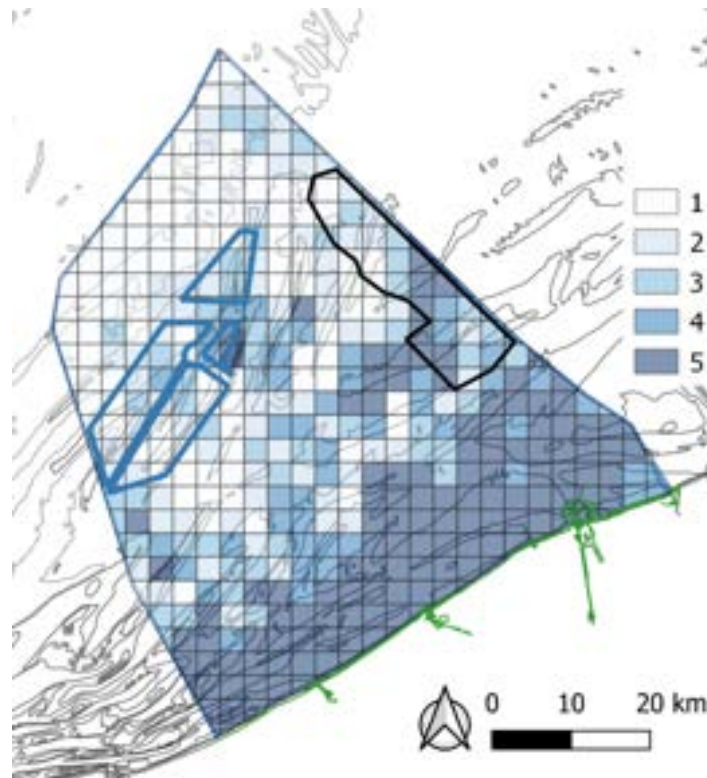
De meeste zeevogelsoorten opgeijst in Tabel 5-22 vertonen schommelende trends doorheen de afgelopen jaren, waarbij een sterke gelijkenis opvalt tussen de densiteiten van alk, drieteenmeeuw en dwergmeeuw. Deze gelijkenis is vermoedelijk het gevolg van een gelijkaardig dieet van de drie soorten, waardoor ze vaak samen voorkomen en allen in zekere mate afhankelijk zijn van de aanwezigheid van zandspiering (*Ammodytes tobianus*) (Belgische Staat, 2018a). Ook dieet-gebonden is de laatste jaren een sterke afnemende trend waarneembaar in densiteit van de zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*), vermoedelijk het gevolg van een verminderde beschikbaarheid van geschikte schelpdieren. De aasetende soorten (bv. meeuwen) namen doorgaans sterk af in de periode 2011-2016 en een goede milieutoestand werd in vier van deze jaren niet bereikt (Belgische Staat, 2018a). Dit terwijl het teruggooien van gequoteerde commerciële

vissoorten nochtans (nog) niet verboden is. Voor de niet-aasetende zeevogelsoorten werd een goede milieutoestand in deze periode (2011-2016) elk jaar bereikt, al vertonen de meeste van deze soorten in het BNZ een afnemende trend.

De kustzone van het BNZ (zone 1 in Figuur 5-48) vormt in het voorjaar en de zomermaanden een belangrijk foerageergebied voor o.a. sternen (grote stern, dwergstern en visdief), dewelke voornamelijk het Zwin, de Spuikom (Oostende) en het sterneneiland in de haven van Zeebrugge als broedplek gebruiken (Degraer et al., 2010). Sinds 2008 is echter een sterke achteruitgang waargenomen in deze soorten, waarbij de grote stern en dwergstern de laatste jaren nagenoeg verdwenen zijn uit Vlaanderen (Stienen et al., 2021). Gezien slechts een beperkt aantal zeevogelsoorten het BNZ gebruiken als broedgebied, waarbij vooral de zandige habitats van belang zijn, werden drie van deze gebieden (met aangrenzende foerageergebieden) aangeduid als Vogelrichtlijngebied (Degraer et al., 2010; Belgische Staat, 2018a). Zoals eerder vermeld betreft het drie gebieden net buiten de havens van Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge (zie ook Figuur 5-62 in § 5.6.2.1). Het aantal broedende zeevogels is echter sterk gedaald en meer dan 25 % van de soorten bevindt zich momenteel onder het referentieniveau uit Tabel 5-22 (Belgische Staat, 2018a). Ook wordt sinds 2000 de goede milieutoestand in de Noordzee niet langer gehaald en sinds 2005 in geen enkele OSPAR-regio meer.

De winter kent de grootste dichtheid aan zeevogels op het BNZ, met een gemiddelde dichtheid van ± 12 vogels/km² in 2008 en maximale dichtheden kunnen zelfs lokaal oplopen tot > 700 vogels/km² (Vanermen & Stienen, 2009). In de lente en herfst liggen de gemiddelde dichtheiten iets lager (± 7 vogels/km²), terwijl de zomer de laagste dichtheiten kent (± 4 vogels/km²).

In 2007 werd ook een biologische waarderingskaart opgesteld voor zeevogels in het BNZ als deel van een groter onderzoek naar het in kaart brengen van biologische en ecologische waarde van het BNZ (Deraus et al., 2007; Figuur 5-49). Deze kaart verduidelijkt nogmaals dat de kustzone van groter belang is voor zeevogels dan de verder gelegen offshore gebieden, wat vooral gelinkt wordt aan het belang van deze kustzones als foerageer- en overwinteringsgebied (Deraus et al., 2007; Degraer et al., 2010). Echter hebben ook delen van de Noord- en Westhinder zandbanken een hogere biologische waarde voor zeevogels, wat van belang is in voorliggend MER gezien de overlap met de PEZ, en dewelke verder besproken worden in de effectenbeoordeling (§ 5.4.3.3).



Figuur 5-49 – Biologische waarderingskaart voor zeevogels in het BNZ (Deraus et al. 2007), met aanduiding van de PEZ (blauw) en de Oostelijke energiezone (zwart).

Zangvogels

Naast zeevogels gebruiken meerdere miljoenen (zang)vogels van ± 250 verschillende soorten de Noordzee als migratiecorridor (Hüppop et al., 2006). De kustzones (5 à 10 km uit de kust) worden hierbij het meest intensief gebruikt, maar ook boven open zee is een aanzienlijke migratiedensiteit waarneembaar (Hüppop et al., 2006). Vogeltellingen op het BNZ uitgevoerd door INBO nemen geregeld trekkende zangvogels waar, met veldleeuwerik (*Alauda arvensis*), graspieper (*Anthus pratensis*), koperwiek (*Turdus iliacus*), spreeuw (*Sturnus vulgaris*) en vink (*Fringilla coelebs*) als voornaamste soorten (Vanermen et al., 2022b). Een eenvoudige extrapolatieoefening op basis van deze telresultaten wijst bv. op een gemiddelde van 14.000 tot 17.000 spreeuwen die op een goede trekdag per uur via het BNZ het Europese vasteland bereiken. Eenzelfde extrapolatie levert verder tot 26.000 vinken en graspiepers (verdeeld over beide soorten) en tot 16.000 veldleeuweriken op die per uur de West-Europese kust bereiken via het BNZ (Vanermen et al., 2006).

Ook 's nachts kunnen trekkende zangvogels waargenomen worden boven het BNZ, buiten het zichtbereik van vogeltellers. Deze nachtelijke trek kan wel d.m.v. radarstudies in kaart worden gebracht. Zo werden ter illustratie tot ± 570 (groepen) trekkende vogels per km per uur vastgesteld in de Oostelijke energiezone op rotorhoogte (Brabant et al., 2015).

Andere vogelsoorten

Het BNZ vormt ook een belangrijke migratieroute voor verschillende soorten ganzen, eenden en steltlopers (Vanermen et al., 2022b). Deze soorten trekken voornamelijk doorheen de kustgebieden richting hun overwinterings- en ruigebieden, waardoor het projectgebied (PEZ) voor deze soorten van minder belang is. Enkele uitzondering, bv. trekkende rotganzen

(*Branta bernicla*), zilverplevier (*Pluvialis squatarola*) en rosse grutto's (*Limosa lapponica*), werden wel reeds verder offshore waargenomen (Vanermen et al., 2006). Gezien het beperkte belang van de PEZ voor deze andere vogelsoorten, worden deze niet verder besproken in de effectbeoordeling (§ 5.4.3.3).

Vleermuizen

Alle Europese vleermuissoorten zijn beschermd onder bijlage IV van de Habitatrichtlijn, wat zoveel betekent als verboden opzettelijk te verstoren tijden overwintering, voortplanting en trek (92/43/EEG, art. 12). Ook boven zee kunnen vleermuizen worden waargenomen, al zijn voor het BNZ geen gestandaardiseerde locatiespecifieke data beschikbaar. Akoestisch onderzoek in de Oostelijke energiezone leverde reeds waarnemingen van de ruige dwergvleermuis (*Pipistrellus nathusii*) op in de herfst (Brabant et al., 2018) en ook in Nederlandse windparken op zee werd deze soort reeds gedetecteerd, alsook rosse vleermuis (*Nyctalus noctula*), laatvlieger (*Eptesicus serotinus*), Leisler's vleermuis (*Nyctalus leisleri*), Noordse vleermuis (*Eptesicus nilssonii*) en tweekleurige vleermuis (*Vespertilio murinus*) (Boshamer & Bekker, 2008; Lagerveld et al., 2017; Brabant et al., 2018, 2019).

Prinses Elisabeth-zone

Zeevogels

De Noord- en Westhinder zandbanken, gelegen t.h.v. de PEZ, zijn volgens de biologische waarderingskaart (Figuur 5-49) van hoog belang voor zeevogels in het BNZ. Het projectgebied (PEZ) bevindt zich volgens Figuur 5-48 in zone 3, waardoor dit gebied dus vooral door o.a. Jan-van-Genten (*Morus bassanus*), stormmeeuwen (*Larus canus*), grote mantelmeeuwen (*Larus marinus*), drieteenmeeuwen (*Rissa tridactyla*), zeekoeten (*Uria aalge*) en alken (*Alca torda*) gebruikt wordt (zie Tabel 5-22). Jan-van-Genten bereiken naar schatting in het najaar de hoogste aantallen (± 3.700 individuen), terwijl de meeuwen en alkachtigen voornamelijk in de winter in groten getale voorkomen, met cumulatieve aantallen in het BNZ van respectievelijk ± 19.600 en ± 11.800 individuen (Tabel 5-22).

Zangvogels

Gezien de trek van zangvogels doorheen het BNZ voornamelijk via 'breedfronttrek' verloopt, i.e. vrij homogeen over de gehele breedte van het trekgebied, maakt de PEZ mee deel van uit van het trekgebied van deze zangvogelsoorten (Vanermen et al., 2022b).

Vleermuizen

Het precieze belang van de projectlocatie (PEZ) voor vleermuizen is niet gekend. Onderzoek toonde echter al aan dat de ruige dwergvleermuis het kanaal tussen het Verenigd Koninkrijk en het vasteland oversteekt, al werd ook een negatieve correlatie aangetoond tussen het aantal waarnemingen en de afstand tot de kust (Brabant et al., 2021a). Het aantal offshore waarnemingen via batdetector is echter een onderschatting van het werkelijke aantal vleermuizen die zich ver uit de kust (kunnen) bevinden, gezien het bereik van dit soort detectoren beperkt is en vleermuizen offshore waarschijnlijk minder afhankelijk zijn van echolocatie (Brabant et al., 2021a). Om een accuraat beeld te krijgen van de potentiële impact

van de ontwikkeling van de PEZ op vleermuizen boven het BNZ, zal verder onderzoek via zowel radar als batdetector noodzakelijk zijn.

Autonome ontwikkeling

Voorkomen en densiteiten van zeevogels, zangvogels en vleermuizen binnen het BNZ fluctueren sterk op korte termijn, o.a. onder invloed van voedselaanbod, weersomstandigheden en reproductief succes. Op langere termijn zijn fluctuaties vooral voedselgerelateerd en voor zeevogelsoorten dus indirect afhankelijk van o.a. sedimentkarakteristieken en visbestanden (Belgische Staat, 2018a). Ook zorgen antropogene bedreigingen zoals vervuiling, verstoring, klimaatverandering en visserij ervoor dat korte- en langetermijn voorspellingen omtrent verspreiding en densiteiten van zeevogels moeilijk te maken zijn.

5.4.2.4 Zeezoogdieren

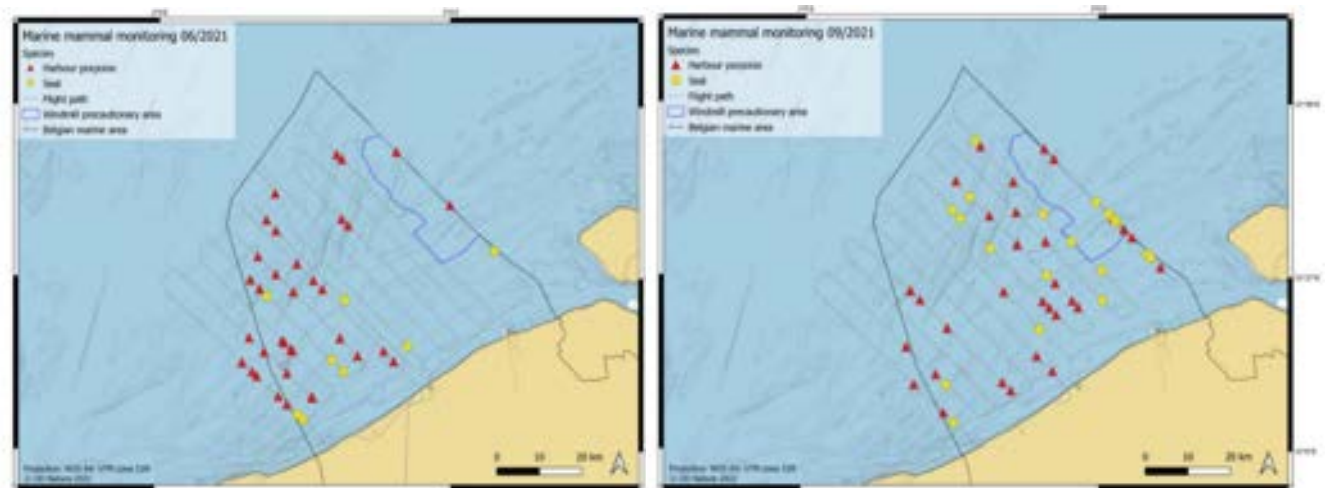
Belgische deel van de Noordzee

Op basis van de jaarlijkse rapporteringen door het KBIN, wordt sinds 2003 een toename in het aantal waarnemingen in het BNZ vastgesteld, synchroon met een gelijkaardige trend in de volledige zuidelijke Noordzee. Deze trend is vermoedelijk gelinkt aan een verminderd voedselaanbod in de meer noordelijke verspreidingsgebieden (Depestele et al., 2008; Haelters & Camphuysen, 2009; Haelters et al., 2018). De bruinvis (*Phocoena phocoena*) is het meest voorkomende zoogdier in het BNZ, gevolgd door de gewone zeehond (*Phoca vitulina*), de grijze zeehond (*Halichoerus grypus*), de tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en de witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*). Bruinvissen zijn doorgaans solitair en doorheen het volledige BNZ te vinden al foeragerend op kleine vissoorten zoals haring, tong of schar. Beide zeehondensoorten zijn afkomstig van één van de kolonies in Nederland, Frankrijk of het Verenigd Koninkrijk; de dichtste kolonie is in Zeeland gelegen. Tuimelaars en witsnuitdolfijnen zijn in het BNZ dan weer eerder vrij beperkt in aantal en worden meestal waargenomen op doortocht. Gezien hun relatieve aantal in het BNZ, worden in onderstaande paragrafen daarom de bruinvis, de gewone zeehond en de grijze zeehond in meer detail besproken.

Bruinvis

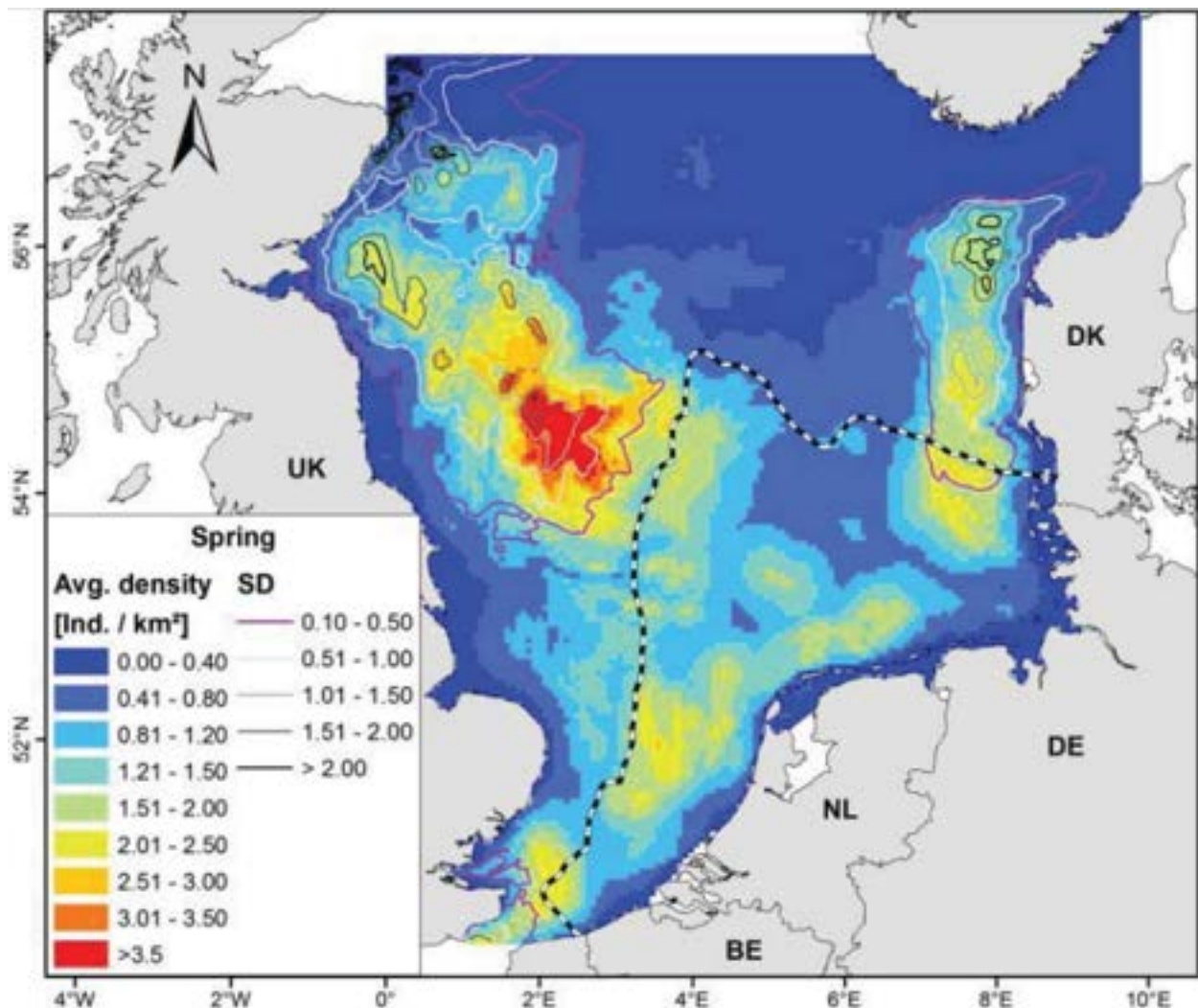
De bruinvis (*Phocoena phocoena*) is de kleinste en meest voorkomende walvisachtige van de Noordzee. Sinds de late jaren '90 wordt de soort (seizoenaal) zeer regelmatig waargenomen in het BNZ, nadat deze in de jaren '50 nagenoeg verdwenen was uit het zuidelijke deel van de Noordzee. Sinds 2008 worden door KBIN per vliegtuig gestandaardiseerde surveys uitgevoerd boven het BNZ om aantallen en verspreiding in kaart te brengen. De resultaten van deze surveys worden weergegeven in Figuur 5-50 voor 2021, waarbij zowel in juni als september 52 bruinvissen werden waargenomen (Haelters et al., 2022). Naar schatting komen deze aantal overeen met ± 2.700 individuen in het BNZ. Gezien de bruinvis zeer mobiel is, fluctueren de waarnemingen van jaar tot jaar in aantal en in locatie. Het aantal bruinvissen in het BNZ zou naar schatting $< 1\%$ bedragen van de totale populatie bruinvissen in de Noordzee, al kan dit aandeel oplopen tot $\pm 2\%$ tijdens de lentemaanden (februari – april) (Degraer et al., 2009). Zo werd o.b.v. de survey in april 2018 het totale aantal bruinvissen in het BNZ geschat op > 10.000 individuen (Haelters et al., 2019a). Op basis van de jaarlijkse surveys

uitgevoerd door KBIN kan worden ingeschat dat het grootste aantal waarnemingen plaatsvindt in het noordwestelijke deel van het BNZ, overlappend met de projectlocatie (PEZ) (Haelters et al., 2019a, 2021, 2022).



Figuur 5-50 – Waarnemingen van bruinvis (rood) en zeehonden (geel) in het BNZ in 2021 op basis van surveys per vliegtuig door KBIN in juni en september, met indicatie van de gevlogene route en de Oostelijke energiezone (Haelters et al., 2022).

Gezien het groot aantal bruinvissen die in het BNZ vertoeven tijdens de migratieperiode, worden deze wateren relatief belangrijk geacht voor de bruinvispopulatie op Europees niveau (Degraer et al., 2009, 2010). De individuen die worden waargenomen in het BNZ vormen dan ook geen geïsoleerde populatie, maar maken deel uit van een veel grotere populatie die zich over de gehele zuidelijke en centrale Noordzee verspreid. Seizoensgebonden densiteiten van bruinvis in de Noordzee werden gemodelleerd door Gilles et al. (2016) op basis van luchtsonderzoek en resultaten tonen aan dat de grootste aantallen bruinvissen te vinden zijn in het BNZ tijdens het voorjaar (Figuur 5-51).



Figuur 5-51 – Gemiddelde densiteit van bruinvis in de zuidelijke en centrale Noordzee in de lente (Gilles et al., 2016).

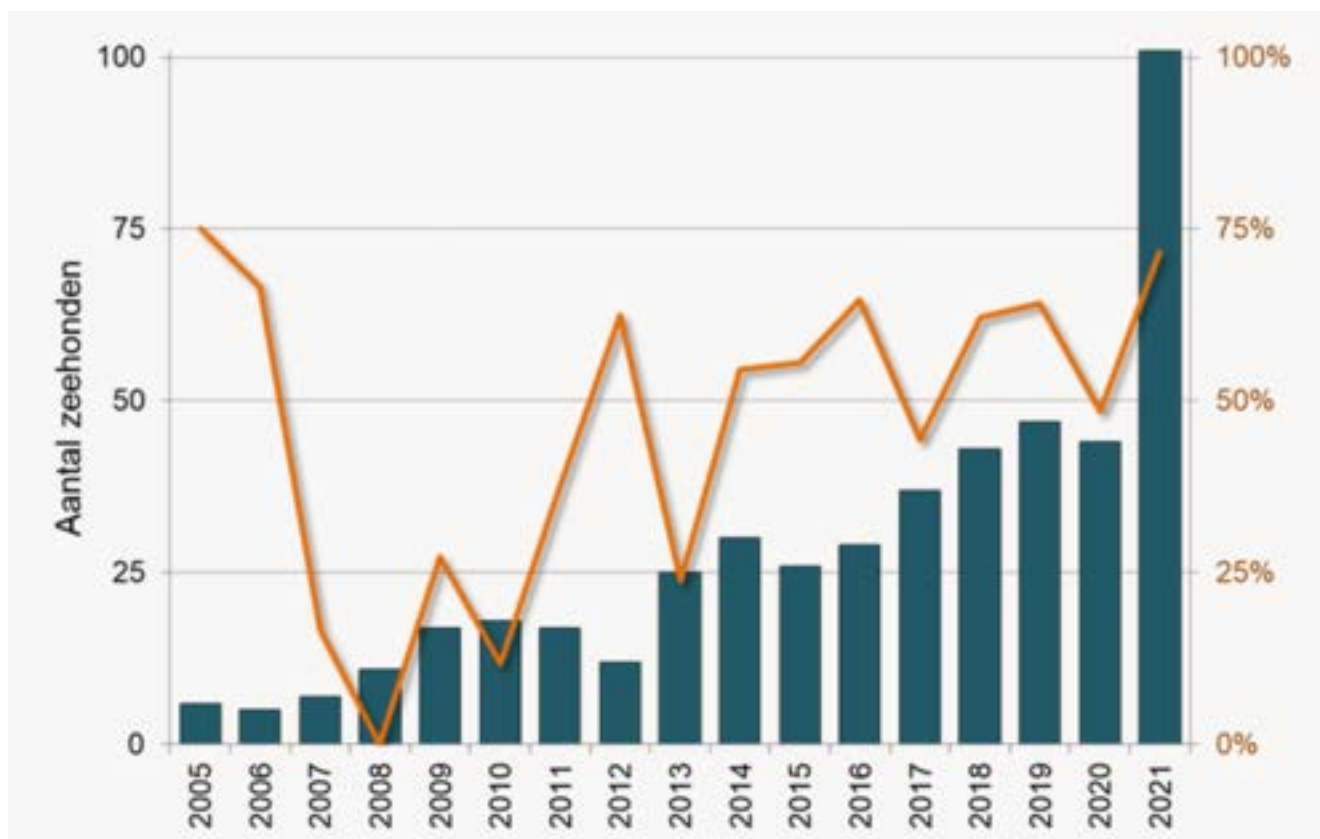
De bruinvis is in tegenstelling tot de meeste dolfijnachtigen een eerder solitaire soort. Tijdens de luchtmonitoring worden vooral solitaire individuen waargenomen in de lente, terwijl tijdens surveys in de zomer of herfst vaker kleine groepen worden gedetecteerd (Haelters et al., 2019a, 2021, 2022). Dit verschil in groepsgrootte is vermoedelijk gecorreleerd aan de levenscyclus van deze soort, waarbij paring, geboorte en lactatie plaatsvindt in deze seizoenen, en/of aan een seizoenale stijging in voedselaanbod (o.a. schoolvorming van haring en sprat). Foerageren, navigeren en communiceren doen bruinvissen a.d.h.v. echolocatie, meer bepaald met 'narrow-ban high-frequency' (NBHF) klikgeluiden (Sørensen et al., 2018; Rumes & Degraer, 2022a). Hun akoestisch bereik loopt van 13 tot 140 kHz, met een maximale gevoeligheid rond 125 kHz (Kastelein et al., 2015).

Gewone en grijze zeehond

Zeehonden worden de laatste decennia opnieuw regelmatig waargenomen in het BNZ na een eerdere periode van achteruitgang (ruwweg 1950-1980) ten gevolge van verstoorde kolonies in de buurlanden (Degraer et al., 2009). De groei van de naburige zeehondenpopulaties, o.a. in Zeeland, de Waddenzee, de baai van de Somme en de zuidoostkust van Engeland, is voornamelijk te wijten aan een combinatie van wettelijke bescherming, verschillende opvanginitiatieven en

algemene milieubescherming (Haelters et al., 2019a). Waarnemingen van groepen van 5 tot wel 20 gewone zeehonden zijn nu niet langer ongewoon aan de Belgische kust, met bijna dagelijkse aanwezigheid in de havens van Nieuwpoort en Oostende (Haelters et al., 2021). Grijze zeehonden zijn zeldzamer in het BNZ, maar ook deze soort is regelmatig aanwezig in o.a. de havens van Nieuwpoort en Oostende. Gezien zeehonden erg trouw zijn aan hun rustplaatsen en kolonies (waar voortplanting plaatsvindt), ligt het werkelijk aantal individuen vermoedelijk echter lager dan het aantal waarnemingen (Haelters et al., 2018).

In 2021 werden in totaal 101 dood of stervende gestrande zeehonden door BMM geregistreerd aan de Belgische kust (Figuur 5-52), een verdubbeling van voorgaande jaren. De algemeen stijgende trend in aangetroffen zeehonden sinds 2005 is vermoedelijk het gevolg van de toenemende populaties gewone en grijze zeehonden in de buurlanden (Haelters et al., 2021). Het aandeel grijze zeehonden bleef het laatste decennium relatief stabiel en schommelt tussen de 50 en 70 % (Figuur 5-52). Het gemiddeld aantal strandingen per km kustlijn was in 2021 het hoogst aan de Westkust (De Panne, Koksijde en Nieuwpoort), met tot 2,9 gestrande zeehonden per km.



Figuur 5-52 – Aantal dood of stervende gestrande zeehonden aan de Belgische kust tussen 2005-2021 (blauw), met procentueel aandeel grijze zeehonden (oranje). (Haelters et al., 2021)

Beide zeehond soorten gebruiken akoestische signalen om te communiceren met soortgenoten, waarbij deze van cruciaal belang zijn bij het paargedrag en voor de band tussen moeder en jong. Geluiden worden geproduceerd over een breed frequentiebereik, al is er een voorkeur voor lage frequenties (Rumes & Degraer, 2022a). Gewone zeehonden reageren op onderwatergeluiden tussen 1 en 180 kHz, met een piekgevoeligheid om en bij 32 kHz. Bij Grijze zeehonden is de totale

gehoorrange onder water nog onbekend, maar de piekgevoeligheid werd vastgesteld rond 20 tot 25 kHz (Rumes & Degraer, 2022a). Boven water is hun gehoorvermogen sterk verminderd, met een gehoorrange tussen 1 en 22,5 kHz (piekgevoeligheid 12 kHz) bij gewone zeehonden en tussen 3 en 20 kHz bij grijze zeehonden.

Prinses Elisabeth-zone

Bruinvis

Zoals eerder aangehaald bevindt de PEZ zich ter hoogte van de locatie binnen het BNZ waar tijdens de jaarlijkse surveys door KBIN het grootste aantal waarnemingen van bruinvissen plaatsvindt (Haelters et al., 2019a, 2020, 2021, 2022). De projectlocatie is dus van relatief hoog belang voor deze zeezoogdieren.

Gewone en grijze zeehond

In het BNZ is geen sprake van geïsoleerde zeehondenpopulaties en zijn alle waargenomen dieren afkomstig van gevestigde kolonies in de buurlanden (Nederland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk). Vermoedelijk wordt het ontstaan van een zeehondenkolonie aan de Belgische kust verhinderd door het gebrek aan langdurig onverstoorde rust- en voortplantingsplaatsen (Degraer et al., 2009; Haelters et al., 2010). Ten opzichte van de aantallen in het volledig zuidelijk deel van de Noordzee zijn de Belgische wateren en de PEZ dan ook van ondergeschikt belang voor zeehonden binnen Europa.

Autonome ontwikkeling

Er zijn momenteel geen aanwijzingen dat het leefgebied van zeezoogdieren binnen het BNZ op korte termijn zou wijzigen, al zijn deze zeer mobiele soorten uiteraard steeds onderhevig aan (semi-)natuurlijke fluctuaties door o.a. wijzigingen in voedselbeschikbaarheid. Ook overwinterings- en foerageergebieden zijn onderhevig aan lange termijn fluctuaties, waarbij bv. reeds meer dan 10 jaar een zuidelijke verschuiving wordt vastgesteld in de foerageergebieden van bruinvissen uit de noordelijke delen van de Noordzee (Depestele et al., 2008; Haelters & Camphuysen, 2009; Haelters et al., 2018). Vermoedelijk wordt deze verschuiving dan ook tot op heden voortgezet. Verder vormen voornamelijk vervuiling, klimaatverandering, overbevissing, aanvaringen en incidentele bijvangst in vissersnetten de grootste bedreigingen voor zeezoogdieren in het BNZ.

5.4.2.5 Artificiële harde substraten

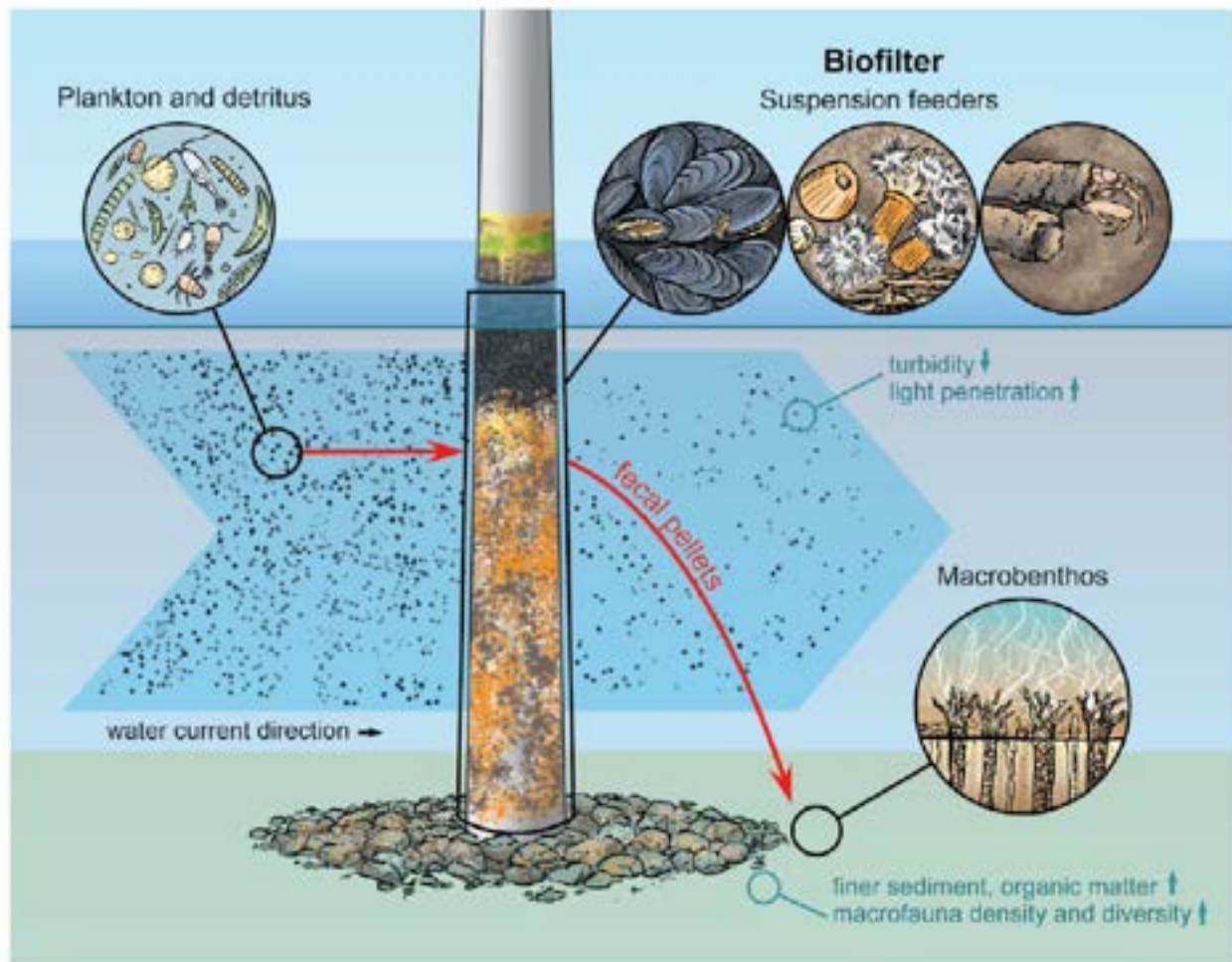
Belgische deel van de Noordzee

Een groot aantal artificiële harde substraten (AHS) zijn reeds aanwezig in het BNZ onder de vorm van strandhoofden, havendammen, wrakken en offshore structuren zoals de turbinefunderingen in de Oostelijke energiezone. De delen van deze AHS die onder water zijn gelegen vormen een kunstmatig rif en bieden een nieuw habitat voor koloniserende epifauna en visgemeenschappen (Degraer et al., 2020b). Deze nieuwe gemeenschappen worden doorgaans gekenmerkt door een grote diversiteit en biomassa, en bieden ook mogelijkheden voor bv. niet-inheemse soorten, plaatselijke zeldzame soorten en/of habitatvormende soorten. Deze laatste kunnen de habitatcomplexiteit nog verder doen

toenemen, wat op zijn beurt opnieuw andere soorten kan aantrekken. De belangrijkste soortengroepen die in het BNZ worden geassocieerd met AHS (o.b.v. densiteiten in de Oostelijke energiezone) zijn schaaldieren (Crustacea sp.) zoals krabben, (heremiet)kreeften en vlokreeften, weekdieren (Mollusca sp.) zoals mosselen, zeeslakken en (pijl)inktvissen, stekelhuidigen (Echinodermata sp.) zoals slangsterren, zeesterren en zee-egels, zeeanemonen (*Actiniaria* sp.) en enkele vissoorten.

In voorliggend MER worden de epifauna gemeenschappen gedefinieerd als zijnde de koloniserende organismen > 1 mm die zich vestigen op de AHS geassocieerd met de ontwikkeling van windparken op zee. De exacte samenstelling van de volledige AHS gemeenschappen (zowel epifauna als vissoorten) kan o.a. afhangen van de afstand tot de kust, het substraattype, de diepte en de ouderdom van de structuur. Naast ouderdom van de structuur en de locatie, blijken ook de biologische interacties tussen de verschillende soorten één van de belangrijkste bepalende factoren in de algemene diversiteit van de AHS gemeenschappen (Zupan et al., 2023a).

In de Oostelijke energiezone werden deze AHS gemeenschappen reeds gedurende > 11 jaar gemonitord en onderzocht, o.a. in functie van het WinMon programma door KBIN. Functioneel vormen de koloniserende gemeenschappen een 'biofilter' die grote hoeveelheden organisch materiaal uit de waterkolom filteren, met een verhoogde faeces-productie tot gevolg (Figuur 5-53). Hierdoor hebben de gemeenschappen een significante impact op de omliggende benthische gemeenschappen, o.a. door een plaatselijk verhoogde voedselbeschikbaarheid, wat op zijn beurt ook hogere trofische niveaus (i.e. vissen, zeevogels en zeezoogdieren) ten goede kan komen (Degraer et al., 2020b).



Figuur 5-53 – Grafische weergave van het ‘biofilter’ effect van een AHS koloniserende gemeenschap op een turbine fundering in het BNZ (Degraer et al., 2020b).

De belangrijkste soorten die in aantal het meest voorkomen op en rond de funderingen en erosiebescherming zijn de gewone mossel (*Mytilus edulis*), de vlokreeft (*Jassa herdmani*), de zeenanjelier (*Metridium senile*), het gewoon porseleinkrabbetje (*Pisidia longicornis*) en de driehoekige kalkkokerworm (*Spirobranchus triqueter*) (Zupan et al., 2023a). Overige vaak voorkomende soorten zijn o.a. de Europese kreeft (*Homarus gammarus*), de noordzeekrab (*Cancer pagurus*), de gewone zeester (*Asterias rubens*), de gewone zeeappel (*Psammechinus miliaris*), meerdere macrowieren, steenbolk (*Trisopterus luscus*) en kabeljauw (*Gadus morhua*) (Degraer et al., 2018a). In deze AHS gemeenschappen kunnen de gewone mossel, de vlokreeft *J. hermani* en de zeenanjelier als meest ecologisch impactvolle soorten worden beschouwd. De gewone mossel is namelijk in staat om zeer grote hoeveelheden water te filteren rondom de turbine (> 6.000 m³/dag) en behaalt hiermee de hoogste koolstoffixatie (> 90 %) van het volledige AHS voedselweb, wat mee aan de oorsprong ligt van hun ecologisch belangrijke functie als zogenaamde ‘biofilter’ (Degraer et al., 2020b; Voet et al., 2021; Voet & Vlamincx et al., 2022). Daarnaast bedroeg *J. hermani* ± 80 % van het totaal aantal waargenomen individuen op de turbines in de Oostelijke energiezone, met densiteiten tot meer dan 1 miljoen individuen per m³ (Coolen et al., 2020; Zupan et al., 2023a). Tenslotte is de anemoon *M. senile* een beduchte predator die in staat is allerlei koloniserende organismen te versmoren en weg te concurreren, wat aanleiding geeft tot de zogenaamde ‘slimeification’ (‘verslijming’) van de oudere AHS gemeenschappen (+10 jaar) in het BNZ (Kerckhof et al., 2019).

Naast hun functionele rol als o.a. 'biofilter' en toegevoegde habitatcomplexiteit, ondergaan de AHS in het BNZ ook een structurele metamorfose doorheen de jaren. Door het WinMon programma in de Oostelijke energiezone zijn gedetailleerde sets aan lange termijn-data (+10 jaar) beschikbaar. Op basis van deze data konden reeds verschillende successiestadia geïdentificeerd worden, met een kort pioniersstadium (0-2 jaar, gekenmerkt door koloniserende pionierssoorten), gevolgd door een intermediair stadium (3-5 jaar, gekenmerkt door een grote diversiteit aan suspensie-voedende ongewervelden). Eerder werd vervolgens een derde 'climax'-stadium gedefinieerd (+6 jaar, gedomineerd door mosselen en anemonen), maar recent uni- en multivariaat onderzoek wees echter uit dat deze zogenaamde 'climax'-gemeenschap na 11 jaar nog steeds niet stabiel blijkt wat betreft soortenrijkdom, diversiteit en samenstelling (Kerckhof et al., 2019; Zupan et al., 2023a). Deze bevindingen benadrukken de meerwaarde van dit soort monitoring op lange termijn, alsook het belang van een (effecten)beoordeling op een grote ruimtelijk-temporele schaal (Degraer et al., 2020b).

De erosiebescherming aan de voet van de funderingen bestaat uit een mix aan stortstenen (zie § 3.4.3) die, in vergelijking met de omliggende sedimenten, een veel hogere plaatselijke habitatcomplexiteit bieden. Dit trekt een verscheidenheid aan soorten aan, zowel macrobenthos, epibenthos en vissen (zie ook § 5.4.2.1 en § 5.4.2.2). Hoewel deze structuren fysiek erg lijken op natuurlijke (geogene) riffen, blijkt de fauna geassocieerd met deze artificiële riffen toch significant te verschillen (Coolen et al., 2020). In het BNZ komen echter ook natuurlijke geogene en biogene riffen voor, die respectievelijk vooral gekenmerkt worden door sponzen (Porifera sp.), zachte koralen (Alcyonacea sp.) en anemonen (Actiniaria sp.) (Houziaux et al., 2008), en de zandkokerworm (*Lanice conchilega*) (Rabaut et al., 2008). Zie § 5.4.2.1 en § 5.4.2.2 voor een meer gedetailleerde bespreking van deze gemeenschappen.

De algemene trend van een verhoogde habitatcomplexiteit en de daaruit volgende verhoogde soortendiversiteit heeft echter ook een keerzijde. Deze AHS kunnen namelijk ook als stepping stone dienen voor verscheidene niet-inheemse soorten, wat mogelijk negatieve gevolgen kan hebben voor de lokale (inheemse) soortengemeenschappen (Degraer et al., 2020b). AHS die boven water uitsteken, zoals de windturbines op zee, bieden daarnaast ook een nieuw soort habitat aan in het BNZ: offshore intertidaal habitat. Op dit soort artificiële habitats werden reeds meerdere niet-inheemse soorten teruggevonden, waaronder de brakwaterpok (*Balanus improvisus*), de Japanse oester (*Crassostrea gigas*), de Nieuw-Zeelandse zeepok (*Austrominius modestus*), de blaasjeskrab (*Hemigrapsus sanguineus*), de gemarmerde slijkgarnaal (*Jassa marmorata*), de grote roze zeepok (*Megabalanus coccopoma*) en de Japanse dansmug (*Telmatogeton japonicus*) (De Mesel et al., 2015; Kerckhof et al., 2016). Recent onderzoek toont aan dat het BNZ maar liefst 79 niet-inheemse dieren of planten huisvest (Verleye et al., 2020a), met 12 nieuwe niet-inheemse soorten ontdekt sinds 2003 (Stæhr et al., 2022). Voor een deel van deze soorten vormt het invasief karakter een bedreiging voor de inheemse biodiversiteit, de lokale economie, de gekoppelde ecosysteemdiensten of de volksgezondheid (Belgische Staat, 2018a).

Prinses Elisabeth-zone

Binnen de PEZ liggen een aantal wrakken waaronder 2 erkende scheepswrakken (SS Kilmore en LTV Westhinder) die bijkomende individuele beschermingsmaatregelen genieten (zie ook § 5.5 Zeezicht en maritiem cultureel erfgoed). Scheepswrakken vormen een schuiloord en kraamkamer voor verschillende soorten fauna en flora die bijdragen tot de biodiversiteit van onze Noordzee. Naast de wrakken, zal zich in de PEZ slechts één andere noemenswaardige bron van

AHS bevinden tijdens de ontwikkeling en exploitatie van de windparken: het MOG2 eiland, met een totaal geschatte oppervlakte aan AHS van ca. 16 ha (IMDC, 2022; zie ook § 6.3.4.4) Het huidige belang van de projectlocatie voor deze specifieke AHS gemeenschappen is daarom relatief beperkt. Zie echter § 5.4.2.1 & § 5.4.2.2 voor het belang van de PEZ voor lokale benthos- en visgemeenschappen, o.a. ter hoogte van de natuurlijke harde substraten (grindbedden).

Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling van de koloniserende epifauna en geassocieerde visgemeenschappen op en rond de artificiële harde substraten in het BNZ is nog grotendeels onbekend, maar wordt op de voet gevolgd door o.a. het WinMon monitoringsprogramma in de Oostelijke energiezone. Wel kan met zekerheid worden gesteld dat het aantal harde substraten, en dus de hoeveelheid potentieel habitat voor deze gemeenschappen, in de toekomst zal toenemen. De ontwikkeling van windparken in de PEZ kavels zoals beoogd in voorliggend MER zal hier op schaal van het BNZ een zeer grote rol in spelen.

5.4.3 Effecten

5.4.3.1 Macrobenthos

Door hun sterke associatie met de zeebodem en wijzigingen in het habitat, sedimentstructuur en morfologie (zie ook effectbespreking onder het Hoofdstuk 5.1 'Bodem en water') zullen effecten van activiteiten binnen voorliggend MER op de zeebodem zich ook vertalen in effecten op het macrobenthos.

Tijdens eventueel voorbereidend geotechnisch onderzoek uitgevoerd door de kandidaat-ontwikkelaar(s) kunnen mogelijk verstoring van de benthosgemeenschappen optreden, welke eerder lokaal en van tijdelijke aard zullen zijn.

Met name tijdens de constructiefase zal het macrobenthos verstoord worden. Enkele belangrijke effecten die dan kunnen optreden zijn:

- Biotoopverlies en -verstoring;
- Verlies aan organismen;
- Sedimentatie en turbiditeit;
- Geluid en trillingen.

De meeste van deze zijn echter van tijdelijke aard.

In de exploitatiefase zijn de mogelijke effecten op het benthos beperkt tot veranderingen in de hydromorfologische en fysische toestand van het projectgebied PEZ, effecten door geluid, EMV en trillingen en door de aanwezigheid van de turbines. Dit laatste kan enerzijds leiden tot wijzigingen in samenstelling van benthosgemeenschappen, alsook tot uitsluiting van andere activiteiten zoals bodemberoerende visserij welke zich eveneens verder vertaalt in invloeden op de bodemfauna.

Vorbereidend onderzoek

Tijdens geotechnisch onderzoek dat door de kandidaat-ontwikkelaar(s) mogelijk zal uitgevoerd worden om het projectgebied in meer detail te karakteriseren, kunnen beperkt stalen van de zeebodem genomen worden voor o.a. sedimentanalyse of kalibratiedoeleinden. Hierbij zullen de aanwezige macrobenthosgemeenschappen, gezien hun beperkte mobiliteit, mee verstoord worden. Dit effect treedt echter heel lokaal (gering aantal puntlocaties van een beperkte diameter van enkele dm's) op, waardoor het totale zeebodemoppervlak dat op die manier wordt verstoord te verwaarlozen valt t.a.v. de ruimere PEZ (zie ook § 5.1.4.1), alsook het effect op de aanwezige macrobenthosgemeenschappen (0). Deze beoordeling geldt ongeacht het kavel, scenario en funderingstype.

Constructiefase

Biotoopverstoring

Eén van de meest directe effecten van het nivelleren van de zeebodem, het installeren van funderingen en erosiebescherming van turbines, alsook de aanleg van de parkbekabeling tijdens de constructiefase is het verstoren en verwijderen van sediment en het (al dan niet permanent) wijzigen van het habitat.

Door de installatie van de funderingen en de erosiebescherming van de windturbines wordt een gedeelte van het oorspronkelijk zachte biotoop door nieuwe structuren ingenomen en/of wordt het biotoop vernietigd bij nivellering of het baggeren van funderingsputten (**direct biotoopverlies**). Daarnaast is er ook een tijdelijke biotoopverstoring ten gevolge van stockage van het uitgebaggerde sediment (**indirecte biotoopverstoring**). Het stockeren van uitgebaggerd zand wordt binnen voorliggend MER aangenomen over een dikte van 5 m in tijdelijke stortplaatsen in de PEZ kavels (zie eerder). Door bovenstaande activiteiten wordt het lokaal aanwezige habitat vernietigd en sterft het bodemleven mogelijk af. Het verlies aan benthische organismen (mortaliteit) is hierbij rechtstreeks evenredig met het biotoopverlies. Indirect heeft de vernietiging van habitat en bodemleven ook gevolgen verder in de voedselketen.

Voorliggend MER voorziet drie mogelijke alternatieve funderingstypes voor de turbines: monopile, jackets en gravitair, met daarnaast het gebruik van suction buckets als alternatief voor het inheien van de palen bij monopile en jacket funderingen. De dimensies van deze funderingen en de omringende erosiebescherming is afhankelijk van het scenario en gehanteerde typevoorbeeld (zie Tabel 5-3). De 22 MW turbines binnen scenario 2 hebben een grotere footprint ter hoogte van de zeebodem dan de typevoorbeelden van 12/13 MW in scenario 1. In alle gevallen en voor beide scenario's wordt een statische erosiebescherming voorzien, als worst-case scenario naar bodemverzet, gezien er in dat geval voorafgaande nivellering van de zeebodem dient plaats te vinden. Voor de parkbekabeling wordt een sleuf van standaard 1,5 m diep op 0,5 m breed aangehouden, welke door middel van jetten of ploegen zal ingegraven worden. In het geval van zandduinen in het gebied, wordt de zeebodem eerst genivelleerd, waarna kabels tot op 2,75 m diepte worden ingegraven. In het Hoofdstuk rond Bodem en Water en vanuit de numerieke pluimmodellering (Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023) wordt aangenomen dat er over 87 % van het zeebodemoppervlak in de PEZ zandgolven aanwezig zijn.

De mate van verstoring van het zeebodembiotop is afhankelijk van de **oppervlakte en volume verstoord sediment**. Voor de effectbeoordeling worden twee scenario's beschouwd (zie ook Hoofdstuk 4). In de effectbespreking binnen de discipline 'Bodem' (zie § 5.1.4.1) werden deze oppervlaktes en volumes verstoord sediment voor de drie kavels in de PEZ en de twee scenario's berekend voor de bagger- en stortactiviteiten geassocieerd met nivelleren, aanleg van funderingen en erosiebescherming, en ingraven van parkbekabeling (Tabel 5-3, Tabel 5-4 en Tabel 5-5). Een aantal cijfers worden hieronder in Tabel 5-23 herhaald.

Tabel 5-23 – Overzicht van berekende hoeveelheden verstoord zeebodempoppervlak (~biotoopverstoring) en volume voor de verschillende activiteiten binnen voorliggend MER. Cijfers worden weergegeven voor de verschillende scenario's, per kavel, en gesommeerd voor de hele PEZ. Ranges die gegeven worden zijn te verklaren door verschillen tussen de funderingstypes (100 % MP, 100 % JF of 90 % MP + 10 % GBF). Voor een detailoverzicht van alle berekende oppervlaktes en volumes wordt verwezen naar de effectbespreking binnen Bodem & Water. Helemaal onderaan in de tabel wordt een worst-case bepaling weergegeven van maximale aantallen voor zowel oppervlak als volume. Hierbij worden de waarden voor activiteiten 'Nivelleren en uitgraven funderingsputten', 'Stockage gebaggerd materiaal' en 'Aanleggen parkbekabeling' samengeteld.

	Scenario 1				Scenario 2			
	PE I	PE II	PE III	Totaal PEZ	PE I	PE II	PE III	Totaal PEZ
Nivelleren en uitgraven funderingsputten								
Verstoord oppervlak (ha)	51 – 59	101 – 120	111 – 131	236 – 310	30 – 35	60 – 71	60 – 71	150 – 177
Verstoord volume (Mm ³)	1,03 – 1,38	2,03 – 2,81	2,22 – 3,08	5,28 – 7,27	0,61 – 0,82	1,22 – 1,64	1,22 – 1,64	3,05 – 4,10
Stockage gebaggerd materiaal								
Verstoord oppervlak (ha)	14 – 19	28 – 39	31 – 43	74 – 102	9 – 11	17 – 23	17 – 23	43 – 57
Verstoord volume (Mm ³)	0,72 – 0,97	1,42 – 1,97	1,56 – 2,16	3,70 – 5,09	0,43 – 0,57	0,85 – 1,15	0,85 – 1,15	2,13 – 2,87
Aanleggen erosiebescherming								
Verstoord oppervlak (ha)	9 – 21	17 – 41	19 – 45	44 – 107	14 – 20	28 – 41	28 – 41	71 – 102
Verstoord volume (Mm ³)	0,34 – 0,83	0,68 – 1,65	0,74 – 1,80	1,77 – 4,28	0,57 – 0,91	1,13 – 1,82	1,13 – 1,82	2,83 – 4,55
Aanleggen parkbekabeling								
Verstoord oppervlak (ha)	7	11	13	31	7	11	13	31
Verstoord volume (Mm ³)	1,18	1,73	2,20	5,11	1,18	1,73	2,20	5,11
TOTAAL WORST-CASE								
Verstoord oppervlak (ha)	76	170	187	443	53	105	107	265
Verstoord volume (Mm ³)	3,53	6,51	7,44	17,47	2,57	4,52	4,99	12,08

Voor scenario 1 bedraagt het totaal maximaal verstoord oppervlak door nivelleren en uitbaggeren van funderingsputten binnen de drie kavels respectievelijk 59, 120 en 131 ha voor kavel PE I, PE II en PE III. Het verstoord volume bedraagt 1,38, 2,81, en 3,08 Mm³, respectievelijk (Tabel 5-23). Met name GBF funderingen en suction buckets leiden tot een groter verstoord volume, maar worden binnen voorliggend MER slechts voor 10 % van het totaal aantal turbines binnen ieder kavel voorzien waardoor hun impact in de totale berekende oppervlaktes en volumes relatief beperkt blijft (in verhouding met bv. berekeningen in kader van het MER Mermaid (IMDC, 2013a) waarbij een scenario met 100 % GBF meegenomen werd). Wanneer als alternatief voor inheien van MP en JF voor het suction bucket principe gekozen wordt, zal een

gelijkaardige grootteorde van zeebodemverstoring als voor GBF gelden, gezien de grotere diameter van de funderingen en dito erosiebescherming rondom. Echter geldt eenzelfde aanname als voor GBF, namelijk dat dit niet voor 100 % van de turbines uitgevoerd zal worden en dat oppervlaktes en volumes in dat geval vergelijkbaar zullen zijn als deze gerapporteerd in Tabel 5-23 voor het scenario met 10 % GBF. Voor scenario 2 zijn de waarden voor verstoord oppervlakte en volume in de meeste gevallen van eenzelfde grootteorde, maar doorgaans een stuk lager (ongeveer de helft) dan in scenario 1. In beide scenario's geldt dat het installeren van 100 % monopile funderingen leidt tot de minste verstoring van de zeebodem (zie tabellen in effectbespreking 'Bodem en water') en dus het minste biotoopverlies voor het benthos.

Als bovendien ook de verstoorde oppervlaktes tengevolge de stockage van het uitgebaggerde materiaal en het aanleggen van de parkbekabeling worden meegenomen, wordt respectievelijk in totaal 76, 170 en 187 ha van het biotoop in kavels PE I, PE II en PE III verstoord binnen scenario 1 (grootste aantal turbines). Dit komt neer op een totaal van ca. 443 ha zeebodem over de volledige PEZ die op de hierboven beschreven manieren verstoord wordt, wat overeenkomt met eenzelfde oppervlakte aan biotoopverstoring waar bovendien een deel van de zeebodemfauna zal afsterven. Voor scenario 2 gaat het om een totale oppervlakte van ca. 265 ha voor de drie PEZ kavels samen. Als dit geschaald wordt t.a.v. de totale oppervlaktes van de kavels, gaat het om ca. 1,7 – 1,8 % van het beschikbare biotoop voor scenario 1, en ca. 1 – 1,2 % voor scenario 2 binnen de afzonderlijke kavels. Als deze cijfers geschaald worden t.a.v. de totale oppervlakte van de PEZ (ca. 255 km²), gaat het om een biotoopverstoring van 0,2 – 0,3 % voor PE I, en 0,4 – 0,7 % voor kavels PE II en PE III. Hieruit wordt besloten dat de totale biotoopverstoring (erosiebescherming + stockage) voor de twee scenario's en de drie kavels, ongeacht het type fundering aanvaardbaar blijft, zeker ook in vergelijking met de oppervlaktes van het totale BNZ welke 0,13 % voor scenario 1 bedraagt, en 0,08 % voor scenario 2 in het worst-case scenario (cumulatief over de drie kavels samen). Afgezien van het permanent habitatverlies ter hoogte van de funderingen, erosiebescherming en parkbekabeling, zullen de effecten naar verwachting geen blijvende negatieve gevolgen hebben voor de totale bodemgemeenschap. De effecten van constructie van de windparken (incl. inter-array bekabeling) in de drie PEZ kavels op biotoopverstoring wordt bijgevolg als matig negatief (-) beoordeeld voor wat betreft de zachte substraatfauna. Gezien de grindbedden binnen beide scenario's niet (of nauwelijks) rechtstreeks geïmpacteerd zullen worden (cf. indicatieve configuraties in Hoofdstuk 4.1) door de constructie van de windparken (incl. parkbekabeling) en dus al voorgaande cijfers betrekking hebben op het zachte zeebodemsubstraat, wordt het effect van directe biotoopverstoring voor die organismen als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Verlies aan organismen

Tengevolge de hierboven beschreven bodemverstoring door aanleg van funderingen, erosiebescherming en parkbekabeling zal er ook een deel van de zeebodemfauna van de **zachte substraten** mee verwijderd worden tijdens de baggeractiviteiten, en al dan niet levend verplaatst worden naar de tijdelijke stortlocaties in de PEZ kavels. De verwachting is evenwel dat een deel van deze organismen niet zullen overleven, en de activiteiten tot een verlies aan biomassa zullen leiden. Dit verlies is recht evenredig met het verlies aan biotoop zoals beschreven in voorgaande paragrafen. Dit geldt met name voor de kleinere benthosgroepen zoals het macro- en epibenthos (zie ook volgende § 5.4.2.2) welke door hun beperkte mobiliteit de baggerlocaties niet kunnen ontwijken. Andere groepen zoals vissen (zie volgende sectie) die meer

mobiel zijn, kunnen mogelijks wel tijdig de werkzaamheden vermijden. In voorgaande beschrijvingen wordt echter aangetoond dat de oppervlaktes waarover de destructieve activiteiten zullen plaatsvinden in de worst-case situatie nog steeds relatief beperkt zijn in verhouding met het totale oppervlakte biotoop binnen de PEZ en het BNZ. Verder wordt ook aangenomen dat herkolonisatie van verstoorde bagger- en stortlocaties kan optreden, gezien de macrobenthos gemeenschappen in de PEZ (*Hesionura* en *Nephtys*; zie referentiesituatie) algemeen gekenmerkt worden door soorten die een snelle turnover vertonen. Zo heeft eerder onderzoek in kader van het WinMon monitoringsprogramma in de Oostelijke energiezone aangetoond dat zelfs bij de installatie van gravitaire funderingen waar doorgaans een grote mate van verstoring van de zeebodem optreedt (omwille van grote diameter + footprint erosiebescherming + baggerwerkzaamheden) de lokale benthosgemeenschap zich binnen een jaar herstelt (Coates et al., 2015).

Ondanks de mogelijkheid tot herstel na verstoring, blijft het wel zo dat een deel organismen rechtstreeks zal verloren gaan op het moment dat de windparken aan gelegd worden. Het effect van de ontwikkeling van de windparken (incl. parkbekabeling) in de drie PEZ kavels op het verlies aan lokale macrobenthosgemeenschappen van zachte substraten wordt bijgevolg beoordeeld als matig negatief (-) voor beide scenario's en ongeacht het type fundering. Gezien de overlap met het habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken' wordt er in Hoofdstuk 7 in meer detail ingegaan op de impact op instandhoudingsdoelstellingen die gelden voor het habitat en de aanwezige soorten en gemeenschappen. Hoe deze rechtstreekse impact zich verhoudt tot een mogelijk herstel van de macrobenthos gemeenschap (ook in combinatie met het uitsluiten van bodemberoerende activiteiten tijdens exploitatiefase; zie verder), wordt verder besproken in Hoofdstuk 6 rond cumulatieve effecten.

Naast impact op organismen geassocieerd met de zachte substraten van de PEZ kavels, hebben de activiteiten binnen voorliggend MER ook een invloed op de riffen, met name de grindbedden, en de daarmee geassocieerde fauna in het projectgebied. Gezien de indicatieve configuraties van de scenario's per kavel zoals beschreven in Hoofdstuk 4.1 al rekening houden met de aanwezigheid van type 1 grindbedden en hun omringende bufferzone van 500 m, wordt er vrijwel geen direct biotoopverlies of verlies aan organismen voor dat habitattype verwacht (0/-). Voor deze kwetsbare gemeenschappen spelen echter andere indirecte effecten zoals pluimvorming, sedimentatie en turbiditeitsverhoging een prominentere rol, welke in volgende paragraaf besproken worden.

Verstoring door sedimentatie en turbiditeit

De baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de funderingen, erosiebescherming, parkbekabeling en het storten van het uitgebaggerde sediment zorgen niet enkel voor een (tijdelijk) biotoopverlies en verstoring, maar ook voor een verhoogde sedimentatie en turbiditeit in de onmiddellijke omgeving van de werkzaamheden. Deze werden in de effectbespreking van het Hoofdstuk rond Bodem & Water uitgebreid beschreven (zie § 5.1.4.2). Daarbij werd besloten dat het effect van de gecombineerde activiteiten van nivellering, aanleg funderingen en ingraven parkbekabeling in de drie PEZ kavels een matig negatieve, doch aanvaardbare invloed op sedimenttransport, pluimvorming en sedimentatie inhouden.

Ter hoogte van de **zachte substraten** in de drie PEZ kavels, zal een laag fijn sediment van maximaal ca. 2,5 cm worden afgezet op sommige locaties, hoewel de dikte ter hoogte van de tijdelijke stortlocaties en ter hoogte van het MOG2 energie-eiland kan oplopen tot meer dan 15 cm (voornamelijk bij de voorbereidende werkzaamheden van de vele parkkabels. Onder invloed van de lokale hydrodynamiek en de bodemschuifspanning in de PEZ, zal de afgezette laag echter snel eroderen bij hogere stromingssnelheden (zie § 5.1.4.2). Er zal ook een tijdelijke verhoging (tot boven de achtergrondconcentratie van 5 mg/l) van fijne sedimenten in de waterkolom optreden, welke eveneens snel (i.e. na minder dan een dag) zal uitdempen met verloop van tijd. Met name het bodemverzet dat tijdens voorafgaand baggeren (nivelleren en uitgraven funderingsputten voor installatie funderingen, erosiebescherming en bekabeling) en stockeren zal plaatsvinden in de kavels, zal het grootste risico vormen op het ontstaan van sedimentpluimen. De eigenlijke ingraving van parkbekabeling zal relatief weinig risico inhouden, doordat de voorgestelde technieken in voorliggend MER (i.e. ploegen en jetten; zie § 3.4.4, 3.5.3.4 en 4.2.3) worden beschouwd als de minst versturende naar bodemverzet (zie Van den Eynde et al., 2023b en referenties daarin).

Ter hoogte van de kwetsbare type 1 **grindbedden** blijft de impact van sedimentpluimen en sedimentatie algemeen genomen beperkt, daar er zich geen turbines in de grindbedden en omliggende 500 m buffer bevinden (cf. configuraties in Hoofdstuk 4.1). Parkbekabeling kan eveneens de grindbedlocaties zelf vrijwaren, maar zal op sommige locaties in de drie kavels de omringende bufferzone doorkruisen. Onder invloed van de activiteiten tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling, zal er echter ook ter hoogte van delen van de grindbedden tijdelijk een laag van maximaal 2 cm dikte aan fijne sedimenten afgezet worden (met name tijdens voorbereidende werkzaamheden voor de parkbekabeling, welke dichter nabij de grindbedden zal naderen), welke een effect zal hebben op de macrobenthos gemeenschappen die zich op en nabij de randen van de grindbedden bevinden. Echter, voor de meeste locaties, en voor het merendeel van de tijd, zal de laagdikte ongeveer maximaal 0,5 cm bedragen.

Ondanks het gegeven dat de effecten van pluimvorming, sedimenttransport, sedimentatie en verhoging van turbiditeit snel uitdempen (na maximaal 24u), is zelfs een kortstondige bedelving van de zeebodemfauna potentieel lethaal voor sommige groepen en soorten (Zupan et al., 2023b). Zo kunnen onder andere wijzigingen in mobiliteit, voedselkwaliteit, beschikbaarheid van licht en oxygenatie van het sediment optreden (Thrush et al., 2021). De verhoogde aanwezigheid van sedimentpartikels in de waterkolom kan bovendien leiden tot het verstoppert van de filtermechanismen van de organismen ('smothering' effect) met mogelijks fatale gevolgen. In Van den Eynde et al. (2023b) wordt aangehaald dat verschillende benthossoorten geassocieerd met de grindbedden, zoals gewone slangster *O. ophiura*, wijde mantel *Aequipecten opercularis*, doorschijnende zakpijp *Ciona intestinalis*, kleine zeeappel *Psammechinus miliaris*, muiltje *Crepidula fornicata*, en mossel *Mytilus edulis* een verhoogde mortaliteit vertoonden onder een sedimentlaag van 7 cm dik (Hendrik et al., 2016; Hutchison et al., 2016; Powell-Jennings & Callaway, 2018). Om de gevolgen van bedelving op biota beter in kaart te brengen, werden er binnen EDEN2000 vier soorten met verschillende levensstijl (sessiel versus mobiel, specifiek voor grindbedden versus meer algemeen verspreid) in labo-experimenten blootgesteld aan tijdelijke (2 en 10 dagen) bedelving door verschillende laagdiktes sediment (2, 5 en 7 cm) (Zupan et al., 2023b). Hieruit bleek dat de gevoeligheid t.a.v. bedelving sterk soortafhankelijk was. De mobiele wulk (*Buccinum undatum*) en de zeeanjerier (*Metridium senile*) vertoonden geen effecten bij bedelving tot 7 cm extra sediment, in tegenstelling tot de zeester

(*Asterias rubens*) en dodemansduim (*Alcyonium digitatum*) welke verhoogde mortaliteit vertoonden onder een laag vanaf 2 cm, of na 10 dagen bedelving, respectievelijk (Zupan et al., 2023b). Binnen EDEN2000 wordt daarom gepleit voor een maximale sedimentlaag van 1 cm dik ter hoogte van de grindbedden (Van den Eynde et al., 2023b), vanuit een voorzorgsprincipe, zodat ook meer gevoelige soorten voor bedelving (zoals de dodemansduim en de zakpijp) de constructie van de windparken in de PEZ kavels kunnen weerstaan. Op basis van de pluimmodellering binnen voorliggend MER worden deze diktes maximaal verwacht op de meeste locaties in de PEZ kavels ter hoogte van de grindbedden, behalve potentieel ter hoogte van de rand van enkele zones waar de parkkabels in de 500 m bufferzone komen te liggen (Arcadis Nederland B.V., 2023, Externe bijlage 1; zie Figuur 5-18 en Figuur 5-20). Onderzoek binnen EDEN2000 (Van den Eynde et al., 2023b) toonde aan dat de impact van sedimentpluimen op de grindbedden al bij al beperkt zal blijven zo lang rekening wordt gehouden met voldoende afstand van de kwetsbare locaties (zie ook milderende maatregelen onder § 5.1.6). Bovendien zijn de aanwezige grindbedden momenteel sterk verarmd en nog niet in een goede staat van instandhouding (Kapasakali et al., 2023a). Hierdoor wordt het effect van verstoring door sedimentatie op de fauna ter hoogte van de grindbedden als gering negatief (0/-) beoordeeld, en dit voor de drie kavels daar in alle drie grindbedlocaties aangetroffen worden. Indien echter turbines en parkkabels dicht bij de grindbedden worden geplaatst dan voorzien in de modelleringen in kader van voorliggend MER, kan een sedimentlaag van meer dan 2 cm over een groter aandeel en oppervlakte van de grindbedlocaties potentieel afgezet worden, waardoor de beoordeling in dat geval matig negatief (-) zou worden. Gezien de soorten die hierboven besproken werden ook kunnen voorkomen in de nabijheid van de grindbedden, ter hoogte van de zachte substraten, geldt deze beoordeling eveneens voor de zachtsubstraatfauna binnen de drie kavels.

De achtergrondconcentratie aan fijn materiaal in suspensie in de PEZ bedraagt 5 mg/l, welke gedurende een groot deel van de tijd van de werkzaamheden tijdens aanleg van funderingen, erosiebescherming en parkbekabeling wordt overschreden, maar ook snel weer uitdempt (binnen 1 dag na beëindiging van de activiteiten) tot achtergrondwaarden (cf. stormcondities). Deze **tijdelijke vertroebeling** van de waterkolom kan leiden tot een eventuele belemmering van de primaire productie van het fytoplankton in de waterkolom waardoor ook de rest van de voedselketen gevolgen kan ondervinden. Uit de numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023, Externe bijlage 1) blijkt dat bij het baggeren van één gravitaire funderingsput de achtergrondconcentratie gesuspendeerd fijn materiaal van 5 mg/l na minder dan 24u volledig uitgedempt is binnen het projectgebied. Concentraties hoger dan 5 mg/l worden bovendien niet verder dan ca. 2 km van de bagger- en stortzone verspreid. De pluim zelf is nooit groter dan 500 m in diameter. Ter hoogte van de grindbedden in de PEZ kavels is de vertroebeling doorgaans minder dan de 5 mg/l achtergrondconcentratie, waardoor effecten op de turbiditeit boven deze kwetsbare gebieden al bij al beperkt blijven. Bij het aanleggen van de parkkabels kan de concentratie plaatselijk wel boven de 5 mg/l achtergrondwaarde uitkomen, maar dit is van heel korte duur, en beperkt tot de onderste laag van de waterkolom (omwille van de ingezette technieken ploegen en/of jetten).

Er kan dus worden aangenomen dat er geen langdurige verhoging van de turbiditeit in de drie PEZ kavels zal optreden, waardoor het effect hiervan op de zeebodemgemeenschappen beperkt zal blijven (gering negatief 0/-).

Geluidsverstoring en trillingen

Tijdens de constructie van de windparken in de drie PEZ kavels zullen heiwerkzaamheden plaatsvinden (indien voor monopile of jacket-funderingen gekozen wordt), die gepaard gaan met hoge geluidspulsen onder water en mogelijke vibraties van de zeebodem ter hoogte van de turbinelocaties. Het aspect rond onderwatergeluid en de impacten op biota wordt meer uitgelicht in de volgende secties voor onder meer vissen en zeezoogdieren, maar ook het benthos kan mogelijks effecten van impulsieve geluidsverstoring ondervinden. Echter, deze effecten zijn over het algemeen minder goed bestudeerd en informatie is dan ook beperkter (zie ook Pondera Consult, 2020), wat een beoordeling bemoeilijkt. In het kader van de offshore windparken in Nederland, werd er wel één en ander onderzocht, met name door via benthos monitoring na te gaan wat de situatie voor en na de aanleg van een windpark was. Hieruit werden echter geen duidelijke significante verschillen aangetoond, waardoor geconcludeerd werd dat de effecten van heiwerkzaamheden en de veroorzaakte onderwatergeluidspulsen op benthosgemeenschappen niet aannemelijk zijn (Pondera Consult, 2020). Binnen voorliggend MER wordt eenzelfde beoordeling gemaakt wat betreft onderwatergeluidseffecten op benthos (vrijwel geen effect, 0), en dit voor beide scenario's en alle kavels in de PEZ. Indien in plaats van heien gekozen wordt voor aanleg van MP en JF via suction buckets, zal er geen impulsgeluid gegenereerd worden, zodat er ook in dat geval geen geluidseffecten zullen zijn op het benthos (afhankelijk van het percentage SB dat uiteindelijk door de kandidaat-ontwikkelaar(s) wordt ingezet, daar dit naar verwachting niet voor 100 % van de turbinelocaties zal zijn).

Operationele fase

Aanwezigheid windpark – veranderingen in bodem & waterkarakteristieken

Tijdens de operationele fase vormt de aanwezigheid van de windparken gedurende 20 jaar (i.e. de standaardtermijn voor het uitreiken van een milieuvergunning, en dus voor exploitatie) een mogelijke bron van wijzigingen in onder meer stromingskarakteristieken en sedimenteigenschappen (zie § 5.1.4.1 en 5.1.4.2). Het type fundering, alsook de dimensies van onder meer de aan te leggen erosiebescherming spelen hierin een belangrijke rol. Gezien het macrobenthos nauw gelinkt is aan deze mogelijke wijzigingen in hun leefgebied, zullen effecten tengevolge de windturbines en bijhorende erosiebescherming ook resulteren in mogelijke wijzigingen in soorten aantallen, soortenrijkdom, en soortensamenstelling in de nabijheid van de turbinelocaties.

Zo kan de lokale verandering in stromingssnelheden en depositie van fijn materiaal na pluimontwikkeling tijdens constructie leiden tot een wijziging in de lokale sedimenteigenschappen rondom windturbinelocaties zoals korrelgrootteverdeling, hoeveelheid organisch materiaal, permeabiliteit, etc. (Lefaible et al., 2023). Deze wijzigingen kunnen ook na constructie, en dus tijdens de exploitatiefase, blijven voortduren. De fijne sedimentpartikels kunnen immers na afzetting als het ware 'gevangen' worden in de zandige matrix van de omliggende zeebodem, waarbij de interstitiële ruimtes tussen de zandpartikels opgevuld wordt met het fijnere materiaal. Op die manier wordt een **verfijning van het sediment** bekomen, waardoor de doorlatendheid alsook de uitwisseling van zuurstof en nutriënten tussen de zeebodem en de waterkolom zullen verminderen. Dergelijke verfijning van de sedimentmatrix wordt echter ter hoogte van grindbedden nauwlettend in de gaten gehouden (Van Lancker et al., 2017), ook omwille van de cumulatieve effecten

met o.a. zandwinning ter hoogte van de Hinderbanken (sectoren 4a – 4d; zie § 5.6.2.5). Binnen voorliggend MER wordt er voor beide scenario's echter geen overlap van turbines met de kwetsbare grindbedlocaties voorzien (cf. indicatieve configuraties in Hoofdstuk 4.1), en zullen ook parkkabels zo min mogelijk in de nabijheid van de grindbedden aangelegd worden, waardoor het effect van depositie van fijne sedimentfracties tot een minimum worden gehouden. Lokaal, ter hoogte van de randen waar parkkabels dicht bij het grindbed gelegen zijn, kunnen wel sporadisch diktes tot max. 2 cm opgetekend worden. Het effect van deze verfijning onder invloed van sedimentpluimen tijdens de exploitatiefase wordt bijgevolg als gering negatief (0/-) beschouwd voor de grindbedfauna. Ook ter hoogte van de zachte substraten komen laagdiktes van meer dan 2,5 cm voor (weliswaar tijdelijk tijdens de constructiefase en kort daarna), wat tot verfijning kan leiden. Zeker in de buurt van de tijdelijke stortplaatsen, alsook ter hoogte van het MOG2 eiland, kunnen laagdiktes van fijn sediment oplopen tot ca. 15 cm (bij worst-case benadering dat maximale laagdiktes voor voorbereiding en aanleg van funderingen alsook parkkabels simultaan voorkomen is dit zelfs 23 cm; zie eerder). Tijdens de exploitatiefase zelf kunnen ook pluimen ontstaan (zogenaamde wake effecten), maar deze zullen niet dezelfde grootteorde hebben als deze die ontstaan tijdens de constructie van de windparken (inclusief parkbekabeling). Gezien het relatief tijdelijke effect van deze sedimentatie en bijhorende verfijning (constructiefase + periode nadien, tot zo lang de afgezette fijne sedimentlaag niet volledig geresuspendeerd is), alsook het relatief minder gevoelige karakter t.a.v. verstoring van de macrobenthos gemeenschappen in de zachte substraten, wordt ook voor zachte substraatfauna het effect van verfijning als gering negatief (0/-) beoordeeld voor de drie kavels en beide scenario's.

Daarnaast kunnen de veranderende stromingspatronen rondom turbines een verandering in erosie- en sedimentatiepatronen veroorzaken met de vorming van **erosiekuilen en aanzandingszones** als gevolg. Dit effect wordt echter door het aanleggen van erosiebescherming zoveel mogelijk beperkt. Binnen voorliggend MER wordt voor alle turbines, en in beide scenario's, geopteerd voor een statische erosiebescherming, welke meteen na aanleg zorgt voor een beperking van de vorming van dergelijke erosieputten (bij dynamische erosiebescherming wordt er wel eerst de vorming van tijdelijke erosiekuilen toegelaten, welke nadien opgevuld worden met materiaal – zie eerder in Hoofdstuk 3).

Naast het beperken van vorming van erosieputten rondom de funderingen, zorgt de erosiebescherming ook voor een **verandering in de korrelgroottesamenstelling** omwille van de grotere diameter van de breuksteenlaag. Wederom zal dit leiden tot een verandering in onder meer permeabiliteit (grovere fracties zijn meer doorlatend) en zuurstofuitwisseling met de bovenliggende waterkolom. Zulke wijzigingen kunnen ook een verandering in soortensamenstelling van het macrobenthos teweegbrengen, waarbij bepaalde soorten mogelijk zullen toenemen in abundantie.

Hoewel in eerste instantie over een relatief groot oppervlak tijdens de constructiefase een biotoopverstoring plaatsvindt (443 ha voor scenario 1, 265 ha voor scenario 2; zie Tabel 5-23), zal de aanwezigheid van windparken in de PEZ kavels tijdens de exploitatiefase aanleiding geven tot een aantal positieve effecten ook. De funderingen en erosiebescherming kunnen gekoloniseerd worden door zogenaamde epifauna, welke lokaal hoge dichtheden kunnen bereiken (Coolen et al., 2020, 2022; Lefaible et al., 2023; Zupan et al., 2023a; zie ook volgende sectie § 5.4.3.2). Hierdoor kan in de zandige zeebodem in de directe omgeving van de turbinelocaties een **organische aanrijking** optreden door de depositie van fecale pellets van deze epifauna organismen ('enrichment' theorie) (zie ook verder bij effectbespreking voor artificiële harde

substraten onder § 5.4.3.5). Veelal zijn deze organismen zogenaamde filtervoeders (Coates et al., 2015; Lefaible et al., 2019, 2023; Degraer et al., 2020b), die door hun consumptie van plankton dat ze uit het water filteren en hun productie van fecale pellets in staat om op die manier pelagische voedselbronnen beschikbaar te maken voor de benthische gemeenschap, waardoor de secundaire productie en mineralisatieprocessen in en rond deze kunstmatige riffen toenemen (De Borger et al., 2021). Met name soorten als de gewone mossel (*Mytilus edulis*) en de zeeanjer (*Metridium senile*) groeien weelderig op de funderingen en erosiebescherming rondom turbinelocaties. Ook de organismen zelf kunnen, wanneer zij gedeeltelijk of volledig loskomen van het harde substraat ('biofouling drop-offs') en op de omringende zeebodem terecht komen, een extra bron van habitatcomplexiteit (vb. mosselschelpen) of organische aanrijking vormen (Coolen et al., 2022; Degraer et al., 2020b; Hutchison et al., 2020; Lefaible et al., 2023). In de WinMon monitoring in de Oostelijke energiezone werden eerder al toenames in organisch materiaal in de nabijheid van de funderingen (met name jacket funderingen) opgetekend, met als gevolg ook macrobenthosgemeenschappen welke een verhoogde densiteit (tot > 1.000 ind./m²) en soortenrijkdom vertoonden (Degraer et al., 2019, 2020a, 2021; Lefaible et al., 2023). Hoewel dit effect ook sterk afhankelijk is van de lokale hydrodynamische omstandigheden, het type fundering (bij monopile funderingen werden deze effecten minder waargenomen in het BNZ) en de locatie (zandbanktop of geul, dichtbij of verder uit kust, etc.; Hutchison et al., 2020; Lefaible et al., 2023) worden gelijkaardige effecten opgetekend in andere offshore windparken in Europa en daarbuiten (Degraer et al., 2020b; Hutchison et al., 2020). De hogere densiteiten van de zachte substraatfauna rond windturbinelocaties trekken op hun beurt ook hogere trofische niveaus aan (onder meer vissen, zie verder), die profiteren van de verhoogde voedselbeschikbaarheid ('artificial reef effect'). Binnen voorliggend MER wordt bijgevolg aangenomen dat het effect van de aanwezigheid van windparken en daarmee gekoppelde organische aanrijking op het omliggende macrobenthos van de zachte substraten gering positief (0/+) zal zijn wat betreft soortenrijkdom en densiteiten, en dit ongeacht het kavel, funderingstype of scenario.

Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemverstoring door andere activiteiten

Van zodra de windparken in de PEZ kavels in aanbouw zijn, tot wanneer ze volledig ontmanteld zijn, wordt een veiligheidsperimeter van 500 m rondom de windparken afgebakend, en zal het doorvaartbeleid wijzigen analoog als in de Oostelijke energiezone. Enkel activiteiten rechtstreeks gelinkt aan o.a. onderhoud van de windparken, alsook onderzoek worden er nog toegelaten. Het doorgaand scheepvaartverkeer, inclusief de bodemberoerende visserij, welke in grote mate verantwoordelijk is voor de teloorgang van de historisch rijke grindbedfauna (Montereale-Gavazzi et al., 2023b; Kapasakali et al., 2023a), zullen vanaf die moment verboden zijn. Hierdoor wordt de bodem minder aangetast, wat de kans biedt aan de zeebodemgemeenschappen van zowel zachte substraten als grindbedden in de PEZ om als het ware gedurende ca. 20 jaar (de totale exploitatieduur van de windparken) in een relatieve 'rust' te ontwikkelen (refugium). Directe effecten van het uitsluiten van bodemberoering zijn onder meer verminderde sterfte (soortafhankelijk), verandering in de beschikbaarheid van voedsel met implicaties voor de hogere trofische niveaus, en veranderingen in de habitatcondities gevolgd door veranderingen in soortensamenstelling van gemeenschappen (Pondera Consult, 2020).

Binnen EDEN2000 werden er twee literatuurstudies uitgevoerd om de effecten van uitsluiting van bodemberoerende activiteiten na de aanleg van windparken te analyseren, waarbij één van beide gericht was op de zachte substraatfauna (Van Hoey et al., 2023), en één op de grindbedfauna (Kapasakali et al., 2023a).

Wat betreft **zachte substraatfauna**, heeft eerder onderzoek in kader van de WinMon monitoring in de Oostelijke energiezone aangetoond dat de zachte zandbodems hoogstens een subtiel en kortstondig positief effect ondervonden van de uitsluiting van visserij (Vandendriessche et al., 2015; Derweduwen et al., 2016), voornamelijk gestuurd door een aantal opportunistische soorten. Doordat de aanwezige benthische *Hesionura* en *Nephtys* gemeenschappen aangepast zijn aan de dynamische condities en de hoge mate van (antropogene) verstoring, worden deze gekenmerkt door zogenaamde r-strategen (opportunistisch, korte levenscyclus, snelle ontwikkeling). Hoewel de verwachting was dat uitsluiting van bodemberoerende activiteiten zou leiden tot een toename aan zogenaamde K-strategen (langlevende, kwetsbare soorten) werd ook in het recent onderzoek van Van Hoey et al. (2023) opgemerkt dat de relatief korte tijdseries van de monitoringsgegevens niet toelaten om het trage herstel van de K-strategen in kaart te brengen (zie ook Pondera Consult, 2020). In hoog-dynamische en sterk verstoorde systemen zoals het BNZ, zullen effecten van uitsluiting van bodemberoerende activiteiten bijgevolg niet zichtbaar zijn op korte termijn. Niettemin werden in andere wateren wél duidelijke toenames in benthische gemeenschapsparameters zoals densiteit en diversiteit opgetekend op langere termijn, waardoor de impact ervan binnen voorliggend MER op de zachte substraatfauna als gering tot matig positief (0/+ tot +) wordt ingeschat (gelet op de lange exploitatiefase en het relatief grote oppervlakte per kavel, zeker voor PE II en PE III). De verminderde fysieke verstoring van de zeebodem in combinatie met de relatief lange uitsluiting van bodemberoering, kan optimale condities creëren voor de K-strategen zoals zeeklit (*Echinocardium cordatum*), fluwelen zeemuis (*Aphrodita aculeata*) en enkele bivalven (strandschelp *Spisula*, artemisschelp *Dosinia*) (Van Hoey et al., 2023). Verdere monitoring zal moeten uitwijzen hoe de gemeenschappen in de PEZ kavels zich ontwikkelen doorheen de tijd van exploitatie. Deze beoordeling geldt ongeacht het type fundering of scenario.

Voor de **grindbedden** werd eveneens een literatuurstudie uitgevoerd (Kapasakali et al., 2023a), waarbij gedeeltelijk herstel (i.e. verhoging in soortenrijkdom, functionele diversiteit, abundanties, biomassa en habitatcomplexiteit) werd waargenomen in verschillende studies. Gelijkaardige effecten van de uitsluiting van bodemberoerende activiteiten ter hoogte van de grindbedden in de PEZ kavels kunnen verwacht worden, met een geanticipeerde hersteltijd van 3 tot ten minste 10 jaar (soortsafankelijk). Tijdens de totale exploitatiefase, welke standaard 20 jaar duurt in het BNZ, kan er dus een herstel optreden van de aanwezige – en momenteel sterk verarmde – grindbedfauna (Kapasakali et al., 2023a). De kans op herstel van bepaalde historisch in grotere aantallen aanwezige soorten op de grindbedden zoals platte oester (*Ostrea edulis*), zal hierbij weliswaar afhangen van de nabijheid van bestaande populaties (naast ook lokale omgevingscondities). Belangrijk is wel dat de PEZ verschillende type 1 grindbedden omvat, die direct vermeden worden bij de aanleg van het windpark (incl. 500 m buffer), en dat een dergelijke uitsluiting van andere bodemberoerende activiteiten (incl. bodemberoerende visserij) een belangrijke bijdrage kan leveren tot herstel van de grindbedden. Ongeacht de nog bestaande onzekerheid van het potentieel naar volwaardig herstel, wordt het effect van uitsluiting van bodemverstoring door andere activiteiten op de grindbedfauna in de drie PEZ kavels als matig (+) positief beoordeeld,

ongeacht het scenario en funderingstype. Verdere monitoring zal moeten uitwijzen hoe de gemeenschappen in de PEZ kavels zich ontwikkelen doorheen de tijd van exploitatie.

Bodem en waterkwaliteit

Effecten van verontreiniging op de zeebodem en de waterkolom werden in effectbespreking van de disciplines bodem en water als nagenoeg afwezig beoordeeld (zie § 5.1.4). Effecten van verontreiniging ten gevolge van scheepsrampen (bv. olievlekken of andere schadelijke verontreiniging) worden ook als gering negatief beoordeeld, ondanks dat het aanvaringsrisico tijdens exploitatiefase zelf als matig negatief (-) wordt ingeschat voor de verschillende kavels en scenario's (voor de totale PEZ aanzienlijk negatief zonder mitigerende maatregelen) (zie verder onder discipline veiligheid, § 5.7.3). Echter, ondanks de vele maatregelen die worden genomen om het vrijkomen van verontreinigende stoffen in het zeewater te voorkomen, zal het risico op een accidentele, kortstondige lozing nooit volledig kunnen worden voorkomen. Gezien er in dat geval een invloed kan zijn van polluenten op de mariene biota en dus negatieve gevolgen voor het ecosysteem, wordt dit effect als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Geluidsverstoring en trillingen

In tegenstelling tot de constructiefase, welke gekenmerkt wordt door korte maar krachtige impulsieve geluidspulsen tijdens het inheien van de funderingen, zijn de geluidsniveaus van een operationeel windpark relatief laag (Pondera Consult, 2020). In Nederland werd voor het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ) en het Prinses Amalia Windpark (PAWP) geen verandering in het benthos waargenomen voor en na de aanleg, waaruit werd geconcludeerd dat er geen effecten van geluid en/of trillingen op de benthosgemeenschap zijn. Ook binnen voorliggend MER wordt er vrijwel geen effect (0) van geluid en trillingen op het macrobenthos verwacht tijdens de exploitatie. Deze beoordeling geldt voor de drie kavels, beide scenario's, en alle funderingstypes.

Andere vormen van verstoring (EMV en warmte)

Naast de aanwezigheid van funderingen en erosiebescherming welke een duidelijk effect hebben op het aanwezig macrobenthos, zijn ook de parkkabels in de drie PEZ kavels abundant aanwezig, daar alle individuele turbines rechtstreeks op het MOG2 eiland zullen aangesloten worden met behulp van 66 KV, 90 MW AC kabels (zie § 3.4.4). Binnen voorliggend MER wordt een AC wisselstroomkabel bestaande uit drie geleiders van aluminium of koper omringd door een kunststof mantel (XLPE of EPR) voorgesteld. Deze creëren (net als andere onderzeese kabels) **elektromagnetische en geïnduceerde elektrische velden**. Deze laatste worden echter tegengehouden door de kunststof behuizing van de parkkabels, waardoor er geen effecten op het naburige macrobenthos zullen optreden. Echter, de EMV worden niet tegengehouden en kunnen dus een impact hebben op het benthos. Weliswaar werd er tot op vandaag te weinig bewijs gevonden om een significant schadelijk effect op mariene organismen te kunnen aantonen, maar verder onderzoek is nodig (Pondera Consult, 2020).

Op basis van enkele labo-studies met blootstelling van benthos zoals de zeeduizendpoot (*Hediste diversicolor*) en het nonnetje (*Limecola balthica*), welke ook beiden voorkomen in het BNZ, aan magnetische veldsterktes van 1 mT werden echter wel veranderingen in hun gedrag (verhoogde ingraafactiviteit bij *Hediste*) en genetisch profiel (*Limecola*)

waargenomen (Gill, 2023). Echter, de veldsterktes ten gevolge van de parkkabels in voorliggend MER zullen heel wat lager liggen (grootteorde ca. 13 μT ; cf. berekeningen Elia in kader van MOG2; IMDC, 2022) dan de veldsterktes uit de studie hierboven. Omwille van het grote aantal kabels, welke ook op een relatief kleine onderlinge afstand van ca. 50 m zullen aangelegd worden, en vanuit een voorzorgsprincipe wordt de impact van EMV op het macrobenthos als gering negatief (0/-) beoordeeld. Gezien het aantal parkkabels (van 66 kV, 90 MW elks) in beide scenario's ongeveer gelijk zal zijn, geldt deze beoordeling voor alle kavels, alle scenario's, en alle funderingstypes.

Ook het **opwarmen van de zeebodem** door de aanwezigheid van parkkabels is één van de mogelijke effecten op het macrobenthos. Eerdere studies voor elektriciteitskabels spreken van een temperatuurstijging van de zeebodem net boven de kabel van 0,5 tot 5,5 °C bij ingraving tot op 1 m diepte (NIRAS, 2015). In Duitsland werd een limiet van 2 °C warmteproductie boven de omgevingstemperatuur op 20 cm onder de zeebodem vooropgesteld door het Federale Maritieme en Hydrografische Agentschap (BSH, 2014) om effecten op het benthos te beperken. Het macrobenthos situeert zich immers voornamelijk in de bovenste lagen van de zeebodem (tot op ca. 20 cm diep). Hoewel benthos (met name dieper gravende soorten) gevoelig kan zijn aan wijzigingen van de omgevingstemperatuur, zijn er weinig gegevens beschikbaar om een grondige evaluatie van de effecten op het macrobenthos te maken (OSPAR, 2012). Het type kabel en de ingraafdiepte zullen ook een rol spelen in de hoeveelheid warmte die effectief ter hoogte van het zeebodemoppervlak merkbaar zal zijn. Naar aanleiding van de DC-electriciteitskabel Viking Link tussen Denemarken en het Verenigd Koninkrijk, werd een studie uitgevoerd om de ingraafdiepte en het effect van warmteontwikkeling op het benthos na te gaan (National Grid Viking Link Ltd. & Energinet.dk; 2017). De conclusie hierbij was dat een begraving van de kabel van meer dan 75 cm onder het zeebodemoppervlak niet zou leiden tot een opwarming van 2 °C of meer op 20 cm diepte (cf. opgelegde limiet vanuit BSH, 2014). Hierdoor kan besloten worden dat de impact van de warmteproductie van parkkabels die op minimum 1 m TOC ingegraven zijn eerder gering zal zijn, en de effecten heel lokaal (zie ook NIRAS, 2015). Er worden bijgevolg vrijwel geen (0) effecten verwacht ten gevolge van warmteproductie op het macrobenthos in voorliggend MER. Deze beoordeling geldt voor de drie kavels, beide scenario's en ongeacht het type fundering.

Ontmantelingsfase

Bij het volledig verwijderen van de parkbekabeling, de erosiebescherming, de funderingen en de turbines zoals aangenomen wordt in voorliggend MER, zullen de effecten op het macrobenthos enerzijds gelijkaardig zijn aan deze tijdens constructie (vb. biotoopverstoring zachte substraten), en anderzijds groter zijn als tijdens constructie (vb. biotoopverstoring en verlies organismen grindbedden).

Het is immers zo dat een volledige verwijdering van de drie windparken in de PEZ ook een verwijdering van een deel van mogelijks nieuw of verbeterd biotoop voor onder meer epifauna gemeenschappen zal inhouden. Zoals besproken in de sectie hierboven voor de exploitatiefase, vormt de aanwezigheid van windparken immers een kans voor de benthossoorten geassocieerd met harde substraten zoals grindbedden om zich te vestigen op en rond te funderingen en erosiebescherming. Ook de uitsluiting van bodemberoerende activiteiten kan een herstel van de grindbedden in de PEZ kavels faciliteren. Het verwijderen van de windturbines en parkbekabeling zal dus ook het verwijderen van deze faciliterende functies inhouden en daarmee zeer waarschijnlijk een negatief effect hebben op de totale

macrobenthosgemeenschap zoals die zich ontwikkeld zal hebben op en rond de funderingen (Pondera Consult, 2020). Gezien de grindbedden in het BNZ zich momenteel in een slechte staat van instandhouding bevinden, en de aanwezigheid van windparken hier potentieel een verbetering in inhoudt, wordt het effect van de ontmantelingsfase op de **biotoopverstoring en het verlies aan organismen ter hoogte van grindbedden** als matig negatief (-) beoordeeld.

De **biotoopverstoring** en het **verlies aan organismen voor de zachte substraatfauna** wordt echter als gering negatief (0/-) beoordeeld, gezien er opnieuw bodemverstoring zal plaatsvinden. De verstoring zal tijdens deze fase echter van kortere duur zijn, en over een minder groot oppervlakte plaatsvinden, gezien er geen tijdelijke stockage noch nivellering en uitbaggeren nodig zijn. Bovendien kan worden aangenomen dat de fauna van de zachte substraten de zeebodem op relatief korte termijn na ontmanteling terug zal koloniseren, gezien hun algemene aanpassing aan dynamische omstandigheden en hun snelle responstijd na verstoring.

De effecten van **verhoogde sedimentatie en turbiditeit** zullen tijdens de ontmantelingsfase minder groot zijn (omwille van een minder uitgebreide pluimvorming doordat er geen stortactiviteiten zullen plaatsvinden) dan tijdens de constructiefase, maar is nog steeds gering negatief (0/-).

Daar er tijdens ontmanteling geen heilactiviteiten zullen plaatsvinden, wordt het effect van **geluidsverstoring** op het macrobenthos in deze fase als vrijwel onbestaande (0) beschouwd.

Al voorgaande beoordelingen gelden ongeacht het kavel, het scenario en het type fundering, maar zijn dus soms wel afhankelijk van het type biotoop (zanderige zeebodem versus grindbedden).

Besluit bespreking en beoordeling effecten op macrobenthos

Onderstaande Tabel 5-24 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op het macrobenthos van de zachte substraten en de grindbedden in het projectgebied PEZ. Deze beoordelingen gelden ongeacht het kavel en het type fundering dat gekozen wordt, en zijn gelijkaardig voor beide scenario's in voorliggend MER.

Tabel 5-24 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op het macrobenthos van zachte substraten en grindbedden. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op macrobenthos	Scenario 1						Scenario 2					
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
	Zacht substraat			Grindbed			Zacht substraat			Grindbed		
Vorbereidende fase (geotechnisch onderzoek)												
Biotoopverstoring	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Constructiefase												
Biotoopverstoring	-	-	-	0/-	0/-	0/-	-	-	-	0/-	0/-	0/-
Verlies aan organismen	-	-	-	0/-	0/-	0/-	-	-	-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

Effecten op macrobenthos	Scenario 1						Scenario 2					
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
	Zacht substraat			Grindbed			Zacht substraat			Grindbed		
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exploitatiefase												
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+	0/+ tot +	0/+ tot +	+	+	+	0/+	0/+ tot +	0/+ tot +	+	+	+
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase												
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	-	-	-	0/-	0/-	0/-	-	-	-
Verlies aan organismen	0/-	0/-	0/-	-	-	-	0/-	0/-	0/-	-	-	-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.4.3.2 Epibenthos en vissen

Algemeen kan gesteld worden dat de effecten voor het epibenthos gelijkaardig zullen zijn aan deze voor het macrobenthos. Echter, doordat epibenthos een grotere mate van mobiliteit bezit en bepaalde effecten iets beter kan ontwijken, zal de grootteorde van de effecten wel verschillen t.o.v. het macrobenthos dat sterk gekoppeld is aan de zeebodem. Demersale vissen zijn op hun beurt nog mobieler dan het epibenthos, en zijn meer gevoelig aan bepaalde andere effecten (o.a. EMV, geluid) dan het macrobenthos, waardoor bij de effectbespreking telkens het onderscheid tussen beide groepen organismen zal gemaakt worden waar nodig. Verder zal voor de meerderheid van de effecten ook verwezen worden naar de informatie in voorgaande sectie voor macrobenthos welke – indien relevant – aangevuld zal worden met meer specifieke informatie voor de hier beschouwde doelgroepen.

Vorbereidend onderzoek

Voor wat betreft effecten van voorbereidend geofysisch en geotechnisch onderzoek dat door de kandidaat-ontwikkelaar(s) mogelijks zal uitgevoerd worden, wordt eenzelfde conclusie als voor het macrobenthos in § 5.4.3.1 gemaakt. Gezien het beperkte aantal staalnames ter hoogte van de bodem, alsook de beperkte omvang van de activiteiten (temporeel en ruimtelijk), in combinatie met de hogere mobiliteit van de soorten binnen deze biota, wordt het effect op de aanwezige epibenthos- en visgemeenschappen als niet relevant (0) beoordeeld.

Constructiefase

Biotoopverstoring en verlies aan organismen

De oppervlakte aan habitatverstoring en -verlies is gelijk aan de oppervlakte beschreven voor het macrobenthos. De effecten voor het **epibenthos** zijn sterk gelijkaardig aan deze voor macrobenthos, gezien hun nauwe link met de zeebodem.

Aangezien **vissen**, en in mindere mate het epibenthos, mobieler zijn dan het macrobenthos, zal het verlies aan organismen kleiner zijn. Ook herkolonisatie van tijdelijk verstoorde zeebodem oppervlaktes zal daarom sneller verlopen dan voor het macrobenthos. Eerder onderzoek in kader van Nederlandse windparken heeft aangetoond dat met name pelagische vissen tijdelijk het projectgebied kunnen vermijden tijdens bodemberoerende activiteiten, waardoor permanente effecten niet worden verwacht (Pondera Consult, 2020). Vissen die echter dicht bij de bodem leven (demersale vissen), en die zich in of op de bodem of onder structuren (inclusief stenen en holtes) verschuilen, zoals grondels, harnasmannetje en pitvis, vertonen echter geen uitgesproken vluchtgedrag, waardoor effecten van **biotoopverstoring en verlies aan organismen** voor deze soorten meer te verwachten zijn (Pondera Consult, 2020). Gezien de dominantie van kleine pieterman in de offshore visgemeenschappen van het BNZ, zowel ter hoogte van de dieper gelegen delen als van de zandbanktoppen (De Backer et al., 2022), zullen effecten mogelijks het grootst zijn voor deze soort. Hun levenswijze houdt in dat zij zich deels ingraven in het zandige sediment om te rusten en te wachten op prooien die voorbijzwemmen (zie <https://www.fishbase.org.au/v4>). Tijdens het uitgraven van funderingen en erosiebescherming, of het aanbrengen van steenbestorting, kunnen levende exemplaren mogelijk vernietigd worden. Gezien de totaal verstoorde oppervlakte zeebodem binnen voorliggend MER maximum ca. 2 % van het totale projectgebied omvat, worden effecten op populatieniveau echter als gering negatief (0/-) beschouwd.

De aanwezigheid van mogelijke **paaiplaatsen** van **vissen** ter hoogte van de PEZ is een leemte in de kennis, maar wordt, gezien het voorkomen van de grindbedden in het projectgebied, als realistisch beschouwd. Echter wordt er in voorliggend MER uitgegaan van een indicatieve configuratie van turbines en parkbekabeling welke geen rechtstreekse overlap of doorkruising van de grindbedden (met name type 1; Montereale-Gavazzi et al., 2023a) inhoudt, voor beide scenario's. Het is met andere woorden theoretisch mogelijk om grindbedden maximaal te vrijwaren bij het inplannen van de turbines in de drie kavels. Bovendien zijn de paaiplaatsen voor veel vissoorten vooral in de kustnabije wateren te vinden, waardoor het gezien de grote afstand van de PEZ onwaarschijnlijk is dat paaiplaatsen significant verstoord zullen worden.

Het effect van habitatverstoring en -verlies van epibenthos en vissen wordt als gering negatief (0/-) beschouwd voor beide scenario's en ongeacht het funderingstype, omwille van een mogelijk ontwijkingsgedrag voor sommige soorten, en de relatief kortstondige verstoring van het biotoop.

Verstoring door sedimentatie en turbiditeit

Uit de numerieke pluimmodellering (Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023) is gebleken dat de pluimvorming tijdens constructiefase met bijhorende vertroebeling en sedimentatie over het algemeen van korte duur zal zijn en slechts

lokaal (met name ter hoogte van het MOG2 eiland en de tijdelijke stortplaatsen) tot afzetting van sedimentlagen van meer dan 2,5 cm dik zal leiden (zie ook effectbesprekingen onder Bodem en water, § 5.1.4.1 en § 5.1.4.2) en Macrobenthos (§ 5.4.3.1).

Voor het **epibenthos** zullen de effecten ten gevolge van deze verhoging van turbiditeit en de afzetting van fijne sedimenten gelijkaardig zijn als voor het macrobenthos hierboven beschreven (zie § 5.4.3.1), en sterk afhangen van de soort.

Een gelijkaardige soortspecifieke respons wordt verwacht voor de **vissen**, al kunnen zij ook tijdelijk het projectgebied vermijden. Aangezien vertroebeling van het water ook op natuurlijke wijze optreedt, tijdens stormen, zijn de soorten die voorkomen in het dynamische BNZ ook al gewend aan veranderende turbiditeit in hun leefgebied. Mogelijke effecten van **vertroebeling** zijn evenwel een verminderd foerageersucces van piscivore vissen (i.e. vissen die op vissen jagen). Voor vissen die zich voeden met kleine planktondiertjes (zoöplankton), speelt de vertroebeling minder een rol, daar zij vooral op trillingen afgaan tijdens het foerageren (Pondera Consult, 2020). Een studie van Meager et al. (2005) voor kabeljauw (*Gadus morhua*) vond geen grote effecten van verhoging in turbiditeit op het foerageergedrag en -succes. Naast potentiële effecten op het foerageergedrag, kan een toename in gesuspendeerd fijn materiaal ook leiden tot een suboptimaal functioneren van de kieuwen van vissen (Phua et al., 2002). Bepaalde vissen zoals haring (*Clupea harengus*) en kabeljauw (*Gadus morhua*) vertonen daarom een ontwijkingsgedrag van de zones met sterkste pluimvorming (vb. tijdens zandwinningsactiviteiten). Gezien de activiteiten in voorliggend MER over een relatief korte tijdspanne plaatsvinden, aan een voortschrijdend tempo (in principe kunnen constructieactiviteiten doorheen het hele jaar plaatsvinden – indien de meteorologische omstandigheden dit toelaten), wordt dergelijk ontwijkingsgedrag ook hier verwacht. Demersale soorten zijn, gezien hun associatie met de zeebodem waar van nature sediment wordt omgewoeld tijdens periodes van hogere stroomsnelheden beter bestand tegen vertroebeling, waardoor er geen duidelijk effect van verhoogde turbiditeit verwacht wordt binnen voorliggend MER (gering negatief 0/-). Eerder monitoringsonderzoek in kader van baggerstorten in het BNZ (Lauwaert et al., 2016) heeft bovendien aangetoond dat er na 10 jaar opvolging geen duidelijke impact op de demersale visfauna werd waargenomen door het storten.

Naast verhoogde turbiditeit in de waterkolom, zal ook de **sedimentatie** ten gevolge van de constructie van de windparken en inter-array bekabeling een mogelijk effect hebben op de geschiktheid van het biotoop voor een aantal soorten. Zo zijn onder meer zandspieringen (Ammodytidae) gevoelig aan verfijning van het sediment. Deze soort heeft een voorkeur voor grofzandig sediment, omwille van het gegeven dat zij zich ingraven in het sediment en hun kieuwen voldoende moeten kunnen ventileren. Te veel fijne fractie kan leiden tot een blokkade van de kieuwfilamenten, en een afname van de soort (Wright et al., 2000; Holland et al., 2005; Langton et al., 2021). Ammodytidae zijn belangrijk als voedselbron voor hogere trofische niveaus (zeevogels), vandaar de aandacht die uitgaat naar deze soort. In de studie van De Backer et al. (2022) werd de kleine zandspiering (*Ammodytes tobianus*) aangetroffen in de meer offshore stalen van het BNZ, hoewel in lagere aantallen dan andere soorten zoals de eerder vermelde kleine pieterman. De impact van sedimentatie van fijne fractie uit de ontstane baggerpluimen tijdens voorafgaand nivelleren en de aanleg van funderingen, erosiebescherming en bekabeling in voorliggend MER zal de PEZ lokaal minder geschikt maken voor de zandspiering. Sedimentatie en afzetting

van een fijne sedimentlaag kan ook bepaalde effecten hebben op de geschiktheid van de PEZ kavels als paaiplaats voor onder andere haring. Echter is momenteel niet duidelijk in hoeverre de PEZ dienstdoet als paaiplaats. Het effect van sedimentatie ten gevolge van pluimvorming in voorliggend MER op de visfauna wordt bijgevolg als gering negatief (0/-) beoordeeld, gezien het lokale karakter van de werkzaamheden en het gegeven dat er een relatief beperkt aandeel fijne fractie zal vrijkomen tijdens de werkzaamheden (cf. Externe bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023).

Geluidsverstoring en trillingen

Een belangrijke verstoring tijdens de installatie van de windturbines (zeker in geval van monopiles en jacket funderingen) is de productie van geluid (en trillingen) ten gevolge van het inheien. De krachtige geluidspulsen die hierbij vrijkomen worden als één van de belangrijkste bronnen van impulsief geluid onder water beschouwd (Ainslie et al., 2009). Zeker voor de grotere dimensies van turbines welke geanticipeerd worden in scenario 2 van voorliggend MER (22 MW turbines), zal inheien van funderingen een hoog piekgeluidsniveau produceren van naar verwachting meer dan 220 dB re 1 µPa @ 750 m (zie ook Hoofdstuk 5.3). Een alternatief gebruik van suction buckets of keuze voor gravitaire funderingen kunnen (naast het inzetten van milderende maatregelen; cf. § 5.4.5) hieraan verhelpen, maar hebben zelf ook enkele nadelen (zie andere disciplines). Onderzoek van de impact van impulsief heigeluid op invertebraten en vissen is echter beperkt, en veelal gebaseerd op laboratorium experimenten naar tolerantie.

Zo werd het effect van heien op het gedrag van de **epibenthos**soorten gewone mossel (*Mytilus edulis*) en de heremietkreeft (*Pagurus bernhardus*) in een reeks experimenten bestudeerd door Roberts et al. (2016). Beide soorten komen voor in het BNZ en de PEZ, en de heremietkreeft is zelfs de dominante soort in de meer offshore locaties (en dus naar verwachting de PEZ) (De Backer et al., 2022). Voor de heremietkreeft werden echter geen significante veranderingen in gedrag geobserveerd, in tegenstelling tot een variatie in schelpopening en zuurstofverbruik bij de mossel tijdens het heien, welke wel significant was (Roberts et al., 2016). Andere studies schommelden eveneens tussen enerzijds significante effecten (vb. op de katvis *Sepia officinalis*; Solé et al., 2022) en anderzijds weinig aantoonbare verschillen. Gezien er geen éénduidig besluit kan gevormd worden op basis van eerdere studies, en vanuit een voorzorgsprincipe, wordt de impact van geluidsverstoring tijdens de constructiefase (windturbines incl. parkbekabeling) op het epibenthos als gering negatief (0/-) beoordeeld, en dit voor de drie PEZ kavels. Indien voor gravitaire funderingen of suction buckets gekozen wordt, zal er vrijwel geen effect (0) optreden. Echter, gezien binnen voorliggend MER wordt aangenomen dat er in maximaal 10 % van de totale turbinelocaties voor dergelijke funderingstypes kan gekozen worden, blijft eenzelfde beoordeling van gering negatief gelden, ongeacht het funderingstype binnen voorliggend MER. In het geval van scenario 2, waarbij er weliswaar minder, maar veel grotere turbines moeten geheid worden (22 MW typevoorbeeld), zullen nóg krachtigere geluidspulsen gegenereerd worden dan tijdens aanleg in scenario 1. Hier wordt echter aangenomen dat – gezien de relatief korte duurtijd van de werkzaamheden in ieder kavel (schommelend tussen 1 en 8 weken voor scenario 1, en 1 en 5 weken voor scenario 2; zie Tabel 5-17) – het effect eveneens als gering negatief (0/-) kan worden beschouwd.

Voor **vissen** is er iets meer informatie te vinden omtrent geluidsverstoring, vaak ook met een focus op bepaalde levensstadia van de vissoorten, zoals larvale stadia of juvenielen (o.a. Debusschere et al., 2017). Vissen maken gebruik van geluid op meerdere manieren, o.a. voor communicatie met soortgenoten, als afschrikkingsmechanisme, als

lokmechanisme, en als contactgeluid om het zwemmen in scholen te bevorderen. Net zoals voor epibenthos, variëren geobserveerde effecten van geluidsverstoring op visfauna beschreven in de literatuur van onmiddellijke sterfte tot geen (significante) effecten (Debusschere et al., 2017). De effecten variëren van gedragsveranderingen, tijdelijke of permanente gehoorschade, interne bloedingen, tot orgaanschade en/of ruptuur van de zwemblaas (De Backer et al., 2017; Pondera Consult, 2020). Bovendien kunnen ook indirecte effecten optreden, indien de prooidieren (cf. effecten voor epibenthos; Roberts et al., 2016) of de predatoren (cf. zeezoogdieren; zie verder in dit hoofdstuk) van de vissen beïnvloed worden.

Daar vissen sterk verschillen naargelang hun gevoeligheid voor geluid (sommigen horen infra- en ultrasoon, vele soorten horen van 30 Hz tot 1 kHz; Pondera Consult, 2020; IMDC, 2022), zal ook de respons op deze stressor soortafhankelijk zijn. Grofweg worden vissen ingedeeld naargelang hun gevoeligheid voor geluid op volgende manier:

- ‘non-specialists’: deze soorten bezitten geen zwemblaas, en zijn dan ook het minst gevoelig (vb. zalm, maar ook de meeste bodemvissen, waaronder bot (*Platichthys flesus*), schar (*Limanda limanda*), schol (*Pleuronectes platessa*) en tong (*Solea solea*); Pondera Consult, 2020);
- ‘hearing generalists’: bij deze soorten staat de zwemblaas niet rechtstreeks in verbinding met het binnenoor, waardoor ze matig gevoelig zijn (vb. kabeljauw, schar);
- ‘hearing specialists’: dit zijn dan de soorten waar de zwemblaas in verbinding staat met het binnenoor, wat hen zeer gevoelig maakt voor geluidsverstoring (vb. haring, sprot).

Akoestische modellering op basis van de Noordzee als medium heeft drempels voor lethale en sublethale schade bij vissen vastgelegd op 1,8 en 3,1 km van de bron (i.e. turbinelocatie) voor heien van palen van 6 m diameter (zie Ainslie et al., 2020). Hieruit blijkt dus dat de vissen over enkele kilometers verder dan de werkzaamheden schade kunnen ondervinden. Bovendien zal het cumulatief effect van meerdere heilocaties of kort in de tijd (bij aanleg van het windpark) ook een rol spelen bij het inschatten van effecten op de visfauna. Op basis van veldonderzoek in het BNZ (Oostelijke energiezone) werd voor kabeljauw een verandering in gedrag waargenomen, waarbij de vissen weliswaar in het park in aanleg aanwezig bleven, maar dichterbij de erosiebescherming van de meest dichtstbijzijnde (al geïnstalleerde) turbine trokken tijdens en na iedere heigebuurtenis (van der Knaap et al., 2022). Nog voor kabeljauw, werden in kader van de WinMon monitoring volwassen exemplaren in situ blootgesteld aan één heigebuurtenis (De Backer et al., 2017). Daarbij werd voor 90 % van de individuen een trauma (scheuren) aan de zwemblaas geobserveerd op een afstand van 75 m van het inheien. Naast scheuren in de zwemblaas, vertoonden de vissen ook interne bloedingen en een afwijkend zwemgedrag wat hun overleving op langere termijn kan reduceren. Echter, deze directe nefaste effecten van de heiverstoring namen snel af met toenemende afstand van de turbinelocaties: op 1.400 m was nog maar 20 % van de zwemblaazen gescheurd, en op 1.700 m geen enkele (De Backer et al., 2017). Naast de volwassen exemplaren kunnen ook de vislarven effecten ondervinden van de activiteiten en bijhorende geluidsverstoring. Echter, de effecten hierop zijn eveneens niet eenduidig. Sommige studies rapporteren immers een verminderde groei of zelfs sterfte van vis eitjes en -larven (Popper & Hawkins, 2019), terwijl andere studies (vb. Debusschere et al., 2017) weinig tot geen impact op de vislarven waarnemen.

Uit bovenstaande kan worden afgeleid dat het effect van geluidsverstoring bij installatie van MP of JF op de visfauna in de PEZ kavels als matig negatief (-) wordt beoordeeld, gezien de grootte van de kavels, het aantal te installeren

funderingen, en de hierbij gegenereerde piekgeluidsniveaus (gaande van ca. 195 dB bij JF, tot meer dan 220 dB bij MP, afhankelijk van het scenario en zonder enige mitigatie; zie Tabel 5-20). Deze beoordeling geldt ongeacht het kavel, maar is dus wel afhankelijk van het type fundering. Bij MP en JF zal er geheid worden, waarbij een aanzienlijke hoeveelheid geluid geproduceerd wordt, maar bij GBF en SB is dat niet het geval. Echter, daar er in voorliggend MER slechts in 10 % van de gevallen voor deze alternatieven zal gekozen worden, blijft de beoordeling zoals hierboven voor MP en JF beschreven geldig (matig negatief (-)). Voor wat betreft de twee scenario's, is het zo dat in scenario 2 met grotere dimensies van turbines (22 MW turbines), een nóg hoger geluidsniveau zal gegenereerd worden dan in scenario 1 (12/13 MW turbines). Echter zal het aantal te installeren turbines in scenario 1 net groter zijn, waardoor er over een relatief langere tijd dient geheid te worden, waardoor de beoordeling eveneens niet wijzigt.

Niettegenstaande de heilactiviteiten van relatief korte duur zijn (gaande van 1 – 8 weken bij scenario 1, afhankelijk van het beschouwde kavel, en van 1 – 5 weken bij scenario 2; zie Tabel 5-17), dienen bij de productie van impulsgeluiden de nodige milderende maatregelen genomen te worden om de KRMS norm voor impulsgeluiden te respecteren (zie verder onder § 5.4.3.6). Indien dit niet haalbaar blijkt (bv. bij MP), kan er gebruik gemaakt worden van jacket funderingen, welke door hun kleinere diameter per paal een lager piekgeluidsniveau zullen genereren dan de monopiles. Ook gravitaire funderingen of het toepassen van het suction bucket principe als variant op het inheien behoren tot de mogelijkheden in dat geval.

Hoewel de effecten van geluidsverstoring op visfauna over het algemeen lijkt mee te vallen, is er wel bezorgdheid omtrent de cumulatieve effecten van de veelheid aan geluidsbronnen in het BNZ (van der Knaap et al., 2022). Dit aspect wordt verder belicht in het Hoofdstuk 6.26 rond Cumulatieve effecten.

Naast de effecten van impulsieve heilgeluiden op het epibenthos en visfauna, vormen de scheepsbewegingen tijdens de constructiefase een andere mogelijke bron van (continue) geluid en trillingen. Het bepalen van de exacte grootteorde van deze verstoring is echter niet makkelijk, gezien er veel onzekerheden zijn (zie ook IMDC, 2022). Het aantal scheepsbewegingen tijdens de constructiefase zal plaatsvinden tegen een achtergrond van nu al intensieve scheepvaart in het BNZ, waardoor het moeilijk zal zijn om de individuele impact van de activiteiten binnen voorliggend MER te beoordelen. Binnen voorliggend MER wordt dus geen beoordeling gedaan naar de effecten van geluid door bijkomende scheepvaart van en naar de PEZ kavels.

Operationele fase

Aanwezigheid windpark – gewijzigde bodem & waterkarakteristieken

Net zoals voor macrobenthos, is ook het epibenthos en de demersale visfauna sterk gekoppeld aan de lokale bodemkarakteristieken, waardoor enige wijziging in deze aspecten (o.a. korrelgrootteverdeling, sedimentatie- en erosiepatronen, lokale hydromorfologische parameters, etc.) ook een mogelijke wijziging in de epibenthos en visgemeenschappen zal inhouden. Voor de effectbeoordeling, wordt hier dus gerefereerd naar het luik rond gewijzigde bodem- en waterkarakteristieken onder het macrobenthos (§ 5.4.3.1).

Zoals eerder vermeld, kan sedimentatie na het ontstaan van de sedimentpluimen tijdens de constructiefase (funderingsputten en parkbekabeling) een mogelijke **verslibbing van de sedimenten** veroorzaken (met name ter hoogte van structuren zoals het MOG2 eiland, of ter hoogte van de tijdelijke stortplaatsen in de PEZ kavels) die zich langer kan manifesteren tot tijdens de operationele fase zo lang het sediment neerslaat en de afgezette sedimentlaag niet volledig geresuspendeerd is (ook al bestaat onder invloed van de bodemschuifspanning in de PEZ bij ieder springtij de kans op resuspensie van materiaal; zie § 5.1.4.2). Op die manier kan bijvoorbeeld de zandspiering een (weliswaar geringe) beperking van geschikt habitat ondervinden, gezien zijn preferentie voor grofzandig substraat.

Zoals uit de numerieke pluimmodellering kan besloten worden, zal de dikte van het afgezette sedimentpakket met fijne sedimenten lokaal meer dan 2,5 cm bedragen in de drie kavels. Ter hoogte van kwetsbare **grindbedden** wordt echter minder effect verwacht, gezien voorliggend MER al rekening houdt met de type 1 grindbedlocaties in de PEZ, en deze overal weet te vermijden. Grindbedden vormen een potentieel belangrijke paaiplaats voor heel wat soorten (o.a. haring), waardoor het effect van gewijzigde bodemsamenstelling en afgezette lagen van minder dan 1 cm ter hoogte van de grindbedden zelf als gering negatief (0/-) beoordeeld wordt. Deze beoordeling geldt ongeacht het kavel, het scenario, en het funderingstype.

Onderzoek in de Oostelijke energiezone toonde aan dat de aanwezigheid van een offshore windpark het lokale voedselweb kan beïnvloeden vanaf de basis – mede door **organische aanrijking** (Mavraki et al., 2020; zie ook effectbespreking onder macrobenthos § 5.4.3.1, en artificiële harde substraten § 5.4.3.5). De koloniserende epifaunagemeenschappen veroorzaken namelijk een zogenaamd ‘biofilter’ effect, wat lokaal een verhoging van de organische depositie op het omliggende sediment veroorzaakt. Deze organische aanrijking heeft vervolgens ook een positief effect op het epibenthos, en de visfauna. Dit op zijn beurt kan ook zeevogels en zeezoogdieren aantrekken, welke zich tegoed komen doen aan het verhoogde voedselaanbod (Degraer et al., 2020b). Het effect van organische aanrijking op het epibenthos en de visfauna wordt bijgevolg en analoog als voor macrobenthos als gering positief (0/+) beoordeeld, ongeacht het kavel, het scenario en het funderingstype.

Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemverstoring door andere activiteiten

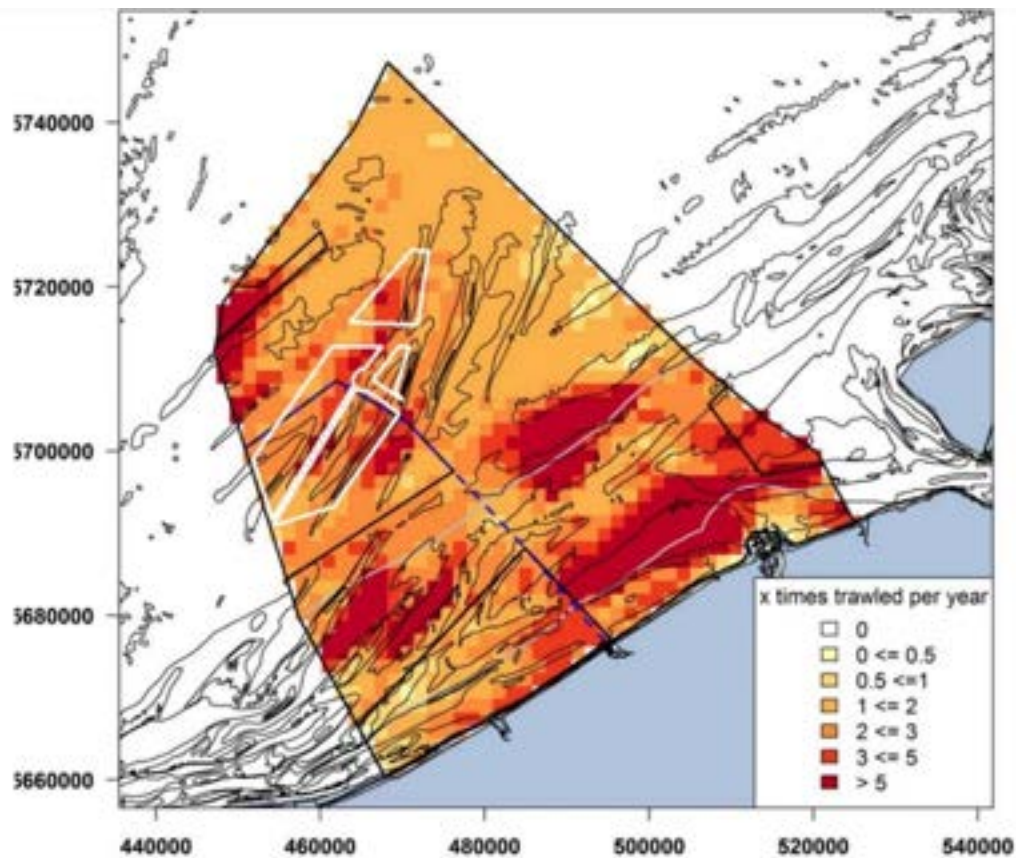
In de effectbespreking voor het macrobenthos, en in de paragraaf hierboven, werd al melding gemaakt van het zogenaamde artificieel rif-effect, waarbij allerlei epifauna zich vestigt op en rond de funderingen met gevolgen voor het hele voedselweb (zie ook De Backer et al., 2020). Omwille van het uitsluiten van bodemberoerende activiteiten in het projectgebied PEZ van zodra met de constructie wordt gestart, kunnen de gemeenschappen die zich op die manier in de nabijheid van de turbinelocaties ontwikkelen, relatief ongestoord gedurende de exploitatiefase verder evolueren. Voor vissen zorgt de uitsluiting van bodemberoerende visserij tevens voor een mogelijkheid om de PEZ kavels als schuilplaats/refugium te gebruiken, waardoor positieve effecten op de visstocks niet uit te sluiten zijn. Voor bepaalde soorten kan het immers zijn dat hun biomassa of lengte in de PEZ windparken zal toenemen, doordat ze daar schuilen en een volwassen leeftijd bereiken. Benthopelagische vissoorten als kabeljauw (*Gadus morhua*) en grote invertebraten zoals Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) en Noordzeekreeft (*Homerus gammarus*) werden al in hogere aantallen aangetroffen rond artificiële substraten in de Noordzee (Buyse et al., 2022b; Krone et al., 2017; Pondera Consult, 2020). Hierdoor kan

een spillover effect (i.e. export van biomassa vanuit de PEZ naar nabijgelegen zones van het BNZ door recruitment of migratie) optreden, zoals gesuggereerd na monitoring op middellange termijn in de Oostelijke energiezone (De Backer et al., 2020, 2022).

Onderstaande Figuur 5-54 uit Pecceu et al. (2021) geeft aan hoeveel keer locaties in het BNZ door middel van boomkorvisserij werden verstoord voorafgaand aan de ontwikkeling van de PEZ windpark, en vormt een maat voor de intensiteit van de bodemberoerende visserij in het projectgebied (zie ook de beschrijving voor visserij onder § 5.6.2.1). De PEZ is weliswaar niet de meest druk beviste zone van het BNZ (merendeel van de locaties in de PEZ kavels wordt gemiddeld 1 – 3 keer/jaar getrawld), maar toch heeft de constante visserijdruk mede ervoor gezorgd dat de bodem in het gebied, en met name de kwetsbare grindbedden, sterk verstoord zijn en zich daarom in een slechte staat van instandhouding bevinden (Kapasakali et al., 2023a). Uitsluiting van visserijdruk in het gebied kan bijgevolg een verbetering in zowel de zachte- als harde substraatfauna inhouden, al heeft onderzoek in de Oostelijke energiezone voor wat betreft de zachte substraten niet meteen duidelijke effecten aangetoond (zie eerder onder macrobenthos; Van Hoey et al., 2023). Voor grindbedfauna kan uitsluiting van bodemberoering wel een kans bieden aan de langlevende K-strategen om tot ontwikkeling te komen (Degraer et al., 2023; Kapasakali et al., 2023a, b). Monitoring van deze gemeenschappen na installatie van de windparken zal moeten uitwijzen hoe effectief en hoe snel deze ontwikkeling plaatsvindt in de drie PEZ kavels.

Specifiek voor vissen is er wel de bezorgdheid dat het uitsluiten van visserij in de PEZ zal leiden tot een verschuiving van de visserij effort in de randzones langs de windparken. Dit effect werd namelijk waargenomen in de Oostelijke energiezone. Echter, gezien de PEZ kavels gelegen zijn tussen allerlei drukke scheepvaartroutes (zie ook § 5.6.2.8), zal er steeds rekening moeten gehouden worden met druk verkeer zowel ten noorden van kavel PE III als ten zuiden van kavel PE II. Dit effect zal nauwlettend in het oog moeten gehouden worden eens de windparken operationeel zijn, en de PEZ niet meer vrij toegankelijk is.

Samenvattend, wordt het effect van windparken in de PEZ kavels en de daaruit volgende uitsluiting van bodemberoerende activiteiten op het epibenthos en de visfauna als gering (0/+) tot matig (+) positief beoordeeld, en dit voor de drie kavels en de twee scenario's binnen voorliggend MER. Het funderingstype lijkt op basis van onderzoek in kader van EDEN2000 (Zupan et al., 2023d) van weinig tot geen direct belang voor het vestigen van initiële epifaunagemeenschappen, waardoor dezelfde beoordelingen kunnen aangehouden worden voor de verschillende funderingstypes. Verdere monitoring zal moeten uitwijzen hoe de gemeenschappen in de PEZ kavels zich ontwikkelen doorheen de tijd van exploitatie.



Figuur 5-54 – Overzicht van de gemiddelde 'swept area ratio' (i.e. het aantal keren dat een specifieke grid cel werd verstoord met boomkor per jaar) tussen 2013 en 2019 (Pecceu et al., 2021). De PEZ kavels zijn aangeduid met witte contouren.

Wijzigingen soortengemeenschap

De aanleg van windturbines en parkbekabeling, inclusief de funderingen en erosiebescherming, in de drie PEZ kavels zal zorgen voor een sterke toename in harde substraten en bijgevolg voor een biotoopverandering voor vissen en het epibenthos (zie ook effectbespreking voor artificiële harde substraten (AHS) onder § 5.4.3.5). Hoewel hier moeilijk een beoordeling aan gekoppeld kan worden (daar dit sterk afhangt vanuit welk perspectief de wijzigingen in gemeenschappen benaderd worden), is het wel van belang om aan te geven dat deze zullen optreden, zowel op de AHS zelf (zie verder in dit hoofdstuk) alsook in de naburige zandige substraten van de PEZ kavels.

Zoals hierboven al besproken, zal onder invloed van organische aanrijking rond de turbinelocaties een potentieel rijkere macro- en epibenthosgemeenschap ontstaan, welke op zijn beurt de hogere trofische niveaus zoals vissen, vogels en zeezoogdieren kan aantrekken. Afhankelijk van de invulling van de erosiebescherming, en op welke manier deze aangelegd wordt (nature inclusive design NID), kan een verhoogde habitatcomplexiteit bekomen worden (zie ook EDEN2000 studies van Vanaverbeke et al., 2023; Zupan et al., 2023c; ter Hofstede et al., 2022), waarop soorten zich enerzijds kunnen vasthechten, en anderzijds schuilplek kunnen vinden. Dit zogenaamde 'rif-effect' werd eerder al waargenomen in de WinMon monitoring van de Oostelijke energiezone, met een toename in hard substraatfauna zoals langklawporseleinkrab *Pisidia longicornis*, de Noordzeekrab *Cancer pagurus* en de gewone pijlintkvis *Lolligo vulgaris* (De Backer et al., 2020) op de omringende erosiebescherming. Op de funderingen zelf werden veelal *Mytilus edulis* en

anemonen (Anthozoa sp.) aangetroffen in de biofouling gemeenschap, en *Asterias rubens* profiteerde van de hoge aanwezigheid van mosselen om zich te voeden. Recent onderzoek in kader van EDEN2000 heeft echter wel aangetoond dat de gemeenschappen die zich vestigen op de AHS (funderingen en erosiebescherming) naar soortenrijkdom weliswaar niet vergelijkbaar zijn met deze ter hoogte van nature harde substraten die voorkomen in het BNZ en met name in de PEZ kavels (Zupan et al., 2023c).

Wat betreft het epibenthos in de omliggende zachte substraten heeft langetermijnonderzoek (> 10 jaar) aangetoond dat er geen drastische wijzigingen zijn in samenstelling tussen de turbinelocaties (De Backer et al., 2020, 2022), wat doet vermoeden dat aanwezigheid van windparken eerder zorgt voor een verschuiving in dominantie en toename in densiteit van een aantal soorten op en rond de harde substraten, eerder dan een volledig andere soortensamenstelling als buiten de windparken van epibenthos- en visgemeenschappen teweegbrengt.

Ook in Nederlandse windparken zoals het Offshore windpark Egmond aan Zee (OWEZ) werd de aantrekkende werking als foerageer- en schuilplaats van het windpark op vissen aangetoond tijdens de monitoring, althans tijdelijk (Pondera Consult, 2020). Zo werden tijdens één zomer visdichtheden die gemiddeld 37 keer hoger lagen dan de rest van het windpark opgemeten in een straal van 15-20 m rond de funderingen. De vangsten wezen vooral op een toename in makreel en horsmakreel, en jonge kabeljauw. In de Belgische windparken in de Oostelijke energiezone werd een gelijkaardig effect voor onder andere kabeljauw, wijting en pladijs waargenomen (Buyse et al., 2022a; Mavraki et al., 2020; Vanaverbeke et al., 2023).

Bodem en waterkwaliteit

Effecten van verontreiniging op de zeebodem en de waterkolom werden in effectbespreking van de disciplines bodem en water als nagenoeg afwezig beoordeeld (zie § 5.1.4). Effecten van verontreiniging ten gevolge van scheepsrampen (bv. olievlekken of andere schadelijke verontreiniging) worden ook als gering negatief (0/-) beoordeeld, ondanks dat het aanvaringsrisico zelf als matig negatief (-) wordt ingeschat voor de verschillende kavels en scenario's (voor de totale PEZ aanzienlijk negatief zonder mitigerende maatregelen) (zie verder onder discipline veiligheid, § 5.7.3). Echter, ondanks de vele maatregelen die worden genomen om het vrijkomen van verontreinigende stoffen in het zeewater te voorkomen, zal het risico op een accidentele, kortstondige lozing nooit volledig kunnen worden voorkomen. Gezien er in dat geval een invloed kan zijn van pollutanten op de mariene biota en dus negatieve gevolgen voor het ecosysteem, wordt dit effect als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Geluidsverstoring en trillingen

Gedurende de exploitatiefase zal de **geluidsverstoring** ten gevolge van de aanwezigheid van windparken in de PEZ kavels niet van die mate zijn dat er een effect op het epibenthos en de visfauna wordt verwacht. De impulsieve heigeluiden tijdens de constructiefase zijn hier niet meer van tel, en onderwatergeluid blijft beperkt tot de scheepsgeluiden bij onder meer onderhoudstrips. Monitoring in de Nederlandse windparken (Prinses Amalia Windpark) toonde aan dat de toename in onderwatergeluid door operationele windparken laag is (ten gevolge van golfbewegingen van het water, en aanwezigheid van schepen voor o.a. onderhoud). Op grotere afstand van het windpark (ca. 3,5 km) kwam het

geluidsniveau zelfs niet boven de achtergrondgeluiden uit (Pondera Consult, 2020). Hierdoor wordt bijgevolg vrijwel geen (0) effect op het epibenthos en de visfauna verwacht, ongeacht het kavel, scenario of type fundering.

Andere vormen van verstoring (EMV en warmte)

Van mogelijks groter belang tijdens de operationele fase, is het effect van de **elektromagnetische velden** die ontstaan rond de vele AC-parkkabels in de PEZ kavels. Elektromagnetische velden zijn van nature aanwezig op aarde – met een achtergrond aardmagnetisch veld van ongeveer 25 – 60 μT (Gill, 2023). Verschillende soorten, waaronder vissen, gebruiken dit aardmagnetisch veld (onder meer voor navigatie), en zenden zelf ook kleine bio-elektrische velden uit in respons (vb. door spierbewegingen, neurologische processen, etc.; zie ook § 5.3.2.3). De transmissie van elektriciteit door de aanwezige zeekabels in de PEZ kavels gedurende de exploitatiefase zal eveneens leiden tot het opwekken van EMV in het projectgebied. Hierdoor kan interactie optreden tussen deze EMV van de parkkabels en gevoelige soorten (Gill, 2023).

De intensiteit van de opgewekte EMV hangt af van het type kabel (gelijkstroom DC of wisselstroom AC; in voorliggend MER zijn de parkkabels AC of wisselstroomkabels), de locatie, en het vermogen van de kabel (in voorliggend MER is dat 90 MW per parkkabel). Door de aanwezige behuizing rond de drie geleiders van de parkkabels wordt het geïnduceerd elektrisch veld nagenoeg volledig afgeschermd, maar het magnetisch veld niet. Doordat er echter drie geleiders in de kabels zitten, wordt het totaal magnetisch veld evenwel grotendeels geneutraliseerd doordat de velden rond de individuele geleiders elkaar opheffen. Berekeningen uitgevoerd door Elia in kader van het MOG2 eiland geven voor AC-kabels van 220 kV een maximale magnetische veldsterkte van ca. 13 μT ter hoogte van de zeebodem voor kabels ingegraven op 1 m TOC. Deze veldsterkte neemt snel af met de afstand ten opzichte van de kabellocatie (zowel horizontaal als verticaal; bij 1,5 m boven de zeebodem bedraagt de veldsterkte nog ca. 6 μT) (IMDC, 2022). Dieper ingraven van kabels leidt eveneens tot een reductie in het magnetisch veld, waarbij ingraven op 2 m diepte onder de zeebodem een veldsterkte van ca. 3,5 μT ter hoogte van de zeebodem oplevert (IMDC, 2022). Nog van belang is dat de opgewekte magnetische veldsterkte eveneens afhangt van de elektrische stroom die door de kabel wordt getransporteerd. In het geval van inter-array kabels zoals in voorliggend MER zullen de magnetische veldsterktes dus lager zijn dan deze voor AC of DC exportkabels welke een grotere transmissiecapaciteit hebben (SEER, 2022). Wanneer de uitgezonden EMV relatief klein is, wat te verwachten is bij kabels met een lager vermogen, daalt zij tot achtergrondniveaus binnen enkele meters van de kabels. Bij kabels met een groot vermogen is de ruimtelijke omvang in de tientallen meters gemeten (Gill, 2023). Binnen voorliggend MER en de beschouwde parkbekabeling, zal het effect dus tot enkele meters beperkt blijven naar verwachting. Veel van de studies waar in de onderstaande paragrafen naar verwezen wordt, gaan uit van veldsterktes die niet vergelijkbaar zijn met deze opgewekt door inter-array bekabeling, wat het inschatten van potentiële effecten op het benthos en de visfauna enigszins bemoeilijkt.

De impact van deze veldsterktes op soorten binnen het epibenthos en de visfauna hangt naast de opgewekte veldsterktes af van het aantal kabels, de locatie, en de duurtijd van de blootstelling. Mogelijke effecten zijn onder meer wijzigingen in fysiologie, ontwikkeling en groei van organismen, maar tot op heden kunnen geen algemene trends opgetekend worden. Op basis van het beperkt aantal studies voor **epibenthos** (voornamelijk labo-experimenten op schaaldieren) werd aangetoond dat soorten als Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) en Noordzeekreeft (*Homerus gammarus*) tijdens hun

embryonale ontwikkeling meer afwijkingen en een hogere mortaliteit kennen wanneer blootgesteld aan – weliswaar gelijkstroom (DC) – kabels met een veldsterkte van 2,8 mT (Harsanyi et al., 2022). Nog voor Noordzeekrabben werden ook gedragswijzigingen geobserveerd vanaf magnetische veldsterktes van 500 μ T en meer – zo werden de krabben aangetrokken door submariene kabels, waarna zij stil bleven staan in de nabijheid van de kabels (Scott et al., 2021). Andere benthossoorten (o.a. grijze garnaal, mosselen, zeester, isopoden) vertoonden dan weer geen reactie op magnetische velden van 2,7 – 3,7 mT (Bochert & Zettler, 2006). Meer recent werd in kader van EDEN2000 een reeks labo experimenten opgezet om de effecten van EMV op de ontwikkeling en vroege levensstadia van zowel epibenthos als vissen (Paoletti et al., 2023). De bestudeerde soorten waren hondshaai (*Scyliorhinus canicula*), gewone pijlintvis (*Loligo vulgaris*), gewone zeekat (*Sepia officinalis*) en de Noordzeekreeft (*Homarus gammarus*), en de opgewekte veldsterktes varieerden van 5 – 10 μ T, analoog aan wat verwacht wordt voor inter-array parkkabels (en dus vergelijkbaar aan de veldsterktes binnen voorliggend MER). Voor ieder van de soorten werd een andere respons geobserveerd, gaande van kleinere dooierzak en langere borstvinnen bij hondshaai wanneer blootgesteld aan EMV, tot grotere lengte van juveniele pijlintvis bij het uitkomen, verminderde efficiëntie van kreeft in het vinden van een schuilplaats, en geen effecten voor de zeekat (Paoletti et al., 2023).

Met betrekking tot impact van EMV op visfauna, werden ook een aantal veldstudies en labo-experimenten uitgevoerd, zoals die van Paoletti et al. (2023) in kader van EDEN2000 welke hierboven al besproken werd. Net als voor epibenthos leven deze studies doorgaans onduidelijke resultaten op (Gill, 2023). De veldstudies wijzen er meestal op dat de soorten die in de wateren rond de kabels leven niet verschillen van de soorten die worden aangetroffen op plaatsen waar geen kabels liggen, waaruit wordt afgeleid dat er geen significante effecten op de aanwezige visfauna zijn. Gecontroleerde laboratoriumexperimenten hebben op hun beurt wel gedrags-, ontwikkelings- en/of fysiologische effecten aangetoond op receptorsoorten die aan zowel wissel- als gelijkstroomvelden werden blootgesteld (Gill, 2023). Als de meest elektrosensitieve taxa in het marien milieu stonden kraakbeenvissen (haaien en roggen) doorheen de laatste jaren het meeste in de belangstelling van studies omtrent EMV effecten van onderzeese kabels (Gill, 2023). Effecten zijn ook hier sterk soortspecifiek, met waarnemingen van hondshaaien (*Scyliorhinus canicula*) die allen sterke reactie vertoonden, terwijl dit voor stekelroggen (*Raja clavata*) beperkt was tot een aantal individuen, en voor doornhaai (*Squalus acanthias*) geen enkel individu reageerde.

Uit bovenstaande bespreking blijkt dat er nog veel onzekerheden zijn omtrent de respons van zowel epibenthossoorten als vissen op opgewekte EMV door de parkkabels in de exploitatiefase (Gill, 2023). De mate en manier van respons zal variëren van soort tot soort, maar biologisch significante effecten op populatieniveau van de epibenthos- en visfauna worden niet verwacht (van Hal et al., 2022). Verder toegepast onderzoek op het BNZ kan helpen om de potentiële effecten van EMV nog beter in kaart te brengen, en ook over de cumulatieve effecten is nog weinig geweten. Wel valt te verwachten dat de veldsterktes opgewekt door de individuele parkkabels enkel in de directe nabijheid van de kabels waarneembaar zullen zijn, waardoor de invloedsfeer beperkt is.

Samenvattend wordt geconcludeerd dat EMV potentieel waargenomen worden door verschillende epibenthos- en vissoorten in de PEZ kavels, en dat die potentieel een reactie vertonen. Gezien de huidige leemte in de kennis, en de

relatief lage magnetische veldsterkte bij AC parkkabels, wordt het effect binnen voorliggend MER echter als gering negatief (0/-) ingeschat, ongeacht het kavel, scenario en funderingstype. Dichter bij het MOG2 eiland, als convergentiepunt voor alle parkkabels, zullen de parkkabels dichter bijeen liggen en kan het effect lokaal potentieel sterker zijn.

In tegenstelling tot het macrobenthos, waar verschillende soorten ingegraven in de zeebodem leven, zijn het epibenthos en de demersale visfauna enkel op en boven de zeebodem te vinden. Hierdoor zal er geen effect (0) van eventuele **warmteproductie** van de parkkabels op het epibenthos en de vissen optreden in voorliggend MER, ongeacht het kavel, scenario, en funderingstype (zie ook National Grid Viking Link Ltd. & Energinet.dk; 2017).

Ontmantelingsfase

Zoals beschreven onder de effecten voor de exploitatiefase, zullen de windparken naar alle waarschijnlijkheid voor een aantal epibenthos- en vissoorten (vb. kabeljauw, wijting, Noordzeekrab, Noordzeekreeft) een aantrekkende werking hebben omwille van de schuilplaats die ze creëren (uitsluiting reguliere scheepvaart, inclusief visserij) en het potentieel verhoogd voedselaanbod door de organische aanrijking in de nabijheid van de turbinelocaties en de omringende erosiebescherming. De erosiebescherming zelf, de funderingen en de palen vormen op hun beurt ook een vasthechtingsubstraat voor een deel epifauna (artificiële harde substraten; zie ook onder § 5.4.3.5). De uitsluiting van bodemverstorende activiteiten ten slotte kan kansen creëren voor ontwikkeling van zogenaamde K-strategen binnen het benthos, met name ter hoogte van de grindbedlocaties in de drie PEZ kavels.

Binnen voorliggend MER wordt volledige verwijdering van zowel erosiebescherming, funderingen en parkbekabeling vooropgesteld tijdens de ontmantelingsfase, waardoor bovenvermelde faciliterende effecten voor zowel epibenthos als vissen komen te vervallen. De tijdens de operationele fase toegenomen lokale abundantie aan bepaalde soorten zal dan ook teniet worden gedaan. Met name het epibenthos, welke doorgaans een meer sedentaire levensstijl hebben, en zich ook vasthechten op de funderingen zelf (epifauna), zal daarom negatieve effecten naar **bodemverstoring** en direct **verlies aan organismen** ondervinden tijdens de ontmantelingsfase. Hetzelfde wordt verwacht voor de epibenthosgemeenschappen die zich op en in de nabijheid van de grindbedden zullen ontwikkeld hebben (onder meer door uitsluiting bodemverstoring, bijkomend habitat door aanleg van erosiebescherming met gelijkaardige samenstelling en complexiteit, etc.). Het effect op biotoopverstoring en verlies aan organismen voor het epibenthos wordt bijgevolg als gering negatief (0/-) beoordeeld, ongeacht het scenario, het kavel of het funderingstype. Voor de visfauna, welke doorgaans mobieler is, maar welke ook verhoogde aanwezigheid vertoont (althans voor bepaalde soorten) in de windparken, wordt het effect van bodemverstoring en direct verlies aan organismen tijdens ontmanteling lager ingeschat daar ze in staat zijn om de zones van ontmanteling te ontwijken, doch wel nog steeds in dezelfde grootteorde (gering negatief (0/-)). Bovendien is de verwachting dat op relatief korte termijn de zeebodem opnieuw gekoloniseerd zal worden door het bodemleven waardoor ook de voedselbeschikbaarheid voor vissen zich zal herstellen. Het is aangewezen om tijdens de operationele fase de ontwikkeling en evolutie doorheen de tijd van de epibenthos- en visgemeenschappen op en rond de turbinelocaties nauwlettend te monitoren, om een idee te krijgen van de ecologische waarde binnen de drie windparken in de PEZ.

Bij het verwijderen van erosiebescherming, funderingen en parkkabels, zal ook een deel fijne fractie in suspensie gebracht worden, al zal de hoeveelheid beduidend minder zijn dan tijdens de constructiefase, gezien voorafgaande nivellering van de zeebodem niet aan de orde zal zijn in deze fase. Een lokale **toename van de turbiditeit** ten gevolge van een (weliswaar geringere) sedimentpluim en daaropvolgende sedimentatie is daarom niet uit te sluiten. Het effect wordt weliswaar maximaal van dezelfde grootteorde als tijdens constructie (gering negatief 0/-) beoordeeld.

Tijdens de verwijderingsfase zullen geen heiwerkzaamheden meer plaatsvinden, waardoor effecten van **impulsieve geluidspulsen** zoals tijdens de constructiefase niet aan de orde zijn en er vrijwel geen effect (0) van geluidsverstoring op het epibenthos en de visfauna zal optreden (cf. beoordeling voor macrobenthos).

Al voorgaande beoordelingen gelden ongeacht het kavel, het scenario en het type fundering, maar zijn dus soms wel afhankelijk van de beschouwde groep organismen (epibenthos of vissen).

Besluit bespreking en beoordeling effecten op epibenthos en vissen

Onderstaande Tabel 5-25 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op het epibenthos en de visfauna in het projectgebied PEZ. Deze beoordelingen gelden ongeacht het kavel en het type fundering dat gekozen wordt, en zijn gelijkaardig voor beide scenario's in voorliggend MER.

Tabel 5-25 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op het epibenthos en vissen. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op epibenthos en vissen	Scenario 1						Scenario 2						
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	
	Epibenthos			Vissen			Epibenthos			Vissen			
Voorbereidende fase (geotechnisch onderzoek)													
Biotoopverstoring	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Constructiefase													
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	
Verlies aan organismen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	
Geluidsverstoring en trillingen	0/-	0/-	0/-	-	-	-	0/-	0/-	0/-	-	-	-	
Exploitatiefase													
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	
Geluidsverstoring en trillingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Effecten op epibenthos en vissen	Scenario 1						Scenario 2					
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
	Epibenthos			Vissen			Epibenthos			Vissen		
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase												
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5.4.3.3 Vogels en vleermuizen

In de hier volgende bespreking worden onderscheid gemaakt tussen de volgende soortgroepen en effectgroepen:

- **Overwinterende en pleisterende zeevogels:** de Belgische wateren worden voornamelijk tijdens de herfst-winter en vroege voorjaar gebruikt door grote aantallen overwinterende vogelsoorten als foerageergebied en rustplaats. Het gaat hierbij bv. om alkachtigen, Jan-van-Genten, duikers, sterns, zee-eenden en aalscholvers.
- **Migrerende vogelsoorten:** de jaarlijkse seizoenstrekbewegingen van vogelsoorten concentreren zich voornamelijk tijdens het voorjaar en nazomer/herfst. Het gaat hierbij om een groot aantal soorten, zowel landvogels als watervogels. De seizoenstrek gebeurt zowel overdag als 's nachts. Vooral bij lijsterachtigen (bv. koperwiek) is nachttrek een gekend fenomeen.
- **Migrerende vleermuizen:** van een aantal vleermuissoorten is gekend dat de Noordzee tijdens de trekperiode overgestoken wordt van Noord- en Oost-Europa richting de overwinteringsgebieden in zuidwest Europa. Het gaat hierbij om soorten als ruige dwergvleermuis, maar ook andere soorten als gewone dwergvleermuis, tweekleurige vleermuis, rosse vleermuis e.d. zijn vastgesteld boven de Noordzee (Lagerveld et al., 2021).

De volgende effecten kunnen onderscheiden worden:

- Wijzigingen in rust- of foerageergebieden: dit is voornamelijk belangrijk voor overwinterende en pleisterende watervogelsoorten.
- Verstoring van migratiecorridors: dit is voornamelijk belangrijk voor migrerende vogelsoorten.
- Aanvaring: dit is van belang voor alle vermelde soortgroepen.

Vorbereidend onderzoek

Tijdens geofysisch en geotechnisch onderzoek dat door de kandidaat-ontwikkelaar(s) mogelijks zal uitgevoerd worden om het projectgebied in meer detail te karakteriseren, zullen beperkt extra scheepsbewegingen ingezet worden in de PEZ kavels, welke een potentieel risico op geluidshinder met zich meebrengen. Echter, gezien de achtergrond hoeveelheid scheepsbewegingen die in het BNZ en de PEZ plaatsvinden, wordt dit effect als niet relevant (0) ingeschat voor vogels en vleermuizen.

Constructiefase

Tijdens de constructie zijn volgende potentiële impacten van het grootste belang voor vogels binnen het BNZ:

- Verstoring door sedimentatie (vertroebeling);
- Verstoring door geluid (geluidshinder) en benadering;
- Aantrekking door rust- en foerageermogelijkheden.

Hierbij zijn verschillende factoren bepalend voor het resulterende effect op vogels, waaronder bv. de intensiteit, duur en frequentie van de verstoring, de voorspelbaarheid van de verstoring/aantrekking, het type verstoring/aantrekking, en de afstand tussen bron van verstoring/aantrekking en het organisme (Krijgsveld et al., 2008)

Verstoring door sedimentatie

De constructiefase wordt gekenmerkt door het nivelleren, baggeren, verplaatsen en storten van sedimenten in functie van de installatie van de funderingen. Hierbij kunnen grote hoeveelheden zwevende sedimentdeeltjes voor een vertroebeling van de waterkolom zorgen, met een verhoogde turbiditeit (i.e. verstrooiing van het licht) tot gevolg (Verfaillie et al., 2006). Gezien de aard van dit effect zal dit voornamelijk belangrijk zijn voor soorten die in het gebied foerageren: overwinterende en pleisterende vogelsoorten en foeragerende zeevogels tijdens het broedseizoen. Vogelsoorten die gebruik maken van predatie op zicht (bv. alkachtigen, futen, Jan-van-Genten, duikers, sterns, zee-eenden en aalscholvers) kunnen hierdoor moeilijkheden ondervinden. Tabel 5-22 toont dat dergelijke vertroebeling van de waterkolom gevolgen kan hebben voor o.a. de alken, zeekoeten en Jan-van-Genten die ter hoogte van de PEZ (zone 3 in Figuur 5-48) voorkomen. Gezien de relatief lokale aard en het tijdelijk karakter van deze effecten, worden deze tijdens de constructiefase als gering negatief ingeschat (0/-), en dit voor beide scenario's. De foerageergebieden op zee worden door de grootste aantallen van deze soortgroepen voornamelijk tijdens de herfst, winter en vroege voorjaar gebruikt. Indien de constructie buiten deze periode gebeurt is er eveneens minder impact. Verstoring door sedimentatie zal ook optreden t.g.v. de bekabeling binnen het PEZ, meer bepaald bij het plaatsen van de inter-array kabels. Dit wordt om dezelfde redenen als gering negatief ingeschat (0/-). Eens de bekabeling geplaatst is worden geen verdere effecten meer verwacht. Gezien sedimentatie voor migrerende vogelsoorten en vleermuizen boven het BNZ geen effecten met zich meebrengt, wordt dit als niet relevant beschouwd (0).

Voor een detailbespreking van de vertroebeling die kan optreden tijdens de constructiefase van de ontwikkeling van de PEZ, wordt verwezen naar de externe pluimmodellering uitgevoerd in het kader van voorliggend MER (Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023). Voor een effectbespreking van de constructiefase op sedimentatie en turbiditeit in de waterkolom, zie ook § 5.1.4.2.

Verstoring door geluid en benadering

Elke benadering door schepen kan verstoring veroorzaken bij sommige wilde vogelsoorten, o.a. door het onderbreken van foeragegedrag of het verdrijven uit hun rust- en foerageergebieden. Dit is soortafhankelijk: meeuwen zijn relatief onverschillig ten opzichte van deze verstoringbron, terwijl zee-eenden en alkachtigen snel vluchtgedrag vertonen. Gezien

dit resulteert in een verlies aan tijd en energie, kan dit een mogelijke weerslag beteken op reproductief succes en/of overlevingskansen van het individu of de populatie (Sagar, 2013). De aard van de verstoring (i.e. de geluidsbron of type schip) is hier van belang, gezien snelle, luide schepen een groter mijdingseffect zullen hebben dan bv. stille zeilboten, alsook het feit dat schepen die zich buiten de gewoonlijke vaarroutes bevinden een grotere impact zullen hebben.

Deze effecten zijn soortafhankelijk en seizoensgebonden, waarbij ter hoogte van de PEZ (zone 3 in Figuur 5-48) relatief weinig soorten voorkomen die sterk gevoelig zijn gebleken voor dit soort antropogene verstoringen (zoals bv. zwarte zee-eend of roodkeelduiker; Vanermen et al., 2022b). Bijgevolg wordt de verstoring van zeevogels door geluid en benadering tijdens de constructiefase als gering negatief beschouwd (0/-). Voor migrerende vogelsoorten en vleermuizen wordt een potentieel effect door geluid of benadering als niet relevant ingeschat (0).

Aantrekking door rust- en foerageermogelijkheden

Tijdens de constructiefase kunnen zeevogels aangetrokken worden tot de projectzone (PEZ) als gevolg van verhoogde rustmogelijkheden en een toegenomen voedselaanbod (Vanermen et al., 2022b). Opportunistische soorten zoals zilverbreeuwen, bijvoorbeeld, kunnen mogelijks aangetrokken worden door de werkzaamheden tijdens de constructiefase als gevolg van het verhoogde voedselaanbod bij het omwoelen van de bodem en de verhoogde scheepsactiviteit (Stienen et al., 2002; Vanermen et al., 2006). Ook voor sommige migrerende vogelsoorten kan een aantrekking worden verwacht tijdens de constructiefase (rustplaatsen), echter is dit effect voornamelijk het gevolg van de toegenomen verlichting (Vanermen et al., 2022b).

Gezien de netto aantrekking voor zee- en migrerende vogelsoorten tijdens de constructiefase zal gematigd worden door de verhoogde menselijke activiteit in de regio, worden deze effecten als gering positief beschouwd (0/+).

Wat betreft vleermuizen treedt er mogelijks zowel een zekere graad van verstoring op (bv. tijdens de migratietrek in de herfst) als een zekere graad van aantrekking (bv. het beschutting zoeken op schepen actief in het projectgebied). Gezien de aard van de werken niet als schadelijk wordt beschouwd voor vleermuizen, worden de potentiële effecten ten gevolge van de constructiefase als niet relevant beschouwd (0).

Operationele fase

Net zoals tijdens de constructiefase, worden tijdens de operationele fase zowel aantrekkings- als vermijdingseffecten verwacht wat betreft vogels t.h.v. de PEZ. In Europese windparken op zee werden reeds significante aantrekkingsseffecten waargenomen voor o.a. aalscholvers, kleine mantelmeeuw, zilverbreeuw, grote mantelmeeuw, drieteenmeeuw en grote stern (Vanermen & Stienen, 2019). Voor sommige soorten kunnen de constructies zelfs als 'stepping stone' fungeren en zo tot een uitbreiding van het natuurlijke broedgebied leiden. Zo broedt drieteenmeeuw niet van nature in de Belgische wateren, maar uit voorbeelden in Nederland (waar de soort oorspronkelijk niet broedt) blijkt dat deze soort zich kan vestigen op artificiële constructies offshore. De windparken zijn in dit opzicht echter minder geschikt. Anderzijds werden de afgelopen jaren ook significante vermijdingseffecten waargenomen t.h.v. Europese offshore windparken (Dierschke et al., 2016).

De belangrijkste potentiële effecten tijdens de operationele fase op vogels in het BNZ zijn:

- Toename mortaliteit door kans op aanvaring;
- Verstoring door aanwezigheid windpark: barrière effect en habitatverlies;
- Aantrekking door rust- en foerageermogelijkheden, en eventueel broedgelegenheden.

Deze effecten spelen een rol voor zowel lokale als migrerende vogelsoorten en migrerende vleermuizen in het BNZ en hebben zeer uiteenlopende gevolgen. Waar een barrière-effect zal resulteren in een verhoogd energieverbruik en habitatverlies t.g.v. vermijding van het gebied, zal een aanvaring met een operationele turbine veelal de dood tot gevolg hebben, met potentieel impacten op populatieniveau. De potentiële effecten tijdens de exploitatie op vogels, alsook deze op vleermuizen boven het BNZ, worden in meer detail besproken in onderstaande paragrafen.

Aanwezigheid windpark: kans op aanvaring

Een risicomodel met betrekking tot de kans op aanvaring tussen zeevogels en windturbines werd opgesteld door Brabant et al. (2022a) in het kader van het WinMon monitoringsprogramma van de Oostelijke energiezone in het BNZ. Gegevens van zes zeevogelsoorten werden gebruikt en de kans op aanvaring werd gemodelleerd t.h.v. de negen operationele windparken in de Oostelijke energiezone (Tabel 5-26). Uit het onderzoek blijkt dat grote en kleine mantelmeeuwen het hoogste risico lopen op aanvaring met de operationele windturbines (Brabant et al., 2022a). De overige vier soorten lopen een lager risico, vermoedelijk door hun doorgaans lagere densiteiten in/rond windparken (Vanermen et al., 2019) en hun lagere vlieghoogtes (Johnston et al., 2014).

Tabel 5-26 – Gemodelleerd aantal aanvaringen met operationele windturbines per jaar ($\pm$ SD) voor zes zeevogelsoorten t.h.v. de Oostelijke energiezone in het BNZ (Brabant et al., 2022a) en meest recente beschermingsstatuut (met jaartal laatste update) volgens de Rode Lijst in Vlaanderen en IUCN (INBO 2023; IUCN 2023).

Soort	Beschermingsstatuut		Aantal/jaar	SD
	INBO	IUCN		
Stormmeeuw (<i>Larus canus</i>)	<i>Ernstig bedreigd (2016)</i>	<i>Niet bedreigd (2020)</i>	6,9	94,8
Zilvermeeuw (<i>Larus argentatus</i>)	<i>Bijna in gevaar (2016)</i>	<i>Niet bedreigd (2020)</i>	0,8	24,8
Jan-van-Gent (<i>Morus bassanus</i>)	<i>Geen data beschikbaar</i>	<i>Niet bedreigd (2020)</i>	0,2	2,5
Kleine mantelmeeuw (<i>Larus fuscus</i>)	<i>Bijna in gevaar (2016)</i>	<i>Niet bedreigd (2018)</i>	16,9	133,9
Grote mantelmeeuw (<i>Larus marinus</i>)	<i>Niet geëvalueerd (2016)</i>	<i>Niet bedreigd (2018)</i>	32,3	202,8
Drieteenmeeuw (<i>Rissa tridactyla</i>)	<i>Geen data beschikbaar</i>	<i>Kwetsbaar (2020)</i>	3,6	26,6
Totaal			60,7	263,4

Naast de modellering o.b.v. de turbines die operationeel zijn in de Oostelijke energiezone (met turbines tot max. 6 MW), werden in dit onderzoek twee alternatieve scenario's onderzocht (Brabant et al., 2022a). Hierbij werd voor dezelfde soorten het aanvaringsrisico berekend indien gebruik zou worden gemaakt van (A) turbines van 15 MW met een rotordiameter van 236 m en (B) diezelfde turbines van 15 MW met een tiphoogte die 10 m boven voorgaande scenario A uitkomt. Het risicomodel gaf aan dat het totaal aantal aanvaringen tussen zeevogels en operationele windturbines met

40,4 % zou dalen in geval van scenario A en met een bijkomende 37 % in geval van scenario B. Brabant et al. (2022a) concludeert dat het verlaagde aanvaringsrisico in geval van de grotere turbines een gevolg is van enerzijds het verlaagde aantal turbines per km² en anderzijds de hogere minimale tiphoogte (en dus toegenomen ruimte onder de wieken). Deze laatste is bepalend gezien de meeste zeevogels die een aanvaringsrisico lopen een vlieghoogte hebben die overeenkomt met de onderste regio van de roterende wieken (Johnston et al., 2014). Een hogere minimale tiphoogte kan dus een significant positieve invloed hebben op het aantal aanvaringen tussen zeevogels en operationele windturbines (Brabant et al., 2022a). Echter, in voorliggend MER wordt voor zowel de 12 MW als de 22 MW een minimale tiphoogte aangehouden van 25 m, waardoor dit geen onderscheidende parameter wordt tussen de scenario's.

Wat migrerende vogelsoorten betreft wijst recent onderzoek uit dat de meeste trekvogels t.h.v. de Oostelijke energiezone nagenoeg op rotorhoogte vliegen (Brabant et al., 2021b). Het aandeel trekvogels die dergelijk aanvaringsrisico loopt zou met 58,3% toenemen indien gebruik wordt gemaakt van de 15 MW turbines in scenario A uit het onderzoek van Brabant et al. (2022a). Deze stijging toont aan dat het gebruik van een lager aantal turbines met grotere dimensies in het voordeel kan spelen van zeevogels, maar een groter risico vormt voor migrerende vogelsoorten (Brabant et al., 2022a).

Gezien de hypothetische turbines in scenario A uit voorgaand onderzoek (Brabant et al., 2022a) erg gelijkaardig zijn aan scenario 1 in voorliggend MER, wordt het netto aanvaringsrisico tussen vogels (zeevogels en trekvogels) en de operationele turbines in dit scenario in de PEZ kavels als gering negatief ingeschat (0/-). Voor de 22 MW turbines in scenario 2 in voorliggend MER zijn nog geen dergelijke modelleringen beschikbaar. Onderzoek door Brabant et al. (2021b & 2022a) toont echter aan dat het aanvaringsrisico voor zeevogels negatief gecorreleerd is met de dimensies van de operationele turbines en dat voor trekvogels positief. Hierdoor wordt het netto aanvaringsrisico in scenario 2 in voorliggend MER als gering negatief ingeschat (0/-) voor zeevogels en als matig negatief (-) voor migrerende vogelsoorten.

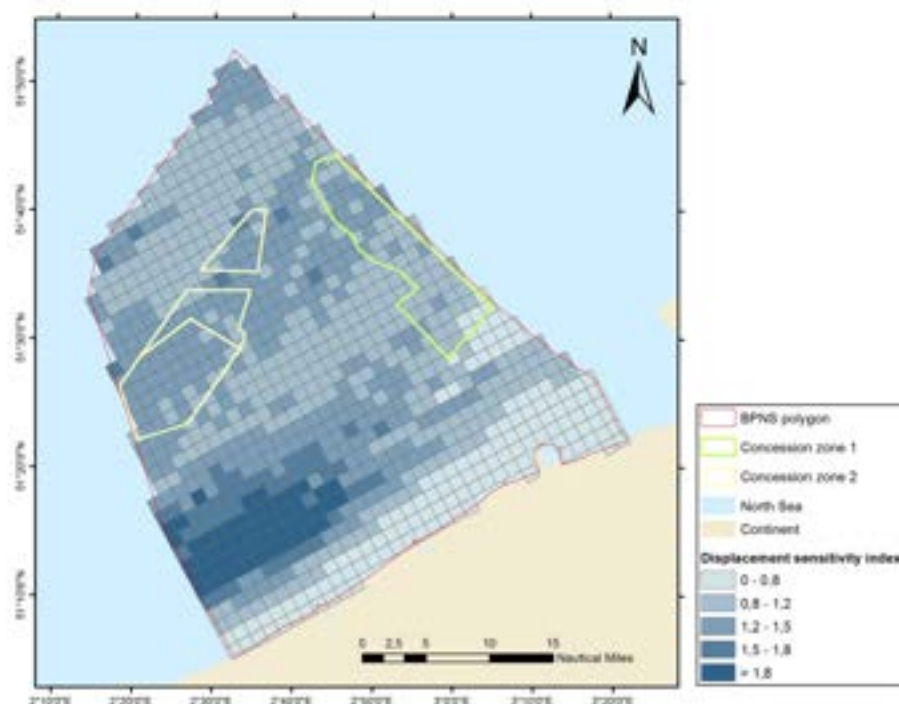
Ook vleermuizen worden waargenomen boven het BNZ (zie § 5.4.2.3), al blijft hun meest gebruikte vlieghoogte voorlopig onduidelijk (Brabant et al., 2022a). Gezien vleermuizen reeds onder, op en boven rotorhoogte werden waargenomen, kan gesteld worden dat minstens een deel van migrerende vleermuizen een aanvaringsrisico loopt met een operationeel windpark t.h.v. de PEZ (o.a. Hatch et al., 2013; Brabant et al., 2019, 2021a). Barclay et al. (2007) toonde evenwel aan dat het risico voor vleermuizen mogelijk kan toenemen met de dimensie van de turbines, al gaan de grotere dimensies in scenario 2 in voorliggend MER gepaard met een lager aantal geïnstalleerde turbines. In afwachting van meer concrete, gekwantificeerde gegevens, wordt het risico voor vleermuizen tijdens de operationele fase ingeschat op gering negatief (0/-) voor scenario 1 en 2 in voorliggend MER.

Ondanks de conclusie dat een operationeel windpark t.h.v. de PEZ zou resulteren in een relatief laag aantal dodelijke aanvaringen met zee- en trekvogels boven het BNZ, kan deze mortaliteit significant blijken voor bv. langlevende soorten met een lage maturiteits- en reproductiesnelheid (bv. Jan-van-Genten) en/of vogelsoorten met een beschermd statuut (o.a. de mantelmeeuwen, duiker sp. en zee-eenden). In deze gevallen kan een relatief lage mortaliteit toch significante gevolgen hebben op populatieniveau, vooral wanneer ook rekening wordt gehouden met de cumulatieve mortaliteit t.g.v.

bijkomende menselijke activiteiten en de aanwezigheid van meerdere offshore windparken (Drewitt & Langston, 2006; Vanermen & Stienen, 2023). Dit aspect wordt in meer detail besproken in Hoofdstuk 6 CUMULATIEVE EFFECTEN.

Aanwezigheid windpark: barrière effect en habitatverlies

Op basis van vier zeevogelsoorten die gevoelig zijn aan verstoring door de aanwezigheid van een windpark (i.e. de Jan-van-Gent, roodkeelduiker, zeekoet en alk), werd door Vanermen et al. (2022a) een gevoeligheidskaart opgesteld in het kader van het WinMon monitoringsprogramma. Deze gevoeligheidskaart (Figuur 5-55) werd opgebouwd o.b.v. distributiemodellen voor deze vier soorten en toont de gebieden binnen het BNZ waar de gevoeligheid voor verstoring wegens ‘displacement’ (verplaatsing) t.g.v. onder meer barrière effecten en habitatverlies het hoogst is. Uit dit onderzoek blijkt dat de PEZ een gemiddelde gevoeligheidsindex vertoont wat betreft dit type verstoring.



Figuur 5-55 – Gevoeligheidskaart voor zeevogels in het BNZ (o.b.v. distributiemodellen voor Jan-van-Gent, roodkeelduiker, zeekoet en alk) m.b.t. ‘displacement’ of verplaatsing ten gevolge van o.a. barrière effecten en habitatverlies door de aanwezigheid van een windpark (Vanermen et al., 2022a), inclusief indicatie van de Oostelijke energiezone (groen) en de PEZ (geel).

Bijkomend literatuuronderzoek in kader van EDEN2000 omtrent de verstoring van vogels in het BNZ door barrière effecten en habitatverlies resulteerde in een opdeling in drie verschillende categorieën (Vanermen & Stienen, 2023):

1. Soorten(groepen) met inconsistente bevindingen en voor dewelke sterke verstoringseffecten onwaarschijnlijk zijn, zoals kleine mantelmeeuw, grote mantelmeeuw, dwergmeeuw, visdief, Noordse stern en grote stern;
2. Soorten(groepen) die waarschijnlijk een barrière effecten ondervinden tot op 3 km afstand, zoals Jan-van-Gent, zeekoet en alk;
3. Soorten(groepen) die waarschijnlijk een barrière effecten ondervinden tot > 3 km afstand, zoals zwarte zee-eend (5 km) en duiker sp. (tot 16 km).

Op basis van dit recent onderzoek blijkt dat er geen duidelijk eenduidig effect is van potentiële barrièrevorming en habitatverlies t.g.v. de aanwezigheid van een windpark. Gezien de PEZ zich in zone 3 bevindt (Figuur 5-48), overlapt deze niet met de zone met de hoogste densiteiten aan vogelsoorten die het meest gevoelig blijken (i.e. zwarte zee-eend en duikers). Mogelijke barrière effecten en verstoring t.g.v. habitatverlies in de PEZ zijn daarom het meest waarschijnlijk voor deze soorten die zich verder offshore bevinden (zone 3 in Figuur 5-48), zoals Jan-van-Genten, zeekoeten en alken (Vanermen & Stienen, 2023). Deze soorten staan op heden niet onder druk op Belgisch of Europees niveau (INBO 2023; IUCN 2023).

Gezien de grote variatie in resultaten wordt de verstoring door barrièrevorming en habitatverlies voor zeevogels t.h.v. de PEZ voorzichtigheidshalve als gering negatief (0/-) ingeschat, hoewel ook voor een groot aantal soorten weinig tot geen significante effecten zullen optreden. Voor trekvogels en vleermuizen wordt ingeschat dat dit effect naar alle waarschijnlijkheid niet van tel zal zijn (Vanermen et al., 2022a), resulterend in een niet-relevante effectscore (0). Deze beoordeling blijft gelijk voor beide scenario's binnen voorliggend MER, gezien deze potentiële verstoring normaliter ingeschat wordt t.o.v. een volledige concessiezone, ongeacht het aantal of type windturbines binnen deze zone.

Aantrekking door rust- en foerageermogelijkheden

Naast de mogelijke bronnen van verstoring, kan een operationeel windpark ook een zekere aantrekkingskracht hebben op vogels in het BNZ, dewelke vooral wordt toegeschreven aan toegenomen rust- en foerageermogelijkheden. Bij een surveyonderzoek per schip volgens het BACI principe (before-after control-impact) door Vanermen et al. (2015) in de Oostelijke energiezone werd een verhoogd aantal zilvermeeuwen en kleine mantelmeeuwen aangetroffen binnen de windzone (aantal verhoogd met respectievelijk factor 9,5 en 5,3). Ook bij andere vogelsoorten werd reeds een aantrekking tot windparken vastgesteld, waaronder stormmeeuw, drieteenmeeuw, dwergmeeuw, grote mantelmeeuw, visdief en grote stern (Vanermen et al., 2011, 2013, 2015).

Ook recent onderzoek nam een verhoogd aantal Jan-van-Genten, alken en zeekoeten waar t.h.v. de Oostelijke energiezone tijdens een survey in februari 2021 (Vanermen et al., 2021). Dit was opmerkelijk, gezien deze soorten doorgaans beschouwd worden als vrij gevoelig aan verstoring/vermijding door de aanwezigheid van een windpark op zee (o.a. Vanermen & Stienen, 2023). Dit onderzoek toont dus nogmaals aan dat er een grote variatie bestaat in resultaten gerelateerd aan dit soort verstoring en dat eventuele gewenning niet uit te sluiten valt.

Het is belangrijk op te merken dat een aantrekking van vogels tot operationele windparken inherent verbonden is aan een verhoogd risico op aanvaring. Om deze reden wordt het netto-effect van aantrekking t.g.v. rust- en foerageermogelijkheden in operationele windparken op zee- en zangvogels als neutraal (0) gescoord. Ook bij vleermuizen is potentiële aantrekking door verlichting mogelijk maar nog vrijwel onbekend (Brabant et al., 2022a), waardoor dit effect eveneens een neutrale beoordeling krijgt (0).

Ontmantelingsfase

De potentiële effecten voor vogels in het BNZ tijdens de ontmantelingsfase worden als gelijkaardig ingeschat als deze besproken bij de constructiefase, namelijk een mix van verstoring door sedimentatie (vertroebeling), verstoring door geluid (geluidshinder) en benadering, en aantrekking door rust- en foerageermogelijkheden. Voor beide scenario's in voorliggend MER wordt het netto-effect van deze impacten voor zeevogels als gering negatief (0/-; verstoring) of gering positief (0/+; aantrekking) beschouwd. Gezien voor trekvogels en vleermuizen deze aspecten van verstoring een minder grote rol spelen, worden deze net zoals bij de constructiefase als gering positief (aantrekking; 0/+) of niet significant (verstoring; 0) beschouwd.

Besluit bespreking en beoordeling effecten op vogels en vleermuizen

De te verwachten effecten op vogels en vleermuizen in het BNZ ten gevolge van de ontwikkeling van de PEZ worden per projectfase samengevat in Tabel 5-27 en Tabel 5-28 voor (overwinterende en pleisterende) zeevogels, migrerende vogelsoorten en migrerende vleermuizen. Voor een overzicht van de gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten, zie Tabel 5-1.

Tabel 5-27 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 1 binnen de PEZ op vogels en vleermuizen; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op vogels en vleermuizen	Scenario 1								
	Zeevogels			Migrerende vogelsoorten			Vleermuizen		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Vorbereidend onderzoek									
Geluid en benadering	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Constructiefase									
Sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Geluid en benadering	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0	0	0
Operationele fase									
Aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase									
Sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Geluid en benadering	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0	0	0

Tabel 5-28 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 2 binnen de PEZ op vogels en vleermuizen; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op vogels en vleermuizen	Scenario 2								
	Zeevogels			Migrerende vogelsoorten			Vleermuizen		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Vorbereidende fase									
Geluid en benadering	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Constructiefase									
Sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Geluid en benadering	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0	0	0
Operationele fase									
Aanvaring	0/-	0/-	0/-	-	-	-	0/-	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase									
Sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Geluid en benadering	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0	0	0

5.4.3.4 Zeezoogdieren

Alle zeezoogdieren die voorkomen in het BNZ genieten een beschermd statuut (KB 21/12/2001) en werden opgenomen in de Europese Habitatrichtlijn onder bijlage II en IV (art. 12). Het toestaan of dulden van potentieel schadelijke of dodelijke activiteiten kan hierbij als inbreuk worden beschouwd. Daarnaast heeft België zich geëngageerd om in het kader van ASCOBANS (Overeenkomst inzake de bescherming van de kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee) elke significante verstoring van zeezoogdieren te vermijden, met speciale aandacht naar de potentiële effecten van onderwatergeluid. Zeezoogdieren zijn erg gevoelig aan (toenemend) onderwatergeluid, bv. ten gevolge van ontwikkelingen op zee (zie ook Hoofdstuk 5.3). Dit kan significante gevolgen hebben voor deze dieren, waaronder directe verwondingen, gehoorschade of zelfs mortaliteit en indirecte gevolgen op gedrag. Het wetenschappelijk bepalen en vastleggen van kritische geluidsdrempels voor verschillende offshore activiteiten staat hierbij centraal.

Vorbereidend onderzoek

Tijdens geofysisch onderzoek wordt gebruik gemaakt van akoestische apparatuur (sub-bottom profiler, side-scan sonar, multibeam, sparkers, etc.) welke een verstoring van zeezoogdieren kan inhouden omwille van de geproduceerde geluidsniveaus (zie ook Figuur 5-38 in § 5.3.2). Echter, vaak betreft het een relatief klein gebied dat ingemeten wordt, over een korte tijdspanne, waardoor de omvang van de geluidsverstoring en het effect op de mobiele zeezoogdierfauna eerder beperkt zal zijn. Het effect op bruinvissen wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld, gezien de mogelijkheid van de fauna om zich kortstondig uit de buurt van het onderzoek te houden en de mogelijkheid tot het inzetten van

milderende maatregelen zoals het vermijden van de periodes met de hoogste dichtheid aan bruinvissen, het gebruik van een zachte start voor de werkzaamheden, en het inzetten van afschrikmiddelen zoals pingers. Deze beoordeling geldt ongeacht het kavel, scenario, en funderingstype. Voor zeehonden worden geen effecten (0) verwacht, gezien hun voorkomen dicht bij de kust.

Constructiefase

Tijdens de constructiefase worden volgende mogelijke oorzaken van hinder voor zeezoogdieren verwacht:

- Algemene verstoring t.g.v. verschillende bouwactiviteiten en verhoogde scheepvaart;
- Verstoring door gewijzigde voedselbeschikbaarheid;
- Verstoring door geluid en trillingen.

Deze bronnen van verstoring worden verder uitgediept in onderstaande paragrafen.

Algemene verstoring

Een potentiële algemene verstoring van zeezoogdieren treedt op tijdens de constructiefase als gevolg van o.a. verhoogde scheepvaart en verhoogde turbiditeit door baggerwerken en het plaatsen van inter-array bekabeling. Het aantal transportbewegingen tijdens de constructiefase wordt besproken in § 4.3.4 en ingeschat op ca. 1.200 in scenario 1 en ca. 1.000 in scenario 2, een beperkte verhoging t.o.v. het gemiddeld aantal jaarlijkse scheepsbewegingen van en naar de Belgische kusthavens in de afgelopen 10 jaar (ca. 300.000 per jaar; Maes et al., 2022). De meeste transportbewegingen zijn nodig in kader van voorbereidende werken, aanvoer van materiaal en personeelstransport. Voornamelijk voor bruinvissen kan deze toegenomen antropogene aanwezigheid vermoedelijk leiden tot een (gedeeltelijke) vermindering van het projectgebied tijdens de constructiefase, gezien de PEZ zich bevindt waar seizoenal relatief hoge aantallen aan bruinvissen worden waargenomen (zie § 5.4.2.4). Alhoewel verwacht wordt dat de aanwezigheid zich na deze constructiefase zal herstellen, betreft dit toch een aanzienlijke periode (zie § 3.5.3) en wordt deze impact als matig negatief beschouwd (-). De potentiële effecten en bijhorende effectbeoordeling van toegenomen geluidsoverlast t.g.v. scheepsbewegingen tijdens de constructiefase wordt in meer detail besproken verderop in § 5.4.3.4.

Daarnaast zullen de werkzaamheden een plaatselijke toename in turbiditeit veroorzaken, bv. door benodigde nivellering en het plaatsen van de inter-array kabels (zie ook bespreking bekabeling verderop in § 5.4.3.4). Deze effecten zijn echter steeds tijdelijk van aard en de impactzone is relatief beperkt t.o.v. het leefgebied van deze mobiele soorten. De belangrijkste gevolgen van een verhoogde turbiditeit voor zeezoogdieren zijn een afname van lokale zichtbaarheid, een eventuele vermindering van sedimentpluimen en een aantasting van gezondheid door het potentieel vrijkomen van contaminanten uit het sediment (rechtstreekse opname of vrijgave in de voedselketen) (Rumes & Degraer, 2022b). Hierdoor kan de directe omgeving van bagger- en stortwerken als minder geschikt of ongeschikt worden beschouwd voor foeragerende zeezoogdieren, al zal eventueel vermijdingsgedrag door deze verhoogde turbiditeit waarschijnlijk samenvallen met en kleiner zijn dan deze t.g.v. onderwatergeluid (Rumes & Degraer, 2022a).

Significante gevolgen van een tijdelijk verhoogde turbiditeit op bruinvissen lijken onwaarschijnlijk, gezien deze soort van nature aangepast is aan een slechte zichtbaarheid en voornamelijk foerageren met behulp van echolocatie (Todd et al., 2015; Rumes & Degraer, 2022b). Ook voor zeehonden, voornamelijk visuele predatoren, worden geen noemenswaardige directe gevolgen verwacht door een toegenomen turbiditeit gezien deze soorten eerder kustgebonden zijn en niet in groten getale voorkomen t.h.v. de PEZ. Voor zeezoogdieren worden potentiële effecten t.g.v. een verhoogde turbiditeit tijdens de constructiefase dus als niet relevant beschouwd (0). Eventuele indirecte effecten op zeezoogdieren t.g.v. een verhoogde turbiditeit, zoals een impact op prooisorten en algemene veranderingen in voedselbeschikbaarheid, worden besproken in de onderstaande paragraaf rond voedselbeschikbaarheid.

Voedselbeschikbaarheid

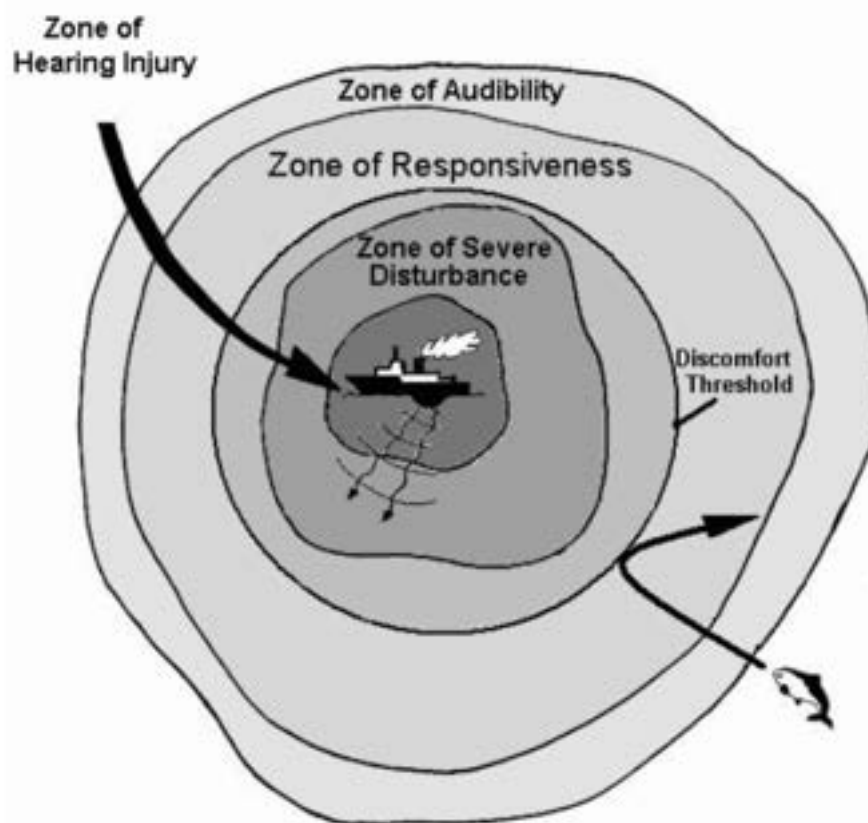
De constructie van de windparken binnen het PEZ kan de voedselbronnen van de beschouwde zeezoogdieren in het BNZ (bruinvis, gewone en grijze zeehond) beïnvloeden. De voedselbeschikbaarheid voor zeezoogdieren kunnen enerzijds direct (beschikbaarheid) en anderzijds indirect (veranderingen in voedselketen) beïnvloed worden. Gezien de duur van de werken en de relatief grote oppervlakte van het projectgebied, wordt habitatverstoring en -verlies voor vissen in de PEZ namelijk als mogelijk negatief effect beschouwd (zie § 5.4.3.2). Door een gewijzigde voedselbeschikbaarheid kunnen zeezoogdieren mogelijk het gebied verlaten of het gebied niet langer als geschikt beschouwen, wat schadelijke gevolgen kan hebben op o.a. conditie en voortplanting van deze soorten (Vattenfall, 2006; Ransijn et al., 2019). Gezien een reductie in voedselbeschikbaarheid tijdens de bouwfase van het project waarschijnlijk tijdelijk is en een normale voedselbeschikbaarheid zich vermoedelijk herstelt eens het windpark operationeel is, wordt het netto-effect als gering negatief ingeschat (0/-). Over welke afstanden deze potentiële effecten kunnen optreden, hoe snel de voedselbeschikbaarheid zich kan of zal herstellen en of zeezoogdieren in dezelfde aantallen zullen terugkeren naar het gebied is echter moeilijk te voorspellen wegens een groot aantal locatie-afhankelijke factoren die interactief deze wijzigingen in gedrag zullen beïnvloeden.

Geluidsverstoring en trillingen

Tijdens de constructiefase worden twee bronnen van geluidsverstoring voor zeezoogdieren verwacht, enerzijds een toegenomen scheepsverkeer en anderzijds het inheien van de funderingen. Hoewel het ingeschat aantal bijkomende scheepsbewegingen tijdens de constructiefase relatief beperkt is t.o.v. het gemiddeld aantal jaarlijkse bewegingen van en naar de Belgische kusthavens (ca. 300.000; Maes et al., 2022), zorgen deze activiteiten wel voor een nagenoeg continue bron aan onderwatergeluid. Onderzoek toonde aan dat bruinvissen systematisch schepen met een aanzienlijk bereik en geluidsintensiteit zullen vermijden en dat tot op een afstand van minstens 1 km (Dyndo et al., 2015; Oakley et al., 2017; Roberts et al., 2019). Bovendien lijken gewinningseffecten niet op te treden. Deze vermindering van scheepslawaai kan o.a. leiden tot ernstige verstoringen van het foerageergedrag van bruinvissen (Wisniewska et al., 2018). Ook voor zeehonden kunnen gedragswijzigingen t.g.v. scheepsgeluid verwacht worden, dewelke een energetische kost dragen in de vorm van bijkomende beweging, verloren foerageerkansen, aanpassingen in sociaal gedrag en potentiële scheiding tussen moeder en kalf (Jones et al., 2017). Gezien herhaaldelijke of langdurige blootstelling aan toegenomen scheepsgeluid voor bruinvissen en in mindere mate voor de kustgebonden zeehonden gevolgen hebben op algemene fitness, worden de

effecten t.g.v. deze continue geluidsverstoring als matig negatief beschouwd (-) voor bruinvissen en als gering negatief (0/-) voor zeehonden.

Een andere belangrijke bron van geluidsverstoring voor zeezoogdieren tijdens de constructiefase betreft het plaatsen (eventueel heien) van funderingen. De potentiële effecten van geluidsverstoring en trillingen op zeezoogdieren zijn afhankelijk de afstand tot de bron, de duur van de blootstelling en het frequentiespectrum of type geluid/trilling. Mogelijke gevolgen (ruwweg van grote afstand tot de bron tot nabij de bron) variëren dan ook van tijdelijke gedragsveranderingen (bv. vermijding), tot maskering van eigen communicatie- of foerageergeluiden, tijdelijke verhoging van de gehoordrempel (TSS – temporary threshold shift), permanente verhoging van de gehoordrempel (PTS – permanent threshold shift), fysieke schade en mortaliteit (Verboom & Kastelein, 2005). Figuur 5-56 toont een schematische weergave van de verschillende invloedszones met een verschillende afstand tot de geluidsbron.



Figuur 5-56 – Invloedszones rondom een geluidsbron voor zeezoogdieren (Verboom and Kastelein, 2005). 'Zone of audibility': zone waarbinnen het geluid hoorbaar is voor zeezoogdieren; 'Zone of responsiveness': zone waarbinnen zeezoogdieren gedragsveranderingen vertonen; 'Discomfort threshold': overschrijding van deze afstand tot de geluidsbron veroorzaakt vermijdings- en afschrikreacties; 'Zone of severe disturbance': zone waarbinnen ernstige verstoring (sterke vermijdingsreacties) van zeezoogdieren optreedt; 'Zone of hearing injury': zone waarbinnen gehoorschade of zelfs mortaliteit optreedt.

Naast de afstand tot de bron speelt ook de duur van de blootstelling een grote rol, gezien een kortere duur minder schade zal veroorzaken dan een langere blootstelling aan hetzelfde geluidsniveau (Tasker et al., 2010). Impulsieve geluiden, i.e. herhaalde kortstondige geluiden, verliezen hun impulsief karakter naarmate ze over verdere afstanden verspreid worden onder water en zullen voorbij een bepaalde afstand tot de bron niet langer als dusdanig waargenomen worden (Southall

et al., 2021; Rumes & Degraer et al., 2022a). Het specifiek bereik waarbinnen deze impulsieve geluiden nog steeds als impuls worden waargenomen is afhankelijk van o.a. de omgeving en het originele frequentiespectrum, maar wordt voor heigeluiden ingeschat op enkele tot tientallen km (Hastie et al., 2019). Gezien de hoge niveaus aan onderwatergeluid tijdens het heien, zijn deze werkzaamheden onderhevig aan een drempelwaarde voor impulsief onderwatergeluid volgens de KRMS (Descriptor D11). Deze drempelwaarde werd in het BNZ vastgelegd op 185 dB re 1 μ Pa op 750 m tot de bron.

Zowel bruinvissen als zeehonden vertonen gedragswijzigingen tot op tientallen km afstand van hei-activiteiten (Rumes & Degraer, 2022a). Bruinvissen zullen bij verstoring het gebied met een verhoogde geluidsdruk verlaten, wat leidt tot gewijzigd foeragegedrag en verlies van potentieel foeragegebied (tot 1.250 km²; Rumes & Degraer, 2022a). Gezien hun kleine lichaamsgrootte in combinatie met een snel metabolisme (stofwisseling), beschikking zij over een relatief kleine energieopslag en dus een verhoogde gevoeligheid aan verhongering (bv. in vergelijking met zeehonden) (Ransijn et al., 2019; Rumes & Degraer, 2022a). Hierdoor kan een tijdelijk voedseltekort door gedragswijzigingen t.g.v. geluidsverstoring leiden tot stress en verminderde vetreserves. Recent onderzoek bracht een correlatie aan het licht tussen aanzienlijk verhoogde bruinvisstrandingen aan de Belgische kust en de constructieperiodes (of langdurige periodes van impulsgeluiden met hoge intensiteit) van de Oostelijke energiezone (Rumes et al., 2019). Indien de analyse de focus legde op de jaren waarin tijdens het heien bepaalde geluidsdempingsystemen in werking waren, werd niet langer een verhoogde mortaliteit waargenomen. Mogelijke milderende maatregelen en hun effectiviteit wordt in meer detail besproken in § 5.4.5.4.

Op basis van voornoemde potentiële effecten op zeezoogdieren, wordt het heien van monopiles als matig negatief beschouwd (-) in scenario 1 en als significant negatief (--) in scenario 2, gezien hier naar alle waarschijnlijkheid de drempelwaarden voor deze impulsverstoring niet zal gehaald worden ondanks gebruik van de huidige toegepaste milderende maatregelen (zie ook Tabel 5-20 en § 5.3.6). Ook voor het heien van jacket funderingen, dat een lager onderwater geluidsdruk niveau veroorzaakt voor een hoger aantal palen t.o.v. monopiles, wordt het effect als matig negatief beschouwd (-) voor beide scenario's (alle kavels) mits gebruik van milderende maatregelen. Een installatie van funderingen via suction bucket i.p.v. heien of een installatie van GBF veroorzaakt geen impulsgeluiden maar wel een relatief hoog niveau aan onderwatergeluid door de nodige baggerschepen (zie effecten t.g.v. verhoogde scheepsactiviteit), waardoor het effect van dit soort technieken en funderingen als gering negatief wordt beschouwd (0/-). Ter hoogte van de PEZ worden seizoenaal hoge densiteiten aan bruinvissen waargenomen (zie § 5.4.2.4), en gezien de afstand waarop verstoring door trilling- en geluidshinder kan optreden, wordt verwacht dat honderden tot enkele duizenden dieren gedragsveranderingen zullen vertonen. Voor zeehonden wordt geen grote mate aan verstoring verwacht, gezien deze overwegend nabij de kust verblijven (effectbeoordeling 0).

Om de impact van de potentiële effecten t.g.v. trillingen en geluid voor zeezoogdieren te mitigeren, is het dus essentieel dat milderende maatregelen genomen worden (zie § 5.4.5.4) om het criterium voor impulsgeluiden voor een behoud van de GMT kleiner te houden dan 185 dB re 1 μ Pa op 750 m van de bron (zie § 5.3). Bij keuze voor monopile in scenario 2 (22 MW) zal nog moeten blijken dat de gebruikte milderende technieken verder geoptimaliseerd kunnen worden of

bijkomende (nieuwe) technieken ingezet kunnen worden, om het significant negatief effect te milderen tot aanvaardbare normen.

Operationele fase

Tijdens de operationele fase worden potentiële effecten op zeezoogdieren verwacht t.g.v.:

- Verstoring door geluid en trillingen;
- Verstoring door aanwezigheid van een windpark;
- Verstoring door onderhoudswerken;
- Gewijzigde voedselbeschikbaarheid;
- Verstoring door elektromagnetische velden.

Geluidsverstoring en trillingen

Operationele windturbines zullen geluid produceren dat via de turbine en de fundering resulteert in een continu onderwatergeluid. Gezien bruinvissen gebruik maken van echolocatie voor navigatie en foerageren, zou dit potentieel kunnen verstoord worden door dit continu onderwatergeluid (Bach et al., 2000). Gezien het geluid van operationele windturbines voor bruinvissen slechts hoorbaar zou zijn tot op ca. 50 m (Henriksen et al., 2003) en voor zeehonden tot op ca. 1 km (Dolman et al., 2003), wordt dit niet als ernstige verstoring beschouwd. Het exacte geluidsniveau t.g.v. de operationele windparken in de PEZ kan op heden nog niet worden ingeschat en hangt onder meer ook af van het gekozen type fundering en de windsnelheid. Ondanks hun continue karakter wordt niet verwacht dat deze operationele geluidshinder een significant verstorend effect zal hebben op zeezoogdieren in de onmiddellijke omgeving van de projectlocatie (Tougaard et al., 2008) en ook acute effecten zoals trauma of sterfte worden niet verwacht. Gezien de nog onbekende factoren en potentiële gevolgen zoals hierboven vermeld, wordt het netto-effect van operationele geluidshinder uit voorzorg als gering negatief ingeschat (0/-).

Aanwezigheid windpark

Observaties in offshore windparken in de Noordzee tonen aan dat bruinvissen niet werden verstoord door de aanwezigheid van de windturbines wanneer deze niet actief waren, dat ze in de eerste twee jaar na ingebruikname een lichte daling vertoonden en daarna weer toenamen in abundantie of dat ze zelfs helemaal geen impact ondervonden van de aanwezigheid van een windpark (Tougaard et al., 2005, 2006b; Vattenfall, 2006). In een studie in het Nederlandse windpark Egmond aan Zee (OWEZ) werd via passieve akoestische monitoring zelfs een verhoogd aantal bruinvissen vastgesteld i.v.m. buiten het park (Scheidat et al., 2011). Twee mogelijke oorzaken werden hiervoor aangehaald: een hogere voedselbeschikbaarheid door het zogenaamde 'reef effect' (zie ook paragraaf rond voedselbeschikbaarheid verderop) en/of een het vermijden van de drukbevaren gebieden buiten het park. Voor bruinvissen wordt het netto-effect van de fysieke aanwezigheid van een windpark t.h.v. de PEZ als niet relevant beschouwd (0).

Verder werd voor zeehonden aangetoond dat zij eventueel kunnen afgeschrikt worden door de reflectie van de turbines en de schaduw van de roterende wieken, al zal hier op termijn gewinning voor optreden (Dietz et al., 2000). In ander

onderzoek t.h.v. Deense windparken werden geen aantoonbare veranderingen in gedrag gerapporteerd tijdens de operationele fase (Teilmann et al., 2005, 2006; Vattenfall, 2006). Gezien zeehonden in het BNZ voornamelijk kustgebonden zijn en diepere zones vermijden (Brasseur et al., 2008), heeft de aanwezigheid van een windpark waarschijnlijk geen noemenswaardig effect (0).

Verstoring door onderhoudswerken

Het aantal scheepsbewegingen tijdens de exploitatiefase wordt ingeschat op ca. 765 per jaar (gedurende 20 jaar exploitatie van de drie kavels in de PEZ) voor beide scenario's, een zeer beperkte verhoging t.o.v. het gemiddeld aantal jaarlijkse scheepsbewegingen van en naar de Belgische kusthavens in de afgelopen 10 jaar (ca. 300.000 per jaar; Maes et al., 2022). Hoewel er kan verwacht worden dat enige gewenning optreedt van zeezoogdieren ten opzichte van de onderhoudsactiviteiten binnen de PEZ, betreft deze verstoring toch een aanzienlijke periode (zie § 3.5.3). Het potentiële effect van verstoring door onderhoudswerken wordt bijgevolg als gering negatief beschouwd (0/-).

Voedselbeschikbaarheid

Door het wegvallen van (bodemberoerende) visserij en scheepvaart binnen de PEZ, kan tijdens de operationele fase eventueel een verhoogde voedselbeschikbaarheid optreden. Het nieuwe habitat gevormd door de plaatsing van artificieel hard substraat kan namelijk een 'reef effect' veroorzaken, waarbij een verhoogde secundaire productie zich kan vertalen in een hogere aanwezigheid van prooi-soorten voor zeezoogdieren (zie § 5.4.2.5). Naast de reeds vernoemde verhoogde aanwezigheid van bruinvissen in OWEZ (Nederland; Scheidat et al., 2011), werd ook een verhoogde aanwezigheid van zeehonden vastgesteld in verschillende windparken in de Noordzee (Russell et al., 2014). Gezenderde individuen navigeerden hier tussen de windturbines om te foerageren. Of deze effecten ook zullen plaatsvinden t.h.v. het BNZ en meer bepaald de PEZ, kan nog niet met zekerheid gesteld worden. De potentiële toename in voedselbeschikbaarheid voor zeezoogdieren wordt daarom als gering positief ingeschat (0/+) in beide scenario's.

Elektromagnetische velden

Wanneer in werking zullen de kabels in de PEZ een artificieel EMV genereren (zie § 5.3). De kennis over de potentiële impact van EMV op zeezoogdieren is beperkt, al werden geen significante effecten gerapporteerd voor dolfijn- en walvissoorten (Gill et al., 2014). Gezien de kabels op min. 1 m diepte worden ingegraven en de sterkte van de EMV snel afneemt met afstand tot de operationele kabel, en gezien zeezoogdieren doorgaans niet dicht bij de zeebodem foerageren, worden geen noemenswaardige effecten verwacht van EMV op zeezoogdieren (0).

Ontmantelingsfase

Tijdens de ontmantelingsfase worden dezelfde effecten op zeezoogdieren verwacht als tijdens de constructiefase, met uitzondering van de geluidsverstoring door het plaatsen van de turbines. Er treden dus potentiële effecten op t.g.v. toegenomen antropogene aanwezigheid (scheepsbewegingen), een verhoogde turbiditeit, een gewijzigde voedselbeschikbaarheid en geluidshinder door toegenomen scheepsverkeer. Deze effecten worden op dezelfde manier beoordeeld als tijdens de constructiefase.

Besluit bespreking en beoordeling effecten op zeezoogdieren

De effectbeoordeling voor zeezoogdieren in het BNZ t.g.v. de verschillende projectfasen en scenario's in de ontwikkeling van de PEZ worden samengevat in Tabel 5-29 en Tabel 5-30. Voor een overzicht van de gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten, zie Tabel 5-1.

Tabel 5-29 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 1 binnen de PEZ op zeezoogdieren in het BNZ; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op zeezoogdieren	Scenario 1					
	Bruinvissen			Zeehonden		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Vorbereidend onderzoek						
Geluidshinder	0/-	0/-	0/-	0	0	0
Constructiefase						
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-	-	-	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0	0	0	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-	-	0/-	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP of JF)	-	-	-	0	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0/-	0/-	0/-	0	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0/-	0/-	0/-	0	0	0
Operationele fase						
Operationele geluidshinder	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark	0	0	0	0	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
EMV	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-	-	-	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0	0	0	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-	-	-	-	-

Tabel 5-30 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 2 binnen de PEZ op zeezoogdieren in het BNZ; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op zeezoogdieren	Scenario 2					
	Bruinvissen			Zeehonden		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Vorbereidend onderzoek						
Geluidshinder	0/-	0/-	0/-	0	0	0
Constructiefase						

Effecten op zeezoogdieren	Scenario 2					
	Bruinvissen			Zeehonden		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-	-	-	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0	0	0	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-	-	0/-	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP)	--	--	--	0	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: heien (JF)	-	-	-	0	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0/-	0/-	0/-	0	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0/-	0/-	0/-	0	0	0
Operationele fase						
Operationele geluidshinder	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark	0	0	0	0	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
EMV	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-	-	-	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0	0	0	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-	-	-	-	-

5.4.3.5 Artificiële harde substraten

De introductie van turbines, funderingen en erosiebescherming zorgt voor een aanzienlijke toename aan artificieel hard substraat (AHS) in het overwegend zandig habitat van het BNZ. Deze introductie heeft als belangrijkste gevolg de creatie van een nieuw habitatype op een locatie waar deze voordien niet aanwezig was. De creatie van dit zogenaamd artificieel rif heeft significante gevolgen op de structuur en het functioneren van het lokale ecosysteem (i.e. Dong Energy et al., 2006). In de constructiefase wordt in eerste instantie het directe effect van habitatcreatie besproken (i.e. oppervlakte bijkomend AHS), terwijl de indirecte of secundaire effecten (o.a. wijzigingen in gemeenschapsstructuur en aantrekken van bepaalde soorten uit verschillende trofische niveaus) in meer detail worden besproken bij de operationele fase.

Constructiefase

Habitatcreatie

De constructie van artificiële harde substraten resulteert in een procentuele toename aan hard substraat die vele malen groter is dan de procentuele afname van zandig/zacht substraat. Het totale oppervlak aan artificieel hard substraat dat wordt gecreëerd en potentieel beschikbaar wordt voor kolonisatie door verschillende epifauna gemeenschappen is afhankelijk van het aantal funderingen, alsook het type en dimensies van deze funderingen en bijhorende

erosiebescherming. Voor de berekening van bijkomende oppervlakte aan artificieel hard substraat t.g.v. de funderingen wordt voor de monopile een cilindervormige basisstructuur in beschouwing genomen, terwijl de jacket fundering bestaat uit vier (kleinere) afzonderlijke palen met een 24-tal vakwerkstaven tussenin. Gezien een exacte berekening bij jacket funderingen minder eenduidig is, wordt een algemene verhouding gehanteerd waarbij totale oppervlakte bij een jacket fundering overeenkomt met tweemaal de oppervlakte bij een monopile fundering (Rumes et al., 2013; IMDC 2013a; IMDC 2022a). Bij een gravitaire fundering wordt een cilindervormige structuur bovenop een kegelvormige structuur beschouwd, waarbij wordt uitgegaan van een hoogte van de kegelvormige structuur van 15 m boven de zeebodem en een diameter van de cilindervormige structuur gelijk aan de diameter van een monopile in desbetreffend uitvoeringsscenario.

Voor de erosiebescherming op de zeebodem wordt een onderschatting van het werkelijke bijkomend oppervlak gebruikt. Deze drie-dimensionale structuren zorgen namelijk voor een groot aantal nissen en onder- en tussenin de gebruikte steenblokken, dewelke bijdragen aan een significant verhoogde habitatcomplexiteit. Gezien de beperkte laagdikte en het zeer dynamische milieu wordt echter ingeschat dat een groot deel van deze nissen zal opgevuld raken met zand. Daarom wordt bij verdere berekeningen enkel het bijkomende totale oppervlak gebruikt die door de erosiebescherming rond een fundering wordt ingenomen op de zeebodem, waarbij deze oppervlakte een onderschatting zal zijn van het werkelijk bijkomend oppervlak aan te koloniseren artificieel hard substraat.

De gebruikte dimensies en berekende oppervlaktes aan bijkomend artificieel hard substraat worden weergegeven in Tabel 5-31.

Tabel 5-31 – Inschatting oppervlakte nieuw gegenereerd artificieel hard substraat (AHS) per scenario, per kavel en per funderingstype, alsook totalen voor de hele PEZ per scenario.

	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Gemiddelde diepgang waterkolom onder LAT (m)	30,96	26,92	29,10	30,96	26,92	29,10
Monopile (100 %)	54 MP	107 MP	117 MP	32 MP	64 MP	64 MP
Diameter fundering (m) op zeebodem	9			15		
Diameter erosiebescherming (m)	5 x paaldiameter = 45			5 x paaldiameter = 75		
Oppervlakte AHS (m ²) op funderingen	47.270	81.443	96.266	46.687	81.189	87.764
Oppervlakte AHS (m ²) op erosiebescherming ⁵⁴	82.448	163.369	178.637	135.717	271.434	271.434
Totaal oppervlak bijkomend AHS (ha)	13	25	28	18	35	36
Jacket (100 %)	54 JF	107 JF	117 JF	32 JF	64 JF	64 JF
Diameter fundering (m) op zeebodem	3,5 x 4 = 14			4,5 x 4 = 18		
Diameter erosiebescherming (m)	5 x paaldiameter = 70			5 x paaldiameter = 90		
Oppervlakte AHS (m ²) op funderingen	94.540	162.885	192.531	93.373	162.378	175.527
Oppervlakte AHS (m ²) op erosiebescherming ³⁹	199.504	395.313	432.258	195.432	390.864	390.864

⁵⁴ Zoals aangegeven in 5.4.3.5 betreffen deze oppervlakten aan bijkomende AHS een onderschatting van de werkelijke situatie.

	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
	30,96	26,92	29,10	30,96	26,92	29,10
Gemiddelde diepgang waterkolom onder LAT (m)						
Totaal oppervlak bijkomend AHS (ha)	29	56	63	29	55	57
Gravitair (10 %, 90 % MP)	49 MP + 5 GBF	96 MP + 11 GBF	105 MP + 12 GBF	29 MP + 3 GBF	58 MP + 6 GBF	58 MP + 6 GBF
Diameter fundering (m) op zeebodem		40			50	
Diameter fundering (m) aan wateroppervlak		9			15	
Diameter erosiebescherming (m)	3 x paaldiameter = 120			3 x paaldiameter = 150		
Oppervlakte AHS (m ²) op funderingen	53.451	135.092	154.793	51.626	123.603	130.177
Oppervlakte AHS (m ²) op erosiebescherming ³⁹	125.079	257.158	280.953	170.117	340.234	340.234
Totaal oppervlak bijkomend AHS (ha)	18	39	44	22	46	47

	Scenario 1 = 278 turbines			Scenario 2 = 160 turbines		
	100% MP	100 % JF	10 % GBF + 90 % MP	100% MP	100 % JF	10 % GBF + 90 % MP
TOTAAL VOLLEDIGE PEZ						
Totaal oppervlak bijkomend AHS (ha)	65	148	101	89	141	116

In scenario 1 is de oppervlakte aan bijkomend AHS steeds kleinst in kavel PE I en grootst in kavel PE III, waarbij de kleinste oppervlakten worden gerealiseerd bij de keuze voor 100% monopiles en de grootste oppervlakte bij de keuze voor 100% jacket funderingen. In scenario 2 is het bijkomende AHS steeds kleinst in oppervlakte in kavel PE I en vervolgens groter, maar onderling vrij gelijkaardig, in kavels PE II en PE III. Ook in dit scenario worden de grootste bijkomende oppervlaktes verwacht bij keuze voor 100% jackets en de minste bij 100% monopiles.

Voor de verschillende types funderingen zal het totale oppervlak (volledige PEZ) aan nieuw gecreëerd artificieel hard substraat variëren tussen ca. 65 ha (100 % MP) en 148 ha (100 % JF) in scenario 1 en tussen ca. 89 ha (100 % MP) en 141 ha (100 % JF) in scenario 2 (Tabel 5-31). Bij de keuze voor een mix aan gravitaire funderingen en monopiles (waarbij een worst-case van max. 10 % GBF wordt gehanteerd), zal het totaal nieuw gecreëerd oppervlak AHS tussen deze twee uitersten in liggen. De keuze voor jacket funderingen resulteert steeds in het grootst gecreëerd oppervlak AHS.

Ook het plaatsen van de inter-array bekabeling zal voor een toename in AHS zorgen, gezien elke kruising met bestaande kabels en pijpleidingen bedekt wordt met een breuksteenbestorting van ca. 1.000 m² ter bescherming (zie § 3.5.3.4). Het exacte aantal kruisingen is momenteel nog niet gekend waardoor een bepaling van de toename aan AHS oppervlak eveneens ontbreekt.

De creatie en introductie van artificiële harde substraten in de PEZ heeft zowel positieve als negatieve effecten. Deze worden besproken in onderstaande paragrafen.

Operationele fase

Tijdens de operationele fase van de ontwikkeling van de PEZ kunnen volgende effecten verwacht worden t.g.v. de grootschalige introductie aan nieuw te koloniseren AHS:

- Een verandering in gemeenschapsstructuur;
- Een aantrekking van vissen;
- Een potentiële stepping-stone voor niet-inheemse soorten.

Verandering gemeenschapsstructuur

Door de introductie van artificieel hard substraat in een omgeving die hoofdzakelijk wordt gekenmerkt door zachte, zandige substraten, wordt een verandering in de geassocieerde gemeenschapsstructuur verwacht. Deze nieuwe harde substraten vormen een artificieel rif, waarbij een verhoogde habitatcomplexiteit plaats biedt aan een verhoogde biomassa en diversiteit aan koloniserende organismen van verschillende trofische niveaus. De structurele en functionele eigenschappen van dit artificieel rif werden in meer detail besproken in § 5.4.2.5.

Rumes et al. (2013) beschreef een 4.000-voudige toename aan biomassa op een gravitaire fundering t.o.v. dezelfde oppervlakte aan zandig substraat in de Oostelijke energiezone. Hoe complexer de onderwaterstructuren, hoe meer organismen zich op en rond deze structuren zullen bevinden. Vooral ook de erosiebescherming speelt hierbij een grote rol (89 % van de biomassa; De Mesel et al., 2013), gezien deze drie-dimensionele structuren een groot aantal holtes en nissen creëren die zowel een groot oppervlak aan te koloniseren substraat bieden, als een potentiële schuilplaats en/of paaikamer vormen (Mavraki et al. 2020). In het algemeen bieden de nieuwe biotopen met hun verhoogde biomassa en verhoogde biodiversiteit ook een verhoogd voedselaanbod voor hogere trofische niveaus zoals vissen (zie ook volgende paragraaf 'aantrekking van vissen') en zeevogels. Tussen de funderingen in wordt verwacht dat de epibenthos- en visgemeenschappen in en op de zandige substraten nagenoeg onaangetast blijven (De Backer et al., 2022).

Deze artificiële riffen worden geïntroduceerd in nabijheid van natuurlijke riffen/grindbedden (Figuur 5-12 in § 5.1.2.4). De kolonisering die deze AHS teweegbrengen kunnen bijgevolg een versterkend tot zelfs herstellend effect hebben op de ontwikkeling van deze reeds bestaande habitattypes (Belgische Staat, 2022a, 2022b). Het blijft echter belangrijk te stellen dat ondanks de fysieke gelijkenissen tussen artificiële en natuurlijke riffen binnen de PEZ, de geassocieerde fauna niet noodzakelijk dezelfde of zelfs gelijkend zal zijn (Coolen et al., 2020; Zupan et al., 2023c). Recent onderzoek naar de aanwezigheid van AHS, meer bepaald erosiebescherming rond de turbinefunderingen, in de nabijheid van deze natuurlijke riffen toont aan dat de diversiteit en samenstelling van de koloniserende gemeenschappen vooral worden bepaald door geografische locatie en diepte (Zupan et al., 2023c). Datzelfde onderzoek geeft ook aan dat de natuurlijke riffen doorgaans een hogere soortendiversiteit huisvesten dan deze die wordt waargenomen op de artificiële substraten. Verder toonde Zupan et al. (2023c) aan dat het aantal soorten die op zowel natuurlijke als artificiële riffen voorkwam, toenam met de tijd sinds installatie van de AHS. Dit aantal steeg van 27 overlappende taxa op twee jaar na installatie naar 32 taxa op 10 jaar na de installatie. Zupan et al. (2023d) toonde bovendien aan dat vooral locatie bepalend was, en niet zozeer materiaaltype, voor de gemeenschapsstructuur van koloniserende organismen op AHS. Dit effect van locatie bleek significant bij het bepalen van de soortensamenstelling in de eerste jaren na installatie en werd vooral gelinkt aan de karakteristieken van de omringende waterkolom. Zo was de samenstelling op de Bligh Bank (verder van de kust gelegen) te linken aan helder water in een minder productieve omgeving, terwijl de samenstelling op de Thornton Bank (dichter

bij de kust gelegen) werd gekarakteriseerd door soorten die typisch gedijen in meer turbulente zones met een hogere turbiditeit (Zupan et al., 2023d).

Gezien wordt verwacht dat de introductie van AHS in de PEZ (inclusief deze gelinkt aan de kabelkruisingen) zal bijdragen aan een netto stijging van de lokale habitatcomplexiteit en biodiversiteit, en gezien dit een ondersteunend effect kan creëren voor de nabije bestaande grindbedden, wordt dit effect ingeschat op gering positief (0/+). Indien bovendien gekozen wordt voor ‘natuurlijke’ erosiebescherming (cf. silex) dan wordt dit effect nog positiever ingeschat (+).

Aantrekking vissoorten

Onderzoek in de Oostelijke energiezone toonde aan dat de aanwezigheid van een offshore windpark het lokale voedselweb kan beïnvloeden vanaf de basis (Mavraki et al., 2020). De koloniserende epifaunagemeenschappen veroorzaken namelijk een zogenaamd biofilter effect (zie § 5.4.2.5), wat lokaal een verhoging van de organische depositie op het omliggende sediment veroorzaakt (zie ook effectbespreking voor macrobenthos onder § 5.4.3.1). Deze organische aanrijking heeft vervolgens een positief effect op benthische soortenrijkdom, wat onder meer verschillende vissoorten aantrekt die op hun beurt het voedselaanbod voor zeevogels en zeezoogdieren kunnen verhogen (Degraer et al., 2020b). Zo toonden Mavraki et al. (2020) bijvoorbeeld aan dat benthopelagische visgemeenschappen de structuren rond de funderingen gedurende langere tijd als foerageergebied exploiteren. Naast een verhoogd voedselaanbod, zal het artificieel rif ook beschutting en bescherming kunnen bieden aan verschillende vissoorten, waaronder steenbolk en kabeljauw (De Mesel et al., 2013; Reubens et al., 2013; Mavraki et al., 2020). Tenslotte bleek ook dat nagenoeg alle demersale en benthopelagische vissoorten die reeds aanwezig waren in het gebied van de Oostelijke energiezone, nog steeds aanwezig waren na de komst van de turbines. Zie ook § 5.4.3.2 voor een meer gedetailleerde beschrijving van de te verwachten effecten op vissen.

Detailinformatie over visfauna van de natuurlijke harde substraten (grindbedden) ter hoogte van de PEZ zijn schaars (Kerckhof et al., 2018). Soortgelijke habitattypes elders laten echter wel een soortenpool zien die kan profiteren van inspanningen om deze natuurlijke harde substraten te herstellen, zoals de introductie van nabijgelegen AHS (Støttrup et al., 2014). Wat betreft de aantrekking van visfauna en de meerwaarde die de geïntroduceerde AHS (zowel t.h.v. funderingen als kabelkruisingen) bieden op vlak van voedselaanbod, schuilplaatsen voor ongunstige hydromorfologische condities en roofdieren, en bijkomende paai- en broedplaatsen, worden deze effecten als matig positief beschouwd (+).

Aantrekking niet-inheemse soorten

De te verwachten effecten betreffende een potentiële aantrekking van niet-inheemse soorten werd in detail besproken in § 5.4.2.5, waarbij vooral de intertidale zone en spatzone een zogenaamde stepping stone kunnen vormen voor de maar liefst 79 invasieve soorten reeds waargenomen in het BNZ (Verleye et al., 2020a). Dit stepping stone effect versterkt de connectiviteit tussen niet-inheemse populaties, waardoor deze zich sneller en/of verder kunnen verspreiden. De introductie van AHS faciliteert deze eventuele aantrekking van niet-inheemse soorten o.a. doordat een nieuw soort habitat ontstaat: een offshore intertidaal habitat. In totaal werden in het BNZ reeds 79 niet-inheemse planten- en diersoorten waargenomen (Verleye et al., 2020a) en wat betreft koloniserende fauna werden in totaal 54 soorten

bestempeld als niet-inheems of cryptogeen (onbekende herkomst, dus potentieel niet-inheems; Kapasakali et al., 2023c). Sinds 2003 werden in het BNZ reeds 12 nieuwe, door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten waargenomen (Stæhr et al., 2022).

Recent onderzoek toont aan dat de introductie van AHS potentieel kan zorgen voor een lokale verspreiding van niet-inheemse soorten met een negatief effect op de natuurlijke grindbedden (Kapasakali et al., 2023c). Deze studie toonde aan dat in de projectlocatie (PEZ), vooral voorzichtigheid geboden is omtrent drie niet-inheemse soorten: het muiltje (*Crepidula fornicata*), de glanzende bolzakpijp (*Aplidium glabrum*) en de grijze korstzakpijp (*Diplosoma liserianum*). Gezien nog geen zekerheid bestaat rond de concrete aard van potentiële negatieve effecten, wordt verder onderzoek naar deze soorten ten zeerste aangeraden (zie ook § 5.4.4.5).

Wegens de mogelijke negatieve gevolgen voor de lokale, inheemse soortengemeenschappen, economie en gekoppelde ecosysteemdiensten (Belgische Staat, 2018a; Degraer et al., 2020b), wordt dit potentieel effect als gering negatief beschouwd (0/-) voor beide scenario's, de drie kavels en ongeacht het funderingstype. Dit effect wordt als verwaarloosbaar geschat t.h.v. de kabelkruisingen, gezien deze op de bodem gelegen zijn.

Ontmantelingsfase

Indien in de ontmantelingsfase alle structuren opnieuw verwijderd worden, inclusief erosiebescherming, zal dit leiden tot een algemene afname in lokale biodiversiteit. Dit kan echter ook gezien worden als een herstel van de oorspronkelijke of natuurlijke staat van het systeem (i.e. zandige bodem). Ondanks het verlies aan fauna en ecologische functies geassocieerd met deze AHS (o.a. biofilter, schuilplaats en kraamkamer), geniet een herstel van (epi)benthische gemeenschappen eigen aan het zachte ecosysteem dat voordien aanwezig was, de voorkeur (KBIN, 2023). Het nettoresultaat van de ontmantelingsfase, i.e. een verlies aan AHS fauna en een herstel van de natuurlijke situatie, wordt daarom als neutraal beschouwd (0). Bij het weghalen van de bekabeling, wordt analoog als hierboven beschreven een neutraal netto-effect beschouwd (0). Indien echter de AHS doorheen hun levensduur een positief effect hadden op de staat van instandhouding van de nabijgelegen natuurlijke grindbedden (zie ook §5.4.3.1), dan betekent een ontmanteling en het volledig weghalen van deze AHS dat deze faciliterende functie vervalst. Omwille van het belang van het potentieel herstel van grindbedden, wordt in dit geval de ontmanteling van AHS als matig negatief beschouwd (-).

Besluit bespreking en beoordeling effecten van artificiële harde substraten

Ongeacht de keuze van funderingstype of uitvoeringsscenario bedraagt het nieuw gecreëerd habitat door artificiële harde substraten minder dan 0,001 % van het totale BNZ. Ondanks de verschillen in gecreëerd nieuw habitat (zie Tabel 5-31), worden de potentiële effecten daarom gelijk geacht voor beide scenario's en deze worden samengevat in onderstaande

Tabel 5-32.

Tabel 5-32 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling van scenario 1 en 2 binnen de PEZ op artificiële harde substraten (AHS) in het BNZ; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op artificiële harde substraten	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Habitatcreatie	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Operationele fase						
Verandering gemeenschapsstructuur (incl. bekabeling)	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +	0/+ tot +
Aantrekking vissen (incl. bekabeling)	+	+	+	+	+	+
Aantrekking niet-inheemse soorten	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ontmantelingsfase						
Verwijdering AHS (incl. bekabeling)	0 tot -	0 tot -	0 tot -	0 tot -	0 tot -	0 tot -

5.4.3.6 Toetsing aan de KRMS

In voorliggend hoofdstuk wordt de mogelijke impact besproken van de aanleg, exploitatie en ontmanteling van windparken in de drie PEZ kavels op de GMT en milieudoelen voor de beschrijvende elementen D1/4 (Biodiversiteit & Voedselwebben), D6 (Zeebodintegriteit – benthische habitats), en D2 (Niet-inheemse soorten). Er wordt ook kort verwijzing gemaakt naar D3 (Commercieel geëxploiteerde soorten).

Relevante descriptoren en milieudoelen

De GMT van de hierboven vermeld descriptoren wordt omschreven als volgt (zie Belgische Staat, 2018b):

- D1: “De biologische diversiteit wordt behouden. De kwaliteit en het voorkomen van habitats en de verspreiding en dichtheid van soorten zijn in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden”.
- D2: “Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert”.
- D3: “Populaties van alle commercieel geëxploiteerde soorten vis en schaal- en schelpdieren blijven binnen veilige biologische grenzen, en vertonen een opbouw qua leeftijd en omvang die kenmerkend is voor een gezond bestand”.
- D4: “De diversiteit (soortsamenstelling en de relatieve dichtheden) in de trofische gilden en het evenwicht van de totale dichtheden tussen de trofische gilden mogen niet negatief beïnvloed worden door antropogene druk”.
- D6: “De integriteit van de zeebodem is zodanig dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast”. Hieruit blijkt de sterke link met de beoordelingen onder § 5.1.4. Onder aantasting wordt zowel fysiek verlies (door een permanente wijziging van het zeebodensubstraat of de zeebodemmorfologie en door de extractie van zeebodensubstraat) als fysieke verstoring (tijdelijke en omkeerbare) van de zeebodem verstaan. Binnen voorliggend hoofdstuk wordt er evenwel de focus gelegd op de benthische habitats.

Of de GMT verder bereikt wordt, wordt gemeten aan de hand van een aantal criteria en indicatoren per descriptor. Hieronder worden enkel die criteria met een rechtstreekse link naar effecten in voorliggend hoofdstuk eruit gelicht. Voor een volledige oplijsting van alle criteria wordt verwezen naar Belgische Staat (2018b).

- **D1: Biodiversiteit**

- C2: De populatiedichtheid van de soort wordt niet geschaad door antropogene belastingen, zodat de levensvatbaarheid van de soort op lange termijn is gegarandeerd;
 - D1.3 (vogels): Het milieudoel voor de tweede cyclus luidt bijgevolg: de gemiddelde dichtheid per soort over een periode van vijf jaar is niet kleiner dan de gemiddelde populatiegrootte op lange termijn gedurende vijf opeenvolgende jaren voor minimaal de helft van de zeevogelpopulaties.
 - D1.4 (vis): Positieve trend wat betreft het individuele aantal stekelroggen *Raja clavata*.
- C3: De demografische kenmerken van de populatie (bv. omvang van het lichaam of leeftijdsstructuur, genderratio, vruchtbaarheid en overlevingscijfers) van de soorten duiden op een gezonde populatie die niet wordt geschaad door antropogene belastingen;
 - D1.5: Veranderingen in de dichtheid van broedende zeevogels blijven voor 75% van de gevolgde soorten binnen de beoogde grenzen (OSPAR EcoQO 2012).
- C4: Het verspreidingsgebied en, indien van toepassing, het verspreidingspatroon van de soorten is in overeenstemming met de heersende fysiografische, geografische en klimatologische omstandigheden.
- C5: De omvang en toestand van de habitat van de soort zijn geschikt voor de ondersteuning van de verschillende fasen van de levenscyclus van de soort;
- C6: De toestand van het habitatype, met inbegrip van de biotische en abiotische structuur en de functies ervan (bv. de kenmerkende soortensamenstelling ervan en hun relatieve dichtheid, het niet-voorkomen van bijzonder gevoelige of kwetsbare soorten of soorten die een essentiële functie hebben, de groottesamenstelling van soorten), wordt geen schade berokkend door antropogene belastingen. Dit criterium heeft een nauwe link voor benthische habitats met D6 (zie verder).

- **D2: Niet-inheemse soorten**

- C1: Het aantal via menselijke activiteiten nieuw in het wild geïntroduceerde niet-inheemse soorten, per beoordelingsperiode (zes jaar), gemeten vanaf het referentiejaar zoals gerapporteerd voor de initiële beoordeling, tot een minimum wordt beperkt en waar mogelijk tot nul teruggebracht.
 - D2.1: Introductie van nieuwe door de mens geïntroduceerde niet-inheemse soorten macrofauna en macroflora (>1 mm) die een ecosysteem veranderen wordt vermeden.

- **D3: Commercieel geëxploiteerde soorten**

- C3: De leeftijdsopbouw en grootteverdeling van individuele exemplaren in de populaties van commercieel geëxploiteerde soorten duiden op een gezonde populatie. Dit betekent onder meer een hoog percentage oude/grote exemplaren en een beperkte negatieve invloed van de exploitatie op de genetische diversiteit.
 - D3.4: Alle commerciële vis- en schelpdierbestanden bevinden zich binnen veilige biologische grenzen met een spreiding per leeftijd (indien beschikbaar) en per grootte (bij gebrek aan gegevens rond de

leeftijd) die wijzen op een gezonde situatie bij de verschillende bestanden, waarbij de bestanden over lange termijn op stabiele wijze worden bevestigd met behoud van het volledige voortplantingsvermogen.

- **D4: Ecosysteem, voedselketen**

- C1: De diversiteit (soortsamenstelling en de relatieve dichtheden) in de trofische gilden (D4C1) en het evenwicht van de totale dichtheden tussen de trofische gilden (D4C2) mogen niet negatief beïnvloed worden door antropogene druk.

- **D6: Zeebodemintegriteit (Benthische habitats)**

- C5: De omvang van de schadelijke effecten van antropogene belastingen op de toestand van het habitatype, met inbegrip van wijziging van de biotische en abiotische structuur en de functies ervan (bv. de kenmerkende soortensamenstelling ervan en hun relatieve dichtheid, het niet-voorkomen van bijzonder gevoelige of kwetsbare soorten of soorten die een essentiële functie hebben, de groottesamenstelling van soorten), is niet groter dan een vastgesteld deel van de natuurlijke omvang van het habitatype in het te beoordelen gebied.
 - D6.4: De Ecologische kwaliteitscoëfficiënt zoals bepaald door BEQI (Benthic Ecosystem Quality Indicator), een indicator voor de structuur en de kwaliteit van het benthische ecosysteem, hanteert voor elk van de habitatypes een minimumwaarde van 0,60 (Beschikking 2008/915/EG van de Commissie).
 - D6.5: Positieve trend in de gemiddelde dichtheid van de volwassen exemplaren (of frequentie van voorkomen) van minimaal één soort binnen de langlevende en/of zich traag voortplantende soorten en de belangrijkste structurerende benthische soortsgroepen in modder tot modderhoudend zand en zuiver fijn tot grindhoudend zand.
 - D6.6: Het bioturbatie potentieel (BPc), een indicator voor het functioneren van het benthische ecosysteem, hanteert voor het *Abra alba* habitat type in het najaar een minimumwaarde van 0,60 (zoals bepaald via BEQI-procedure). Deze is echter van minder direct belang in voorliggend MER, gezien de *Abra alba* gemeenschap dichtbij de kust en dus buiten het projectgebied PEZ voorkomt;
 - D6.7: Positieve trend in de mediane lichaamsgrootte van de grotere benthische soorten *Buccinum undatum* en *Majidae* spp.
 - D6.8: Positieve trend in frequentie van voorkomen of mediane dichtheid van de volwassenen of volgroeide kolonies van minimaal de helft van de belangrijkste en langlevende soorten *Ostrea edulis*, *Mytilus edulis*, *Buccinum undatum*, *Alcyonium digitatum*, opgerichte sponsen (zoals *Haliclona oculata*) en opgerichte Bryozoa (zoals *Alcyonidium* spp. en *Flustra foliacea*).
 - D6.9: Geen afname of positieve trend van de soortenrijkdom binnen de taxa die typisch geassocieerd zijn met harde substraten.
 - D6.10: Toename van *Pomatoceros triqueter* clusters en *Sabellaria spinulosa* riffen.

Impact op de Goede Milieutoestand en milieudoelen

Effecten zoals biotoopverstoring en verlies aan organismen zoals in voorgaande secties besproken voor onder meer **macro- en epibenthos** houden intrinsiek een link met descriptoren D1 (biodiversiteit) en D6 (bodemintegriteit) van de KRMS in.

Met betrekking tot D6 (Zeebodemintegriteit – benthische habitats) wordt in de KRMS vooropgesteld dat de omvang (ruimtelijk gezien) van de schadelijke antropogene effecten niet dusdanig groot mag zijn t.a.v. de natuurlijke omvang van de habitats (criterium 5 onder D6; Belgische Staat, 2018a). Gezien het vrijwaren van de grindbedden (voor zo ver mogelijk) binnen de PEZ kavels, en gezien de relatief beperkte oppervlaktes zeebodem die verstoord zullen worden in de twee scenario's en per kavel werd het fysiek verlies en fysische verstoring van de zeebodem als gering negatief (0/-) voor D6 Zeebodemintegriteit beoordeeld. Eenzelfde beoordeling geldt voor criterium 6 van beschrijvend element D1 (zie hierboven).

Naast de effecten van verstoring van habitats en geassocieerde biota, zullen er door de aanwezigheid van de drie PEZ windparken ook een deel potentieel positieve impacten op de KRMS descriptoren D1, D4 en D6 en de GMT hiervoor optreden. Zo zal uitsluiting van bodemberoerende activiteiten in de PEZ leiden tot een potentiële verrijking van de gemeenschappen, alsook kansen bieden voor soorten om in een relatieve rust zich te ontwikkelen tot gezonde gemeenschappen gedurende een exploitatiefase van ca. 20 jaar (zie § 5.4.3.1, §5.4.3.2 en §5.4.3.5). Dit kan een positieve bijdrage leveren aan het behalen van de GMT voor D1/D4 en D6, omwille van de link met doelstellingen voor toestand en omvang van habitattypes (D1C5 en D1C6), langlevende soorten (D6.5 en D6.8), en soorten geassocieerd met harde substraten (D6.9).

Het gegeven dat bepaalde vissoorten mogelijks aangetrokken zullen worden door de PEZ windparken kan ook een positieve weerslag op beschrijvend element D3 hebben, gezien de windparken dienst kunnen doen als schuilplaats, paai- en kraamkamer, alsook foerageergebied voor vissen en op die manier een positieve bijdrage leveren aan D3.4.

De aanwezigheid van bijkomende AHS welke mogelijks een stepping-stone vormen voor bepaalde niet-inheemse soorten leidt dan weer tot potentiële negatieve bijdrages aan de doelstellingen voor descriptor D2 (zie verder).

Zeezoogdieren hebben een hoge gevoeligheid voor geluidverstoring (relevantie met betrekking tot D11), waarbij potentiële gevolgen kunnen variëren van vermijdingsgedrag tot fysieke letsels en zelfs mortaliteit (zie § 5.4.3.4). Volgens de KRMS Descriptor D11 mag de ruimtelijke verspreiding, de temporele omvang en het niveau van antropogeen impulsief geluid en continu laagfrequent onderwatergeluid niet hoger zijn dan niveaus waarbij de populaties mariene organismen schade ondervinden. Voor antropogeen impulsief geluid werden deze limieten vastgelegd voor België op 185 dB re 1µPa op 750 m van de geluidsbron. Bij keuze voor monopile funderingen in scenario 2 (22 MW) blijkt zelfs met gebruik van de bestaande BBT deze norm niet haalbaar en zal nog moeten worden aangetoond door de kandidaat-ontwikkelaar(s) dat verdere optimalisaties van de bestaande technieken of het inzetten van nieuwe technieken een antwoord kunnen bieden. Van dit geluidsniveau wordt aangenomen dat het aanzienlijke nadelige gevolgen kan hebben voor bruinvissen, maar

gegevens over effecten op andere mariene biota, o.a. als gevolg van dergelijke deeltjesbeweging, ontbreken momenteel grotendeels (KRMS Art. 9 & 10). Gezien bruinvissen in het BNZ vooral worden waargenomen in de periode januari-april, worden werkzaamheden dus vooral buiten deze periode uitgevoerd. Ook houdt OSPAR een register bij van impulsief onderwatergeluid, waarvan het gebruik maakt tijdens een tweejaarlijkse regionale beoordeling. Verder mag geen positieve trend worden gemeten in het jaargemiddelde van de laagfrequente geluidsdruk binnen de 1/3 octaafbanden 63 En 125 Hz gemeten op één locatie (uitgedrukt als een niveau in dB re 1 µPa; KRMS Art. 9 & 10). Bij de ontwikkeling van de PEZ wordt verwacht dat zeezoogdieren de locatie van werkzaamheden zullen verlaten, de onmiddellijke omgeving tijdelijk zullen vermijden en na het beëindigen van de constructiefase terug zullen keren.

De introductie van **artificiële harde substraten** in de nabijheid van natuurlijke harde substraten, zoals het geval is t.h.v. de projectlocatie (PEZ), kan een versterkend effect hebben op de ontwikkeling van de natuurlijk geassocieerde fauna en het herstel van de aanwezige habitats. Deze effecten worden ook aangehaald in het maatregelenprogramma voor de KRMS bij descriptor D1 en D4 (Belgische Staat, 2022c). Volgens D1 (biodiversiteit) mogen populaties, habitattypes en de algemene verspreiding van soorten geen schade ondervinden, terwijl voor D4 (ecosysteem en voedselketen) werd vastgelegd dat de diversiteit en totale dichtheden aan trofische niveaus niet negatief mag beïnvloed worden door antropogene druk. Verder dient voor Descriptor 6 (bodemintegriteit) de structuur en functies van de bodemecosystemen gewaarborgd te worden, in die mate dat bentische gemeenschappen en ecosystemen niet onevenredig worden aangetast. Gezien de schaal waarop de introductie van AHS i.k.v. de ontwikkeling van de PEZ plaatsvindt, worden geen dusdanige inbreuken verwacht, en wordt omwille van de toename in habitatcomplexiteit een netto positieve bijdrage verwacht aan D1 en D4 (zie eerder).

Wat betreft een potentiële aantrekking van **niet-inheemse soorten**, dient rekening gehouden te worden met Descriptor D2 binnen de KRMS. D2 stelt dat de introductie van nieuwe door de mens geïntroduceerde niet-inheemse soorten die een ecosysteem veranderen vermeden dient te worden. Hierbij wordt geen rekening gehouden met soorten waarover een taxonomische onzekerheid bestaat of waarvoor de veranderingen als gevolg van een permanente introductie (incl. voortplanting) verwaarloosbaar zijn. De introductie van artificiële harde substraten in de PEZ, met name ter hoogte van de nieuwe intertidale habitats, houdt dus voor D2 een verhoogd risico in (zie § 5.4.3.5).

5.4.4 Leemten in kennis

Wat betreft leemten in kennis omtrent de verschillende biota en hun kwetsbaarheid voor verstoring door aanleg van windparken in de PEZ, werden in de EDEN2000 studies al heel wat zaken onderzocht, met name betreffende benthos, vissen en vogels. Hieronder worden nog een aantal leemten in kennis verder opgelijst, voor de verschillende fauna groepen.

5.4.4.1 Macrobenthos

Langetermijn effecten van sedimentatie en verfijning ter hoogte van grindbedden zijn vooralsnog niet volledig opgehelderd (Van den Eynde et al., 2023b). Zo is het bijvoorbeeld mogelijk dat, hoewel de effecten al bij al beperkt lijken

in eerste instantie (zie ook effectbespreking onder voorliggend hoofdstuk), er toch een deel fijne sedimenten in de zandmatrix kan gevangen worden (zie ook Van Lancker et al., 2017), waardoor verdere verfijning optreedt met mogelijke implicaties voor de bodemfauna. Hierdoor wordt ook gepleit voor langere tijdsreeksen naar de concentraties van fijne fracties in verder offshore gelegen locaties (zoals ter hoogte van de PEZ; Van den Eynde et al., 2023b). Dit wordt tevens aangehaald in het luik monitoring binnen de disciplines bodem en water (zie § 5.1.7).

Met betrekking tot het artificiële rif-effect van de aanwezigheid van turbines en erosiebescherming, werden duidelijk positieve effecten ter hoogte van jacket funderingen waargenomen in het BNZ (C-Power concessie in de Oostelijke energiezone), door organische aanrijking in de nabijheid van de funderingen. Echter, gelijkaardige effecten ter hoogte van de monopile funderingen in het Belwind offshore windpark (eveneens Oostelijke energiezone) waren afwezig, waardoor de reikwijdte van dit type fundering op het macrobenthos van de omringende zachte substraten vooralsnog een leemte in kennis betreft. Terwijl JF gekend zijn als ware ‘mossel-hotspots’ met hoge aantallen *Mytilus edulis* tot op dieptes van 20 m onder het wateroppervlak, worden ze op gravitaire en monopile funderingen enkel op de bovenste (0-5 m waterdiepte) delen aangetroffen (Coolen et al., 2022; Lefaible et al., 2023). Met het oog op de toekomstige windparken in de PEZ, waar vanuit de sector hoogstwaarschijnlijk gekozen zal worden voor monopile funderingen, is een uitbreiding van de kennis omtrent de **potentiële invloedszone** van dit **type fundering** op de omringende zachte substraatfauna aangewezen.

Er zijn momenteel voor een aantal soorten labo-experimenten en (beperkt) veldstudies uitgevoerd om het effect van **EMV** op hun welzijn te bestuderen (Gill, 2023). Echter zijn er geen eenduidige resultaten voorhanden, waaruit blijkt dat effecten sterk soortgebonden zijn. Verder onderzoek op soorten met relevantie voor het BNZ en het projectgebied PEZ is dus aangewezen om deze leemte in kennis verder op te vullen, en een beter gefundeerde beoordeling te kunnen maken.

Uit verschillende waarnemingen blijkt dat verschillende soorten benthos gevoelig zijn voor een wijziging van de **omgevingstemperatuur** (o.a. door aanwezigheid van elektrische kabels) (National Grid Viking Link Ltd. & Energinet.dk, 2017). Momenteel zijn er te weinig gegevens om het effect van een (kleine) temperatuurswijziging op het benthos te evalueren. Door een gebrek aan relevante studies wordt dit effect momenteel deels beschouwd als een leemte in de kennis.

5.4.4.2 Epibenthos en vissen

In het laatste WinMon rapport (De Backer et al., 2022) wordt er gepleit voor een **verdere inventarisatie** van het epibenthos en demersale visfauna in het projectgebied (cf. macrobenthos). Immers is het aantal sleeplocaties in de PEZ waar ILVO data heeft verzameld in het verleden relatief beperkt, en is er zeker voor het grote zuidwestelijke deel van kavels PE II en PE III nog weinig geweten (zie ook Figuur 5-47). Hoewel naar verwachting de rijkere offshore coarse sand gemeenschap voor zowel epibenthos als vissen ruim aanwezig is in de drie PEZ kavels (zie De Backer et al., 2022), werd deze nog niet in detail in kaart gebracht.

Daarnaast is het ook niet duidelijk in hoeverre de PEZ gebruikt wordt als **paaigebied** voor verschillende vissoorten in het BNZ, en is de informatie voor **pelagische** vissen nog beperkter dan deze voor demersale visfauna (daar pelagische vissen ook andere staalnametechnieken vereisen; zie Degraer et al., 2022a).

Met betrekking tot **geluidsverstoring** en impacten van EMV, zijn er ook nog een aantal vragen te beantwoorden. Voor geluidsverstoring en impact op visfauna werd wel een causaal verband aangetoond voor sommige soorten tussen impulsief heigeluid en vb. fysiologische effecten op de zwemblaas. Echter, het effect van continu onderwatergeluid (i.e. scheepvaart) op vissen is minder grondig bestudeerd. Hierdoor ontbreken duidelijke drempelwaarden naar tolerantie van soorten. Voor **EMV** werd op basis van literatuurstudie en labo-experimenten (zie Gill, 2023 en Paoletti et al., 2023 en referenties daarin) weinig uitsluitsel over significante effecten gegeven. Voor heel wat vissoorten en invertebraten werden dergelijke studies echter nog niet uitgevoerd, waardoor er nog heel wat leemten in kennis zijn omtrent dit aspect van offshore windparken en bijhorende bekabeling.

5.4.4.3 Vogels en vleermuizen

Gezien nog zeer weinig geweten is over het gedrag van vleermuizen boven de Noordzee is bijkomend onderzoek in het BNZ en ter hoogte van de PEZ aangewezen. Verder is er nog onduidelijkheid in hoeverre de eventuele voordelen van windparken als rust- en foerageerplaats voor vogels opwegen tegen een het verhoogde risico op aanvaring. Ook is nog weinig geweten over de potentiële effecten van baggerwerken op vogels, waaronder het effect van een mogelijke **verhoogde turbiditeit** op de efficiëntie van foeragerende zeevogels. Tenslotte bevinden zich nog aanzienlijke kennishiaten in de mogelijkheden rond het modelleren van **cumulatieve barrière effecten** op de zeevogelpopulaties in het BNZ. Hierbij ontbreekt vooral kennis rond de afstand waarop verstoringen zich voordoen, alsook de verwachte impacten wat betreft overleving en productiviteit van de verstoorde vogelsoorten.

5.4.4.4 Zeezoogdieren

Voor zeezoogdieren bevinden zich de voornaamste leemten in kennis bij de potentiële effecten van baggerwerken (**verhoogde turbiditeit**) en **EMV**. Ook meer kwantitatieve data rond een **gewijzigde voedselbeschikbaarheid** tijdens de constructiefase ontbreekt, zoals bv. over welke afstanden deze potentiële effecten kunnen optreden, hoe snel de voedselbeschikbaarheid zich kan of zal herstellen en of zeezoogdieren in dezelfde aantallen zullen terugkeren naar het gebied. Verder worden soms significante discrepanties vastgesteld tussen de **voorspelde TTS** en de experimenteel vastgestelde waarden, waardoor ook hier verder onderzoek geboden is.

5.4.4.5 Artificiële harde substraten

Het effect van artificiële harde substraten t.h.v. de Oostelijke energiezone wordt reeds sinds vele jaren onderzocht. Deze introductie in nabijheid van natuurlijke riffen en grindbedden, zoals het geval is in de PEZ, is echter nieuw. In hoeverre gelijkaardige effecten kunnen verwacht worden en in hoeverre de introductie van AHS kan bijdragen aan **behoud en/of herstel van deze natuurlijke riffen** was mee onderwerp van recent onderzoek binnen het kader van EDEN2000. Gezien de nieuwe aard van deze introducties in nabijheid van natuurlijke grindbedden, is bijkomend onderzoek echter steeds

gewenst. Zo wordt onder andere ten eerste aangeraden verder onderzoek te voeren naar vier soorten met een potentieel **schadelijke invloed** op natuurlijke grindbedgemeenschappen in de nabijheid: het (niet-inheemse) muiltje (*Crepidula fornicata*), de (niet-inheemse) glanzende bolzakpijp (*Aplidium glabrum*), de (niet-inheemse) grijze korstzakpijp (*Diplosoma liserianum*) en de (inheemse) zeeanjer (*Metridium senile*) (Kapasakali et al., 2023c). Gezien nog geen zekerheid bestaat rond de concrete aard van potentiële negatieve effecten, wordt verder onderzoek naar deze soorten ten eerste aangeraden (zie ook § 5.4.4.5). Ook verder onderzoek naar gebruik van **verschillende materialen en structuren** dient kennis omtrent het gebruik van natuur-inclusieve designs en technieken te vergroten, bovenop wat tot op heden reeds gekend is.

5.4.5 Milderende maatregelen

5.4.5.1 Macrobenthos

Om impacten van sedimentatie en turbiditeit (zeker ook met het oog op indirecte effecten ter hoogte van de kwetsbare type 1 grindbedden in de PEZ) te reduceren, worden enkele zaken aanbevolen in de EDEN2000-studie van Van den Eynde et al. (2023b). Hieronder worden deze aanbevelingen opgelijst en wordt er een indicatie gegeven van hoe hiermee omgegaan werd in voorliggend MER. Het merendeel van deze zaken hangt ook nauw samen met de milderende maatregelen besproken onder de discipline Bodem en Water (§ 5.1.6).

- Eerst en vooral dienen **grindbedden** (met name type 1 in de PEZ kavels) en de omringende bufferzones (500 m) **zoveel mogelijk gevrijwaard** te worden van rechtstreekse impact van funderingen, erosiebescherming en parkbekabeling om ook de hiermee geassocieerde biota te sparen. Hiermee werd in de indicatieve configuraties voor de drie kavels dan ook rekening gehouden (zie Figuur 4-1, Figuur 4-2 en Figuur 4-3 voor respectievelijk kavel PE I, PE II, en PE III). Het is bijgevolg mogelijk om funderingen zo te installeren dat deze nergens rechtstreeks overlappen met de type 1 grindbedden noch met de bufferzones. Voor de parkbekabeling is het op basis van een eerste indicatieve oefening naar configuratie eveneens mogelijk om de grindbedden te vrijwaren. Echter, door het grote aantal turbines dat rechtstreeks op het MOG2 eiland zal moeten aangesloten worden, zullen sommige kabels in de drie PEZ kavels wel doorheen de bufferzones van 500 m moeten lopen, hoewel overal de aanbevolen minimale afstand van 20 m tot de grindbedden kan aangehouden worden (Van den Eynde et al., 2023b). Verdere micro-siting oefeningen door kandidaat-ontwikkelaar(s) zullen moeten bekijken of deze configuratie van parkbekabeling nog verder kan geoptimaliseerd worden om de bufferzones nog meer te ontwijken.
- Gezien gravitaire funderingen een grotere verstoorde oppervlakte alsook een groter volume uit te baggeren sediment inhouden, wordt **aanbevolen** om als **funderingstype monopiles of jackets** te voorzien. Binnen voorliggend MER worden evenwel alle drie de funderingstypes beschouwd en besproken, al wordt er voor gravitaire funderingen uitgegaan van een maximum van 10 % van het totale aantal funderingen binnen de drie kavels. Op die manier werd onder meer bij het bepalen van de verstoorde oppervlaktes en volumes al uitgegaan van een worst-case scenario naar effecten op bodem, water, en fauna van 10 % GBF aangevuld met 90 % monopiles. Ook in de numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023, Externe bijlage 1) werd specifiek bekeken en gemodelleerd wat de impact van een GBF op 500 m afstand en bovenstrooms van een

grindbed zou zijn. Effecten werden als matig negatief (-) beoordeeld, zowel naar impact op bodem, als op waterkolom (sedimentatie en turbiditeit). Indien niet strikt noodzakelijk, wordt het voorzien van gravitaire funderingen nabij grindbedden in de PEZ kavels afgeraden, en kan er beter voor MP of JF geopteerd worden.

- Er wordt aanbevolen om **tijdelijke stortplaatsen niet in de invloedszone van de grindbedlocaties** te voorzien, maar op andere plaatsen in de PEZ kavels. Binnen de numerieke pluimmodellering werd hier inderdaad rekening mee gehouden (wat betreft stortplaatsen voor de fijne sedimentfractie), en kandidaat-ontwikkelaar(s) zullen hiermee rekening moeten houden op het moment dat er afstemming rond de tijdelijke stortplaatsen zal plaatsvinden. In de effectbespreking van de discipline bodem in voorliggend MER weren hieromtrent enkele berekeningen gemaakt naar dimensies en hoogtes van stortlagen.
- Voor het ingraven van parkbekabeling wordt **jetting of ploegen aanbevolen als te hanteren techniek**. Voorliggend MER gaat inderdaad hiervan uit (zie § 4.2.3).
- Met betrekking tot de aan te leggen erosiebescherming, worden een aantal aanbevelingen geformuleerd in de EDEN2000 studies van Arboleda et al. (2023) en Zupan et al. (2023c). Zo wordt gepleit voor het gebruik van een **statische erosiebescherming**, om de mogelijkheid te creëren om een habitat gelijkaardig aan de kwetsbare grindbedden in de zone te verkrijgen (Arboleda et al., 2023). Bovendien kan de breuksteenlaag zo ontworpen worden dat er een **verhoogde habitatcomplexiteit** wordt bereikt en op die manier een uitbreiding van het complexere grindhabitat in de PEZ kavels kan gevormd worden (Zupan et al., 2023c). Op die manier kan bijgevolg ook een verhoging van het aantal biota specifiek gelinkt aan de harde substraten in het BNZ gecreëerd worden, en kan de ecologische status van de grindbedden (welke momenteel ongunstig is), potentieel verbeterd worden.

5.4.5.2 Epibenthos en vissen

Voor een overzicht rond mitigatiemaatregelen wordt enerzijds verwezen naar deze voor macrobenthos hierboven (zeker wat betreft biotoopverstoring en bijhorende kansen) en deze voor zeezoogdieren (voor wat betreft geluidverstoring) verder in dit hoofdstuk.

5.4.5.3 Vogels en vleermuizen

Ter bevordering van het leefmilieu voor zeevogels in het BNZ kan in de design- en ontwerpfasen rekening gehouden worden met **corridors** van minstens 6 km breed ter mitigatie van mogelijke barrière effecten op soorten die t.h.v. de projectlocatie veelvuldig voorkomen en/of gevoelig zijn aan dit soort effecten, waaronder Jan-van-Gent, zeekoet en alk (Vanermen & Stienen, 2023). Verder kan het aantal aanvaringsslachtoffers geminimaliseerd worden door o.a. **aangepaste verlichting** te voorzien t.h.v. de nieuwe structuren in de PEZ, zolang deze uiteraard niet in strijd zijn met de regelgeving voor luchtvaart- en scheepvaartveiligheid (Vanermen et al., 2022a). Zo werd vastgesteld dat bv. rode lampen of witte knipperlichten minder vogels aantrekken dan witte, blauwe of groene lampen. In het algemeen wordt het aantal lichtbronnen, alsook hun intensiteit, tot een minimum beperkt of kan hun gebruik eventueel aangepast worden aan de omstandigheden. Verder kan ook gebruik gemaakt worden van een **'bird deterrent system'** ter bescherming van belangrijke infrastructuur. Deze dient echter zo afgesteld te worden dat enkel lokaal vogels worden afgeschrikt, zonder de volledige nabije omgeving ongeschikt te maken als bv. mogelijke foerageerplaats. Tenslotte wordt bij de constructie

waar mogelijk best gebruik gemaakt van technieken die **zo weinig mogelijk turbiditeit** in de waterkolom veroorzaken en worden **periodes met de grootste aantallen** foeragerende en pleisterende zeevogels (i.e. herfst, winter en voorjaar) zoveel als mogelijk **vermeden**.

In de ontmantelingsfase kan rekening gehouden worden met **eventueel broedende vogels**, waarbij het gebied en de directe omgeving moet vermeden worden in de periode tussen april en augustus (Vanermen et al., 2022a).

5.4.5.4 Zeezoogdieren

Om te voldoen aan de eisen van de KRMS Descriptor 11 (onderwatergeluid), dient de **vooropgestelde drempel** voor impulsief onderwatergeluid van **185 dB re 1 µPa op 750 m** van de geluidsbron gerespecteerd te worden. Indien mogelijk, kunnen de luidste werkzaamheden ook bij voorkeur niet uitgevoerd worden in de periode die overlapt met de hoogste waarnemingen aan bruinvissen in dit gebied (januari-april).

Verder kunnen verschillende milderende maatregelen geadopteerd worden die voor een **verlaging in geluidsverstoring** zorgen. Het gebruik van (dubbele) bubbelgordijnen staat hierbij voorop, dewelke voor een geluidreductie tot 20 dB re 1 µPa konden zorgen bij de constructie van Northwester II en SeaMade in de Oostelijke energiezone (Norro, 2020). In het algemeen wordt gesteld dat de algemeen toegepaste milderende maatregelen (zie hieronder) werkzaam zijn op twee niveaus: enerzijds door zeezoogdieren af te schrikken voor het heien en anderzijds door een beperking te stellen op geproduceerde geluidsgolven (Rumes & Degraer, 2020, 2022a, 2022b).

Mogelijke maatregelen om de geluidsverstoring door toegenomen scheepvaart te reduceren:

- **Vaartsnelheid reduceren**

Mogelijke maatregelen om het geproduceerde geluidsniveau tijdens het heien te reduceren:

- Gebruik van een **alternatieve hamer** tijdens het heien
- Gebruik van een **geluidsabsorberende mantel**
- Het **contact** tussen hamer en fundering langer aanhouden
- Gebruikmaken van een **alternatieve techniek** die minder geluidsverstoring veroorzaakt, zoals de suction-bucket techniek of vibro-piling

Mogelijke maatregelen die de verspreiding van het geproduceerde onderwatergeluid reduceren:

- Gebruik van **enkele of dubbele bubbelgordijnen** of **Grout Annulus Bubble Curtains** (GABC)

Mogelijke maatregelen die fysiologische verstoring bij zeezoogdieren voorkomen of reduceren:

- Gebruik van **akoestische afschrikmiddelen** of acoustic deterrent devices (ADD)
- Gebruik van **soft-start procedures**, waarbij activiteiten gestart worden met een laag vermogensniveau (en geluidsniveau) voor dit gestaag op te voeren. Hierdoor krijgen zeezoogdieren in de omgeving de mogelijkheid om tijdig de zone met werkzaamheden te verlaten

- Een **seizoensgebonden heiverbod** of verbod op andere werkzaamheden met een hoge geluidsverstoring, wat vooral betekent dat deze geluidsverstoring zo min mogelijk mag plaatsvinden tijdens de periodes wanneer de meeste bruinvissen worden wargenomen t.h.v. de projectlocatie (PEZ)
- Het **gebruik van een MMO** of ‘marine mammal observer’ die kan verzekeren dat bij de start van luide activiteiten geen zeezoogdieren aanwezig zijn in de nabije omgeving van de werkzaamheden
- Het **beperken van de duur van de geluidsverstoring**, wat mee mogelijk kan gemaakt worden door de totale duur van de werkzaamheden te beperken (bv. door een kleiner aantal funderingen te plaatsen)

Tenslotte dienen ook technieken gebruikt te worden die **zo min mogelijk turbiditeit veroorzaken** in de waterkolom.

5.4.5.5 Artificiële harde substraten

Gebruikte bouwmaterialen dienen zoveel als mogelijk uit **natuurlijke materialen** te bestaan en mogen in **geen geval afvalstoffen of secundaire grondstoffen bevatten**.

5.4.6 Monitoring

5.4.6.1 Macrobenthos

Indien gravitaire funderingen zouden gekozen worden op een deel van de turbinelocaties, moet hier nauwgezet gemonitord worden wat de impact is op de eventueel naburige grindbedden (zie ook aanbevelingen geformuleerd in Van den Eynde et al., 2023b).

5.4.6.2 Epibenthos en vissen

Omwille van de beperkte databeschikbaarheid omtrent epibenthos en vissen in de PEZ (en met name het zuidwestelijke deel van de zone), wordt een **grondige pre-impact monitoring** aanbevolen (De Backer et al., 2022). Hierbij wordt ook verwezen naar de verwachte hoge heterogeniteit in de gemeenschappen, omwille van het sedimentologische karakter van de zone, met grindbedden afgewisseld met zandige substraten, zandbanktoppen en geulen. Het huidige monitoringsdesign (BACI) zoals gehanteerd voor de Oostelijke energiezone is hierbij mogelijks niet optimaal om de potentiële impact van de windparken op het epibenthos en de visfauna ten volle in kaart te brengen. De Backer et al. (2022) pleit daarom voor het hanteren van een ‘gradiënt’ design vanaf de start van de monitoring.

Tijdens de exploitatiefase wordt aanbevolen om de evolutie van epibenthos- en visgemeenschappen op en rond turbinelocaties, funderingen en erosiebescherming (zowel ter hoogte van funderingen als kruisingen van parkkabels) nauwlettend in het oog te houden. Immers wordt verwacht dat een ‘**rif-effect**’ zal optreden, met aantrekking van bepaalde soorten van deze groepen. Om een beter beeld te krijgen van de ecologische waarde, moet hier op regelmatige basis, en volgens een gradiënt vertrekkende vanuit de grindbedlocaties richting de zandige substraten tussenin, monitoring van de soortensamenstelling, aantallen, ed. gebeuren. Deze aanpak is analoog als de huidige monitoring in de

Oostelijke energiezone, met als bijkomend aandachtspunt de vele grindbedlocaties in de PEZ kavels welke speciale aandacht (blijvend) verdienen.

Ook om een beter beeld te krijgen van het **potentiële herstel van grindbedfauna** na het uitsluiten van bodemverstorende activiteiten, moet de monitoring zeker de grindbedlocaties omvatten. Momenteel is er weinig zicht op hoe snel exact deze grindbedden in staat zijn om te evolueren (indien al mogelijk) naar een bijna-pristiene conditie (Degraer et al., 2023). Blijvende analyse van historische gegevens voor grindbedden en visserij-effort in de PEZ is aanbevolen om langetermijn trends beter in kaart te kunnen brengen (zie Kapasakali et al., 2023a).

5.4.6.3 Vogels en vleermuizen

Bijkomend onderzoek en monitoring van de verspreiding van vogels en vleermuizen uitgevoerd ter hoogte van de projectlocatie (PEZ) kan bijdragen aan de leemten in kennis over deze soortgroepen en hierdoor een grote meerwaarde betekenen. Regelmatige scheepstellingen en monitoring met o.a. bat-detectoren kan helpen om verspreidingskaarten voor verschillende soorten op te stellen, dewelke zullen bijdragen aan de kennis over potentiële impacten verbonden aan de verschillende ontwikkelingsfasen in de bouw en exploitatie van een windpark op zee.

5.4.6.4 Zeezoogdieren

Monitoring t.h.v. de PEZ kan mee voeding geven aan een gedetailleerde verspreiding van zeezoogdieren in het BNZ, een opdracht die wegens de hoge mobiliteit van deze soorten en de ver reikende impact van offshore werkzaamheden (bv. met betrekking tot geluidsverstoring) noodzaakt een groter gebied te dekken dan het eigenlijke projectgebied.

5.4.6.5 Artificiële harde substraten

Artificiële harde substraten kunnen in de PEZ gemonitord worden samen met de natuurlijk voorkomende harde substraten. Een verhoogde aandacht voor de aanwezigheid van niet-inheemse soorten is hierbij aangeraden. Deze monitoring focust best op de verschillende onderdelen van de geïntroduceerde structuren, waaronder zowel de funderingen als de erosiebescherming. Deze gegevens kunnen o.a. bijdragen aan kennis over potentieel economisch belangrijke soorten (o.a. kabeljauw, kreeften en krabben), alsook over de algemene aantrekking van verschillende soortengemeenschappen en verhoogde productie in deze artificiële riffen.

5.5 ZEEZICHT EN MARITIEM CULTUREEL ERFGOED

5.5.1 Methodologie

In voorliggend MER wordt zeezicht gedefinieerd als “het kustlandschap en de aangrenzende open wateren, inclusief zicht op zee en zicht op de kustlijn vanaf de zee”. Door de ligging van de PEZ op ca. 35 km uit de kust, zullen de toekomstige windparken nagenoeg niet zichtbaar zijn vanop land, enkel vanop zee. Als referentie wordt hier verwezen naar het MER voor Kavel VII binnen het OWF Hollandse Kust West (Pondera Consult, 2020), waar uitgegaan wordt van een afstand tot de kust van ca. 54 km, en turbines in de range 10 – 16 MW individueel vermogen (tiphoogtes 189 – 304 m).

Het cultureel erfgoed waar binnen deze studie naar verwezen wordt, betreft met name de wrakken die zich op de zeebodem bevinden in het projectgebied, alsook de aanwezigheid van verdrinken paleolandschappen en de eventuele aanwezigheid van archeologische en paleontologische vondsten op de zeebodem die mogelijk kunnen geïmpacteerd worden door de bouw en exploitatie van windparken in de PEZ.

In opdracht van de FOD Economie werd door Periplus Archeomare in samenwerking met het VLIZ (Vlaams Instituut voor de Zee) een archeologische desktopstudie uitgevoerd in de PEZ (van den Brenk et al., 2021). Hierbij werd literatuur en bestaande data gescreend op het bestaan van archeologische resten en paleolandschappen in de PEZ en werd een inschatting gemaakt van de potentiële waarde van deze qua algemene bewaring en zeldzaamheid. Het studiegebied was wat betreft het archeologisch en paleontologisch potentieel tot dat moment minder uitgebreid bestudeerd in vergelijking met sommige van de meer kustnabije gebieden van het BNZ (van den Brenk et al., 2021). Verder geofysisch en geotechnisch onderzoek in de PEZ werd uitgevoerd door GEOxyz/G-tec (2023), eveneens in opdracht van de FOD Economie. Op basis daarvan zal een herziening van de desktopstudie uitgevoerd worden, wat nog tot bijkomende inzichten zou kunnen leiden voor de publicatie van de offshore tender. Vooralsnog zijn er van deze laatste voorbereidende studie nog geen resultaten beschikbaar op het moment van schrijven van voorliggend MER. Naast deze voorbereidende studies zijn er ook potentieelkaarten beschikbaar van De Clercq (2018) die aangeven in welke gebieden op het BNZ er kans is op de bewaring van archeologische vondsten en paleontologisch materiaal in de ondergrond op basis van paleolandschappen en afzettingssomstandigheden.

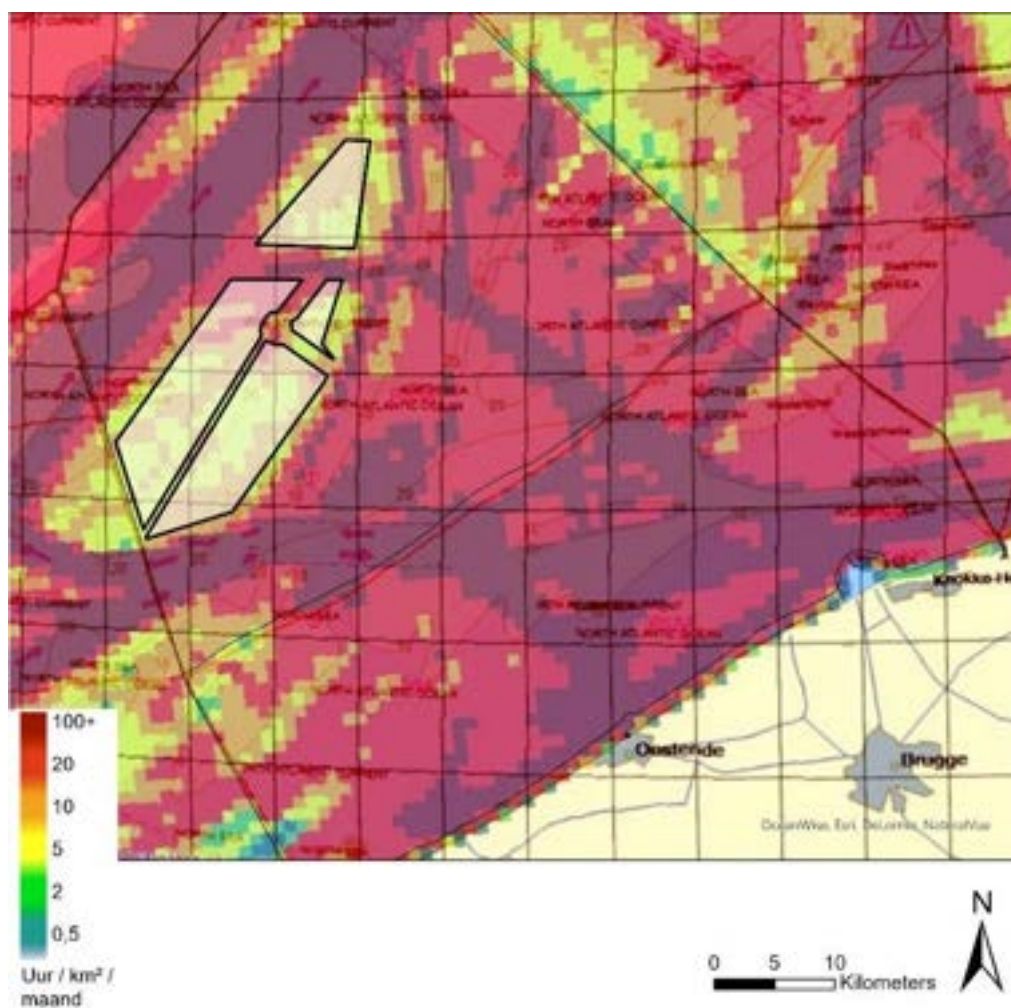
Voor het overzicht van de aanwezige wrakken wordt gebruik gemaakt van de databanken beschikbaar bij het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust, Afdeling Kust (www.vlaamsehydrografie.be, <https://wrakkendatabank.afdelingkust.be/>), en op de inventarisatie van 100-jarige scheepswrakken uitgevoerd door het VLIZ in 2020, in opdracht van FOD Leefmilieu – Dienst Marien Milieu (<https://www.health.belgium.be/nl/inventaris-100-jarige-scheepswrakken-het-belgische-deel-van-de-noordzee>; Demerre et al., 2020)⁵⁵, eventueel aangevuld met info van wrakkendatabanken zoals www.wrecksite.eu.

⁵⁵ Zie ook <https://mobilit.belgium.be/nl/scheepvaart/pleziervaart/onderwatererfgoed/erkende-scheepswrakken-noordzee> voor een interactieve kaart met de erkende scheepswrakken in het BNZ.

5.5.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

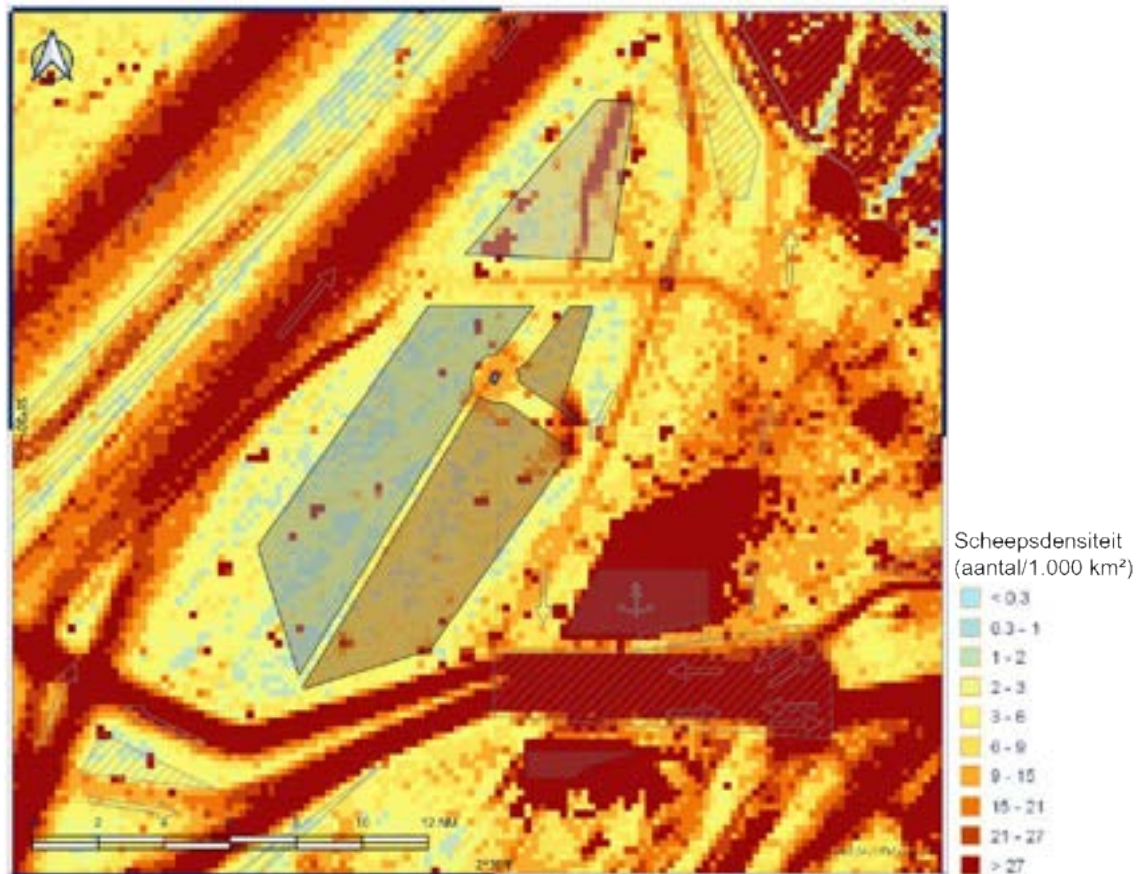
5.5.2.1 Zee- en kustlandschap

De vrije horizon, als uniek landschap, is een belangrijke natuurlijke waarde van de Noordzee en het Belgische deel van de Noordzee (BNZ), en vormt een belangrijk aantrekkingselement voor het kustgebonden toerisme in België. Bij gunstige weersomstandigheden kunnen schepen tot ver in zee vanop de kustlijn waargenomen worden. Ook de meest kustnabije windparken in de operationele Oostelijke energiezone (Norther, C-Power, op ca. 25 km uit de kust) zijn goed zichtbaar vanaf de kust bij helder weer. In de nabijheid van havens is er meestal een verhoogde activiteit door o.a. in- en uitvarende vissersschepen, recreatievaart en onderhoudsbaggerschepen, waardoor het natuurlijke zeezicht mede wordt ingevuld door deze mariene activiteit. Onderstaande Figuur 5-57 toont de gemiddelde scheepvaartintensiteit voor het BNZ in 2021, waaruit kan afgeleid worden dat met name de gekende scheepvaartroutes van en naar de havens (vooral Oostende en Zeebrugge) druk bevaren worden, wat een visuele impact heeft vanuit de kust.



Figuur 5-57 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit (in u/km²/maand) in 2021 voor alle schepen uitgerust met AIS in het BNZ, met aanduiding van het projectgebied. Gebaseerd op AIS data verkregen via DG Scheepvaart.

Uit de meer gedetailleerde onderstaande Figuur 5-58 blijkt dat de PEZ gelegen is tussen enkele intensief bevaren scheepsroutes (zie ook § 3.2.2 en § 5.7, alsook Externe bijlage 2 “Aanvaringsstudie” (MARIN, 2023)).



Figuur 5-58 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit in en rond de PEZ op basis van AIS data 2021 in aantal schepen per 1000 km² voor alle soorten schepen die beschikken over AIS, met aanduiding van het projectgebied. Bron: MARIN (2023) – Externe bijlage 2, op basis van AIS data 2021 verkregen bij DG Scheepvaart.

Wat betreft het zicht vanuit zee en de kustzone landinwaarts, wordt deze vooral gedomineerd door de smalle opeenvolging van hoogbouw langsheen nagenoeg de volledige kuststrook van 67 km. Met uitzondering van enkele zones langsheen de kust waar er nog een open verbinding tussen zee en binnenland of een meer natuurlijk zicht bestaat (ter hoogte van het slikken- en schorregebied Zwin, duinengordels ter hoogte van De Panne, Bredene, en De Haan als zone met enkel laagbouw), vormt de eerstelijnsbebouwing een harde scheidingslijn tussen de zee en de polders.

5.5.2.2 Maritiem cultureel erfgoed

Het begrip ‘maritiem cultureel erfgoed’ dekt een zeer grote lading. Binnen voorliggend MER en de PEZ zijn de belangrijkste elementen gedefinieerd als volgt (naar Pieters et al., 2022):

- Scheepswrakken en andere wrakken (o.a. vliegtuigen) en onderdelen ervan, ongeacht waar ze aangetroffen worden (in zee, in rivieren of voormalige rivieren of als hergebruik om het even waar aan land);

- In zee, rivieren of andere waterpartijen verdronken nederzettingen of andere sporen of resten van menselijke activiteiten onder water en hun paleolandschappelijke context. Een belangrijke categorie hiervan is te linken met het thema van de zeespiegelstijging na de koude fasen van de ijstijden;
- Paleontologische resten van terrestrische fauna aangetroffen in zee.

Deze worden hieronder in meer detail besproken.

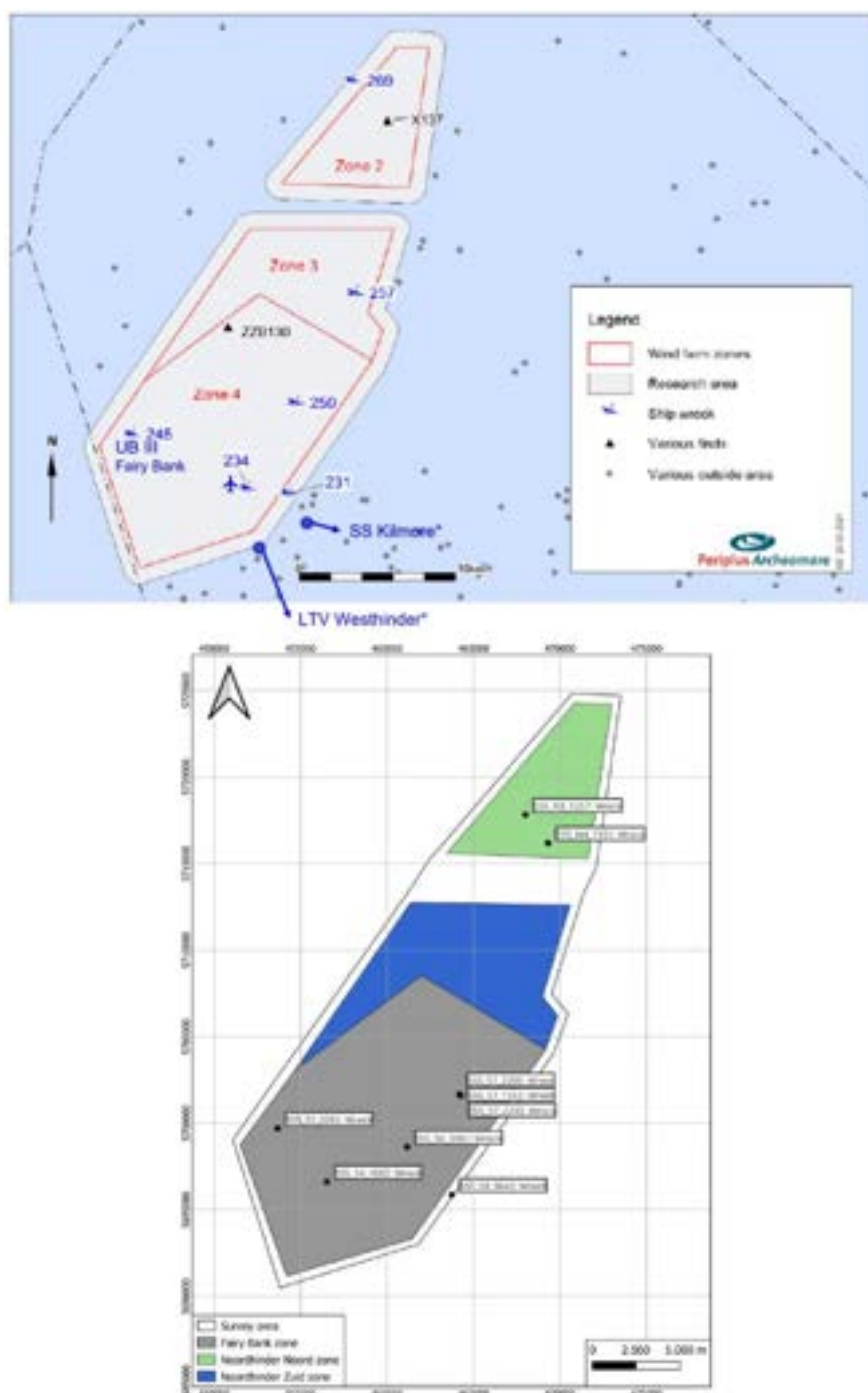
Wat betreft **scheepswrakken**, zijn er in het volledige BNZ meer dan 300 wrakken opgenomen in de wrakkendatabank van de Vlaamse Hydrografie (Afdeling Kust). De wet van 23 april 2021 (zie ook § 2.1.3) bepaalt dat alle wrakken die ten minste 100 jaar op de zeebodem gesitueerd zijn, automatisch onder het cultureel erfgoed van België vallen. Binnen het BNZ gaat het om ca. 55 wrakken die op die manier een beschermingsstatuut van cultureel erfgoed onder water verkrijgen (Demerre et al., 2020), waarvan er drie zich binnen of nabij de PEZ bevinden. Het gaat hierbij om wrakken UB III-klasse-Fairy Bank (binnen kavel PE III), SS Kilmore (op > 2,5 km van PE II), en het Westhinder lichtschip (op ca. 1 km van PE II) (zie Figuur 5-59). Erkende scheepswrakken SS Kilmore en LTV Westhinder genieten bovendien bijkomende individuele beschermingsmaatregelen (verbod op lijnvissen, ankeren en dreggen voor beide, en bijkomstig verbod op vissen met sleepnetten voor Westhinder; cf. Pieters et al., 2022).

Naast deze wrakken zijn er ook 5 andere wrakken (waaronder mogelijks 1 vliegtuig) en 2 objecten geïdentificeerd binnen de PEZ in de voorbereidende archeologische studie (van den Brenk et al., 2021; zie Figuur 5-59 boven). Een overzicht is te vinden in Tabel 5-33 hieronder en op Figuur 5-59. Verdere voorbereidend geofysisch onderzoek in de PEZ (GEOxyz/G-tec, 2023) resulteerde in de detectie van 5 gekende wrakken en 2 potentieel ongekende wrakken met behulp van multibeam echosounding (MBES) en side scan sonar (SSS) (GEOxyz/G-tec, 2023; zie Figuur 5-59 onder). Er kan worden aangenomen dat er buiten de hieronder vermelde gelokaliseerde wrakken, ondanks de voorbereidende studies nog een aantal niet-geregistreerde objecten aanwezig kunnen zijn binnen het studiegebied PEZ. Eventuele vondsten tijdens de uitvoering van activiteiten in voorliggend MER dienen, in navolging van de Wet van 23 april 2021, gemeld te worden aan de gouverneur van West-Vlaanderen via de website www.vondsteninzee.be, waar ze vervolgens worden opgenomen in een register.

Tabel 5-33 – Overzicht van geïdentificeerde wrakken en objecten in de PEZ gelegen (naar van den Brenk et al., 2021).

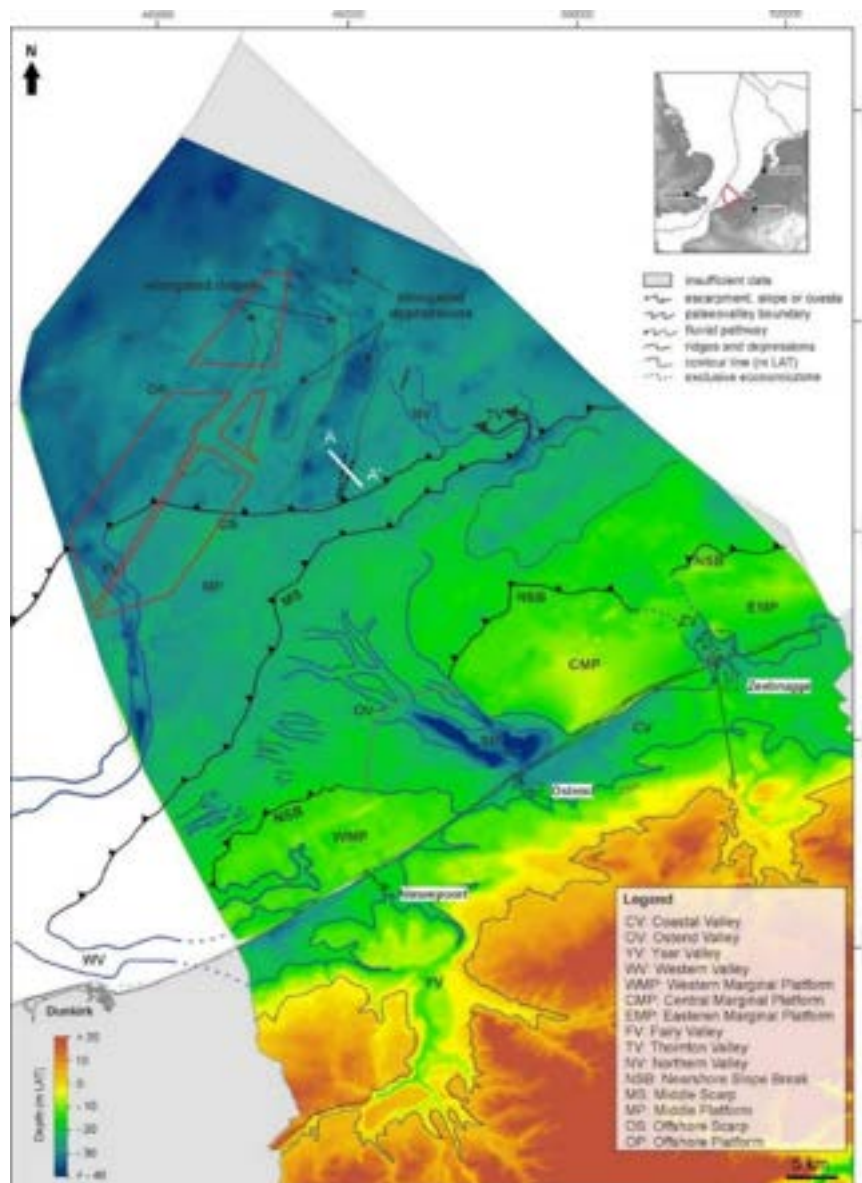
Nummer	Naam / Beschrijving	Locatie / Kavel	Diepte (m onder wateroppervlak)
Wrakken			
231	S-192, Duitse schnellboot type S-187-194, gezonken in 1944	Nabij PE II	24,7
234	S-boot of vliegtuigwrak; verspreide aluminium restanten	PE II	30,7
245	Duitse onderzeeër UB III-klasse-Fairy Bank, gezonken in 1917	PE III	15,9
250	SS Sint Annaland, Nederlands cargoschip, gezonken in 1940	PE II	26,1
257	S-87, Duitse schnellboot type S-62, gezonken in 1944	PE II	31,8
269	MV Birkenfels, Duits cargoschip gezonken in 1966	Nabij PE I	22,4
Objecten			
X137	Onbekende obstructie	PE I	36,4

Nummer	Naam / Beschrijving	Locatie / Kavel	Diepte (m onder wateroppervlak)
ZZB130	Onbekende obstructie	PE III	24,4



Figuur 5-59 – **Boven:** Overzicht van de geïdentificeerde wrakken en objecten in en nabij de PEZ, op basis van voorafgaand archeologisch onderzoek (naar van den Brenk et al., 2021). 100-jarige scheepswrakken worden weergegeven met hun benaming, wrakken die bovendien individuele beschermingsmaatregelen genieten, zijn bijkomend aangeduid met een asterisk. **Onder:** Overzicht van de geïdentificeerde wrakken in de PEZ op basis van geofysisch (multibeam echosounder en side scan sonar) vooronderzoek door GEOxyz/Gtec (2023).

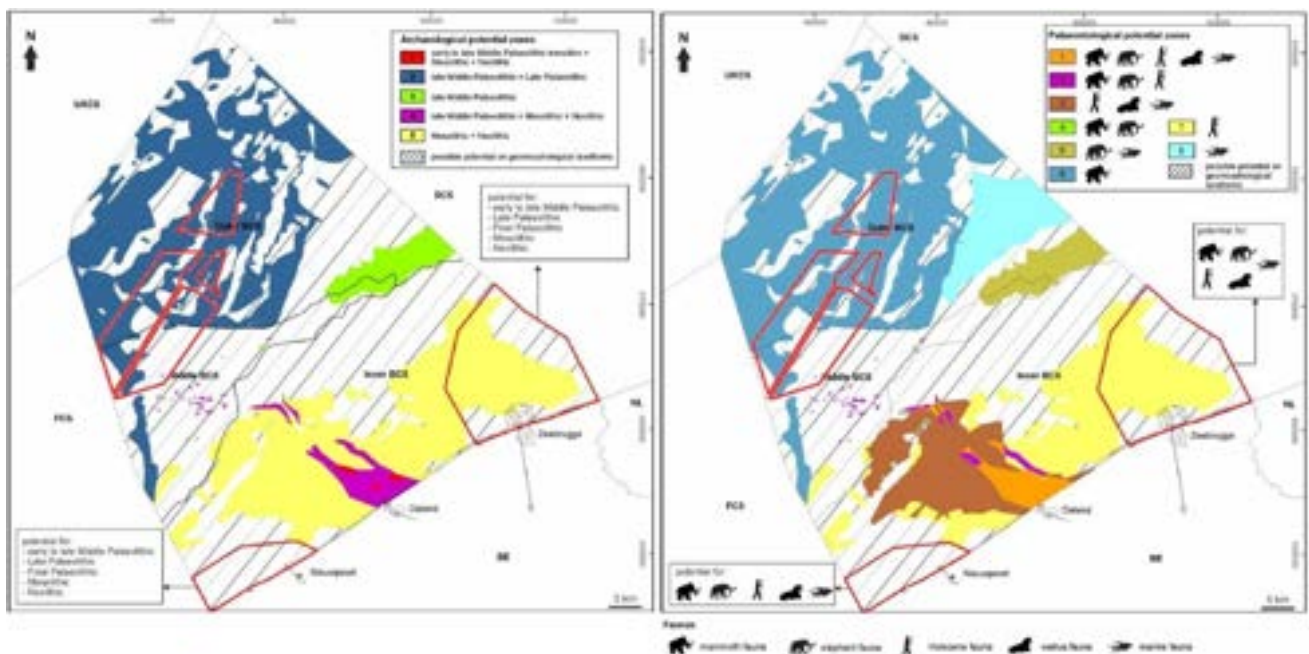
Naast scheeps- en andere wrakken, worden in voorliggend MER ook de eventuele impacten op **paleolandschappen** en resten besproken. Binnen het studiegebied PEZ werden in voorbereidend onderzoek (van den Brenk et al., 2021) resten van prehistorische landschappen, paleolithische en vroeg-mesolithische nederzettingen en inhumaties (graflegging) geobserveerd. De paleolandschappelijke context van het studiegebied wordt gevormd door overblijfselen van valleistrukturen gevormd in het Midden-Pleistoceen (zie Figuur 5-60). De PEZ bevindt zich daarbij deels op het 'middle' en op het 'offshore' platform (aangeduid met MP en OP op Figuur 5-60). Deze worden onderling gescheiden door de 'offshore scarp' (OS op Figuur 5-60), die hoogst waarschijnlijk een restant is van de valleiflank van de vroegere rivierinsnijding van de Maas (De Clercq, 2018; van den Brenk et al., 2021). Nabij de Franse grens bevindt zich de Fairy vallei (FV op Figuur 5-60).



Figuur 5-60 – Overzichtskaart van het Top-Paleogeen oppervlak van het Belgisch Continentaal Plat (naar De Clercq, 2018), met aanduiding van de belangrijkste valleien en andere restanten, en in rood het PEZ studiegebied. In de achtergrond een bathymetrische kaart (in m LAT).

Er zijn in het gebied sedimenten te vinden met mogelijk Laat-Midpaleolithische tot Laat-Paleolithische (ca. 120.000 – 12.000 jaar geleden) archeologische resten (zie Figuur 5-61 linker paneel), die bedekt zijn tot op een beperkte diepte (5 – 20 m) of aan het bodemoppervlak liggen. Door het erosieve karakter van het Belgisch Continentaal Plat doorheen de Pleistocene ijstijden (vb. Saale- en Weichsel-ijstijd), zijn vroegere vondsten zeldzaam maar niet uit te sluiten (De Clercq, 2018). Het zal dan hoogstwaarschijnlijk gaan om herwerkte prehistorische overblijfselen uit Weichseliaanse rivierafzettingen van zand, grind en stijf kleiachtig zand die op een erosie-Paleogeen oppervlak rusten.

Binnen het studiegebied PEZ werden tot dusver geen vondsten van **terrestrisch landschapsmateriaal** gerapporteerd. Ondanks de fragmentarische aard van de Weichseliaanse afzettingen, zijn goed bewaard gebleven in situ vondsten niet uit te sluiten. Ter hoogte van de PEZ kunnen volgens de paleontologische potentieelkaart van De Clercq (2018) mogelijk mammoetresten worden teruggevonden (Figuur 5-61 rechter paneel). Zo werd ter hoogte van de Westhinder zandbank eerder een mammoetschedel bovengehaald, waarschijnlijk afkomstig uit het (mid- tot laat-) Weichseliaan (De Clercq, 2018).



Figuur 5-61 – Links: archeologische potentieelkaart van De Clercq (2018) voor het BNZ, met aanduiding van de PEZ (rode contour). **Rechts:** paleontologische potentieelkaart van De Clercq (2018) voor het BNZ, eveneens met aanduiding van de PEZ (rode contour).

5.5.2.3 Autonome ontwikkeling

Ter hoogte van de PEZ zijn er weinig tot geen ontwikkelingen die een wijziging in het zeelandschap zullen aanbrengen, behalve de toekomstige bouw van het MOG2 eiland, waarvoor netwerkbeheerder Elia een milieuvergunningsaanvraag heeft ingediend begin 2023. Verder is het BNZ een zeer drukbezette ruimte met uiteenlopende activiteiten zoals visserij, scheepvaart, zandwinning, windparken, en toerisme en recreatie. Ter hoogte van de PEZ zijn met name commerciële scheepvaart, visserij en zandwinning activiteiten aanwezig, welke een groot aantal scheepsbewegingen in de nabije omgeving met zich meebrengen. Naast de mogelijke bouw van het MOG2 eiland van Elia, kan het zeezicht dus mogelijk

gewijzigd worden door verdere ontwikkelingen in de scheepvaartsector, samen met de groei van de havens en de vraag naar grotere schepen.

Naar cultureel erfgoed zijn er momenteel geen autonome ontwikkelingen gepland welke het cultureel erfgoed zouden kunnen wijzigen.

5.5.3 Effecten

5.5.3.1 Effecten op zeezicht

Constructiefase

De bouw en installatie van de windparken (inclusief parkbekabeling) in de kavels van de PEZ wordt voorzien op een totale doorlooptijd van ca. 2 tot 3 jaar, te starten met ontwikkeling van kavel PE I (operationeel tegen 2029) en gevolgd door simultane ontwikkeling van kavels PE II en PE III (operationeel tegen 2030). Hierbij is het niet ondenkbaar dat er (deels) simultane uitvoering van de offshore werkzaamheden in de drie kavels is voorzien.

Tijdens de constructiefase zullen vooral het aan- en afvaren van de verschillende constructieschepen en andere vaartuigen aanleiding geven tot een tijdelijke en lokale verstoring van het zeezicht ter hoogte van de havens (in voorliggend MER wordt uitgegaan van de haven Oostende als voornaamste uitvalsbasis; zie eerder). Naargelang de weersomstandigheden welke een impact hebben op de logistieke en technische mogelijkheid om bepaalde werkzaamheden uit te voeren, en de opgelegde voorwaarden in de milieuvergunning, zullen de constructieactiviteiten (aanvoer + installatie funderingen, turbines, erosiebescherming, en kabels) doorheen het volledige jaar zo optimaal mogelijk worden ingepland. De werkzaamheden zullen bijgevolg naar alle waarschijnlijkheid eveneens plaatsvinden tijdens het toeristische hoogseizoen.

De constructiefase zal leiden tot een verhoging van het aantal scheepsbewegingen tussen havens en de PEZ met een verstoring van het zeezicht tot gevolg. Deze zullen echter plaatsvinden tegen een achtergrond van reeds grotere bedrijvigheid van recreatieve vaart tijdens de zomermaanden in en rond (jacht)havens en langs de kustlijn. Ook is het aantal schepen dat gebruikt zal worden tijdens de constructie van de windparken in de PEZ beperkt, in vergelijking met het grote aantal scheepsbewegingen dat hoe dan ook van en naar de Vlaamse havens beweegt. In 2020 bezochten ca. 30.000 schepen (exclusief recreatieve vaart) één van de Vlaamse zeehavens, goed voor ca. 300.000 scheepsbewegingen voor datzelfde jaar (Maes et al., 2022). Het aantal scheepsbewegingen van en naar de PEZ binnen voorliggend MER werd bepaald op basis van aannames die vermeld staan in § 4.3.4, en een overzichtstabel is te vinden onder § 4.3.4.8 voor de afzonderlijke kavels en beide scenario's (Tabel 4-9). Het aantal scheepsbewegingen wordt in totaal op ca. 2.600 – 3.100 geraamd, voor de volledige PEZ, en voor de drie fasen (constructie, exploitatie, ontmanteling) (zie Tabel 4-9). Indien enkel naar constructiefase gekeken wordt (waarbij het aantal scheepsbewegingen geïntensifieerd zal zijn t.a.v. de referentiesituatie), gaat het om ca. 940 – 1.200 bewegingen voor de drie kavels samen. Opgesplitst per jaar, gaat het binnen voorliggend MER voor de constructiefase om grootteorde 300 – 400 bewegingen extra in en rond de havens, die zichtbaar zijn vanaf de kust (of m.a.w. een toename van ca. 1 % bewegingen per jaar). Per afzonderlijk kavel zal het dus

om ca. 100 – 150 bewegingen gaan per jaar, voor de constructiefase. Afhankelijk van de keuze voor MP, JF en/of GBF funderingen zit hier een klein verschil in aantal bewegingen, veelal te wijten aan eventuele voorbereidende werken die nodig zijn. Het aantal scheepsbewegingen is steeds het laagst voor een scenario met 100 % JF, gevolgd door een combinatie van 90 % JF + 10 % GBF, en ten slotte 100 % MP. Binnen scenario 1, waar uitgegaan wordt van het hoogste aantal WTG's (zie eerder), ligt het aantal scheepsbewegingen iets hoger dan in scenario 2. In realiteit zullen de scheepsbewegingen ook verspreid doorheen de totale constructiefase (2027 – 2030) plaatsvinden, en zullen meerdere schepen en verschillende activiteiten gelijktijdig plaatsvinden waardoor het effect van deze schepen en scheepsbewegingen als gering negatief (0/-) wordt beschouwd, voor de drie afzonderlijke PEZ kavels. Er wordt aangenomen dat de scheepsbewegingen grotendeels via de bestaande scheepvaartroutes van en naar de PEZ zullen verlopen.

Naast de effecten van toegenomen scheepsverkeer, speelt ook het aspect van zichtbaarheid van het projectgebied vanop het land een rol binnen de discipline zeezicht. De belangrijkste parameters van de te plaatsen turbines die deze zichtbaarheid bepalen, zijn de tiphoogte, het aantal en de afstand tot de kust. De mogelijke funderingen (MP, JF, GBF) en de dikte van de palen hebben geen significant effect op de zichtbaarheid (Pondera Consult, 2020). Daarnaast spelen ook de theoretische zichtbaarheid (bepaald door de kromming van de aarde, en de visus van het menselijk oog) en de meteorologische zichtbaarheid een rol. Omwille van de afstand van de PEZ tot de kust (35 – 55 km) en de meteorologische omstandigheden in het BNZ, zal het merendeel van de constructieactiviteiten (aanleg funderingen, erosiebescherming, transitiestukken, kabels) in het projectgebied zelf nagenoeg niet zichtbaar zijn vanuit de kust. Pas van zodra de eigenlijke mast en WTG geïnstalleerd worden, zal de zichtbaarheid vanuit de kust toenemen. Een eerdere studie toonde aan dat het zicht van een offshore windpark jaarlijks in maar 10 % van de tijd meer dan 20 km en slechts 1 % van de tijd meer dan 30 km bedroeg (Grontmij, 2008). Het betrof echter turbines met kleinere dimensies dan vooropgesteld in voorliggend MER. Een zichtbaarheidsanalyse uitgevoerd in 2018 voor de windparken in Hollandse Kust Noord (Pondera Consult, 2018), weliswaar in Nederlandse context maar ook binnen de Noordzee, geeft percentages van 20 % van de tijd meer dan 20 km en 6 % van de tijd meer dan 30 km (enkel KNMI station Ijmuiden beschouwd) voor dimensies van max. 251 m tiphoogte (10 MW turbines). Nog in Nederland, in het MER voor Hollandse Kust West (Pondera Consult, 2020) worden turbines tot 304 m tiphoogte (16 MW turbines) beschouwd, en wordt voor een afstand van ca. 49 km uit de kust gesteld dat de turbines in maximaal 1 % van de tijd (tijdens de zomerperiode mei – oktober) zichtbaar zullen zijn.

Voor de drie PEZ kavels worden turbines van 12/13 MW (scenario 1; masthoogte = 135m; maximale tiphoogte = 245 m) en 22 MW (scenario 2; masthoogte = 200 m; maximale tiphoogte = 350 m) als typevoorbeelden beschouwd. Zeker in scenario 1 en voor kavel PE II welke het dichtst bij de kust gelegen is van de drie, kan daarom verwacht worden dat de percentages naar zichtbaarheid in dezelfde grootteorde zullen liggen als deze beschouwd in de analyses voor Hollandse Kust Noord (Pondera Consult, 2018), en dus maximaal 6 % van de tijd zichtbaar zullen zijn. Voor kavel PE III, welke ten noorden van kavel PE II gelegen is, geldt bovendien dat de zichtbaarheid van de werkzaamheden zal beperkt worden door de aanwezigheid van het windpark in opbouw in kavel PE II. Samenvattend worden er vrijwel geen effecten (0) op zeezicht vanuit de kust verwacht van de offshore constructieactiviteiten voor scenario 1, en voor de drie PEZ kavels. In scenario 2 zal het percentage naar zichtbaarheid weliswaar hoger liggen dan hetgeen in vergelijkbare studies werd vooropgesteld,

omwille van de grotere dimensies van turbines, maar zal dit nog steeds minder dan 10 % bedragen. Ook hier wordt er vrijwel geen effect (0) op zeezicht vanuit de kust van de offshore constructieactiviteiten verwacht.

Voor beide scenario's geldt dat de voorbereidende activiteiten op het land (zoals onder andere de premontage van turbines en andere onderdelen van het windpark) in een nabijgelegen haven, lokaal wel een tijdelijke visuele impact hebben maar onderdeel vormen van een normale havenactiviteit. De aanwezigheid van het materieel en de werken op zich kunnen ook tijdelijk als een toeristische activiteit worden beschouwd, indien toegankelijk/zichtbaar vanop een openbare plaats. In zijn geheel wordt deze activiteit aan landzijde visueel als neutraal (0) beschouwd vanwege het tijdelijke karakter en de context binnen de normale havenactiviteiten.

Operationele fase

Binnen voorliggend MER wordt een exploitatiefase van minimaal 20 jaar (cf. milieuvergunning) beoogd. Gezien de afzonderlijke kavels niet gelijktijdig zullen gebouwd worden (start met kavel PE I, gevolgd door PE II en PE III; zie eerder), zal er overlap tussen constructie- en operationele fase zijn gedurende ongeveer 2 jaar. Ook voor deze fase werd een inschatting van het aantal scheepsbewegingen gemaakt (zie § 4.3.4) bepaald op basis van aannames die vermeld staan in § 3.5.4.7. Ongeacht het scenario en type fundering gaat het hier om ca. 255 scheepsbewegingen per jaar en per kavel (= aantal keer van en naar haven) – dus ca. 765 scheepsbewegingen per jaar extra voor de hele PEZ, weliswaar uitgevoerd door een kleiner aantal ingezette vaartuigen. Dit aantal scheepsbewegingen per kavel is qua grootteorde vergelijkbaar met het aantal nodig voor de constructie van de drie PEZ windparken. De scheepsbewegingen zullen gespreid doorheen het hele jaar plaatsvinden. Er wordt bijgevolg analoog als tijdens de constructiefase een gering negatief effect van toegenomen scheepsbewegingen (0/-) op zeezicht verwacht voor de drie kavels in de PEZ tijdens de operationele fase.

Wat betreft de zichtbaarheid van de windparken vanop de kuststrook, wordt er verwezen naar berekeningen in het MER Hollandse Kust West Kavel VII (Pondera Consult, 2020) voor turbines met een maximale tiphoogte van 304 m. Daar werd aangetoond dat een windturbine met deze dimensies pas op een afstand van ongeveer 67 kilometer uit de kust geheel aan het zicht onttrokken wordt ('kimduikingseffect') bij een ooghoogte van 1,60 meter (strandbezoeker). Wanneer met dezelfde formule wordt gerekend voor de scenario's in voorliggend MER, zullen de windturbines in scenario 1 (tiphoogte 245 m) zichtbaar zijn vanaf de kust tot op een afstand van 60 km, en de turbines in scenario 2 (tiphoogte 350 m) tot op een afstand van meer dan 70 km bij ideale omstandigheden. Hierdoor zullen zowel in scenario 1 als 2, als voor de drie PEZ kavels, de turbines door kimduiking niet volledig aan het zicht vanop de kust worden onttrokken. Echter, de meteorologische zichtbaarheid vormt hierin een sterk beperkende factor (zie ook eerder, onder constructiefase). Zo werd aangetoond in zichtbaarheidsanalyses in het Nederlandse windenergiegebied Hollandse Kust Noord (Pondera Consult, 2018) dat objecten op een afstand van ca. 49 km tijdens de zomerperiode ongeveer 1 % van de tijd zichtbaar zijn, oftewel een gemiddelde van 1 dag tijdens de periode mei – oktober. Weliswaar ligt de meest zuidelijke rand van de drie kavels binnen voorliggend MER op een afstand die minder bedraagt dan deze 49 km, waardoor er kan aangenomen worden dat de PEZ windparken tijdens de zomerperiode meer dan 1 % van de tijd zichtbaar zullen zijn. De zichtbaarheid van het windpark in PEZ III wordt door zijn noordelijke ligging t.a.v. kavel PE II weliswaar gereduceerd in vergelijking met de andere kavels.

In de Milieueffectbeoordeling van het Mermaid windpark in de Oostelijke energiezone (BMM, 2015) wordt een kantelpunt voor aanvaardbaarheid van 20 km uit de kust gehanteerd, weliswaar voor turbines van maximaal 10 MW individueel vermogen. Indien er wordt uitgegaan van de steeds grotere dimensies van afzonderlijke turbines (hier 12 – 22 MW), kan aangenomen worden dat dit kantelpunt naar aanvaardbaarheid verder zal komen te liggen. Gezien de ligging van de PEZ op ca. 35 – 55 km, en in navolging van de extrapolaties hierboven, wordt het effect op zichtbaarheid vanuit de kust als gering negatief (0/-) ingeschat, voor beide scenario's en voor de drie kavels (hoewel kan aangenomen worden dat het windpark in kavel PE III deels aan het zicht onttrokken zal zijn door de aanwezigheid van het windpark in kavel PE II).

Gezien de ligging van de PEZ tussen meerdere belangrijke scheepvaartroutes, zal er een algemeen Signalisatie en Bebakeningsplan voor de gehele zone (drie kavels, inclusief MOG2 energie-eiland) dienen te worden uitgewerkt in nauw overleg met de bevoegde instanties en volgens de internationale voorschriften (zie ook § 3.4.1.3). Deze signalisatie en bebakening is noodzakelijk in functie van de veiligheid voor scheep- en luchtvaart. Zulke verlichting, wanneer geplaatst op de gondel van windturbines op ca. 100 m hoogte, kan door een waarnemer op 10 m hoogte, waargenomen worden tot meer dan 54 km afstand bij heldere omstandigheden (Arcadis, 2008). Gezien de dimensies van turbines binnen voorliggend MER hoger uitvallen (masthoogte 135 – 200 m), zullen ook de lichten binnen de grenzen van het zichtbare vallen (uiteraard in functie van de weersomstandigheden). Bijgevolg wordt het effect van verlichting op het zeezicht als gering negatief beschouwd (0/-) voor beide scenario's en de drie kavels.

Ontmantelingsfase

De effecten op het zeezicht zullen tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig zijn aan diegene tijdens de constructiefase. Binnen voorliggend MER wordt aangenomen dat volledige ontmanteling van zowel WTG, funderingen, erosiebescherming als kabels zal plaatsvinden voor de drie kavels. Het aantal scheepsbewegingen is hierbij maximaal gelijkaardig aan het aantal tijdens constructiefase (zie eerder), wat uitkomt op ca. 300 – 400 bewegingen per jaar tijdens de ontmantelingsfase (indien eenzelfde duurtijd voor ontmanteling van ca. 3 jaar wordt aangehouden). Het effect van deze bijkomende schepen en scheepsbewegingen wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld ten opzichte van het bestaand verkeersbeeld, voor beide scenario's en voor de drie kavels.

Wat betreft de zichtbaarheid van de werkzaamheden vanuit de kust, wordt uitgegaan van het gegeven dat de turbines als eerste worden ontmanteld, waardoor de hoogste punten in de windparken als eerste zullen verdwijnen. De overige werkzaamheden zullen niet zichtbaar zijn vanuit de kust. Daarom wordt het effect van ontmanteling binnen de PEZ kavels op de zichtbaarheid vanuit de kust als nagenoeg onbestaande (0) beoordeeld voor beide scenario's en voor de drie kavels.

Besluitvorming en beoordeling van effecten op zeezicht

Onderstaande Tabel 5-34 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op het zeezicht. Deze beoordelingen gelden ongeacht het type fundering dat gekozen wordt, en zijn grotendeels gelijkaardig voor beide scenario's in voorliggend MER. De beoordelingen voor zichtbaarheid vanuit de kust gaan uit van een worst-case

beoordeling, waarbij het punt het dichtst bij de kust gelegen (ca. 35 km) als uitgangspunt is genomen. De hierboven omschreven effecten op de zichtbaarheid nemen echter exponentieel af met de afstand, waardoor de zichtbaarheid van de windturbines van de verder gelegen locaties (zoals kavel PE III) binnen de PEZ in realiteit naar verwachting kleiner zal zijn. Niettemin wordt in onderstaande Tabel 5-34 uitgegaan van eenzelfde beoordeling voor de drie PEZ kavels.

Tabel 5-34 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op zeezicht. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op zeezicht	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Stijging havenactiviteiten (premontage, ed.)	0	0	0	0	0	0
Constructiewerkzaamheden projectgebied (vanaf kust)	0	0	0	0	0	0
Exploitatiefase						
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Zichtbaarheid vanaf de kust / bebakening	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ontmantelingsfase						
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Werkzaamheden tijdens ontmanteling (vanaf kust)	0	0	0	0	0	0

5.5.3.2 Effecten op maritiem cultureel erfgoed

Zoals beschreven in § 5.5.2.2 en weergegeven in Figuur 5-59 zijn er binnen en nabij de PEZ meerdere wrakken (waaronder mogelijks 1 vliegtuig) en 2 ongeïdentificeerde objecten gedetecteerd tijdens de voorbereidende archeologische desktopstudie en geofysische survey in het projectgebied (van den Brenk et al., 2021; GEOxyz/G-tec, 2023). Hiervan zijn er 5 gekende en 2 ongekende wrakken in de PEZ zelf gelegen (GEOxyz/G-tec, 2023). Bij het opstellen van de indicatieve configuraties van zowel turbines en kabels binnen voorliggend MER voor beide scenario's (zie Hoofdstuk 4.1) werd nog geen rekening gehouden met deze wrakken en objecten. Kandidaat-ontwikkelaar(s) zullen echter tijdens de offshore tenderfase en nadien, bij uitvoering van gedetailleerde micro-siting oefeningen naar turbine-inplanting en parkbekabeling, maximaal rekening kunnen houden met deze wrakken en objecten in de drie kavels op basis van deze studie.

Als er enkel naar objecten en wrakken binnen de kavels gekeken wordt, gaat het om 1 ongekend object in kavel PE I, 3 gekende wrakken en 1 ongekend wrak in kavel PE II, en ten slotte 1 wrak (bovendien > 100 jaar oud) en 1 ongekend object in kavel PE III.

Constructiefase

Bij de constructie van de windparken binnen de PEZ kavels, zullen de zandduinen eerst lokaal moeten genivelleerd worden, wat gezien de veelheid aan zandduinen in het projectgebied (zie Hoofdstuk 5.1) op ca. 87 % van de locaties nodig zal zijn. Dit zal een tijdelijke impact hebben op de zeebodem morfologie en de objecten die zich op of op geringe diepte

in de zeebodem bevinden. Ook voorafgaand aan het installeren van de parkbekabeling zal het nodig zijn om de zeebodem eerst te nivelleren (zie ook Externe bijlage 1 “Pluimmodellering”, Arcadis Nederland B.V., 2023). Moesten er tijdens de voorbereidende surveys en werkzaamheden (o.a. het prenivelleren zoals hierboven vermeld) eventuele objecten of wrakken ontdekt worden, zal hiermee bij de finale inplanting van de turbines en inter-arraykabels optimaal rekening worden gehouden (voor zo ver mogelijk).

Tijdens de constructie van funderingen, turbines, kabels, en aanleg van erosiebescherming wordt de zeebodem eveneens tijdelijk en lokaal verstoord, wat directe gevolgen kan hebben voor het aanwezige cultureel erfgoed. Om dit zo goed mogelijk in kaart te brengen werd er voorafgaand een archeologische desktopstudie (van den Brenk et al., 2021; zie § 5.5.2.2 voor de voornaamste bevindingen) en gedetailleerd geotechnisch/geofysisch onderzoek (GEOxyz/G-tec, 2023) uitgevoerd in de PEZ. Op die manier zullen kandidaat-ontwikkelaar(s) ten tijde van de offshore tender over de meest recente en lokale informatie beschikken, waardoor het onwaarschijnlijk wordt geacht dat nog belangwekkende erfgoedresten zullen aangetroffen worden tijdens de aanleg van de windparken en de parkbekabeling. Indien er op het moment van constructie toch vondsten plaatsvinden, zullen deze afgehandeld worden volgens het vooropgestelde protocol (wet van 23 april 2021).

Door de vastgelegde procedure betreffende de eventuele vondst en het preferentieel vermijden van wrakken en paleolandschappen worden er geen effecten (0) verwacht op het aanwezig cultureel erfgoed onder water, en dit voor beide scenario's en voor alle beschouwde funderingstypes of uitvoeringsalternatieven naar parkbekabeling. Ook vanuit de archeologische desktopstudie worden de aanwezige paleolandschappen niet als een belemmering gezien voor de activiteiten met betrekking tot de ontwikkeling van windparken in de drie kavels binnen de PEZ (van den Brenk et al., 2021).

Toegenomen sedimentatie tijdens en kort na afloop van de constructiewerken (prenivellering, funderingen, erosiebescherming, bekabeling) heeft als bijkomend effect dat sedimentatie toeneemt op sommige locaties (al dan niet tijdelijk; zie ook § 5.1.4.1), met potentieel gunstige effecten naar in situ bewaring van cultureel erfgoed en paleolandschappen. Een numerieke pluimmodellering in kader van voorliggend MER (Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023) heeft aangetoond dat met name ter hoogte van de tijdelijke stortlocaties die voorzien worden in kavels PE II en PE III en ter hoogte van het MOG2 eiland, een laag fijn sediment van meer dan 2,5 cm wordt afgezet tijdens de constructie van de windparken. Ook rondom de turbines zelf kan tot 1 cm fijn sediment accumuleren (zie ook § 5.1.4.2). Echter, omwille van de erosie onder invloed van stromingen ed., halveren deze lagen al binnen enkele weken. Het effect op in situ bewaring van erfgoed wordt bijgevolg als neutraal (0) beoordeeld.

Operationele fase

Op langere termijn, gedurende de levensduur van de windparken, kan de aanwezigheid van de turbines, hun funderingen en erosiebescherming mogelijke veranderingen in zeebodem morfologie teweeg brengen door hun invloed op het hydromorfologisch systeem (erosie- en sedimentatiepatronen, bodemtransport, etc.; zie § 5.1 voor een bespreking van de effecten op bodem en water). Op die manier kunnen eventueel ontstane erosieputten aanleiding geven tot

blootlegging van wrakken of andere objecten, waarna deze (indien van hout gemaakt) onderhevig zijn aan biologische verwerking door de paalworm (*Teredo navalis*) (van den Brenk et al., 2021). Ook paleolandschappen kunnen meer aan het zeebodemoppervlak terecht komen onder invloed van toenemende erosie, wat deze meer kwetsbaar maakt. Binnen voorliggend MER wordt er voor alle funderingstypes daarom een erosiebescherming voorzien, welke het ontstaan van erosiekuilen rond de fundering mee moet helpen voorkomen. Vanuit onderzoek in het kader van EDEN2000, werden er eveneens aanbevelingen geformuleerd naar type erosiebescherming (Arboleda et al., 2023), waarbij gepleit wordt voor een statische erosiebescherming bij MP funderingen, in plaats van een dynamische, om zoveel mogelijk het verplaatsen van grotere keien en stenen te vermijden (weliswaar vanuit een biologische insteek).

Anderzijds kan een toename in sedimentatie op bepaalde locaties binnen de PEZ kavels dan weer een voordeel zijn voor in situ bewaring van cultureel erfgoed onder water (zie ook hierboven, voor constructiefase). Resultaten van de numerieke pluimmodellering in kader van dit MER (Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023) hebben echter aangetoond dat deze sedimentatie een tijdelijk karakter heeft, waarbij de afgezette laagdiktes binnen enkele weken eroderen, zowel in het scenario van de funderingen, als in het scenario voor de parkbekabeling. Er wordt bijgevolg geen effect (0) van sedimentatie op in situ bewaring van erfgoed en paleolandschappen tijdens de exploitatiefase verwacht.

Samenvattend wordt binnen voorliggend MER uitgegaan van een eerder erosief karakter tijdens de operationele fase, waardoor het effect van gewijzigde hydromorfologische processen onder invloed van de windparken op cultureel erfgoed als gering negatief (0/-) wordt beoordeeld, voor beide scenario's en ongeacht het type fundering of het kavel.

Ontmantelingsfase

Tijdens de ontmantelingsfase wordt geen impact (0) verwacht op het aanwezige maritiem cultureel erfgoed (voor alle scenario's en de drie PEZ kavels).

Besluitvorming en beoordeling van effecten op maritiem cultureel erfgoed

Onderstaande Tabel 5-35 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op het maritiem cultureel erfgoed. Deze beoordelingen gelden ongeacht het kavel en het type fundering dat gekozen wordt, en zijn gelijkaardig voor beide scenario's in voorliggend MER. Gezien er binnen kavel PE I maar één ongekend object aangetroffen werd, kan de impact op in situ bescherming van wrakken in dat geval iets kleiner zijn (maar niet onbestaande), maar wordt uit een voorzorgsprincipe dezelfde beoordeling (gering negatief) aangehouden.

Tabel 5-35 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op het cultureel maritiem erfgoed. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op cultureel maritiem erfgoed	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
In situ bescherming van wrakken	0	0	0	0	0	0
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0	0	0	0	0

Effecten op cultureel maritiem erfgoed	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Exploitatiefase						
In situ bescherming van wrakken	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
In situ bescherming van wrakken	0	0	0	0	0	0
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0	0	0	0	0

5.5.4 Leemten in kennis

5.5.4.1 Zeezicht

Door de steeds groter wordende dimensies van offshore windturbines, wordt in voorliggend MER voor scenario 2 een typevoorbeeld van 22 MW aangehaald, met als maximale tiphoogte ca. 350 m (masthoogte ca. 200 m). De visuele impact (t.t.z. tot op welke afstand deze zichtbaar zijn voor schepen en andere gebruikers in en rondom de PEZ, alsook vanop de kust) van deze dimensies is nog niet 100 % gekend. Zoals weergegeven in sectie 5.5.3.1, wordt op basis van een extrapolatie van gekende dimensies en resultaten voor een 16 MW turbine (Pondera Consult, 2020) en de offshore ligging van de PEZ (35 – 55 km) geen noemenswaardige effecten verwacht naar zeezicht.

Er valt echter af te wachten welke types turbines beschikbaar zullen zijn op het moment dat kan gestart worden met de ontwikkeling van de kavels PE I, PE II en PE III. Voor kavel PE I, welke één jaar vroeger zal ontwikkeld worden, is het onwaarschijnlijk dat turbines van + 20 MW al beschikbaar zullen zijn waardoor de dimensies en impacten op zeezicht meer in lijn zullen liggen met grootteordes zoals in de meest recente studies (o.a., voor Hollandse Kust; Pondera Consult, 2020). Voor kavels PE II en PE III worden grotere dimensies van turbines aannemelijker, waardoor vooral voor die kavels een grotere impact op zeezicht kan geanticipeerd worden.

5.5.4.2 Maritiem cultureel erfgoed

Niet alle wrakken en grote objecten in het BNZ zijn gekend, dus het kan zijn dat er nog niet-geïdentificeerde objecten en wrakken binnen de PEZ aanwezig zijn. Voor de offshore tenderfase en installatie in de PEZ werd voorbereidend bodemonderzoek (bathymetrische peiling d.m.v. multibeam echosounding (MBES) en object detectie d.m.v. magnetometer en side-scan sonar) uitgevoerd in kader van de voorstudies in opdracht van de FOD Economie, om mogelijks nog ongekende wrakken en objecten te kunnen detecteren. Deze dienen bij moment van ontdekking op gepaste wijze gerapporteerd en geregistreerd te worden via de vooropgestelde kanalen. Voor zo ver mogelijk dienen deze objecten vermeden te worden bij de werkzaamheden in kader van voorliggend MER. Op het moment van opmaak van voorliggend MER is deze voorbereidende geofysische studie in de PEZ net afgerond (GEOxyz/G-tec, 2023), op basis waarvan de archeologische desktopstudie van van den Brenk et al. (2021) zal geüpdatet worden.

5.5.5 Milderende maatregelen

5.5.5.1 Zeezicht

Er worden geen milderende maatregelen, anders dan het opstellen van een gedegen signalisatie- en bebakeningsplan, vooropgesteld in voorliggend MER. De impact van de turbines en bekabeling op het zeezicht vanuit de kust is immers verwaarloosbaar. Wat betreft de (tijdelijke) intensifiëring van het scheepvaartverkeer van en naar de havens, gaan deze op in het drukke scheepvaartverkeer in het BNZ en worden geen bijkomende milderende maatregelen voorgesteld.

5.5.5.2 Maritiem cultureel erfgoed

Tijdens de constructie van turbines en bekabeling in de drie PEZ kavels is het belangrijk om objecten met archeologisch potentieel maximaal te vermijden. Kandidaat-ontwikkelaars zullen kunnen beschikken over de resultaten van archeologische (van den Brenk et al., 2021) en geofysisch/geotechnische voorstudies in het projectgebied (GEOxyz/G-tec, 2023) om zo goed mogelijk hun design aan te passen aan gekende (en mogelijks ongekende) objecten en zones met groot archeologisch potentieel. De gekende aanwezige wrakken dienen maximaal vermeden te worden (zie eerder), en wanneer ter hoogte van de projectzone tijdens de uitvoering van werkzaamheden een bijkomend wrak of andere archeologische vondst wordt gedaan, zullen de bevoegde autoriteiten worden ingelicht alvorens over te gaan tot eventuele verwijdering (indien vermijding niet mogelijk blijkt). Een protocol voor melding van vondsten is vastgelegd in de wet betreffende bescherming van het cultureel erfgoed onder water (wet van 23 april 2021).

Bij het aanleggen van de erosiebescherming rondom de verschillende types fundering, zal maximaal rekening gehouden worden met de lokale fysische condities en bodemgesteldheid, waardoor deze erosiebescherming zo zal aangebracht worden dat deze het ontstaan van erosieputten zo optimaal mogelijk verhindert. Hetzelfde geldt voor de erosiebescherming ter hoogte van kruisingen van parkkabels met andere kabels in de PEZ kavels.

5.5.6 Monitoring

Monitoring is niet van toepassing voor de disciplines zeezicht en maritiem cultureel erfgoed, gezien er geen significante effecten worden verwacht. De resultaten van het geofysisch en geotechnisch vooronderzoek in de PEZ welke nog lopende zijn, zullen bijkomend bijdragen aan een inventarisering van het nog potentieel aanwezige erfgoed in het projectgebied. Kandidaat-ontwikkelaar(s) zullen deze voorafgaand aan de eigenlijke offshore tenderfase ter beschikking hebben.

5.6 INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN

5.6.1 Methodologie

Het Belgische deel van de Noordzee (BNZ) biedt een thuis aan een veelvoud menselijke (vooral economische) activiteiten. Verschillende van deze activiteiten vinden plaats in een daarvoor specifiek bepaalde of afgebakende zone, zoals visserij, maricultuur, militaire activiteiten, scheepvaart, windenergie, corridors voor kabels en pijpleidingen, zand- en grindwinning, baggeren en storten van baggerspecie, toerisme en recreatie, en wetenschappelijk onderzoek. Een socio-economische analyse van het BNZ werd geactualiseerd in 2018 (Belgische Staat, 2018a) en een algemeen overzicht van de verschillende zones en gebruikers in het BNZ is beschikbaar in het marien ruimtelijk plan 2020-2026.

Ter hoogte van de projectlocatie (PE I, PE II en PE III) is overlap met één of meerdere andere gebruikers mogelijk, alsook tijdens de gekoppelde scheepsbewegingen en de tijdelijke stockage van gebaggerd materiaal tijdens de ontwikkeling van PEZ. De locatie voor deze tijdelijke stockage werd vooralsnog niet vastgelegd en zal tijdens uitvoering van de werkzaamheden moeten afgestemd worden met de BMM (zie ook § 5.1.4.1). In de numerieke pluimmodellering werden weliswaar twee tijdelijke stortplaatsen voor modellering van de impact van het storten van fijne sedimenten aangeduid, welke zich centraal binnen kavel PE II en PE III bevinden (waarbij de grindbedden expliciet worden vermeden; Externe Bijlage 1, Arcadis Nederland B.V., 2023; zie ook Figuur 5-16). De (socio-economische) impact van het project op andere menselijke activiteiten wordt in eerste instantie beschreven a.d.h.v. een geografische eventuele overlap of nabijheid met deze activiteiten. Om meer duidelijkheid te scheppen in welke activiteiten waar zijn toegelaten binnen het BNZ en in welke gebieden een multifunctioneel karakter van toepassing is of kan zijn, werden deze activiteiten vastgelegd in het Marien Ruimtelijk Plan (MRP KB 22/05/2019; Belgische Staat, 2018d).

Het MRP 2020-2026 vormt het referentiekader waaraan de verschillende interacties met andere menselijke activiteiten binnen dit project zullen getoetst worden. Tegen dat zal gestart worden met de constructieactiviteiten in de drie PEZ kavels, zal echter een nieuw MRP van kracht zijn voor de periode 2026 – 2034, waarvan de invulling nog niet gekend is op het moment van schrijven van voorliggend MER. Binnen dit MRP wordt de PEZ gereserveerd en afgebakend als de tweede zone binnen het BNZ waarbinnen de productie, opslag en transmissie van hernieuwbare energie kan plaatsvinden en waarrond een bijkomende veiligheidszone van 500 m werd ingesteld. Een eerste zone, de zogenaamde Oostelijke zone voor hernieuwbare energie, is reeds volledig operationeel. Binnen het KB 22/05/2019 (MRP 2020-2026) werd binnen de PEZ een concrete invulling gegeven aan de beleidsdoelstellingen inzake de ontwikkeling van groene energie en werd bepaald dat deze activiteit voorrang geniet op eventuele andere activiteiten die binnen deze zone zouden kunnen plaatsvinden. In voorliggend MER wordt enkel offshore windenergie binnen de PEZ beoordeeld; andere vormen van hernieuwbare energie alsook mogelijke vormen van multi-use binnen de PEZ worden hier niet beschouwd.

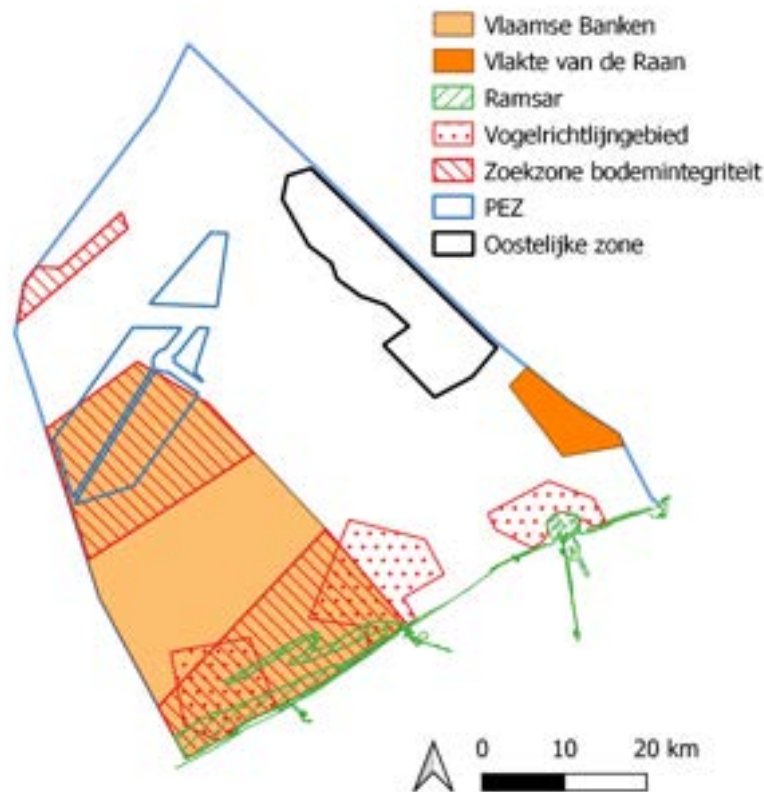
5.6.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

5.6.2.1 Visserij

Belgische deel van de Noordzee

De grenzen van de Exclusief Economische Zone (EEZ) vallen samen met deze van het BNZ. Deze werden in onderling overleg met de buurlanden vastgelegd en worden bevestigd door de Belgische wetgeving. Binnen de territoriale wateren (12 NM zone) wordt visserij exclusief voorbehouden aan de Belgische vissers, al zijn Franse en Nederlandse vaartuigen onder bepaalde voorwaarden eveneens toegelaten (Polet et al., 2022). Nationale wetgeving in deze zone (12 NM) bepaalt dat hier geen boomkorvisserij met een motorvermogen boven de 221 kW mag plaatsvinden en dat in de 3 NM-zone enkel vissersschepen met een brutotonnage (BT) tot 70 BT zijn toegelaten (Polet et al., 2022). Alle bodemberoerende visserijactiviteiten zijn verboden ter hoogte van de historische munitiestortplaats Paardenmarkt (Maes et al., 2000). Verder worden in deze territoriale wateren bepaalde visserijactiviteiten standaard uitgesloten rondom enkele scheepswrakken en wordt alle reguliere scheepvaart (incl. visserij) uitgesloten in een veiligheidszone rondom de zeeboerderij in CIA-zone C (KB 22/05/2019, MRP 2020-2026).

Binnen de verder gelegen EEZ zijn vooral Belgische, Nederlandse, Britse en Franse vissersvaartuigen actief, terwijl de Belgische vissersvloot ook actief is in heel wat andere Europese wateren (o.a. de Zuidelijke en Centrale Noordzee, de Keltische Zee, het Engelse kanaal, de Ierse Zee en de Golf van Biskaje; Polet et al., 2022). Naast een multilaterale overeenkomst tussen België en enkele andere EU-staten, hebben de Belgische vissersvaartuigen ook toegang gekregen tot de Noorse wateren (mits een beperkt quota) en de Britse wateren (al worden vangstmogelijkheden op middellange termijn hier beperkt door Brexit; Van Bogaert et al., 2021). Verder wordt binnen het BNZ naar aanleiding van het KB 22/05/2019 (MRP 2020-2026) alle reguliere scheepvaart (dus ook visserij) uitgesloten in de Belgische windparken en hun veiligheidszone van 500 m rondom, en worden potentiële beperkingen voor bodemberoerende activiteiten onderzocht voor drie zoekzones i.k.v. herstel en behoud van bodemintegriteit en voor het volledige natuurgebied van de Vlaamse Banken (Figuur 5-62).



Figuur 5-62 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Natuurwaarden.

Visserijgronden

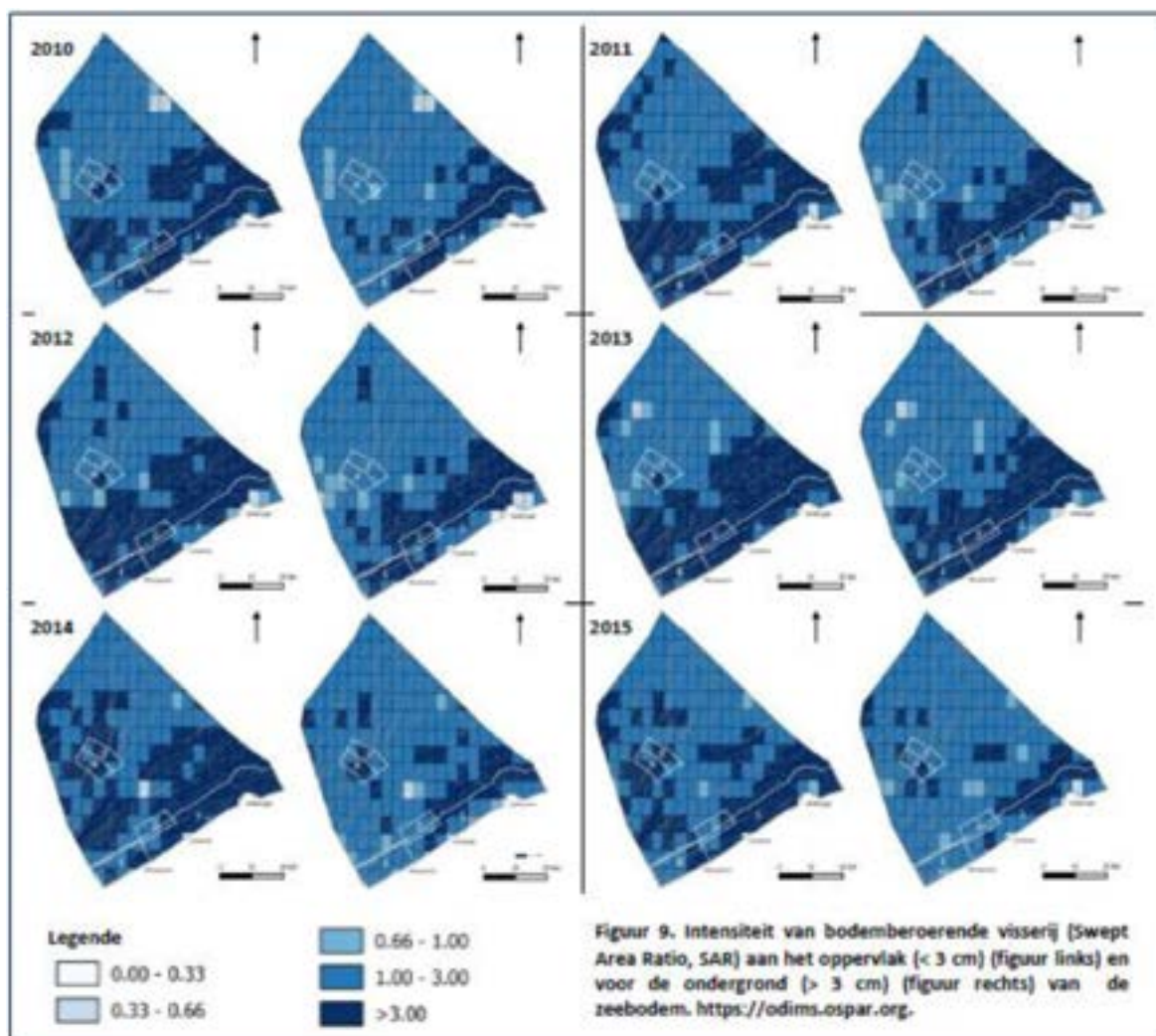
Volwassen exemplaren van de meest voorkomende vissoorten van belang voor de commerciële visserij in het BNZ, namelijk demersale soorten als schol (*Pleuronectes platessa*), schar (*Limanda limanda*), tong (*Solea solea*), kabeljauw (*Gadus morhua*), wijting (*Merlangius merlangus*) en pelagische soorten als haring (*Clupea harengus*), zijn niet duidelijk zone-gebonden en verplaatsen zich gedurende het hele jaar afhankelijk van hun paai- of voedingsgedrag. Het jonge visbestand is iets meer terrein-gebonden, maar een algemene verspreidingskaart voor deze soorten is over het algemeen weinigzeggend.

In 2020 bestond het grootste deel aangevoerde demersale vis door de Belgische vissersvloot in Belgische en Europese havens uit schol en tong, met een aanvoervolume van respectievelijk 3.684 en 2.712 ton (Vlaamse Overheid, 2022). De aanvoer van garnaal in 2020 daalde dusdanig dat deze uit de top 10 aangevoerde soorten verdween, een dalende trend die reeds in 2018 zichtbaar was. Aanvoer van inktvis en rog kenden daarentegen opnieuw een stijging ($\pm 12\%$), goed voor een derde en vierde plek in de top 10. Poon vervulde de top vijf met 730 ton in 2020, terwijl de vangst van kabeljauw terugviel tot de achtste plaats met 618 ton, een daling van 8 %.

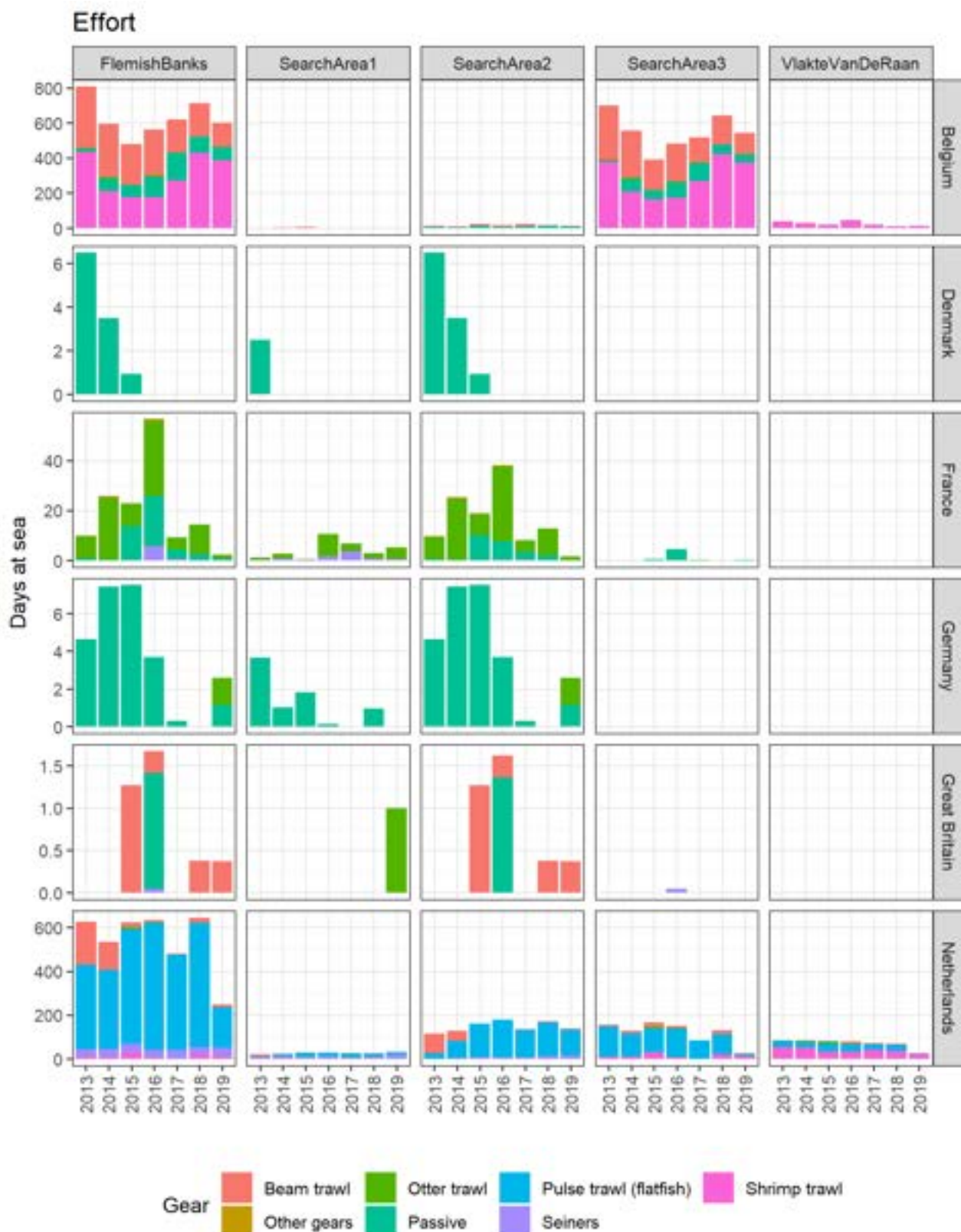
Het paaiseizoen en dus belangrijkste vangsteizoen voor tong in de Belgische wateren valt van maart tot mei en het grootste tongbestand wordt voornamelijk in de eerste 10 NM vanuit de kust aangetroffen. Schol heeft een paaiseizoen tussen december en februari en komt op dat moment voornamelijk in het zuidelijk deel van de Noordzee voor. In het algemeen

richt de visserij in het BNZ zich op het geulensysteem dat zich tussenin de zandbanken bevindt, behalve de garnaalvisserij. Deze laatste richt zich vooral op de zandbanken zelf en voornamelijk deze het dichtst gelegen bij de kustlijn.

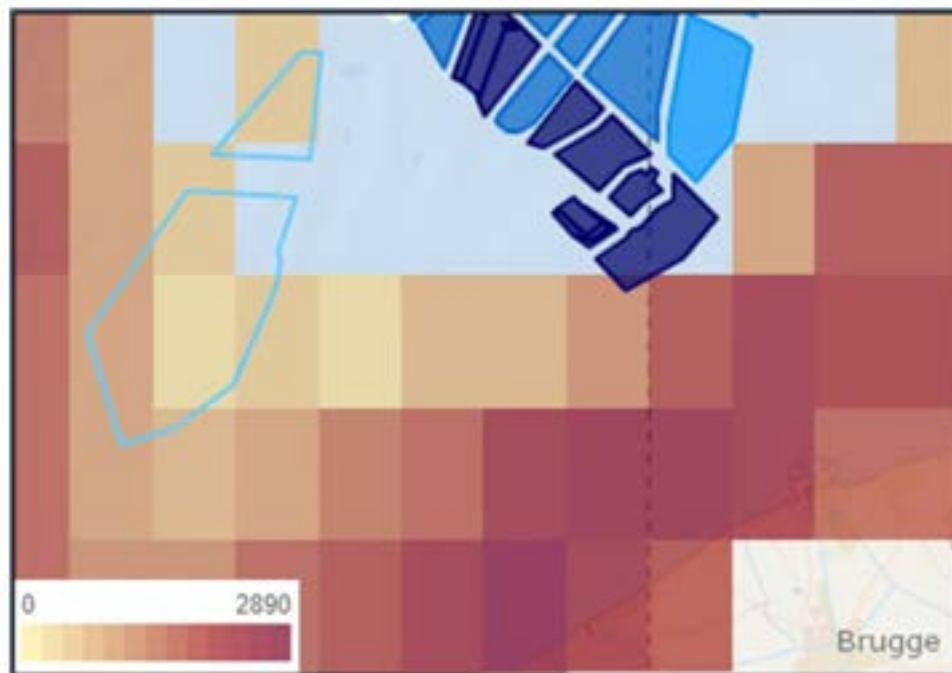
Het volledige BNZ is onderhevig aan bodemberoerende visserijtechnieken, waarbij de intensiteit vooral in de kustzone en de 'Vlaamse Banken' het hoogst is (Pecceu et al., 2021; Figuur 5-63 en Figuur 5-64). Het aantal visuren binnen de PEZ in 2020 bedroeg slechts $\pm 24u$, waardoor het van ondergeschikt belang is in vergelijking met de gebieden dicht bij de kustlijn ($> 2.500u$; Geofish, 2022; Figuur 5-65). Binnen de PEZ wordt mits de nodige randvoorwaarden (zie KB 22/05/2019; MRP 2020-2026) enkel duurzame aquacultuur en passieve visserij-activiteiten toegestaan, i.e. het vissen met statische vistuigen zoals viskooien. Binnen de Oostelijke energiezone laat het KB 22/05/2019 in dit opzicht enkel duurzame aquacultuur toe. Echter voor voorliggend MER wordt multi-use van de PEZ niet in beschouwing genomen.



Figuur 5-63 – Intensiteit bodemberoerende visserij aan het oppervlak (< 3 cm; links) en voor de ondergrond (> 3 cm; rechts) van de zeebodem (Kint et al., 2018).



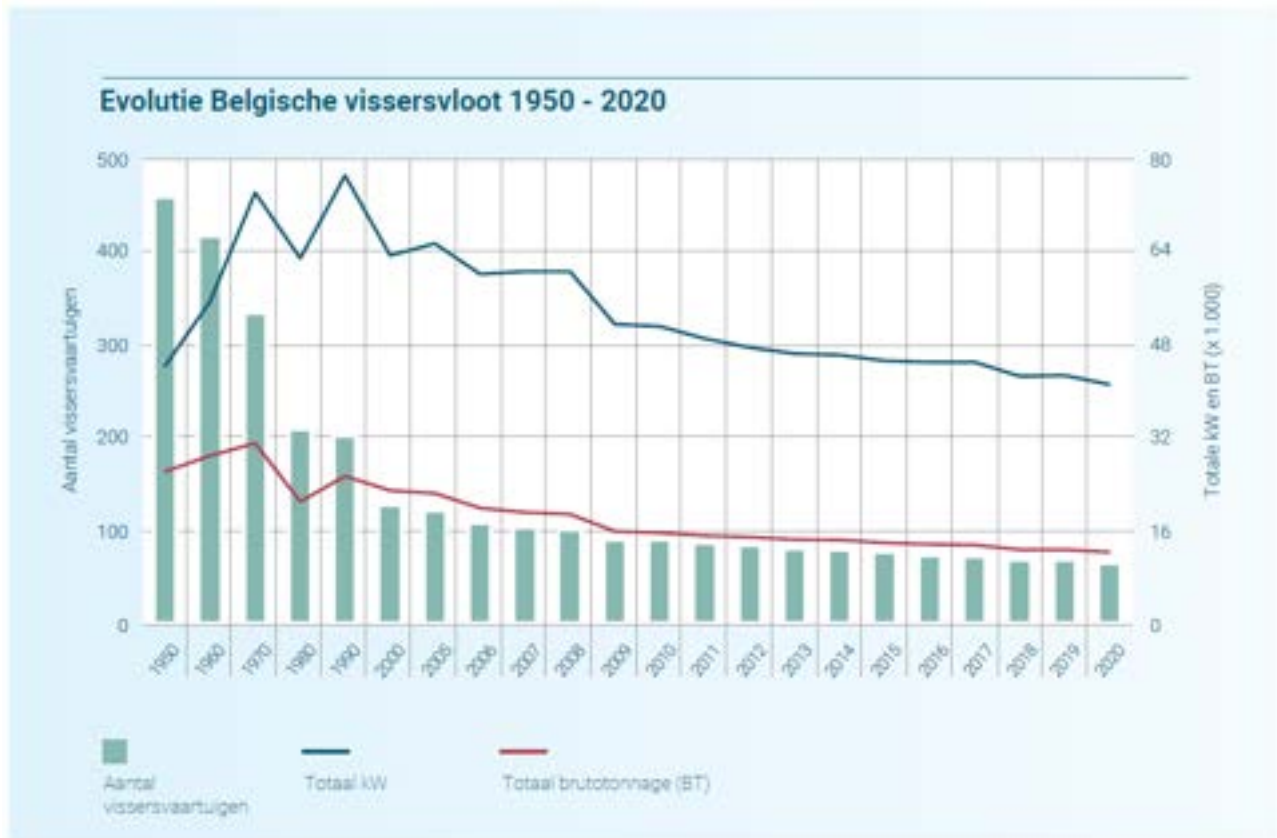
Figuur 5-64 – Overzicht van visserij-inspanning tussen 2013 en 2019 in verschillende zoekzones in het BNZ, waaronder de 'Vlaamse Banken' en de zoekzone 3 voor bodembeschermende maatregelen nabij de kust (en dus buiten het studiegebied PEZ), onderverdeeld per type en per Europese vloot (Pecceu et al., 2021).



Figuur 5-65 – Visserij-inspanning in 2020 door de Belgische vloot ter hoogte van de projectlocatie (PEZ) en het BNZ in visuren (Geofish, 2022).

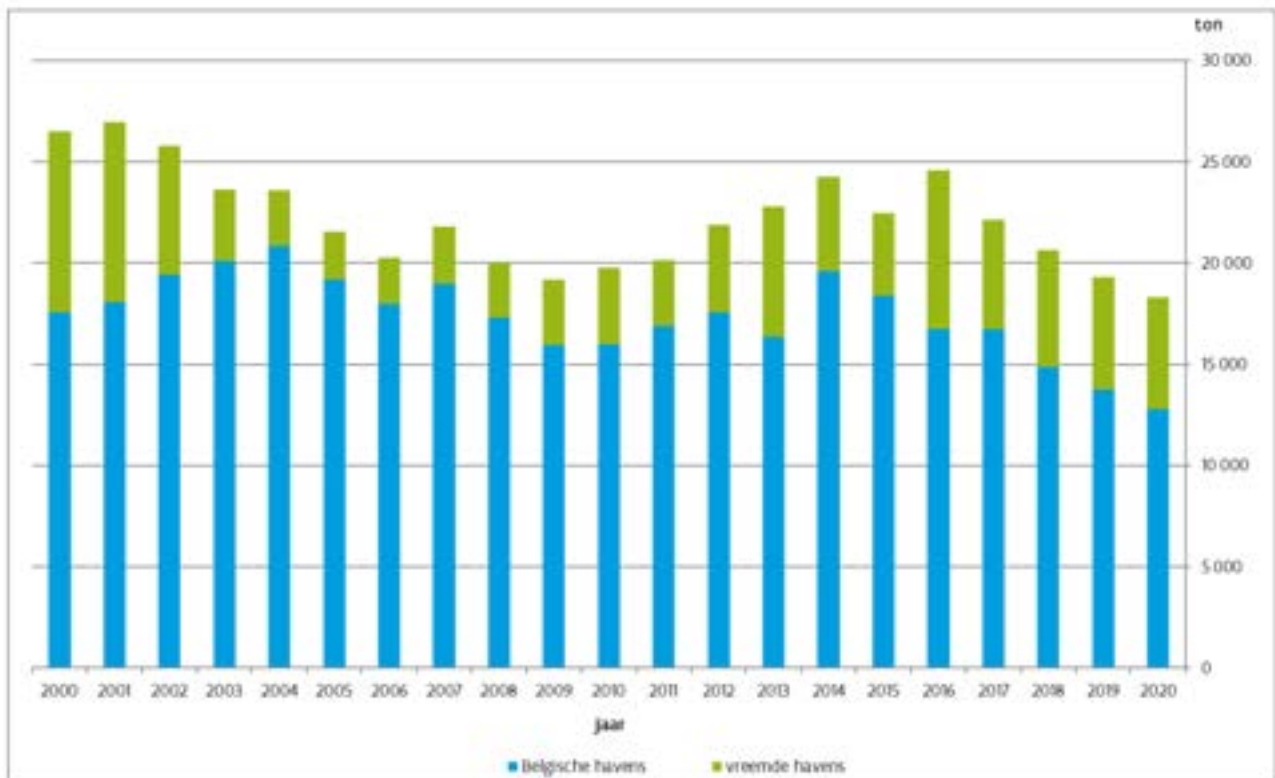
Socio-economische aspecten

Het Belgische visserijbeleid wordt aangestuurd door het Europese Gemeenschappelijke Visserijbeleid (GVB), al is de Belgische visserijsector de kleinste binnen de Europese Unie. Het GVB overziet onder meer de toegang tot verschillende visgronden en de omvang van de vangsten. De Belgische vissersvloot bestond in 2020 uit 64 vaartuigen, goed voor een totaal aanvoervolume van bijna 13.000 ton (Vlaamse Overheid, 2022). Dit kleine aantal vissersvaartuigen is slechts een fractie van wat de Belgische vissersvloot midden vorige eeuw bedroeg (457 vaartuigen in 1950). Deze daling is hoofdzakelijk te wijten aan de afnemende visbestanden en de beperkingen van de visquota (Belgische Staat, 2018a). Door een evolutie naar grotere vaartuigen, vooral binnen de boomkorvisserij, bleef het totale motorvermogen binnen de Belgische vissersvloot echter relatief stabiel (Figuur 5-66; Polet et al., 2022).



Figuur 5-66 – Evolutie van de Belgische vissersvloot (1950-2020) in aantal vaartuigen en in capaciteit (BT en kW) (Polet et al., 2022).

De aanvoer door Belgische vissersvaartuigen daalde tot een historisch dieptepunt in 2020, waarbij uiteraard de COVID-19 pandemie een belangrijke sturende factor was (Figuur 5-67; Vlaamse Overheid, 2022). De bruto toegevoegde waarde van de visserijsector is erg laag in vergelijking met het bruto binnenlands product, maar is wel van groot belang op een regionale schaal. In 2020 telde België ongeveer 370 erkende zeevissers en 65 bedrijven die als hoofdactiviteit visverwerking noteren, samen goed voor een tewerkstelling van ongeveer 1.300 VTE's (Vlaamse Overheid, 2021).



Figuur 5-67 – Jaarlijkse aanvoer door Belgische vissersvaartuigen in Belgische en Europese havens tussen 2000 en 2022 (Vlaamse Overheid, 2022).

Recreatieve visserij

Naast een commerciële vissersvloot zijn in het BNZ ook een groot aantal recreatieve vissers actief. Deze situeren zich voornamelijk in de eerste 3 NM voor de kust en zijn dus van minder belang voor PEZ. De jachthavens van Nieuwpoort en Blankenberge vormen voor hen de belangrijkste uitvalsbasis (> 250 vissersvaartuigen per haven), maar ook Zeebrugge en Oostende huisvesten elk een 100-tal recreatieve vissersvaartuigen. Deze recreatieve zeevissers gebruiken vaak eigen middelen om vis boven te halen uit liefhebberij en voor eigen consumptie, al zijn er ook enkele goed uitgeruste vissersvaartuigen voor het hengelen op zee of het trekken van een sleepnet. Hengelvaartuigen zijn het populairst, gevolgd door sleepnetvaartuigen, hengelaars vanop een dam of staketsel, strandhengelaars, kruiers en passieve strandvissers (Verleye et al., 2020b).

Recreatieve visserij is in tegenstelling tot de commerciële vangst niet verplicht om hun opbrengst te rapporteren, waardoor totale vangsten binnen het BNZ, totale visserijsterfte en milieuimpact onderschat worden. Wel gelden een aantal wettelijke beperkingen voor deze recreatieve vissers, zoals een maximale vangst per dag voor kabeljauw en zeebaars, alsook een minimale visgrootte die mag worden aangeland (Platteau et al., 2016).

In 2019 werd de recreatieve visserij binnen het BNZ in kaart gebracht door ILVO en VLIZ (Verleye et al., 2020b). In deze bevraging bleek dat recreatieve vissers in totaal ongeveer 7.700 vistrups uitvoerden op jaarbasis en samen ongeveer 890.000 vissen bovenhaalden in het BNZ, waarvan 55 % ook aan land werd gebracht. In 2019 kwam dit neer op een totale recreatieve vangst van meer dan 150 ton, wat overeenkomt met > 1 % van de totale aanvoer uit het BNZ (commercieel +

recreatief). De voornaamste soorten in deze recreatieve visserij zijn grijze garnalen (24 %), wijting (20 %), makreel (19 %), schar (14 %), tong 59 %) en zeebaars (8 %).

Autonome ontwikkeling

De Belgische vissersvloot, wiens beleid grotendeels door de EU wordt bepaald, functioneert binnen het globale voedselsysteem en is dus mee afhankelijk van wereldvoedselprijzen, handelsakkoorden en wereldwijde in- en export. Ook het gedrag van de consument zelf evolueert met tijd (Vlaamse Overheid, 2021). De sterke daling in het aantal schepen die deel uitmaakt van de Belgische vissersvloot, gekoppeld aan een relatief stabiele aanvoer door grotere en performantere vaartuigen, kadert binnen het Europese streefdoel naar een duurzamer beheer van de visbestanden. De economische situatie binnen de Belgische zeevisserij, echter, baart de betrokkenen grote zorgen. De rendabiliteit neemt namelijk jaarlijks af en een algemene dalende trend in de winstcijfers is merkbaar, deels ten gevolge van stijgende gasolieprijzen, de COVID-19 crisis en Brexit.

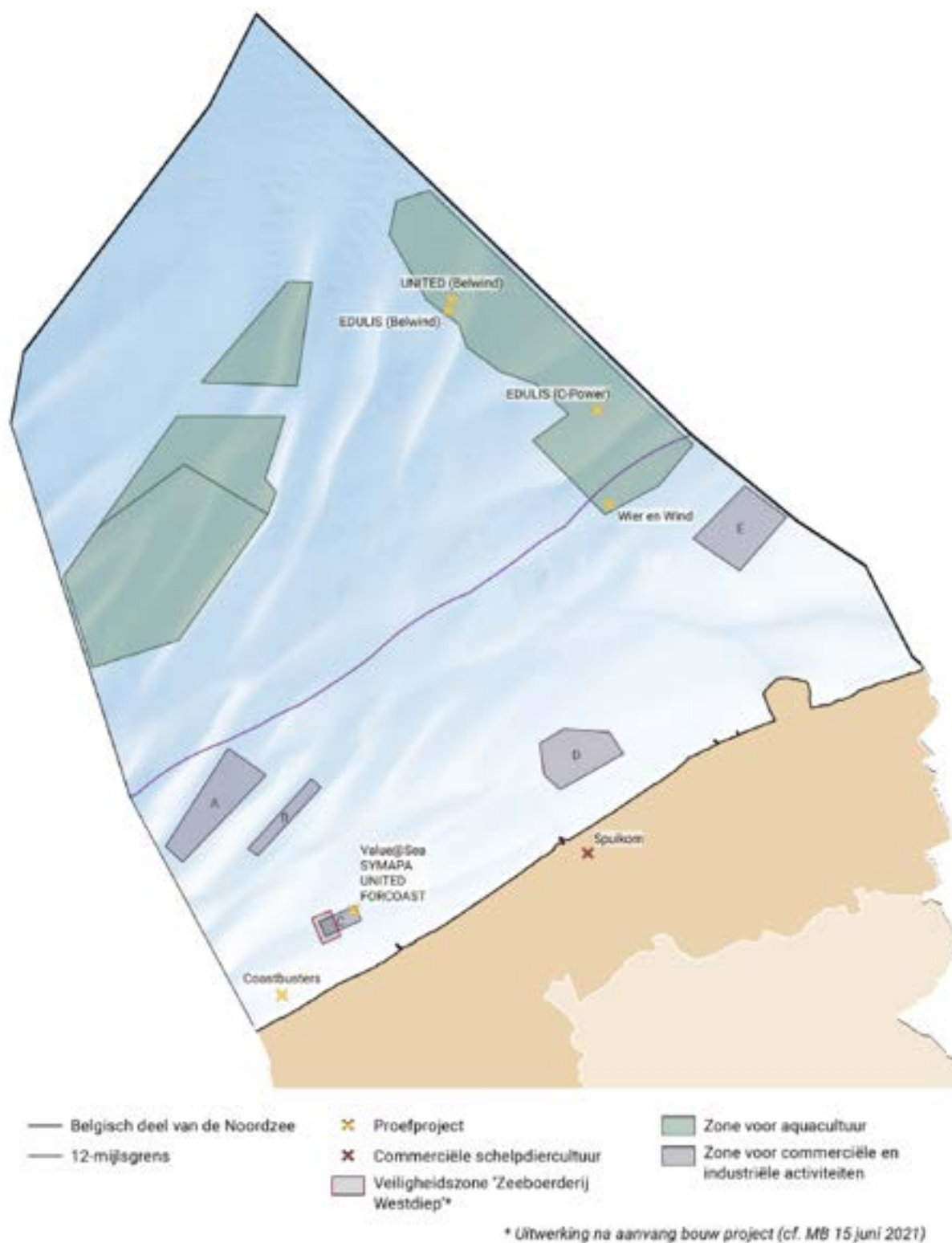
Op weg naar verduurzaming op sociaal, economisch en ecologisch vlak hebben de Belgische vissers zich ertoe verbonden om vistechnieken te gebruiken die selectiever vissen, energie-efficiënter zijn en een kleinere impact op de zeebodem hebben. Op deze manier wensen ze bij te dragen aan een maximale duurzame visopbrengst die kan worden opgevist zonder de toekomst van de visbestanden en de visserijsector in gevaar te brengen. Enkele voorbeelden van deze technieken of praktijken zijn het terugwerpen van kuitdragende vissen, het spreiden van de totale visserij-inspanning, duurzame aanpassingen aan hun vistuigen en het inzetten op een datagestuurde bedrijfsvoering met aandacht voor het mariene milieu. In samenwerking met de sector ontwikkelde ILVO daartoe het meetinstrument VALDUVIS (valorisatie van duurzaam gevangen vis), een wetenschappelijk onderbouwd meetinstrument voor duurzaamheid binnen de visserijsector. In dit meetinstrument worden zowel ecologische, sociale en economische aspecten meegenomen, zoals de staat van de visbestanden, de bodemimpact, de veiligheid aan boord en de rentabiliteit.

Het GVB bepaalt grotendeels het wetgevend kader en de duurzaamheidsgrenzen waarbinnen de Belgische visserijsector zich verder zal kunnen ontwikkelen, maar ook de Habitatrictlijn (Natura 2000) en de Europese KRMS en het MRP zijn mee bepalend.

5.6.2.2 Maricultuur

Het MRP bepaalt de zones waar commerciële maricultuur (i.e. aquacultuur op zee) is toegelaten binnen het BNZ. Deze zones betreffen alle concessiezones voor hernieuwbare energie (incl. de PEZ), alsook de vijf zones voor industriële en commerciële activiteiten, de zogenaamde CIA zones (Figuur 5-68). In voorliggend MER wordt multi-use van de PEZ echter niet in beschouwing genomen voor de effectbespreking. Op Europees niveau kent de commerciële maricultuur een relatief stabiele productie van ruwweg 1 miljoen ton in de afgelopen 20 jaar. In het BNZ is slechts één commercieel maricultuur project actief, de Zeeboerderij, op 5 km voor de kust van Nieuwpoort en Koksijde. Dit project van ± 4,5 km² bevindt zich in CIA zone C en is in 2022 gestart met de installatie van mossel-, oester- en zeewierkweek (Figuur 5-68).

Daarnaast zijn nog allerlei proef- en pilootprojecten rond maricultuur in het BNZ lopende of recent beëindigd; de belangrijkste worden weergegeven in Figuur 5-68.

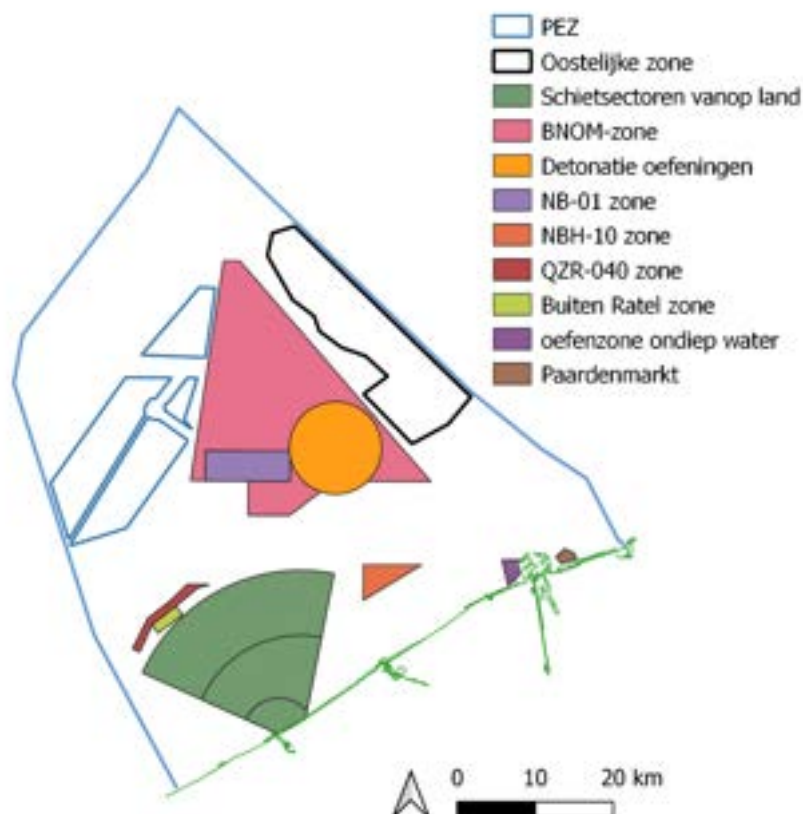


Figuur 5-68 – Zones binnen het BNZ voorbehouden voor maricultuur en voor commerciële en industriële activiteiten, inclusief de locaties van enkele proefprojecten rond maricultuur in de kustnabije zone en in de Spuikom van Oostende (Delbare et al., 2022).

5.6.2.3 Militaire activiteiten

Het BNZ huisvest geregeld militaire oefeningen en activiteiten, waarvoor in het MRP 2020-2026 specifieke zones werden afgebakend (Figuur 5-69). De voornaamste militaire activiteiten bestaan uit:

- Schietoefeningen van op land richting zee (vanuit de militaire basis in Lombardsijde). De schietsector op zee voor deze oefeningen is verdeeld in drie sectoren, K-klein, M-middelgroot en G-groot, afhankelijk van de gebruikte wapens. Passende signalisatie en aankondiging wordt steeds voorzien en jaarlijks is deze schietstand van op land gemiddeld 150 dagen beschikbaar voor militaire oefeningen, naar behoefte van Defensie;
- Schietoefeningen op zee richting drijvende objecten (BNOM-zone);
- Detonatieoefeningen met oefenmijnen en detonatie van gevonden (oorlogs)munitie. Deze praktijken vinden plaats in een 'munition destruction area' nabij de Thorntonbank-Gootebank;
- Oefeningen in het leggen, zoeken en vegen van mijnen, gelokaliseerd in twee kleinere zones: NB-01 tussen Gootebank en Westhinder (dieper water), en NBH-10 tussen Wenduine- en Oostendebank (ondieper water);
- Trainingen door de internationale mijnenbestrijdingsschool Eggermin (Oostende) in 'naval mine counter measures' of NMCM. Deze vinden plaats in de zone QZR 040 en de zone Buiten Ratel;
- Uitgebreide mijnoefeningen door verschillende NAVO-lidstaten in het volledige BNZ;
- Amfibie- en redoefeningen in ondiep water. Deze oefenzone 'shallow water' bevindt zich ten westen van de haven van Zeebrugge.



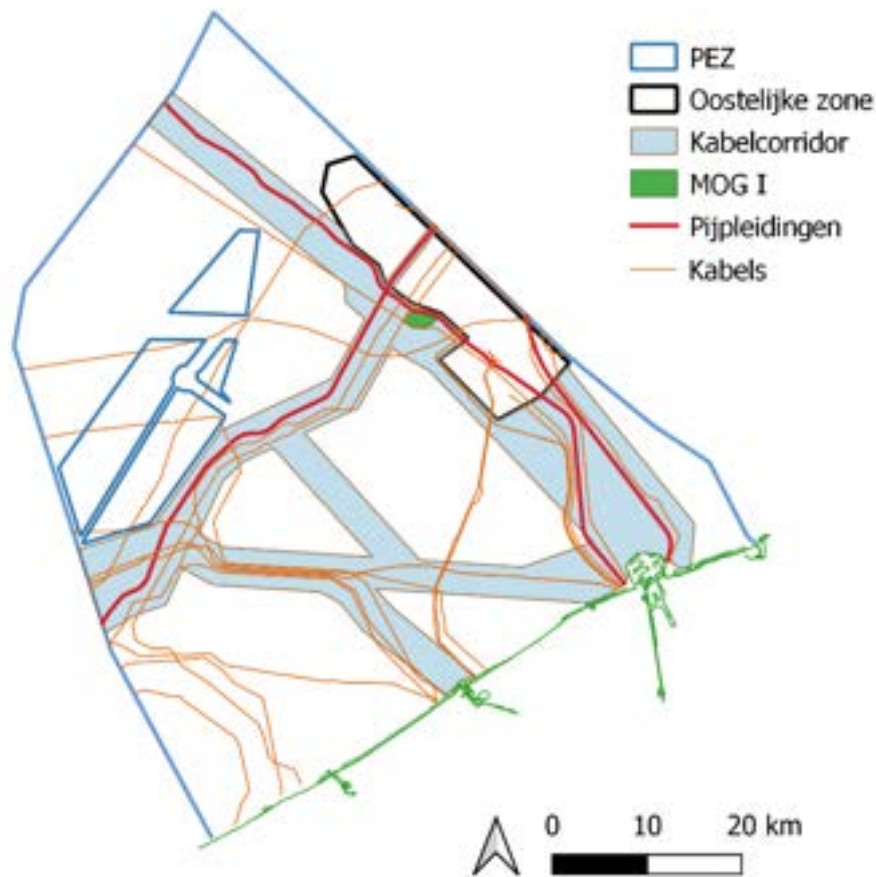
Figuur 5-69 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Militaire activiteiten.

De coördinaten van deze oefengebieden worden aan het begin van elk jaar meegedeeld in de Berichten aan Zeevarenden. Een aantal militaire zones werden reeds aangepast in functie van het scheepvaartverkeer en de windparken (Depoorter et al., 2018). De militaire zones bevinden zich nagenoeg allemaal op een aanzienlijke afstand van het projectgebied PEZ. Enkel de BNOM-zone en de zone NB-01 grenzen respectievelijk aan kavels PE I en PE II, en aan kavel PE II.

Tenslotte bevindt zich in het BNZ een stortplaats van oorlogsmunitie uit de Eerste Wereldoorlog, gelegen ter hoogte van Knokke-Heist op de ondiepe zandplaat van de Paardenmarkt. Uit voorzorg zijn nagenoeg alle andere activiteiten, zoals vissen of het anker uitwerpen, verboden ter hoogte van deze locatie. Deze locatie ligt echter op ± 50 km afstand van PEZ en is dus niet relevant voor voorliggend MER.

5.6.2.4 Kabels en pijpleidingen

De aanleg van kabels en pijpleidingen binnen het BNZ gebeurt hoofdzakelijk binnen de afgebakende kabelcorridor volgens het MRP 2020-2026 (Figuur 5-70; zie ook Figuur 3-3 in Hoofdstuk 3.2.2). Daar het projectgebied niet overlapt met deze corridor, zijn er slechts enkele (stukken van) kabels die de PEZ rechtstreeks doorkruisen (van den Brenk et al., 2021; Fugro, 2022). Een overzicht van de verschillende elektriciteitskabels, telecommunicatiekabels en pijpleidingen die de verschillende kavels doorkruisen of benaderen is beschikbaar in § 3.2.2 (zie ook Figuur 5-70). Kavel PE I heeft geen effectieve overlap met kabels of pijpleidingen, terwijl PE II overlapt met een deel van Hermes South (buiten gebruik), en twee telecommunicatiekabels, PEC (Pan European Crossing) en TAT 14 (I) (buiten gebruik). Kavel PE III overlapt met een deel van diezelfde operationele PEC telecommunicatiekabel, alsook met telecommunicatiekabel Rembrandt 2 (buiten gebruik) en Hermes South (buiten gebruik). Enkel bij operationele kabels en pijpleidingen dient aangepaste infrastructuur voorzien te worden om deze bijvoorbeeld veilig te doorkruisen met inter-array bekabeling. De voorziene parkbekabeling voor de PEZ zal aansluiten op MOG2, maar zal de voorziene exportkabels naar land niet kruisen.



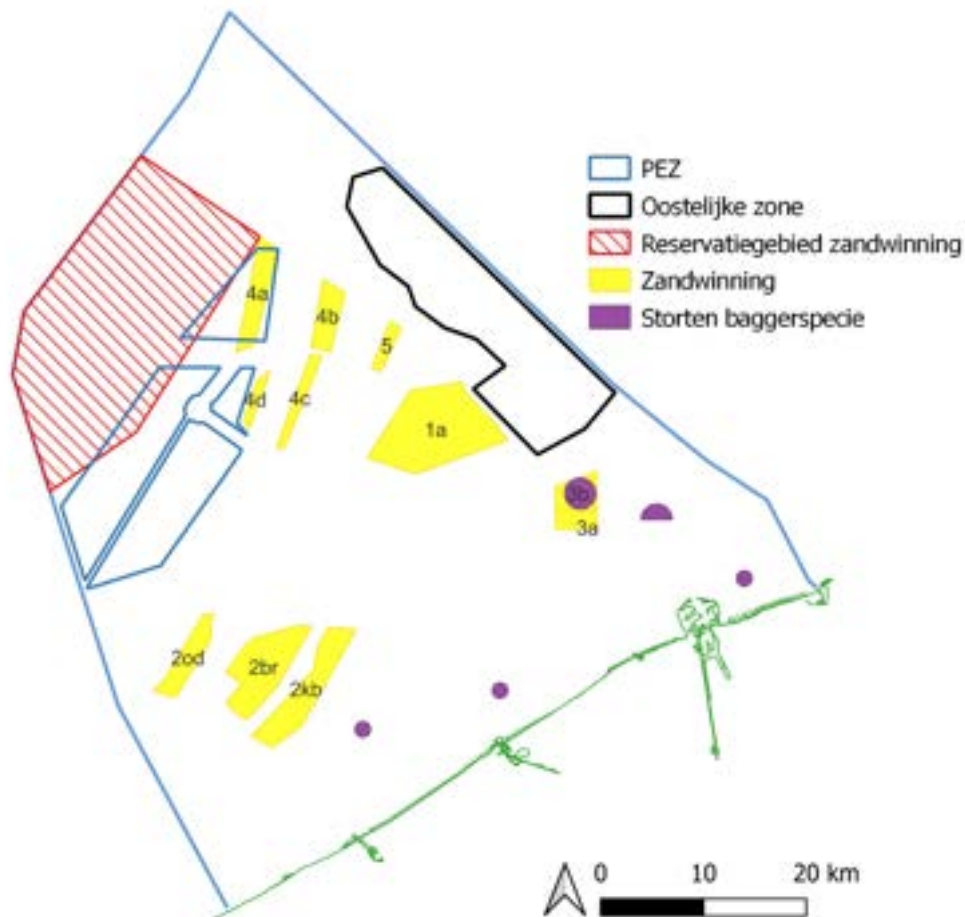
Figuur 5-70 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Kabelcorridor, kabels en pijpleidingen. Zie ook Figuur 3-3 in eerder hoofdstuk van dit MER voor een zoom op de PEZ.

5.6.2.5 Zandwinning en storten van baggerspecie

In het BNZ wordt zandwinning uitgevoerd door de Vlaamse overheid en de private sector. Dit gebeurt in functie van de bouwsector en lokale zeeweringsprojecten. De afgelopen vijf jaar werd jaarlijks 3 à 4 miljoen m³ ontgonnen uit de daarvoor vastgelegde gebieden volgens het MRP 2020-2026 (Figuur 5-71). Naar de toekomst toe wordt geschat dat tegen 2050 jaarlijks bijna 9 miljoen m³ zal nodig zijn, wat overeenkomt met een gestage toename van ± 6 % per jaar (Van Lancker et al., 2022).

De gebieden aangeduid voor zandwinning in het BNZ (MRP 2020-2026) zijn onderverdeeld in sectoren dewelke afzonderlijk worden vergund. Bovendien is deze zandwinning niet gelijkmatig verdeeld over alle actieve concessies, maar sterk gereguleerd in functie van de gewenste sedimentkwaliteiten. Er is een rechtstreeks overlap tussen kavel PE I en zandwinningsector 4a, waarbij nagenoeg deze volledige sector binnen de PEZ ligt. De kleinere sector 4d is aangrenzend aan kavel PE II. De overige actieve zandwinningssectoren liggen op een aanzienlijke afstand van het projectgebied. Tenslotte is er ook een zeer bescheiden overlap tussen kavels PE I en PE III, en de zoekzone voor eventueel toekomstige ontginning in de noordwestelijke hoek van het BNZ (MRP 2020-2026). Verder is er geen overlap tussen het projectgebied

en de (vervangings-) zones afgebakend in het MRP 2020-2026 voor het storten van baggerspecie, en een kleine overlap van ca. 20 km² met de reservatiezone voor zandwinning die verder offshore gelegen is (Figuur 5-71).



Figuur 5-71 – Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Zandwinning en storten baggerspecie.

5.6.2.6 Andere windparken

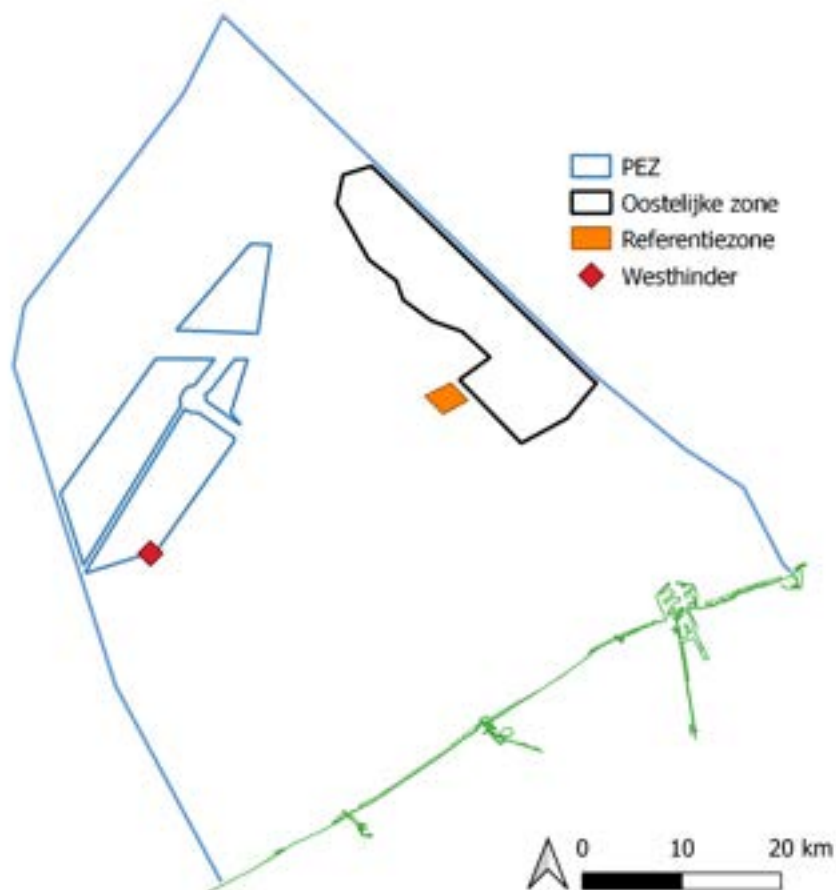
De Oostelijke zone voor hernieuwbare energie, zoals afgebakend in het MRP 2020-2026, is momenteel volledig operationeel en heeft een geïnstalleerd maximaal vermogen van 2,2 GW. Deze zone strekt zich uit langs de Belgisch-Nederlandse grens en het dichtste punt bevindt zich op ± 8 km van het projectgebied PEZ. Het projectgebied (PEZ) heeft een beoogd geïnstalleerd vermogen van 3,15 tot 3,5 GW (zie § 1.1). De energie die kan opgewekt worden binnen de PEZ zal aangesloten worden op het MOG2 eiland, om zo transmissie naar het vasteland te voorzien.

5.6.2.7 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

Buiten gebieden waar een eventueel (tijdelijk) verbod of voorwaarde geldt, is wetenschappelijk onderzoek toegelaten in het volledige BNZ (MRP 2020-2026). Het BNZ is dan ook één van de best bestudeerde zeegebieden ter wereld, ondanks zijn relatief korte kustlijn (± 65 km) en beperkte oppervlakte (± 3.500 km²). België telde in 2020 welgeteld 117 mariene onderzoeksgroepen verbonden aan universitaire associaties en wetenschappelijke instellingen (Pirlet et al., 2020). Deze

onderzoeksgroepen beschikken over een uitgebreid gamma aan onderzoeksinfrastructuur, waaronder twee volwaardige oceanografische onderzoeksschepen: RV Belgica en RV Simon Stevin. Het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) beheert het Marien Station Oostende (MSO), de thuisbasis van zowel nationale als internationale infrastructuurnetwerken (bv. LifeWatch en EMBRC).

Verder worden in het BNZ een breed gamma aan monitorings- en onderzoeksprogramma's voorzien die verband houden met de bouw en exploitatie van windparken op zee (gecoördineerd door KBIN) of die ingeschakeld worden voor het (quasi) continu monitoren van bv. golfhoogte, temperatuur, windkracht en getij. Naast de Oostelijke zone voor hernieuwbare energie en op ± 20 km van de PEZ is een referentiezone gelegen voor de monitoring van de impacten van zandwinning en windparken (MRP 2020-2026). Verder is op de zuidelijke grens van kavel PE II de meetpaal Westhinder (MP7) gelegen, ter hoogte van de Westhinder zandbank (Figuur 5-72).



Figuur 5-72 - Overzicht andere gebruikersgroepen binnen het BNZ: Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen.

5.6.2.8 Scheep- en luchtvaart

Voor een bespreking van de referentiesituatie en autonome ontwikkeling van scheep- en luchtvaart ter hoogte van het BNZ, zie § 5.7.2.

5.6.2.9 Toerisme en recreatie

De Belgische kust is en blijft de belangrijkste toeristische trekpleister van het land, met meer dan 28 miljoen overnachtingen geregistreerd in 2019 (voor de COVID-19 pandemie) (Vandaele et al., 2022). Buiten die zones waar een permanente (bv. de windparken) of tijdelijke (bv. militaire oefenzones) beperking geldt, staat het BNZ volledig ter beschikking voor allerlei toeristische en recreatieve activiteiten. Pleziervaart vormt hierbij de grootste sector, met o.a. de jachthavens in Nieuwpoort en Blankenberge als thuisbasis. De jachthaven in Nieuwpoort biedt plaats aan ruim 2.000 pleziervaartuigen en is hiermee de grootste binnen Noord-Europa (Belgische Staat, 2018c). Ook worden vanuit Oostende geleide bezoeken aan de windparken in de Oostelijke energiezone georganiseerd.

Buiten een uitbreiding van de Nieuwpoortse jachthaven met ± 500 ligplaatsen worden naar de toekomst toe geen verdere noemenswaardige veranderingen verwacht wat betreft toeristische en recreatieve mogelijkheden in het Belgische kust- en zeegebied (Belgische Staat, 2018c; www.west-vlaanderen.be).

5.6.3 Effecten

5.6.3.1 Visserij

De belangrijkste potentiële effecten ten gevolge de constructie en exploitatie van windparken in de PEZ wat betreft visserij is het (ruimtelijk) verlies aan visgronden en de korte- en langetermijneffecten die tijdens constructie en exploitatie kunnen optreden. Tijdens de verschillende fasen (constructie, exploitatie en ontmanteling) wordt steeds gezorgd voor een adequate markering en signalisatie, waardoor veiligheid van de visserij schepen steeds wordt gewaarborgd. Voor verdere details rond veiligheid en risico's op aanvaring wordt verwezen naar Hoofdstuk 5.7.

Constructiefase

Tijdens de constructiefase vormen sedimentverstoring en geluidsoverlast de belangrijkste storende factoren voor de lokale vispopulatie. Sedimentverstoring kan ontstaan tijdens het plaatsen van de funderingen (incl. erosiebescherming) van de windturbines, alsook tijdens het ingraven van de inter-arraykabels. De keuze voor het type turbine (MP, JF of GBF) is hierbij mee bepalend, gezien de verschillen in constructietechnieken en dimensies van benodigde erosiebescherming (zie § 4.3). Een GBF zal hierbij een grotere mate van bodemverstoring genereren, waar MP op hun beurt een hoger geluidsniveau produceren omwille van het inheien van de palen. Suction buckets zullen naar geluidsverstoring geen mechanisch heigeluid met zich meebrengen, maar worden net als GBF gekarakteriseerd door een grote footprint op de zeebodem, waardoor het effect naar bodemverstoring gelijkaardig zal zijn aan dat voor GBF. Alle types turbines worden voorlopig meegenomen in beide scenario's, elk met hun effecten naar sedimentverstoring toe (zie § 5.1.4.1). De benodigde lengte in inter-array bekabeling verschilt niet noemenswaardig tussen beide uitvoeringsscenario's (zie § 4.1). Geluidsoverlast is dan weer het gevolg van het plaatsen (eventueel heien) van de funderingen en de toename in scheepsverkeer tijdens de constructiefase. Het aantal te plaatsen turbines verschilt tussen beide scenario's, maar dit verschil naar geluidsoverlast voor vispopulaties wordt tenietgedaan door het hogere niveau aan geproduceerd onderwatergeluid t.g.v. de grotere turbines.

Een toegenomen scheepsverkeer in en rond de kusthaven van Oostende i.v.m. de voorbereidende werken van de ondergrond, aanvoer van materialen en onderdelen naar de PEZ, het leggen van de inter-array bekabeling en personeelstransporten (zie § 4.3.4) kan eventueel in beperkte mate hinder veroorzaken voor de in- en uitvaart van vissersschepen in de haven. Potentiële hinder binnen de haven zelf wordt echter niet meegenomen in voorliggend MER.

De (potentiële) effecten op visserij ten gevolge van sedimentverstoring en geluidsoverlast op vissen werden in meer diepgang besproken in § 5.4.3.2 en § 5.3.4, en worden, gezien de tijdelijke aard van deze verstoring en het toepassen van milderende maatregelen, beschouwd als gering negatief (0/-) voor beide scenario's in alle kavels.

Operationele fase

Tijdens de operationele fase vormen de elektromagnetische velden rondom de bekabeling een mogelijke oorzaak in potentiële veranderingen in visgedrag. Voor een bespreking van deze effecten wordt verwezen naar § 5.3.4 en § 5.4.3.2. Deze operationele effecten worden ingeschat als onbestaande, gezien de geschatte magnetische veldsterkte van 1 – 9 μ T lager is dan het achtergrond aardmagnetisch veld (§ 5.3.4), en daarom niet verder meegenomen in deze effectbespreking.

Verder zal de volledige PEZ, inclusief een veiligheidsbuffer van 500 m rondom de drie kavels, afgesloten worden voor alle reguliere scheepvaart en dus ook voor commerciële en recreatieve visserij. Een verlies aan toegang tot visgronden binnen het BNZ wordt als negatief beschouwd voor de sector. Door de beperking aan visgronden zou de competitie in de nabijgelegen gebieden kunnen toenemen, waardoor mogelijk conflicten ontstaan tussen de vissers onderling. Om dit te vermijden moeten vissersschepen eventueel andere en verder gelegen gebieden gaan bevissen, waardoor brandstofkosten, effectieve vistijden en resulterende opbrengsten negatief beïnvloed kunnen worden. Figuur 5-63 geeft echter aan dat de PEZ een relatief klein belang heeft op vlak van (bodemberoerende) visserij. Het eventueel toekomstig plaatsvinden van passieve visserij of andere mogelijke multi-use projecten met betrekking tot visserij worden in voorliggend MER niet in beschouwing genomen.

In de reeds operationele Oostelijke energiezone werd aangetoond dat, tussen een periode van 2006 en 2017, de uitsluiting van visserij voorlopig niet heeft geleid tot een verandering in visserij-effort in de nabijheid van de windparken aldaar of in de aanlanding van de top 10 vissoorten (De Backer et al., 2019; Vlaamse Overheid, 2022). Meer nog, de vissersschepen lijken te worden aangetrokken tot de randomgeving van de operationele Oostelijke energiezone. Voor de doelsoort tong blijken de vangsten in deze randomgeving relatief vergelijkbaar met de ruimere omgeving, terwijl voor sommige soorten (o.a. schol) de vangstcijfers en aanvoer hier zelfs hoger blijken te liggen. Dit kan mogelijks toegeschreven worden aan een zogenaamd 'spill-over effect', waarbij de afgesloten windzone fungeert als een zeer productief gebied en zorgt voor een aanrijking van geëxploiteerde soorten in de omringende gebieden. Dit kan bijvoorbeeld te wijten zijn aan een export van larven vanuit het productieve gebied. Ook kan het potentieel herstel van de grindbedden die zijn gelegen binnen de PEZ, die een belangrijke paai-, kraam- en foerageerfunctie ondersteunen voor o.a. roggen en haaien, leiden tot een toename in stocks en dus een 'spill-over effect'. Tenslotte kunnen meerdere nabijgelegen afgesloten gebieden, o.a. windparken, beschermde natuurgebieden en zones beschermd vanwege bodemintegriteit, een synergetisch effect hebben. Het netto-effect van operationele windparken in de PEZ kavels op de visserijsector wordt

omwille van de hinder t.g.v. uitsluiting enerzijds en het potentiële spill-over effect anderzijds, als gering negatief (0/-) ingeschat.

Uiteraard benadrukt De Backer et al. (2019) wel dat de positieve conclusies uit het onderzoek in de operationele Oostelijke energiezone niet zonder meer kunnen aangenomen worden voor alle operationele energiezones in het BNZ, alsook dat deze conclusies kunnen wijzigen wanneer meerdere energiezones tegelijk operationeel worden en dus grotere (al dan niet aaneengesloten) gebieden binnen het BNZ worden uitgesloten voor visserij. Monitoring van mogelijke wijzigingen in visbestanden in de PEZ lijkt daarom aangewezen. Daarnaast hebben een aantal andere factoren binnen de autonome ontwikkeling van de visserijsector ook grote impact, waaronder inkomstenverlies door schommelende brandstofprijzen en beperkingen opgelegd door het Europese of Vlaamse visserijbeleid. In het algemeen kan geconcludeerd worden dat de impact van het volledig afsluiten van de PEZ voor de visserij waarschijnlijk een relatief kleine impact zal hebben op de inkomsten of werkgelegenheid binnen de sector in vergelijking met de autonome ontwikkeling. Anderzijds kan de invloed op het milieu licht positief ingeschat worden, gezien er een vermindering plaatsvindt van visserij-gebonden bodemberoering en andere milieuverstoring (hoewel deze momenteel slechts in beperkte mate plaatsvinden in de PEZ).

Ontmantelingsfase

In het geval van een volledige ontmanteling van de PEZ wordt verwacht dat de potentiële effecten op de visserijsector dezelfde of gelijkaardig zullen zijn als deze tijdens de opbouw, met uitzondering van geluidsoverlast door het heien. Hierdoor wordt de impact ingeschat op gering negatief (0/-) voor alle kavels in beide scenario's, wegens sedimentverstoring en matige geluidsoverlast (vnl. scheepvaart activiteiten) van tijdelijke aard. Na een volledige ontmanteling van de windturbines en bekabeling binnen de PEZ kan het gebied eventueel terug opengesteld worden voor visserij. Indien visserij niet opnieuw zou worden toegelaten binnen het gebied, blijft de situatie gelijkaardig als tijdens de operationele fase.

5.6.3.2 Maricultuur

Het enige actieve commerciële maricultuur project in het BNZ, de Zeeboerderij in CIA zone C, bevindt zich op minstens 27 km van de projectzone en niet op de route richting PEZ vanuit de haven van Oostende, waar een tijdelijke toename in scheepverkeer t.g.v. de constructie kan verwacht worden. Voor de Zeeboerderij wordt dus geen impact verwacht (0). Volgens het MRP 2020-2026 kan de PEZ in de toekomst wel eventueel zelf plaats bieden aan een maricultuur project. De aanwezigheid van de artificiële harde structuren en de koloniserende gemeenschappen (zie § 5.4.3.5 Artificiële harde substraten) in een operationeel windpark op zee kunnen een significante impact hebben op eventuele maricultuur initiatieven zoals mosselkweek binnen dezelfde concessiezone (Voet & Vlamincx et al., 2022). Zo kan o.a. wegens de aanvoer van mossellarven vanuit de koloniserende gemeenschappen, wegens een verhoogde concentratie aan nutriënten en aan detritus als voedselbron voor de gecultiveerde organismen, een netto gering positief effect ingeschat worden op een maricultuur project binnen de PEZ (0/+) voor beide scenario's en voor alle kavels.

5.6.3.3 Militaire activiteiten

Er doet zich geen ruimtelijke overlap voor met de militaire zones binnen het BNZ, al grenzen de BNOM-zone (schietoefeningen richting drijvende objecten) en de NB-01 zone (oefeningen in het leggen, zoeken en vegen van mijnen in dieper water) wel aan de PEZ. Gezien de militaire activiteiten binnen het BNZ echter dusdanig georganiseerd en aangekondigd worden, kunnen potentiële conflicten met andere gebruikers maximaal vermeden worden. Niet-militaire scheepvaart is dan ook enkel tijdelijk verboden binnen deze oefenzones, tijdens het uitvoeren van een militaire activiteit. Indien duidelijke operationele afspraken worden gemaakt en opgevolgd, worden er dus ook geen effecten (0) verwacht op militaire activiteiten tijdens de installatie, exploitatie of ontmanteling van de PEZ windparken in beide scenario's.

5.6.3.4 Kabels en pijpleidingen

Binnen kavel PE II en PE III is er ruimtelijke overlap met één operationele telecommunicatiekabel, de PEC. Zowel bij het inplannen en plaatsen van de turbines (inclusief funderingen en erosiebescherming) als de inter-array bekabeling tussen de turbines onderling en tussen de turbines en MOG2, moet rekening gehouden worden met deze actieve telecommunicatiekabel om beschadigingen of hinder te voorkomen. De richtlijnen van de International Cable Protection Committee (ICPC) zullen ten alle tijden gevolgd worden, alsook de nodige 'crossing agreements' zullen worden opgesteld.

Tijdens de constructie en operationele fase kan er erosie of sedimentatie optreden ter hoogte van de PEC kabel, wat respectievelijk tot blootlegging of additionele begraving kan zorgen. Indien de nodige technische en operationele maatregelen worden ingepland en correct uitgevoerd en opgevolgd, mag echter worden aangenomen dat de conflicten tijdens de constructiefase op de operationele kabel binnen de PEZ kunnen geminimaliseerd worden tot gering negatief (0/-) en niet verschillen tussen beide uitvoeringsscenario's voor kavels PE II en PE III. Eenmaal alle bekabeling binnen de kavels werd aangebracht, wordt geen verdere impact op de PEC kabel verwacht. Ook de uitsluiting van reguliere scheepvaart en (bodemberoerende) visserij binnen de PEZ zorgt dat eventuele wijzigingen in diepgang van operationele kabels een minder groot risico vormen.

Tenslotte wordt potentiële overlap met de aanwezige niet-operationele kabels in de drie PEZ windparken niet als een risico beschouwd (0).

5.6.3.5 Zandwinning en storten van baggerspecie

Kavel PE I overlapt nagenoeg volledig met sector 4a voor zandwinning in het BNZ (Noordhinder). Volgens het MRP 2020-2026 kan sector 4a, ondanks een overlap met een zone die bestemd is voor de productie en transmissie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen, functioneel blijven zolang zandwinning hiermee verzoenbaar is. Eens begonnen wordt aan de constructie van kavel PE I (start voorzien in 2027, zie § 3.3 en § 3.5) zal zandwinning voor o.a. de bouwsector en zeeweringsprojecten hier dus niet langer mogelijk zijn, gezien beide activiteiten niet verzoenbaar zijn. Om deze reden wordt momenteel door afdeling Kust intensiever ontgonnen in sector 4a om maximaal de aanwezige zandhoeveelheden te exploiteren voor de sluiting van het gebied. Gezien sector 4a een relatief klein aandeel uitmaakt van de volledige

zandwinningsectoren binnen het BNZ ($\pm 8\%$ van de totale oppervlakte; $\pm 13\%$ van de beschikbare zandhoeveelheden), wordt deze impact als matig negatief beschouwd (-) voor kavel PE I en niet relevant (0) voor kavels PE II en PE III.

Ten gevolge van de constructie en exploitatie van het windpark binnen de PEZ kan eventueel door hydrologische veranderingen enige erosie of sedimentatie optreden in sector 4d, aangrenzend aan kavel PE II. Gezien deze potentiële effecten zeer beperkt blijven en zich voordoen over een aanzienlijke tijdsperiode, wordt de impact als niet relevant ingeschat (0). Zie ook § 5.1.4 voor een bespreking van de potentiële effecten op bodem en water.

Voor het positioneren en ingraven van de inter-array bekabeling zal de ondergrond eerst genivelleerd of afgetopt worden op die plaatsen waar mobiele zandduinen voorkomen of waar de helling van de zeebodem meer dan 10° bedraagt (zie ook § 3.5.3.4 Elektrische infrastructuur). De opgehaalde sedimenten zullen binnen het projectgebied zelf herverdeeld worden, waardoor geen sedimenten moeten opgeslagen worden in tijdelijke of externe stortzones (0). Het uitgebaggerde sediment van de funderingsputten op de turbinelocaties zal evenwel moeten gestockeerd worden in tijdelijke stortplaatsen binnen de PEZ kavels. Deze worden idealiter zo beperkt mogelijk gehouden, om de effecten op de zeebodem te beperken (zie § 5.1.4.1), waardoor er geen noemenswaardige effecten (0) worden verwacht. Gezien verder ook de afstand tussen de PEZ en de (vervangings-) zones afgebakend in het MRP 2020-2026 voor het storten van baggerspecie voldoende groot zijn, wordt hier geen impact verwacht (0) voor alle kavels.

5.6.3.6 Andere windparken

De enige andere zone binnen het BNZ die in het MRP 2020-2026 wordt toegekend aan de ontwikkeling van windenergie, namelijk de Oostelijke energiezone, ligt op minimum ± 8 km van de PEZ. Hier worden geen rechtstreekse impacten verwacht ten gevolge van de bouw, exploitatie of ontmanteling van de PEZ (0). De potentiële bijkomende hinder voor het werfverkeer naar de Oostelijke energiezone vertrekkende uit haven Oostende, voornamelijk door de toegenomen scheepsbewegingen met grotere aanlegsschepen tijdens de constructie van de PEZ zal tijdelijk zijn, en wordt als gering negatief (0/-) ingeschat voor de drie kavels. Gezien de afstand van de PEZ ten opzichte van de Oostelijke energiezone, worden geen verdere omleidingen in scheepsroutes naar de Oostelijke energiezone verwacht (MARIN 2023 – Externe bijlage 2).

5.6.3.7 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

Net zoals voor de Oostelijke energiezone, zullen de verschillende (potentiële) milieueffecten van de PEZ op lange termijn gemonitord worden en op die manier bijdragen aan verder wetenschappelijk inzicht in het BNZ. De lange termijn monitoring wordt uitgevoerd door o.a. de federale overheid en het WinMon programma, een gezamenlijke campagne van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Universiteit Gent, het Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO) en het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO). De verzamelde data worden opgeslagen en beschikbaar gemaakt (eventueel na een embargoperiode) via het Belgian Marine Data Centre (BMDC). Omwille van de ligging van de PEZ kavels ten opzichte van Natura 2000 gebieden en de potentieel waardevolle

grindbedden, wordt wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen tijdens de ontwikkeling van de PEZ als significant positief beschouwd voor de kennis van het BNZ (++).

Verder wordt geen interferentie verwacht met lopende onderzoeken, meetcampagnes of met het meetstation Westhinder, dewelke zich op de rand van kavel PE II bevindt (0). Op voorwaarde dat de veiligheidsnormen en operationele werking van de windparken wordt gerespecteerd, kan de PEZ bovendien ook plaats bieden aan nieuwe wetenschappelijke projecten die het inzicht in o.a. mariene ecosystemen, ecosysteemdiensten en -functies kan vergroten.

5.6.3.8 Scheep- en luchtvaart

Voor een gedetailleerde bespreking van de potentiële effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van de PEZ op scheep- en luchtvaart binnen het BNZ wordt verwezen naar hoofdstuk 5.7 en Externe bijlage 3 (Radarstudie) door Prof. Dr. Ir. Johan Catrysse en bijlage 2 (aanvaringsstudie) door MARIN.

5.6.3.9 Toerisme en recreatie

De belangrijkste bepalende parameters voor 'Toerisme en recreatie' zijn de zichtbaarheid van het windpark (kusttoerisme) en de mogelijke hinder voor de pleziervaart.

Gezien de grote afstand tussen de PEZ en de kustlijn (> 30 km) worden geen noemenswaardige impacten verwacht ten gevolge van constructie, exploitatie en ontmanteling op het kusttoerisme (0). De constructies zullen slechts sporadisch zichtbaar zijn vanaf de kust, waarbij de grotere turbines in scenario 2 vermoedelijk iets vaker zullen te ontwaren zijn aan de horizon. Toeristische excursies zullen wegens veiligheidsredenen niet worden georganiseerd naar het MOG2 eiland, terwijl dit voor de rest van de PEZ kan bepaald worden door de ontwikkelaar.

Net zoals voor andere scheepsgebonden activiteiten (zie bv. § 5.6.3.1), wordt mogelijke bijkomende hinder verwacht voor de recreatieve pleziervaart t.h.v. de jachthavens die gelegen zijn in haven Oostende. Daar de belangrijkste jachthavens (pleziervaart) Nieuwpoort en Blankenberge als thuisbasis hebben, wordt de impact tijdens constructie als vrijwel onbestaande (0) ingeschat. De offshore gelegen ligging van de PEZ zal bovendien geen aanleiding geven tot wijzigingen van meest gebruikte verkeersroutes door de pleziervaart nabij de kust tijdens de operationele fase (0).

Voor meer detail over potentiële effecten op zeezicht en ten gevolge van toegenomen scheepsverkeer tijdens de verschillende fasen wordt verder verwezen naar § 5.5 ZEEZICHT EN MARITIEM CULTUREEL ERFGOED.

5.6.3.10 Besluit bespreking en beoordeling effecten op menselijke activiteiten

Onderstaande Tabel 5-36 vat de algemene conclusies omtrent potentiële interactie met andere menselijke activiteiten samen per kavel, per scenario, per projectfase en per gebruiker. Voor een overzicht van de gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten en effecten op andere gebruikers, zie Tabel 5-1.

Tabel 5-36 – Overzicht van de effecten van de ontwikkeling binnen de PEZ op interactie met andere menselijke activiteiten; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (-/-).

Effecten op menselijke activiteiten	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0	0	0	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0	0	0	0	0
Militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0	0	0	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	-	0	0	-	0	0
Andere windparken	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Wetenschappelijk onderzoek	++	++	++	++	++	++
Toerisme en recreatie	0	0	0	0	0	0
Exploitatiefase						
Visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0	0	0	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0	0	0	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	-	0	0	-	0	0
Andere windparken	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Wetenschappelijk onderzoek	++	++	++	++	++	++
Toerisme en recreatie	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
Visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0	0	0	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0	0	0	0	0
Militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0	0	0	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0	0	0	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	-	0	0	-	0	0
Andere windparken	0	0	0	0	0	0
Wetenschappelijk onderzoek	++	++	++	++	++	++
Toerisme en recreatie	0	0	0	0	0	0

5.6.4 Leemten in kennis

5.6.4.1 Visserij

Om een beter beeld te krijgen en om een exacte becijfering te kunnen uitvoeren van de potentiële impact van de ontwikkeling van de PEZ op visserij is een volledige toegespitste studie nodig die de visserij binnen het BNZ in kaart brengt. Dergelijke studie is momenteel lopende bij ILVO in het kader van de uitwerking van een nieuw marien ruimtelijk plan 2026-2034. Op basis van de resultaten uit deze studie kan een inschatting gemaakt worden van de gemiddelde effort in euro per oppervlakte-eenheid binnen het BNZ. Deze inzichten zouden deels tegemoet kunnen komen aan het gebrek aan wetenschappelijk beschikbare en gedetailleerde visserijgegevens dat werd vastgesteld voor de PEZ en de naburige gebieden. Een volledig beeld op visserij binnen het BNZ zou idealiter opgebouwd worden uit een integratie van zowel VMS data, logboek data, metadata en gegevens over vangsten, bijvangst en 'terugworp' van alle commerciële en recreatieve visserijschepen, alsook eventuele (gebied dekkende) monitoringsdata van vispopulaties, sinds een periode van bv. vijf of tien jaar. Ook aanvullende informatie van buitenlandse schepen die binnen de Belgische EEZ vissen, is hierbij noodzakelijk.

5.6.4.2 Overige gebruikers

Voor de overige bestaande gebruikers, zijnde maricultuur, militaire activiteiten, kabels en pijpleidingen, zandwinning en het storten van baggerspecie, andere windparken, wetenschappelijk onderzoek en toerisme en recreatie, zijn geen leemten in kennis bekend.

Andere vormen van hernieuwbare energie, naast offshore windenergie, alsook mogelijke vormen van multi-use binnen de PEZ die volgens het MRP 2020-2026 verenigbaar zouden zijn met de PEZ (toekomstige activiteiten), worden niet beschouwd in voorliggend MER. Zij dienen onderwerp te zijn van aparte vergunningstrajecten, waar mogelijke onzekerheden rond de haalbaarheid van meervoudig gebruik en mogelijke onderlinge effecten verder behandeld dienen te worden.

5.6.5 Milderende maatregelen

5.6.5.1 Visserij

Er wordt aangeraden tijdig en volledig de geplande werkzaamheden met betrekking tot de ontwikkeling van de PEZ te communiceren aan de visserijsector. Dit kan via o.a. de Rederscentrale, berichten aan zeevarenden en vakbladen.

5.6.5.2 Maricultuur

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld met betrekking tot maricultuur binnen het BNZ.

5.6.5.3 Militaire activiteiten

Een goede communicatie met het ministerie van Defensie tijdens alle fasen van het project is ten eerste aan te raden, bv. met betrekking tot werfverkeer.

5.6.5.4 Kabels en pijpleidingen

Tijdens de aanleg van inter-array bekabeling binnen kavels PE II en PE III dient rekening gehouden te worden met de nodige voorzorgsmaatregelen die de werking van de operationele PEC telecommunicatiekabel kunnen waarborgen.

5.6.5.5 Zandwinning en storten van baggerspecie

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld met betrekking tot zandwinning binnen het BNZ.

5.6.5.6 Andere windparken

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld met betrekking tot andere windparken binnen het BNZ.

5.6.5.7 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

Er worden geen milderende maatregelen of compensaties voorgesteld met betrekking tot wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen binnen het BNZ.

5.6.5.8 Toerisme en recreatie

Er wordt aangeraden tijdig en volledig de geplande werkzaamheden met betrekking tot de ontwikkeling van de PEZ te communiceren aan de toeristische sector. Dit kan via o.a. Scheepvaartbegeleiding, scheepvaartpolitie, Afdeling Kust, lokale politie en kustgemeenten, lokale surfclubs en recreatieve vissers.

5.6.6 Monitoring

Een langetermijn monitoring van (cumulatieve) impacten ten gevolge van de ontwikkeling van de PEZ is aangeraden ten behoeve van wetenschappelijke inzichten, dewelke op hun buurt kunnen ten goede komen aan o.a. de visserij- en maricultuur sector.

5.7 RISICO'S, VEILIGHEID EN MENSELIJKE GEZONDHEID

5.7.1 Methodologie

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de veiligheidsaspecten en risico's gerelateerd aan scheep- en luchtvaart, vervuiling, aanvaring en menselijke gezondheid door de aanwezigheid van de windturbines, de funderingen en de bekabeling in de Prinses Elisabeth-zone (PEZ). De potentiële risico's en veiligheidsaspecten gerelateerd aan de constructie en assemblage van de verschillende onderdelen van de infrastructuur en de veiligheid aan boord van de betrokken constructie- en onderhoudsschepen valt buiten de scope van dit MER. Hoofdstuk 5.7 is uitgewerkt op basis van beschikbare literatuurbronnen, websites, monitoring-gegevens, gelijkaardige milieueffectenrapportages en de beschikbare gegevens voor het BNZ.

In overleg met de bevoegde overheid (BMM) is bovendien beslist dat wat betreft risico's voor het scheepvaartverkeer ten gevolge van de ontwikkeling van de Prinses Elisabeth-zone, en bijhorende radar en scheepscommunicatie een nieuwe studie vereist is. De bijkomende externe deelstudie rond aanvaring en nautische veiligheid is uitgevoerd door MARIN en de resultaten worden voorgesteld in Externe bijlage 2 "Aanvaringsstudie" (MARIN, 2023). De bespreking en beoordeling van de effecten op radar en scheepscommunicatie zijn gebaseerd op een bijkomende deelstudie door Prof. Em. Dr. Johan Catrysse, te vinden als Externe bijlage 3 bij voorliggend MER.

De potentiële risico's verbonden aan (olie)verontreiniging als gevolg van het plaatsen en de aanwezigheid van de geplande windturbines en bekabeling worden ingeschat op basis van literatuuronderzoek en voorgaande studies. Voor een beschrijving van de olie- en vetopvang binnen de turbine wordt verwezen naar sectie '3.4.1.2 Algemene turbinekenmerken'.

In dit hoofdstuk worden deze effecten besproken in de context van de Goede Milieutoestand van Descriptor 'D8 Contaminanten' (Belgische staat, 2018b): "concentraties van vervuilende stoffen zijn zodanig dat er geen verontreinigingseffecten optreden" Daarnaast wordt het risico op zwerfvuil ingeschat in verband met het behalen van de Goede Milieutoestand voor Descriptor 'D10 Zwerfvuil op zee'

Dit hoofdstuk beschrijft ook de potentiële impact op de menselijke gezondheid die voortvloeien uit het project. Tot slot worden ook eventuele leemten in kennis samengevat, (aanvullingen bij de bestaande) monitoringsmaatregelen voorgesteld en eventuele milderende maatregelen geformuleerd.

5.7.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

5.7.2.1 Scheepvaart

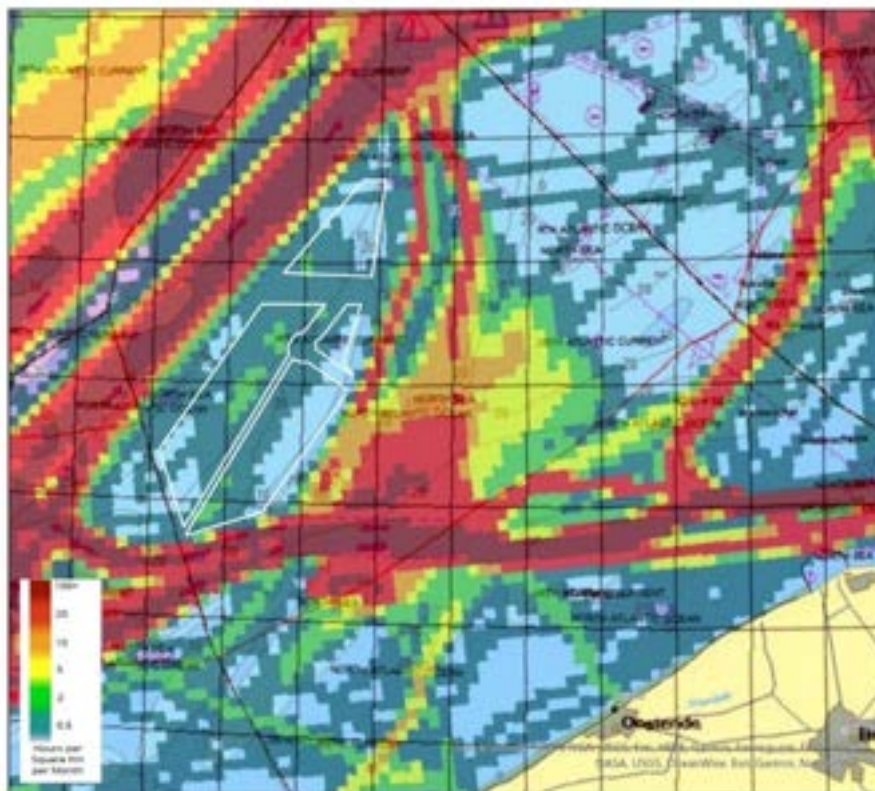
De voornaamste scheepvaartroutes binnen het BNZ worden weergegeven in Figuur 5-73. De drukste routes bevinden zich in de noordwestelijke zone en omvatten het merendeel van het scheepvaartverkeer door het Kanaal. Dichter bij de kust, ruwweg halverwege, bevindt zich een tweede belangrijke cluster van scheepvaartroutes met o.a. het Westhinder-

scheidingsstelsel. Het BNZ biedt jaarlijks plaats aan ongeveer 150.000 schepen of gemiddeld ongeveer 300.000 scheepsbewegingen van en naar de Vlaamse havens, waarbij verschillende types scheepvaart kunnen onderscheiden worden met elk hun eigen karakteristieken (Belgische Staat, 2018c; Maes et al., 2022):

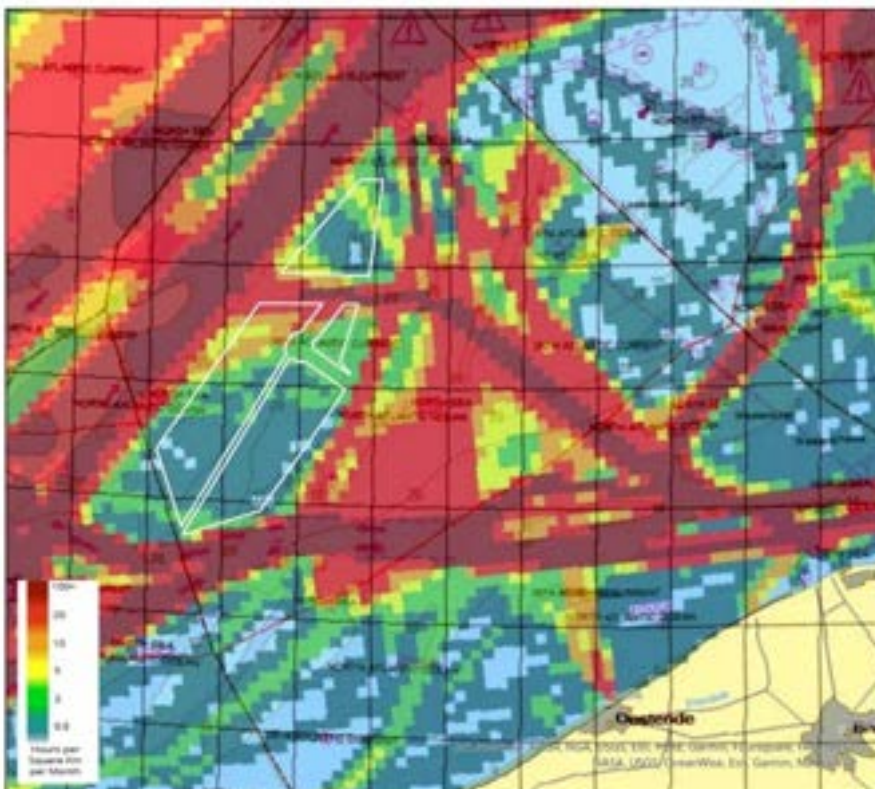
- Koopvaardijsschepen met een globaal-internationaal karakter. Het BNZ huisvest enkele van de drukst bevaren verkeersstromen wereldwijd, waarbij zowel de Belgische wereldhavens als andere havens ten noorden en zuiden van België met elkaar verbonden worden. Doorgaans bevinden zich in deze scheepvaartroutes de schepen met de grootste afmetingen en diepgang en deze afmetingen zullen naar alle waarschijnlijkheid nog toenemen naar de toekomst toe. Ladingen met potentiële risico's rond olieverontreiniging of andere schadelijke (milieu)gevaarlijke stoffen worden grotendeels vervoerd aan boord van tankers (15 % van het scheepsverkeer; zie Figuur 5-74), container- en RoRo-schepen (50 % van het scheepverkeer; zie Figuur 5-75);
- Koopvaardijsschepen met een Europees-internationaal karakter of de zogenaamde "short sea shipping". Dit betreft de intra-Europese koopvaardijsscheepvaart betrokken bij het duurzaam ontwikkelen van de Europese en Belgische mobiliteit;
- Passagiersschepen of ferry's van en naar de Belgische havens;
- Werkverkeer, vooral gerelateerd aan de windparken, zandwinningsgebieden en baggerwerken;
- Pleziervaart en toeristische vaart;
- Vissersschepen, zowel deze die vissen binnen het BNZ als het verkeer naar visgronden buiten het BNZ.



Figuur 5-73 – Voornaamste verkeersstromen en scheepvaartroutes (bruin) in het BNZ (MRP 2020-2026), met aanduiding van het projectgebied (lichtgroen).



Figuur 5-74 – Jaarlijkse gemiddelde scheepvaartintensiteit door tankers binnen het BNZ in 2021 op basis van AIS data in uren per km² per maand (DG Scheepvaart 2022), met aanduiding van het projectgebied.



Figuur 5-75 – Jaarlijkse gemiddelde scheepvaartintensiteit door vrachtschepen (container- en RoRo-schepen) binnen het BNZ in 2021 op basis van AIS data in uren per km² per maand (DG Scheepvaart 2022), met aanduiding van het projectgebied.

Voor elk van deze types scheepvaart zal een gezagvoerder op het schip in principe beslissen over de meest gunstige koers in functie van de bestemming en rekening houdend met eventuele obstakels, weersomstandigheden, verkeersdrukte en verplichte routes. Dit gebeurt steeds in functie van de veiligheid van het schip en zijn bemanning. Ook andere belangrijke factoren, zoals het besparen van tijd en brandstof, spelen hierbij een rol. Schepen met een grotere diepgang kunnen door de beperkte diepte in de Belgische zeegebieden en door de aanwezige zandbanken niet zomaar van het volledige gebied gebruik maken, waardoor deze schepen veelal routes hanteren waarvan de diepgang geweten en getest is, zij het van nature of zij het door bijkomende baggerwerken. Hierdoor maakt het voornaamste deel van de grotere schepen gebruik van dezelfde scheepvaartroutes en ontstaan op deze locaties drukkere (meer geconcentreerde) verkeersstromen (zie ook Figuur 5-73). De IMO (International Maritime Organisation) heeft langs deze drukkere routes op sommige locaties een verkeersregeling aangenomen, die op grond van het internationaal recht een scheepsroutesysteem voorstelt die de keuze voor bepaalde koersen moet beïnvloeden. Ook gelden rond sommige vaste installaties bepaalde veiligheidszones waar scheepvaart aan banden wordt gelegd.

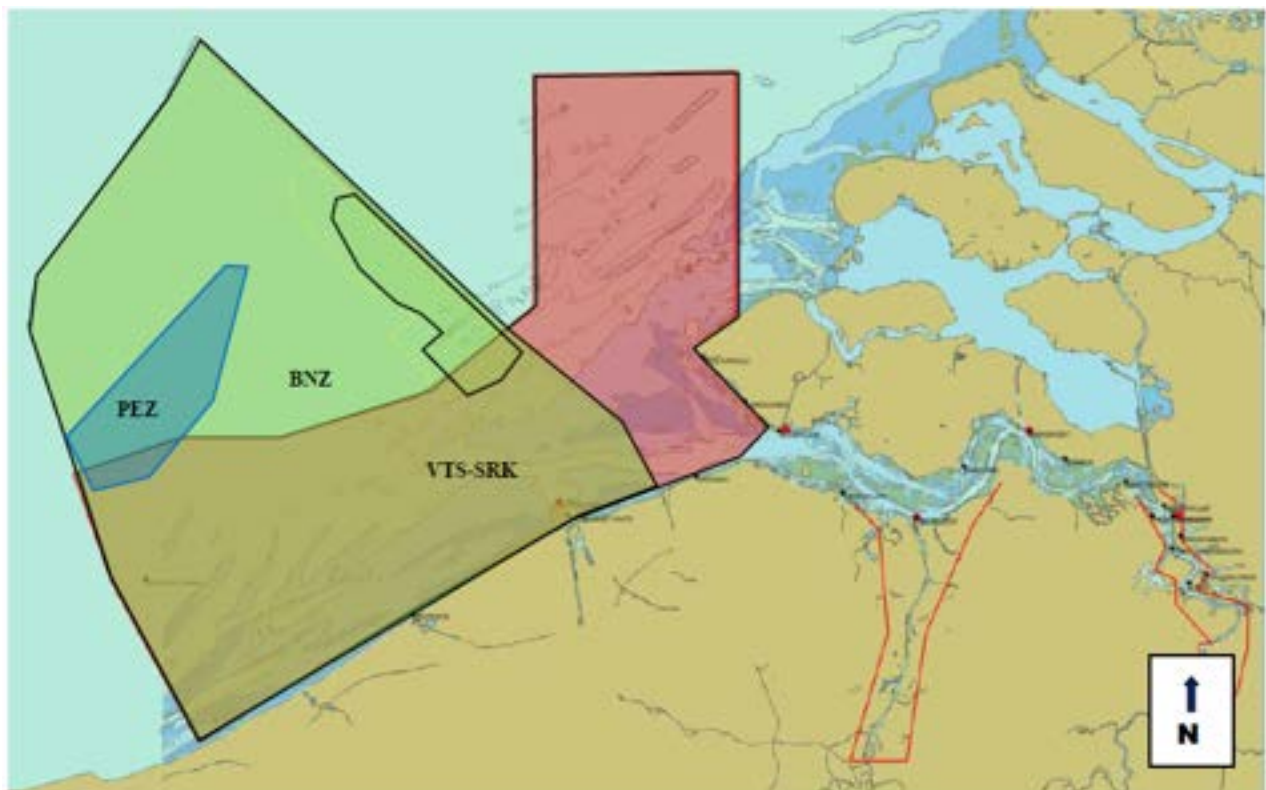
Nabij de kust bevindt zich vooral niet-route gebonden scheepsverkeer, zoals visserij, pleziervaart en werkverkeer gerelateerd aan de bestaande windparken. Langsheen Belgische kustlijn bevinden zich vier kusthavens. Nieuwpoort is voornamelijk een jachthaven, waardoor scheepsverkeer en aantal scheepsbewegingen grotendeels seizoensgebonden is. Het verkeer van en naar de haven van Oostende bestaat hoofdzakelijk uit vrachtverkeer (o.a. container- en RoRo-verkeer), werkvaart en professionele visserij. De haven van Oostende is ook de belangrijkste uitvalsbasis voor werf- en onderhoudsverkeer naar de bestaande oostelijke windzone. Daarnaast huisvest de haven ook een terminal voor ferry's en cruiseschepen, een vissershaven en een jachthaven. De kleinste kusthaven, in Blankenberge, speelt vooral een rol in seizoensgebonden pleziervaart en in recreatieve visserij. De haven in Zeebrugge, of Port of Antwerp-Bruges, is een polyvalente haven op Europees niveau. Jaarlijks worden hier meer dan 40 miljoen ton aan diverse goederen verscheept, met een focus op RoRo-verkeer, containerschepen en vloeibare bulkgoederen. Naast de industriële trafiek bevindt zich in de haven ook een vissershaven, een jachthaven en een marinebasis van de Belgische Defensie.

5.7.2.2 Radar en scheepscommunicatie

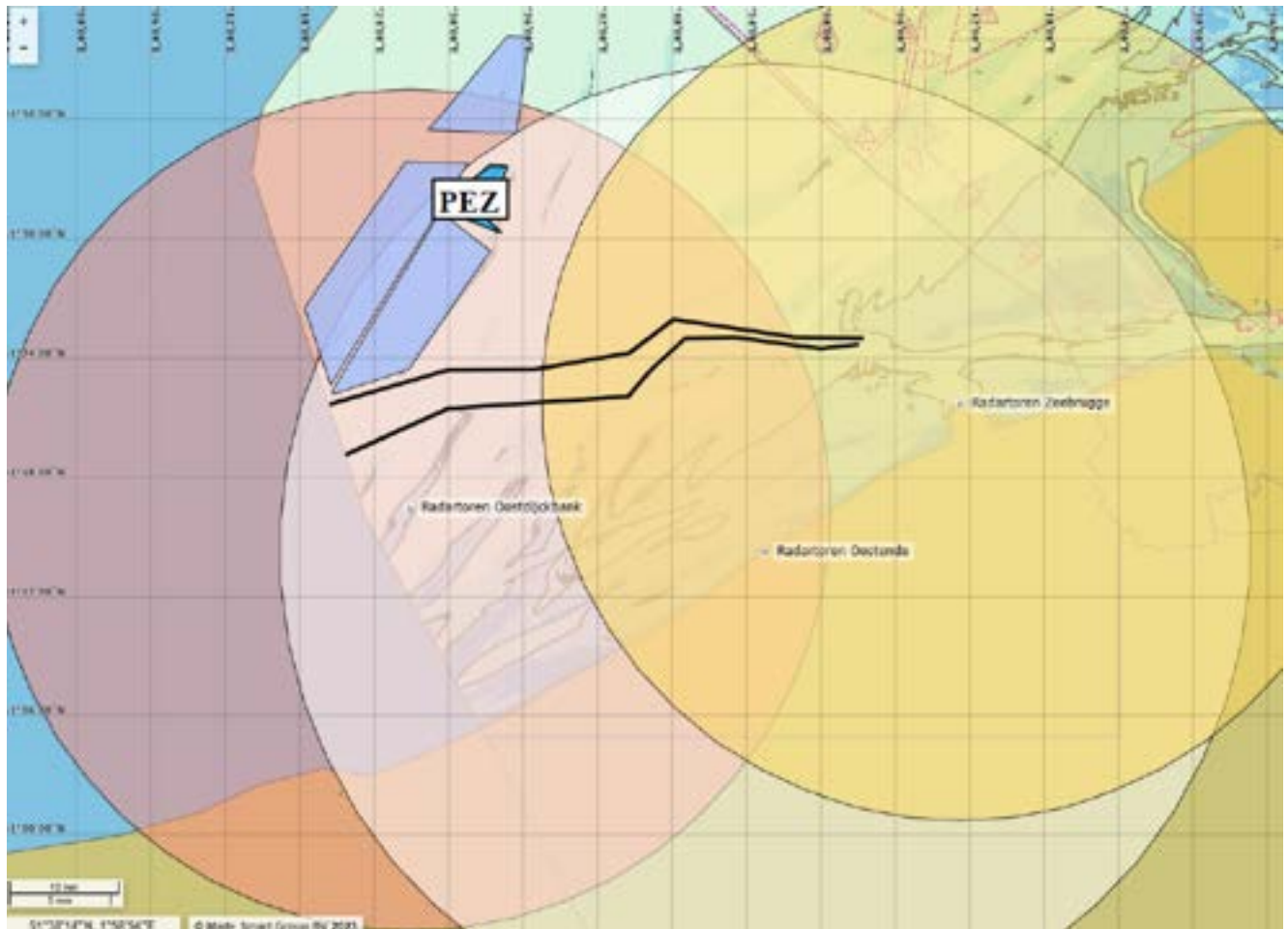
Binnen de discipline 'Veiligheid' wordt ook de mogelijke impact van de ontwikkeling van windparken in de Prinses Elisabeth-zone naar radar- en scheepscommunicatie bestudeerd, meer specifiek naar de radarwaarnemingen in het westelijk gedeelte van het Belgische deel van de Noordzee (BNZ) door de Schelde Radar Keten (SRK). Verder dient ook een analyse te worden gemaakt naar de mogelijke impact op de Very High Frequency (VHF) communicatie, het Automatic Information System (AIS) en het Radio Direction Finder (RDF) netwerk. Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar Externe bijlage 3 (Catrysse, 2023).

Voor de radarinstallaties en de bijhorende radiocommunicatie dient rekening te worden gehouden met het effectieve actiegebied van 'Vessel Traffic Services (VTS) – SRK' op de Noordzee (Figuur 5-76, in rood/bruin). Dit is het gebied waarin door de diensten van de scheepvaartbegeleiding actieve assistentie wordt verleend aan het scheepvaartverkeer, met een dubbele dekking door de SRK radars en een ongestoorde radiocommunicatie. Hierop is duidelijk te zien dat het VTS-SRK actiegebied slechts tot een beperkte afstand van de kust reikt, maar evenzeer grensoverschrijdend is naar Nederland toe.

Uiteraard heeft dit te maken met de veiligheid van en de scheepvaartbegeleiding op de vaarroutes naar de belangrijke havens van België en Nederland. Het feitelijke bereik van de SRK radars reikt verder dan dit afgebakende gebied, en de gegevens ervan worden ook gebruikt voor diverse toepassingen, echter zonder de stringente eis van dubbele radardekking. Zo kan de SRK radar van Zeebrugge een belangrijk gedeelte van de trafiek in de directe omgeving van de PEZ nog opvolgen, alhoewel dit niet meer tot het “officiële” actiedomein van SRK behoort. Het “feitelijke” bereik van de SRK radars is wel afhankelijk van de grootte van het object en wordt verder besproken in § 5.7.3.4. Illustratief wordt in Figuur 5-77 de reikwijdte van de SRK radarstations weergegeven bij een hoogte boven de zeespiegel van het waar te nemen object (schip) van 10 m.



Figuur 5-76 – Schematische voorstelling van het actief werkingsgebied VTS-SRK (rood), het BNZ (groen) en de PEZ zone (blauw) (Catrysse, 2023) (Merk op: het VTS-SRK werkingsgebied overappend met het BNZ krijgt een bruine markering (combinatie van groen en rood)).



Figuur 5-77 – Reikwijdte van de SRK radarstations, bij een hoogte boven de zeespiegel van het waar te nemen object (schip) van 10 m (Catryse, 2023)

5.7.2.3 Luchtvaartverkeer

Naast scheepvaartverkeer wordt kort ook de veiligheid van het luchtvaartverkeer aangehaald. Het projectgebied ligt op de grens van het Belgisch en Nederlands luchtruim. Op de onderstaande Figuur 5-78 wordt de grens aangeduid met een zwarte lijn. Dit is de lijn die langs de Schelde oever loopt en dwars door de PEZ gaat. Alles ten noorden is de Dutch Flight Information Region (FIR), alles ten zuiden ligt in het Belgisch luchtruim. Mogelijke effecten voor het Belgisch luchtvaartverkeer wordt in dit hoofdstuk behandeld. Voor het Nederlands luchtverkeer wordt verwezen naar Hoofdstuk 8 Grensoverschrijdende effecten.



Figuur 5-78 – Belgisch versus Nederlands luchtruim ter hoogte van het projectgebied PEZ

5.7.2.4 BNZ aangeduid als ‘speciale zone’ onder MARPOL

Olieverontreiniging

Onder de regelingen die van toepassing zijn op de MARPOL ‘speciale zones (Bijlage I)’, is het lozen van oliehoudende (vloeï)stoffen strikt verboden in de volledige Noordzee. Nationale regelingen en controles zijn doorgaans voldoende opdat geen lozingen plaatsvinden, maar een (afnemend) klein aantal illegale olielozingen afkomstig van schepen voor de Belgische kust vindt alsnog plaats. Een recente analyse toont echter aan dat deze illegale lozingen sterk afnemen in aantal in de afgelopen decennia (BMM, 2020a).

Milieuschade ten gevolge van aanvaringen is enerzijds afhankelijk van de hoeveelheid olie die uit het schip lekt en anderzijds van het type olie dat vrijkomt. Een olieverontreiniging kan verder oorsprong vinden in twee verschillende types: bunkerolie (als brandstof voor het schip) en ladingolie (als te vervoeren lading van het schip). Gezien de internationale IMO-verplichtingen rond dubbele wanden bij tankers, zal eventuele gelekke olie voornamelijk zijn oorsprong vinden in bunkerolie. Gelekke olie zal zich vanuit de oorsprong verspreiden in tijd en ruimte in een patroon dat afhankelijk is van de hydrodynamiek ter plekke, zoals golven, stromingen en wind, alsook van de viscositeit van de specifieke olie in kwestie. Zo verspreid dieselolie zich bijvoorbeeld verder en sneller dan zwaardere stookolie of ruwe olie.

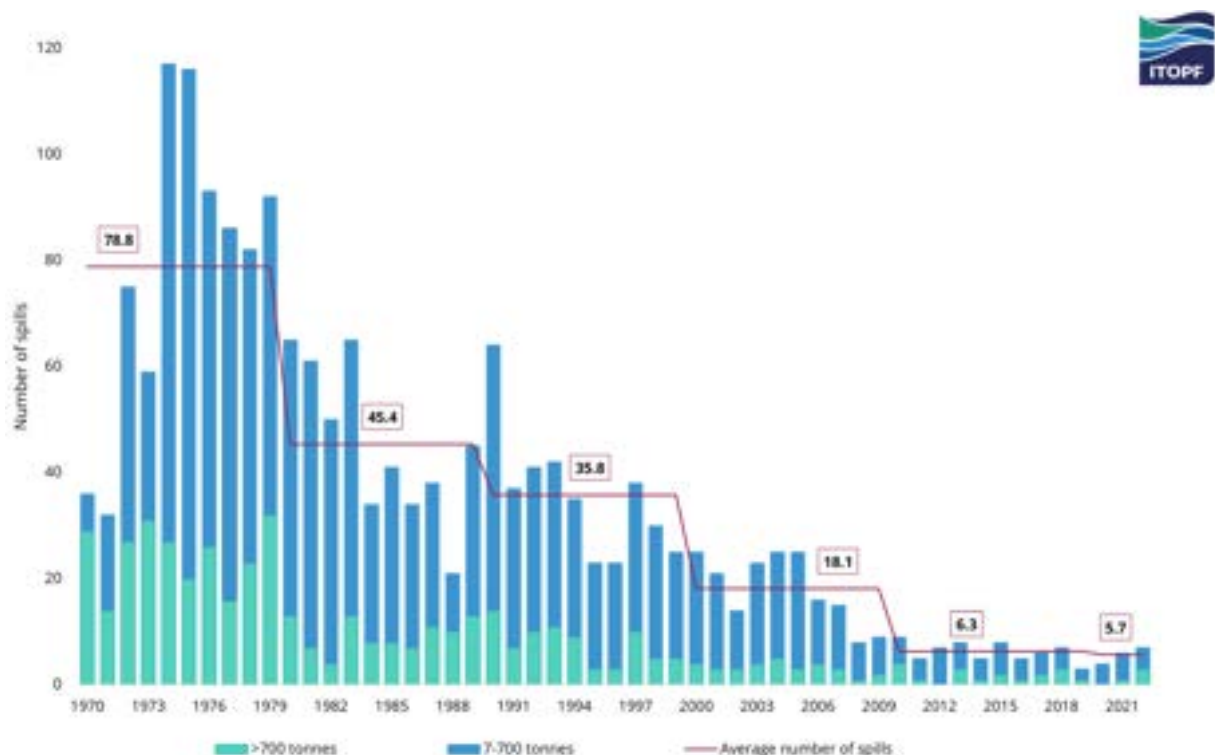
Potentiële olievervuiling ten gevolge van de bouw en ontwikkeling van een windpark kan op verschillende manieren optreden:

- Een onvoorzien verlies van olieachtige substanties van bagger- en bevoorradingsschepen die betrokken zijn bij de werkzaamheden, door bv. aanvaring of aandrijving;
- Een aanvaring met schepen die geen verband houden met het specifiek project;

- Een accidentele lozing vanop een betrokken platform of mobiel werkstation (vooral olies gebruikt als isolatiemedium of in noodgeneratoren en niet-elektrische voertuigen).

BMM monitort boven het BNZ met regelmaat vanuit hun observatievliegtuig, waarbij in 2019 in totaal 13 operationele lozingen werden geobserveerd en geen accidentele lozingen (BMM, 2020b). Naar aanleiding van een verscherpte maatregel rond waargenomen olielozingen in 2004-2005, de zogenaamde Havenontvangstrichtlijn, zakten de jaarlijks waargenomen olievolumes in het Belgische deel van de Noordzee met $\pm 90\%$. Olielozingen worden verder vooral in de drukke vaarroutes vastgesteld en slechts enkele relatief kleine lozingen werden buiten deze vaarroutes vastgesteld.

Op wereldschaal is er eveneens een duidelijke afnemende trend in aantal geobserveerde olie lekken (Figuur 5-79), en ook het volume aan gelekte olie is sterk afgenomen (ITOPF, 2023). In 2022 werden wereldwijd in totaal drie grote (> 700 ton; waarvan geen enkele binnen Europa) en vier gemiddelde (< 700 ton) olielozingen waargenomen (ITOPF, 2023).



Figuur 5-79 – Aantal internationale olie lekken gelinkt aan tankers tussen 1970 en 2022, met opdeling in matige (7-700 ton) en grote (>700 ton) lekken en gemiddeld aantal per decennium (ITOPF, 2023).

Zwerfvuil

Zwerfvuil in het mariene milieu is een globaal probleem waarvan de ernst blijft toenemen. Marien zwerfvuil wordt teruggevonden op stranden, drijvend op het zeeoppervlak, in de waterkolom, op en in de zeebodem en in allerlei zeedieren. In het BNZ wordt sinds 2002 onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid en mogelijke effecten van zwerfvuil, zowel in zee als op het strand. Per vierkante km kunnen in het BNZ gemiddeld bijna 4.000 stukken drijvend zwerfvuil worden gevonden, waarvan bijna 96 % bestaat uit plastic (FOD Leefmilieu, 2022). Onderzoek naar afval op de zeebodem dicht bij de Belgische kustlijn wijst op gemiddeld meer dan 4.000 items per vierkante km, een aantal dat naar alle

waarschijnlijkheid nog onderschat wordt gezien niet al het afval kan opgevist worden (Devriese & Janssen, 2022). Op de Belgische stranden worden gemiddeld bijna 1.400 stuks per km vloedlijn aangetroffen, waarvan het grootste deel (> 80 %) uit plastic bestaat (Devriese & Janssen, 2022). De oorzaken van marien zwerfvuil zijn divers, gaande van scheepvaart en visserij op zee tot kusttoerisme, instroom via rivieren of kanalen en slecht afvalbeheer verder landinwaarts. Gezien het grootste deel van marien zwerfvuil bestaat uit drijvende plastic items, kunnen deze over grote afstanden getransporteerd worden via verschillende stromingen en/of windcondities (OVAM, 2017). Deze plastics zijn zeer schadelijk voor het mariene milieu, gezien ze tot o.a. verstikking of verstrikking kunnen leiden voor onder meer zeevogels, zeehonden en walvissen.

Naast deze macroplastics kan marien zwerfvuil ook (deels) bestaan uit microplastics, dewelke kunnen opgenomen worden door allerlei mariene organismen en zo voor problemen zorgen wat betreft voedselveiligheid. Deze microplastics zijn o.a. terug te vinden in vele cosmetica, komen vrij bij het behandelen van allerlei macroplastics of zijn het resultaat van afbraak van ander marien zwerfvuil overheen de tijd. Deze microplastics kunnen bovendien toxische eigenschappen bezitten, dewelke in staat zijn om antimicrobiële resistentie in de hand te werken (FOD Leefmilieu, 2022).

Sinds 1991 is ook de Noordzee als Speciale zone voor afval onder MARPOL (Annex V) van kracht. Ter bestrijding van marien zwerfvuil in de Belgische Noordzee ontwikkelde de Federale overheid een actieplan, waarvan een eerste versie werd gepubliceerd in 2017. Een tweede versie verscheen in 2022. Naast dit federaal actieplan werd ook op Vlaams niveau een actieplan ontwikkeld dat in 2018 werd gepubliceerd door OVAM (OVAM, 2018).

Luchtvervuiling

Tenslotte valt de Noordzee ook onder Annex VI van het Marpol-verdrag (1997), waarbij het sinds 2021 als emissiecontrolegebied is aangeduid voor Sox en NOx. Hierdoor zijn in de Noordzee striktere controles geldig om de luchtvervuiling door schepen te minimaliseren. De Noordzee en het Kanaal zijn in 2006 als SECA-gebied aangeduid, waarbij de uitstootlimieten sinds 2015 nog verstrengd werden en enkel nog brandstof gebruikt mag worden met een zwavelgehalte van maximaal 0,10% (terwijl dit ervoor nog 1% - 1,5% bedroeg). Sinds 1 januari 2021 trad ook het NOX Emissiecontrolegebied of NECA voor de Noordzee in werking die onder meer stelt dat schepen gebouwd vanaf 2021 moeten voldoen aan de NOX Tier III-normen van voorschrift 13.5 van MARPOL-bijlage VI. Vanaf 2021 stemt het SECA en NECA-gebied geografisch overeen voor de Noordzee, en spreken we eenvoudigweg over het ECA gebied.

Sinds 2015 wordt aan boord van het Belgische Kustwachtvliegtuig een zogenaamde 'sniffer'-sensor ingezet die toelaat het zwavelgehalte in de brandstof af te leiden op basis van metingen die boven zee worden gerealiseerd in de uitstoot van schepen. Deze nieuwe "zwavelmonitoringsvluchten" van de BMM werden opgestart in het kader van het Europese pilootproject 'CompMon' (Compliance Monitoring), met als doel bij te dragen aan de handhaving van de strenge zwavelemissienormen vastgelegd in Bijlage VI aan het internationale MARPOL 73/78 Verdrag en de Europese Zwavelrichtlijn, in aanvulling van de havenstaatinspecties – in België uitgevoerd door het Directoraat-Generaal Scheepvaart (FOD Mobiliteit). De inperking van de zwaveluitstoot (of Sox) door schepen betreft immers een Europese topprioriteit, voor diverse belangrijke volksgezondheids- en milieuredenen (fijn stof, zure regen en verzuring van oceanen,

enz.). Sinds 2019 is de sniffer sensor uitgebreid met een Nox sensor waardoor het Belgische kustwachtvliegtuig, naast de zwavelmetingen, ook in staat zal zijn de nieuwste NOx emissienormen te monitoren vanuit de lucht⁵⁶.

Luchtvervuiling wordt in meer detail besproken onder hoofdstuk '5.2 KLIMAAT EN ATMOSFEER', maar vormt een mogelijk probleem naar de menselijke gezondheid (zie § 5.7.3.9).

5.7.2.5 Autonome ontwikkeling

Het aantal zeeschepen dat op jaarbasis de Vlaamse zeehaven aandoet, vertoont tijdens de laatste vier decennia een daling (-17,9% sinds 1980), die echter gecompenseerd wordt door de steeds groter wordende schepen waardoor het totale burto tonnage op heden ruim 3,5 maal de hoeveelheid uit 1980 overstijgt (Maes et al., 2022). Disruptieve gebeurtenissen, zoals de Corona-pandemie en de Brexit, kunnen ingrijpende veranderingen veroorzaken in de maritieme sector. Zo heeft de Corona-pandemie en de hiermee geassocieerde lockdown-periode in 2020 een significante afname in scheepsbewegingen, goederenoverslag en passagiersverkeer naar de Vlaamse havens teweeggebracht.

Daarnaast kan men ook verwachten dat meer schepen (vooral kleinere schepen) zullen voorzien worden van een AIS-transponder, waardoor het regelen van scheepsverkeer zal verbeteren en de kans op aanvaringen zal verminderen.

Daarenboven zal de erkenning van de Noordzee als speciale zone voor zowel olie, afval als emissies onder het MARPOL-verdrag (1997) (zie voorgaande paragrafen) bijdragen tot een dalende trend in verontreinigingen. Olielozingen zijn volledig verboden. Zowel in België als op internationaal niveau is die dalende trend waarneembaar in aantal olieverontreinigingen, mede door het in leven roepen van het verbod op enkelwandige tankers voor ruwe olie in 2003 naar of vanuit EU-havens⁵⁷. Ook het groeiend bewustzijn over de zwerfvuil-problematiek, waarbij het buitensporig gebruik van (wegwerp)plastics een halt moet toegeroepen worden, is een positief signaal die zich hopelijk in de toekomst verderzet. Op meerdere niveaus wordt hierrond actie ondernomen (Devriese & Janssen, 2022): op Europees niveau via de Europese Plastic Strategie, maar ook op Vlaams en Federaal niveau via de voorgenoemde actieplannen. In de KRMS zijn eveneens doelstellingen opgesteld die marien zwerfvuil aan banden moet leggen. Echter zijn tot op heden nog geen dalende trends waargenomen in zwerfvuil op Belgische stranden en vormen plastics nog steeds het grootste aandeel van zwerfvuil in het BNZ (Belgische Staat, 2018c).

5.7.3 Effecten

Potentiële risico's kunnen ontstaan door de aanwezigheid van de installaties (windturbines, funderingen en bekabeling) tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling gerelateerd aan:

- Wijziging scheepvaartverkeer

⁵⁶ <https://odnature.naturalsciences.be/mumm/nl/aerial-surveillance/combating-air-pollution;https://www.naturalsciences.be/nl/news/item/19155>

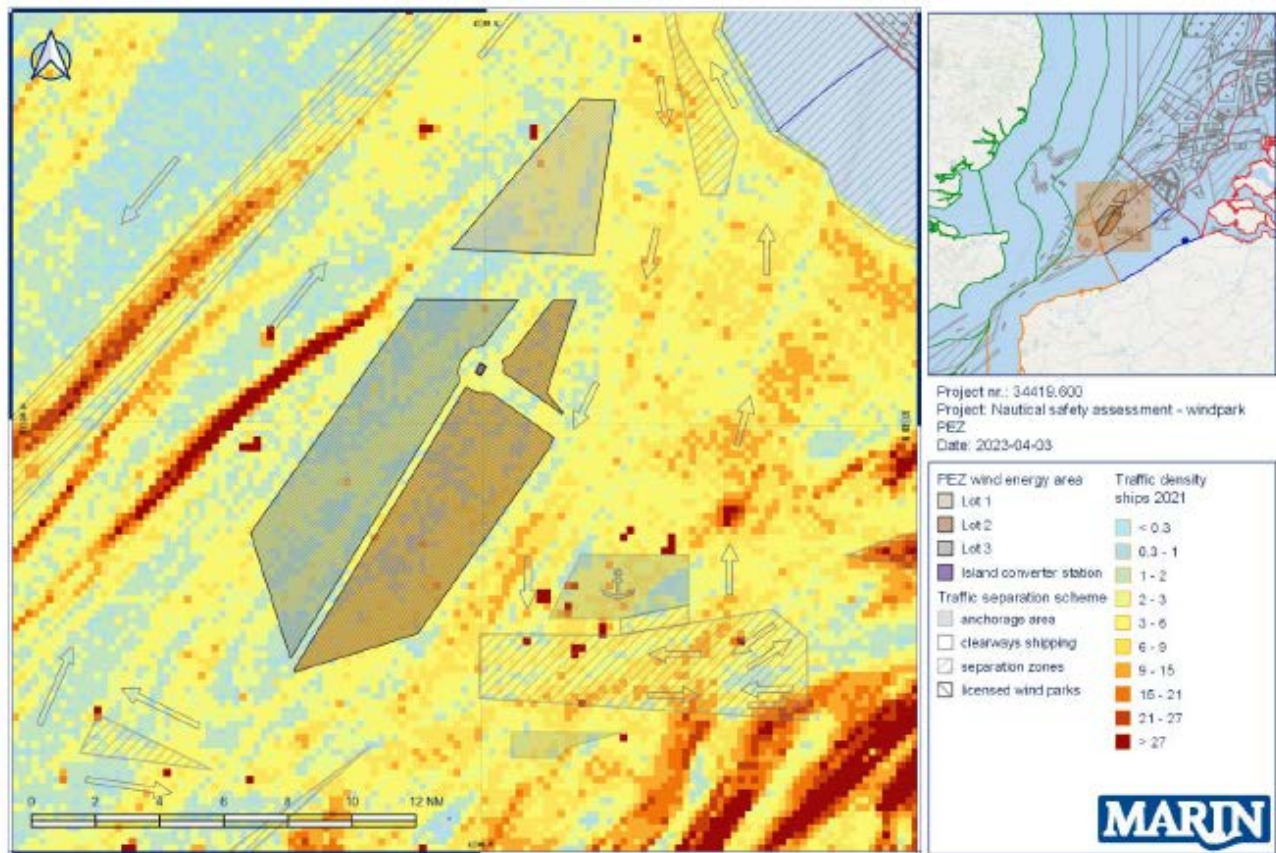
⁵⁷ Single-hull oil tankers banned from European ports from 21 October 2003, press release. Link: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_03_1421

- Risico op aanvaring
- Impact op radar en scheepscommunicatie
- Falen van infrastructuur
- Beschadiging van bekabeling
- Luchtvaartverkeer
- Zwerfvuil
- Menselijke gezondheid (Luchtvervuiling)

5.7.3.1 Wijziging scheepvaartverkeer

Volgens Maes et al. (2022) bedraagt het aantal scheepsbewegingen van en naar Vlaamse havens gemiddeld 300.000 per jaar over de laatste 10 jaar. De scheepsbewegingen binnen het kader van voorliggend MER worden besproken in § 4.3.4., de samenvatting staat in Tabel 4-10. Tijdens de constructiefase en ontmantelingsfase zijn er per fase gemiddeld ca. 1.050 scheepsbewegingen voor de totale PEZ overheen ca. 2-3 jaar. Tijdens de lange exploitatiefase (20 jaar) zijn er ca. 765 scheepsbewegingen per jaar voor onderhoud en monitoring. De ontwikkeling van de PEZ zal dus slechts een kleine jaarlijkse toename (ca. 0,2 – 0,3%) in aantal scheepsbewegingen betekenen. Bijgevolg wordt een geringe toename in kans op scheepsongevallen verwacht tijdens de verschillende fases van het project tijdens de trafiek van en naar de Vlaamse havens. Dit staat los van de aanvaringskans ten gevolge van het windpark die in volgende paragraaf wordt beschreven.

Omdat het PEZ-gebied tussen bestaande scheepvaartroutes is gepland, wordt niet verwacht dat de huidige scheepvaartroutes (en dus het route-gebonden verkeer, aangeduid als R-schepen) moeten worden gewijzigd. Weliswaar zal wel rekening moeten worden gehouden met de veiligheidsafstand van minimaal 500 m rondom de windparken conform KB Veiligheidszone (04/02/2020). Niet-routegebonden verkeer, aangeduid als N-schepen (vnl. visserij) zal zich moeten verplaatsen naar de omgeving. Op basis van een verkeersanalyse uitgevoerd binnen de aanvaringsstudie (MARIN, 2023), blijkt de densiteit van visserij-inspanningen eerder beperkt in PEZ (Figuur 5-80). Werkschepen voor de ondersteuning van het windpark zullen naar verwachting toenemen. Zoals hierboven reeds aangehaald, blijft ook deze jaarlijkse toename beperkt. Het effect gerelateerd aan een gewijzigd scheepvaartverkeer wordt als gering negatief beoordeeld (0/-) voor alle kavels (beide scenario's) en tijdens de 3 verschillende fases (constructie, exploitatie en ontmanteling).



Figuur 5-80 – Niet-route gebonden scheepsdensiteit (Visserij) rond de PEZ (gebaseerd op AIS data 2021) (MARIN, 2023)

5.7.3.2 Aanvaringsrisico's

De conclusies van de aanvaringsstudie (zie Externe bijlage 2; MARIN, 2023) worden hieronder hernomen samen met een korte toelichting over de berekeningsmethodiek en resultaten. Voor meer informatie wordt verwezen naar Externe bijlage 2.

Als uitgangspunt voor de berekeningen is een verkeersdatabase opgesteld op basis van AIS-gegevens van 2021. Belangrijk in de verkeersdatabase is dat er geen integrale verkeerspassage of speciale verkeerspassages voor kleinere schepen in de PEZ voorzien is, zodat al het passerende verkeer buiten en om het windpark heen vaart. Alleen bestemmingsverkeer (werk-, bemannings-, survey-, enz. schepen) zal in de toekomst binnen het windpark varen, maar deze schepen zijn niet in de analyse opgenomen. Binnen deze studie is geen rekening gehouden met een eventueel verkeersgroeiscenario.

Voor de berekeningen wordt een generieke methode voor veiligheidsstudies voor windparken toegepast. De botsingsfrequenties worden bepaald met het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea). Het model is ontwikkeld voor het Nederlandse directoraat-generaal Goederenvervoer (nu directoraat-generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken) en wordt gebruikt om de kansen en gevolgen van alle soorten ongevallen op zee in te schatten. Het SAMSON-model houdt echter geen rekening met werfverkeer binnen een windpark, daar deze een ander operationeel gedrag vertonen dan ander niet-routegebonden verkeer die een effect hebben op de probabieliteit en intensiteit van aanvaringen met windturbines. Dit type van werfverkeer is namelijk goed voorbereid voor operaties in een

windpark, waardoor het conventioneel contact-model van niet-routegebonden verkeer in SAMSON niet geschikt is. Bovendien zijn momenteel geen geverifieerde data beschikbaar van incidenten in offshore windparken die als basis gebruikt kunnen worden voor het model (MARIN, 2003, Externe bijlage 2).

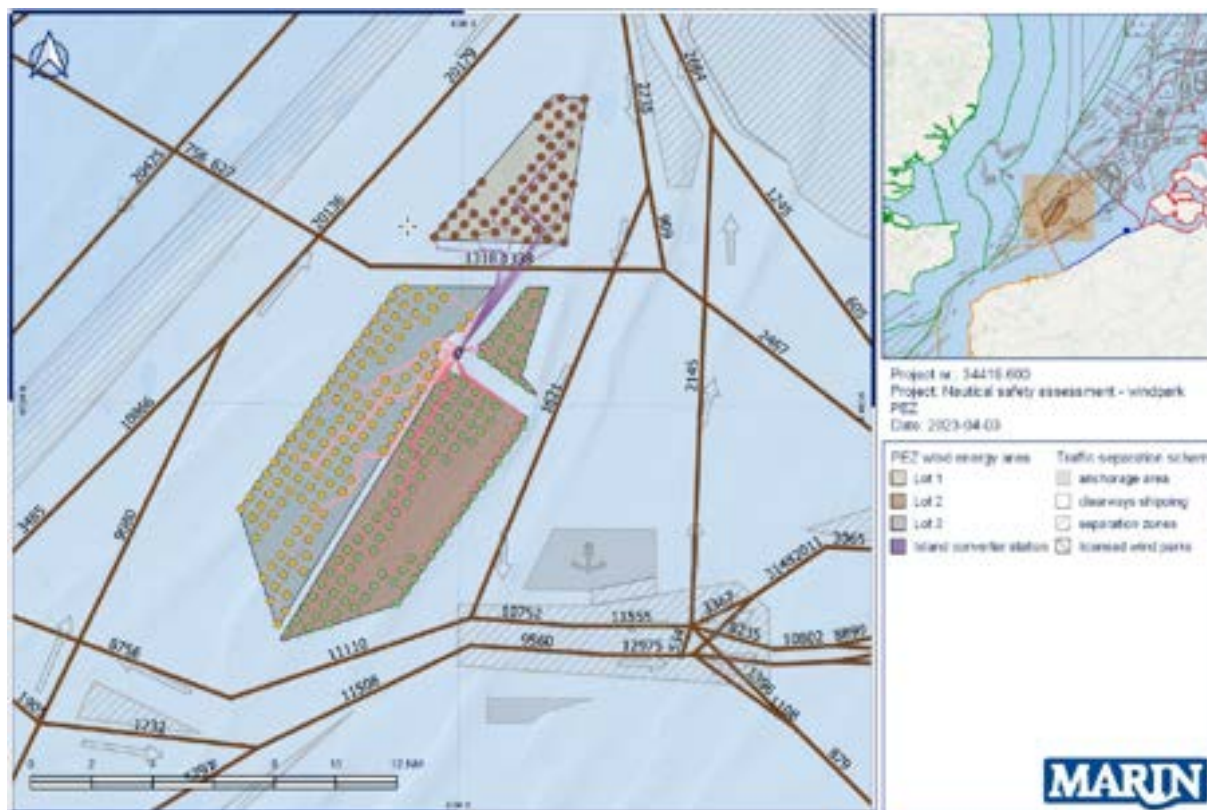
De bouw van een windpark heeft gevolgen voor het scheepvaartverkeer. Enerzijds is er de hinder door mogelijk gewijzigd scheepvaartverkeer dat gering negatief (0/-) wordt beoordeeld (zie 5.7.3.1). Door deze wijziging in scheepvaartverkeer (voornamelijk niet-routegebonden schepen, aangeduid als 'N-schepen') zullen de scheepvaartroutes buiten het windpark een hogere (misschien fractionele) intensiteit hebben. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes zal het aantal 'ontmoetingen' en daarmee het aantal ongevallen naar verwachting toenemen. Bovengenoemde effecten worden de "indirecte" effecten genoemd. Het SAMSON-model gebruikt voor de aanvaringsstudie houdt rekening met de gewijzigde scheepvaartpatronen door de ontwikkeling van PEZ.

Door de directe effecten van een windpark op de scheepvaart doen zich nieuwe soorten ongevallen voor, namelijk aanvaringen met een windturbine van het windpark. In SAMSON worden deze soorten ongevallen respectievelijk ramming- en driftcontacten genoemd:

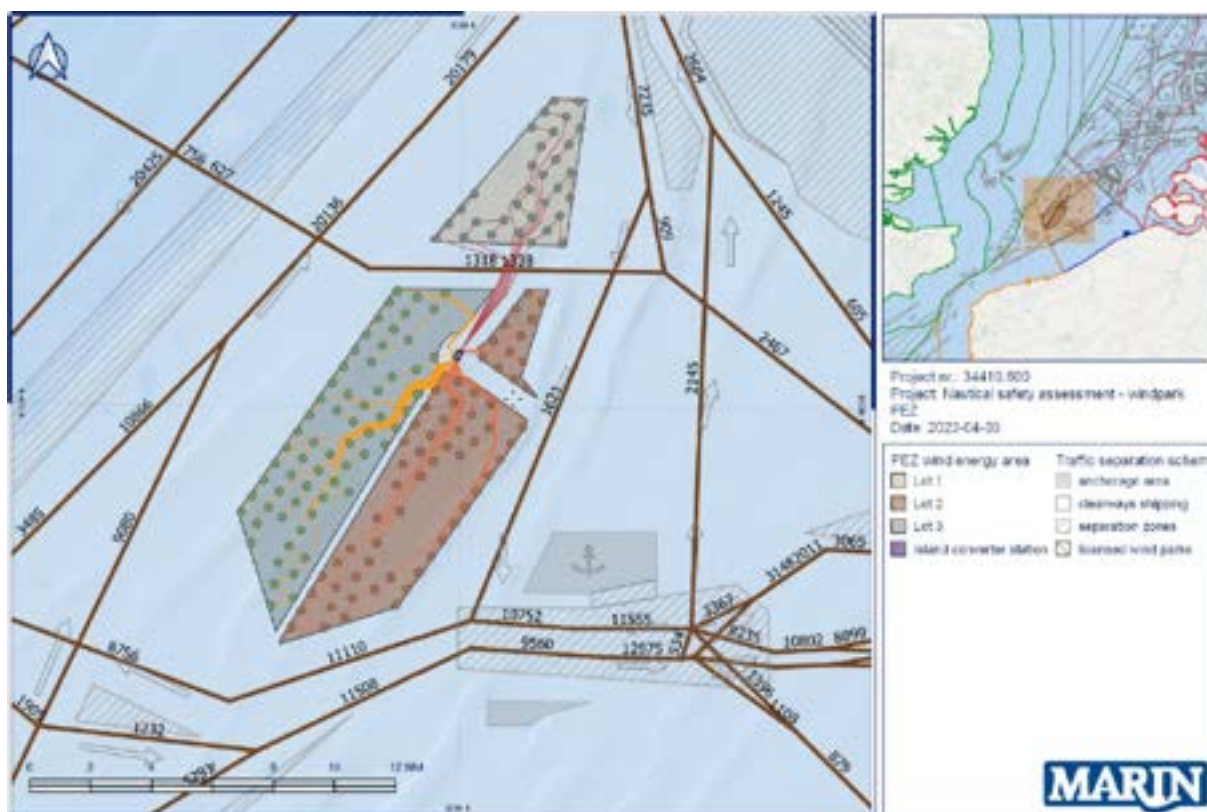
- Een **aangedreven aanvaring** is het gevolg van een navigatiefout, wanneer de navigator van een schip, dat op ramkoers ligt met een windturbine van het windpark, niet of te laat reageert. Een navigatiefout kan verschillende oorzaken hebben, zoals onwetendheid, het windpark niet zien, niet aanwezig zijn op de brug, onwel worden en niet in staat zijn te reageren, enz. **De aanvaringssnelheid is hoog.**
- Een **aanvaring op drift** treedt op wanneer een schip niet meer manoeuvreerbaar is door het uitvallen van machines. In eerste instantie kan het anker worden gebruikt om het schip te stoppen, maar als dit niet mogelijk is of niet lukt, is de beweging van het schip (snelheid en richting) volledig afhankelijk van de omgevingsomstandigheden (wind, golven en stroming). Vervolgens kan een drijvend schip onvermijdelijk in aanvaring komen met een windturbine. **De aanvaring is dwars en de snelheid is laag.**

Deze ongevallen worden veroorzaakt door het scheepvaartverkeer rond het windpark en zijn niet noodzakelijk beperkt tot de groep schepen die het gebied van het windpark passeerden toen het er niet was.

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van twee configuratiescenario's. Er is gekozen voor een configuratie met een groter aantal (257) windturbines met minder vermogen (12 MW), geplaatst op een jacket fundering (90 %) en op gravitaire funderingen (10 %) (scenario 1; Figuur 5-81), en een configuratie met een kleiner aantal (160) windturbines met meer vermogen (22 MW), geplaatst op monopiles (scenario 2; Figuur 5-82). Deze twee configuraties samen geven een goede indicatie van het bereik van de kans op turbinebotsingen, aangezien scenario 1 meer turbines heeft, maar de turbines in scenario 2 een grotere fundering hebben. De posities van de turbines zijn in detail weergegeven in de onderstaande figuren samen met de routegebonden scheepvaartdatabase. Binnen de getoonde configuraties zijn een aantal 'lege' gebieden zichtbaar, met name de meest gevoelige grindbedden waar uit voorzorg geen windturbines worden geplaatst.



Figuur 5-81 – Configuratie turbines en kabels Scenario 1 (MARIN, 2023)



Figuur 5-82 – Configuratie turbines en kabels Scenario 2 (MARIN, 2023)

Exploitatiefase

Onderstaande Tabel 5-37 geeft de totale aanvaringsfrequenties voor elk scenario, per kavel (Engels: lot) en voor de PEZ in zijn totaliteit. Voor de gehele PEZ in scenario 1 is het verwachte aantal aanvaringen eens per 4 jaar. Scenario 2 heeft een iets lagere frequentie, namelijk eens per 6 jaar. Voor de afzonderlijke kavels ligt dit risico lager, respectievelijk tussen eens om de 8 tot 20 jaar in scenario 1 en tussen eens om de 12 tot 28 jaar in scenario 2. Voor beide scenario's is de gemiddelde aanvaringsfrequentie per turbine voor kavel 2 iets hoger dan de gemiddelde frequentie per turbine voor kavel 1 en 3. Aangezien het PEZ-gebied gelegen is tussen verschillende verkeersscheidingsstelsels met een hoge scheepvaartdichtheid is de berekende aanvaringsfrequentie relatief hoog. Dit is met name het geval in de zuidoostelijke hoek van het gebied, aangezien deze zich nabij een kruising van scheepvaartwegen bevindt. Ter vergelijking: het windpark Borssele met 173 turbines heeft een vergelijkbare ligging ten opzichte van het scheepvaartverkeer en heeft een totale aanvaringsfrequentie van eens in de 9 jaar (Koldenhof, 2022). Tenslotte zal er ook een bijkomend risico op incidenten door het werfverkeer in het windpark zijn. Zoals eerder aangehaald zit dit type van niet-routegebonden verkeer niet vervat in het SAMSON-model omwille van hun atypisch gedrag. Daar het om een beperkte jaarlijkse toename gaat van scheepsbewegingen (ca. 0,2 – 0,3 %), waarbij bovendien het schip en personeel goed uitgerust en getraind is, wordt dit bijkomend risico als beperkt ingeschat.

Voor de kavels afzonderlijk (ca. eens per 8 tot 28 jaar, afhankelijk van kavel) wordt het effect als matig negatief (-) tot significant negatief (--; enkel voor kavel 2 in scenario 1) beoordeeld, in lijn met andere gekende windparken van dezelfde grootteorde. Het totale risico op aanvaring ten gevolge van PEZ (ca. eens per 4 tot 6 jaar) ligt aanzienlijk hoger, maar is van eenzelfde grootteorde als de Oostelijke energiezone (eens om de 5 jaar). Het totale aanvaringsrisico voor PEZ wordt als significant negatief (--) beoordeeld. Enkel indien de nodige milderende maatregelen (zie § 5.7.5.1) worden toegepast kan dit effect binnen aanvaardbare normen teruggebracht worden.

Tabel 5-37 – Verwacht aantal aanvaringen per jaar voor het PEZ-windpark (MARIN, 2023)

Scenario 1									
Variant	Number of turbines	Number of collisions (ramming) per year			Number of collisions (drifting) per year			Total number per year	Once in ... year
		R-ships	N-ships	Total	R-ships	N-ships	Total		
PEZ total	278	0,0748	0,0460	0,1208	0,1300	0,0122	0,1422	0,2630	4
Lot 1	54	0,0161	0,0049	0,0210	0,0274	0,0020	0,0294	0,0504	20
Lot 2	107	0,0454	0,0305	0,0759	0,0474	0,0056	0,0530	0,1289	8
Lot 3	117	0,0132	0,0106	0,0239	0,0552	0,0046	0,0598	0,0836	12

Scenario 2									
Variant	Number of turbines	Number of collisions (ramming) per year			Number of collisions (drifting) per year			Total number per year	Once in ... year
		R-ships	N-ships	Total	R-ships	N-ships	Total		
PEZ total	160	0,0533	0,0331	0,0865	0,0776	0,0076	0,0852	0,1717	6
Lot 1	32	0,0130	0,0040	0,0170	0,0169	0,0013	0,0182	0,0352	28
Lot 2	64	0,0317	0,0221	0,0538	0,0292	0,0036	0,0328	0,0866	12
Lot 3	64	0,0087	0,0071	0,0157	0,0315	0,0027	0,0342	0,0499	20

Constructie- en ontmantelingsfase

Tijdens de constructie- en ontmantelingsfase zijn een deel van de windturbines nog in opbouw of worden ze ontmanteld. Omwille van de relatief korte ontwikkelingsperiode voor de PEZ (2028-2030) werden in de aanvaringsstudie (Externe bijlage 2; MARIN, 2023) enkel de totalen per kavel en PEZ berekend (en niet een gefaseerde opbouw). Het aanvaringsrisico per kavel wordt hier indicatief als basis genomen en de risico's voor alle kavels tijdens de constructie- en ontmantelingsfase worden daarom als matig negatief (-) beoordeeld.

5.7.3.3 Olieverontreiniging door een scheepsramp

Olievervuiling door een scheepsramp kan op verschillende manieren optreden, **en dit tijdens de verschillende fases in de ontwikkeling van de PEZ windparken:** enerzijds door een incident met een windturbine met als resultaat het lekken van olie of olieachtige smeermiddelen en anderzijds door een onvoorzien verlies van olieachtige substanties van een schip (door aanvaring/aandrijving) ten gevolge van schepen die betrokken zijn bij de werkzaamheden rond het project (constructie incl. bekabeling, exploitatie, ontmanteling) of ten gevolge van een ongeval met schepen die geen verband houden met het project.

De mate van milieuschade door een aanvaring of lekkage bij een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit het schip stroomt. Er worden twee hoofdtypen olie onderscheiden: bunkerolie en ladingolie. Vanwege de verplichting dat tankers dubbelwandig moeten zijn, zal de gelekte olie waarschijnlijk voornamelijk bestaan uit bunkerolie. Naast olievervuiling kan ook de uitstroom van chemicaliën schade aan het milieu veroorzaken.

Na een accidentele lozing zal de olie zich verspreiden en een potentieel gevaar vormen voor het mariene ecosysteem en kustgebieden. Bij het beoordelen van de impact van olievervuiling moet rekening worden gehouden met verschillende factoren, waaronder de weersomstandigheden tijdens de vervuiling, het type olie, de hoeveelheid gelekte olie en de locatie van het lek. Deze kenmerken bepalen de omvang van de olievlek, de stromingspatronen en de snelheid waarmee de olie uiteenvalt, emulgeert, verdampt, verspreidt en zinkt.

Voor het C-Power-project op de Thorntonbank (op ca. 30 km van de kust) werd een modelstudie uitgevoerd door WL Delft Hydraulics (Boot, 2003; Kleissen, 2003) om de mogelijke effecten van een accidentele olielozing van 1000 ton zware stookolie (heavy fuel oil – HFO) onder verschillende omstandigheden in te schatten. De keuze van 1000 ton werd gebaseerd op het maximale volume dat binnen de capaciteit van de opruimingsmogelijkheden in België valt. De resultaten toonden aan dat bij een windsnelheid van 17 m/s (7 Beaufort) en een windrichting recht naar de kust (worst case scenario, in ongeveer 1,2 % tot 2,6 % van de observaties) een deel van de olie de Belgische kust zou bereiken. Bij lagere windsnelheden zou de olievlek zich in noordoostelijke richting verspreiden zonder de Belgische kust te bereiken, maar mogelijk wel de Nederlandse kust. Dit kan gevolgen hebben voor de avifauna in de Voordelta. De modelleringsresultaten (Boot, 2003; Kleissen, 2003) toonden ook aan dat er verschillen waren in de omvang van de verontreinigde oppervlakte. Een lozing tijdens springtij resulteerde in een grotere verspreiding van de olie, wat de opruiming bemoeilijkt in vergelijking met een lozing tijdens doodtij. Bijvoorbeeld, bij een scenario met springtij en een frictiecoëfficiënt van 5 % bleek dat de olievlek na 6 tot 8 uur een lengte van meer dan 20 km zou bereiken. De olievlek was korter bij een frictiecoëfficiënt van 3 % en nog kleiner bij doodtij. In een tweede studie op het BNZ voor het SeaStar-windpark toonden simulaties van Dulière en Legrand (2011) aan dat tijdens kalme weersomstandigheden (geen wind) een olievlek die zich vormde in de Norther-zone (op ca. 23 van de kust) oscilleerde tussen de Belgische en Nederlandse wateren met de getijden. Deze olievlek zou geen invloed hebben op de beschermde gebieden in België en Nederland. Bij zwaardere weersomstandigheden, zoals een wind van 17 m/s, was de drift van de olie voornamelijk afhankelijk van de windsnelheid en -richting. Vanuit SeaStar zou de olie binnen minder dan 3 uur de Nederlandse zone bereiken en na ongeveer 9 uur de Franse kust. De kwetsbare gebieden in België (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) zouden binnen 3 tot 12 uur geïmpacteerd kunnen worden, en de eerste aanspoeling van olie zou ongeveer 12 uur na de lozing bij Zeebrugge kunnen plaatsvinden.

Voor de PEZ werd geen bijkomende modelstudie vereist, gezien zijn verder offshore gelegen ligging (op ca. 35-55 km uit de kust) en daar de effecten voor de meer nabijgelegen Oostelijke energiezone eerder gering bleken en beheersbaar. Het projectgebied PEZ ligt dicht bij de Franse kust dan bij de Nederlandse kust (respectievelijk op ca. 35 km en 55 km). Terwijl nabij de kust en langs de Vlaamse Banken de vloedstroom (resulterende NO stroming) domineert, is de ebstroom de dominante stroomrichting (ZW) ter hoogte van het projectgebied PEZ (Lanckneus et al., 2001, zie ook Figuur 5-13 in § 5.1.2.5) waardoor de olieverontreiniging zich ook eerder richting Frankrijk zal begeven. Op basis van voorgaande modelstudies en rekening houdende met de verdere afstand van PEZ ten opzichte van de kust, wordt een eerste aanspoeling van olie niet binnen de eerste 12 u na lozing verwacht aan de Belgische kust. De impact op de Vlaamse Banken bij een olieverontreiniging is afhankelijk van de locatie en omvang van de verontreiniging. Aangezien grote delen van PE II en PE III binnen de Vlaamse Banken liggen is het waarschijnlijk dat deze een effect zouden ondervinden. De meest nabij gelegen kwetsbare gebieden in Frankrijk ('Bancs des Flandres' op ca. 6,5 km) zouden naar analogie met voorgaande

modelstudies reeds binnen de 3 à 4 uur geïmpacteerd kunnen worden. Er worden vrijwel geen effecten verwacht voor de Nederlandse wateren en natuurbeschermingsgebieden (Vlakte van de Raan op ca. 40 km).

De impact van een worst-case olielozing bij springtij op de mariene fauna is ook berekend door WL Delft Hydraulics (Boot, 2003; Kleissen, 2003). De belangrijkste resultaten worden hier kort samengevat. Voor meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar het MER C-Power (Ecolas, 2003). De directe verliezen voor ongewervelde dieren en vissen zijn zeer beperkt wanneer ze worden blootgesteld aan de hoogste potentiële concentratie van zware stookolie volgens de simulaties. Bij lagere windsnelheden worden de effecten als minimaal beschouwd. Eieren en larven van vissen in ondiepe wateren kunnen wel een hoge sterfte ondervinden als gevolg van olieverontreiniging, vooral wanneer dispersanten worden gebruikt bij de bestrijding van olieverontreiniging (Lindgren & Lindblom, 2004).

De impact op vogels hangt af van de aanwezige soorten, hun dichtheid, kwetsbaarheid en de omvang van het verontreinigde gebied. Bij een worst-case scenario met een wind van 17 m/s en een impactgebied van 47 km² kust, wordt verwacht dat het aantal dode vogels tussen de 300 en 400 ligt (Ecolas, 2003). Bij lagere windsnelheden stijgt dit aantal tot 669 bij een wind van 10 m/s en tot 1.117 bij een wind van 7 m/s (BMM, 2009). De Noord- en Westhinder zandbanken, gelegen t.h.v. de PEZ, zijn volgens de biologische waarderingskaart (zie Figuur 5-49 in § 5.4.2.3) van hoog belang voor zeevogels in het BNZ, vooral voor o.a. Jan-van-Genten (*Morus bassanus*), stormmeeuwen (*Larus canus*), grote mantelmeeuwen (*Larus marinus*), drieteenmeeuwen (*Rissa tridactyla*), zeekoeten (*Uria aalge*) en alken (*Alca torda*). Over het algemeen zijn de meest pelagische soorten en de minst lucht gebonden soorten degene die het meest kwetsbaar zijn voor olie (Camphuysen, 2007). Op basis van een gemiddelde Oil Vulnerability Index zijn de meest gevoelige zeevogel families in West-Europa de alken, duikers, aalscholvers en zee-eenden omwille van de grote hoeveelheid tijd die deze soorten op het water verblijven en lage reproductie. Meeuwen, stern en steltlopers zijn over het algemeen minder gevoelige soorten (de drieteenmeeuw is gevoeliger dan de andere meeuwen soorten daar ze langere rusttijden op zee doorbrengen) (Garttner, 2018). De gemodelleerde verliezen aan strandvogels blijven verwaarloosbaar gezien de offshore ligging van PEZ. Het is dus van belang om snel te handelen bij een olielozing. Echter dient benadrukt te worden dat deze scenario's gebaseerd zijn op een windsnelheid van 17 m/s of 7 Beaufort. Onder dergelijke weersomstandigheden is interventie altijd riskant en moeilijk, en de efficiëntie van de opruiming is laag (bijvoorbeeld door te hoge golven die het gebruik van drijflichamen ('booms') en het uitvaren van schepen bemoeilijken). Bij lagere windsnelheden is er meer tijd om in te grijpen en is opruiming op zee eenvoudiger.

Uit de aanvaringsstudie blijkt dat aandrijvingen door routegebonden schepen het grootste risico vormen. Een aandrijving als gevolg van een storing in de voortstuwing kan worden voorkomen als het schip voor anker kan gaan of als de storing tijdig wordt verholpen. Het opvangen van een driftend schip door een stationssleepboot kan ook voorkomen dat de storing leidt tot een aandrijving. De aanwezigheid van een stationssleepboot of ETV⁵⁸ in de zone vermindert de kans op

⁵⁸ Een emergency towing vessel (ETV) is een multifunctioneel schip dat door de overheid wordt gebruikt om gestrande schepen op volle zee te slepen om gevaren voor mens en milieu te voorkomen. Een ETV kan bv. brandbestrijding en antiverontreinigingstaken uitvoeren. Een stationssleepboot is een soort ETV die permanent op een bepaalde locatie wordt gestationeerd om snel te kunnen reageren op noodsituaties. Een stationssleepboot heeft meestal een hoge trekkracht en een grote actieradius.

aanvaringen en aandrijvingen aanzienlijk. Het ETV kan een aandrijving voorkomen door het schip te bereiken voordat het een windturbine raakt. De vermindering van het aantal aandrijvingen is sterk afhankelijk van de positie van de ETV op het moment van de melding. Naast de vertraging bij het ingrijpen, kunnen er ook problemen optreden bij het bestrijden van een olievlek rondom windturbines. Dit is vooral het geval bij grotere gelekte volumes. Zelfs een olievlek van enkele tientallen tonnen, afkomstig van buiten het windpark, kan al een uitdaging vormen. Wanneer de olievlek te dicht bij de windturbines komt, wordt het indammen bemoeilijkt omdat bestrijdingsschepen voorzichtiger moeten manoeuvreren. Het indammen van de olievlek gebeurt met behulp van drijvende barrières, waarna de olie wordt verzameld en afgevoerd met behulp van 'skimmers' (boten, vacuümpompen, absorberend materiaal). In sommige gevallen kunnen chemische dispersanten worden gebruikt om de olie af te breken in kleinere deeltjes die minder schadelijk zijn.

Het voorzorgsprincipe moet dus worden toegepast, waarbij in de eerste plaats moet worden geprobeerd om aanvaringen te voorkomen en, indien dat niet mogelijk is, een lozing te vermijden of zo snel mogelijk te beperken. België beschikt sinds 2001 over gespecialiseerde uitrusting voor de bestrijding van verontreiniging op zee, meer bepaald voor olievlekken en gevaarlijke stoffen, echter enkel geschikt voor een eerste interventie. België heeft momenteel geen eigen ETV of stationssleepboot die wordt ingezet in de Noordzee. België werkt in geval van een groter incident op het BNZ wel samen met andere landen. België is namelijk een van de tien landen die samen met de Europese Unie deel uitmaken van het Bonn Agreement. Dit is een internationaal verdrag dat de samenwerking regelt bij de bestrijding van olie- en andere schadelijke stoffen in de Noordzee. Het Bonn Agreement organiseert onder meer gezamenlijke luchtverkenningen, informatie-uitwisseling, oefeningen en trainingen, en wetenschappelijk onderzoek. Ook biedt het Bonn Agreement wederzijdse bijstand aan in geval van een grote olieverontreiniging die de capaciteit van één land overstijgt. België kan daarbij beroep doen op ETV's van andere landen die actief zijn in de Noordzee zoals Nederlands, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk, of op commerciële sleepdiensten van bedrijven.

Mede gezien de relatief ver offshore gelegen ligging en de interventiemogelijkheden (incl. samenwerking met andere landen indien nodig) wordt het effect op olieverontreiniging door een scheepsramp ten gevolge van de windparken in de PEZ als gering negatief beoordeeld (0/-) voor alle kavels en alle projectfasen (constructie, exploitatie en ontmanteling). Specifieke grensoverschrijdende effecten worden eveneens besproken in § 8.7.

5.7.3.4 Impact op radar en scheepscommunicatie

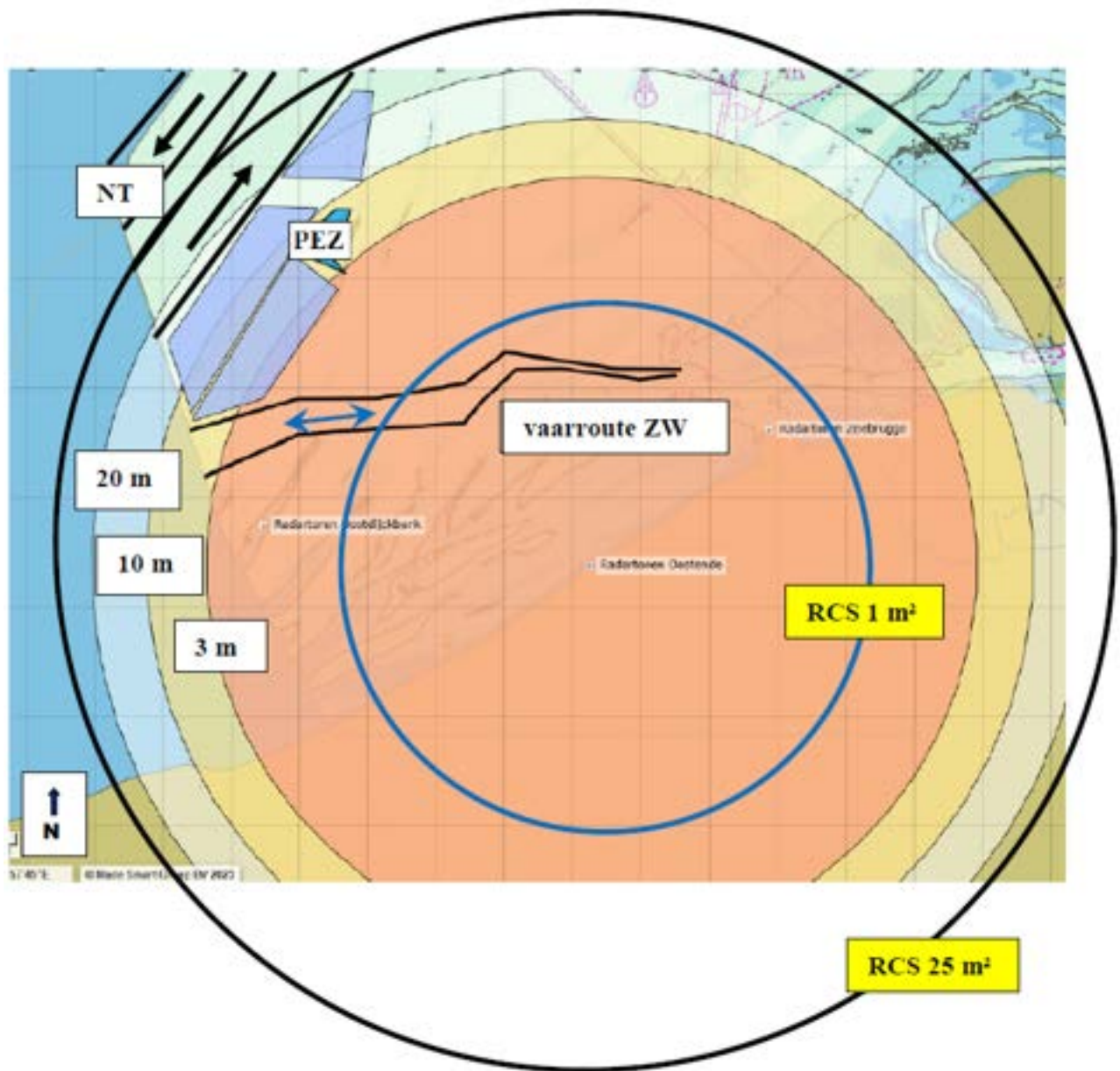
De conclusies van de radarstudie (zie Externe bijlage 3; Catrysse, 2023) worden hieronder hernomen samen met een korte toelichting over de berekeningsmethodiek en resultaten. De conclusies omvatten tevens de besproken effecten omtrent het gehele BNZ op de Noordzee met betrekking tot de SRK radarinstallaties, de scheepsradar en de verschillende marifone radiocommunicatiesystemen. Voor meer informatie wordt verwezen naar Externe bijlage 3.

Impact op de waarnemingen van de SRK walradarstations

Zoals eerder aangegeven in 5.7.2.2, dient opgemerkt te worden dat nagenoeg het gehele project Prinses Elisabeth-zone buiten het actieve werkingsgebied van de SRK-radarketen ligt (Figuur 5-76). Dit neemt echter niet weg dat het feitelijke werkingsgebied van de SRK walradarketen zich verder uitstrekt, en dat het scheepvaartverkeer daar ook opgevolgd wordt.

Reikwijdte van de SRK radarstations

De reikwijdte van de SRK radarstations wordt enerzijds bepaald door de effectieve LoS (Line of Sight), en anderzijds door de RCS (Radar Cross Section) van de schepen. De LoS hangt af van zowel de hoogte van de radar antennemast aan de wal, als de hoogte van de objecten op zee. Maar binnen deze voorwaarden is ook de RCS van de schepen mee bepalend, omdat het gereflecteerde signaal nog voldoende detecteerbaar moet zijn boven de ruis van de ontvanger (Signal/Noise ratio of S/N). Als voorbeeld toont de onderstaande Figuur 5-83 een combinatie van LoS reikwijdte bij een objecthoogte van 3 m, 10 m en 20 m, en het RCS bereik voor een RCS waarde van 1 m² en 25 m², voor het radarstation van Oostende, en waarbij dus in het ene geval de LoS en in het andere geval de RCS de beperkende factor is.

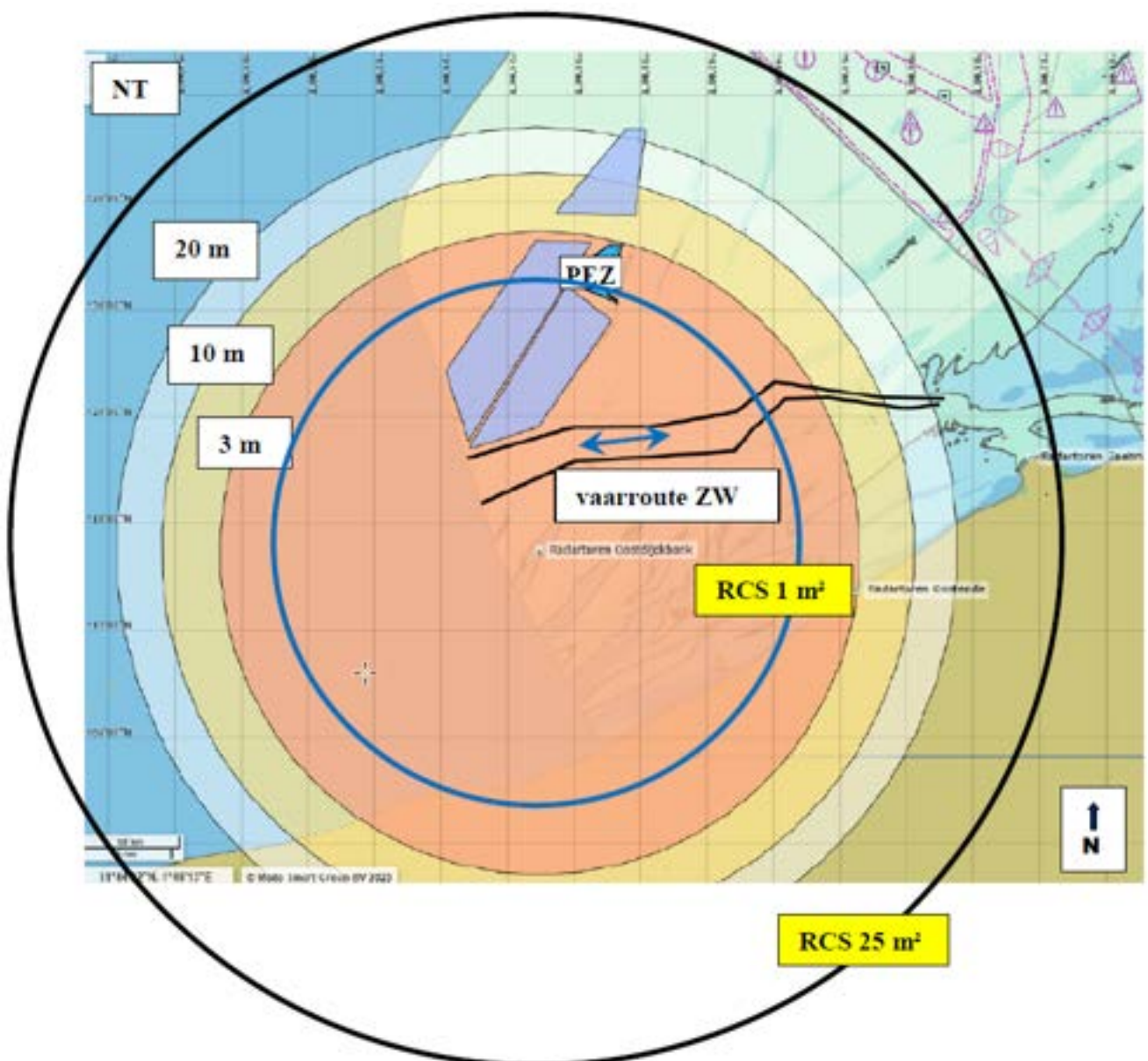


Figuur 5-83 – Reikwijdte voor de SRK radar Oostende bij objecten van 3 m, 10 m en 20 m hoogte, en een RCS van 1 m² en 25 m² (Catrysse, 2023)

De volgende Figuur 5-84 is een combinatie van de LoS reikwijdte bij een objecthoogte van 3 m, 10 m en 20 m, en het RCS bereik voor een RCS waarde van 1 m² en 25 m², voor het radarstation van Oostdijckbank, waarbij dus in het ene geval de LoS en in het andere geval de RCS de beperkende factor is. Het is duidelijk dat de radarwaarnemingen voor de vaarroute ZW naar de havens van Oostende en Zeebrugge, en de aanlooproute naar de Scheldemonding niet verstoord worden. Dit geldt evenzeer voor de opvolging van alle scheepvaartverkeer ten oosten van de Prinses Elisabeth-zone, zowel voor de visserij, onderhoudswerkzaamheden aan de windturbines, en zelfs de pleziervaart in deze omgeving. Het is ook duidelijk dat grotere schepen met een grotere hoogte boven de zeespiegel en een grotere RCS waarde meteen tot op een grotere afstand kunnen waargenomen worden dan kleinere schepen. Daardoor zal ook de volledige Prinses Elisabeth-zone zelf

nog zichtbaar blijven op de schermen van de SRK walradar (masthoogte van de windturbines >100 m, met ook een grote RCS waarde).

In wezen is er geen feitelijke impact op de huidige werking van de SRK radarketen, niet binnen het actief werkingsgebied van SRK, noch in de ruimere omgeving. Wel stelt zich een nieuw probleem omtrent de bewaking van de verschillende kavels van het project, het MOG2 eiland en de verschillende vaargeulen doorheen de zone.



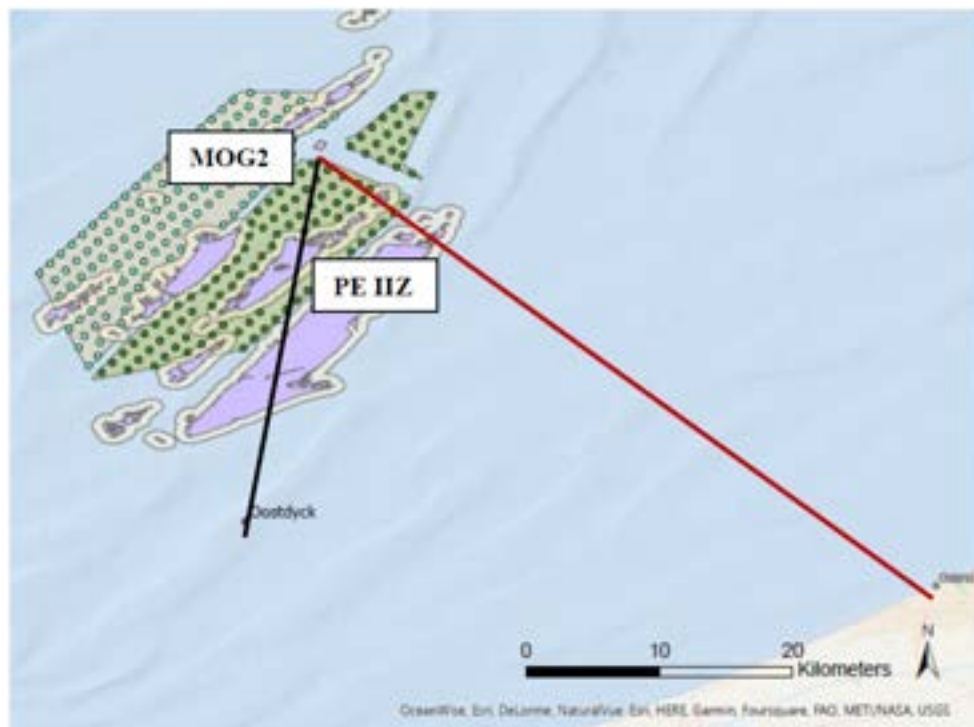
Figuur 5-84 – Reikwijdte voor de SRK radar Oostdijkbank bij objecten van 3 m, 10 m en 20 m hoogte, en een RCS van 1 m² en 25 m² (Catrysse, 2023)

Mogelijke detectie door zijlobes

Gegeven de voldoende afstand tussen de verschillende radarstations van de SRK radarketen, zal de PEZ niet gedetecteerd worden door de zijlobes, en dus ook geen valse beelden genereren.

Shadowing en dode zones

Uit de analyses en simulaties blijkt dat achter de Prinses Elisabeth-zone er een volledige radarblinde zone zal ontstaan voor de SRK radar installaties, ook voor objecten met voldoende grote hoogte en RCS waarden. Dit betekent concreet ook dat de gehele westelijke zijde van de verschillende kavels onzichtbaar zijn. Dit geldt ook voor de verschillende vaargeulen, het MOG2 eiland voor beide radarstations van Oostdijkbank en Oostende, en ook voor de kavel PE I ten opzichte van Oostdijkbank.



Figuur 5-85 – Maskering van MOG2 voor de voorliggende kavel PE II (zuid) (Catrysse, 2023)



Figuur 5-86 – Dode zone achter het PEZ project voor de SRK radar van Oostende (Catrysse, 2023)



Figuur 5-87 – Dode zone achter het PEZ project voor de SRK radar van Oostdijckbank

Vrije radarpropagatie onder Fresnel condities

Uit de voorgaande analyses blijkt dat er geen oplijning mogelijk is van de windturbines tegenover de verschillende SRK radarinstallaties, en dit om wind-technische redenen. Propagatie van de radarsignalen doorheen de offshore windparken zal dus praktisch niet mogelijk zijn. Zoals reeds in voorgaande sectie rond shadowing en dode zones gesteld, zullen er dus achter het windpark radarblinde zones ontstaan. Door de grote afstanden tussen de verschillende windturbines, zullen schepen net binnen het windpark wel zichtbaar blijven onder de condities van voldoende RCS.

Mogelijke valse echo's door meervoudige reflecties

Valse echo's door het optreden van meervoudige reflecties zullen zich ten opzichte van de SRK radarketen niet voordoen.

Mogelijke clutter van de draaiende wieken

Fysisch kan een schip zich niet op de plaats van een windturbine bevinden, en bijgevolg ook niet in dezelfde radar-waarnemingscel van een windturbine (evenwel met een mogelijke uitzondering voor de onderhoudsschepen nabij of in een windturbinepark). Daardoor kan er ook geen directe maskering van een schip buiten het windpark door een windturbine optreden. De mogelijk variërende reflecties van draaiende wieken is een sterk lokaal effect en van een totaal andere aard dan de clutter afkomstig van de zeegolven. Deze anti-clutter algorithmes zullen in dit geval geen impact hebben op de waarnemingen om en nabij de windturbines en de mogelijke clutter afkomstig van draaiende wieken speelt dus bij de scheepvaart geen enkele rol.

Fouten door diffractie en multi path propagatie

Uit de voorgaande analyses volgt dat de fouten op range (afstand) zich hoogstens tot één waarnemingscel zullen beperken (maximaal 60 m) en in azimut tot een fout van 0.1° , wat volledig binnen de resolutie van de radarantennes valt. Deze fouten zijn dus voor de radaropvolging door de SRK radars van de scheepvaart niet in aanmerking te nemen.

Samenvatting

Algemeen kan dus gesteld worden dat er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij een realisatie van de 3 kavels van de Prinses Elisabeth-zone, en dit zowel binnen het actief werkingsgebied van SRK, als het afgebakende Belgische gebied op de Noordzee. Dit geldt evenzeer voor de beide scenario's van keuze van windturbines.

Wel dient opgemerkt te worden dat een aantal zones binnen en achter de PEZ aandacht vergen naar de controle en bewaking van de toegang tot de kavels, de vaargeul tussen PEI en PEII/PE III, de vaargeulen naar het MOG2 eiland, en het MOG2 eiland zelf, dat volledig binnen de PEZ zone gemaskeerd ligt.

Impact op de waarnemingen van de scheepsradar

De impact op de scheepsradar heeft te maken met het feit dat de afstanden tussen een scheepsradar en een offshore windpark relatief klein kan worden. De mogelijke effecten manifesteren zich inderdaad binnen afstanden die zich beperken tot ten hoogste enkele km.

Reikwijdte van een typische scheepsradar

De reikwijdte van een typische scheepsradar kan ingeschat worden op ongeveer 25 km en wordt hoofdzakelijk bepaald door de effectieve LoS. Het is duidelijk (onderstaande Figuur 5-88) dat voor de hoofdnavigatieroutes, de aanwezigheid van de offshore windparken geen verschil zal uitmaken in vergelijking met de huidige situatie.



Figuur 5-88 – Ligging van de vaarroute ZW naar Oostende, Zeebrugge en de Scheldmond, en achterliggende vaarroute NT tegenover de PEZ

Mogelijke detectie door zijlobes

Uit de voorgaande analyses en enkele gelijkaardige buitenlandse ervaringen blijkt dat detectie van een windturbine via de zijlobes van de scheepsradarantenne, mogelijk is binnen een typische afstand tot 1,5 km van de windturbines. Dit betekent dat er zich een “valse echo” kan voordoen met een virtueel offshore park op het radarscherm. Er dient hierbij opgemerkt te worden dat een dergelijk verschijnsel niet eigen is aan de aanwezigheid van een windturbine, maar zich kan voordoen bij alle grotere objecten. Radaroperatoren aan boord kennen normaal gezien dit verschijnsel, en zullen meestal de gevoeligheid van de ontvanger kortstondig verminderen, zodat detectie via zijlobes zich niet meer voordoet.

Shadowing en dode zones

Shadowing en radar blinde zones kunnen optreden voor objecten die in lijn liggen van de scheepsradar en een windturbine. Dit verschijnsel is slechts van belang voor schepen op relatief korte afstand van een offshore windpark (tot 2,5 km). Uit de voorgaande analyses blijkt dat de zichtbaarheid van buitenaf in het windpark en van binnenuit naar het

scheepvaartverkeer in de omgeving van de windparken toch mogelijk blijft, wanneer de betreffende schepen zich niet in die directe shadowing zone bevinden.

Vrije radarpropagatie onder Fresnel condities

Zoals in voorgaande sectie, reeds aangehaald, blijft zichtbaarheid vanuit de windparken naar het scheepvaartverkeer erbuiten en van buitenaf naar binnen mogelijk onder de Fresnel condities, die op korte afstand slechts een tiental meter vrije radiodoorgang vooropstelt. Dit vormt geen probleem gegeven de afstanden tussen de windturbines in de, omwille van wind-technische redenen, voorziene inplanting van de windturbines.

Mogelijke valse echo's door meervoudige reflecties

Meervoudige reflecties kunnen optreden, maar enkel op een relatief korte afstand van maximaal 1,5 km tussen scheepsradar en windturbines. Dit is echter geen verschijnsel dat zich specifiek voordoet rond windturbines, maar ook tussen verschillende schepen onderling. De radaroperatoren kennen dit verschijnsel, en kunnen desgevallend de gevoeligheid van de scheepsradar voor korte tijd verminderen, zodat de beeldvorming op het scherm niet verstoord wordt.

Mogelijke clutter door de draaiende wieken

Er zijn geen specifieke clutter algorithmes geïmplementeerd bij de signaalverwerking van een scheepsradar en de mogelijke clutter zal zich dus slechts manifesteren in de waarnemingscel waarin een windturbine zich bevindt. In de praktijk stelt de bijhorende maskering geen probleem, want een schip kan zich niet in dezelfde waarnemingscel bevinden.

Fouten door diffractie en multipath propagatie

Op korte afstand kunnen zich fouten voordoen ten opzichte van een exacte azimuth bepaling van een object. Gegeven de korte afstand waarbinnen zich grotere fouten dan de eigen resolutie van de radarbundel kunnen voordoen (tot ongeveer 0,5 km), blijft de resulterende fysische fout in azimuthale afstand toch voldoende klein. Vanaf afstanden tussen scheepsradar en objecten van 1 km en meer, worden de fouten verwaarloosbaar tegenover de eigen resolutie van de radarantenne.

Samenvatting

Algemeen kan dus gesteld worden dat met betrekking tot de operationele werking van de scheepsradar er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafiek betreft bij de realisatie van de 3 kavels binnen de Prinses Elisabeth-zone. Dit geldt evenzeer voor de beide scenario's van keuze van windturbines.

De meeste fenomenen zijn nu reeds bekend wanneer zich een voldoende groot object (in casu ander schip) in de nabijheid van de eigen scheepsradar bevindt. In de meeste gevallen betreft het zelfs een mast of ander object aan boord van het eigen schip dat de oorzaak van foutieve beeldvorming is. De radaroperatoren aan boord zijn dan ook met deze verschijnselen voldoende vertrouwd.

Enkel voor de opvolging van het scheepvaartverkeer in het windturbinepark PEZ, of voor de opvolging vanuit het windturbinepark PEZ dient de opmerking gemaakt dat er zich direct achter windturbines dode zones kunnen voordoen, maar dat tussenin de transparantie voldoende gegarandeerd blijft.

Impact op de VHF communicatie en aanverwante marifone systemen (AIS, RDF)

Vooreerst dient gesteld te worden dat de hieronder geformuleerde conclusies zowel gelden voor de VHF communicatie zelf, als voor de AIS en RDF systemen, die ook gebruik maken van een aantal eigen VHF radiokanalen. Er wordt opnieuw onderscheid gemaakt tussen de communicatie van schip naar wal en van schip naar schip.

Hierbij dient ook aangestipt te worden dat slechts een beperkt aantal fenomenen van belang of van toepassing zijn bij de marifone communicatiesystemen, en dat zijlobe detectie en meervoudige reflecties een gelijkaardig verschijnsel opleveren als multipath propagatie. Clutter door de draaiende wieken is voor de VHF radiocommunicatie niet van toepassing is.

Reikwijdte van de VHF systemen.

Zoals voor de radarinstallaties zal hier de LoS afstand de feitelijke reikwijdte van de VHF systemen bepalen. Dit betekent in de praktijk een typische afstand van 40 km voor de communicatie van schip/wal en 25 km voor schip/schip.

Voor het scheepvaartverkeer op de aanlooproute zal de realisatie van de offshore energiezone PEZ geen direct operationeel gevolg hebben en geen verschil uitmaken met de huidige werking en mogelijkheden.

Shadowing en dode zones, en vrije radiopropagatie onder Fresnel condities

Uit de voorgaande analyses blijkt dat er achter de PEZ een radioblinde zone zal ontstaan voor de SRK radar installaties. Dit betekent concreet dat voor de VHF radiostations van Oostende en Zeebrugge niet meer bereikbaar zal zijn. Echter, dit is nu feitelijk ook reeds het geval, gegeven de afstanden tot deze radiostations. Toch dient de nodige aandacht besteed aan de verder afgelegen gebieden, in verband met de scheepstrafiek voor o.a. onderhoudswerkzaamheden.

Voor de communicatie tussen de schepen onderling zal er zich geen noemenswaardig verschil voordoen ten opzichte van de huidige situatie op de aanlooproutes. Radiocommunicatie blijft mogelijk voor schepen die zich in en nabij de offshore windparken (onderhoud) bevinden, maar communicatie doorheen de windparken zal gestoord tot onmogelijk zijn.

Mogelijke effecten van multipath propagatie

Mogelijke effecten op de kwaliteit van de radio ontvangst kunnen zich voordoen binnen een afstand van ongeveer 1 km rond de windparken. Dit type effect doet zich echter ook voor door reflecties op andere objecten (aan boord) of andere schepen binnen eenzelfde afstand en zijn dus niet eenzijdig toe te schrijven aan de aanwezigheid van de offshore parken. Dit geldt zowel voor de communicatie tussen schip en wal, en schip naar schip.

Verder kan expliciet gesteld worden dat de realisatie van de offshore windparken in de PEZ geen directe invloed zal hebben op zowel de werking van de AIS systemen, als van de RDF systemen. Zoals hierboven aangehaald wordt de reikwijdte hiervan evenzeer beperkt door de LoS afstanden van de VHF communicatie systemen, en blijven de mogelijke fouten beperkt binnen de specificaties van beide systemen. Dit is specifiek het geval voor de beperkte delay spread van het AIS systeem.

Samenvatting

Algemeen kan dus gesteld worden dat met betrekking tot de VHF radiostations er zich geen wezenlijke verandering zal voordoen voor wat de opvolging van de scheepvaarttrafik betreft **voor** de realisatie van de 3 **windparken** binnen de Prinses Elisabeth-zone. Hetzelfde kan ook gesteld worden voor de werking van het AIS systeem, net als voor het RDF systeem. Dit geldt evenzeer voor de beide scenario's van keuze van windturbines.

Besluit

Impact op de waarnemingen van de SRK walradarstations

Nagenoeg het gehele project PEZ ligt buiten het actieve werkingsgebied van de SRK-radarketen (Figuur 5-76). Dit neemt echter niet weg dat het feitelijke werkingsgebied van de SRK-walradarketen zich verder uitstrekt, en dat het scheepvaartverkeer daar ook opgevolgd wordt.

Er is geen wezenlijke verandering voor de opvolging van de scheepvaarttrafik, dit zowel binnen het actief werkingsgebied van SRK, als het afgebakende Belgische deel BNZ op de Noordzee. Een aantal zones binnen en achter de PEZ vergen wel aandacht naar de controle en bewaking van de toegang tot de kavels, de vaargeul tussen PE I en PE II/PE III, de vaargeulen naar het MOG2 eiland, en het MOG2 eiland zelf, dat volledig binnen de PEZ gemaskeerd ligt. Zie huidige § 5.7.3.4 onder 'Shadowing en dode zones'.

Hiervoor dienen er gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om de scheepvaarttrafik om en rond het windpark, en meer specifiek aan de westzijde van PE I en PE III, adequaat op te volgen. Hetzelfde geldt voor de toegang tot de vaargeulen tussen de verschillende kavels. Dit geldt in principe enkel voor het werfverkeer en onderzoeksschepen, die tot de offshore windparken binnen de PEZ toegelaten zullen worden. Hierbij kan gedacht te worden aan bijkomende radarinstallaties, op gepaste locaties.

Zonder de voorgenoemde milderende maatregel wordt het effect als gering negatief (0/-) beoordeeld. Indien er bijkomende radarinstallaties geplaatst worden is er nagenoeg geen effect (0). Omdat er ook windturbines aanwezig zijn tijdens de constructie- en ontmantelingsfase gelden deze effecten voor alle projectfasen.

Impact op de waarnemingen van de scheepsradar

Er is geen wezenlijke verandering voor de opvolging van de scheepvaarttrafik. Enkel voor de opvolging van het scheepvaartverkeer in de offshore windparken binnen PEZ, of voor de opvolging vanuit de offshore windparken binnen

PEZ dient de opmerking gemaakt dat er zich direct achter windturbines dode zones kunnen voordoen, maar dat tussenin de transparantie voldoende gegarandeerd blijft. Het effect wordt beoordeeld als nagenoeg geen (0) voor alle projectfasen.

Impact op de VHF communicatie en aanverwante marifone systemen (AIS, RDF)

Ook hierbij zal er zich geen wezenlijke verandering voordoen voor de opvolging van de scheepvaarttrafiek. Het effect wordt beoordeeld als nagenoeg geen (0) voor alle projectfasen.

5.7.3.5 Risico op falen van infrastructuur

Faalfrequentie

Windturbines kunnen zelf ook falen en vormen hiermee een potentieel risico voor schepen in de nabijheid. Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM Nederland, 2021) rapporteert de onderstaande faalfrequenties in het RIVM-rapport 2021-0234S. Ze zijn volgens dit rapport toepasbaar voor windturbines met een vermogen gelijk aan of hoger dan 1 MW. De faalfrequenties zijn afgeleid uit de Caithness database⁵⁹ met gegevens uit Nederland, Duitsland, Denemarken, Zweden en het Verenigd Koninkrijk.

Tabel 5-38 – Faalfrequenties van het RIVM (2021)

Faalwijze	Faalfrequentie [turbine ⁻¹ jaar ⁻¹] Verwachtingswaarde	Faalfrequentie [turbine ⁻¹ jaar ⁻¹] 95% betrouwbaarheidswaarde
Bladafworp	1,1 x10 ⁻⁰⁴	1,4 x10 ⁻⁰⁴
Bladbreek in delen	1,5 x10 ⁻⁰⁴	1,8 x10 ⁻⁰⁴
Mastbreek	4,5 x10 ⁻⁰⁵	6,1 x10 ⁻⁰⁵
Rotorafworp	1,4 x10 ⁻⁰⁵	2,4 x10 ⁻⁰⁵
Gondelafworp	1,5 x10 ⁻⁰⁶	7,1 x10 ⁻⁰⁶

In het 'handboek windturbines' van Departement Omgeving van Vlaanderen (2022) worden de onderstaande faalfrequenties gegeven. Voor deze wordt aangegeven dat ze toepasbaar zijn voor windturbines tussen 1 en 5 MW die staan op maaiveldhoogte.

⁵⁹ Caithness windfarms information forum, Wind turbine accident and incident compilation

Tabel 5-39 – Faalfrequenties van Departement Omgeving (2022)

Faalgwijze	Faalfrequentie [turbine ⁻¹ jaar ⁻¹]
Bladbreuk (nominaal toerental)	6,2 x10 ⁻⁴
Bladbreuk (overtieren ⁶⁰)	5,0 x10 ⁻⁶
Mastbreuk	5,8 x10 ⁻⁵
Gondelbreuk	1,8 x10 ⁻⁵

Door de voortdurende en snelle vooruitgang in de windindustrie worden windturbines steeds veiliger en betrouwbaarder. Hierdoor is het redelijk om aan te nemen dat de toekomstige windturbines een lager risico op faalkansen zullen hebben dan wat in de tabellen hierboven is aangegeven.

Maximale werpafstand

De maximale werpafstand bepaalt het beïnvloedingsgebied van de windturbine en hoe ver objecten of personen in de nabijheid van de windturbine geraakt kunnen worden. In Tabel 5-40 wordt een overzicht gegeven van de maximale werpafstand die een afgebroken rotorblad van een driebladige windturbine kan overbruggen tijdens een overtoeren-situatie, ook wel de maximale werpafstand genoemd, voor een kustlocatie. De maximale werpafstand hangt sterk af van het type turbine en wordt beïnvloed door factoren zoals de rotordiameter, het gewicht van de wieken, het rotortoerental en de hoogte van de as. Voor de meest gangbare 3-bladige turbines met vermogens tussen 500 kW en 3.000 kW liggen de maximale werpafstanden ongeveer tussen de 350 en 450 meter.

Er zijn geen gegevens bekend over de maximale werpafstand voor offshore windturbines met een vermogen groter dan 3 MW. Gezien de beperkte (niet-lineaire) toename in maximale werpafstand tussen respectievelijk 1 MW, 2 MW en 3 MW, wordt verwacht dat de huidig gehanteerde veiligheidsafstand van 500 m rondom het windpark (zoals bepaald in het KB veiligheidszone van 04/02/2020) voldoende zal zijn voor het gehele scala aan windturbines, en dat daarmee het risico op ongevallen als gevolg van een weggeslingerd rotorblad afgedekt wordt. Bovendien wordt verwacht dat door de grotere omvang van de wieken (bij hogere windturbine-vermogens) en het daarmee samenhangende lagere toerental, de werpafstand kleiner zal zijn.

Tabel 5-40 – Werpafstanden van windturbines (IMDC (2013a)).

Windturbine-vermogen (kW)	500	750	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000	2.250	2.500	3.000
Maximale werpafstand bij 2 keer nominaal toerental (m)	387	401	412	419	425	429	432	435	436	436

⁶⁰ Overtieren = ca. 2 keer nominaal toerental

Conclusie

Er wordt geoordeeld dat er vrijwel geen effect is (0) op het risico op falen van infrastructuur ten gevolge van PEZ voor alle projectfasen.

Lekken van vloeistoffen

Bepaalde onderdelen van de windturbines vereisen het gebruik van olie en/of vet, zoals tandwielkasten, hydraulische systemen, transformatoren, etc. in de gondel (zie ook Afvalbeheersplan, Externe bijlage 5; Arcadis Belgium NV, 2023b). Het olievolume in de tandwielkast bv. bedraagt ca. 750 – 1.000 liter. Hydraulische systemen bevatten per unit 10 tot 150 liter hydraulische olie of in totaal ongeveer 200 – 300 liter hydraulische olie. Bij 66 kV opstellingen kan gebruik gemaakt worden van olie-gekoelde transformatoren (als alternatief voor droge transformatoren). Voor opvang van eventuele lekkages olie en/of vet wordt steeds een lekbak voorzien, welke bij onderhoud wordt geleegd. Op die manier vindt er geen olie-emissie vanuit de windturbine naar de omgeving plaats. Er is geen olieopslag in de windturbines.

Maatregelen ter bescherming van het milieu maken deel uit van de standaarduitrusting van windturbines. Lekkage van vloeistoffen (oliën, vetten etc.) wordt voorkomen of beperkt door de aanwezigheid van diverse opvangsystemen (inkuipingen, randen, lekbakken). Als deze opvangsystemen goed werken en volgens een gecertificeerd ontwerp zijn gebouwd, hebben ze geen negatieve impact op het milieu. Dit geldt niet als de windturbine beschadigd raakt door extreme weersomstandigheden of aanvaring door een schip. In dit geval, als een ongeval een tank of leidingwerk beschadigt of scheurt, kunnen het vet en de olie in de turbine vrijkomen en zich verspreiden. Gezien de bestaande classificatie- en certificeringssystemen is de kans dat een turbine spontaan omvalt tijdens de duur van het project uiterst klein. Het effect wordt beoordeeld als gering negatief (0/-) tijdens alle projectfasen, inclusief de constructie- en ontmantelingsfase omdat er tijdens deze fasen ook windturbines aanwezig zijn.

Lekken van gassen

Windturbines hebben ook schakelaars. Er zijn verschillende types beschikbaar: SF6-bevattende schakelaars en vacuümschakelaars. De eerste bevatten enkele liters SF6-gas op een druk van minder van 1 bar. Dit is een klein volume en het gas komt enkel accidenteel vrij, bv. door kortsluiting, lekkage of veroudering van de apparatuur. Anderzijds is het een zeer krachtig broeikasgas (23.900x krachtiger dan CO₂), dit is daarom niet verwaarloosbaar. In geval van het gebruik van SF6-gas wordt het effect als gering negatief beoordeeld (0/-) voor alle projectfasen (constructie, exploitatie en ontmanteling) omdat ook tijdens de constructie- en ontmantelingsfase het SF6-gas kan lekken. Voor vacuümschakelaars is er vrijwel geen effect tijdens alle projectfasen (0).

Andere risico's

Brand

Brand in een turbine kan leiden tot het vrijkomen van toxische of milieuschadelijke stoffen. In de windturbines zullen brand- en rookdetectoren moeten worden geïnstalleerd om het personeel te waarschuwen in geval van een dreigende

brand. Een poederblusser moet aanwezig zijn in zowel de gondel als de voet van de turbine, evenals in het offshore hoogspanningstation. In eerste instantie moet een brand worden voorkomen. Indien nodig (in geval van brand) is er een noodplan en noodcommunicatieplan die de procedures en communicatielijnen beschrijven. Er wordt beoordeeld dat er vrijwel geen effect is (0) voor alle projectfasen.

Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk

Als er geen brand ontstaat, heeft blikseminslag op zich geen milieugevolgen. Bliksembeveiliging en bliksemafleiders zullen moeten worden voorzien voor de gondel en rotorbladen en de offshore hoogspanningsstations. Het enige milieuaspect van wiekbreuk is dat kunststof onderdelen in zee terecht kunnen komen. Deze onderdelen zullen buiten hun afvalaspect geen negatieve impact hebben op het milieu. Na een incident met wiekbreuk worden defecte onderdelen verwijderd en volgens de geldende milieunormen op het land verwerkt. Aangezien er normaal gesproken geen mensen in de windparken en hun directe omgeving aanwezig zijn, zijn de risico's en effecten op de mens vrijwel niet bestaand. Er wordt beoordeeld dat er een vrijwel geen effect is (0) voor alle projectfasen.

5.7.3.6 Beschadiging van bekabeling

In 2020 werd een onderzoek gepubliceerd dat de trends in het falen van exportkabels en inter-arraykabels in Britse windparken analyseerde (Strang-Moran, 2020). Op basis van dit onderzoek werden de volgende oorzaken voor het falen van de kabels geïdentificeerd:

- Kabelontwerp: 15 %
- Externe schade: 8 %
- Productie: 31 %
- Installatie: 46 %

Het onderzoek bevestigt tevens dat een aanzienlijk deel van de stroomonderbrekingen te wijten is aan installatiefouten bij de kabel. Deze fouten worden voornamelijk veroorzaakt door (Strang-Moran, 2020):

- Onjuiste behandeling van de kabel tijdens de installatie
- Onjuiste belading van de kabel op het schip
- Onjuist oprollen van de kabel

De kabels worden tot een diepte van minimaal 1 meter ingegraven, afhankelijk van de lokale bodemcondities en risico's. Bovendien wordt in bepaalde gebieden vóór de installatie van de kabels nivellering of "pre-sweeping" uitgevoerd om lokale zandgolven te verwijderen. Het leggen van elektriciteitskabels in een beweeglijke zandgolf kan de kabelbescherming aantasten, aangezien de kabels na verloop van tijd bloot kunnen komen te liggen door de hoge mobiliteit van de zeebodem. Na installatie zal de kabelroute regelmatig worden gemonitord om eventuele blootliggende locaties van de kabel te detecteren. Het ingraven en pre-sweepen, samen met regelmatige monitoring van de kabelroute, vermindert de kans op schade door externe factoren. Onder externe factoren vallen:

- Schade als gevolg van natuurlijke oorzaken zoals mobiel sediment dat de kabels bloot kan leggen of sterke stroming/golven die leiden tot slijtage en/of materiaalmoetheid.

- Schade als gevolg van menselijke activiteiten (bouwwerkzaamheden, visserij, scheepvaart, baggerwerkzaamheden, enz.). De kans op schade door menselijke activiteiten wordt echter beperkt door een wettelijk vastgestelde beschermingscorridor van minimum 50 meter aan elke zijde van de kabels. Gezien de PEZ enkel toegankelijk blijft voor onderhoudsschepen en onderzoek, is de kans op schade door menselijke activiteiten zeer beperkt.

Indien schade optreedt zal dit eerder als gevolg van een natuurlijke oorzaak zijn. Het effect wordt daarom als gering negatief (0/-) ingeschat. Omdat de bekabeling deels ook aanwezig zal zijn tijdens de constructie- en ontmantelingsfase is dit effect van toepassing voor alle projectfasen.

5.7.3.7 Luchtvaartverkeer

FOD Economie – AD Energie heeft verschillende instanties gecontacteerd inzake mogelijke richtlijnen voor luchtvaart in het kader van de ontwikkeling in de PEZ. Het MRCC (Maritiem Reddings- en Coördinatiecentrum) heeft hierbij aangegeven dat vanuit de aanvaarroutes voor luchtvaart een maximale tiphoogte van 350 m te respecteren valt binnen het SAR (Search and Rescue) -werkingsgebied. Zowel scenario 1 (12/13 MW; max. tiphoogte 245 m) en scenario 2 (22MW; max. tiphoogte 350 m) respecteren deze richtlijn waardoor het effect als neutraal (0) wordt ingeschat. Omdat de windturbines deels ook aanwezig zijn tijdens de constructie- en ontmantelingsfase is dit effect van toepassing voor alle projectfasen.

Verder dient de geldende regelgeving te worden gevolgd bij het gebruik van drones.

5.7.3.8 Zwerfvuil

Tijdens de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windpark in de PEZ kan afval in zee terechtkomen. Dit afval bestaat voornamelijk uit kleinere materialen zoals verpakkingsmateriaal, die tijdens de bouw wegwaaien en in het mariene milieu terechtkomen.

Binnen voorliggend MER wordt er voor de ontmantelingsfase uitgegaan van een volledige verwijdering van alle structuren welke tijdens constructiefase werden ingericht, teneinde het ecosysteem in zijn oorspronkelijke staat te herstellen. Het gaat hierbij dan zowel over de turbines zelf, de funderingen, de erosiebescherming, alsook de inter-array bekabeling in de drie kavels.

Het afvalbeheersplan opgemaakt in het kader van deze studieopdracht geeft een overzicht van de toepasselijke wetgeving en relevante richtlijnen tot op heden. Belangrijk hierbij is in eerste plaats de nodige voorzorgsmaatregelen te nemen ter voorkoming van verontreiniging of schade, en de afvalhiërarchie te respecteren in functie van de aard van de verschillende afvalstromen en hun behandeling (Externe bijlage 5 “Afvalbeheersplan”, Arcadis Belgium NV, 2023b). Bij een goede navolging, wordt het effect als gering negatief (0/-) beoordeeld voor alle projectfasen.

5.7.3.9 Menselijke gezondheid

Luchtvervuiling

Met betrekking tot luchtvervuiling zijn de belangrijkste emissies deze door de scheepsbewegingen tijdens alle projectfasen en de vermeden emissies door elektriciteit op te wekken door windturbines in plaats van het gebruik van fossiele brandstoffen. De ontwikkeling van de PEZ zal slechts een kleine jaarlijkse toename (ca. 0,2 – 0,3 %) in aantal scheepsbewegingen betekenen (§ 5.7.3.1.). NO_x en SO₂-emissies zijn verder voor resp. ca. 15 % en 3 % afkomstig van zeescheepvaart (zie Hoofdstuk 5.2). De resulterende toename van deze emissies door scheepvaart is dus heel beperkt. Tijdens de verbranding van fossiele brandstoffen zoals gas voor elektriciteitsproductie komt NO_x en SO₂ vrij. In 2016 waren de NO_x en SO₂-emissies voor resp. 13 % en 3 % afkomstig van elektriciteitscentrales in Vlaanderen⁶¹. Voor windturbines zijn deze emissies verwaarloosbaar tijdens hun constructie, exploitatie en ontmanteling. Voor kernenergie en zonne-energie zijn dergelijke emissies ook verwaarloosbaar, maar momenteel bestaat de productiecapaciteit voor elektriciteit in België nog voor 26,6 % uit de verbranding van fossiele brandstoffen zoals gas⁶².

Daarenboven komen deze emissies vrij in een omgeving gekenmerkt door heel wat luchtdynamiek die bijdraagt tot een verspreiding van de luchtvervuiling voor de mens en is de menselijke aanwezigheid ter hoogte van de PEZ relatief beperkt.

Het effect op de menselijke gezondheid door deze vermeden emissies wordt bijgevolg beoordeeld als gering positief (0/+) tijdens de exploitatiefase. De bijkomstige emissies tijdens de constructie- en ontmantelingsfase wordt beoordeeld als vrij wel geen effect (0).

Persoonlijk letsel

Aanvaringsrisico's houden naast materiële schade en potentiële olieverontreiniging ook een risico in voor de mensen die zich op het schip bevinden. Persoonlijke letsels worden slechts in beperkte mate gemodelleerd in de aanvaringsstudie omwille van de vele onzekerheden (MARIN, 2023). Enkel letsels ten gevolge van een aanvaring waarbij de mast op het schip valt worden meegenomen in het model. Kleine ongevallen door o.a. vallen worden bijvoorbeeld niet mee in beschouwing genomen. Daarnaast is de toegepaste schadematrix eerder conservatief daar uitgegaan wordt van kleinere turbines (>5 MW), terwijl de grotere turbines die onderwerp zijn van de PEZ scenario's (12 - +20 MW) massiever zijn, en naar verwachting moeilijker om te laten vallen. De (kwantitatieve) inschatting van de persoonlijke gevolgen voor dergelijke windparken is momenteel een leemte in de kennis. Niettegenstaande, wordt het risico op persoonlijk letsel voor een cargo schip relatief laag ingeschat, en iets hoger bij een passagiersschip (ferry) daar hier meer mensen aan boord zijn. Het risico voor de PEZ wordt als gering negatief (0/-) ingeschat.

Arbeidsrisico's

De arbeidsrisico's worden aanvaardbaar geacht indien alle relevante veiligheidsrichtlijnen, wetten en -procedures gevolgd worden. Arbeidsrisico's bestaan bovendien in alle sectoren inclusief andere vormen van energieproductie zoals bij

⁶¹ Lozingen in de lucht 2000-2016, VMM, 2016, pag. 13 en 18, tabellen 1 en 3.

⁶² <https://www.febeg.be/statistieken-elektriciteit>

gasturbines en nucleaire energie. Speciale voorzieningen zijn expliciet opgenomen in het QHSE-programma (Quality, Health, Safety and Environment) voor het onderhouden, de constructie en ontmantelen van het windpark.

Met betrekking tot andere effecten kunnen mensen gewond raken door brand of bliksem, maar er zijn voorzorgsmaatregelen om de risico's en de impact te verminderen. Daarnaast zijn er noodplannen om snel en effectief te handelen als er iets misgaat. Omdat een ongeluk nooit helemaal te voorkomen is, worden arbeidsrisico's als gering negatief (0/-) beoordeeld voor alle projectfasen.

5.7.3.10 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op veiligheid en menselijke gezondheid

Onderstaande Tabel 5-41 geeft een overzicht van de effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER op de veiligheid en menselijke gezondheid alle funderingstypes.

Tabel 5-41 – Overzicht van de effecten van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ op de veiligheid en menselijke gezondheid. Significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), niet van toepassing (n.v.t.)

Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-	-	-	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:						
SRK walradarstations	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0	0	0	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0	0	0	0	0
Falen van infrastructuur						
Faalfrequentie	0	0	0	0	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0	0	0	0	0
Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk	0	0	0	0	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0	0	0	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Menselijke gezondheid						
Luchtvervuiling	0	0	0	0	0	0
Persoonlijk letsel	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Arbeidsrisico's	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploatiefase						
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	--	-	-	-	-

Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:						
<i>SRK walradarstations</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
<i>Scheepsradar</i>	0	0	0	0	0	0
<i>VHF, AIS, RDF</i>	0	0	0	0	0	0
Falen van infrastructuur						
<i>Faalfrequentie</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lekken van vloeistoffen</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
<i>Lekken van gassen</i>	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-
<i>Brand</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk</i>	0	0	0	0	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0	0	0	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Menselijke gezondheid						
<i>Luchtvervuiling</i>	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
<i>Persoonlijk letsel</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
<i>Arbeidsrisico's</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ontmantelingsfase						
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-	-	-	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:						
<i>SRK walradarstations</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
<i>Scheepsradar</i>	0	0	0	0	0	0
<i>VHF, AIS, RDF</i>	0	0	0	0	0	0
Falen van infrastructuur						
<i>Faalfrequentie</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Lekken van vloeistoffen</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
<i>Lekken van gassen</i>	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-	0 tot 0/-
<i>Brand</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk</i>	0	0	0	0	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0	0	0	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Menselijke gezondheid						
<i>Luchtvervuiling</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Persoonlijk letsel</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
<i>Arbeidsrisico's</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.7.4 Leemten in kennis

Leemten in de kennis werden besproken onder de individuele secties per topic hierboven, indien van toepassing.

5.7.5 Milderende maatregelen

5.7.5.1 Aanvaring

Vanuit de aanvaringsstudie (MARIN, 2023, Externe bijlage 2) worden een aantal maatregelen vooropgesteld. De huidige resultaten zijn gebaseerd op de huidige plannen om geen integrale doorvaart in het windpark toe te staan. Indien in de toekomst wordt besloten integrale passage of medegebruik in de PEZ toe te staan, zal deze studie moeten worden heroverwogen of aangepast⁶³.

Het bepalen van mogelijke maatregelen en het “vaststellen” van hun effectiviteit was ook onderdeel van de studie naar cumulatieve effecten (van Doorn et al., 2019). Niet alle voorgestelde maatregelen van van Doorn et al. (2019) zijn hier opgenomen, omdat deze maatregelen vooral effectief en relevant zijn wanneer naar het totaalbeeld van alle windparken samen wordt gekeken. Voor “slechts” één windpark kunnen sommige maatregelen minder relevant zijn, maar ze moeten worden gezien in het grotere perspectief van het waarborgen van de veiligheid van de scheepvaart op de Noordzee.

Hieronder worden een aantal relevante voorgestelde maatregelen opgenomen.

Maatregelen voor scheepsbemanning

AIS-basisstation en VHF-antenne

Sinds 1 januari 2005 zijn alle zeeschepen van meer dan 300 GT wettelijk verplicht een AIS-transponder (Automatic Identification System) aan boord te hebben, die continu de positie van het schip doorgeeft. Naburige schepen kunnen deze signalen ontvangen met hun eigen AIS, waardoor de positie, koers en snelheid van het andere schip zichtbaar worden. Als de AIS-dekking of de capaciteit van de infrastructuur niet voldoende is voor het scheepvaartaanbod, zullen de posities uit het AIS van de schepen op de navigatiehulpmiddelen van alle gebruikers (zowel VTS als varende schepen) niet correct zijn. In die gevallen zal het AIS zijn updates via zijn eigen algoritmen prioriteren. Het gevolg is dat sommige schepen niet meer worden weergegeven en andere met vertraging; AIS wijkt dan af van de werkelijkheid en de radarposities. Om dit te voorkomen is de aanbevolen maatregel om het windpark uit te rusten met een AIS-basisstation. Ook wordt aanbevolen om naast een dekkend AIS-beeld ook een dekkend radarbeeld te genereren, ten minste voor een zone van 2 nm rond het windpark. Ten slotte wordt aanbevolen ook een VHF-antenne in het windpark te installeren zodat de kustwacht kan communiceren.

⁶³ Informatie uit sectie 7.2 in de aanvaringsstudie.

Beheer van het scheepvaartverkeer (VTM⁶⁴)

Deskundigen verwachten dat VTM in de zuidelijke Noordzee een gering positief effect kan hebben en het aantal aanvaringen (licht) kan verminderen. VTM levert een positieve bijdrage aan de veilige afwikkeling van het verkeer; het kan het verkeer waarschuwen voor onverwachte of abnormale omstandigheden of dreigend gevaar en kan in geval van nood het optreden coördineren. Er zij op gewezen dat VTM naar verwachting niet doeltreffend zal zijn in het geval van een drijvend schip, anders dan het coördineren van bijstand en het informeren van andere schepen in het gebied. Bij het opleggen van doorvaartbeperkingen in de windparken kan VTM ook het middel zijn om naleving af te dwingen en het in- en uitvaren van het verkeersscheidingsstelsel (VSS) beter te coördineren, wat de kans op aanvaringen kan verminderen.

Een goed ontwerp en een goede uitvoering van VTM is van groot belang. Dit betreft niet alleen de uitvoering bij de kustwacht, maar ook de sensoren die kunnen worden gebruikt. VTM werkt alleen goed in combinatie met andere maatregelen (gebruik en dekking van AIS en VHF in het hele gebied). Uitbreiding van de dekking van VTM-sensoren (waaronder radar, AIS, VHF) is daarvoor een voorwaarde. Om het effect van een VTM verder te versterken is gesproken over extra toezicht en handhaving om het effect op gedragsbeïnvloeding en alertheid te vergroten.

De positieve effecten van VTM om aanvaringen te verminderen mogen door deskundigen worden verwacht, de relevante wetenschappelijke literatuur is beperkt om deze bewering te staven in het geval van een veiligheidsmaatregel rond offshore windparken.

Extra markering en identificatie van windturbines in windparken

Deskundigen zijn het erover eens dat goede verlichting, markering en identificatie van windturbines een preventief effect heeft op aanvaringen met windturbines, met name voor het werken, vissen en pleziervaart. Er dient minstens voldaan te worden aan de gerelateerde wetgeving.

Mitigerende maatregelen

E(R)TV of stationsleepboot⁶⁵

Zoals uit de berekeningen blijkt, vormen drijvende aanvaringen een belangrijk deel van het risico. Een aanvaring als gevolg van een storing in de voortstuwing wordt voorkomen indien het schip kan worden verankerd of de storing tijdig kan worden verholpen. Met deze processen is in de berekening rekening gehouden.

Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet leidt tot een aanvaring op drift is wanneer de drifter in een vroeg stadium wordt bijgestaan door een sleepboot.

⁶⁴ Vessel Traffic Management in het Engels.

⁶⁵ In het Engels: Emergency Rescue Towing Vessel. Hoewel het verschil tussen een ERTV en ETV niet altijd eenduidig is kan er worden gesteld dat een ERTV vergelijkbare taken heeft als een ETV, maar het ook extra capaciteiten heeft voor reddingsoperaties. Een ERTV is speciaal uitgerust en bemand om niet alleen sleepdiensten te verlenen, maar ook reddingsacties uit te voeren bij noodsituaties op zee.

In de Nederlandse wateren wordt een overheidssleepboot (ERTV) naar een drijver gestuurd zodra de kustwacht een melding ontvangt. Zo'n ERTV kan een aanvaring voorkomen als het vaartuig de drijver kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt.

In België is er geen specifieke overheidsinstantie met een Emergency Rescue Towing Vessel (ERTV) zoals in Nederland. België heeft geen eigen ERTV die permanent beschikbaar is voor noodsituaties in de Belgische wateren. In plaats daarvan maakt België gebruik van commerciële sleepdiensten en kan het een beroep doen op de ETV's (Emergency Towing Vessels) van andere landen die actief zijn in de Noordzee, zoals Nederland, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk, in geval van noodsituaties.

Algemeen wordt aangenomen dat de inzet van één of meer ERTV's (of ETV of stationssleepboot) in het gebied doeltreffend is voor het opvangen van op drift geraakte vaartuigen en een matigend effect heeft op aanvaringen met andere vaartuigen en/of windturbines. Er zij echter op gewezen dat ERTV's weinig effect hebben voor schepen die stuurfouten maken of een technisch defect krijgen in de buurt van windparken. Dan is de beschikbare reactietijd te kort. Een ERTV zou echter wel effectief kunnen zijn om te voorkomen dat een schip verder in een windpark drijft en zo meer schade voorkomt. Nader onderzoek is nodig om de effectiviteit ervan te bepalen. Het aanpassen van de afstand tussen windparken en scheepvaartroutes (het herschikken van windparken) heeft ook een effect op het aantal benodigde ERTV's en dus op de kosten van ERTV's. De inzet van ERTV's wordt beschouwd als de duurste mitigatiemaatregel op dit moment. Voor de PEZ is de inzet van een ERTV ten tijde van deze analyse niet voorzien.

Extra SAR-capaciteit

Dit heeft vooral gevolgen voor de impact van ongevallen voor bemanningen van schepen en werknemers in de windparken. Het is effectief voor alle schepen, maar vanuit het oogpunt van de deskundigengroep gaat de aandacht vooral uit naar de pleziervaart, aangezien deze groep vaak het minst zelfredzaam is in vergelijking met de overige scheepvaart. De SAR-capaciteit dicht bij de kust is goed geregeld met de inzet van een reddingsteam/reddingsbrigade (VBZR) en de SAR-helikopter. Bij incidenten verder uit de kust en vooral bij windparken in slechte omstandigheden, waarbij de inzet van de helikopter beperkt is, kunnen aanvullende voorzieningen nodig zijn. De aanvliegtijd wordt dan beperkt. Dit kan worden verholpen door SAR-capaciteit te realiseren aan boord van ERTV's of aan boord van andere vaartuigen zoals bijvoorbeeld een kustwacht- of marineschip in het gebied.

Preventie van olieverontreiniging

Het risico van olieverontreiniging (na incidenten) zal licht toenemen door een toename van de kans op aanvaringen tussen schepen en turbines. Extra oliebestrijdingscapaciteit kan worden bereikt door de ERTV uit te rusten met oliebestrijdingsapparatuur.

Fysieke veiligheid van windparken

MARIN doet momenteel in het open innovatieproject 'Vangrails op zee' onderzoek naar een barrière als één van de mogelijke mitigerende maatregelen om aanvaringen met offshore windparken te voorkomen. Het doel hiervan is te

onderzoeken of aandrijvingen tussen schepen en offshore energieparken kunnen worden voorkomen met een barrière tussen de vaarroute (of ankerplaats) en een windpark.

5.7.5.2 Radar en scheepscommunicatie

In het besluit van de radarstudie (Catrysse, 2023, Externe bijlage 3) wordt gesteld dat de realisatie en inplanting van het offshore windpark in de PEZ geen noemenswaardige invloed zal hebben op de radarbewaking van en de radio communicatieradiocommunicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet, zowel binnen het “actief werkingsgebied” van VTS SRK, als voor verder afgelegen zones. De radarwaarneming en communicatie tussen schepen dicht bij het windpark en net binnen het windpark blijft mogelijk, dit in verband met het nodige overzicht bij het verlaten van het windpark (zoals na onderhoudswerkzaamheden).

De bewaking van de PEZ is in de radarstudie enkel aan bod gekomen als aandachtspunt voor de toekomst. Hiervoor dienen er uiteraard gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om de scheepvaarttrafik om en rond het windpark, en meer specifiek aan de westzijde van PE I en PE III, adequaat op te volgen. Hetzelfde geldt voor de toegang tot de vaargeulen doorheen het windpark. Dit geldt in principe enkel voor het werfverkeer en onderzoeksschepen, die tot PEZ zullen toegelaten worden. Als mitigerende maatregel kan hierbij gedacht worden aan bijkomende radarinstallaties, op gepaste locaties.

5.7.5.3 Verontreiniging

Op locaties waar significante hoeveelheden olie of vet in zee kunnen lekken, worden geschikte sensoren op strategische posities geplaatst en vinden regelmatige inspecties plaats om lekkages te detecteren. Op deze manier kan de exploitant snel een lekkage signaleren en passende maatregelen nemen, zoals de nodige reparaties uitvoeren het zo snel mogelijk verwijderen van de vloeistoffen uit de opvangbakken.

In geval van een defect of ongeval waarbij stoffen of materialen in zee terechtkomen die een bedreiging vormen voor het milieu, moeten deze zo spoedig mogelijk worden verwijderd en verwerkt volgens de geldende regelgeving en het afvalbeheersplan (Arcadis Belgium NV, 2023b, Externe bijlage 5).

5.7.5.4 Veiligheidsvoorzieningen en bebakening

Andere veiligheidsvoorzieningen en bebakening wordt besproken in sectie 3.4.1.3.

5.7.6 Monitoring

Er wordt geen specifieke bijkomende monitoring voorgesteld. Het wordt aanbevolen dat de overheid jaarlijks een overzicht ontvangt van de incidenten die hebben plaatsgevonden, om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de risico's van het windpark.

6 CUMULATIEVE EFFECTEN

6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt nagegaan in hoeverre de potentiële effecten ten gevolge van voorliggend project (constructie, exploitatie en ontmanteling van ieder van de windparken in de drie PEZ kavels inclusief parkbekabeling) in combinatie met elkaar (dus de andere windparken in de PEZ kavels) alsook met andere activiteiten op zee kunnen leiden tot een cumulatie van effecten. Het BNZ is immers een veelgebruikte zone, waar heel wat verschillende activiteiten plaatsvinden. Het aantal activiteiten in de Noordzee neemt ook snel toe. In dit hoofdstuk zal vooral de cumulatie van effecten ten gevolge van de drie windparken in de PEZ samen, alsook de ontwikkeling van het MOG2 energie-eiland in het bredere projectgebied PEZ, de bestaande operationele windparken in de Oostelijke energiezone en de extractie van mariene aggregaten (zandwinning) in de nabijgelegen sectoren voor ontginning beschouwd worden. De constructiefase van de nieuwe windparken in de PEZ als onderwerp van voorliggend MER (voorzien in de periode 2027 – 2030) zal deels overlappen met de ontwikkeling van het MOG2 eiland. Binnen voorliggend MER wordt echter uitgegaan van de aanname dat het MOG2 eiland reeds gebouwd zal zijn bij de aanvang van de werkzaamheden in de PEZ kavels (voorzien in de periode 2025-2027), en dat enkel de werkzaamheden m.b.t. de transmissie-infrastructuur, aanleg van exportkabels, en onderhoud van het eiland gelijktijdig of deels overlappend met de werkzaamheden in de PEZ (voorzien in de periode 2026-2029) zullen plaatsvinden.

Daarnaast worden de activiteiten in voorliggend MER ook nog bekeken in functie van de potentiële cumulatie met de vele andere menselijke activiteiten in de Noordzee zoals scheepvaart, visserij, kabels, en zandextractie voor de effectgroepen waar dit relevant blijkt. Door de veelheid aan projecten die soms op grote afstand van elkaar plaatsvinden of die niet relevant zijn met betrekking tot de mogelijke cumulatie van effecten, wordt in dit hoofdstuk eerst een scoping gedaan om relevante projecten en activiteiten en mogelijke cumulatie van effecten te identificeren voor verdere behandeling. Welke projecten en activiteiten dat zijn, kan dus variëren naargelang de discipline en effectgroep.

6.2 SCOPING & METHODIEK

6.2.1 Scoping cumulatieve effecten

Er werd een eerste scoping oefening gedaan van mogelijke cumulatieve effecten per discipline van voorliggend project omtrent windparken (incl. parkbekabeling) in de PEZ kavels met alle mogelijke activiteiten in het BNZ (Tabel 6-1). Deze cumulatieve effecten worden verder in meer detail besproken in § 6.3 en werden zoveel mogelijk gekwantificeerd waar mogelijk met de beschikbare informatie.

Een belangrijke bron daarbij is de 'actualisatie van de initiële beoordeling voor de Belgische mariene wateren 2018-2024' (Belgische Staat, 2018a) en de actualisatie van de socio-economische analyse van het gebruik van de Belgische mariene wateren 2018-2024' (Belgische Staat, 2018c). Het kunnen behalen van de goede milieutoestand doelstellingen

(descriptoren KRMS) wordt ook getoetst aan mogelijke beïnvloeding door de besproken cumulatieve effecten. Voor de inschatting van de effecten in combinatie met de ontwikkeling van het MOG2 eiland wordt verder beroep gedaan op het milieueffectenrapport van die laatste (IMDC, 2022) om de cumulatieve effecten te beoordelen. Ook voor de zandwinning zal het laatste MER (Arcadis Belgium NV, 2020) als informatiebron dienstdoen, bovenop de monitoringsresultaten en studies vanuit de FOD Economie, Dienst Continentaal Plat (DCP). Voor de andere activiteiten worden ook andere bronnen zoals OSPAR richtlijnen, themateksten onder het Compendium Kust en Zee (Dauwe et al., 2023), etc. gehanteerd.

In de Tabel 6-1 zijn met name die effecten opgenomen welke tijdens de individuele effectbeoordelingen en besprekingen in voorgaand Hoofdstuk 5 leidden tot een matige of significante score (-, --; +, ++). Verder worden ook een aantal effecten opgelijst welke weliswaar individueel (i.e. per PEZ kavel/windpark) een verwaarloosbaar effect (0/-; 0/+) hadden, maar welke mogelijks in het cumulatieve aspect een strengere beoordeling zouden kunnen krijgen.

*Tabel 6-1 – Overzicht van te verwachten cumulatie van effecten opgedeeld per discipline. Enkel die effecten waarvoor mogelijks cumulatie wordt verwacht, worden hieronder opgenomen in de tabel. De effecten die in de respectievelijke effectbesprekingen onder Hoofdstuk 5 als matig of significant negatief werden beoordeeld, zijn weergegeven met een asterisk *.*

Discipline	Effect	Andere activiteiten	Cumulatie
Bodem en water	Fysieke vernietiging en verstoring van de zeebodem tijdens constructie en ontmanteling	Alle bagger- en stortwerken voor nieuwe infrastructuur (incl. andere windparken PEZ en MOG2), zandwinning , storten van baggerspecie, overige bodemberoerende activiteiten zoals bodemberoerende visserij	Cumulatie is mogelijk bij gelijktijdige (of kortelings voorafgaande) uitvoering van naburige projecten. In geval van veranderende sedimenttransporten door de aanwezigheid van infrastructuur (tijdens exploitatie), kunnen de effecten langer blijven voortduren en cumuleren in het BNZ (tot ontmanteling).
	Invloed op turbiditeit sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie* tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling		
Klimaat en atmosfeer	Lokaal klimaat: invloed op transportemissies tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling.	Lokaal klimaat: Alle scheepvaart activiteiten voor aanleg en onderhoud nieuwe infrastructuur (incl. andere windparken PEZ en MOG2), zandwinning, visserij, andere scheepvaart, etc. in de nabijheid van de PEZ.	Cumulatie is mogelijk bij gelijktijdige uitvoering van naburige projecten of gelijkaardige activiteiten.
	Globaal klimaat: vermeden CO ₂ -emissies tijdens de exploitatie*.	Globaal klimaat: vermeden CO ₂ -emissies in de hele BNZ.	
Geluid, EMV en trillingen	Invloed op boven- en onderwatergeluid* tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling	Alle scheepvaart- en hei activiteiten voor aanleg en onderhoud nieuwe infrastructuur (incl. andere windparken PEZ en MOG2), zandwinning, visserij, etc. in de nabijheid van de PEZ	Cumulatie is mogelijk bij gelijktijdige uitvoering van naburige projecten in de toekomst of activiteiten
	Invloed op EMV tijdens exploitatie	Alle kabelinfrastructuur in de nabijheid van de PEZ	

Discipline	Effect	Andere activiteiten	Cumulatie
Fauna, flora en biodiversiteit	Biotoopverstoring en verlies organismen* tijdens constructie en ontmanteling	Alle bagger- en stortwerken voor nieuwe infrastructuur (incl. andere windparken PEZ en MOG2), zandwinning , storten van baggerspecie, overige bodemberoerende activiteiten zoals bodemberoerende visserij	Cumulatie is mogelijk bij gelijktijdige uitvoering van naburige projecten of activiteiten.
	Verfijning sediment* en aanrijking met organisch materiaal tijdens exploitatie		In geval van sedimentologische wijzigingen door de aanwezigheid van infrastructuur, kunnen de effecten langer blijven voortduren en cumuleren in het BNZ (tot ontmanteling).
	Uitsluiting bodemberoerende activiteiten* tijdens exploitatie	Alle scheepvaart- en he activiteiten voor aanleg en onderhoud nieuwe infrastructuur (incl. andere windparken PEZ, MOG2, zandwinning, visserij, etc. in de nabijheid van de PEZ	
	Geluidsverstoring* tijdens constructie en ontmanteling		In geval van effecten gelinkt aan de aanwezigheid van artificiële harde structuren (uitsluiting activiteiten, habitatcreatie, aanvaringsrisico en barrière-effect) blijven effecten eveneens voortduren tot aan ontmanteling.
	Habitatcreatie		
	Aanvaringsrisico tijdens exploitatie	Alle nieuwe infrastructuur aangelegd in nabijheid van de PEZ (incl. de andere PEZ kavels en MOG2) en in de bredere Zuidelijke Noordzee en het Kanaal	
Zeezicht en maritiem cultureel erfgoed	Barrière-effect en habitatverlies tijdens exploitatie		
	Scheepvaart van en naar haven in relatie tot zeezicht tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling	Alle scheepvaart activiteiten van en naar (met name Oostende) haven, zoals visserij, zandwinning, storten van baggerspecie, andere constructiewerken op zee (incl. de andere PEZ windparken en MOG2)	Cumulatie met projecten die rond dezelfde periode leiden tot scheepvaart van en naar havens (met name Oostende).
Interactie met andere menselijke activiteiten	Verlies aan visserijgronden	Alle zones waar reguliere scheepvaart wordt uitgesloten, incl. de andere PEZ windparken	Cumulatie met projecten, werkzaamheden of natuurbeschermingszones waar alle reguliere scheepvaart wordt uitgesloten, waaronder o.a. (bodemberoerende) visserij en zandwinning
	Verlies aan te exploiteren zandwinningssectoren		
Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid	Diepte van de vaarroute.	Alle scheepvaart activiteiten zoals visserij, zandwinning, storten van baggerspecie, andere constructiewerken op zee (incl. de andere PEZ windparken en MOG2)	Cumulatie met projecten die rond dezelfde periode leiden tot scheepvaart in nabijheid van PEZ.
	Scheepvaart in relatie tot veiligheid (aanvaringsrisico)* tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling.		
	Olieverontreiniging door een scheepsramp.	Alle scheepvaartactiviteiten voor aanleg en onderhoud nieuwe infrastructuur (incl. andere windparken PEZ en MOG2), zandwinning, visserij, ander transport etc. in de nabijheid van de PEZ.	
	Radar en scheepscommunicatie.		

6.2.2 Methodiek cumulatieve effectbeoordeling

De mogelijke effecten van de activiteiten binnen voorliggend MER kunnen samen met andere menselijke activiteiten in de PEZ en in het bredere BNZ leiden tot een cumulatie van effecten. Hierbij kan het gaan om een relatief simpele optelsom van alle effecten van de afzonderlijke activiteiten, maar het zou ook zo kunnen zijn dat bepaalde effecten elkaar

versterken, of juist geheel of gedeeltelijk opheffen. Tenslotte kan het zo zijn dat afzonderlijke effecten weliswaar bij elkaar moeten worden opgeteld, maar dat dit niet leidt tot significante problemen voor het leven in en op zee en de betrokken habitats, tot dat een vooralsnog onbekende drempelwaarde wordt overschreden, waarna plotseling wel significante problemen ontstaan. In dit laatste geval is er sprake van een niet-lineaire respons.

Het vaststellen en beoordelen van cumulatieve effecten blijkt een zeer moeilijk gegeven, zowel binnen het BNZ als in ruimere geografische context. Aan de basis hiervan ligt het feit dat verschillende activiteiten een mogelijke, afzonderlijke impact hebben op het milieu die moeilijk te kwantificeren valt. Zo bleek uit studies van Dienst Continentaal Plat (FOD Economie) dat er meerdere bronnen aan te duiden vallen binnen het BNZ die bijdragen tot het ontstaan van turbiditeitspluimen, zoals boomkorvisserij, bagger- en constructiewerken, windparken en zandwinning (REF). Echter, hun relatieve bijdrage tot deze impact is niet één op één aan te duiden, daar al deze activiteiten verschillen naargelang hun ruimtelijke spreiding, omvang, en kenmerken van de gegenereerde sedimentpluimen.

Naast dit voorbeeld voor het BNZ is er ook op EU-niveau onduidelijkheid over hoe om te gaan met cumulatieve effecten in milieubeoordelingsrapporten, en een afgelijnde methodologie ontbreekt alsnog. Ondanks de voortschrijdende inzichten binnen een expertgroep, bevat het meest recente Quality Status Report van OSPAR (2017) daarom geen inschatting van cumulatieve effecten, noch wordt er een methodologie voorgesteld. Hoewel er ondertussen wel verder wordt nagedacht over hoe het probleem van inschatten van cumulatieve effecten kan aangepakt worden naar de toekomst, wordt er in voorliggend MER in afwachting van een meer kwantificeerbare aanpak gebruik gemaakt van een kwalitatieve beoordeling op basis van expert judgement.

Enkel deze effecten die een niet-verwaarloosbare (positief of negatief) invloed hebben op een bepaalde discipline zullen worden besproken. Er wordt verondersteld dat indien een bepaald effect vrijwel onbestaande (0) of verwaarloosbaar (0/-) is voor het milieu voor elk van de projecten afzonderlijk, ook het cumulatieve effect verwaarloosbaar zal zijn (0/-). Op deze regel kan een uitzondering gemaakt worden indien de effecten van afzonderlijke projecten een bepaalde drempelwaarde dicht benaderen, waardoor het cumulatieve effect zich in een andere grootteklasse van effecten (bijvoorbeeld matig) bevindt.

In de meeste gevallen zal het cumulatief effect de som van het effect voor elk project zijn ($1+1=2$). In bepaalde gevallen zal het cumulatieve effect afwijken van de som van de effecten ($1+1<2$ of $1+1>2$). Bepaalde effecten zouden elkaar namelijk kunnen versterken ($1+1>2$), of juist geheel of gedeeltelijk opheffen ($1+1<2$). Beide gevallen zullen worden besproken en indien mogelijk kwantitatief worden uitgewerkt. Gezien de beperkte beschikbare methoden en mogelijkheden voor het inschatten van cumulatieve effecten, worden veel effecten noodzakelijkerwijs vooral kwalitatief besproken en beoordeeld. In dit hoofdstuk zal dit als volgt aangegeven worden: het potentieel cumulatief effect is kleiner ($<S$), gelijk (S) of groter ($>S$) dan de som van de individuele effecten, of er is geen of slechts een verwaarloosbaar cumulatief effect (0). Er wordt tevens aangegeven of het cumulatief effect al dan niet van toepassing (n.v.t.) is, in geval de cumulatie met andere activiteiten wordt bekeken.

6.3 BESCHRIJVING EN BEOORDELING CUMULATIEVE EFFECTEN PER DISCIPLINE

De cumulatieve effecten zullen worden besproken per discipline voor zowel de constructie-, operationele, als ontmantelingsfase van de PEZ windparken en de parkkabels. Voor alle projectaspecten wordt in eerste instantie uitgegaan van de worst case situaties (kan variëren naar gelang het beschouwde effect). De effecten worden enerzijds bekeken binnen de afgebakende PEZ (dus voor de 3 kavels samen, en waar relevant het MOG2 energie-eiland) en anderzijds op BNZ schaal (cumulatie met andere gebruikers). Deze beoordeling bouwt verder op de beoordelingen voor de afzonderlijke kavels onder Hoofdstuk 5, waar mogelijks reeds een verwijzing werd gemaakt naar de PEZ in zijn totaliteit. Deze wordt voor de volledigheid hier herhaald en waar relevant aangevuld voor de cumulatie met andere gebruikers.

6.3.1 Bodem en water

De PEZ windparken (incl. parkbekabeling) veroorzaken verschillende effecten op de zeebodem en dit cumuleert met andere projecten en activiteiten op zee. Met name de gezamenlijke effecten van de drie windparken in de PEZ samen, alsook de aanwezigheid van het MOG2 eiland in de PEZ zone, en de nabijheid van zandwinningszones zullen leiden tot cumulatie van onder meer bodemverstoring, pluimvorming en bijhorende turbiditeit en sedimentatie.

Scoping

- De effecten van de constructie van een windpark in één van de PEZ kavels inclusief parkbekabeling op **fysiek verlies en fysieke verstoring** van de zeebodem (~ morfologie, geologie, korrelgrootte) kunnen cumuleren met de constructie van de windparken in de andere twee PEZ kavels (incl. parkbekabeling), alsook met andere projecten in het BNZ (o.a. MOG2), hoewel deze effecten voor de PEZ kavels afzonderlijk als verwaarloosbaar werden beoordeeld in § 5.1.4.1. Zowel de voorbereidende werken voor de installatie van funderingen, de aanleg van erosiebescherming als kabelkruisingen kunnen de zeebodem sterk veranderen. Ook tijdens ontmanteling kunnen effecten naar fysiek verlies en verstoring cumuleren met andere activiteiten in het BNZ. De effecten naar fysiek verlies en verstoring van de zeebodem zullen resulteren in een additief cumulatief effect naar oppervlaktes die geïmpacteerd worden (S).
- De effecten van de constructie en aanwezigheid van een windpark in de PEZ kavels afzonderlijk inclusief parkbekabeling op **pluimvorming, en bijhorende veranderingen in turbiditeit, sedimenttransport en sedimentatie** cumuleren met de verdere ontwikkeling van de andere windparken in de PEZ (incl. parkbekabeling), alsook met alle bagger- en stortwerken voor nieuwe infrastructuur in de buurt (zoals o.a. exportkabels van het MOG2 eiland), zandwinning, en overige bodemberoerende activiteiten zoals bodemberoerende visserij. In de effectbeoordeling onder § 5.1.4.2 werd een matig negatief effect van de constructie van de funderingen en parkbekabeling op de natuurlijke sedimentatie in de PEZ kavels afzonderlijk beschouwd. Cumulatie is mogelijk bij gelijktijdige uitvoering van de drie windparken in de PEZ, maar ook bij uitvoering van andere naburige projecten (inclusief projecten die kortelings voorafgaand aan de ontwikkelingen in de PEZ zullen plaatsvinden,

zoals de bouw van het MOG2 eiland en de sedimentatie die daarbij hoort, zie ook § 5.1.3). In geval van veranderend sedimenttransport door de aanwezigheid van infrastructuur, zoals niet alleen de windturbines in de PEZ kavels maar eveneens het MOG2 eiland, kunnen de effecten langer blijven voortduren en cumuleren in het BNZ (tot aan respectievelijke ontmanteling van de verschillende infrastructuren). Tijdens ontmanteling kunnen gelijkaardige effecten naar gewijzigd sedimenttransport optreden als tijdens de constructie van de PEZ windparken, waardoor ook dan cumulatie kan verwacht worden. De effecten naar pluimvorming en sedimentatie resulteren in een mogelijks versterkend cumulatief effect, daar meerdere activiteiten kunnen leiden tot een hogere fractie fijne sedimenten in de waterkolom, waardoor de pluim in omvang kan toenemen en verder kan reiken. Ook de afgezette fijne sedimentlaag kan op die manier dikker worden indien sedimentatie van meerdere activiteiten accumuleert.

Er zijn momenteel reeds veel menselijke activiteiten die het mariene milieu onder druk zetten met het fysiek verlies en verstoring van de zeebodem als gevolg. Deze verstoringen zijn in kaart gebracht voor de periode 2011-2016 in het hele BNZ om de KRMS goede milieutoestand voor descriptor 6 (Zeebodintegriteit) te evalueren (Belgische Staat, 2018a). De GMT voor D6 wordt bereikt wanneer de integriteit van de zeebodem zodanig is dat de structuur en de functies van de ecosystemen gewaarborgd zijn en dat met name de benthische ecosystemen niet onevenredig worden aangetast. De mogelijke cumulatieve effecten hierop worden mee behandeld in dit hoofdstuk.

Effecten op bodem- en waterkwaliteit werden in Hoofdstuk 5.1 als nagenoeg afwezig (0) of verwaarloosbaar (0/-) beschouwd voor de afzonderlijke kavels, waardoor er ook geen cumulatieve effecten op deze zaken te verwachten vallen binnen voorliggend MER. Deze worden bijgevolg niet verder beschouwd in de verdere paragrafen voor bodem en water.

6.3.1.1 Constructiefase

Invloed op fysiek verlies en verstoring zeebodem

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

In Hoofdstuk 5.1.4.1 van voorliggend MER werd voor beide scenario's, de drie kavels, en de verschillende funderingstypes het totale bodemverzet en totale verstoorde zeebodoppervlak opgelijst, welke tijdens voorafgaande nivellerings- en stortactiviteiten, alsook tijdens de uitgraving van funderingsputten, aanleg van erosiebescherming en het ingraven van de parkbekabeling kunnen verwacht worden (zie Tabel 5-3, Tabel 5-4 en Tabel 5-5). De belangrijkste cijfers worden in de Tabel 6-2 hieronder nog eens herhaald, ditmaal voor de drie kavels in de PEZ afzonderlijk, maar ook cumulatief voor de drie windparken in de PEZ kavels samen.

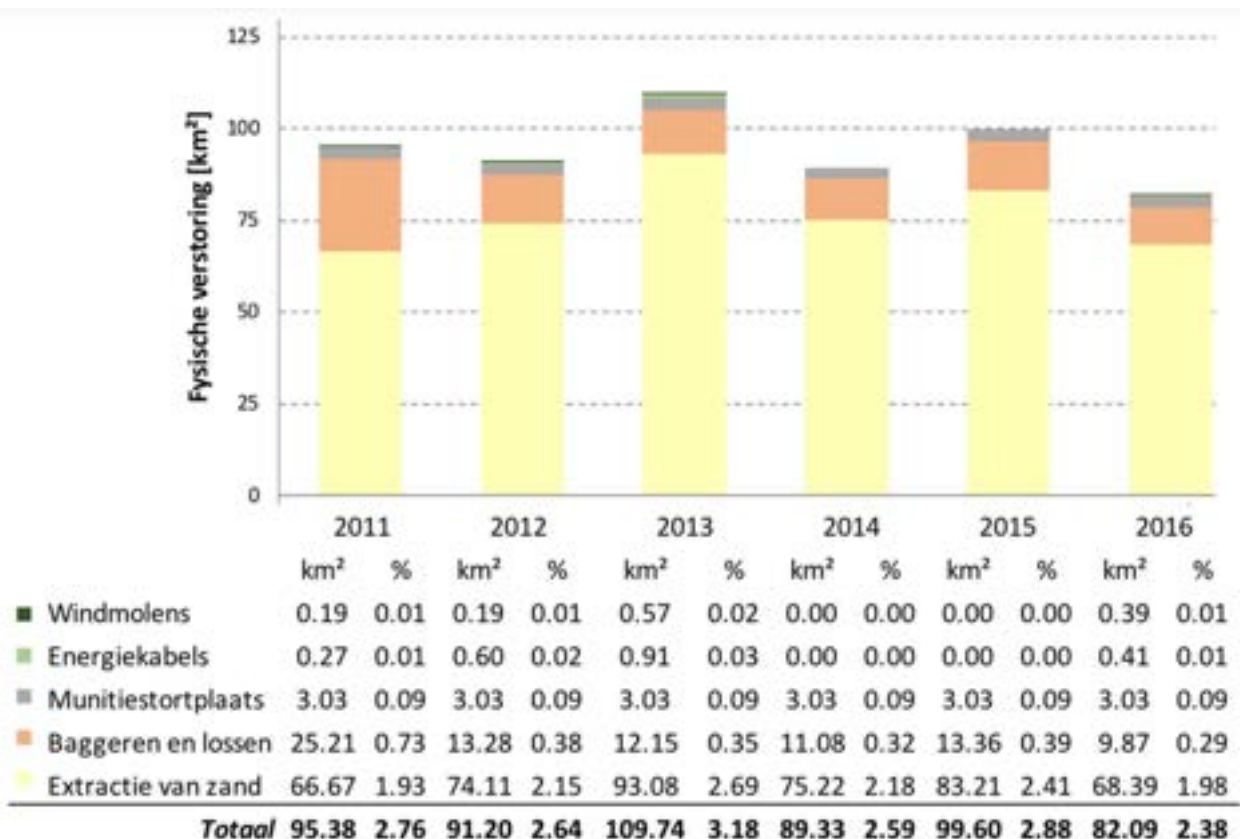
Tabel 6-2 – Overzicht van de verstoorde oppervlakte (in ha) en het bodemverzet (in Mm³) die gepaard gaan met de verschillende activiteiten tijdens de constructiefase van de windparken in de PEZ kavels. Ranges zijn te verklaren door verschillen tussen respectievelijk 100 % MP, 100 % JF, of 90 % MP + 10 % GBF funderingen. Voor een detailoverzicht van de achterliggende cijfers, wordt verwezen naar Tabel 5-4 eerder in dit MER.

	Scenario 1 = 278 turbines				Scenario 2 = 160 turbines			
	PE I	PE II	PE III	Totaal PEZ	PE I	PE II	PE III	Totaal PEZ
Nivelleren en uitgraven funderingsputten, incl. aanleggen erosiebescherming								
Verstoord oppervlak (ha) ter hoogte van turbine locatie	51 - 59	101 - 120	111 - 131	236 - 310	30 - 35	60 - 71	60 - 71	150 - 177
Bodemverzet (verstoorde volume) (Mm ³)	1,03 - 1,38	2,03 - 2,81	2,22 - 3,08	5,28 - 7,27	0,61 - 0,82	1,22 - 1,64	1,22 - 1,64	3,05 - 4,10
Stockage gebaggerd materiaal								
Verstoord oppervlak (ha) ter hoogte van stortplaats(en)	14 - 19	28 - 39	31 - 43	74 - 102	9 - 11	17 - 23	17 - 23	43 - 57
Bodemverzet (verstoorde volume) (Mm ³)	0,72 - 0,97	1,42 - 1,97	1,56 - 2,16	3,70 - 5,09	0,43 - 0,57	0,85 - 1,15	0,85 - 1,15	2,13 - 2,87
Aanleggen parkbekabeling								
Verstoord oppervlak (ha) ter hoogte van kabeltracés	7	11	13	31	7	11	13	31
Bodemverzet (verstoorde volume) (Mm ³)	1,18	1,73	2,20	5,11	1,18	1,73	2,20	5,11
TOTAAL WORST CASE SCENARIO = 10 % GBF, 90 % MP, statische erosiebescherming in 100 % van de funderingen								
Verstoord oppervlak (ha) volledige kavel/PEZ	85	170	187	443	53	105	107	265
Bodemverzet (verstoorde volume) (Mm ³)	3,53	6,51	7,44	17,47	2,57	4,52	4,99	12,08

Hieruit blijkt dat per afzonderlijk PEZ kavel, er tussen 0,2 % en 0,7 % van het totale PEZ zeebodemoppervlak verstoord wordt, afhankelijk van het kavel en het scenario (in scenario 2 is er doorgaans minder verstoring van de zeebodem door het lagere aantal turbines). Cumulatief voor de drie windparken samen komt dit neer op ca. 1 % van de totale PEZ zeebodem voor scenario 2, en ca. 1,7 % voor scenario 1. Als dit geschaald wordt t.a.v. het totale BNZ zeebodemoppervlak liggen de cijfers nog lager (0,02 – 0,05 % per individueel kavel, 0,08 – 0,13 % voor de drie PEZ kavels samen). Het cumulatief effect naar bodemverstoring voor de volledige PEZ is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten per kavel (S). Gezien het relatief lage percentage verstoord oppervlak t.a.v. het volledige BNZ wordt echter een gering negatieve beoordeling (0/-) aangehouden, analoog als de beoordeling voor de individuele kavels.

Als de totale verstoorde oppervlaktes voor de hele PEZ (onderste rijen in Tabel 6-2) worden opgedeeld over de constructiefase van ruwweg 2 jaar, zal er ca. 2,2 km² (scenario 1) of 1,3 km² (scenario 2) zeebodem per jaar in zijn totaliteit verstoord worden door de activiteiten voor nivelleren, baggeren en storten, en aanleggen van erosiebescherming en parkkabels in de drie PEZ kavels samen. Deze cijfers liggen hoger dan deze die gerapporteerd werden voor de Oostelijke energiezone (0,19 – 0,39 km² per jaar in de periode 2011 – 2016; zie Figuur 6-1; Belgische Staat, 2018a). In dat geval werd in 2016 een cijfer van 0,39 km² opgetekend, wat op die moment overeenkwam met gelijktijdige aanleg van ca. 1/3^e van de windparken in de Oostelijke energiezone (o.a. Nobelwind). Hierbij ging het in totaal over minder turbines dan voorzien in voorliggend MER voor de hele PEZ, waardoor dit cijfer van 0,39 km² eigenlijk kan verdrievoudigd worden om een totaalbeeld voor de volledige Oostelijke energiezone te verkrijgen. Op die manier komt men op ca. 1,2 km² voor de volledige Oostelijke energiezone, wat in dezelfde grootteorde ligt als de 1,3 km² voor scenario 2 in voorliggend MER.

Binnen dit MER wordt daarnaast uitgegaan van statische erosiebescherming met een ruime footprint voor alle turbinelocaties, om de effecten naar ontstaan van erosieputten tegen te gaan. Hierdoor komen de totalen naar verstoord oppervlak in verhouding hoger uit dan deze in de Oostelijke energiezone (daar wordt aangenomen dat aanleggen van steenbestorting eveneens een verstoring van onderliggende sedimenten veroorzaakt).



Figuur 6-1 – Overzicht van fysieke verstoring van de zeebodem in het BNZ in de periode 2011 – 2016, gelinkt aan de verschillende sectoren (overgenomen uit Belgische Staat, 2018a).

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Naast de constructie van de PEZ windparken zullen ook andere menselijke activiteiten bijdragen tot fysieke verstoring van de zeebodem in het BNZ. Bovenstaande Figuur 6-1 geeft voor de belangrijkste sectoren cijfers naar verstoringsoppervlakte per jaar in de periode 2011 – 2016 (Belgische Staat, 2018a). Hieruit blijkt dat met name zandextractie een groot aandeel heeft (gemiddeld ca. 77 km² verstoord per jaar), maar dat dit in verhouding met de totale oppervlakte van het BNZ nog steeds beperkt is (gemiddeld ca. 2,2 % van het totale zeebodemoppervlak).

De fysieke zeebodemverstoring ten gevolge van de constructie van de drie PEZ windparken samen zal dus cumuleren met deze inschattingen van gemiddeld 95 km² per jaar gedurende de uitvoeringsperiode voor de PEZ kavels van 2 à 3 jaar. Daarbovenop komt ook nog de eventuele cumulatie met (een deel van) de aanleg van de export-kabels van het MOG2 eiland, welke in het worst-case scenario van het uitgraven van 8 sleuven over de totale lengte van het kabeltracé vanaf het eiland tot de aanlandingslocatie ter hoogte van Blankenberge/Zeebrugge ca. 8,5 km² verstoord zeebodemoppervlak met zich mee zal brengen, naast de ca. 59 km² verstoorde oppervlakte in de tijdelijke stortplaatsen (weliswaar verder van

de PEZ gelegen) (zie MER MOG2; IMDC, 2022). De cumulatieve effecten op de zeebodem van het BNZ zijn gelijk aan de som van de individuele effecten van de verschillende activiteiten (S). Verder geldt dat de cumulatie van de aanleg van windparken en bijhorende parkbekabeling in de drie PEZ kavels met deze andere activiteiten van korte duur is, en daarbovenop ook lokaal. Immers wordt binnen de PEZ zelf enkel de (ruimtelijke) cumulatieve verstoring ten gevolge van de drie windparken (incl. parkbekabeling) én het deel van de exportkabels in de nabijheid van het MOG2 eiland in beschouwing genomen, waardoor het cumulatief effect binnen het studiegebied van voorliggend MER beperkt blijft tot ca. 1,3 – 2,2 km² per jaar voor de PEZ windparken, vermeerderd met een deel van de verstoring door de aanleg van de exportkabels van het MOG2 eiland (zie eerder). Het MOG2 eiland zelf zal immers al gebouwd zijn tegen dat aan de constructie van de windparken begonnen wordt. De verwachte afzettingsdiktes van fijne fractie ten gevolge van de bouw en operationele fase van MOG2 zullen weliswaar reeds in de PEZ aanwezig zijn (autonome ontwikkeling – zie ook § 5.1.3) waardoor de afzettingen in kader van voorliggend project mogelijks ermee zullen cumuleren. Mariene aggregaatextractie, welke in de nabijheid van de PEZ plaatsvindt in ontginningssectoren 4b, 4c en 4d (zie § 5.6.2.5), overlapt ruimtelijk niet met de PEZ werkzaamheden. Sector 4a welke overlapt met kavel PE I zal immers gesloten zijn voor zandontginning van zodra met de bouw gestart zal worden.

Ten slotte dient vermeld te worden dat bodemberoerende visserij niet opgenomen werd in Figuur 6-1 omwille van de alomtegenwoordigheid in het BNZ, maar dat de effecten naar bodemverstoring van deze sector heel groot zijn (al is de PEZ niet de meest drukbeviste zone van het BNZ; zie eerder). Gezien de PEZ zal gesloten worden voor alle reguliere scheepvaartverkeer waaronder visserij, zal ook hier geen cumulatie van fysieke zeebodemverstoring binnen de PEZ optreden. In tegenstelling, er zal zelfs ca. 285 km² van het BNZ (i.e. de totale oppervlakte van de PEZ) niet meer door bodemberoerende visserij verstoord worden, wat in een vermindering van verstoringsdruk resulteert. Dit komt overeen met ca. 8,3 % van de totale BNZ zeebodem (in tegenstelling tot de < 1 % verstoring ten gevolge van de drie PEZ windparken inclusief parkbekabeling t.a.v. het BNZ), en kan als gunstig beschouwd worden voor het behalen van de goede milieutoestand voor KRMS beschrijvend element D6 (Zeebodemintegriteit). Dit effect blijft voortduren tot aan de ontmanteling van de PEZ windparken.

Impact op sedimenttransport

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

De constructie van de windparken en parkbekabeling in de PEZ kavels gaat gepaard met pluimvorming die zowel in het nabije veld (binnen de PEZ kavels, rondom de turbine-, stort- en kabellocaties en het MOG2 eiland) als het verre veld (andere locaties binnen de PEZ kavels, en daarbuiten) kan resulteren in een afzetting van fijne sedimentfracties. Deze tijdelijke verhoging van de turbiditeit in de waterkolom, alsook de sedimentatie op en rond de funderingen, stortlocaties en kabeltracés, heeft implicaties voor zowel het aanwezige zeebodemhabitat (i.e. zachte substraten en grindbedden) en de aanwezige fauna (met name het minder mobiele benthos). Voor een uitgebreide beschrijving van deze effecten wordt verwezen naar § 5.4.3 (effecten op fauna) en § 7.5.5 (effectbespreking ontwerp passende beoordeling) van voorliggend MER. Het percentage fijn materiaal (fijn zand en slib) in gebaggerd materiaal ter hoogte van de PEZ kavels is beperkt (ca.

20 %; zie numerieke pluimmodellering; Arcadis Nederland B.V., 2023). Binnen voorliggend MER werd de pluimvorming en afzetting van deze fijne sedimentfractie in detail gemodelleerd, voor de meest relevante activiteiten (nivelleren van de zeebodem, uitgraven van funderingsputten en tijdelijke stockage in stortplaatsen, en ingraven van parkkabels) in kavels PE II en PE III. De effecten van de gegenereerde pluimen en sedimentatie werden als matig negatief (-) beoordeeld, voor beide scenario's en voor de drie kavels afzonderlijk. Eén van de gemodelleerde scenario's hield al een zekere cumulatieve aanpak in, daar de effecten van simultane ontwikkeling van zowel het windpark in kavel PE II als in kavel PE III werd gemodelleerd. Hierbij werden laagdiktes tot enkele cm's dik opgetekend, met name ter hoogte van de tijdelijke stortplaatsen in de kavels en ter hoogte van het MOG2 eiland welk een accumulatiepunt vormt omwille van de impact op de stromingen. Ter hoogte van de kwetsbare type I grindbedden in de PEZ kavels (zie Figuur 3-2 voor een overzicht van hun locatie in het projectgebied; Montereale-Gavazzi et al., 2023a) wordt lokaal en met name aan de rand van de grindbedden een laag tot maximaal 2 cm dik opgetekend (met name als gevolg van pluimvorming door ingraving van de parkkabels, welke tot dichtertegen de rand van de grindbedden naderen). Doorgaans blijft de afgezette sedimentlaag wel minder dan 0,5 cm dik. Door de hoge bodemschuifspanning in de PEZ zal de afgezette sedimentlaag echter snel (na enkele weken) terug eroderen, waardoor deze effecten tijdelijk te beschouwen zijn. In de modellering werd ook uitgegaan van een worst-case scenario waarbij alle activiteiten gelijktijdig zouden plaatsvinden, wat niet conform de realiteit is doorgaans. De gegenereerde sedimentpluimen door activiteiten in kavels PE II en PE III reiken wel verder dan de contouren van de kavels zelf, waardoor effecten tot op een paar km (ca. 10 km maximaal) van de bagger- en stortlocaties merkbaar zullen zijn. De cumulatie van deze activiteiten in de drie PEZ kavels zal inderdaad zowel in tijd als in ruimte optreden, waardoor het cumulatief effect groter zal zijn dan de som van de afzonderlijke effecten ($> S$), en als matig negatief (-) beoordeeld wordt (cf. afzonderlijke kavels).

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Naast de cumulatieve effecten binnen de PEZ zelf zijn er echter nog activiteiten met gelijkaardige effecten, zoals het nivelleren van de zeebodem en het ingraven van (export)kabels (o.a. van MOG2), en zandextractie. Voor wat betreft het MOG2 eiland, zal de eigenlijke constructie van het eiland afgerond zijn tegen dat er begonnen wordt met de ontwikkeling van de PEZ windparken. Echter, de aanwezigheid van het eiland kan ook na afloop van de constructie nog leiden tot een verandering in sedimentatie- en erosiepatronen in de nabijheid, en voor bijkomende pluimvorming zorgen (zie MER MOG2; IMDC, 2022). Ook het aanleggen van de exportkabels, welke potentieel wel zal overlappen met de constructie van de PEZ windparken, zal sedimentpluimen genereren welke nabij het projectgebied kunnen cumuleren met de werkzaamheden in kader van de PEZ. Voor zandextractie zijn er, gezien de geografische locatie van de ontginningszones, cumulatieve effecten te verwachten door gelijktijdig uitvoeren van baggerwerkzaamheden in kader van zandwinning en de constructie van de PEZ windparken (incl. parkbekabeling). Sectoren 4b en 4c zijn immers op slechts ca. 4,5 km afstand van kavel PE I gelegen, en sector 4d ligt vlak naast kavel PE II. Deze afstanden vallen binnen de range van ca. 10 km waarover de pluim zich uitstrekte in de modellering binnen voorliggend MER. Er kan dus cumulatie optreden van de afzetting van de baggerpluimen met de meest nabijgelegen zandontginningsactiviteiten. Het cumulatieve effect van de sedimentatie (van fijne fractie) van de windparken en de zandextractie kan groter zijn dan de som van de individuele effecten ($> S$) in een straal van ca. 10 km rond de PEZ windparken (i.e. de afstand tot waarover verhoogde vertroebeling

en sedimentatie in de numerieke pluimmodellering werd waargenomen). Dit effect zal met name optreden in de dominante stromingsrichting van het getij, dus in ZW – NO richting (ebstroom). Eerdere monitoring van de zandwinningsactiviteiten ter hoogte van onder meer de Hinderbanken (Van Lancker et al., 2020) heeft aangetoond dat de ontginningsactiviteiten een verstoring van de zeebodem teweeg brengen en een potentiële depositie van fijne sedimenten ter hoogte van de grindbedden in de Vlaamse Banken regio (vnl. afkomstig uit sector 4c). Waar het zandige sediment voornamelijk dicht bij de extractielocaties zelf neerslaat, zal de invloed van de fijne fractie verder kunnen reiken, tot op ca. 8 km ver (vergelijkbare grootteorde van afstand als in voorliggend MER in de pluimmodellering werd geobserveerd; Arcadis Nederland B.V., 2023). Tijdens extractieactiviteiten op piekmomenten (m.b.t. stroomsnelheden en amplitude) bleek dat de fijne sedimentpartikels vanuit sector 4c zelfs de mogelijkheid hadden om tot op 14 km ver te belanden in zuidwestelijke richting (Van Lancker et al., 2017). Dit leidt tot een aanrijking van de fijne fractie ter hoogte van de grindbedden, wat tot een zekere bezorgdheid naar de mogelijke ‘smothering’ effecten heeft geleid. Echter, tot dusver kon er nog geen directe relatie vastgesteld worden tussen de aanrijking met fijn sediment en de extractieactiviteiten in ontginningszone 4. Vanuit een voorzorgsprincipe dient de potentiële cumulatie van dit effect ten gevolge van de zandontginning met de effecten naar pluimvorming en sedimentatie ten gevolge van de PEZ windparken nauwlettend in de gaten gehouden te worden, daar deze elkaar mogelijk kunnen versterken (>S). Kavels PE I en PE II zullen hierbij meer risico ondervinden dan kavel PE III welke zich op een iets ruimere afstand van de zandwinningsgebieden bevindt (maar nog steeds binnen een straal van 10 km).

Echter, net zoals ook in voorliggend MER en pluimmodellering werd waargenomen, zal resuspensie van dit fijne afgezette materiaal optreden op relatief korte termijn, dankzij dynamische condities zoals e.g. springtij, storm, etc. (Van Lancker et al., 2020).

Naast de potentieel overlappende aanleg van exportkabels, de aanwezigheid van het MOG2 eiland en zandextractie, zal ook visserij in de nabijheid van de PEZ zorgen voor omwoeling van het sediment, met als gevolg een toename aan turbiditeit en pluimvorming. Bij boomkorvisserij worden de bovenste lagen van de zeebodem constant omgewoeld en ontstaat nabij de zeebodem een lokale en tijdelijke wolk met verhoogde turbiditeit. Dit effect zal weliswaar beperkt cumuleren met de aanleg van de windparken en parkbekabeling in de PEZ kavels, gezien de volledige PEZ niet toegankelijk zal zijn voor visserij. Toch kan de invloed van opgewekte sedimentpluimen merkbaar zijn aan de randen van de PEZ kavels, wat tot een potentieel cumulatief effect gelijk aan de som van individuele effecten (S) kan leiden. Dit cumulatief effect wordt als matig negatief (-) beschouwd.

Buiten de impact van eventueel overlappende aanleg van exportkabels en de aanwezigheid van het energie-eiland in kader van MOG2, alsook zandwinning en visserij, treden er geen noemenswaardige cumulatieve effecten naar pluimvorming, sedimenttransport en sedimentatie op, gezien de locaties voor andere activiteiten zoals baggerstort zich niet in de directe nabijheid van de PEZ bevinden.

6.3.1.2 Operationele fase

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Tijdens eerdere MERs voor windparken op zee (Oostelijke energiezone) in het BNZ werd telkens gewag gemaakt van een relatief gewijzigd hydrodynamisch systeem ronde de windmolens, waardoor zogenaamde erosieputten en allerhande wijzigingen in stromingskenmerken zouden optreden (o.a. IMDC, 2013a). Binnen voorliggend MER is evenwel de aanname gemaakt dat in 100 % van de gevallen voor een statische erosiebescherming dient geopteerd te worden, waardoor de vorming van dergelijke erosieputten niet als problematisch wordt beschouwd. Door de smalle vorm en de onderlinge afstand tussen de windturbines in de kavels wordt evenmin een significante wijziging in bodemtransporten verwacht, waardoor de effecten tijdens de operationele fase als verwaarloosbaar werden beoordeeld in § 5.1.4. Er zal dus ook geen cumulatie optreden naar hydrodynamica met andere activiteiten (e.g., MOG2).

Wel kunnen ook tijdens de operationele fase (kleinere) turbiditeitspluimen optreden in het zog van de windturbines, waardoor organisch materiaal en fijn sediment tot over enkele km van de turbines weg kunnen getransporteerd worden (1 à 2 km; Baeye en Fettweis, 2015; Belgische Staat, 2018a). Een gelijkaardig effect kan dus optreden tijdens de exploitatiefase van de PEZ windparken, waardoor cumulatie met vergelijkbare effecten van de andere PEZ windparken en het MOG2 eiland niet uit te sluiten is. Als eenzelfde reikwijdte van ca. 1 – 2 km in de dominante stromingsrichting (ZW - NO) wordt aangehouden, en de veiligheidsafstand van 500 m rond het MOG2 eiland aangehouden wordt, zal er een cumulatie (S) optreden van de pluimen met de andere PEZ kavels (voor PE I, PE II en PE III) en het MOG2 eiland (voor kavels PE II en PE III). Voor kavel PE II komt daar nog een potentieel cumulatief (S) effect met pluimvorming ten gevolge van zandextractie in sector 4d bij, daar deze op minder dan 1 km gelegen is van het kavel. Dit cumulatief effect zal, analoog aan de beoordeling voor de afzonderlijke kavels, gering negatief (0/-) blijven tijdens de exploitatiefase.

6.3.1.3 Ontmantelingsfase

In geval van volledige ontmanteling van erosiebescherming, funderingen en parkbekabeling, zullen de effecten vergelijkbaar zijn aan deze van de constructiefase. Voor een beschrijving hiervan wordt verwezen naar § 6.3.1.1. Er zal enkel een cumulatief effect optreden wanneer de ontmantelingsfase van de drie windparken in de PEZ gelijktijdig uitgevoerd wordt. Indien ook op diezelfde moment ontmanteling van het MOG2 eiland zou plaatsvinden, kan cumulatie daarmee ook optreden, al valt dit, gezien de langere vooropgestelde levensduur van MOG2 (IMDC, 2022), niet te verwachten.

6.3.1.4 Samenvatting

Een overzicht van de cumulatieve effecten voor bodem en water worden hieronder in Tabel 6-3 weergegeven. Deze worden opgedeeld in een kolom cumulatieve effecten welke plaatsvinden binnen de PEZ, dus voor de drie windparken samen, en een kolom cumulatieve effecten welke gelinkt zijn aan andere activiteiten in het bredere BNZ.

Tabel 6-3 – Overzicht van effecten gerelateerd aan bodem en water, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.

Effecten op bodem	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	score 0 of 0/- per individueel kavel	Score in relatie tot de 3 kavels samen in PEZ	Score in relatie tot bredere BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Invloed op morfologie	Ja	S	S
Invloed op geologie	Ja	S	S
Invloed op korrelgrootteverdeling	Ja	S	S
Exploitatiefase			
Invloed op morfologie	Ja	S	S
Invloed op geologie	Ja	S	S
Invloed op korrelgrootteverdeling	Ja	S	S
Ontmantelingsfase			
Invloed op morfologie	Ja	S	S
Invloed op geologie	Ja	S	S
Invloed op korrelgrootteverdeling	Ja	S	S
Effecten op water	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	score 0 of 0/- per individueel kavel	Score in relatie tot de 3 kavels samen in PEZ	Score in relatie tot bredere BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Invloed op hydrodynamica	Ja	S	S
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	Neen	> S	> S
Invloed op turbiditeit	Ja	> S	> S
Exploitatiefase			
Invloed op hydrodynamica	Ja	S	S
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	Ja	> S	> S
Invloed op turbiditeit	Ja	> S	> S
Ontmantelingsfase			
Invloed op hydrodynamica	Ja	S	S
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	Neen	> S	> S
Invloed op turbiditeit	Ja	> S	> S

6.3.2 Klimaat en atmosfeer

De PEZ windparken (incl. parkbekabeling) resulteren in een verhoging van het scheepsverkeer in en naar de PEZ (met de haven van Oostende als uitvalsbasis) die de impact op klimaat en atmosfeer (voornamelijk CO₂-emissies) mee bepalen. Deze toename in scheepvaartverkeer tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling van de afzonderlijke PEZ

windparken werd als gering negatief beoordeeld in de effectbespreking van Hoofdstuk 5.2. De effecten kunnen echter ook cumuleren in de PEZ als alle parken in ontwikkeling komen in dezelfde periode (zoals vooropgesteld in voorliggend MER), en met andere scheepsgebonden activiteiten rond de PEZ.

Scoping

- **Scheepvaart.** Cumulatie met alle scheepvaart- en havenactiviteiten die doorheen de levenscyclus van de windparken in de PEZ (constructie, exploitatie en ontmanteling) optreden: scheepvaartsector, visserij, constructiewerken op zee (waaronder deze voor de andere PEZ kavels en MOG2), zandwinning, storten van baggerspecie, etc.

Voor de bespreking van de cumulatieve effecten op het klimaat wordt aandacht besteed aan de effecten die bijdragen tot de globale klimaatsverandering, de effecten op het lokaal klimaat en de atmosfeer.

6.3.2.1 Constructiefase

Tijdens de productie-, constructie- en ontmantelingsfase werken de windturbines niet en is er energie vereist (met de bijhorende CO₂-uitstoot), het cumulatief effect (S) op klimaat wordt tijdens deze fases daarom als gering negatief (0/-) beoordeeld.

De effecten op het lokaal windklimaat worden als vrijwel onbestaande beoordeeld (§ 5.2.3.1) en de bijhorende cumulatieve effecten zijn ook vrijwel onbestaande. Dit geldt ook voor de effecten op atmosfeer. De som van de individuele effecten (S) is ook vrijwel onbestaande (0).

6.3.2.2 Exploitatiefase

Met betrekking tot de cumulatieve effecten op het globale klimaat worden de energieopbrengsten en CO₂-emissies ten gevolge van de volledige PEZ, de huidige Oostelijke energiezone en MOG2 besproken, deze zijn mede gebaseerd op de levenscyclusanalyse (LCA) (zie Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a). De belangrijkste informatie voor de cumulatieve effecten wordt hieronder herhaald, voor de bronnen van de onderstaande informatie wordt verwezen naar § 5.2.3.1.

De huidige 9 operationele windparken in het BNZ, gelegen in de Oostelijke energiezone van het MRP 2020-2026, hebben sinds 2020 een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 2,3 GW offshore windenergie. In 2021 was de totale elektriciteitsproductie in België afkomstig van offshore windenergie gelijk aan 6,7 TWh, de capaciteitsfactor was toen 34,4 %. De gemiddelde capaciteitsfactor voor deze windturbines is 38 %, de jaarlijkse verwachte elektriciteitsopbrengst is dus 7,4 TWh.

In de PEZ wordt een bijkomend geïnstalleerd vermogen van minimum 3,15 en maximum 3,5 GW in de PEZ beoogd. Volgens 3E (2021) wordt er een productie gelijk aan 14,9 TWh/jaar voorspeld voor de PEZ met een totale geïnstalleerde capaciteit gelijk aan 3.500 MW (kavels met 1x 700 MW en 2x 1400 MW.) De totale verwachte elektriciteitsproductie van

Belgische offshore windturbines vanaf de volledige PEZ operationeel is dus 22,3 TWh/jaar. De totale elektriciteitsproductie in België in 2021 was 92,2 TWh. Ten opzichte van dit cijfer is de totale verwachte elektriciteitsproductie van Belgische offshore windturbines 24,2 %. Dit is een significante verhoging van de duurzame elektriciteitsproductie in België.

Eind 2019 heeft België, in navolging van de Europese Verordening (EU) 2018/1999⁶⁶ en de Europese Green Deal, aan de Europese Commissie een definitief Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP) voor de periode 2021-2030 voorgelegd, waarin de belangrijkste doelstellingen en maatregelen voor het energie-en klimaatbeleid voor die periode werden vastgelegd (Belgische Staat, 2019). Hierin werd onder meer vooropgesteld dat tegen 2030 ca. 17,5 % van het bruto eindverbruik van energie in België uit hernieuwbare energieproductie dient te komen. Indien het bruto eindverbruik in 2030 gelijk is aan 411 TWh⁶⁷, dan dient de productie uit hernieuwbare energiebronnen dus minstens 72 TWh te zijn. Tegenover deze 72 TWh produceert de huidige Oostelijke energiezone 9 %. Indien de PEZ daarbij opgeteld wordt, dan komt dit op 31 %. Daarnaast heeft de federale regering in haar regeerakkoord van 2021 opgenomen dat de capaciteit van de offshore windenergie tegen 2030 5,4 – 5,9 GW zal bedragen. Met de oostelijke energiezone (2,3 GW) komt dit samen met de PEZ (3,5 GW) op 5,8 GW.

De totale koolstofemissies en het energieverbruik voor de levensduur van de PEZ worden weergegeven in Tabel 6-4 (LCA-studie, zie Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a). Indien gekozen wordt voor 100 % monopiles (scenario bis) liggen deze waarden iets lager dan bij keuze voor een combinatie van funderingen (90 % JF + 10 % GBF). Op basis van energiebalans-berekeningen voor de levensduur (20 jaar) van de PEZ is voor scenario 1 ca. 4 % energie vereist ten opzichte van de gegenereerde energie, voor scenario 2 komt dit neer op 3 % (zie ook § 5.2.3.1).

Tabel 6-4 – Koolstofemissies en energieverbruik tijdens de levensduur van de totale PEZ (20 jaar) voor de twee beschouwde scenario's.

Totaal kavels PE I + II + III	Totale CO ₂ emissies 20 j (ktons CO ₂)	Totale energieverbruik 20 j (GWh)

⁶⁶ Verordening (EU) 2018/1999 van het Europees Parlement en de Raad van 11 december 2018 inzake de governance van de energie-unie en van de klimaatactie, tot wijziging van Richtlijn 94/22/EG, Richtlijn 98/70/EG, Richtlijn 2009/31/EG, Verordening (EG) nr. 663/2009, Verordening (EG) nr. 715/2009, Richtlijn 2009/73/EG, Richtlijn 2009/119/EG van de Raad, Richtlijn 2010/31/EU, Richtlijn 2012/27/EU, Richtlijn 2013/30/EU en Richtlijn (EU) 2015/652 van de Raad, en tot intrekking van Verordening (EU) nr. 525/2013.

⁶⁷ Nationaal energie- en klimaatplan - 2021-2030 - Deel A - Nationaal Plan Context, doelstelling, beleidslijnen & maatregelen

90 % JF + 10 % GBF	Scenario 1	3.239	13.211
	Scenario 2	2.046	8.290
100 % MP	Scenario 1	3.013	12.428
	Scenario 2	1.913	7.828

Een vergelijking van de totale CO₂-emissies voor diverse energiebronnen wordt weergegeven in Tabel 6-5, dit voor een elektriciteitsproductie van 14.930 GWh/jaar zoals berekend voor de PEZ, en op basis van emissiefactoren (EF) voor België⁶⁸:

- EF productie elektriciteit: de CO₂-emissies bij de productie van de elektriciteit.
- EF upstream: de CO₂-emissies bij de productie van de energiedragers die de elektriciteitscentrale gebruikt.
- EF overige: de overige CO₂-emissies van de levenscyclus.
 - Voor windturbines wordt dit als volgt berekend: In scenario's 1 en 2I wordt resp. 162 en 102 kton CO₂ uitgestoten per jaar (3.239 en 2.046 kton CO₂ over 20 jaren, zie Tabel 6-4). Over 1 jaar wordt er 14,9 TWh opgewekt, de emissie per energie-eenheid is daarom gelijk aan resp. 0,011 en 0,007 kg CO₂/kWh.
 - Voor gas, nucleair en biomassa zijn deze waarden niet gekend en worden ze verondersteld verwaarloosbaar te zijn.
- EF totaal: optelsom van de 3 bovenstaande.

Voor de vergelijking ten opzichte van diverse andere energiebronnen, worden cumulatief de emissies voor de PEZ en het MOG2 samengenomen, daar deze in eenzelfde tijdsperiode worden aangelegd, en als een integraal geheel moeten bekeken worden voor de productie en transport van hernieuwbare energie uit de PEZ. Voor MOG2 bedraagt de totale CO₂-emissie 1.600 kton over 20 jaar (IMDC, 2022). Per jaar is dit dus 80 kton CO₂. Indien de emissies uit de LCA-studie voor de PEZ opgeteld worden bij de MOG2-emissies komt dit op een totaal van resp. 242 en 182 kton CO₂/jaar voor scenario's 1 en 2. Omgerekend is dat resp. 0,016 en 0,012 kg CO₂/kWh (Tabel 6-5).

Tabel 6-5 – CO₂-emissies voor diverse energiebronnen (op basis van EF België⁴³ en LCA-studie (Arcadis Belgium NV, 2023a))

Energiebron	Emissie voor 14,9 TWh (kton CO ₂)	EF totaal (kg CO ₂ /kWh)	EF productie elektriciteit (kg CO ₂ /kWh)	EF upstream (productie brandstoffen) (kg CO ₂ /kWh)	EF overige (kg CO ₂ /kWh)
Gas	6.241	0,418	0,351	0,067	/
Nucleair	179	0,012	0,002	0,01	/
Windenergie MOG2 + PEZ (scenario 1)	242	0,016	0	0	0,016

⁶⁸ Alle EF-gegevens zijn afkomstig van <https://www.co2emissiefactoren.be/factoren>, behalve 'EF overige' voor windturbines, deze is berekend op basis van de levenscyclusanalyse overheen de ganse levenscyclus van 20 jaren (zie Externe bijlage 4; Arcadis Belgium NV, 2023a).

Windenergie MOG2 + PEZ (scenario 2)	182	0,012	0	0	0,012
Biomassa	1.120	0,075	0	0,075	/
Zonne-energie	821	0,055	0	0	0,055

De beoordeling van de prestaties van België wordt gemaakt door het vergelijken met de huidige CO₂-uitstoot van België en wanneer de elektriciteit zou opgewekt worden met gas in plaats van door windturbines. Indien de elektriciteitsproductie uit gas vervangen wordt door de windenergie van de PEZ (3.500 MW) wordt er 5.999 – 6.059 kton CO₂ (= 6,0 – 6,1 Mton CO₂) vermeden per jaar resp. voor scenario's 2 en 1. Over 20 jaren is dat 120 – 122 Mton CO₂. Ter vergelijking: in 2020 bedroeg de totale uitstoot van broeikasgassen in België 106 Mton CO₂-eq. De vermeden emissies per kavel zijn gelijk aan 1.200 (scenario 1) en 1.212 (scenario 2) kton CO₂ voor PE I en 2.400 (scenario 1) en 2.424 (scenario 2) kton CO₂ voor PE II en PE III afzonderlijk. De andere vormen van energie (zonne-energie, biomassa) presteren significant beter dan gascentrales naar CO₂-uitstoot, maar minder goed dan bij windenergie. Nucleaire energie ligt eerder in dezelfde grootteorde als windenergie voor wat betreft CO₂-emissies.

De cumulatieve effecten zijn gelijk (S) aan de som van de individuele effecten binnen de PEZ en BNZ. Het effect van de CO₂-emissies op het globale klimaat is immers het resultaat van globale CO₂-emissies. De effecten van individuele (vermeden) CO₂-emissies versterken (of verzwakken) elkaar niet. Het cumulatief effect voor alle kavels wordt beoordeeld als significant positief (++) tijdens de exploitatiefase wegens de vermeden emissies ten gevolge van de verbranding van fossiele brandstoffen (vooral aardgas). De energieparks dragen in slechts zeer kleine mate bij tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar ze leveren wel een meetbare bijdrage op lokaal Belgisch vlak.

De effecten op het lokaal windklimaat worden als vrijwel onbestaande beoordeeld (§ 5.2.3.1) en de bijhorende cumulatieve effecten zijn ook vrijwel onbestaande. De som van de individuele effecten is ook vrijwel onbestaande (0).

De individuele effecten per kavel op de atmosfeer (NO_x- en SO₂-emissies) worden besproken in § 5.2.3.2. Voor deze effecten zijn de potentiële cumulatieve effecten groter (>S) dan de som van de individuele effecten omdat het effect daarbij afhangt van lokale totale concentraties van verontreinigende stoffen. De cumulatieve effecten voor de PEZ (alle kavels samen) en in de BNZ worden hetzelfde beoordeeld als voor de kavels apart: matig positief (0/+) tijdens de exploitatiefase door de vermeden emissies ten gevolge van de verbranding van fossiele brandstoffen (vooral aardgas).

6.3.2.1 Ontmantelingsfase

De cumulatieve effecten die tijdens de ontmantelingsfase zullen optreden zijn analoog aan deze tijdens de constructiefase.

6.3.2.2 Samenvatting

Een samenvattend overzicht van de cumulatieve effecten voor zeezicht wordt hieronder in Tabel 6-6 weergegeven.

Tabel 6-6 - Overzicht van effecten gerelateerd aan klimaat en atmosfeer, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.

Effecten op klimaat en atmosfeer	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	Score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel	Score in relatie tot de 3 kavels samen in PEZ	Score in relatie tot BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Globaal klimaat	Ja	S	S
Lokaal windklimaat	Ja	0	0
Atmosfeer	Ja	0	0
Exploitatiefase			
Globaal klimaat	Neen	S	S
Lokaal windklimaat	Ja	0	0
Atmosfeer	Ja	>S	>S
Ontmantelingsfase			
Globaal klimaat	Ja	S	S
Lokaal windklimaat	Ja	0	0
Atmosfeer	Ja	0	0

6.3.3 Geluid, EMV en trillingen

De PEZ windparken (incl. parkbekabeling) resulteren in een verhoging van het boven- en onderwatergeluidsklimaat in de PEZ en daarbuiten omwille van activiteiten tijdens de constructie zoals het voorafgaand baggeren van de zeebodem (nivelleren), het toegenomen scheepverkeer van en naar de haven (Oostende als uitvalsbasis), en het inheien van funderingspalen in geval van monopile of jacket funderingen. Tijdens de exploitatiefase zullen de draaiende rotoren ook een effect hebben op het boven- en onderwater geluid, alsook de scheepsbewegingen voor onderhoud en inspectie.

Met name tijdens de constructiefase wanneer er ook heiactiviteiten zullen plaatsvinden in de PEZ kavels, zal het piekgeluidsniveau significant hoger liggen dan de achtergrondwaardes, waardoor er een matig (scenario 1 met kleinere turbines; of jacket funderingen) tot significant (scenario 2 met grotere turbines, monopile funderingen) negatief effect werd ingeschat voor elke kavel afzonderlijk (zie § 5.3.4.2). Het behalen van de Goede Milieutoestand voor beschrijvend element 11 (Toevoer energie, waaronder onderwatergeluid) van de KRMS wordt heel onzeker, gezien de drempelwaarde van 185 dB re μPa @ 750 m (Belgische Staat, 2018a) naar alle waarschijnlijkheid niet kan gehaald worden.

De activiteiten in één van de PEZ kavels tijdens de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windpark zullen cumuleren met de andere PEZ windparken, alsook met een aantal andere activiteiten op zee zoals scheepvaart (de PEZ ligt in de nabijheid van een aantal drukke scheepvaartroutes en ook de aanleg van exportkabels en transmissie-infrastructuur ter hoogte van het MOG2 eiland zullen het nodige scheepvaartverkeer met zich meebrengen) of baggerwerken (o.a. zandextractie). Echter maken deze laatste activiteiten al onderdeel uit van de meest recente metingen van het achtergrondgeluidsniveau in de Noordzee, waardoor voor deze discipline voornamelijk naar de overlappende aanleg van de drie windparken in de PEZ alsook een deel van de transportbewegingen in kader van MOG2 zal gekeken

worden. Hierbij wordt gemakshalve geen onderscheid gemaakt tussen boven- en onderwatergeluid zoals wel het geval in de effectbesprekingen per kavel in Hoofdstuk 5.3.

Scoping

- **Scheepvaartgeluiden.** Cumulatie met alle scheepvaart: scheepvaartsector, visserij, constructie werken op zee, zandwinning, storten van baggerspecie. Cumulatie met projecten die gelijktijdig en/of opeenvolgend uitgevoerd worden en in zekere nabijheid van elkaar (effecten tijdelijk tijdens uitvoering). Deze effecten kunnen doorheen de volledige levenscyclus van de windparken in de PEZ (constructie, exploitatie en ontmanteling) optreden. Het betreft dan o.a. ook de scheepvaart in kader van aanleg exportkabels en transmissie-infrastructuur van MOG2.
- **Baggergeluiden.** Cumulatie met baggerwerken nieuwe constructies, zandwinning, storten van baggerspecie. Cumulatie met projecten die gelijktijdig uitgevoerd worden en in zekere nabijheid van elkaar (effecten tijdelijk en/of opeenvolgend tijdens uitvoering). Deze effecten situeren zich voornamelijk tijdens de constructiefase, en in mindere mate de ontmanteling van de PEZ windparken. Deze worden gemakshalve samen met de algemene scheepvaartgeluiden beschouwd binnen voorliggend hoofdstuk, daar zij in se deel uitmaken van de algemeen benodigde scheepsbewegingen in kader van voorliggend MER.
- **Heigeluiden.** Cumulatie van heilactiviteiten. Cumulatie met projecten die gelijktijdig uitgevoerd worden en in zekere nabijheid van elkaar (effecten tijdelijk en/of opeenvolgend tijdens uitvoering). Deze effecten spelen een rol tijdens de constructiefase van de PEZ windparken.

Met betrekking tot EMV zullen de cumulatieve effecten besproken worden in de sectie rond fauna, flora en biodiversiteit onder § 6.3.4. Wat betreft trillingen worden geen cumulatieve effecten verwacht, waardoor deze niet verder zullen aan bod komen in dit hoofdstuk.

6.3.3.1 Constructiefase

Scheepvaart- en baggergeluiden

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

De gecombineerde activiteiten van ontwikkeling in de drie windparken van de PEZ vereisen heel wat scheepsbewegingen, waaronder ook heel wat baggerwerkzaamheden om de zeebodem voorafgaand te nivelleren. Het aantal scheepsbewegingen nodig voor de constructie van de drie windparken in de PEZ inclusief de nivellering en de parkbekabeling werd bepaald in Hoofdstuk 4.3.4. Deze scheepsbewegingen zullen plaatsvinden gedurende een periode van ca. 2 – 3 jaar voor de volledige PEZ (3 kavels samen). In onderstaande Tabel 6-7 wordt weergegeven om hoeveel scheepsbewegingen het jaarlijks gaat (waarbij 1 beweging zowel heen en terug is; cf. § 4.3.4).

Tabel 6-7 – Overzicht van benodigde scheepsbewegingen voor de twee scenario's in voorliggend MER, cumulatief beschouwd voor de drie PEZ windparken samen. Er wordt een inschatting gegeven van het aantal transporten nodig per jaar, indien de volledige uitvoeringsperiode 2 dan wel 3 jaar in beslag neemt.

Scenario	Type turbine	Aantal turbines	Funderingstype	# transporten/jaar - 2 jaar uitvoeringsperiode	# transporten/jaar - 3 jaar uitvoeringsperiode
Totale PEZ = 3 windparken					
Scenario 1	12 MW	278	MP statisch	589	393
			JF statisch	554	369
			GBF (10%) statisch	571	381
Scenario 2	22 MW	160	MP statisch	488	325
			JF statisch	468	312
			GBF (10%) statisch	480	320

Het aantal scheepsbewegingen ten gevolge van de constructie van de individuele windparken zal dus cumuleren in de volledige PEZ. Het cumulatief effect op geluid (boven- en onderwater) ten gevolge scheepvaartbewegingen in kader van de PEZ windparken kan groter zijn dan de som van de individuele effecten (>S) door de ruimtelijke overlap in de PEZ, en de lange periode (2 – 3 jaar) waarover een verhoogde intensiteit in de zone zal plaatsvinden. Het cumulatieve effect van de scheepvaart gekoppeld aan de ontwikkeling van de drie PEZ windparken wordt bijgevolg als matig negatief (-) beoordeeld (cf. beoordeling per afzonderlijk kavel). Bovendien zal de toename van scheepsbewegingen in en naar de PEZ een negatieve bijdrage leveren aan het behalen van de GMT voor D11 – continu onderwatergeluid.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

De constructie van de PEZ windparken zal nog deels overlappen met de installatie van de transmissie-infrastructuur bovenop het MOG2 eiland (voorzien 2026 – 2029; IMDC, 2022), en de installatie van de exportkabels van het eiland richting landzijde (voorzien in fases in de periode 2025 – 2029; IMDC, 2022). Zowel de installatie van de exportkabels als de transmissie-infrastructuur zullen gepaard gaan met heel wat extra scheepvaart in de bredere PEZ zone voor aanvoer van materiaal en personeel (ca. 5.100 en 3.600 scheepsbewegingen voor resp. kabels en transmissie-infrastructuur, weliswaar over een periode van 4 jaar). Deze effecten van bijkomende scheepvaartverkeer in en rond de PEZ zal dus cumuleren met het scheepvaartverkeer nodig voor de constructie van de drie PEZ windparken, voor zo ver deze gelijktijdig plaatsvinden. Deze scheepvaart zal zich bovendien voordoen in een gebied waar er momenteel op basis van AIS beelden relatief minder intens verkeer plaatsvindt (zie Figuur 5-32). Het scheepvaartverkeer nodig voor MOG2 zit ook nog niet mee vervat in deze meest recente AIS beelden. Het cumulatief effect op geluid (boven- en onderwater) ten gevolge scheepvaartbewegingen in kader van MOG2 en de PEZ windparken kan groter zijn dan de som van de individuele effecten (>S) door de ruimtelijke overlap, en de lange periode waarover een verhoogde intensiteit in de zone zal plaatsvinden, en wordt als matig negatief (-) beoordeeld. Bovendien zal de toename van scheepsbewegingen in en naar de PEZ een negatieve bijdrage leveren aan het behalen van de GMT voor D11 – continu onderwatergeluid.

Ander scheepvaartverkeer in de buurt van de PEZ (vb. in de twee IMO scheepvaartroutes welke zich ten noorden en ten zuiden van de PEZ bevinden, of in de nabijgelegen zandwinningssectoren) is wel al mee opgenomen in het AIS beeld en achtergrondgeluidsniveau, waardoor er geen verdere cumulatie met deze activiteiten wordt verwacht tijdens de constructiefase. Met betrekking tot scheepvaartbewegingen gelinkt aan visserij (weliswaar beperkt momenteel) in de PEZ zal er een afname van hun aantal zijn van zodra met de bouw van de windparken en parkbekabeling gestart zal worden,

waardoor er in de PEZ naast de extra bewegingen nodig voor de ontwikkelingen tevens ook een (kleine) reductie zal optreden van het aantal visserijbewegingen in de PEZ zelf. De kans bestaat echter dat er wel een toename van deze visserijbewegingen in de nabijheid van de PEZ zal plaatsvinden (verschuiving).

Heigeluiden

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Het impulsief geluid dat geproduceerd wordt bij het heien van MP en JF zal binnen voorliggend MER tot grote piekniveaus van meer dan 200 dB re 1 μ Pa @ 750 m van de bron per turbine leiden. Met name in het scenario 2 met de grotere dimensies van turbines, en dus ook de funderingspalen (ca. 15 m diameter voor MP, ca. 4,5 m diameter voor jacket pin-piles; zie eerder), zal zelfs met mitigatie de drempelwaarde van 185 dB re 1 μ Pa (KRMS descriptor 11) overschreden worden in geval van MP funderingen. Voor de MP bij kleinere turbines (scenario 1) alsook voor JF (beide scenario's) blijven de piekniveaus onder deze drempelwaarde mits voldoende mitigerende maatregelen.

Echter zal in ieder scenario en ongeacht het type fundering (MP of JF) bij de constructie van de drie PEZ windparken afzonderlijk, er een cumulatief effect optreden indien er in de naburige kavels eveneens in diezelfde periode geheid zal worden. Dit effect zal dan gelijk zijn aan de som van de individuele effecten (S). Eerder werd immers door middel van simulaties berekend dat het cumulatief effect van 2 simultane heiwerkzaamheden maximaal tot een verhoging van 3 dB van het piekgeluidsniveau op een afstand van > 4 km zou leiden bij simultane hamerslagen (MER Mermaid, IMDC, 2013a). Op kortere afstand is het effect steeds kleiner dan die 3 dB. Dit effect is evenwel beperkt in de tijd tijdens de heiwerkzaamheden, en er kan aangenomen worden dat er eerder sequentieel dan simultaan gewerkt zal worden bij het heien in de verschillende PEZ windparken. De kans op interferentie met de andere PEZ windparken zal dus klein zijn, waardoor het cumulatief effect als matig (scenario 1, -) tot significant (scenario 2, --) negatief wordt beoordeeld voor de drie PEZ windparken samen, analoog als de beoordeling voor de afzonderlijke kavels. Indien voor JF wordt gekozen, kan deze beoordeling mogelijks, mits mitigatie, afgezwakt worden tot matig negatief voor beide scenario's. In het onrealistische scenario dat er voor alle turbinelocaties voor een SB of GBF wordt gekozen als alternatieve fundering of installatietechniek, zal er geen heigeluid aan te pas komen en zal de geluidsoverlast ten gevolge het heien onbestaande zijn.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Er worden tijdens de constructie van de drie PEZ windparken geen andere activiteiten verwacht in de nabijheid die heigeluiden zullen voortbrengen. Er wordt immers uitgegaan van het al aanwezig zijn van het MOG2 energie-eiland op het moment dat met de ontwikkeling van de PEZ wordt gestart. Er treden dus geen cumulatieve hei-effecten op (0).

6.3.3.2 Operationele fase

Scheepvaartgeluiden

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Net als tijdens de constructiefase zullen ook tijdens de exploitatiefase, gezien de grootte van de PEZ en de vele turbines die geïnstalleerd zullen worden (ca. 280 in geval van scenario 1, en ca. 160 in geval van scenario 2) relatief veel onderhouds- en inspectietransporten plaatsvinden op jaarbasis. De inschatting die hierbij gemaakt werd in § 4.3.4 van voorliggend MER is dat het om ca. 255 bewegingen per kavel per jaar zal gaan, wat neerkomt op een totaal van ca. 765 scheepsbewegingen voor de volledige PEZ (dus drie windparken samen) per jaar. Mogelijks kan hierin wel geoptimaliseerd worden, maar het blijft een gegeven dat de volledige PEZ qua oppervlakte gelijkaardig is aan de volledige operationele Oostelijke energiezone. Het aantal transportbewegingen zal hoe dan ook niet verwaarloosbaar zijn, en cumuleren voor de drie PEZ windparken. Het cumulatief effect voor de volledige PEZ is hierbij groter dan de som van de individuele effecten per kavel (>S) en wordt als matig negatief (-) beoordeeld.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Tijdens de operationele fase zullen de onderhoudstransporten met betrekking tot de PEZ windparken cumuleren met het onderhoud voor het MOG2 eiland (geraamd op ca. 25 per jaar, voor het eiland zelf én de exportkabels) welke zich in dezelfde zone bevindt. Hierdoor zal er een cumulatief effect optreden gelijk aan de som van de individuele effecten (S), voor heel de periode van de exploitatie die overlapt met deze van het MOG2 eiland. Gezien het eiland een veel langere levensduur heeft, zal dit de volledige periode van exploitatie van de PEZ windparken omvatten. Andere cumulatie kan optreden omwille van de scheepsbewegingen van en naar de uitvalsbasis (intensifiëring t.a.v. achtergrondniveau), maar er wordt uitgegaan van eenzelfde scheepsintensiteit als momenteel gekend waardoor dit de beoordeling niet zal wijzigen.

6.3.3.3 Ontmantelingsfase

Scheepvaart- en baggergeluiden

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

De cumulatieve effecten tijdens de ontmantelingsfase, waaronder het aantal scheepsbewegingen, zullen maximaal van eenzelfde grootteorde zijn dan deze tijdens de constructiefase (exclusief heien).

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Er zal enkel een cumulatief effect optreden wanneer de ontmantelingsfase van het MOG2 eiland met de windparken in de PEZ gelijktijdig uitgevoerd zal worden, wat gezien het verschil in levensduur (100 jaar voor het eiland, vs. ca. 30 jaar voor de windparken) onwaarschijnlijk is. Ook de exportkabels van het MOG2 eiland, welke een levensduur van ca. 40 jaar hebben, kunnen mogelijks gelijktijdig met ontmanteling van (één van) de PEZ windparken ontmanteld worden, in welk geval de cumulatieve effecten van scheeps- en baggergeluiden potentieel groter zullen zijn dan de som van de individuele effecten (>S). Indien er geen gelijktijdige ontmanteling optreedt met andere infrastructuur in of nabij de PEZ, zullen er geen cumulatieve effecten (0) optreden met andere gebruikers.

6.3.3.4 Samenvatting

Een samenvattend overzicht van de cumulatieve effecten voor geluid wordt hieronder in Tabel 6-8 weergegeven.

Tabel 6-8 – Overzicht van effecten gerelateerd aan geluid, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.

Effecten op geluid	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	score 0 of 0/- per individueel kavel	Score in relatie tot de 3 kavels samen in PEZ	Score in relatie tot bredere BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Scheepvaart- en baggergeluiden	Ja	>S	>S
Heigeluiden	Nee	S	0
Exploitatiefase			
Scheepvaartgeluiden	Ja	>S	S
Ontmantelingsfase			
Scheepvaart- en baggergeluiden	Ja	>S	0 of >S?

6.3.4 Fauna, flora en biodiversiteit

6.3.4.1 Macrobenthos, epibenthos en vissen

Cumulatieve effecten die optreden op macrobenthos, epibenthos en vissen ten gevolge van de activiteiten binnen voorliggend MER in combinatie met andere activiteiten in het BNZ zullen in grote lijnen gelijkaardig zijn. Daarom worden deze biota in dit hoofdstuk (in tegenstelling tot Hoofdstuk 5.4) samen besproken.

De cumulatieve effecten op het benthos en de (demersale) visfauna zijn ook sterk gelinkt aan de effecten besproken onder de disciplines Bodem en water (zie § 6.3.1). De PEZ windparken (incl. parkbekabeling) resulteren in verschillende effecten op de zeebodem en de waterkolom, met implicaties voor de aanwezige fauna.

Scoping

- Tijdens de constructiefase van de PEZ windparken kunnen cumulatieve effecten optreden met activiteiten die bijkomende bodemverstoring (en dus **biotoopverstoring & verlies aan organismen**) veroorzaken, alsook **verfijning van het sediment**, **geluidsverstoring** en een **verhoging van de turbiditeit**. Al deze zaken vertalen zich immers in effecten op het benthos en de visfauna. Het betreft binnen voorliggend MER met name de constructie van de andere PEZ windparken (cumulatie binnen PEZ), maar ook de aanwezigheid van het MOG2 eiland in de PEZ zone, visserij, scheepvaart, de nabijheid van zandextractie en het baggeren en storten in kader van andere offshore constructies (cumulatie binnen BNZ).
- Voor de operationele fase wordt eveneens gefocust op de interactie met de nieuwe windparken in de andere PEZ kavels en het MOG2 eiland, alsook hun cumulatief oppervlak welke **uitgesloten** zal zijn van **bodemberoerende activiteiten**, en ten slotte de potentiële cumulatie van **EMV** van de aanwezige elektriciteitskabels (zowel inter-

array van de andere PEZ windparken, alsook export van MOG2) daar deze een mogelijk effect kunnen hebben op bepaalde soorten en groepen organismen.

Constructiefase

Biotoopverstoring en verlies aan organismen

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

De cumulatieve biotoopverstoring in de PEZ is sterk gekoppeld aan de bodemverstoring besproken in § 6.3.1. Deze verstoring en/of vernietiging van de zeebodem zal leiden tot een recht evenredig verlies aan organismen (met name binnen de minder mobiele macro- en epibenthos gemeenschappen) wat een weerslag heeft op KRMS descriptor D1 en D4 (naast uiteraard D6).

Gezien in voorliggend MER voor alle turbines statische erosiebescherming wordt voorzien (als worst-case naar bodemverstoring), zal de totale biotoopverstoring voor de drie PEZ kavels samen oplopen tot ca. 443 ha (scenario 1) of ca. 265 ha (scenario 2), wat overeenkomt met ca. 1,75 of 1,05 % van de totale PEZ oppervlakte. Niet alleen ter hoogte van de baggerlocaties (funderingsputten, nivellering vooraf voor erosiebescherming) en kabeltracés, maar ook ter hoogte van de tijdelijke stortlocaties van de PEZ kavels zal op die manier een biotoopverstoring optreden. Het betreft hierbij met name het zandige zeebodemsubstraat, gezien de grindbedden (type 1, inclusief 500 m buffer rondom) zoveel mogelijk gevrijwaard werden van rechtstreekse impact in de indicatieve configuraties (zie § 4.1). De macrobenthos- en visgemeenschappen geassocieerd met het zandige substraat die daar voorkomen zijn op schaal van het totale BNZ niet de meest waardevolle (in vergelijking met bijvoorbeeld de meer kustnabije *Abra alba* gemeenschappen of dergelijke; zie § 5.4.2.1 en 5.4.2.2). De impact van deze verstoring werd niettemin als matig negatief (-) beoordeeld voor de afzonderlijke PEZ kavels, daar grotendeels gelegen binnen Natura 2000 gebied. Het cumulatief effect van de drie PEZ windparken zal eveneens matig negatief zijn, daar in totaal nog steeds minder dan 2 % van het totale oppervlak aan zandig substraat in de PEZ, of 0,13 % van het totale BNZ verstoord wordt, weliswaar voor een groot deel dus binnen Natura 2000 gebied 'Vlaamse Banken' (zie ook Hoofdstuk 7 voor de ontwerp passende beoordeling). Dit cumulatief effect voor de totale PEZ is gelijk aan de som van de effecten naar bodemverstoring in de afzonderlijke kavels (S).

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Naar bodemverstoring zal er buiten de PEZ voornamelijk cumulatie zijn met activiteiten zoals zandontginning (baggeractiviteiten), aanleg van kabels (waaronder de exportkabels van het MOG2 energie eiland, welke ca. 850 ha verstoord zeebodempoppervlak inhouden over de totale lengte van het kabeltracé) en bodemberoerende visserij. De constructie van het MOG2 eiland (caissons en erosiebescherming) zal weliswaar afgerond zijn tegen de aanvang van ontwikkeling van de PEZ windparken, maar houdt eveneens een permanente bodemverstoring van ca. 24 ha (ingenomen door het eiland en omliggende erosiebescherming) in, met een bijkomende tijdelijke verstoring tijdens constructie (welke kort voor de start van ontwikkeling van de PEZ windparken zal plaatsvinden) van ca. 55 ha. Dit zal dan ook mee bijdragen

tot het totale verstoorde zeebodemoppervlak in het BNZ kortelings voor en deels overlappend met de constructiefase van de PEZ, en dus het cumulatief effect op biotoopverstoring.

Vanaf constructie van de PEZ windparken zal het gebied niet meer toegankelijk zijn voor visserij en zandwinning in sector 4a (overlap met kavel PE I), waardoor een reductie (voor visserij weliswaar beperkt, gezien de PEZ niet de meest druk beviste zone is; zie eerder) dan wel verplaatsing van intensiteit van biotoopverstoring eveneens kan optreden. In de sectie voor Bodem en water (§ 6.3.1) werd al toegelicht welke oppervlaktes bodemverstoring doorgaans optreden op jaarlijkse basis (voor de periode 2011 – 2016). Naar de toekomst worden mogelijks kleine wijzigingen in zulke bodemverstorende activiteiten in het BNZ verwacht (onder meer verschuivingen van intensiteit van bepaalde activiteiten zoals zandwinning of visserij), maar wordt nog steeds verwacht dat de totale druk op het zandige zeebodemsubstraat en de fauna hoog zal blijven. Het cumulatieve effect van deze biotoopverstoring met de PEZ is gelijk aan de som van de individuele effecten (S), daar de PEZ zelf uitgesloten zal zijn van bodemberoering van zodra met de aanbouw gestart wordt (en dus ruimtelijk gezien de overlap tussen meerdere bodemberoerende activiteiten beperkt zal zijn), en gezien de verstoorde habitats in staat zijn om zich relatief snel te herstellen. De afwezigheid van bodemberoerende activiteiten tijdens de exploitatiefase zal de biota hiertoe ook de kans geven, en de aanwezigheid van onder andere natuurlijke materialen als erosiebescherming kan bijkomende kansen bieden voor de epibenthos- en visfauna (zie verder). De bodemverstoring in geval van de PEZ is ook tijdelijk, gelinkt aan de constructiefase, waar deze bij de andere activiteiten zoals zandwinning en visserij een meer permanent karakter heeft. Ten slotte is het oppervlak verstoord biotoop in het geval van windparken in de PEZ nog steeds beperkter dan hetgeen jaarlijks wordt verstoord door zandextractie (zie Belgische Staat, 2018a; Figuur 6-1) en boomkorvisserij. Ongeacht het scenario, zal de cumulatieve biotoopverstoring en het verlies aan organismen tijdens de constructiefase van de PEZ windparken dus als aanvaardbaar beschouwd worden.

Verstoring door sedimentatie en turbiditeit

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Naast de directe biotoopverstoring zullen de constructiewerkzaamheden voor nivellering, funderingen, erosiebescherming, en bekabeling ook leiden tot sedimentpluimen welke verder buiten de kavels kunnen neerslaan en op die manier het lokale biotoop kunnen wijzigen. De turbiditeit in de waterkolom zal ook tijdelijk verstoord zijn. Het effect van deze sedimentatie werd voor de afzonderlijke kavels als gering negatief (0/-) beoordeeld, omwille van de numerieke modellering welke aantoonde dat de dikte van de tijdelijk afgezette fijne sedimentlaag over het merendeel van de kavels beperkt bleef tot enkele millimeters. Het cumulatief effect van de werkzaamheden in de PEZ kavels samen wordt echter ingeschat als groter dan de som van de individuele effecten (>S), gezien gelijktijdige ontwikkeling (turbines + parkkabels) van de windparken in de afzonderlijke kavels kan leiden tot grotere, en verder reikende pluimvorming. De numerieke pluimmodellering hield weliswaar rekening met een schematisch scenario waarbij al voor twee van de drie windparken samen werd bekeken wat de effecten naar pluimvorming en sedimentatie waren. Hierbij werd bovendien uitgegaan van simultane uitvoering als worst-case scenario, waar dit in realiteit hoogst waarschijnlijk eerder sequentieel zal zijn. Het cumulatieve effect wordt bijgevolg nog steeds als aanvaardbaar voor de hele PEZ beschouwd, gezien het

tijdelijke karakter van de werkzaamheden en ontstane pluim, en gezien de effecten tot op maximaal een tiental kilometer buiten de afzonderlijke kavels merkbaar zullen zijn. De effecten op de kwetsbare grindbedden zullen op basis van de modelleringsresultaten relatief beperkt zijn (zie Figuur 5-17 en Figuur 5-20, voor respectievelijk turbine- en kabelscenario), met hoogstens ca. 2 cm afzetting van fijne sedimenten aan de randen van enkele grindbedden (met name ten gevolge van de voorbereidende werken (nivellering) van de parkkabels). Bovendien zijn de grindbedden momenteel nog niet volop ontwikkeld en verkeren ze in een ongunstige staat. De effecten op de biota (o.a. epibenthos) geassocieerd met deze grindbedden zullen bijgevolg eveneens aanvaardbaar blijven, voor beide scenario's. Bij het opstellen van een gedetailleerd design van de PEZ windparken dient er weliswaar voor gewaakt te worden dat er geen gravitaire funderingen in de dominante stromingsrichting van de grindbedden geplaatst worden. Deze vormen immers naar bodemverzet en bijhorende pluimontwikkeling het grootste risico. Gezien maximaal 10 % van de funderingen gravitair wordt beschouwd in voorliggend MER, zal dit evenwel niet leiden tot een andere beoordeling dan MP of JF. Het cumulatief effect op grindbedden voor de PEZ kavel samen wordt nog steeds als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Gezien de aanwezigheid van kwetsbare grindbedden in de PEZ kavels, en de combinatie van constructie van windparken in Natura 2000-gebied met andere bodemberoerende activiteiten zoals zandwinning in sectoren 4b, 4c en 4d in de dichte omgeving van kavels PE I en PE II (< 1 km voor sector 4d; < 5 km voor sectoren 4b en 4c) en de aanwezigheid van het MOG2 eiland, heerst er bezorgdheid omtrent de effecten van pluimvorming en sedimentatie in het verre veld. Wat betreft zandwinning, wordt er jaarlijks ca. 2 – 4 Mm³ gewonnen in de concessiezones van het BNZ (Van Lancker et al., 2022). De hoeveelheid die maximaal vrijkomt tijdens de baggerwerkzaamheden (inclusief nivelleren van de zeebodem) in kader van de windparken in de PEZ wordt geschat op ca. 7,3 Mm³ in totaal voor scenario 1 en ca. 4,10 Mm³ voor scenario 2. Dit komt uit op ca. 2,4 (scenario 1) tot 1,4 (scenario 2) Mm³ per jaar indien rekening wordt gehouden met een totale uitvoeringsperiode van 3 jaar. Gedurende die periode zal er cumulatie optreden met die activiteiten in het BNZ, alsook met de bodemberoerende visserij nabij de PEZ. Ook de exportkabels van het MOG2 eiland zullen potentieel in dezelfde periode als ontwikkeling van de PEZ windparken aangelegd worden, waarbij sleuven dienen gegraven te worden vertrekkende vanuit de PEZ richting landzijde. Deze cumulatie kan groter zijn dan de som van de individuele effecten (>S), wanneer deze zich gelijktijdig en op relatief beperkte afstand van elkaar voordoen (vb. ontwikkeling PE II en aanleg exportkabels MOG2, of ontwikkeling PE II en zandextractie in sector 4d). In geval van kavel PE III, welke verder gelegen is van de zandwinningsgebieden, zal het cumulatief effect gelijk zijn aan de som van de individuele effecten. Omwille van de onzekerheid naar cumulatieve effecten in het verre veld op de grindbedden van zowel pluimvorming en sedimentatie ten gevolge van zandwinning, MOG2 en ontwikkeling van de PEZ windparken, wordt het cumulatief effect voor dit habitattype en de geassocieerde biota als matig negatief (-) beoordeeld, waar dit voor de kavels afzonderlijk gering negatief (0/-) was. Verder onderzoek en modellering moet in de toekomst helpen om deze onzekerheid beter te kunnen inschatten. Deze inschattingen gelden voor beide scenario's, en ongeacht het type fundering indien met een scenario van 10 % GBF en/of suction buckets gerekend wordt. In geval deze percentages hoger komen te liggen, zal de geassocieerde bodemverstoring eveneens groter zijn (omwille van de grotere dimensies van de funderingen en omringende erosiebescherming) en dus het risico op pluimvorming en sedimentatie eveneens.

Ten slotte zal ook bodemberoerende visserij in de nabijheid van de PEZ zorgen voor cumulatie in pluimvorming, turbiditeit en sedimentatie. Echter, de PEZ zelf zal worden afgesloten voor dergelijke activiteiten waardoor de cumulatie van de constructie van de windparken ruimtelijk gezien slechts beperkt zal overlappen met visserij buiten de grenzen van de PEZ.

Geluidsverstoring

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

De constructieactiviteiten van de drie PEZ windparken zullen gepaard gaan met heel wat verschillende geluiden, zowel boven als onder water (zie effectbeoordelingen in Hoofdstuk 5.3). Met name het inheien van de monopiles en pin-piles in geval van jacket funderingen produceert een hoog piekniveau in impulsief geluid. Deze niveaus werden voor de beide scenario's in voorliggend MER ingeschat op basis van de diameter van de te heien palen en bedragen ca. 195 dB re 1 μ Pa op 750 m van de bron in geval van JF, en meer dan 210 dB re 1 μ Pa in geval van MP, weliswaar zonder dat er enige mitigatie aan te pas komt (zie Tabel 5-20). Mèt mitigatie van geproduceerde geluidsniveaus kan er een reductie van ca. 25 dB bekomen worden (toepassing huidige best practice, zie ook § 5.3.6), maar voor de grootste turbines van 22 MW in scenario 2 zal het piekniveau op die manier nog steeds meer dan de KRMS drempel voor descriptor D11 (185 dB re 1 μ Pa @ 750 m) bedragen. De effecten van heigeluid op vissen werd dan ook als matig negatief (-) beoordeeld voor de individuele kavels, in geval van MP en JF (voor GBF en SB wordt er een verwaarloosbaar geluidsniveau geproduceerd, maar gezien deze technieken realistisch gezien voor een beperkter percentage – in voorliggend MER 10 % - van de turbinelocaties zullen ingezet worden en de rest bestaat uit MP of JF, geeft dit geen verschil naar globale beoordeling per funderingstype). Voor epibenthos, welke minder gevoelig is aan geluidverstoring, werd voor de afzonderlijke kavels het effect van geluid als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Het cumulatief effect van het heien van de funderingspalen in de drie PEZ kavels samen zal gelijk zijn aan de som (S) van de individuele effecten per kavel, daar er wordt aangenomen dat heiactiviteiten voortschrijdend zullen plaatsvinden, dus dat er nooit op heel veel turbinelocaties tegelijk zal worden geheid. Het effect op de visfauna van deze cumulatieve heiactiviteiten blijft van dezelfde grootteorde (matig negatief -) als voor de afzonderlijke kavels. Voor het epibenthos geldt een gering negatieve (0/-) beoordeling, net zoals voor de afzonderlijke PEZ windparken.

Naast heigeluiden zullen ook de talrijke scheepsbewegingen (inclusief deze voor de baggerwerken tijdens het nivelleren van de zeebodem in de drie kavels) leiden tot cumulatie in de hele PEZ. Dit effect werd echter niet beoordeeld voor de afzonderlijke windparken, daar het moeilijk te begroten is. Ook het cumulatieve effect zal ongetwijfeld bijdragen aan een intensifiëring van het onderwatergeluid voor benthos en vissen, maar wordt niet als dusdanig ingeschat dat het onaanvaardbaar zou worden. Ook gezien het BNZ gekenmerkt wordt door een grote bedrijvigheid wat betreft scheepvaart, en de PEZ tussen twee IMO-scheepvaartroutes gelegen is.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Tijdens de constructie van de PEZ windparken zullen er geen andere werkzaamheden in de buurt zijn welke heilactiviteiten vereisen (MOG2 zal al gebouwd zijn, op de transmissie-infrastructuur en exportkabels na). Er zullen dus geen cumulatieve geluidseffecten van heien op het benthos en de vissen optreden. Wel zal er cumulatie zijn van de geluiden gelinkt aan intensifiëring van het scheepvaartverkeer van en naar de PEZ zone, in combinatie met het andere scheepvaartverkeer in de buurt. Dit cumulatief effect wordt beoordeeld als groter dan de som van de afzonderlijke effecten (>S), omwille van de lange periode (3 jaar) waarin de benthos- en visfauna zal blootgesteld zijn aan hogere geluidsniveaus binnen een relatief groot deel van het BNZ (285 km²).

Operationele fase

Organische aanrijking en verfijning sediment

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Zoals besproken in § 5.4.3.1, § 5.4.3.2 en ook wel § 5.4.3.5 in het Hoofdstuk rond Fauna, flora en biodiversiteit, zal er rondom de turbines als nieuw artificieel hard substraat (funderingen & erosiebescherming) een **flux aan organisch materiaal** richting de omringende zeebodem ontstaan, door de aanwezigheid van epifauna gemeenschappen op de turbines. Ook de macrobenthos gemeenschappen in het zandige zeebodemsubstraat, alsook indirect de demersale visfauna, kunnen profiteren van deze verhoogde organische concentraties, wat tot een gering positieve (0/+) beoordeling heeft geleid per afzonderlijk kavel. Mogelijks kunnen de effecten op langere termijn (i.e. gedurende de exploitatiefase) zich verspreiden over ruimere delen van de windparken, ook mede door de uitsluiting van bodemberoerende activiteiten (zie verder). Op die manier zal het cumulatief effect voor de hele PEZ mogelijks groter zijn dan de som van de individuele effecten (>S), al kan door de grote onderlinge afstand van de turbines (1.200 m in geval van scenario 2) het ook zijn dat het effect beperkt blijft rond de individuele turbinelocaties en als de som van de effecten (S) beoordeeld wordt. Het effect blijft weliswaar als gering positief (0/+) analoog aan de beoordeling van de afzonderlijke kavels. Deze effecten zullen echter soortspecifiek zijn, en vragen een nauwgezette opvolging en monitoring tijdens de exploitatiefase van de PEZ windparken.

Naast organische aanrijking, kan de aanwezigheid van de artificiële harde substraten in de drie PEZ windparken ook leiden tot een **verfijning** van de omringende zeebodem, met een weerslag op de aanwezige habitats en benthossoorten. Dit effect ontstaat ten gevolge van de pluimvorming en sedimentatie tijdens de constructiefase, en zet zich deels door in de exploitatiefase. Echter werd in de numerieke pluimmodellering aangetoond dat de afgezette sedimentlaag ook in staat is om snel (na enkele weken) terug te eroderen onder invloed van de heersende hydrodynamiek in de PEZ. Dit effect werd als gering negatief (0/-) beoordeeld voor de afzonderlijke kavels, omwille van het risico op 'smothering' van kwetsbare filtervoeders (met name op en rond de grindbedden). Voor de hele PEZ, en dus de drie windparken samen, geldt eenzelfde cumulatieve gering negatieve (0/-) beoordeling, waarbij het effect groter is dan de som (>S) van de individuele effecten.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Naast de PEZ kan ook rondom andere artificiële harde substraten (MOG2, Oostelijke energiezone) een **organische aanrijking** ontstaan, waardoor het cumulatief effect van de PEZ windparken met deze andere infrastructuur, gezien de grote onderlinge afstand, gelijk aan de som van de individuele effecten (S) wordt beoordeeld.

Voor wat betreft de mogelijke **verfijning** van de sedimentmatrix (en effecten op grindbedfauna) zal er een risico op cumulatie met onder andere de zandwinning in nabijgelegen sectoren 4b – 4d, alsook de aanwezigheid van het MOG2 eiland optreden. Dit effect wordt beoordeeld als potentieel groter dan de som van de afzonderlijke effecten (>S), omdat de sedimentafzettingen ten gevolge van de PEZ windparken kunnen cumuleren met eerder afgezette fijne fracties door andere ontwikkelingen in de nabijheid (met name het MOG2 eiland). Deze beoordeling geldt vooral voor kavels PE I (nabijheid zandextractiesectoren en PE II (aanwezigheid MOG2, alsook nabijheid zandextractiesectoren).

EMV

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Tijdens de operationele fase zullen er heel wat parkkabels in de drie afzonderlijke PEZ windparken gelegen zijn, maar hun effecten op benthos en vissen werden als verwaarloosbaar beoordeeld (0/-) voor de afzonderlijke kavels, en voor zowel benthos als vissen, ongeacht het scenario of funderingstype (zie § 5.4.3.1 en § 5.4.3.2).

Gezien de lage veldsterktes die per kabel worden opgewekt, alsook de tussenliggende afstand van ca. 50 m (behalve ter hoogte van het MOG2 energie-eiland, waar alle parkkabels zullen aanlanden), de verplichte ingraafdiepte van 1 m TOC en het kabeldesign met een kern met drie geleiders, worden ook voor de cumulatieve effecten van de drie PEZ windparken met hun parkbekabeling samen geen noemenswaardige effecten verwacht (0/-). Het cumulatieve effect zal hierbij gelijk zijn aan de som van de individuele effecten (S).

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Naast de PEZ parkkabels zelf, zullen er ook andere elektriciteitskabels (waaronder de exportkabels van het MOG2 eiland) aanwezig zijn in de nabijheid van de PEZ windparken en in het bredere BNZ, waardoor cumulatieve effecten op gevoelige epibenthos- en vissoorten niet uit te sluiten zijn, voor zo lang de verschillende kabels niet ontmanteld zijn. Hierbij zal tevens ook rekening moeten gehouden worden met verschillen in veldsterktes, daar niet alle kabels van hetzelfde type zullen zijn (AC vs. DC, maximale transportcapaciteit, design kabel, oriëntatie, etc.). Het cumulatief effect van de parkbekabeling van de PEZ windparken met andere elektriciteitskabels op de aanwezige benthos- en visgemeenschappen wordt beschouwd als zijnde de som van de individuele effecten (S) daar er wordt uitgegaan van het respecteren van de veiligheidsafstanden rondom de verschillende kabels, waardoor deze elkaar niet zullen versterken naar EMV. Gelet op de weinig eenduidige effecten van EMV op zowel epibenthos als vissoorten, wordt het cumulatief effect als gering negatief (0/-) beschouwd, analoog aan de individuele PEZ kavels.

Uitsluiten visserij

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Hoewel er tijdens de constructie van de drie PEZ windparken een verstoring en verlies van de benthische gemeenschappen en visfauna (ten gevolge van bodemverstoring) wordt verwacht welk matig negatief (-) is in geval van de zachte substraatfauna (macrobenthos), zullen er ook meer positieve effecten te noteren vallen ten gevolge van de PEZ windparken. Zo zal visserij in de afzonderlijke kavels (+ 500 m buffer rondom rond) niet meer toegelaten zijn van zodra een windpark geplaatst is. Hierdoor moet er voor het beoordelen van de cumulatieve effecten op benthos en vissen rekening gehouden worden met een tweeledig effect: enerzijds de hiervoor besproken verstoring en verlies aan organismen, maar anderzijds ook zeker het uitsluiten van de bodemberoerende activiteiten wat een gering tot matig positief (0/+ tot +) effect kan hebben op de gemeenschappen in de PEZ kavels. Ook met name ter hoogte van de kwetsbare grindbedden en de geassocieerde benthos- en visgemeenschappen zal het uitsluiten van bodemberoerende activiteiten een potentieel gunstige bijdrage hebben tot hun verdere ontwikkeling en mogelijks herstel als paai- en kraamkamer voor vissen.

Indien het cumulatief effect van de drie PEZ windparken wordt beschouwd, zal dit leiden tot een effect dat groter is dan de som (>S) van de individuele effecten, gezien de volledige PEZ zal uitgesloten worden van bodemberoerende activiteiten (mits enkele uitzonderingen) en gezien de lange exploitatiefase (min. 20 jaar, cf. milieuvergunningstermijn) waarover dit effect zich zal voordoen. Dit cumulatief effect op het benthos en de vissen wordt bijgevolg als significant positief (++) beschouwd in voorliggend MER, ongeacht het scenario en het funderingstype.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Er worden weinig andere infrastructuurwerken in de nabijheid van de PEZ verwacht die op korte termijn zullen leiden tot bijkomende zones waar bodemberoerende activiteiten zullen uitgesloten zijn. Het MOG2 eiland zal ook een buffer van 500 m rondom rond hebben waarbinnen niet gevestigd mag worden, maar gezien deze binnen de bredere PEZ gelegen is, zal het cumulatieve effect op uitsluiten van bodemberoering tengevolge de combinatie PEZ windparken en MOG2 kleiner zijn dan de som (<S) van de individuele effecten, daar MOG2 binnen de zone gelegen is.

Indien het volledige BNZ wordt beschouwd, zal de uitsluiting van visserij in de PEZ gedurende de operationele fase cumuleren met de Oostelijke energiezone (zolang deze de operationele windparken herbergt), ankergebieden, en andere afgebakende zones waarbinnen geen bodemverstorende activiteiten mogen plaatsvinden (cf. MRP 2020 – 2026). Het cumulatief effect van deze uitsluiting van bodemverstoring, en de mogelijks positieve effecten op benthos en vissen, is groter dan de som (>S) van de individuele effecten omwille van de grote ruimte die op die manier gevrijwaard zal worden van bodemverstoring (tot op het moment één van deze infrastructuren zal ontmanteld worden en/of de zone terug opengesteld wordt).

Ontmantelingsfase

Binnen voorliggend MER wordt aangenomen dat alles volledig verwijderd zal worden uit de PEZ windparken op het moment van ontmanteling (dus inclusief parkkabels, erosiebescherming, funderingen, etc.). Hierbij zullen cumulatieve effecten optreden van ontmanteling van de drie windparken samen, voor zo ver dat gelijktijdig of deels overlappend zal gebeuren, alsook met het MOG2 eiland, hoewel in dat geval (gezien langere levensduur MOG2; zie eerder) cumulatie in tijd eerder onwaarschijnlijk is. De effecten tijdens de ontmantelingsfase op benthos en vissen zullen hierbij (toch voor wat betreft geluid en bodemverstoring) grotendeels van eenzelfde grootteorde zijn als tijdens de constructiefase, al zullen er geen heigeluiden aan te pas komen waardoor die cumulatieve effecten voor de drie PEZ windparken samen onbestaande (0) zullen zijn. De cumulatieve effecten tijdens de ontmantelingsfase worden nagenoeg voor alle effecten als de som van de individuele effecten (S) beoordeeld.

Echter zal tijdens de exploitatiefase, omwille van de lange periode van uitsluiting van bodemberoering, in combinatie met organische aanrijking, alsook de aanwezigheid van artificieel hard substraat, potentieel een meer divers en meer complex ecosysteem ontstaan zijn ter hoogte van de harde substraten. Daarbovenop kunnen natuurlijke habitats in de PEZ zoals de grindbedden (momenteel in slechte staat van instandhouding) gedurende die tijd de kans krijgen om zich te ontwikkelen en een aantal langlevende hardsubstraatfauna binnen het epibenthos alsook een aantal vissoorten aan te trekken. In dat geval zal het cumulatief effect van ontmanteling van de drie PEZ windparken een matig negatief (-) effect hebben op de grindbedfauna (met name het minder mobiele benthos), analoog als voor de afzonderlijke kavels. Gezien de onzekerheid van deze effecten, wordt het cumulatief effect, indien van toepassing, beschouwd als de som van de individuele effecten (S). Indien gelijktijdig of kort na ontmanteling van de PEZ kavels bodemverstorende activiteiten zoals visserij meteen terug toegelaten worden in de PEZ, zal dit mogelijks tot een significante reductie van de – in tussentijd ontstane – benthos- en visgemeenschappen leiden.

Eenzelfde beoordeling geldt voor de cumulatie van de ontmanteling van de drie PEZ windparken met andere (toekomstige) infrastructuur (zoals MOG2) in de nabijheid, moesten deze tegen dan tot ontwikkeling zijn gekomen en gelijktijdig worden ontmanteld (wat in geval van MOG2 uiterst onwaarschijnlijk is).

Samenvatting

Een overzicht van de bijkomende cumulatieve effecten voor benthos en vissen wordt weergegeven in

Tabel 6-9. Deze worden opgedeeld in een kolom cumulatieve effecten welke plaatsvinden binnen de PEZ, dus voor de drie windparken samen, en een kolom cumulatieve effecten welke gelinkt zijn aan andere activiteiten in het bredere BNZ.

Tabel 6-9 – Overzicht van effecten op benthos (macro- en epi) en vissen, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en met andere activiteiten in het BNZ. Waar relevant wordt tussen haakjes in de eerste kolom gespecificeerd voor welke groep organismen het effect van meer belang is.

Effecten op benthos en vissen	Verwaarloosbaar? Score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel	Cumulatief binnen PEZ Score in relatie tot andere kavels PEZ	Cumulatief binnen BNZ Score in relatie tot bredere BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Biotoopverstoring en verlies organismen (macrobenthos)	Nee	S	S
Sedimentatie en turbiditeit (benthos)	Ja	>S	>S
Geluidsverstoring (vissen)	Nee	S	>S
Exploitatiefase			
Organische aanrijking	Ja	S tot >S	S
Verfijning sediment (grindbedden)	Nee	>S	>S
EMV	Ja	S	S
Uitsluiting visserij	Nee	>S	>S
Ontmantelingsfase			
Biotoopverstoring en verlies organismen (macrobenthos)	Nee	S	S
Sedimentatie en turbiditeit	Ja	S	0 of S
Geluidsverstoring (vissen)	Ja	S	0 of S

6.3.4.2 Vogels en vleermuizen

De constructie, exploitatie en ontmanteling van de PEZ windparken resulteren in verschillende effecten op overwinterende en pleisterende zeevogels, alsook migrerende vogelsoorten en vleermuizen. Dit cumuleert met andere projecten en activiteiten op zee. Met name de gezamenlijke effecten van de drie windparken in de PEZ samen, alsook de aanwezigheid van het MOG2 eiland in de PEZ en de naburige windparken t.h.v. de Oostelijke energiezone en Borssele (Nederland), kunnen leiden tot cumulatie van onder meer een verhoogde mortaliteit door aanvaring en een potentiële barrièrevorming.

Scoping

- De effecten ten gevolge van de constructie of ontmanteling van een windpark en parkbekabeling in de PEZ kavels op vogels en vleermuizen in het BNZ werden in § 5.4.3.3 als verwaarloosbaar (0/-) tot neutraal (0/+) beoordeeld. Daar we voor deze effecten, namelijk een toegenomen **sedimentatie, verstoring door geluid en benadering, en potentiële aantrekking door rust- en foerageermogelijkheden**, geen belangrijke cumulatie verwachten, worden deze hieronder als niet relevant beschouwd (zie ook Tabel 6-11).
- Tijdens de operationele fase van de windparken in de drie PEZ kavels kunnen cumulatieve effecten op vogels en vleermuizen verwacht worden wat betreft een **verhoogd aanvaringsrisico en verhoogde barrière-effecten (inclusief verlies aan leefgebied)**, ook al werden deze effecten afzonderlijk als verwaarloosbaar (0/-) tot niet relevant (0) beschouwd in § 5.4.3.3. Een cumulatie kan optreden t.g.v. de ontwikkeling en exploitatie van de overige windparken in de PEZ, alsook andere constructies in het BNZ (aanwezigheid van MOG2 en windparken

in de Oostelijke energiezone) en de windparken t.h.v. Borssele aan de Belgisch-Nederlandse grens (zie ook Tabel 6-11).

Constructiefase

In § 5.4.3.3 werden tijdens de constructiefase van een windpark in elk van de drie PEZ kavels de effecten besproken van toegenomen sedimentatie, verstoring door geluid en benadering (i.e. toegenomen scheepvaart) en een potentiële aantrekking van sommige vogelsoorten tot het gebied t.g.v. een toename aan rust- en foerageermogelijkheden. Een toename in turbiditeit t.g.v. het plaatsen van funderingen en parkbekabeling kan potentieel cumuleren met de bouw van de overige windparken in de PEZ en nabijgelegen zandextractie of storten van baggerspecie. Deze effecten zijn echter relatief lokaal en tijdelijk van aard. Mede gezien de bouwfasen van de windparken in de verschillende kavels niet geheel overlappen (zie § 3.3) en gezien ingeschat aantal bijkomende scheepsbewegingen relatief beperkt is (zie § 3.5.3.5) t.o.v. het gemiddeld aantal jaarlijkse bewegingen van en naar de Belgische kusthavens (ca. 300.000; Maes et al., 2022), wordt de som van deze effecten op vogels en vleermuizen in het BNZ als verwaarloosbaar ingeschat.

Operationele fase

Effecten t.g.v. aanvaring en barrière-vorming (inclusief verlies leefgebied) op vogels en vleermuizen in het BNZ werden in § 5.4.3.3 besproken voor operationele windparken in de drie PEZ kavels. Wanneer andere infrastructuur in het BNZ (en dichte omgeving) in beschouwing wordt genomen, met name de aanwezigheid van MOG2 en de exploitatie van andere windparken binnen de PEZ, de Oostelijke energiezone en Borssele (Nederland), kan voor deze effecten potentieel cumulatief optreden. Hoewel een kwantitatieve inschatting van cumulatieve effecten op vogels en vleermuizen heel moeilijk blijft wegens een beperkt aantal recente modelleringen en beschikbare data met betrekking tot bijvoorbeeld aanvaringsslachtoffers, worden potentiële cumulatieve effecten in onderstaande paragrafen in de mate van het mogelijke kwantitatief uitgewerkt en aangevuld met een kwalitatieve experten beoordeling.

Aanwezigheid windpark: kans op aanvaring

Nergens in Europa worden op heden windparken op zee zo dicht bijeen en in een aaneengesloten geheel gebouwd als de Oostelijke energiezone en de PEZ in het BNZ. Ten gevolge van de introductie van offshore infrastructuren zoals windturbines en MOG2, verhoogt het risico op aanvaring tussen deze structuren en vogels of vleermuizen, met een verhoogde mortaliteit tot gevolg op populatieniveau. Niet enkel de aanwezigheid op zich, maar ook de potentiële aantrekkingskracht die deze structuren uitoefenen met betrekking tot rust- en foerageermogelijkheden (zie § 5.4.3.3), ligt mee aan de basis van een verhoogd aanvaringsrisico tussen de windturbines en vogels of vleermuizen boven het BNZ. Hoe deze verhoogde mortaliteit zich verhoudt ten opzichte van het populatieniveau, is moeilijk in te schatten. Gezien vele (zee)vogelsoorten langlevend zijn en jaarlijks slechts een gering aantal nakomelingen voortbrengen, kan een relatief laag aanvaringsslachtoffers toch een impact hebben op de (Belgische) populatie van bepaalde soorten (Drewitt & Langston, 2006; Vanermen & Stienen, 2023). Vaak wordt hier de drempel van 1 % bijkomende sterfte op populatieniveau gehanteerd om in te schatten of aanvaringsrisico's al dan niet aanvaardbaar zijn, maar zonder gegevens met betrekking tot aanvaringsslachtoffers is dit niet in te schatten.

Voor overwinterende en pleisterende zeevogels zoals aalscholvers, kleine en grote mantelmeeuwen, zilverbmeeuwen, drieteenmeeuwen en grote stern werd reeds een aantrekking tot de windparken op zee (op Europese schaal) aangetoond (Vanermen & Stienen, 2019), met een potentieel verhoogde kans op aanvaring tot gevolg. Ook in het kader van het MOG2 eiland (Vanermen et al., 2022b) werd een aantrekking van bepaalde soorten voorspeld, met zelfs een aantal soorten welke op termijn zich zouden kunnen proberen vestigen als broedvogel (zie ook Tabel 6-10). Op die manier kan naast de aanwezigheid van de PEZ windparken ook de aanwezigheid van het MOG2 eiland een cumulatief aantrekkend effect hebben op bepaalde soorten, wat kan leiden tot een hoger aanvaringsrisico.

Tabel 6-10 – Overzicht van de te verwachten effecten van de exploitatie van het MOG2 energie-eiland en de PEZ windparken: (X) dit effect zal zo goed als zeker een rol spelen, (?) dit effect zal mogelijk en/of afhankelijk van de inrichting een rol spelen, (-) dit effect zal naar alle waarschijnlijkheid niet van tel zijn. Tabel naar Vanermen et al. (2022b).

	Rusten	Foerageren	Broeden	Aanvaring (MOG2)	Aanvaring (windparken)
<i>Aalscholver</i>	X	X	-	-	X
<i>Kuifaalscholver</i>	X	X	-	-	X
<i>Jan-van-Gent</i>	-	?	-	-	X
<i>Kleine mantelmeeuw</i>	X	?	?	-	X
<i>Zilverbmeeuw</i>	X	X	?	-	X
<i>Grote mantelmeeuw</i>	X	X	-	-	X
<i>Drieteenmeeuw</i>	-	?	?	-	X
<i>Grote stern</i>	?	?	?	-	X
<i>Zeekoet</i>	-	?	-	-	-
<i>Alk</i>	-	?	-	-	-
Zangvogels	X	X	-	X	X
Steltlopers	?	?	-	-	X
Ganzen & eenden	?	?	-	-	X

Gezien de toenemende wijkhoogte en afstand tussen individuele turbines bij de ontwikkeling van een windpark in de PEZ (t.o.v. de Oostelijke energiezone), kan echter een doorgang voor vogels voorhanden blijven onder en tussen de turbines door. In het algemeen vliegen de meeste van deze zeevogelsoorten erg laag, waardoor hun kans op aanvaring relatief beperkt blijft (pers. comm. Eric Stienen; gerefereerd in IMDC, 2022). Enkel grote en kleine mantelmeeuw (beiden opgenomen als Natura 2000 soorten) vliegen doorgaans hoger en blijken minder behendig in het ontwijken van roterende wieken (pers. comm. Eric Stienen; gerefereerd in IMDC, 2022), waardoor hun kans op aanvaring hoger ligt. Voor deze soorten kan dus de hoogste gevoeligheid verwacht worden inzake een cumulatief effect van de ontwikkeling van windparken in de drie PEZ kavels.

Voor andere zeevogelsoorten wordt op basis van vaststellingen door Vanermen & Stienen (2009) en Vanermen et al. (2013) ingeschat dat zij doorgaans zeer laag vliegen (o.a. grote stern en visdief), zelden op rotorhoogte vliegen (o.a. Noordse stormvogel en zwarte zee-eend) of doorgaans de windparken in hun geheel vermijden (o.a. alk en zeekoet). Voor

deze soorten worden dus geen noemenswaardige bijkomende cumulatieve effecten verwacht t.g.v. een verhoogde mortaliteit door aanvaring in het geval van bijkomende windparken in de drie PEZ kavels of t.g.v. de combinatie tussen ontwikkelingen in zowel de Oostelijke energiezone, Borssele (Nederland), als het PEZ.

Migrerende vogelsoorten boven het BNZ verplaatsen zich meestal in grotere groepen tijdens de herfst en de lente (Brabant et al., 2021a). Voor deze soorten blijft het ook enkel mogelijk het potentieel aantal (dodelijke) aanvaringsslachtoffers modelmatig in te schatten of via continue radar surveys eens een windpark operationeel is (Vanermen et al., 2022; Brabant et al., 2021a). Bovendien blijft een modelmatige aanpak niet evident gezien de hoge onzekerheid betreffende enkele basisparameters, waaronder het sterk soortspecifieke mijdingsgedrag van trekvogels. Mijding kan plaatsvinden t.o.v. een turbinewiek die de vogel dreigt te raken of t.o.v. een individuele windturbine, maar een meer verregaand mijdingseffect (tot op meerdere kilometers afstand) kan ook optreden t.o.v. de windparken als geheel (Vanermen et al., 2022). Vooral dit laatste kan een belangrijke bijdrage betekenen inzake potentiële cumulatieve effecten van meerdere windparken in het volledige BNZ en net aan de Belgisch-Nederlandse grens.

Op basis van monitoring t.h.v. de Oostelijke energiezone werden in totaal 14 migratie-events met meer dan 500 passages per km per uur op rotorhoogte waargenomen tijdens de herfstmigratie van 2019 (met een maximum van 995 passages per km per uur), terwijl dit geen enkele maal voorviel tijdens de lente van 2021 (Brabant et al., 2021a). Al deze zogenaamde 'intense migratie-events' werden 's nachts waargenomen. Op basis van een aanvaringsrisico-model kon worden ingeschat dat ruwweg 760 aanvaringen met trekvogels tijdens de migratie in 2019 vermeden konden worden door het tijdelijk inactiveren van de windturbines gedurende in totaal 14 uren. Gezien de algemene onzekerheden gekoppeld aan het modelleren van deze risico's en omtrent de specifieke migrerende vogelsoorten die betrokken zijn bij dit soort aanvaringen, is ook een potentieel cumulatief effect t.g.v. de verschillende windparken in het BNZ en net aan de Belgisch-Nederlandse grens (Borssele) betreffende aanvaring met trekvogels moeilijk kwantitatief in te schatten. Gezien de totale oppervlakte aan windparken en gemiddelde turbinedimensies in het BNZ enkel maar stijgen omwille van de ontwikkeling van de windparken in de verschillende PEZ kavels, en gezien het aanvaringsrisico voor trekvolgels positief gecorreleerd is met de dimensies van de operationele turbines, kan echter gesteld worden dat deze bijkomende cumulatieve effecten groter kunnen zijn dan de som van de afzonderlijke kavels binnen het BNZ.

Tenslotte speelt ook voor vleermuizen boven het BNZ diezelfde problematiek, gezien ook voor vleermuizen het aanvaringsrisico mogelijk kan toenemen met de dimensie van de turbines (Barclay et al., 2007). Monitoring in het BNZ toonde echter wel al aan dat vleermuizen zich significant vaker dichtbij het wateroppervlak bevinden dan op naafhoogte (Brabant et al., 2018), wat dan weer het aanvaringsrisico positief zou beïnvloeden bij de ontwikkeling van de windparken in de PEZ met grotere dimensies en meer vliegruimte onder de wieken door. Gezien deze onzekerheden, de algemeen beperkte hoeveelheid aan kwantitatief onderzoek naar vleermuizen in het BNZ en met een oog op het voorzorgsprincipe, worden dan ook voor vleermuizen de bijkomende cumulatieve effecten als groter dan de som van de individuele effecten beschouwd.

Gezien de soortspecifieke gevoeligheid van zeevogels, trekvogels en vleermuizen boven het BNZ (zie voorgaande paragrafen) en met een oog op het voorzorgsprincipe, wordt een algemeen cumulatief effect m.b.t. een verhoogde mortaliteit door aanvaring als groter dan de som van de individuele effecten ingeschat ($>S$) en blijft de gering negatieve (0/-) tot matig negatieve (-) beoordeling behouden voor deze bijkomende cumulatie.

Aanwezigheid windpark: barrière-effecten

Barrière-effecten treden op wanneer vogels een grootschalig obstakel (zoals een windpark op zee) actief vermijden en erlangs vliegen in plaats van er doorheen. Hierdoor wordt hun totale vliegafstand tijdens migratie of tussen kolonie en foerageergebied soms aanzienlijk vergroot (Masden et al. 2009, 2010; Cook et al., 2018), met gevolgen voor de energetische kost en bijgevolg de overleving en productiviteit van een individu. Wegens aanzienlijke leemten in kennis, vooral m.b.t. locatiespecifieke verstoring en resulterende impact op populatieniveau, kunnen tot op vandaag zeer moeilijk kwantitatieve inschattingen gemaakt worden wat betreft cumulatieve barrière-effecten op vogels boven het BNZ (Vanermen & Stienen, 2023).

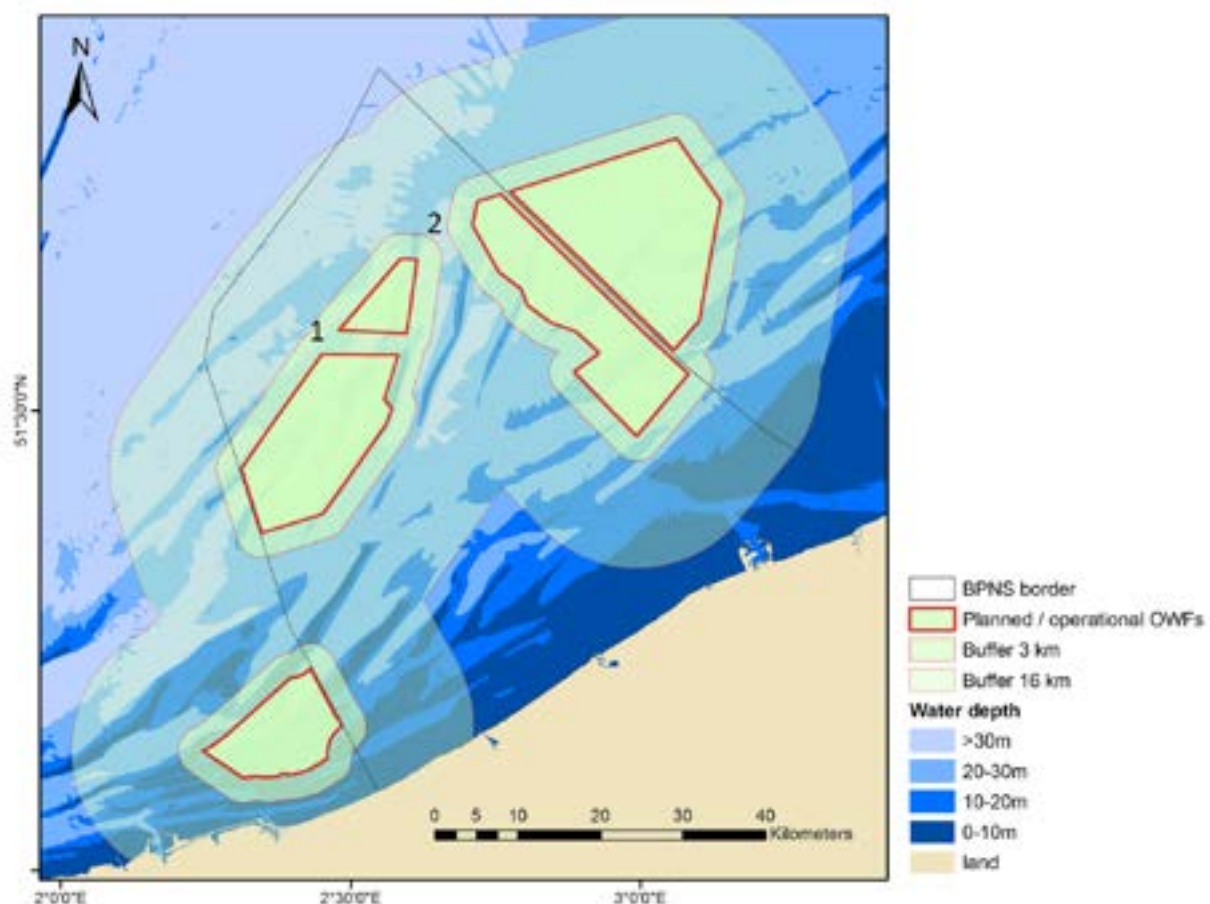
In kader van EDEN2000 werd voor Vanermen & Stienen (2023) een metastudie uitgevoerd met als doel de meest kwetsbare zeevogelsoorten en potentiële verstoringafstanden te identificeren in een context van cumulatieve effecten t.g.v. bestaande (Oostelijke energiezone en Borssele) en toekomstige (PEZ) windparken binnen en nabij het BNZ. Resultaten van deze studie worden hieronder toegelicht en samengevat, en zullen in voorliggend MER dienen om eventuele bijkomende cumulatieve effecten betreffende barrière-vorming voor zeevogels in het BNZ te duiden. Voor trekvogels en vleermuizen wordt ingeschat dat een barrière-effect naar alle waarschijnlijkheid niet van tel zal zijn (Vanermen et al., 2022a), wat resulteerde in een neutrale effectscore (0; zie § 5.4.3.3).

Op basis van het onderzoek door Vanermen & Stienen (2023), kunnen zeevogels boven het BNZ in drie categorieën worden ingedeeld (zie ook § 5.4.3.3):

1. Soorten(groepen) met inconsistente bevindingen en voor dewelke sterke verstoringseffecten onwaarschijnlijk zijn, zoals kleine mantelmeeuw, grote mantelmeeuw, dwergmeeuw, visdief, Noordse stern en grote stern;
2. Soorten(groepen) die waarschijnlijk een barrière effecten ondervinden tot op 3 km afstand, zoals Jan-van-Gent, zeekoet en alk;
3. Soorten(groepen) die waarschijnlijk een barrière effecten ondervinden tot > 3 km afstand, zoals zwarte zee-eend (5 km) en duiker sp. (tot 16 km).

De ontwikkelingen ter hoogte van de PEZ zijn vooral van belang voor die vogelsoorten met een gekend verspreidingsgebied in zone 3 van het BNZ (zie § 5.4.2.3 en Figuur 5-48), namelijk grote mantelmeeuw, drieteenmeeuw, en stormmeeuw, dewelke tot categorie 1 behoren, alsook Jan-van-Gent, zeekoet en alk, dewelke tot categorie 2 behoren. De ontwikkelingen binnen de PEZ zijn, wat betreft cumulatieve barrière-vorming, dus van minderwaardig belang voor de meest gevoelige vogelsoorten binnen categorie 3, de zwarte zee-eend en de duikers, en hebben op basis van deze gegevens de grootste verwachte impact op Jan-van-Genten, zeekoeten en alken. Voor deze soorten werd aangetoond dat zij naar alle waarschijnlijkheid een barrière-effect zullen ondervinden tot op 3 km van de kavelgrenzen. Met oog op

het voorzorgsprincipe kan gesteld worden dat de doorgang tussen kavel PE I enerzijds en kavels PE II en III anderzijds (aangeduid met 1 in Figuur 6-2) onvoldoende breed is om een veilige doorgang te verzekeren voor de soorten met aangetoonde gevoeligheid tot op 3 km (i.e. Jan-van-Genten, zeekoeten en alken). Gezien de positionering van de drie kavels binnen de PEZ (<3 km afstand van elkaar), zal een operationeel windpark in de drie kavels dus een cumulatief barrière-effect veroorzaken die de volledige PEZ omvat en groter uitvalt dan de som van de individuele effecten (>S; Figuur 6-2). Wanneer ook de operationele windparken t.h.v. de Oostelijke energiezone en, aangrenzend, Borssele (Nederland) in beschouwing worden genomen (Figuur 6-2), wordt duidelijk dat een nog groter aaneengesloten gebied zal bijdragen tot een cumulatieve barrière-vorming voor zeevogels boven het BNZ. Hier wordt, mede door een overlap met actieve scheepvaartroutes, de doorgang aangeduid met 2 in Figuur 6-2 onvoldoende geacht om een veilige doorgang te waarborgen voor aanvliegende zeevogels. Dit effect wordt wederom ingeschat als groter dan de som van de individuele effecten (>S).



Figuur 6-2 – Belgisch deel van de Noordzee met operationele Oostelijke energiezone en geplande PEZ, alsook de operationele Borssele zone (Nederland) en geplande zone t.h.v. Duinkerke (Frankrijk), met aanduiding van 3 km en 16 km bufferzones voor respectievelijk Jan-van-Genten, alken en zeekoeten, en duikers en zee-eenden (Vanermen & Stienen, 2023).

Gezien deze cumulatieve effecten inzake barrièrevorming voor zeevogels t.h.v. het BNZ, wordt dus een significant verlies in habitat verwacht t.g.v. de ontwikkeling van de windparken in de PEZ (Vanermen & Stienen, 2019), alsook in aantal geschikte aanvliegroutes om het BNZ binnen te komen (Vanermen & Stienen, 2023). De te verwachten afname in aantallen Jan-van-Genten, zeekoeten en alken kan overigens ook een significante impact betekenen voor de zeevogel-

doelstellingen geformuleerd onder de KRMS. Hoewel de enkelvoudige effecten m.b.t. barrière-vorming voor zeevogels boven het BNZ als gering negatief werden gescoord (0/-), leiden de bijkomende cumulatieve effecten besproken in bovenstaande paragrafen toch tot een significant negatieve beoordeling (--).

Ontmantelingsfase

De effecten die potentieel cumuleren in het BNZ wat betreft vogels en vleermuizen, zijn analoog aan deze beschreven voor de constructiefase. Voor een beschrijving hiervan wordt verwezen naar bovenstaande uiteenzetting tijdens de constructiefase.

Samenvatting

Een overzicht van de bijkomende cumulatieve effecten voor vogels en vleermuizen boven het BNZ wordt Tabel 6-3 weergegeven in Tabel 6-11. Deze worden opgedeeld in een kolom cumulatieve effecten welke plaatsvinden binnen de PEZ, dus voor de drie windparken samen, en een kolom cumulatieve effecten welke gelinkt zijn aan andere activiteiten in het bredere BNZ.

Tabel 6-11 – Overzicht van effecten gerelateerd aan vogels en vleermuizen, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en in relatie tot het volledige BNZ en aangrenzende gebieden.

Effecten op vogels en vleermuizen	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	Score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel	Score in relatie tot andere kavels PEZ	Score in relatie tot BNZ en aangrenzende gebieden
Constructiefase			
Sedimentatie	Ja	0	0
Geluid en benadering	Ja	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	Ja	0	0
Exploitatiefase			
Aanvaring	Neen	>S	>S
Barrière-effect	Ja	>S	>S
Rust- en foerageermogelijkheden	Ja	0	0
Ontmantelingsfase			
Sedimentatie	Ja	0	0
Geluid en benadering	Ja	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	Ja	0	0

6.3.4.3 Zeezoogdieren

Zeezoogdieren ondervinden verschillende effecten tijdens de constructie, exploitatie en ontmanteling van de PEZ windparken. De voornaamste effecten worden verwacht voor bruinvissen, gezien zij seizoenaal regelmatig worden waargenomen t.h.v. de projectlocatie (PEZ). Gewone en grijze zeehonden zijn eerder kustgebonden (al kunnen grijze zeehonden ook sporadisch verder op zee worden waargenomen) en voor hen worden dus in mindere mate effecten verwacht t.g.v. de ontwikkelingen in de PEZ (zie § 5.4.3.4). Deze effecten op zeezoogdieren kunnen eventueel cumuleren met andere projecten en activiteiten op zee. Zowel de ontwikkeling van windparken in de drie kavels van de PEZ samen,

alsook de aanwezigheid van MOG2 in deze zone, de Oostelijke energiezone en o.a. zandextractie en reguliere scheepvaart, kunnen leiden tot potentiële cumulatieve effecten.

Scoping

- Tijdens de constructiefase kunnen bijkomende cumulatieve effecten zich voordoen betreffende een algemene verstoring van zeezoogdieren t.g.v. een **verhoogd aantal scheepsbewegingen**, een **verhoogde turbiditeit** en **geluidshinder door scheepvaart en installatie** van turbines. Voor een effectbespreking van deze impacten op bruinvissen en zeehonden in het BNZ, zie § 5.4.3.4. Cumulatie kan optreden met de andere windparken in de PEZ, alsook met andere activiteiten die o.a. het aantal scheepsbewegingen verder doet toenemen (bv. scheepvaart), de turbiditeit in de waterkolom beïnvloeden (bv. zandextractie) en het onderwatergeluid doet toenemen (bv. visserij en de constructie van MOG2).
- Wanneer de windparken in de PEZ operationeel zijn, kan er cumulatie optreden met de effecten van de overige windparken in de drie kavels van de PEZ en in de Oostelijke energiezone wat betreft een **verstoring door de aanwezigheid van windparken**, **operationele geluidshinder**, een **verhoogd aantal scheepsbewegingen**, de aanwezigheid van **EMV** en een **gewijzigde voedselbeschikbaarheid**. Deze effecten werden in meer detail besproken in § 5.4.3.4.
- Tijdens de ontmantelingsfase kunnen zich dezelfde bijkomende cumulatieve effecten voordoen als tijdens de constructiefase, met uitzondering van de geluidshinder gelinkt aan de installatie van windturbines (met name heigeluiden).

Constructiefase

Tijdens de constructiefase worden matig (-) tot significant negatieve (--) effecten verwacht op zeezoogdieren in de afzonderlijke PEZ kavels ten gevolge van toenemend scheepsverkeer en geluidshinder door scheepvaart en het heien van windturbines. De impact van deze laatste wordt in scenario 2 met monopile funderingen negatiever ingeschat dan in scenario 1 met monopile en jacket funderingen, en scenario 2 met jacket funderingen wegens de grotere dimensies van de te heien palen (zie ook § 5.4.3.4). Hoewel het effect van toegenomen turbiditeit op zeezoogdieren als verwaarloosbaar (0) werd ingeschat voor de PEZ kavels, wordt een mogelijke impact van bijkomende cumulatieve effecten meegenomen in onderstaande bespreking.

Verhoogd aantal scheepsbewegingen en geluidshinder door scheepvaart

Tijdens de constructiefase van de windparken in de PEZ zal een verhoogd aantal transportbewegingen noodzakelijk zijn i.f.v. voorbereidende werken, aanvoer van materiaal en personeelstransport. Gezien voornamelijk bruinvissen seizoenaal in relatief hoge aantallen worden waargenomen t.h.v. deze zone, zal deze verhoogde antropogene aanwezigheid en gelinkte geluidshinder door de toegenomen scheepvaart leiden tot een (gedeeltelijke) vermijding van het projectgebied (zie § 5.4.2.4 en § 5.4.3.4). Deze effecten zullen onderhevig zijn aan bijkomende cumulatie wanneer ze gelijktijdig vallen met enerzijds de ontwikkeling van de windparken in de andere kavels van de PEZ en/of anderzijds met overige activiteiten in directe nabijheid, waaronder voornamelijk de constructie van MOG2 en de bestaande scheepvaart langsheen de

naburige scheepvaartroutes. Hoewel verwacht wordt dat de aanwezigheid van bruinvissen zich zal herstellen na de constructiefase van de windparken in de PEZ, kan door het eventueel samenvallen met andere activiteiten, een groter gebied als ongeschikt beschouwd worden en/of de vermijdings-effecten langdurig zijn dan bij de ontwikkeling van een windpark in één kavel van de PEZ. Het cumulatief effect wordt hier ingeschat als potentieel groter dan som van de enkelvoudige effecten (>S) (cf. beoordelingen onder discipline Geluid) en beoordeeld als matig negatief (-). Deze beoordeling geldt ongeacht het type fundering daar in alle gevallen een intensifiëring van het scheepvaartverkeer zal optreden. Hoewel alternatieven als GBF voor MP en JF, en SB voor heien, minder impulsief geluid genereren (zie verder), zullen ze wel een hoger aantal scheepsbewegingen vragen gezien de logistieke complexiteit. Een scenario met 10 % GBF (aangevuld met 90 % MP/JF) zoals gehanteerd in voorliggend MER zal echter niet tot een verandering van beoordeling leiden t.a.v. het alternatief met 100 % MP of JF funderingen. Zeehonden verblijven voornamelijk dicht bij de kustzone, dus dergelijke impacten zoals hierboven voor bruinvissen beschreven wordt voor deze soortengroep niet verwacht.

Verhoogde turbiditeit

Werkzaamheden tijdens de constructiefase zullen ook een plaatselijke en tijdelijk verhoging in turbiditeit veroorzaken, met gevolgen voor de lokale zichtbaarheid, het potentieel vrijkomen van contaminanten uit het sediment en een eventuele weerslag op geschiktheid van het gebied wat betreft voedselbeschikbaarheid (zie § 5.4.3.4). Gezien een verhoogde turbiditeit wegens o.a. nivelleringen en het plaatsen van parkbekabeling slechts tijdelijk is, de impactzone relatief beperkt blijft t.o.v. het leefgebied van de mobiele zeezoogdieren en, voornamelijk, gezien deze verhoogde turbiditeit waarschijnlijk samenvalt met een veel grotere impact t.g.v. geluidsverstoring door het plaatsen van funderingen, werden deze effecten dan ook als verwaarloosbaar (0) beschouwd. Bruinvissen zijn echter van nature aangepast aan een slechte zichtbaarheid en ook zeehonden ondervinden waarschijnlijk weinig gevolgen daar zij eerder kustgebonden zijn. Hoewel eventueel een cumulatief effect kan optreden t.g.v. de ontwikkeling van de overige windparken binnen de PEZ, de constructie van MOG2 en/of nabije zandextractie of baggerwerken, lijken significante gevolgen voor zeezoogdieren daarom onwaarschijnlijk en worden ook cumulatieve effecten t.g.v. een verhoogde turbiditeit als niet-relevant beschouwd (0).

Geluidshinder door installatie turbines

Geluidshinder door het plaatsen van turbinefunderingen, met name bij gebruik van heien als installatietechniek, heeft een belangrijke negatieve impact op zeezoogdieren die zich in de nabijheid van de PEZ bevinden (i.e. voornamelijk bruinvissen, zie § 5.4.2.4 en § 5.4.3.4). Voor beide scenario's in voorliggend MER bedraagt een geschat piekniveau aan impulsief onderwatergeluid meer dan 210 dB re 1 µPa in geval van monopiles (zonder mitigatie; zie Tabel 5-20). Zelfs indien de huidige best practice aan mitigerende maatregelen wordt gehanteerd (zie § 5.3.6), zal installatie van de 22 MW turbines in scenario 2 nog steeds een piekniveau produceren dan boven de KRMS drempel voor descriptor D11 (185 dB re 1 µPa @ 750 m).

Indien de constructiefase van meer dan één kavel binnen de PEZ samenvalt (zie § 3.3), kan een significante impact verwacht worden die samen groter is dan de som van de individuele effecten (>S). Dit is onder andere het gevolg van een

langere duur van blootstelling aan deze verhoogde (tot schadelijke) geluidsniveaus en de gelinkte verstoring (tot fysieke schade), alsook het uitgebreide gebied dat de bruinvissen zullen vermijden t.g.v. deze geluidshinder. Dit cumulatief effect wordt daarom ook als significant negatief beoordeeld (--) voor wat monopile funderingen betreft. Voor jacket funderingen (en zeker in scenario 1 met kleinere diameters van palen) wordt een matig negatieve (-) beoordeling gegeven. GBF en SB als alternatief voor MP/JF en heien genereren geen mechanische impulsieve geluidsverstoring, waardoor hun effect cumulatief zal terugvallen op het gegenereerde scheepvaartgeluid en waardoor de piekgeluidsdrukkniveaus lager zullen kunnen blijven. Echter worden deze alternatieven als niet-waarschijnlijk beschouwd voor alle turbines in de PEZ windparken, waardoor afhankelijk van het aandeel GBF/SB een meer of minder strenge beoordeling kan gelden voor wat betreft impulsief geluid (voor andere disciplines, cf. bodemverstoring eerder in dit hoofdstuk besproken, gelden dan weer andere conclusies voor GBF/SB).

Naast de constructie van de windparken binnen de PEZ worden verder geen cumulatieve effecten verwacht (0) t.g.v. het installeren van turbines in het BNZ, gezien de Oostelijke energiezone reeds volledig operationeel is, geen andere concessiezones voor hernieuwbare energie werden afgebakend in het MRP 2020-2026 en geen andere activiteiten dergelijke impulsgeluiden zullen produceren in de nabijheid van de PEZ.

Operationele fase

De te verwachten effecten tijdens de operationele fase werden allen gering negatief (0/-; operationele geluidshinder), neutraal (0; aanwezigheid windpark, verhoogd aantal scheepsbewegingen en EMV) tot gering positief (0/+; voedselbeschikbaarheid) beschouwd, zowel voor bruinvissen als voor zeehonden (zie § 5.4.3.4). Desondanks worden potentiële cumulatieve effecten op zeezoogdieren tijdens deze projectfase in onderstaande paragrafen overlopen.

Operationele geluidshinder

Tijdens de operationele fase zullen de windturbines een continue bron van onderwatergeluid vormen. Gezien deze geluidsniveaus slechts tot op heel beperkte afstand hoorbaar zijn voor bruinvissen en zeehonden, maar nog enkele onzekerheden bestaan m.b.t. invloed van windsnelheden en type fundering, werd dit effect als gering negatief (0/-) ingeschat (§ 5.4.3.4). Eventuele cumulatieve effecten door enerzijds de overige windparken in de drie kavels van de PEZ en anderzijds andere naburige operationele infrastructuur (bv. MOG 2), worden om diezelfde redenen als verwaarloosbaar geacht voor zeezoogdieren (0).

Aanwezigheid windpark en voedselbeschikbaarheid

Tijdens de operationele fase van een windpark t.h.v. de PEZ worden geen noemenswaardige effecten (0) verwacht voor zowel bruinvissen als zeehonden wegens de fysieke aanwezigheid van het windpark. Eventueel kan wel een verhoogde voedselbeschikbaarheid t.g.v. het rif-effect optreden, wat als gering positief (0/+) werd ingeschat voor de zeezoogdieren die in deze zones verblijven (§ 5.4.3.4). Eventueel cumulatieve effecten kunnen optreden wanneer ook de andere kavels binnen de PEZ worden ontwikkeld, alsook wanneer deze zouden gecombineerd worden met andere harde substraten (bv. MOG2) of wanneer ook in andere zones (bodemberoerende) visserij wordt uitgesloten met een verhoogde

voedselbeschikbaarheid tot gevolg (bv. Oostelijke energiezone). Het cumulatief effect voor zeezoogdieren wordt zowel t.o.v. de andere kavels binnen de PEZ als de overige activiteiten binnen het BNZ als de som van de individuele effecten (S) beschouwd, met een gering tot matig positieve beoordeling (0/+ tot +).

Verhoogd aantal scheepsbewegingen

Het aantal scheepsbewegingen tijdens de exploitatiefase (o.a. voor onderhoudswerken) is minimaal t.o.v. het gemiddeld aantal jaarlijkse scheepsbewegingen van en naar de Belgische kusthavens (zie § 5.4.3.4), maar wel van een gelijke grootteorde als de scheepsbewegingen tijdens de constructiefase. Er wordt echter een zekere graad van gewinning verwacht bij zeezoogdieren ten opzichte van deze onderhoudswerken, waardoor de individuele effecten als gering negatief werden beoordeeld. De potentiële cumulatieve effecten voor de drie kavels binnen de PEZ enerzijds en enkele naburige activiteiten (o.a. onderhoud van MOG2 en reguliere scheepvaart in het BNZ) anderzijds worden eveneens als gering negatief beschouwd (0/-).

EMV

Er worden geen noemenswaardige effecten verwacht t.g.v. operationele parkbekabeling en hun gegenereerde EMV op zeezoogdieren (zie § 5.3 en § 5.4.3.4). Gezien de verplichte minimale ingraafdiepte van alle kabels in het BNZ, zij het in de overige kavels van de PEZ of zij het i.f.v. MOG2 of de Oostelijke energiezone, worden ook geen cumulatieve effecten verwacht voor zeezoogdieren in het BNZ (0).

Ontmantelingsfase

Tijdens de ontmantelingsfase kunnen diezelfde cumulatieve effecten optreden voor zeezoogdieren in het BNZ als besproken bij de constructiefase in bovenstaande paragraaf onder § 6.3.4.3, met uitzondering van de verstoring door geluidshinder t.g.v. het installeren van turbinefunderingen. Er wordt ingeschat dat geen noemenswaardige cumulatie optreedt m.b.t. een verhoogde turbiditeit en gewijzigde voedselbeschikbaarheid (0). Wat betreft het verhoogd aantal scheepsbewegingen en bijhorende geluidshinder t.g.v. de ontwikkeling van de windparken in de andere kavels van de PEZ en/of overige activiteiten in directe nabijheid (o.a. de constructie van MOG2 en naburige scheepvaartroutes), wordt verwacht dat de cumulatieve effecten zullen overeenkomen met de som van de individuele effecten (S).

Samenvatting

Een overzicht van de bijkomende cumulatieve effecten voor zeezoogdieren binnen BNZ worden weergegeven in Tabel 6-12. Deze worden opgedeeld in een kolom cumulatieve effecten welke plaatsvinden binnen de PEZ, dus voor de drie windparken samen, en een kolom cumulatieve effecten welke gelinkt zijn aan andere activiteiten in het bredere BNZ.

Tabel 6-12 – Overzicht van effecten gerelateerd aan zeezoogdieren, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en in relatie tot het volledige BNZ en aangrenzende gebieden.

Effecten op zeezoogdieren	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	Score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel	Score in relatie tot andere kavels PEZ	Score in relatie tot BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	Neen	S	S
Verhoogde turbiditeit	Ja	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	Ja	0	0
Geluidshinder door scheepvaart	Neen	S	>S
Geluidshinder door installatie turbines	Neen	>S	0
Exploitatiefase			
Operationele geluidshinder	Ja	0	0
Aanwezigheid windpark	Ja	S	S
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	Ja	S	S
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	Ja	S	S
EMV	Ja	0	0
Ontmantelingsfase			
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	Neen	S	S
Verhoogde turbiditeit	Ja	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	Ja	0	0
Geluidshinder door scheepvaart	Neen	S	S

6.3.4.4 Artificiële harde substraten

In de effectbespreking onder hoofdstuk § 5.4.3.5 worden habitatcreatie, veranderingen in gemeenschapsstructuur (waaronder aantrekking van vissen en potentieel niet-inheemse soorten) en de verwijdering van deze artificiële harde substraten tijdens de ontmanteling van het windpark besproken. Deze effecten kunnen cumulatief vertonen met andere bronnen van harde substraten in het BNZ, zoals scheepswrakken, bestaande en geplande windparken en andere vaste infrastructuur (o.a. MOG2), alsook de aanwezigheid van boeien en meetstations.

Constructiefase

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Ten gevolge van de constructie van een windpark in de PEZ wordt een aanzienlijke hoeveelheid nieuw artificieel hard substraat geïntroduceerd in een overwegend zandige omgeving. In tegenstelling tot de Oostelijke energiezone situeren zich binnen de PEZ echter ook natuurlijke harde substraten, de grindbedden, goed voor een totale oppervlakte van 49.000 ha (Pecceu et al., 2021; zie § 5.4.2.1). De totale geschatte nieuwe oppervlakte AHS wordt besproken in § 5.4.3.5. Cumulatieve effecten zullen optreden bij het ontwikkelen van de drie kavels binnen de PEZ, waarbij het totaal gecreëerde nieuw oppervlak aan AHS gelijk is aan de som van de afzonderlijke kavels (S) en geschat wordt tussen ± 65 en 148 ha, afhankelijk van scenario en gekozen type funderingen (zie Tabel 6-13).

Tabel 6-13 – Overzicht van cumulatief gecreëerd oppervlak (ha) aan nieuw artificieel hard substraat voor de drie kavels binnen de PEZ, opgesplitst per scenario en per type fundering. Voor achterliggende berekeningen, wordt verwezen naar de effectbespreking onder hoofdstuk § 5.4.3.5.

TOTAAL VOLLEDIGE PEZ	Scenario 1 = 278 turbines			Scenario 2 = 160 turbines		
	100% MP	100 % JF	10 % GBF + 90 % MP	100% MP	100 % JF	10 % GBF + 90 % MP
Totaal oppervlak bijkomend AHS (ha)	64,94	147,70	100,65	89,42	140,84	115,60

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Naast de windparken in de drie kavels van de PEZ zal ook het MOG2 eiland een toevoeging aan AHS betekenen. Dit eiland zal ongeveer 12 ha aan AHS toevoegen binnen de PEZ en ongeveer 4 ha aan AHS t.h.v. de kabelkruisingen (IMDC, 2022). Verder bevinden zich binnen de PEZ ook drie beschermde wrakken (UB III-klasse-Fairy Bank, SS Kilmore en het Westhinder lichtschip), vijf niet-beschermde wrakken, en twee overige objecten (zie § 5.5.2.2), alsook tal van andere wrakken en objecten binnen het BNZ in de nabijheid van de PEZ (zie Tabel 5-33 en Figuur 5-59). In de operationele Oostelijke energiezone werd de totale toename aan artificiële harde substraten ingeschat op ca. 240 ha (IMDC, 2013a). Ook in relatie tot het gehele BNZ wordt een cumulatief effect met betrekking tot habitatcreatie beschouwd als de som van de individuele effecten (S). Deze habitatcreatie heeft verschillende (potentiële) gevolgen, zowel positief als negatief, dewelke in § 5.4.3.5 worden toegelicht en waarvan eventuele cumulatieve effecten binnen de PEZ en binnen het BNZ worden besproken in onderstaande paragrafen.

Operationele fase

Cumulatief PEZ (3 kavels samen)

Een operationeel windpark in de PEZ heeft verschillende ecologische impacten (besproken in detail in § 5.4.3.5), waaronder gewijzigde gemeenschapsstructuren met een aantrekking van hogere trofische niveaus (o.a. vissen; het zogenaamde rif-effect) en potentiële niet-inheemse soorten. Deze laatste kunnen de nieuwe AHS gebruiken als zogenaamde 'stepping stone' om hun verspreidingsgebied verder uit te breiden (zie ook effectbespreking in § 5.4.3.5). Bij de ontwikkeling van de verschillende windparken in de drie kavels van de PEZ wordt een groter aaneensluitend geheel gecreëerd waar een significante toename in biodiversiteit en biomassa wordt verwacht t.g.v. een toename in voedselbeschikbaarheid, alsook vasthechtsubstraten en schuilplekken. Op langere termijn kunnen deze rif-effecten ook hun weerslag hebben op gekoppelde ecosysteemdiensten, zoals een zogenaamd overspill effect naar potentieel belangrijke commerciële vissoorten toe. Door een verwachte significante toename in biodiversiteit, biomassa en connectiviteit t.h.v. de verschillende PEZ kavels, worden de cumulatieve effecten inzake gewijzigde gemeenschapsstructuren en aantrekking van hogere trofische niveaus (o.a. vissen), ingeschat als groter dan de som van de individuele effecten (>S) en als matig positief beoordeeld (+). De aantrekking van niet-inheemse soorten wordt dan in tegenstelling als matig negatief beoordeeld (-). Bovendien kan een potentiële toevoeging van erosiebeschermingsmateriaal (breukstenen in de armour layer) rondom de funderingen met een gelijkaardige samenstelling als de van nature aanwezige harde substraten in de PEZ kavels, zelfs bijdragen aan een mogelijke uitbreiding van dit habitattype tijdens de exploitatiefase. Hierdoor kan ook een verhoging van het aantal biota specifiek gelinkt aan

de harde substraten in het BNZ gecreëerd worden, en kan de ecologische status van de grindbedden (welke momenteel ongunstig is; Kapasakali et al., 2023a), potentieel verbeterd worden.

Cumulatief PEZ met andere gebruikers

Ook op schaal van het BNZ worden bovenstaande cumulatieve effecten tijdens de operationele fase als groter dan de soms van de individuele effecten beschouwd (>S) en als matig positief beoordeeld (+), met name door de rol van de verschillende kleinere hoeveelheden aan (artificiële) harde substraten zoals wrakken, boeien, kabelkruisingen en de rol van de aanzienlijke hoeveelheden AHS in de Oostelijke energiezone in een verhoogde connectiviteit tussen deze ecotopen. Opnieuw heeft deze verbeterde connectiviteit tussen harde substraten een keerzijde, gezien dit ook de verspreiding van niet-inheemse soorten kan bevorderen. Ter hoogte van de Oostelijke energiezone tonen recente studies aan dat biodiversiteit op harde substraten zoals funderingen van de windmolens en wrakken zowel gelijkenissen als verschillen vertonen, met de verschillen hoofdzakelijk toegeschreven aan de gevorderde ouderdom van de wrakken i.v.m. de turbines (Kerkhove et al., 2022). Ook wordt verwacht dat de invulling en het ontwerp van de funderingen en vooral de erosiebeschermingslaag, een grote meerwaarde kan betekenen naar natuurlijkheid van de gevestigde soortengemeenschappen. Zo zal de creatie van een habitat met verhoogde habitatcomplexiteit, bijvoorbeeld door het gebruik van doordachte natuur-inclusieve maatregelen, een soortengemeenschap ontwikkeling die nauwer aansluit bij de natuurlijke harde substraat-gemeenschappen in het BNZ (Kerkhove et al., 2022).

Ontmantelingsfase

In hoeverre de ontmanteling van de windparken t.h.v. de PEZ zal leiden tot een cumulatief effect, hangt af van eventuele andere windparken of structuren binnen de PEZ of het BNZ die op eenzelfde moment verwijderd worden. Indien dit het geval is, kan zich eventueel een significante afname aan harde structuren voordoen en de zich (naar alle waarschijnlijkheid) reeds gevestigde gemeenschappen, met een weerslag op algemene connectiviteit tussen de verschillende locaties. Tijdens deze fase wordt een cumulatief effect ingeschat als groter dan de som van de individuele effecten indien zich effectief een aanzienlijke wijziging voordoet wat betreft connectiviteit (>S?), en dit zowel op schaal van de verschillende kavels binnen de PEZ als in relatie tot het volledige BNZ. Gezien de heersende onzekerheid inzake een al dan niet een positief effect van de AHS op de nabije natuurlijke grindbedden tijdens hun levensduur (zie ook §5.4.3.1), wordt het wegvallen van deze faciliterende functie als gering negatief beschouwd (0/-).

Samenvatting

Tabel 6-14 – Overzicht van effecten gerelateerd aan artificiële harde substraten, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de andere kavels binnen de PEZ en in relatie tot het volledige BNZ en aangrenzende gebieden.

Effecten op artificiële harde substraten	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	Score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel	Score in relatie tot andere kavels PEZ	Score in relatie tot BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Habitatcreatie	Neen	S	S
Exploitatiefase			

Effecten op artificiële harde substraten	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
Verandering gemeenschapsstructuur (incl. bekabeling)	Ja	>S	>S
Aantrekking vissen (incl. bekabeling)	Neen	>S	>S
Aantrekking niet-inheemse soorten	Ja	>S	>S
Ontmantelingsfase			
Verwijdering AHS (incl. bekabeling)	Ja	>S?	>S?

6.3.5 Zeezicht en maritiem cultureel erfgoed

De PEZ windparken (incl. parkbekabeling) resulteren in een verhoging van het scheepsverkeer in en naar de PEZ (met de haven van Oostende als uitvalsbasis) die het zicht op zee mee bepalen. Deze toename in scheepvaartverkeer tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling van de afzonderlijke PEZ windparken werd als gering negatief beoordeeld in de effectbespreking van Hoofdstuk 5.5. Ook zullen de afzonderlijke PEZ windparken een gering negatief effect hebben op de zichtbaarheid vanuit de kust tijdens de exploitatiefase. Beide effecten kunnen echter ook cumuleren in de PEZ (zowel scheepvaartverkeer toename, als zichtbaarheid vanuit de kust) als alle parken in ontwikkeling komen in dezelfde periode (zoals vooropgesteld in voorliggend MER), en kan het scheepvaartverkeer bovendien ook verder cumuleren met andere scheepsgebonden activiteiten rond en naar de PEZ. Voor zeezicht speelt ook de aanwezigheid van de Oostelijke energiezone een rol in het cumulatief verhaal.

Scoping

- **Scheepvaart.** Cumulatie met alle scheepvaart en havenactiviteiten die doorheen de levenscyclus van de windparken in de PEZ (constructie, exploitatie en ontmanteling) optreden: scheepvaartsector, visserij, constructiewerken op zee (waaronder deze voor de andere PEZ kavels en MOG2 exportkabels en transmissie-infrastructuur), zandwinning, storten van baggerspecie, etc.
- **Zichtbaarheid vanuit de kust:** cumulatie met de andere PEZ windparken tijdens de exploitatiefase, waarbij een groter oppervlak op relatief grote afstand uit de kust (35 – 55 km) zal volgebouwd zijn met windturbines van ca. 245 – 350 m tiphoogte. Ook de operationele Oostelijke energiezone wordt hier mee in beschouwing genomen.

Met betrekking tot maritiem cultureel erfgoed kunnen er enkel cumulatieve effecten (vb. naar impact op in-situ bewaring van wrakken of paleolandschappen) verwacht worden ten gevolge van de gelijktijdige ontwikkeling van de drie windparken samen in de PEZ. Echter werden de effecten op maritiem cultureel erfgoed per kavel afzonderlijk (§ 5.5.3.2) als vrijwel onbestaande (0) beoordeeld voor het merendeel, waardoor er ook geen cumulatief effect verwacht wordt binnen voorliggend MER. Deze worden dus niet verder behandeld in onderstaande paragrafen.

6.3.5.1 Constructiefase

Het aantal scheepsbewegingen dat nodig is voor de ontwikkeling van de drie PEZ windparken (inclusief nivelleren en parkbekabeling) werd in voorgaande sectie 6.3.3 al uitvoerig besproken per fase. Tabel 6-7 geeft het overzicht hiervan. Deze scheepsbewegingen zullen dus cumuleren met elkaar binnen de PEZ (drie windparken samen alsook de transmissie-infrastructuur voor het MOG2 eiland), alsook met de scheepsbewegingen in en rond de PEZ zoals deze gelinkt aan

scheepvaartverkeer in de nabijgelegen IMO routes en zandwinningsactiviteiten in de ontginningssectoren van controlezone 4 (zie eerder). Dit cumulatief effect is gelijk aan de som van de individuele effecten (S) voor wat betreft de impact op zeezicht en beleving. Het blijft echter zo dat de beoordeling van deze bijkomende schepen niet zal wijzigen naar grootteorde, en op gering negatief (0/-) wordt ingeschat.

6.3.5.2 Operationele fase

Voor wat betreft scheepvaartverkeer kan eenzelfde conclusie gemaakt worden als tijdens de constructiefase, namelijk dat de verhoogde scheepvaartactiviteit zal cumuleren met zowel deze gelinkt aan de andere PEZ windparken alsook deze gelinkt aan allerlei andere activiteiten in het BNZ. Het cumulatief effect hiervan is gelijk aan de som (S) van de individuele effecten, en resulteert nog steeds in een gering negatieve (0/-) beoordeling.

Voor wat betreft de zichtbaarheid vanuit de kust, werd voor de afzonderlijke kavels geoordeeld dat deze slechts beperkt (onder ideale weersomstandigheden) zichtbaar zullen zijn, gezien de grote afstand tot de kust van de PEZ, maar ook de grote dimensies van de afzonderlijke turbines waardoor deze verder zullen uitsteken boven het zeeoppervlak dan de huidige generatie offshore turbines in de Oostelijke energiezone. Het cumulatief effect van de drie afzonderlijke windparken op de zichtbaarheid vanuit de kust zal echter kleiner zijn dan de som van de individuele effecten (<S), gezien kavel PE II een groot deel van de zichtbaarheid van het nog noordelijker gelegen kavel PE III zal maskeren. De ontwikkeling van de PEZ zal ook de totale impact op zichtbaarheid door de aanwezigheid van zowel de Oostelijke energiezone en de PEZ niet versterken, maar cumuleren met de Oostelijke zone als som van de individuele effecten (S).

6.3.5.3 Ontmantelingsfase

De cumulatieve effecten die tijdens de ontmantelingsfase zullen optreden zijn analoog aan deze tijdens de constructiefase.

6.3.5.4 Samenvatting

Een samenvattend overzicht van de cumulatieve effecten voor zeezicht wordt hieronder in Tabel 6-15 weergegeven.

Tabel 6-15 – Overzicht van effecten gerelateerd aan zeezicht, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.

Effecten op zeezicht	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	score 0 of 0/- per individueel kavel	Score in relatie tot de 3 kavels samen in PEZ	Score in relatie tot bredere BNZ en andere activiteiten
Constructiefase			
Stijging scheepvaartverkeer	Ja	S	S
Exploitatiefase			
Stijging scheepvaartverkeer	Ja	S	S
Zichtbaarheid uit de kust	Ja	<S	S
Ontmantelingsfase			
Stijging scheepvaartverkeer	Ja	S	S

6.3.6 Interactie met andere menselijke activiteiten

De ontwikkeling van een windpark in de PEZ kan mogelijks cumulatieve effecten veroorzaken met andere menselijke activiteiten die plaatsvinden in het BNZ. Deze worden in onderstaande paragrafen besproken. Voor een gedetailleerde beschrijving van enkelvoudige effecten t.g.v. andere menselijke activiteiten in het BNZ, wordt verwezen naar hoofdstuk 5.6 INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN.

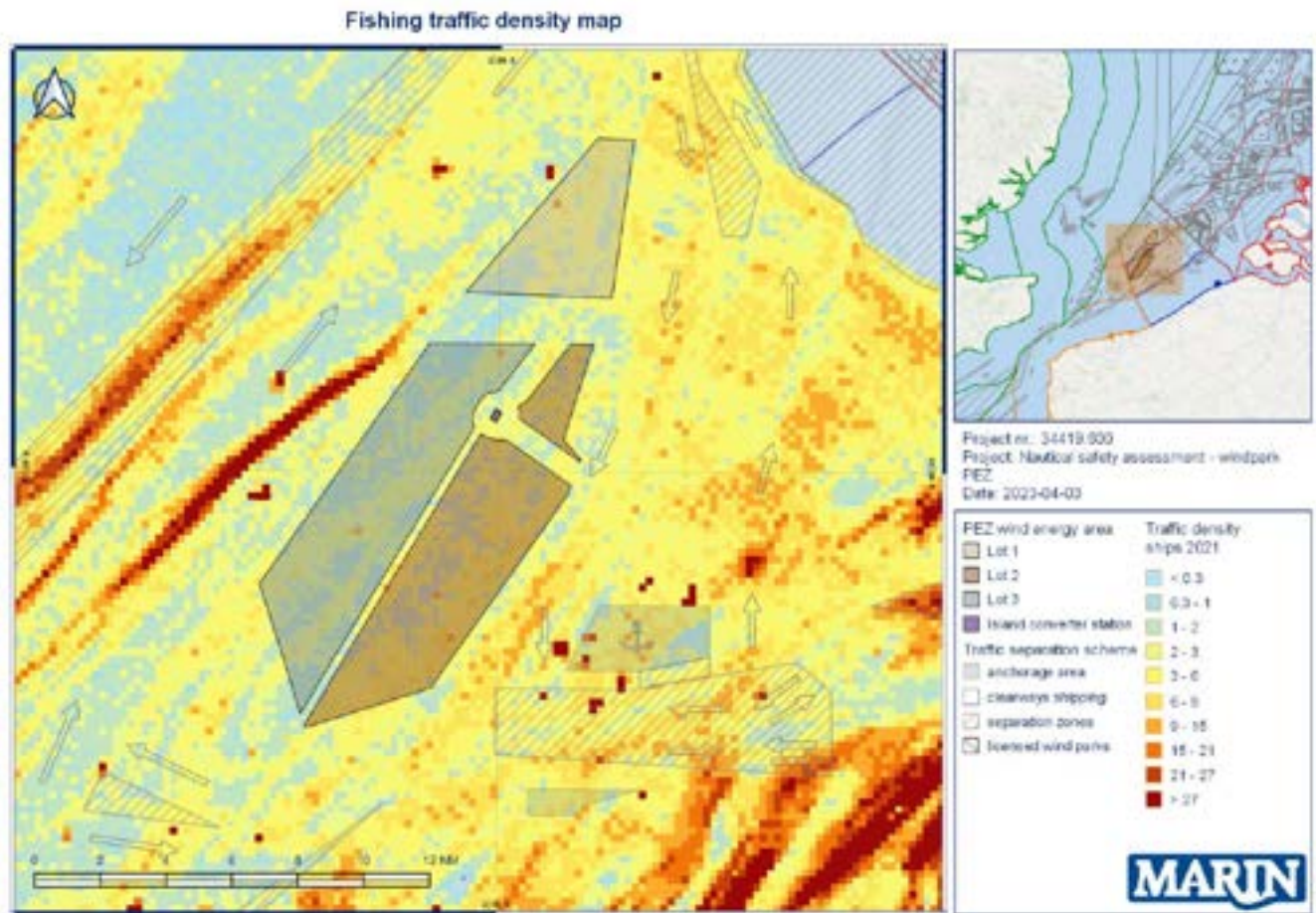
Scoping

- **Visserij:** er treedt potentieel cumulatie op met andere activiteiten waarvoor een verbod op reguliere scheepvaart wordt afgebakend (resultierend in een verlies aan visgronden), activiteiten die een verstoring van visgemeenschappen kunnen veroorzaken en activiteiten die bijdragen aan een potentieel spill-over effect m.b.t. commercieel belangrijke vissoorten.
- **Maricultuur:** Cumulatie kan optreden indien andere activiteiten een (on)rechtstreekse impact hebben op de productiviteit van commerciële maricultuur projecten in het BNZ.
- **Militaire activiteiten:** Er bestaat geen ruimtelijke overlap tussen de PEZ en militaire zones binnen het BNZ. Gezien militaire activiteiten steeds strikt gereguleerd worden, op voorhand worden gecommuniceerd en mogelijke cumulatie verhinderd wordt door militaire procedures, worden ook t.h.v. de militaire gebieden aangrenzend aan de PEZ (zie § 5.6.2.3) geen cumulatieve effecten verwacht (0).
- **Kabels en pijpleidingen:** Er kan potentieel cumulatie optreden tussen de parkbekabeling met de bestaande (actieve) kabels en pijpleidingen in de PEZ.
- **Zandwinning:** Er kan cumulatie optreden tussen verschillende projecten of activiteiten die zand nodig hebben, gezien de gelimiteerde voorraden, of wanneer activiteiten een rechtstreekse impact hebben op de beschikbare ruimte, erosie en/of sedimentatie ter hoogte van de zandwinningzones (bv. ten gevolge van baggeren en storten).
- **Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen:** Cumulatie is mogelijk met projecten of activiteiten in een wetenschappelijk kader, zoals onderzoek naar potentiële cumulatieve effecten van ambities m.b.t. meervoudig ruimtegebruik.
- **Toerisme en recreatie:** cumulatie kan optreden indien er recreatieve activiteiten zouden plaatsvinden t.h.v. de projectzone. Wegens veiligheidsredenen zijn toeristische excursies echter niet toegelaten in de PEZ. Ook zullen de structuren t.h.v. de PEZ slechts sporadisch zichtbaar zijn ter hoogte van de kust. Er worden daarom geen cumulatieve effecten verwacht m.b.t. toerisme en recreatie (0). Voor een bespreking van potentiële cumulatieve effecten op zeezicht, wordt verwezen naar § 6.3.5.
- **Scheep- en luchtvaart:** potentiële cumulatieve effecten met betrekking tot scheep- en luchtvaart worden afzonderlijk besproken in § 6.3.7.

6.3.6.1 Visserij

Bij de start van de ontwikkeling van een windpark in kavel PE I (voorzien vanaf 2027) en daarna in kavels PE II en PE III (voorzien vanaf 2028) worden de PEZ kavels (inclusief 500 m veiligheidszone) met een voortschrijdend karakter afgesloten voor reguliere scheepvaart, waaronder (commerciële en/of bodemberoerende) visserijactiviteiten. Indien een ruwe schatting uitgaat van een volledig BNZ dat potentieel bevestigd kan worden (3.454 km²), zal dus ca. 8,25 % van deze oppervlakte verloren gaan t.g.v. deze uitsluiting. Vissers actief in het gebied zullen zich dus dienen te verplaatsen naar nabijgelegen gebieden. Visserij-effort was echter voordien zeer beperkt in de PEZ (zie § 5.6.2.1, en Figuur 6-3 uit Externe bijlage 2 - MARIN, 2023), waardoor slechts een gering negatief cumulatief effect wordt verwacht voor de visserijsector in relatie tot het sluiten van de drie kavels van de PEZ (0/-).

Voordien werd reeds de Oostelijke energiezone afgesloten voor visserij, gezien ook in deze zone de veiligheidsvoorschriften alle reguliere scheepvaart uitsluiten. Deze zone bedraagt ca. 6,51 % van de totale oppervlakte van het BNZ, waardoor een cumulatie tussen de uitsluiting van visserij in beide concessiezones (PEZ en de Oostelijke energiezone) resulteert in een verlies van ca. 14,76 %. Dit cumulatief effect wordt beschouwd als de som van de individuele effecten (S). Rekening houdende met de beperkte visserij-activiteit in de PEZ en de mogelijkheid om zich te verplaatsen naar naburige gebieden, wordt het cumulatieve effect wel nog steeds als gering negatief (0/-) beschouwd.



Figuur 6-3 – Jaarlijkse gemiddelde scheepsdensiteit in en rond de PEZ voor visserijsschepen op basis van AIS data 2021 in aantal schepen per 1000 km², met aanduiding van het projectgebied. Bron: MARIN (2023) – Externe bijlage 2, op basis van AIS data 2021 verkregen bij DG Scheepvaart.

Naast de afsluiting van potentiële visgronden kan een cumulatief effect ook optreden t.g.v. een verstoring van visgemeenschappen door o.a. sedimentatie en/of geluidsverstoring gepaard met de ontwikkeling van een windpark in de drie PEZ kavels. Sedimentverstoring kan ontstaan tijdens het plaatsen van de turbinefunderingen en bijhorende erosiebescherming, alsook tijdens het ingraven van de parkbekabeling. Geluidsoverlast kan dan weer het gevolg zijn van de installatie van de turbines en het toegenomen scheepsverkeer in deze zone. Deze effecten werden in meer detail besproken in § 5.6.3.1. Potentiële cumulatieve effecten in relatie tot de ontwikkeling van de drie kavels worden ingeschat als de som van de individuele effecten (S), gezien er slechts weinig overlap is tussen de meest versturende ontwikkelingsfase (i.e. constructie) van de drie verschillende kavels. In overeenstemming met de kavels afzonderlijk, wordt het cumulatief effect als gering negatief beschouwd (0/-).

Ook in relatie tot het volledige BNZ kunnen cumulatieve effecten optreden t.g.v. geluidsoverlast vanuit de naburige scheepvaartroutes of indien de ontwikkeling van de PEZ samenvalt met bv. zandwinning in de nabijgelegen extractiezones (zie § 5.6.3.5). Gezien de bijkomende verstoring van vissen door geluidsoverlast en/of sedimentatie t.g.v. de ontwikkeling van de PEZ van tijdelijke aard is en erg gering wordt geacht t.o.v. de achtergrondoverlast vanuit bovengenoemde bronnen, wordt ook hier een potentieel cumulatief effect ingeschat als de som van de individuele effecten (S), met een gering negatieve beoordeling (0/-).

Tenslotte kan de uitsluiting van bodemberoerende activiteiten in de PEZ kavels resulteren in een zogenaamd spill-over effect op nabijgelegen visgemeenschappen (zie § 5.6.3.1 voor een meer gedetailleerde omschrijving van dit effect). Indien deze positieve effecten betrekking hebben tot commercieel belangrijke vissoorten, kan dus een cumulatief effect ontstaan tussen de ontwikkeling van de PEZ en de visserijsector. Dit cumulatief effect speelt zowel op schaal van de volledige PEZ, als op schaal van het volledig BNZ, waar uitsluiting van bodemberoerende activiteiten in de Oostelijke energiezone hetzelfde effect teweegbracht voor o.a. de commercieel belangrijke vissoort schol. Door een toegenomen connectiviteit tussen zones met een uitsluiting van visserij (i.e. zones voor hernieuwbare energie binnen het BNZ), kan het spill-over effect mogelijks versterkt worden in relatief belang en kunnen potentiële cumulatieve effecten ingeschat worden als groter dan de som van de individuele effecten, al blijft een kwantificatie noodzakelijk om dit met zekerheid te kunnen besluiten (>S).

6.3.6.2 Maricultuur

In § 5.6.2.2 wordt beschreven dat het enige actieve commerciële maricultuur project in het BNZ, de zeeboerderij in CIA zone C, zich op minstens 27 km van de PEZ bevindt en niet gelegen is op de logische scheepvaartroute tussen de projectlocatie en de haven van Oostende als uitvalsbasis. Verder maken eventueel toekomstige multi-use ambities binnen de PEZ geen onderdeel uit van voorliggend MER, maar zullen die indien relevant onderwerp zijn van een apart vergunningstraject. Er worden bijgevolg geen cumulatieve effecten (0) op maricultuur verwacht, voor beide scenario's en ongeacht funderingstype.

6.3.6.3 Kabels en pijpleidingen

In § 3.2.2 worden de verschillende actieve kabels en pijpleidingen besproken die de PEZ doorkruisen (zie ook Figuur 5-70). Het aanleggen van de parkbekabeling binnen PEZ zal hier dus rekening mee moeten houden. Deze kabelkruisingen worden steeds voorzien van de nodige bescherming, zie ook § 3.5.3.4. Gezien kabelkruisingen bovendien steeds gebeuren in overeenstemming met alle betrokken partijen en gezien dit strikt gereguleerd wordt, worden geen noemenswaardige bijkomende cumulatieve effecten verwacht tussen bestaande kabels en pijpleidingen en de ontwikkeling van een windpark in de PEZ (3 kavels samen) of met andere activiteiten in het BNZ (0).

6.3.6.4 Zandwinning

Ten gevolge van de ontwikkeling van een windpark in kavel PE I zal zandextractie zone 4a niet langer als dusdanig kunnen geëxploiteerd worden (zie § 5.6.3.5). Deze zone bevat slechts een relatief klein deel van de volledige beschikbare zandvoorraad in de zandwinningsectoren binnen het BNZ ($\pm 13\%$). Bovendien is de intensiteit aan ontginning van zone 4a de laatste jaren sterk toegenomen, om reeds proactief de beschikbare zandhoeveelheden nog zoveel mogelijk te ontginnen om het effect van direct verlies maximaal te milderen. Het cumulatief effect door direct verlies wordt daarom als gering negatief (0/-) ingeschat.

De ontwikkeling van de windparken in de andere PEZ kavels zullen in principe geen significante bijkomende cumulatieve effecten veroorzaken op de te winnen zandhoeveelheden (0), gezien geen significante erosie en/of sedimentatie ter

hoogte van de zandwinningzones wordt verwacht ten gevolge van baggeren en storten in functie van de ontwikkelingen in de PEZ. Ook op een schaal van de volledige BNZ worden om die redenen geen noemenswaardige cumulatieve effecten verwacht (0).

6.3.6.5 Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen

De voorziene langetermijn monitoring t.h.v. de PEZ (zowel voor MOG2 als de nieuwe windparken in de drie PEZ kavels) zal een grote bijdrage kunnen leveren aan de wetenschappelijk kennis over dit gebied, o.a. met betrekking tot voorkomen of behoud en herstel van geogene en biogene riffen in het BNZ (zie ook § 5.1.4.1). Het cumulatief effect van de ontwikkeling van meerdere kavels binnen de PEZ, alsook van de monitoring t.h.v. de operationele Oostelijke energiezone, werkt versterkend en wordt dus ingeschat als groter dan de som van de individuele effecten (>S), en als een significant positief effect beschouwd (++).

6.3.6.6 Samenvatting

Een samenvattend overzicht van de cumulatieve effecten voor interacties met andere menselijke activiteiten wordt hieronder in Tabel 6-16 weergegeven.

Tabel 6-16 - Overzicht van effecten gerelateerd aan interacties met andere menselijke activiteiten, en of deze al dan niet zullen cumuleren met de ontwikkelingen in de PEZ en andere activiteiten in het BNZ.

Effecten op interactie met andere menselijke activiteiten	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	score 0 of 0/- per individueel kavel	Score in relatie tot de 3 kavels samen in PEZ	Score in relatie tot bredere BNZ en andere activiteiten
Visserij			
Verlies visserijgronden	Ja	S	S
Verstoring visgemeenschappen	Neen	S	S
Spill-over effect	Ja	>S	>S
Maricultuur			
	Ja	0	0
Militaire activiteiten			
	Ja	0	0
Kabels en pijpleidingen			
	Ja	0	0
Zandwinning			
	Ja	0	0
Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen			
	Neen	>S	>S
Toerisme en recreatie			
	Ja	0	0

6.3.7 Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid

Voor risico's, veiligheid en menselijke gezondheid worden de onderstaande cumulatieve effecten geëvalueerd en besproken.

Scoping

- **Diepte van de vaarroute:** Het is mogelijk dat de diepte van de vaarroute tussen de kavels (tussen PE I en PE II/III) afneemt in PEZ als gevolg van veranderingen in erosie- en sedimentatiepatronen ten gevolge installatie en aanwezigheid van het MOG2 energie-eiland en de windparken in de PEZ.
- **Aanvaringsrisico's op PEZ-infrastructuur:** Cumulatieve effecten tussen alle scheepsactiviteiten en alle infrastructuren op zee. Cumulatie van infrastructuur op zee in combinatie met de totaliteit van scheepsactiviteiten.
- **Olieverontreiniging door een scheepsramp:** Dit wordt samen besproken met de aanvaringsrisico's.
- **Radar en scheepscommunicatie:** Dit werd eerder besproken in § 5.7.3.4 de belangrijkste bevindingen met betrekking tot de cumulatieve effecten worden hier herhaald onder de exploitatiefase.

De andere effecten op veiligheid en menselijke gezondheid besproken in § 5.7 zijn verwaarloosbaar (score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel) en de potentiële cumulatieve effecten zijn (vrijwel) gelijk aan de som van de individuele effecten. Ze worden niet verder besproken in volgende paragrafen.

6.3.7.1 Constructiefase

Diepte van de vaarroute

Hoewel de vaarroute tussen de kavels (tussen PE I en PE II/III) maar weinig wordt gebruikt, is het cruciaal om de diepte op deze bestaande route te behouden voor schepen met een diepgang van 11 m. Op de meest ondiepe plekken is de vaarroute ongeveer 17 – 22 m diep (zie ook Figuur 5-1). Gebaseerd op modellen van sedimentatie en erosie (Svašek Hydraulics, 2022) in het kader van het MER MOG2 (IMDC, 2022) werd echter berekend dat de sedimentatie ten gevolge het MOG2 eiland op locatie West 1 enkel zal leiden tot sedimentatie in de nu al diepere delen van de vaargeul. Bijkomende sedimentatie ten gevolge de aanleg en exploitatie van windparken (inclusief parkbekabeling) in de PEZ kavels zoals bepaald in voorliggend MER zal beperkt zijn in dikte en in tijd (zie effectbespreking onder § 5.1.4.2 op basis van de numerieke pluimmodellering in Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023). Hierdoor wordt er niet verwacht dat de vaarroute te ondiep zou kunnen worden voor schepen met een diepgang tot 11 m als gevolg van de ontwikkelingen in de PEZ (MOG2 in combinatie met windparken inclusief bekabeling).

Het potentieel cumulatieve effect op de diepte van de vaarroute is gelijk aan de som van de individuele effecten binnen de PEZ (S). Het cumulatief effect op de diepte van de vaarroute wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Aanvaringsrisico's en olieverontreiniging door een scheepsramp

De aanvaringsrisico's en het verwacht aantal aanvaringen per jaar werden reeds cumulatief geëvalueerd en besproken in § **Error! Reference source not found.** voor de volledige PEZ (alle kavels I, II en III), mede omdat de aanvaringsstudie (zie Externe bijlage 2; MARIN, 2023) de volledige situatie inclusief alle PEZ kavels in beschouwing neemt, alsook de bestaande scheepvaartactiviteiten (verkeersbeeld 2021). Voor de constructiefase worden de aanvaringsrisico's berekend per kavel (ca. eens per 8 tot 28 jaar, afhankelijk van kavel) als basis genomen, daar de kavels opeenvolgend worden aangelegd. Bovendien wordt ervan uitgegaan dat het MOG2 eiland reeds is aangelegd, wat ook zo is meegenomen in het berekeningsmodel.

Het SAMSON-model gaat uit van het bestaande verkeersbeeld (AIS-data van 2021), waarbij in principe het werfverkeer niet is opgenomen. Tijdens de constructiefase en ontmantelingsfase zijn er per fase gemiddeld ca. 1.050 scheepsbewegingen voor de totale PEZ over ca. 2-3 jaar. De ontwikkeling van de PEZ zal dus slechts een kleine jaarlijkse toename (ca. 0,3 %) in aantal scheepsbewegingen betekenen. De constructie van de PEZ windparken zal wel nog deels overlappen met de installatie van de transmissie-infrastructuur bovenop het MOG2 eiland (voorzien 2026 – 2029; IMDC, 2022), en de installatie van de exportkabels van het eiland richting landzijde (voorzien in fases in de periode 2025 – 2029; IMDC, 2022). Het totaal aantal scheepsbewegingen per jaar tijdens de constructiefase voor MOG2 werd geschat op 600. Tegenover de BNZ blijft dit dus ook beperkt. Werkschepen zijn bovendien goed voorbereid op mogelijke accidenten.

Uit Tabel 5-37 onderaan in § **Error! Reference source not found.** valt af te leiden dat het totaal aantal verwachte aanvaringen per jaar voor de PEZ aanzienlijk hoger ligt (ca. eens per 4 of 6 jaar) dan per kavel (S). Tijdens de constructie- en ontmantelingsfase zijn een deel van de windturbines nog in opbouw of worden ze ontmanteld. Gezien de uitvoering van PEZ echter in een relatief korte tijdspanne voorzien is (tussen 2028-2030) is er geen gefaseerde ontwikkeling en bijhorende kansenberekening uitgevoerd door MARIN (2023). De verwachte totale aanvaringsrisico's voor de constructiefase zullen ergens gelegen zijn tussen deze voor de kavels afzonderlijk en deze voor de PEZ totaal, weliswaar dezelfde redenering volgende dat het cumulatief effect gelijk is aan de som van de afzonderlijke effecten (S). Het totale cumulatieve risico wordt weliswaar nog steeds als matig negatief (-) beoordeeld voor de constructiefase. Dit effect kan gereduceerd worden indien de milderende maatregelen (zie § 5.7.5.1) toegepast worden. Een gelijkaardige redenering wordt gevolgd voor de ontmantelingsfase.

Olieverontreiniging door een scheepsramp wordt verder besproken in § 5.7.3.3., de effecten per kavel worden beoordeeld als gering negatief (0/-) en de cumulatieve effecten (S) voor de hele PEZ en in combinatie met andere activiteiten worden hetzelfde beoordeeld (0/-).

Radar en scheepscommunicatie

In het besluit van de radarstudie (zie Externe bijlage 3; Catrysse, 2023) wordt algemeen gesteld dat de realisatie en inplanting van de 3 offshore windparken in de 3 kavels PE I/II/III in de PEZ geen noemenswaardige invloed zal hebben op

de radarbewaking van en de radiocommunicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet, zowel binnen het “actief werkingsgebied” van VTS SRK, als voor verder afgelegen zones.

Mogelijke cumulatieve effecten van de verschillende kavels betreffen de maskering van gedeelten van andere kavels, van het MOG2 eiland, van de aangepaste vaargeulen doorheen de windparken binnen de PEZ, en de vaarroute Noordhinder (NT) ten westen van kavels PE I en PE III. Dit geldt voor de beide scenario's in voorliggend MER.

Er dient op gewezen te worden dat in deze studie enkel de effecten van de SRK radarbewaking van de scheepvaart, de radarwaarneming door de scheepsradar en de VHF radio communicatie (schip/wal en schip/schip) besproken zijn. Hierbij dient aangestipt te worden dat radarwaarneming en communicatie tussen schepen dicht bij een windpark en net binnen een windpark mogelijk blijft, dit in verband met het nodige overzicht bij het verlaten van het windpark (zoals na onderhoudswerkzaamheden).

De bewaking van de verschillende offshore windparken binnen de PEZ is in de radarstudie enkel aan bod gekomen als aandachtspunt voor de toekomst. Hiervoor dienen er uiteraard gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om de scheepvaarttrafiek om en rond het windpark, en meer specifiek aan de westzijde van PE I en PE III, adequaat op te volgen. Hetzelfde geldt voor de toegang tot de vaargeulen doorheen het windpark. Dit geldt in principe enkel voor het werfverkeer en onderzoeksschepen, die tot de PEZ zullen toegelaten worden. Als mitigerende maatregel kan hierbij gedacht worden aan bijkomende radarinstallaties, op gepaste locaties. Voor meer informatie wordt verwezen naar § 5.7.3.4.

Er wordt geoordeeld dat er een potentieel matig cumulatief negatief effect is (-) op radar- en scheepscommunicatie ten gevolge van de PEZ (voor het individueel effect per kavel is de beoordeling gering negatief (0/-)). Indien de mitigerende maatregel wordt toegepast kan het cumulatief effect worden verminderd tot geen effect (0). Zoals hierboven aangegeven zijn er mogelijke cumulatieve effecten (maskering van gedeelten van andere kavels), daarom is het potentieel cumulatief effect groter (>S) dan de som van de individuele effecten binnen de PEZ, en dit tijdens alle projectfasen. Het potentieel cumulatief effect is gelijk (S) aan de som van de individuele effecten buiten de PEZ.

6.3.7.2 Exploitatiefase

Diepte van de vaarroute

De bevindingen met betrekking tot de diepte van de vaarroute zijn hetzelfde als voor de constructiefase.

Aanvaringsrisico's en olieverontreiniging door een scheepsramp

Tijdens de exploitatiefase zijn er voor beide scenario's ca. 765 jaarlijkse scheepsbewegingen van en naar de PEZ (drie kavels samen), dit is ca. 1,5 – 2,5 keer zoveel als tijdens de constructie- en ontmantelingsfase (300 – 400 bewegingen per jaar). Het totaal aantal scheepsbewegingen per jaar voor het MOG2 eiland tijdens de constructiefase werd geschat op 20. Verder wordt voor het cumulatief aanvaringsrisico uitgegaan van volledige ontwikkeling van de PEZ (de 3 kavels samen). Voor de gehele PEZ in scenario 1 is het verwachte aantal aanvaringen eens per 4 jaar. Scenario 2 heeft een iets lagere

frequentie, namelijk eens per 6 jaar. De risico's liggen een stuk hoger dan voor de afzonderlijke kavels, respectievelijk tussen eens om de 8 tot 20 jaar in scenario 1 en tussen eens om de 12 tot 28 jaar in scenario 2. Voor beide scenario's is de gemiddelde aanvaringsfrequentie per turbine voor kavel PE II iets hoger dan de gemiddelde frequentie per turbine voor kavel PE I en PE III.

Aangezien het PEZ-gebied gelegen is tussen verschillende verkeersscheidingsstelsels met een hoge scheepvaartdichtheid is de berekende aanvaringsfrequentie relatief hoog. Dit is met name het geval in de zuidoostelijke hoek van het gebied, aangezien deze zich nabij een kruising van scheepvaartwegen bevindt. Ter vergelijking: het windpark Borssele met 173 turbines heeft een vergelijkbare ligging ten opzichte van het scheepvaartverkeer en heeft een totale aanvaringsfrequentie van eens in de 9 jaar (Koldenhof, 2022). Tenslotte zal er ook een bijkomend risico op incidenten door het werfverkeer in de windparken zijn. Zoals eerder aangehaald zit dit type van niet-routegebonden verkeer niet vervat in het SAMSON-model omwille van hun atypisch gedrag. Daar het om een beperkte jaarlijkse toename gaat van scheepsbewegingen, waarbij bovendien het schip en personeel goed uitgerust en getraind is, wordt dit bijkomend risico als beperkt ingeschat. Het totale risico op aanvaring ten gevolge van PEZ (ca. eens per 4 tot 6 jaar) is wel van eenzelfde grootteorde als de Oostelijke energiezone (eens om de 5 jaar). Het totale aanvaringsrisico (cumulatief effect (S)) voor PEZ wordt als significant negatief (--) beoordeeld tijdens de exploitatiefase. Enkel indien de nodige milderende maatregelen (zie § 5.7.5.1) worden toegepast kan dit effect binnen aanvaardbare normen teruggebracht worden.

Mede gezien de relatief ver offshore gelegen ligging en de interventiemogelijkheden (incl. samenwerking met andere landen indien nodig) wordt het cumulatief effect van olieverontreiniging (S) nog steeds als gering negatief (0/-) ingeschat.

Radar en scheepscommunicatie

De bevindingen met betrekking tot radar en scheepscommunicatie zijn hetzelfde als voor de constructiefase.

6.3.7.3 Ontmantelingsfase

De bevindingen met betrekking tot de diepte van de vaarroute, aanvaringsrisico's en radar en scheepscommunicatie zijn hetzelfde als voor de constructiefase.

6.3.7.4 Samenvatting

Een overzicht van de cumulatieve effecten op risico's, veiligheid en menselijke gezondheid wordt hieronder in Tabel 6-17 weergegeven. De andere effecten op veiligheid en menselijke gezondheid besproken in § 5.7 die niet opgenomen worden in de onderstaande tabel zijn verwaarloosbaar (score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel) en de potentiële cumulatieve effecten zijn (vrijwel) gelijk aan de som van de individuele effecten.

Tabel 6-17 - Overzicht van effecten gerelateerd aan risico's, veiligheid en menselijke gezondheid, en of deze al dan niet zullen cumuleren met andere activiteiten in het BNZ.

Effecten op risico's, veiligheid en menselijke gezondheid	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
	Score 0, 0/- of 0/+ per individuele kavel	Score in relatie tot de 3 kavels samen in PEZ	Score in relatie tot BNZ en andere activiteiten

Effecten op risico's, veiligheid en menselijke gezondheid	Verwaarloosbaar?	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
Constructiefase			
Diepte van de vaarroute	Ja	S	S
Aanvaringsrisico's	Neen	S	S
Olieverontreiniging door een scheepsramp	Ja	S	S
Radar en scheepscommunicatie: SRK walradarstations	Neen	>S	S
Exploitatiefase			
Diepte van de vaarroute	Ja	S	S
Aanvaringsrisico's	Neen	S	S
Olieverontreiniging door een scheepsramp	Ja	S	S
Radar en scheepscommunicatie: SRK walradarstations	Neen	>S	S
Ontmantelingsfase			
Diepte van de vaarroute	Ja	S	S
Aanvaringsrisico's	Neen	S	S
Olieverontreiniging door een scheepsramp	Ja	S	S
Radar en scheepscommunicatie: SRK walradarstations	Neen	>S	S

6.4 LEEMTEN IN KENNIS

Binnen het luik **bodem en water**, zijn de belangrijkste leemten in kennis gelinkt aan de cumulatieve effecten van pluimvorming en sedimentatie in het verre veld. Een aandachtspunt is bijvoorbeeld de potentiële sedimentatie van de sedimentpluim afkomstig van zandwinning in controlezone 2 en 4 binnen de ecologisch waardevolle grindbedden in de PEZ, bovenop de gegenereerde pluim tijdens aanleg van de windparken in de PEZ kavels, met mogelijke gevolgen voor de zeebodemfuncties en de zeebodemintegriteit in deze waardevolle zones (zie MER Zandwinning; Arcadis Belgium NV, 2020). De effecten van sedimentatie van sedimentpluimen in het verre veld zijn evenwel nog onvoldoende gekend en de directe link tussen activiteit en impact is vaak moeilijk te bewijzen. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat meerdere antropogene activiteiten aanleiding geven tot ontstaan van sedimentpluimen (o.a. boomkorvisserij, baggerwerken, windparken, zandwinning), maar wees tevens op de moeilijkheid om afzonderlijke bijdragen te kwantificeren.

De **fauna en flora** in het BNZ staan onder druk van tal van antropogene activiteiten. Het is hierbij niet eenvoudig om de significantie van de impact van de diverse activiteiten van elkaar te onderscheiden, laat staan het cumulatief effect te bepalen.

Voor **benthos en vissen** zijn er nog onzekerheden naar de impact van EMV, zeker in combinatie met meerdere elektriciteitskabels in het BNZ en in de PEZ, welke verder onderzoek vereisen om meer duidelijkheid te verschaffen. De respons is vaak soortgebonden, waardoor het moeilijk is om een globale beoordeling voor het effect van EMV op een welbepaalde soortengroep te geven.

Voor **vogels** binnen het BNZ liggen de grootste leemten in kennis bij hoe een verhoogde mortaliteit ten gevolge van aanvaring zich verhoudt ten opzichte van het populatieniveau. Ook recente en concrete inschattingen en modelleringen

rond barrière-effecten van verschillende offshore infrastructuur zijn schaars, meer bepaald inzake een gebieds- en soortspecifieke impactradius met betrekking tot verschillende activiteiten op zee. Verder is tot op heden nog relatief weinig geweten over vleermuizen boven het BNZ, laat staan eventuele cumulatieve effecten t.g.v. verschillende antropogene activiteiten.

Wat betreft **zeezoogdieren** bevinden zich de voornaamste leemten in kennis betreffende potentieel cumulatieve effecten bij de afstanden waarop deze effecten zich kunnen manifesteren, hoe snel potentiële effecten zich terug herstellen (bv. gewijzigde voedselbeschikbaarheid) en indien zeezoogdieren in dezelfde aantallen zullen terugkeren naar een gebied eens de tijdelijke verstoring (bv. geluidshinder door constructie) afgelopen is.

Voor de cumulatieve effecten verbonden aan de introductie van grote hoeveelheden **artificiële harde substraten**, lijkt het in eerste plaats aan te raden om onderzoek te leveren naar mogelijkheden om deze effecten te koppelen aan behoud of herstel van natuurlijk riffen en grindbedden. Verder dient ook de potentiële verspreiding en impact van niet-inheemse soorten via deze verhoogde connectiviteit tussen artificiële harde substraten verder onderzocht te worden.

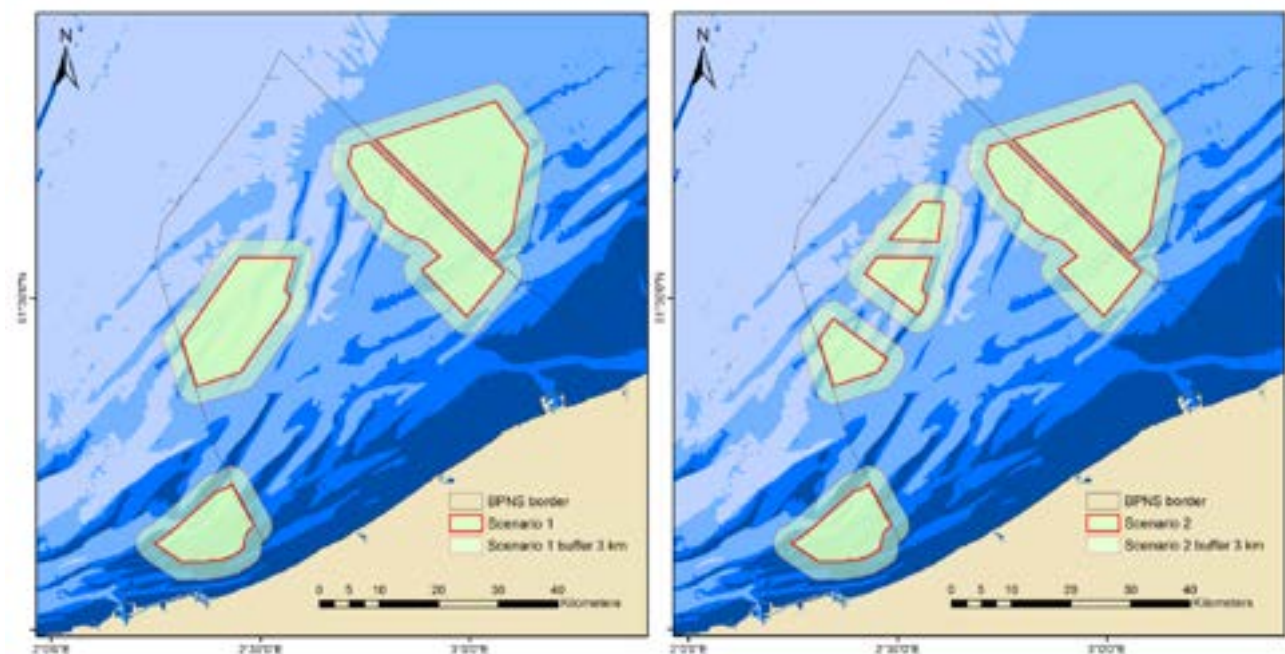
6.5 MILDERENDE MAATREGELEN

Voor wat betreft milderende maatregelen voor effecten op **bodem en water**, wordt er verwezen naar deze opgenomen in § 5.1.6 voor de afzonderlijke kavels, daar deze nog steeds gelden voor wat betreft de cumulatieve effecten van de drie PEZ kavels samen. Bijkomend kan er voor wat betreft de cumulatie van effecten met andere activiteiten in de nabijheid van de PEZ die bodemverstoring en sedimentpluimen genereren (o.a., MOG2, zandextractie) gedacht worden aan een zo min mogelijke overlap in tijd (naast ruimte) tussen de werkzaamheden zodat de afgezette sedimentlagen de kans krijgen al (deels) te eroderen.

Betreffende (met name impulsieve) **geluidshinder** door de ontwikkeling van de drie PEZ windparken dienen toekomstige ontwikkelaars aan te tonen dat ook voor de grotere dimensies turbines zoals binnen voorliggend MER (zeker MP onder scenario 2) de nodige inspanningen kunnen geleverd worden om onder de vooropgestelde geluidslimiet van 185 dB re 1 µPa op 750 m van de bron te blijven. Als alternatief kunnen jacket funderingen, of eventueel GBF en/of SB ingezet worden welke ofwel een kleinere paaldiameter hebben (JF) of geen mechanisch heigeluid vereisen (GBF/SB). Gelijktijdige ontwikkeling van de drie windparken samen dient zoveel mogelijk vermeden te worden indien mogelijk (ook gelet op de impact op zeezoogdieren welke in geval van gelijktijdige ontwikkeling een aanzienlijk deel van het BNZ zullen vermijden; zie ook verder).

Voor wat betreft de milderende maatregelen voor **benthos en vissen** wordt verwezen naar de oplijstingen voor de afzonderlijke kavels in § 5.4.5.1 en § 5.4.5.2. Met name in de nabijheid van de kwetsbare grindbedden kan als mitigatie gedacht worden aan een zo optimaal mogelijke erosiebescherming rondom de turbines en ter hoogte van kabelkruisingen van de parkkabels van de PEZ windparken. Dit om zoveel mogelijk kansen te bieden aan de grindbedhabitats en geassocieerde biota om zich te ontwikkelen tot gemeenschappen in een betere staat van instandhouding dan nu het geval is.

Voor **zeevogels** werd in recent onderzoek door Vanermen & Stienen (2023) in het kader van EDEN2000, aangegeven dat bruikbare en veilige corridors voor zeevogels best minimaal tweemaal de breedte bedragen van de ingeschatte impactradius in kader van mogelijke barrière-effecten, alsook niet overlappen met veelvuldig gebruikte scheepvaartroutes. In diezelfde studie werden daartoe twee alternatieve scenario's voorgesteld met betrekking tot de lay-out van de nieuw te ontwikkelen windparken in de PEZ (Figuur 6-4) met oog op het milderen van de vermoedelijke barrière-effecten op Jan-van-Gent, zeekoet en alk. In milderend scenario 1 (Figuur 6-4 links) wordt er geen windpark ontwikkeld in kavel PE I, waardoor een corridor van 16 km ontstaat (waarvan 10 km zonder vermoedelijk barrière-effect) tussen een windpark in de PEZ en de operationele Oostelijke energiezone. In milderend scenario 2 (Figuur 6-4 rechts) wordt een deel van kavels PE II en III niet ontwikkeld en wordt kavel PE I gereduceerd in oppervlakte, waardoor een corridor van 3 km ontstaat zonder vermoedelijk barrière-effect dwars door de PEZ en tussen de PEZ en de operationele Oostelijke energiezone. Voor voorliggend MER werd notie genomen van deze aanbevelingen in kader van de opmaak van de alternatieven. Echter, deze aanbevelingen leiden tot significante afnames van beschikbare oppervlakte en zijn niet verenigbaar met de vooropgestelde energiedoelstellingen voor de PEZ waardoor niet aan dit voorstel tot mitigatie kan worden voldaan.



Figuur 6-4 – Belgisch deel van de Noordzee met operationele Oostelijke energiezone en twee alternatieven naar geplande PEZ i.f.v. het vermijden van barrière-effecten op Jan-van-Gent, zeekoet en alk, alsook de operationele Borssele zone (Nederland) en geplande zone t.h.v. Duinkerke (Frankrijk) (Vanermen & Stienen, 2023).

Voor **zeezoogdieren** binnen het BNZ is het essentieel dat (cumulatieve) verstoringen zo goed mogelijk worden gemitigeerd, met prioriteit wat betreft de impacten van onderwatergeluid. In het maatregelenprogramma binnen de KRMS wordt voor D11 voorgesteld onderwatergeluid zoveel als mogelijk te spreiden in ruimtelijke omvang, temporele omvang en niveau van de verschillende bronnen, alsook om scheepvaart met betrekking tot activiteiten op zee zoveel als mogelijk te vermijden in de meest kwetsbare gebieden en tijdens de belangrijkste periodes voor zeezoogdieren (i.e.

januari-april voor bruinvissen). Deze milderende maatregelen dienen uiteraard aangevuld te worden met deze reeds besproken onder § 5.4.5.4.

Om de potentieel negatieve effecten van de introductie van **artificiële harde substraten** in het BNZ te milderen, met name hun rol in de verspreiding van potentieel schadelijke niet-inheemse soorten (stepping-stone effect), dienen dezelfde milderende maatregelen getroffen te worden als reeds besproken onder § 5.4.5.5. Dit betreft het gebruik van natuurlijke materialen tijdens constructie, met aandacht voor het vermijden van afvalstoffen of secundaire grondstoffen.

6.6 MONITORING

Omwille van de onzekerheid m.b.t. cumulatieve effecten van pluimvorming ten gevolge meerdere antropogene activiteiten en **sedimentatie in het verre veld** (zeker in het geval van PEZ in combinatie met zandwinning in sectoren 4b – 4d), is nauwe opvolging van deze zaken tijdens de constructiefase (en mogelijks deels daarna) nodig om indien nodig snel in te grijpen moesten de effecten op de grindbedden binnen de PEZ onaanvaardbaar blijken.

Ook de productie van **piekonderwatergeluidsniveaus tijdens het heien** in de constructiefase moet nauwlettend opgevolgd worden. Gezien er zal gestart worden met de ontwikkeling van het windpark in kavel PE I in eerste instantie (gevolgd na één jaar door kavels PE II en PE III), zal deze ontwikkeling ook deels dienst doen als maatstaf voor de verdere ontwikkeling van kavels PE II en PE III. De terugkoppeling naar de uiteindelijke dimensies (o.a. diameter paal voor MP, of JF) van de gehanteerde turbines en funderingen dient steeds gemaakt te worden, zodat de metingen mee verder input kunnen geven aan toekomstige projecten.

Wat betreft zeevogels, migrerende vogelsoorten en vleermuizen op zee is het noodzakelijk om te beschikken over langetermijn monitoring data om een (semi-)kwantitatieve inschatting toe te laten van **potentieel verhoogde aanvaringsrisico's** omwille van aanvaring met windturbines boven het BNZ. Deze data kunnen via visuele surveys of radar surveys verzameld worden. Een dergelijk monitoringsprogramma ter hoogte van de PEZ zou zeer nuttige data opleveren inzake aanvaringsrisico's met groter gedimensioneerde windturbines dan deze aanwezig in de Oostelijke energiezone.

Voor **zeezoogdieren** binnen het BNZ is het essentieel dat (cumulatieve) verstoringen goed opgevolgd worden via monitoring, met name effecten t.g.v. onderwatergeluid. Hetzelfde geldt voor de opvolging van **artificiële harde substraten** binnen het BNZ, gezien deze een belangrijke rol kunnen spelen in de verspreiding van potentieel schadelijke niet-inheemse soorten.

7 ONTWERP PASSENDE BEOORDELING

7.1 DOELSTELLING VAN VOORLIGGEND HOOFDSTUK

Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden onder de Vogelrichtlijn (2009/147/EG) en de Habitatrichtlijn (92/43/EEG) op het grondgebied van de lidstaten van de Europese Unie (EU), welke de hoeksteen vormt van het beleid van de EU voor behoud en herstel van biodiversiteit. Om de doelstellingen binnen deze richtlijnen te realiseren worden de Europese lidstaten verplicht om naast algemene beschermingsmaatregelen, ook speciale beschermingszones af te bakenen en er een gepast beheer te voeren. In België werden op die manier twee Habitatrichtlijngebieden en drie Vogelrichtlijngebieden in de mariene wateren afgebakend.

Om deze gebieden en soorten op een afdoende manier te beschermen en te vrijwaren van antropogene negatieve effecten is de passende beoordeling van essentieel belang om – mits een gepaste toetsing – te voorkomen dat projecten een significant negatieve impact hebben op de status en ontwikkeling van een Natura 2000-gebied en aldus het realiseren van eerder geformuleerde instandhoudingsdoelstellingen (IHDs) zou bemoeilijken of verhinderen. Bij elke vergunningsplichtige activiteit toetst men dus af via de PB of er een mogelijke impact is op de Europese natuur.

Voorliggende ontwerp passende beoordeling in kader van de constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken (inclusief inter-array bekabeling) in de PEZ vormt een afzonderlijk hoofdstuk binnen het MER, en betreft een toetsing in het kader van het Koninklijk Besluit (KB) van 27 oktober 2016 tot aanduiding en beheer van de mariene beschermde gebieden en in navolging van art. 12 van de Wet Marien Milieu⁶⁹ (11 december 2022). Deze toetsing gebeurt aan de hand van de instandhoudingsdoelstellingen en de beheerplannen opgesteld voor de Natura 2000-gebieden in het BNZ (Belgische Staat, 2022a, 2022b).

De mogelijke impact op Natura 2000 gebieden in de buurlanden, met name het Habitat- en Vogelrichtlijngebied 'Banc des Flandres' dat zich uitstrekt in Franse wateren tot tegen de Belgische grens, en op Natura 2000 gebieden op Vlaams grondgebied behoren niet tot de scope van deze ontwerp PB. Voor de grensoverschrijdende effecten wordt verwezen naar Hoofdstuk 8 van voorliggend MER.

7.2 INLEIDING

Voorliggend project betreft de ontwikkeling van toekomstige windparken en inter-array bekabeling binnen de Prinses Elisabeth-zone (afgekort PEZ), welke zullen worden gerealiseerd binnen de nieuwe zones voor productie en transport van hernieuwbare energie zoals vastgelegd in het Marien Ruimtelijk Plan (MRP) 2020-2026. Er werden drie afzonderlijke kavels (en dus windparken) aangeduid binnen de PEZ (zie Figuur 7-1), welke een beoogd gezamenlijk vermogen van 3,15

⁶⁹ Wet ter bescherming van het mariene milieu en ter organisatie van de mariene ruimtelijke planning in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België

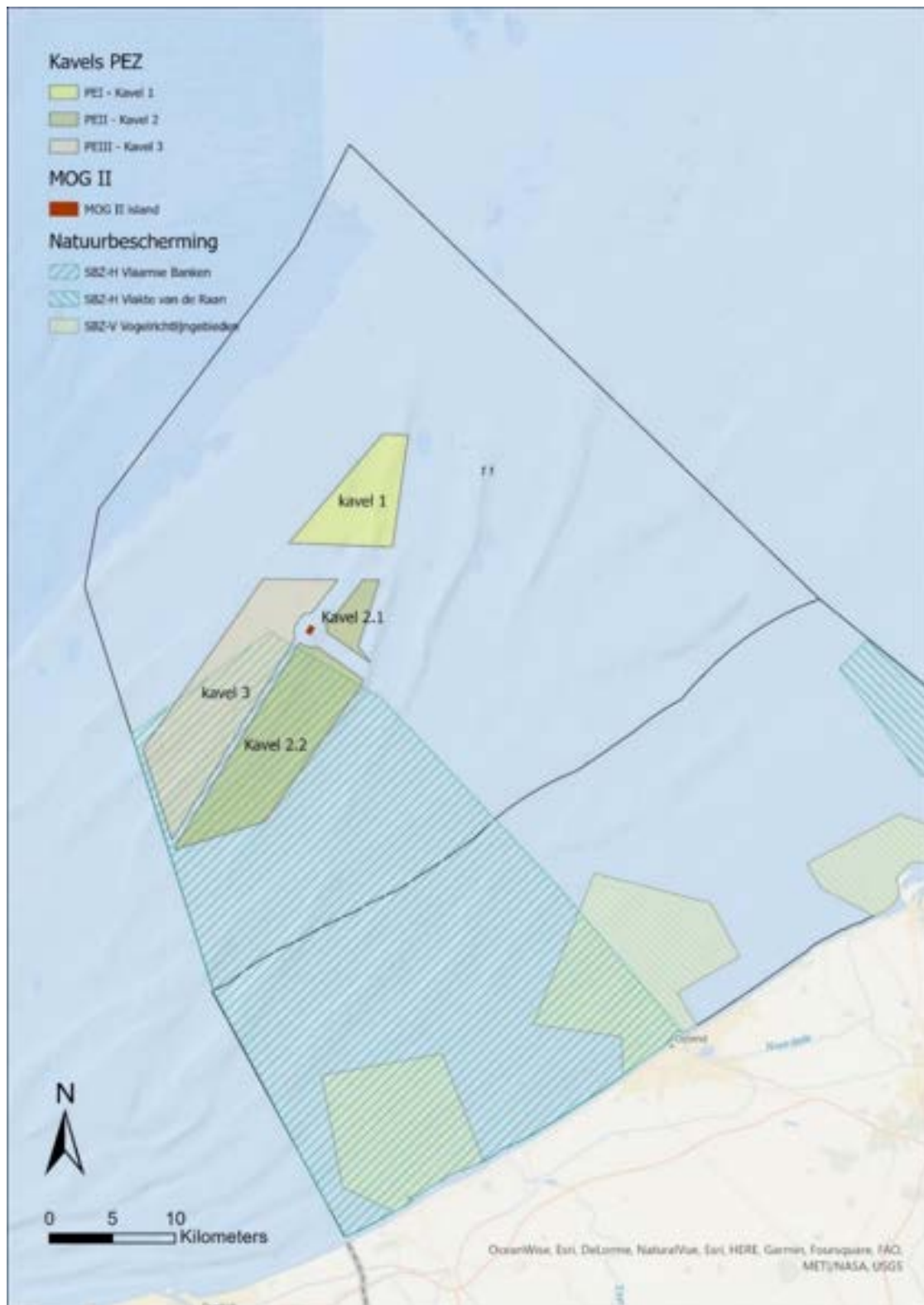
tot 3,5 GW moeten realiseren (Tabel 7-1), op een totale oppervlakte van ca. 285 km². De aansluiting van de windparken is voorzien op het Modulair Offshore Grid (MOG) 2 eiland. Andere vormen van hernieuwbare energie, naast offshore windenergie, alsook mogelijke vormen van multi-use binnen de PEZ, worden niet beschouwd. De initiatiefnemer van het PEZ project is de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie.

Het project kadert binnen de **Belgische en Europese doelstellingen omtrent offshore hernieuwbare energie**, als onderdeel van het NEKP voor de periode 2021-2030, en de doelstelling van de federale regering om de capaciteit offshore windenergie in het BNZ op te trekken van 2,3 GW in 2020 (operationele windparken Oostelijke energiezone) tot 5,4 – 5,9 GW tegen 2030. Deze cijfers moeten bijdragen aan de doelstelling op Europees niveau om een opschaling van de huidige geïnstalleerde offshore windcapaciteit van 12 GW tot ten minste 60 GW tegen 2030 te bekomen. De bouw en exploitatie van de bijkomende windparken in de PEZ zal onderwerp vormen van een concurrerende inschrijvingsprocedure (wet van 12 mei 2019; cf. buitenlands voorbeeld).

Tabel 7-1 – Overzicht van de kavels binnen de Prinses Elisabeth-zone, met hun oppervlakte, gemiddelde waterdiepte en vooropgesteld totaal geïnstalleerd vermogen (Bron: principebeslissing Kavels, FOD Economie)

	Naam kavel	Afkorting	Oppervlakte	Gemiddelde waterdiepte	Vermogen
Kavel 1	Prinses Elisabeth I	PE I	46,0 km ²	ca. 31 m onder LAT	700 MW
Kavel 2	Prinses Elisabeth II	PE II	103,0 km ²	ca. 27 m onder LAT	1225 – 1400 MW
Kavel 3	Prinses Elisabeth III	PE III	106,8 km ²	ca. 29 m onder LAT	1225 – 1400 MW

De PEZ kavels overlappen gedeeltelijk met, of zijn in de nabijheid gelegen van, het **Habitatrichtlijngebied (SBZ-H) ‘Vlaamse Banken’**. In navolging van Art. 6 van de Europese Habitatrichtlijn en KB 27/10/2016 dient de potentiële impact van voorliggend project op het beschermde Natura 2000-gebied ‘Vlaamse Banken’, en op de niet-gebiedsspecifieke instandhoudingsdoelstellingen voor soorten in het BNZ in detail besproken te worden in een ‘ontwerp passende beoordeling’, onderwerp van voorliggend hoofdstuk. Het doel is te komen tot de ontwikkeling van duurzame energieproductie via windturbines, met respect voor de beschermde gebieden en de biodiversiteit. Binnen de PEZ zijn ook kwetsbare grindbedden gelegen, welke tijdens het EDEN2000-project in detail in kaart gebracht werden.



Figuur 7-1 – Overzicht van de kavelindeling PEZ, de aanduiding van MOG2, en de Natura 2000 beschermde gebieden in het BNZ. De zwarte lijn in het midden het BNZ duidt de 12 nautische mijl aan, de afbakening van de territoriale wateren.

Voorliggend project kent een aantal opeenvolgende fases, voor welke de milieueffecten in kaart werden gebracht:

- de ontwikkelings- – of voorbereidende fase (2020 – 2027), inclusief voorbereidend geotechnisch/geofysisch onderzoek;

- de constructiefase (2027 – 2030), waarbij gestart wordt met kavel PE I, gevolgd na 1 jaar door kavels PE II en PE III;
- de exploitatiefase (2029/2030 – 2049/2050), welke standaard 20 jaar zal bedragen (cf. milieuvergunning en domeinconcessie);
- de ontmantelingsfase (vanaf 2049/2050).

7.3 BESCHRIJVING VAN HET PROJECT EN SCENARIO'S

7.3.1 Scenario's

De PEZ is gelegen in de Exclusieve Economische Zone (EEZ) in het Belgische deel van de Noordzee (BNZ), ter hoogte van de Hinderbanken (Figuur 7-1). De site ligt op ca. 35-55 km uit de kust, afhankelijk van de locatie in de kavels, en er heerst een gemiddelde waterdiepte van ongeveer 28 m onder LAT.

De milieueffecten worden beschreven voor **twee alternatieven (scenario's) per kavel**, waarbij geopteerd wordt om een bandbreedtebenadering te hanteren naar aantal turbines, individueel vermogen en technische specificaties (o.a. hoogte, rotordiameter) van turbines omwille van de steeds evoluerende markt. Hierdoor kan de volledige range aan milieueffecten ten gevolge toekomstige windparken en inter-array bekabeling binnen de PEZ in beeld gebracht worden. Het laat ook toe dat de uiteindelijke afmetingen van de gekozen turbines kunnen worden gekozen binnen deze beschreven ranges en types, dus 12 - +20 MW, voor zo ver de dimensies in Tabel 7-2 niet overschreden worden. De voorgestelde scenario's benaderen immers steeds de worst-case voor een bepaald effect (naar maximum aantal, of maximale dimensies), en dekken op die manier ook situaties af met kleinere of minder aantal turbines af, en dus kleinere milieueffecten.

De hieruit voortvloeiende te onderzoeken alternatieven zijn per kavel verder uitgewerkt, telkens gebaseerd op volgende worst-case redenering:

- **Scenario 1** = Worst-case scenario vanuit een maximaal aantal turbines en bijhorende configuratie die per kavel mogelijk zijn, rekening houdend met het beoogde totaal geïnstalleerd vermogen per kavel (Tabel 7-1). Hierbij zal het minimaal individueel vermogen per turbine als uitgangspunt genomen worden. Met andere woorden zullen een groot aantal turbines, weliswaar met kleinere dimensies, aan de basis liggen voor de effectbespreking.
- **Scenario 2** = Worst-case scenario vanuit een maximaal individueel vermogen per turbine en bijhorende configuratie die per kavel mogelijk is, rekening houdend met het beoogde totaal geïnstalleerd vermogen per kavel. In dit scenario zullen een kleiner aantal turbines, maar gekenmerkt door overwegend grotere dimensies (o.a. max. rotordiameter, tiphoogte), aan de basis liggen voor de effectbespreking.

Onderstaande Tabel 7-2 geeft een overzicht van een aantal parameters per kavel en scenario welke van belang zijn in de verdere effectbeoordelingen van voorliggend MER.

Tabel 7-2 – Overzicht van de scenario's per kavel/windpark, met een aantal parameters van belang in de verdere hoofdstukken van voorliggend MER

Scenario	Individuele vermogens-range	Max. # WTG op basis van range	Rotor-diameter	Minimale tiphoogte	Maximale tiphoogte
PE I – 700 MW					
Scenario 1	12-13 MW	54	220 m	25 m	245 m
Scenario 2	+20-22 MW	32-35	300 m	25 m	350 m
PE II – 1225-1400 MW					
Scenario 1	12-13 MW	107	220 m	25 m	245 m
Scenario 2	+20-22 MW	64-65	300 m	25 m	350 m
PE III – 1225-1400 MW					
Scenario 1	12-13 MW	108-117	220 m	25 m	245 m
Scenario 2	+20-22 MW	64-69	300 m	25 m	350 m

7.3.2 Turbines

Het exacte **model van de turbine** moet nog worden bepaald, maar het zal waarschijnlijk een traditioneel model zijn voor offshore wind (geen drijvend model). De keuze van het turbinemodel zal worden bepaald door de technologische ontwikkelingen in de windenergiesector en de marktbeschikbaarheid tegen de voorziene constructie van de PEZ (2027-2030). Voor het MER PEZ wordt daarom, na technische analyse, de volgende bandbreedte als basis voor de effectbeschrijving genomen: 12 tot + 20 MW. Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt bovendien geopteerd om te werken met **typevoorbeelden per scenario**, welke garant staan voor de volledige range van 12 tot + 20 MW. In scenario 1 wordt hiervoor gebruik gemaakt van de GE Haliade-X van 12/13 MW, met rotordiameter 220 m. In scenario 2 is er geen bestaand typevoorbeeld (en dus ook geen technische productfiche), maar wordt op basis van extrapolatie van dimensies geopteerd om een turbine van 22 MW met rotordiameter 300 m te hanteren (zie Tabel 7-3).

Tabel 7-3 – Overzicht van de belangrijkste parameters naar uitvoering, gelinkt aan het typevoorbeeld voor de milieueffectbeschrijving binnen het MER

Uitvoering	12/13 MW	22 MW
Type turbine	GE Haliade-X	Onbekend
Individueel vermogen (MW)	12/13 MW	22 MW
Rotordiameter (m)	220	300
Diameter mast op de zeebodem (m), bij keuze MP	9	15
Maximale tiphoogte (m)	245	350
Minimale tiphoogte (m)	25	25
Tussenafstand turbines (m)	880	1.200

7.3.3 Funderingen en erosiebescherming

Idem als voor de turbine, ligt de keuze voor het funderingstype nog niet vast, en zal deze worden gemaakt door de respectievelijke winnaar(s) via gedetailleerd hydromorfologisch en geotechnisch onderzoek van de PEZ op basis van

bepalende parameters zoals het turbinemodel, de waterdiepte, de geotechnische eigenschappen van de bodem, de lokale wind-, golf- en stromingsgegevens, etc. Ook hier zal de BBT, de kostprijs en de marktbeschikbaarheid, alsook bepaalde logistieke overwegingen mee bepalend zijn voor de keuze van de fundering.

Binnen voorliggend MER worden alle opties opgehouden en worden de **drie alternatieve funderingen** geëvalueerd naar hun milieueffecten: Monopile fundering (MP), Jacket fundering (JF), en Gravitaire fundering (GBF). Waar mogelijk zal de monopile fundering de voorkeur krijgen in het BNZ omwille van de relatief eenvoudige constructie. Voor de grootste WTG's (+ 20 – 22 MW) in scenario 2 is de haalbaarheid echter onzekerder, en worden bijgevolg ook alternatieve opties zoals JF en GBF, naast de MP, beschouwd. De optie van GBF wordt in maximaal 10 % van de turbinelocaties meegenomen, omwille van de complexere logistiek en hogere kostprijs – de andere 90 % wordt desgevallend aangevuld met MP of JF. Daarnaast wordt ook het 'suction bucket' principe in acht genomen dat als alternatief wordt voorgesteld voor het heien bij monopile en jacket funderingen.

In Tabel 7-4 hieronder wordt een overzicht gegeven van kenmerkende dimensies van de verschillende funderingstypes en bijhorende **erosiebescherming**, zoals meegenomen in voorliggend MER en de effectbesprekingen. In dit project wordt uitgegaan van statische erosiebescherming rondom de verschillende funderingen, als worst-case scenario naar voorafgaand nivelleren van de zeebodem en bijhorende versterking.

Tabel 7-4 – Overzicht van de belangrijkste parameters en dimensies omtrent funderingen en erosiebescherming zoals gehanteerd binnen voorliggend MER. Weergegeven oppervlaktes en volumes zijn steeds uitgedrukt per individuele fundering.

Scenario + typevoorbeeld	Funderingstype	diameter fundering (m)	diameter erosie-bescherming (m)	oppervlakte fundering (m ²)	oppervlakte fundering + erosiebescherming (m ²)
Scenario 1 (12/13 MW)	100 % MP statisch	9 x 1 = 9	5 x paaldiameter = 45	ca. 64	ca. 1.590
	100 % JF statisch	3,5 x 4 = 14	5 x paaldiameter = 70	ca. 154	ca. 3.848
	10 % GBF statisch	40 x 1 = 40	3 x paaldiameter = 120	ca. 1.257	ca. 11.310
Scenario 2 (22 MW)	100 % MP statisch	15 x 1 = 15	5 x paaldiameter = 75	ca. 177	ca. 4.418
	100 % JF statisch	4,5 x 4 = 18	5 x paaldiameter = 90	ca. 254	ca. 6.362
	10 % GBF statisch	50 x 1 = 50	3 x paaldiameter = 150	ca. 1.963	ca. 17.671

7.3.4 Parkbekabeling

De afzonderlijke windturbines in de kavels worden in serie verbonden door middel van een parkkabel. Volgens de afspraken met netwerkbeheerder Elia, en in navolging van wat momenteel de BBT is, worden enkel **66 kV AC-kabels** beschouwd binnen dit MER, welke met meerdere parallelle verbindingkabels van 90 MW richting MOG2 zullen lopen. Afhankelijk van het individueel vermogen van de WTG's binnen voorliggend MER (volgens typevoorbeelden 12/13 en 22 MW), zullen er ca. 4 – 7 windturbines op 1 inter-array kabel kunnen aangesloten worden. De respectievelijke clusters van windturbines, onderling verbonden via de 66 kV parkkabels, gaan bij de laatste WTG over in de zogenaamde verbindingkabels op 66 kV, die de link naar het offshore MOG2 energie-eiland realiseren. De verdere offshore exportkabel(s) tussen MOG2 en het onshore transmissienet van Elia valt buiten de scope van voorliggend MER.

Afzonderlijke inter-array of parkkabels worden standaard tot op een **diepte** van minstens 1 m ingegraven (top of cable, of TOC), in navolging van het KB Kabels van 12/03/2002 en afhankelijk van de lokale bodemgesteldheid en de risico's voor de kabels (bv. scheepvaartroutes). Afhankelijk van de aanwezigheid van zandduinen langsheen de tracés zal ofwel tot op 1,5 m of tot op 2,75 m diep gegraven moeten worden om de kabel te installeren. Als **installatietechniek** wordt ploegen (in zones met zandduinen; ca. 80 % van de kabeltracés) of jetten (in zones met dagzomende kleilagen; ca. 20 % van de kabeltracés) met behulp van een cable trencher vanop een kabellegschip gehanteerd. Binnen de windparken van de PEZ worden de inter-array kabels op een onderlinge afstand van minimum 50 m voorzien (waar mogelijk).

7.3.5 Alternatieve configuratie windturbines en inter-array kabels

In voorliggende ontwerp PB wordt een tentatieve en voorlopige indeling van de windparken en parkbekabeling (configuratie) voor de verschillende kavels binnen de PEZ gehanteerd, op basis van het aantal WTG per kavel en scenario. De verdere uitwerking van een design voor offshore windparken inclusief de inter-array bekabeling op microschaal zal namelijk door de kandidaat-ontwikkelaars uitgevoerd worden. In voorliggend MER wordt daarom een conceptuele lay-out voorgesteld, op basis van een bandbreedtebenadering voor de beschrijving van de potentiële milieueffecten, waarbij de volledige waaier aan tussenliggende opties open blijft voor toekomstige kandidaat-ontwikkelaars. Hierbij wordt uitgegaan van het aantal turbines per kavel per scenario (Tabel 7-2), rekening houdend met de ligging van kwetsbare grindbedden inclusief een 500 m bufferzone, en de ligging van het MOG2 eiland alsook 2 geplande interconnectoren, en dit zowel voor WTG als inter-array kabels. Onderstaande secties geven een overzicht van de configuraties per kavel, en voor beide scenario's die binnen voorliggend MER besproken zullen worden.

7.3.5.1 Kavel 1: windpark PE I

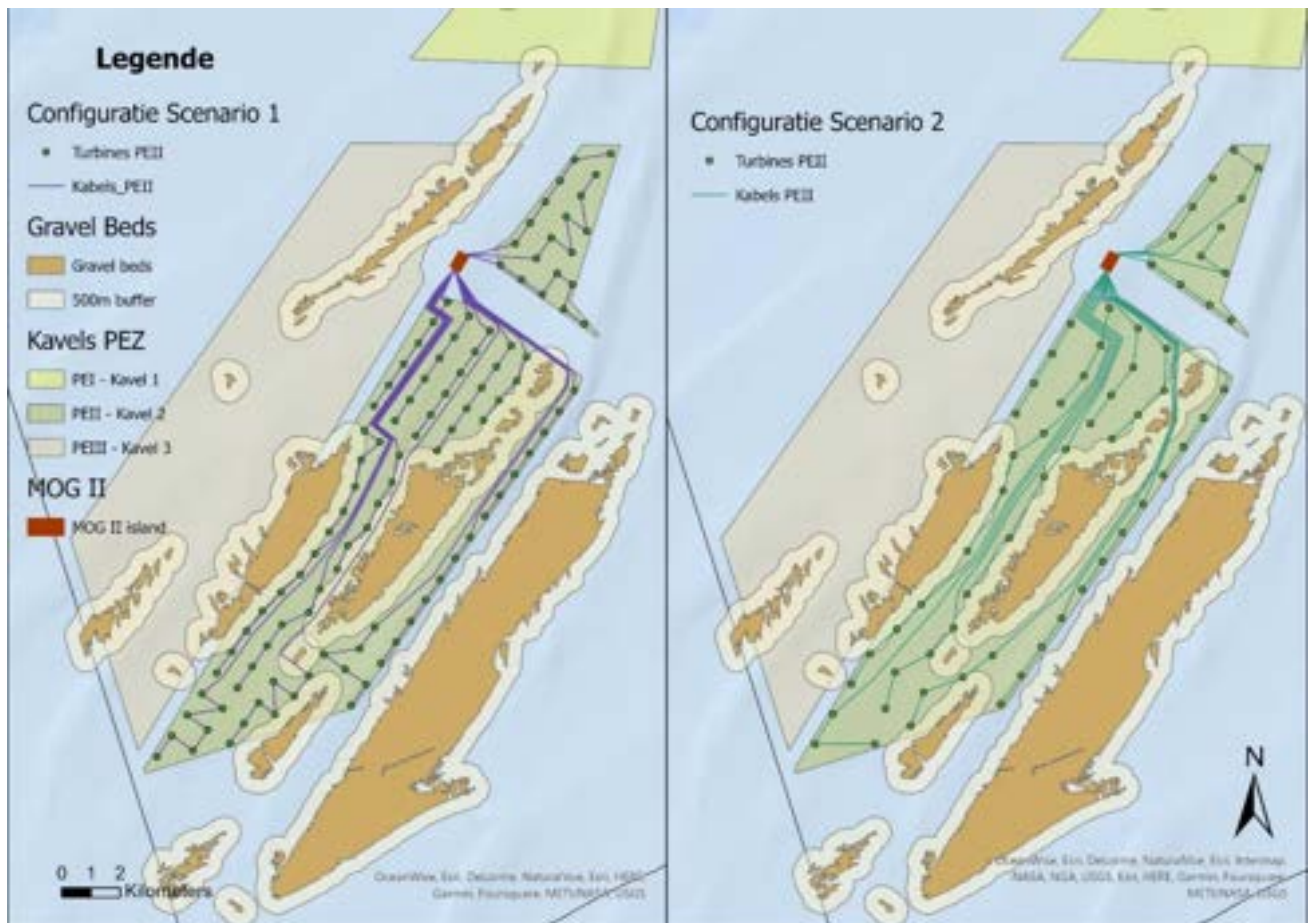
Onderstaande Figuur 7-2 geeft de configuraties voor scenario 1 en 2 binnen kavel PE I weer. Het gaat om 54 WTG's van 12/13 MW bij scenario 1 en 32 WTG's van 22 MW bij scenario 2. In beide scenario's worden de individuele turbines verbonden met elkaar en MOG2 op 66 kV inter-array kabels. Als tussenliggende afstand tussen 2 turbines wordt 4 keer de rotordiameter (D) gehanteerd, wat neerkomt op 880 m in scenario 1 en 1.200 m in scenario 2. De totale lengte van de conceptuele intekening van inter-array kabels (die rechtstreeks op het MOG2 eiland aangesloten worden), bedraagt ongeveer 145 km binnen dit kavel, met verwaarloosbare verschillen tussen beide scenario's.



Figuur 7-2 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE I. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden (inclusief 500 m bufferzone) op basis van de laatste detailkarteringen in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

7.3.5.2 Kavel 2: windpark PE II

Onderstaande Figuur 7-3 geeft de configuraties voor scenario 1 en 2 binnen kavel PE II weer. Het gaat om 107 WTG's van 12/13 MW bij scenario 1 en 64 WTG's van 22 MW bij scenario 2. In beide scenario's worden de individuele turbines verbonden met elkaar en MOG2 op 66 kV inter-array kabels. Als tussenliggende afstand tussen 2 turbines wordt 4 keer de rotordiameter (D) gehanteerd, wat neerkomt op 880 m in scenario 1 en 1.200 m in scenario 2. De totale lengte van de conceptuele intekening van inter-array kabels (die rechtstreeks op het MOG2 eiland aangesloten worden), bedraagt ongeveer 210 km binnen dit kavel, met verwaarloosbare verschillen tussen beide scenario's.



Figuur 7-3 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden (incl. 500 m bufferzone) op basis van de laatste detailkarteringen in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

7.3.5.3 Kavel 3: windpark PE III

Onderstaande Figuur 7-4 geeft de configuraties voor scenario 1 en 2 binnen kavel PE III weer. Het gaat om 117 WTG's van 12/13 MW bij scenario 1 en 64 WTG's van 22 MW bij scenario 2. In beide scenario's worden de individuele turbines verbonden met elkaar en MOG2 op 66 kV inter-array kabels. Als tussenliggende afstand tussen 2 turbines wordt 4 keer de rotordiameter (D) gehanteerd, wat neerkomt op 880 m in scenario 1 en 1.200 m in scenario 2. De totale lengte van de conceptuele intekening van inter-array kabels (die rechtstreeks op het MOG2 eiland aangesloten worden), bedraagt ongeveer 265 km binnen dit kavel.



Figuur 7-4 – Indicatieve intekening van een concept-configuratie voor zowel turbines als parkbekabeling voor scenario 1 (linkerpaneel) en scenario 2 (rechterpaneel) in kavel PE II. Het MOG2 energie-eiland (rode rechthoek) en de grindbedden (incl. 500 m buffer) op basis van de laatste detailkarteringen in kader van het EDEN2000 onderzoek zijn eveneens mee aangeduid op de figuur.

7.4 JURIDISCHE RANDVOORWAARDEN

Het beleid van de Europese Commissie is erop gericht om de biologische diversiteit in stand te houden. Belangrijke pijlers waarop deze bescherming steunt, zijn de [Europese Vogel- en Habitatrichtlijn](#) (respectievelijk 2009/147/EG en 92/43/EEG). Om de doelstellingen binnen deze richtlijnen te realiseren worden de Europese lidstaten verplicht om naast algemene beschermingsmaatregelen ook speciale beschermingszones af te bakenen en er een gepast beheer te voeren. Deze vormen samen een ecologisch netwerk van beschermde gebieden in een Europees verband: het Natura 2000-netwerk.

De Europese richtlijnen worden nationaal bekrachtigd door de [Wet Marien Milieu](#) van 11 december 2022 die als doel heeft om de bescherming van het marien milieu te waarborgen, en de mariene ruimtelijke planning in de Belgische zeegebieden te organiseren. Naast deze algemene beginselen wordt in deze wet ook de basis gelegd voor de instelling van mariene beschermde gebieden en beschermde soorten (Hoofdstuk 4 van de Wet Marien Milieu). De nieuwe wet beoogt het marien milieu beter te beschermen. Zo worden onder andere de regels rond de mariene beschermde gebieden (37 % van onze Noordzee) beter aangesloten op de Habitat- en Vogelrichtlijn.

Daarnaast worden onderstaande bepalingen van de Habitatrichtlijn omgezet in Belgisch recht:

- Art. 6, lid 3. Voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied, wordt een passende beoordeling gemaakt van de gevolgen voor het gebied, rekening houdend met de instandhoudingdoelstellingen van dat gebied. Gelet op de conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied en onder voorbehoud van het bepaalde in lid 4, geven de bevoegde nationale instanties slechts toestemming voor dat plan of project nadat zij de zekerheid hebben verkregen dat het de natuurlijke kenmerken van het betrokken gebied niet zal aantasten en nadat zij in voorkomend geval inspraakmogelijkheden hebben geboden. Artikel 6, lid 3 werd omgezet in art. 12 § 1 van de Wet Marien Milieu (11 december 2022) en art. 14 en 15 van het KB van 27 oktober 2016 betreffende de procedure tot aanduiding en beheer van de mariene beschermde gebieden (zie verder).
- Art. 6, lid 4. Indien een plan of project, ondanks negatieve conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied, bij ontstentenis van alternatieve oplossingen, om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard, toch moet worden gerealiseerd, neemt de Lidstaat alle nodige compenserende maatregelen om te waarborgen dat de algehele samenhang van Natura 2000 bewaard blijft. De Lidstaat stelt de Commissie op de hoogte van de genomen compenserende maatregelen. Artikel 6, lid 4 werd omgezet in art. 12 § 2 van de Wet Marien Milieu en art. 15 § 7 van het KB van 27 oktober 2016 betreffende de procedure tot aanduiding en beheer van de mariene beschermde gebieden (zie verder).

Een verdere vertaling van de Europese richtlijnen vindt plaats in volgende Koninklijke Besluiten:

- Het KB van 21 december 2001 betreffende de bescherming van de soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België: hier worden verschillende maatregelen genomen ter bescherming van wilde/bedreigde flora en fauna en van de biodiversiteit;
- Het KB van 14 oktober 2005 betreffende de instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, dat grotendeels uitgehold werd door het KB van 22 mei 2019 tot aanneming van het marien ruimtelijk plan en het KB van 27 oktober 2016 tot aanduiding en beheer van de mariene beschermde gebieden. In 2012 werd de zone Trapegeer-Stroombank uitgebreid tot de zone Vlaamse Banken;
- Het KB van 14 oktober 2005 betreffende de voorwaarden, sluiting, uitvoering en beëindiging van gebruikersovereenkomsten en het opstellen van beleidsplannen voor de beschermde mariene gebieden in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, dat eveneens grotendeels vervangen is door de KB's van 22 mei 2019 en van 27 oktober 2016;
- Het KB van 5 maart 2006 tot instelling van een gericht marien reservaat in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en tot wijziging van het koninklijk besluit van 14 oktober 2005 tot instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, dat eveneens grotendeels vervangen is door de KB's van 22 mei 2019 en van 27 oktober 2016;

- Het KB van 27 oktober 2016 tot aanduiding en beheer van de mariene beschermde gebieden. Op basis van dit KB werd het MB van 11 januari 2022 betreffende de herziening van de instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) voor de mariene beschermde gebieden (Belgische Staat, 2022a) aangenomen. Dit MB van 11 januari 2022 houdt rekening met het wetenschappelijke rapport betreffende de evaluatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor Natura 2000 naar aanleiding van de actualisatie van de omschrijving van de goede milieutoestand en de vaststelling van de milieudoelen voor de Belgische mariene wateren van 2019 (Haelters et al., 2019b). Naast de instandhoudingsdoelstellingen werd ook een herziening van de beheerplannen (2022-2027) voor SBZ-H 'Vlaamse Banken' en Vogelrichtlijngebieden SBZ1, 2 & 3 opgesteld (Belgische Staat, 2022b), naar aanleiding van de actualisatie van het maatregelenprogramma voor de Belgische mariene wateren (Belgische Staat, 2022c) waarover begin 2022 gerapporteerd diende te worden naar de Europese Commissie (EC) in het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRMS). De IHD's werden zoveel mogelijk op dezelfde wijze geformuleerd als de doelen opgenomen in de KRMS voor het BNZ. De beheerplannen voor Natura 2000 in het Belgisch deel van de Noordzee (Belgische Staat, 2022b) zijn erop gericht om deze IHD's te realiseren.
- Het KB van 22 mei 2019 dat het Marien Ruimtelijk Plan 2020-2026 voor het Belgisch deel van de Noordzee vastlegt en in werking is sinds 20 maart 2020.

Kavels PE II en PE III binnen de PEZ situeren zich binnen Habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken' (zie verder), en ook kavel PE I is in de directe nabijheid van het Habitatrichtlijngebied gelegen (zie ook Figuur 3-1 in het MER en Figuur 7-1 in dit hoofdstuk). Op basis van bovenstaand art. 6, lid 3 van de Habitatrichtlijn, deels omgezet in Belgisch recht door de Wet Marien Milieu (art. 12 § 1), het KB 14/10/2005 (art. 6), en het KB van 27 oktober 2016 betreffende de procedure tot aanduiding en beheer van de mariene beschermde gebieden (art. 14 en 15), dient bijgevolg een passende beoordeling opgemaakt te worden voor de activiteiten binnen voorliggend project (i.e. ontwikkeling, exploitatie en ontmanteling van windparken in de drie PEZ kavels, inclusief parkbekabeling) die gevolgen kunnen hebben voor dit Natura 2000-gebied.

7.5 ONTWERP PASSENDE BEOORDELING

7.5.1 Situering t.a.v. de Natura 2000 gebieden

Habitatrichtlijngebieden – Kavels PE II en PE III situeren zich deels binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken'. Kavel PE I is bovendien nabij dit Habitatrichtlijngebied gelegen (Figuur 7-1). Activiteiten in kader van voorliggend MER kunnen daarom een impact uitoefenen op de beschermde habitats en soorten binnen 'Vlaamse Banken', alsook soorten die over het volledige BNZ beschermd zijn onder Bijlage II van de Habitatrichtlijn. Het SBZ-H 'Vlaamse Banken' werd aangewezen voor de bescherming van habitattypes 1110 – 'Permanent met zeewater bedekte zandbanken' en 1170 – 'Riffen' (met daarbinnen zowel grindbedden als schelpkokerworm-aggregaties), en voor diverse soorten vis, vogels en zeezoogdieren. Binnen het MRP 2020-2026 werd, naast SBZ-H 'Vlaamse Banken', het Habitatrichtlijngebied 'Vlakte van de Raan' opgenomen (Figuur 7-1). Dit Habitatrichtlijngebied is eveneens aangewezen voor de bescherming van habitatype 1110 – 'Permanent met zeewater bedekte zandbanken' en 1170 – 'Riffen', en voor diverse soorten. Binnen dit gebied zijn echter geen grindbedden aanwezig maar wel aggregaties van schelpkokerwormen (o.a. *Lanice conchilega* en *Owenia fusiformis*). Op

basis van de Europese Habitatrichtlijn (art. 6) en zijn verdere vertaling in de Wet Marien Milieu (11 december 2022) dient een passende beoordeling dus opgemaakt te worden voor de activiteiten binnen kavels PE I, PE II en PE III binnen voorliggend MER, daar deze activiteiten mogelijks gevolgen kunnen hebben op de beschermde habitats binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' (habitattype 1110 – 'Permanent met zeewater bedekte zandbanken' en 1170 – 'Riffen') en de beschermde soorten in het BNZ. De passende beoordeling dient rekening te houden met de gebiedsspecifieke instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) geformuleerd met betrekking tot hun verspreidingsgebied (areaal), structuur en functie, alsook niet-gebiedsspecifieke IHD's voor soorten. Hierbij wordt uitgegaan van de recente update van de instandhoudingsdoelstellingen (MB 11 januari 2022; Belgische Staat, 2022a). Deze nieuwe IHD's zijn van kracht sinds 31 maart 2022.

Gezien de PEZ kavels op ruime afstand van het SBZ-H 'Vlakte van de Raan' gelegen zijn, en er binnen dit gebied geen grindbedden aanwezig zijn die op langere afstand impact kunnen ondervinden van activiteiten in kader van ontwikkeling van windparken (incl. inter-array bekabeling) in de PEZ, zijn significante gevolgen door de ontwikkeling van PEZ op dit SBZ-H uitgesloten en wordt het gebied voor het overige buiten beschouwing gelaten.

Vogelrichtlijngebieden – Geen van de PEZ kavels overlapt of ligt dicht bij een van de afgebakende Vogelrichtlijngebieden. Er dient evenwel ook rekening gehouden worden met de activiteiten ter hoogte van de haven en aan landzijde ter hoogte van de pre-assemblagelocaties. Binnen voorliggend project wordt uitgegaan van de haven van Oostende als uitvalsbasis. Daarom kan in principe een mogelijk effect van deze meer landgebonden activiteiten optreden op het Vogelrichtlijngebied SBZ-V2 'Oostende', dat gesitueerd is ter hoogte van de haven van Oostende (Figuur 7-1). De activiteiten ter hoogte van de haven vinden evenwel niet plaats in het Vogelrichtlijngebied zelf. Er wordt dus binnen en nabij de haven geen impact op de avifauna verwacht ten gevolge van voorbereidende werkzaamheden op de uitvalslocatie, gezien deze activiteiten deel uitmaken van de heersende havenactiviteiten en het heersende scheepvaartverkeer van en naar de haven, waaraan de voorkomende avifauna gewend is. Daarom kan geconcludeerd worden dat er op de beschermde soorten waarvoor het Vogelrichtlijngebied werd afgebakend redelijkerwijze geen impact verwacht wordt. Impact op beschermde vogels in het hele BNZ (niet-gebiedsspecifieke IHD's) wordt wel verder behandeld in voorliggende ontwerp passende beoordeling. De effecten op avifauna (alsook vleermuizen) worden daarnaast in meer detail beschreven in § 5.4.3.3 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023).

Bijlage II soorten – Gelijkaardig als voor de avifauna, wordt voor de beschermde zeezoogdieren geen impact verwacht in de havens (onder de vorm van verstoring van rustplaatsen). De activiteiten tijdens constructie, exploitatie en ontmanteling van de windparken in de PEZ kavels in zee kunnen echter wel een impact hebben op bruinvissen en andere zeezoogdieren (bijvoorbeeld foeragerende zeehond). Deze mogelijke impact wordt in § 5.4.3.4 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023) in meer detail besproken en beoordeeld. De voornaamste conclusies zullen echter herhaald worden binnen dit hoofdstuk.

Aangezien het zeer moeilijk is om gebiedsspecifieke doelstellingen te formuleren voor beschermde soorten, hebben IHD's voor de bescherming van soorten betrekking op het geheel van Natura 2000-zones en zelfs het hele BNZ. Voor

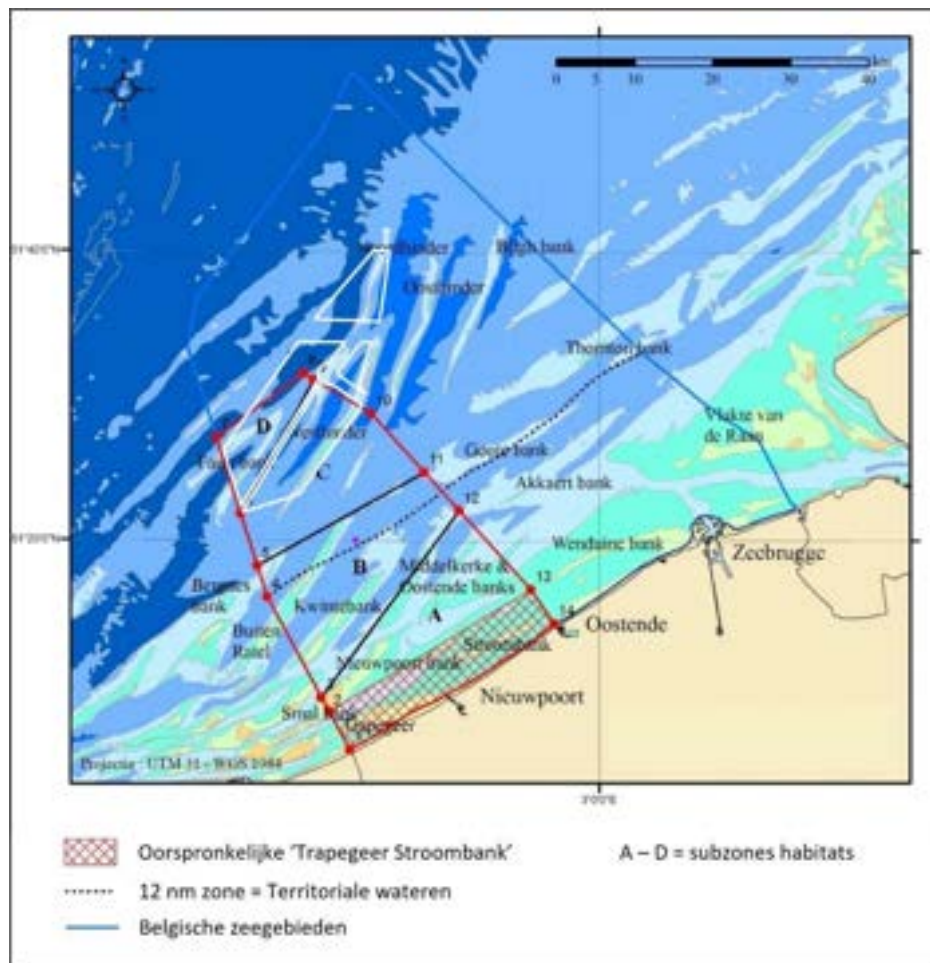
zeezoogdieren (bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond) hebben de doelstellingen betrekking op hun verspreidingsgebied, kwaliteit van habitat, sterfte en toekomstperspectieven. Omwille van deze reden wordt binnen voorliggende ontwerp passende beoordeling dan ook beoordeeld wat de impact van activiteiten binnen voorliggend project op deze niet-gebiedsspecifieke IHD's zal zijn.

7.5.2 Beschrijving van het Habitatrictlijngebied 'Vlaamse Banken'

Het Habitatrictlijngebied 'Vlaamse Banken' is een uitbreiding van het voorgaande Habitatrictlijngebied 'Trapegeer-Stroombank' tot een totale oppervlakte van ca. 1.100 km² (~1/3e van de totale oppervlakte van het BNZ), aan de westelijke zijde van het Belgische deel van de Noordzee. Het gebied is van essentieel belang voor Habitattype 1110 (35 % van het BNZ) en Habitattype 1170 zijnde de grindbedden (29 % van het BNZ potentieel) en *Lanice conchilega* aggregaties (38 % van het BNZ potentieel).

Binnen het gebied kunnen vier subzones (verdeeld over beide habitattypes) onderscheiden worden naargelang de habitatkenmerken (zie Figuur 7-5):

- A. Complex van zandbanken met dominantie van het *Abra alba* biotoop = Habitattype 'permanent met zeewater bedekte zandbanken' (1110) en *Lanice conchilega* aggregaties = Habitattype 'Riffen' (1170);
- B. Zandbanken met dominantie van de *Nephtys cirrosa* en *Hesionura elongata* biotopen (1110);
- C. Complex van zandbanken met dominantie van de *Nephtys cirrosa* en *Hesionura elongata* biotopen (1110) en van grindbedden (1170);
- D. Zandbanken met dominantie van de *Hesionura elongata* en *Nephtys cirrosa* biotopen (1110).



Figuur 7-5 - Speciale zone voor Natuurbehoud 'Vlaamse Banken' (figuur gebaseerd op nieuwsbericht website BMM, 21/09/2010). De PEZ kavels zijn aangeduid als witte contouren.

Habitattype 1110 wordt omschreven als het structureel en functioneel ondeelbaar geheel van zandbanktop en flankerende geulen. Vanuit morfologisch oogpunt moet nagenoeg het volledige BNZ onder dit habitattype geklasseerd worden.

Habitattype 1170 omvat twee subtypes:

- De geogene grindbedden worden algemeen erkend als gebieden met potentieel bijzondere ecologische waarde: ze herbergen een rijke fauna en flora met een hoge soortenrijkdom op de stenen. Zo blijkt de Europese platte oester *Ostrea edulis*, een in de zuidelijke Noordzee met uitsterven bedreigde en riffenvormende soort, sterk afhankelijk te zijn van deze grindbedden;
- De biogene aggregaties van de schelpkokerworm *Lanice conchilega* veroorzaken lokale sedimentaccumulaties, waardoor duidelijk afgelijnde structuren met specifiek fysieke kenmerken ontstaan. Binnen deze aggregaties is de macrobiotische soortenrijkdom 4 tot 6 keer hoger dan op plaatsen waar de soort niet voorkomt en is de macrobenthische dichtheid tot 34 keer hoger als gevolg van zijn aanwezigheid. De aggregaties fungeren bovendien ook als belangrijke foerageer- en schuilplaats voor o.a. juveniele platvissen.

Uit een studie van 2009 betreffende het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden (Degraer et al., 2009) bleek al dat de ecologisch meest waardevolle zandbanken zich binnen het Habitatrichtlijngebied 'Vlaamse Banken' bevinden. Dit werd ook erkend en in rekening gebracht bij de aanwijzing van het Habitatrichtlijngebied, het opstellen van KRMS en het uitwerken van het MRP. Ook ecologisch waardevolle grindbedden zijn voornamelijk gesitueerd binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' (Figuur 7-6). Meer detailkarakterisering van de ruimtelijke verspreiding van grindbedden binnen het BNZ vormde mee het onderwerp van de EDEN2000 studies in opdracht van Dienst Marien Milieu (FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu). Recent onderzoek in het kader van een update van de oorspronkelijke biologische waarderingskaart op zee (Deraus et al., 2007) geeft eveneens een overzicht van zones binnen het BNZ met hoogste waarschijnlijkheid op het voorkomen van grindbedden (zie Pecceu et al., 2021; Figuur 5-46 in het MER). Naast grindbedden, wordt ook eenzelfde oefening voor *Lanice conchilega* aggregaties gepresenteerd (Figuur 5-45 rechts in het MER).

Het studiegebied PEZ is gelegen binnen zone C en D van bovenstaande aanduiding (Figuur 7-5), met zowel zandige tot grofzandige substraten, alsook grindbedlocaties. De zachte substraten worden gekenmerkt door de *Hesionura elongata* gemeenschap en de *Nephtys cirrosa* gemeenschap (Pecceu et al., 2021; zie ook § 5.4.2.1 in het MER; Arcadis Belgium NV, 2023). Voor beide gemeenschappen geldt dat zowel de macrobenthische soortenrijkdom als densiteit algemeen beschouwd laag tot gemiddeld is in de PEZ.

Temidden van de zandige gemeenschappen zoals hierboven beschreven zijn er in het projectgebied meerdere grindbedden geïdentificeerd (zie o.a. recent werk van Montereale-Gavazzi et al., 2023a in kader van het EDEN2000 project). Zo worden grindbedden aangetroffen tussen de Noordhinder en de Westhinder, en tussen de Westhinder en de Oosthinder (zie Figuur 7-6 verder in dit hoofdstuk). Het gaat met name om type 1 grindbedden (groot aaneengesloten gebied met hoge kans op voorkomen van dagzomend grind) welke gekenmerkt worden door een hoge kans op maximaal ecologisch potentieel en een hoge kans op bouwrestricties in het kader van milieuvergunbaarheid. Hierdoor varieert de biologische waarde in de PEZ van laag (score 2) tot zeer hoog (score 5), op basis van de update van de biologische waarderingskaart zoals opgemaakt door Pecceu et al. (2021). De biologische waarde is, zoals te verwachten, het hoogst ter hoogte van de grindbedlocaties in de kavels, en is het laagst aan de meest westelijke zijde van kavels PE II en PE III, tegen de Franse grens. Op basis van de habitatgeschiktheidskaart voor *Lanice conchilega* kan besloten worden dat er binnen de PEZ geen biogene riffen van schelpkokerwormen aangetroffen worden (zie ook verder).

De Vlaamse Banken zijn niet geselecteerd voor de bescherming van soorten opgenomen in Bijlage II van de Habitatrichtlijn, omdat de populaties van deze soorten in de Belgische zeegebieden van ondergeschikt belang zijn en omdat met de huidige kennis geen kerngebieden kunnen worden aangeduid die vooral voor deze soorten en voor een langere periode van belang kunnen zijn. Evenwel wordt in voorliggende ontwerp passende beoordeling ook de impact van offshore windparken op de bruinvis meegenomen, een soort waarvoor de Belgische mariene wateren als belangrijk worden beschouwd en die is opgenomen in Bijlage II van de Habitatrichtlijn (Degraer et al., 2010). Bij de herziening van de instandhoudingsdoelstellingen (Belgische Staat, 2022a) werd voor bruinvis, naast IHD's die gelden voor alle zeezoogdieren, ook één soortspecifieke IHD opgenomen rond bijvangst.

Hierna worden op basis van Degraer et al. (2010), de documenten ‘Beheerplannen voor Natura 2000 in het Belgisch Deel van de Noordzee (2018-2023)’ en de herziening hiervan voor 2022-2027 (Belgische Staat, 2022b), en ‘Actualisatie van de initiële beoordeling van de Belgische mariene wateren’ (Belgische Staat, 2018a) de beschermde habitats waarvoor SBZ-H ‘Vlaamse Banken’ werd aangemeld meer in detail beschreven, met bijzondere aandacht voor de staat van instandhouding en de instandhoudingsdoelstellingen (Belgische Staat, 2022a). Ook de zeevogels en soort bruinvis worden in onderstaande paragrafen beschreven.

7.5.2.1 Habitattype 1110 ‘Permanent met zeewater overspoelde zandbanken’

Profielschets

Degraer et al. (2009) omschrijven het habitattype 1110 in het BNZ als “het structureel en functioneel ondeelbaar geheel van zandbanktop en flankerende geulen”, zoals morfologisch te onderscheiden aan de hand van bathymetrische kaarten.

Ecologische vereisten

Verspreidingsgebied – Vanuit morfologisch oogpunt is nagenoeg het volledige BNZ een zandbank-geulen systeem. De totale oppervlakte aan zandbankengebied in het BNZ bedraagt ca. 3.148 km².

Typische soorten – Het zandbankengebied op het BNZ wordt gekenmerkt door een relatief divers benthisch ecosysteem, hoofdzakelijk bestaande uit macro-invertebraten, epifauna en demersale visfauna. De verspreiding van deze soortgroepen wordt voornamelijk bepaald door een kust-offshore gradiënt en de daarmee gerelateerde sedimentsamenstelling. In de zachte mobiele substraten van de subtidale zandbanken komen vijf typische macrobenthische gemeenschappen voor (Van Hoey et al., 2004; Breine et al., 2018). In de intergetijdenzone op het strand wordt een zesde gemeenschap gevonden, de *Eurydice pulchra-Scolecopsis squamata* gemeenschap. Voor een gedetailleerde beschrijving van de voorkomende gemeenschappen wordt verwezen naar § 5.3.2 en § 5.3.3 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023).

Kwetsbaarheid – Verschillende menselijke activiteiten, zoals boomkorvisserij, aggregaatextractie, baggerwerken, baggerstorten of de constructie van windparken op zee, tasten de ecologische integriteit van zandbankecosystemen aan. Alhoewel verschillend in aard, locatie en omvang, hebben deze activiteiten alle gemeen dat ze een rechtstreekse en onrechtstreekse impact op het leven van de zeebodem en dus ook op dit van het habitattype 1110 hebben.

Samen met de gevolgen van eutrofiëring (voornamelijk in de kustzone), zorgen deze activiteiten ervoor dat er gedurende de laatste decennia sterke veranderingen in het zandbankecosysteem hebben plaatsgevonden. Sommige soorten (o.a. binnen de tweekleppigen) zijn verdwenen, andere kenden een verschuiving binnen de geografische verspreiding van de soort (Houziaux et al., 2007). Zo werd in 2022 in verhouding heel wat zeekat (*Sepia officinalis*) aangeland in de Belgische zeehavens (https://www.standaard.be/cnt/dmf20230321_97124801) waarvoor de oorzaak mogelijks deels bij een opwarming van het zeewater ligt.

Beoordeling staat van instandhouding voor het BNZ (Belgische Staat, 2018a, 2022b)

De staat van instandhouding van de ondiepe zandbanken en omliggende gebieden is waarschijnlijk verarmd door een decennialange impact en wordt als matig ongunstig beoordeeld. Niet enkel de bodem werd aangetast (o.a. door visserij, baggeren, mariene aggregaatextractie en offshore constructie), ook de waterkwaliteit is veranderd door een invloed van vervuild water vanaf het land, door lozingen op zee, door eutrofiëring en onder invloed van klimaatverandering (vb. opwarming van het zeewater). Voor de benthosgemeenschap kan in het algemeen gesteld worden dat er waarschijnlijk een shift voorkwam naar soorten die zich snel en massaal kunnen voortplanten (r-strategen), en die weinig gevoelig zijn voor verstoring. Soorten die lang leven, zich slechts langzaam voortplanten en meestal relatief groot kunnen worden (K-strategen), zijn zeldzaam geworden of zijn verdwenen.

Streefbeeld bij de staat van instandhouding voor het BNZ

- In eerste instantie dient de fysische habitat van zandbanken en geulen zo weinig mogelijk gewijzigd te worden ten aanzien van de referentiestatus, met daarnaast een behoud van de ecologische kwaliteit van het *Abra alba* biotoop.
- Daarnaast wordt een behoud en verbetering van de functie van ondiepe zandbanken als paai- en kraamkamergebied voor platvissoorten nagestreefd.
- Herstel van een meer natuurlijke benthische gemeenschap door o.a. een meer beperkte aanwezigheid van niet-inheemse soorten; een natuurlijke verhouding in de aanwezigheid van benthische r- en K-strategen, met een toename in het aantal K-strategen; een toename in de aanwezigheid van kwetsbare soorten, zoals langlevende tweekleppige schelpdieren en grotere kreeftachtigen; en van soorten die een habitatstructurende functie hebben, zoals kokerwormen *Sabellaria* sp. en de schelpkokerworm *Lanice conchilega*.

Instandhoudingsdoelstellingen (Belgische Staat, 2022a)

Areaal

- IHD 1 – “Het ruimtelijke bereik van het habitattype 1110 wijzigt niet betekenisvol.”
 - IHD 1.1 “Het ruimtelijk bereik en de spreiding van de EUNIS mariene habitats niveau 2 (zanderige modder tot modder, modderig zand tot zand en grindhoudend sediment) schommelen in verhouding tot de referentiestatus zoals beschreven in de 'Initiële Beoordeling' (KRMS) (Belgische Staat, 2012a, 2018a) binnen een marge die zich beperkt tot de accuraatheid van de huidige distributiemappen.” Deze IHD werd letterlijk overgenomen uit de voorgaande IHD's (Belgische Staat, 2016).
 - IHD 1.2 “Het ruimtelijk bereik en de spreiding van het *Abra alba* biotoop schommelt in verhouding tot de referentiestatus zoals beschreven in de 'Initiële Beoordeling' (KRMS) (Belgische Staat, 2012a, 2018a) binnen een marge die zich beperkt tot de accuraatheid van de huidige distributiemappen.” Deze IHD werd toegevoegd op basis van het gegeven dat zowel het *Abra alba* als het *Nephtys cirrosa* biotoop binnen éénzelfde EUNIS mariene habitat niveau 2 geplaatst worden, maar een behoud van beider verspreiding

verzekerd dient te worden. Gezien de meer offshore ligging van de PEZ (ca. 35 – 55 km uit de kust) en het voorkomen van *Abra alba* gemeenschappen voornamelijk dicht tegen de kust, doet al vermoeden dat deze IHD van minder directe relevantie voor voorliggend project is (zie verder).

Structuur en functie

- IHD 2 – “Functie van de ondiepe zandbanken als paai- en kraamkamergebied wordt behouden of verbeterd.” Deze IHD werd toegevoegd in de herziening (Belgische Staat, 2022a) op aangeven van Haelters et al. (2019b). Gezien er nog geen specifieke monitoring voor deze IHD bestaat, wordt deze beoordeeld op basis van onderstaande IHD waarvoor onderzoek en informatie beschikbaar is als input.
 - IHD 2.1 – “Het voorkomen en dichtheden van juveniele platvissen zoals pladijs (*Pleuronectes platessa*) en tong (*Solea solea*) in de kustzone blijft behouden of neemt toe.” Gezien de meer offshore locatie van de PEZ, is deze IHD minder relevant in kader van voorliggend project. Deze wordt dus niet verder beschouwd in dit hoofdstuk.
- IHD 3 – “Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.”
 - IHD 3.1 “Introductie van nieuwe, door de mens geïntroduceerde, niet-inheemse soorten macrofauna en macroflora (>1mm) die een ecosysteem veranderen, wordt vermeden.” Deze IHD werd nieuw toegevoegd in de herziening van de IHD’s, en dient specifiek geëvalueerd en opgevolgd te worden binnen SBZ-H ‘Vlaamse Banken’. Deze IHD moet ervoor zorgen dat het aspect rond introductie van niet-inheemse soorten voldoende meegenomen wordt in passende beoordelingen, zoals in voorliggend hoofdstuk. Met name het oprichten van nieuwe structuren (artificiële harde structuren) in het doorgaans zandige biotoop van het BNZ kan hierbij een rol spelen, door te fungeren als ‘stepping stone’ voor bepaalde niet-inheemse soorten (zie verder).
- IHD 4 – “Er is een toename in de frequentie van voorkomen van kwetsbare soorten.”
 - IHD 4.1 – “De verhouding benthische r-strategen tegenover K-strategen (op soortniveau) neemt af.” Nieuw toegevoegde operationele IHD op basis van Haelters et al. (2019b), hoewel een specifieke analyse van de referentiesituatie en de huidige status binnen SBZ-H ‘Vlaamse Banken’ vooralsnog ontbreekt (Belgische Staat, 2022a).
 - IHD 4.2 – “Het aantal K-strategen (op soortniveau) neemt toe.” Idem zoals vorige IHD, werd deze toegevoegd als operationele IHD op basis van Haelters et al. (2019b).
 - IHD 4.3 – “Er is een positieve trend in de gemiddelde dichtheid van volwassen exemplaren (of frequentie van voorkomen) van een selectie van langlevende en/of zich traag voortplantende soorten en de belangrijkste structurerende benthische soortsgroepen in modder tot modderhoudend zand en zuiver fijn tot grindhoudend zand.” Deze IHD betreft een modificatie van een IHD uit het voorgaande MB (Belgische Staat, 2016): in plaats van ‘minimaal één soort’ gaat het nu om ‘een selectie van [...] soorten’.
- IHD 5 – “Het benthische ecosysteem voorziet in voldoende stapelvoedsel voor hogere trofische niveaus.” Deze nieuw toegevoegde IHD is erop gericht het belang van het benthisch ecosysteem als foerageerzone voor hogere

trofische niveaus te vrijwaren. Momenteel zijn hier echter nog maar weinig gegevens rond (al zouden zandspieringachtigen Ammodytidae een geschikte indicator kunnen zijn).

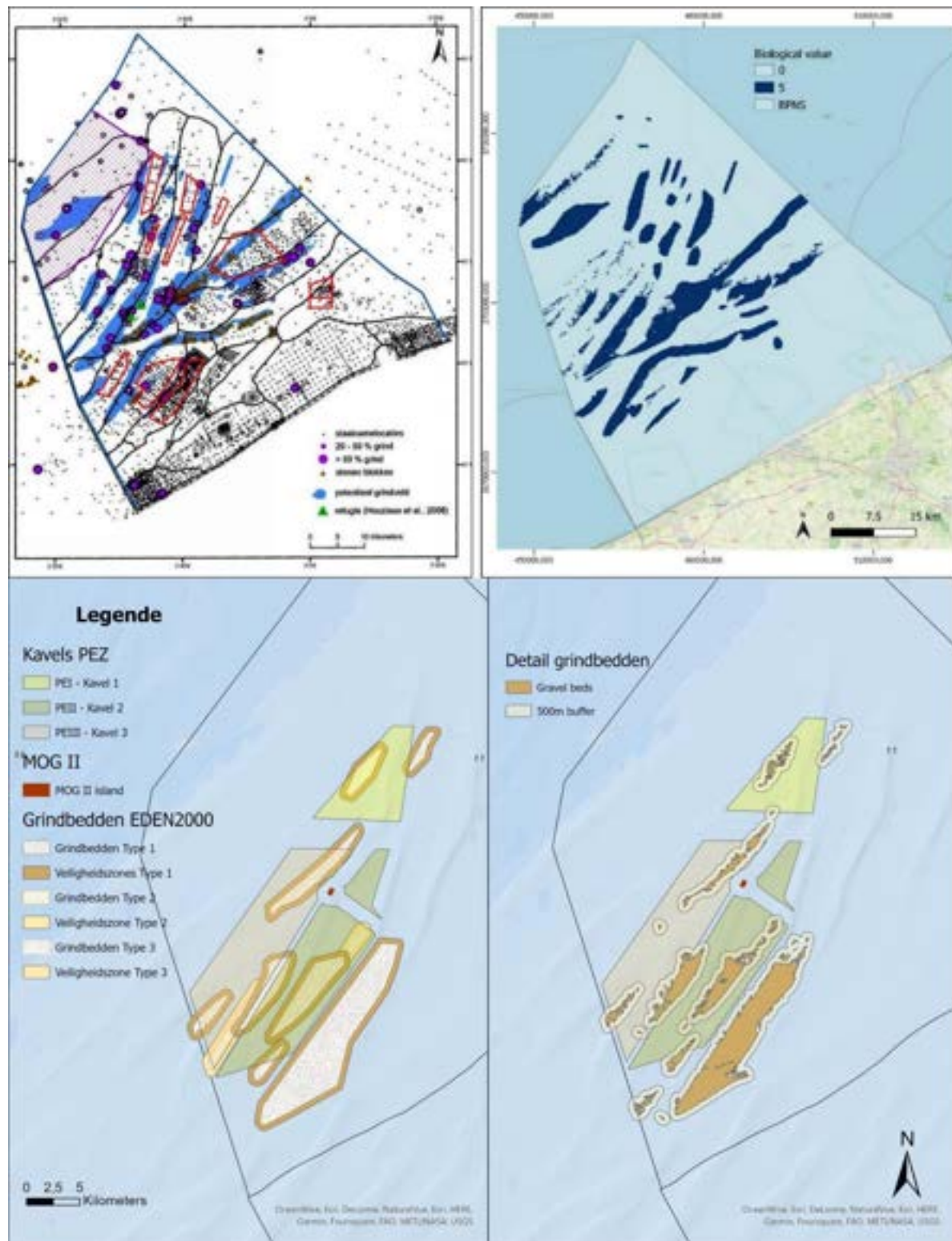
- IHD 6 – “De ecologische kwaliteit van het benthische habitat van het *Abra alba* biotoop blijft behouden.”
 - IHD 6.1 – “De Ecologische kwaliteitscoëfficiënt zoals bepaald door BEQI bedraagt voor elk van de habitattypes een minimumwaarde van 0,60.” Deze IHD werd nagenoeg letterlijk overgenomen uit de voorgaande versie (Belgische Staat, 2016). Gezien de *Abra alba* gemeenschap zich dicht bij de kust bevindt, zal deze IHD niet van rechtstreeks belang zijn in voorliggend project met een studiegebied dat zich op ca. 35 – 55 km uit de kust bevindt (zie verder).
 - IHD 6.2 – “Het bioturbatie potentieel (BPc), een indicator voor het functioneren van het benthische ecosysteem, hanteert voor het *Abra alba* habitatype in het najaar een minimumwaarde van 331 (zoals bepaald via BEQI-procedure).” Deze IHD werd aangepast uit de vorige versie (Belgische Staat, 2016).

7.5.2.2 Habitatype 1170 ‘Riffen’: Grindbedden

Profielschets

Grind wordt vooral aangetroffen in de geulen tussen de zandbanken (Van Lancker et al., 2007; Montereale-Gavazzi et al., 2023a) en komen meestal lokaal voor (Figuur 7-6). Uit historische gegevens blijkt dat de verspreiding van de grindbedden duidelijk gecorreleerd kan worden aan de verspreiding van de Europese oester *Ostrea edulis*, een soort die momenteel nagenoeg uitgestorven is in de zuidelijke Noordzee en in het BNZ (Degraer et al., 2009).

Uit verschillende studies blijkt dat grindbedden een rijke fauna en flora herbergen met een hoge soortenrijkdom, zowel van infauna als van epifauna op de stenen, met o.a. sponzen, zachte koralen, mosdiertjes en zeeanemonen (zie Dauwe et al., 2022 en referenties daarin). Die rijke gemeenschappen kunnen zich maar ontwikkelen in het geval dit habitat niet al te sterk aan natuurlijke en/of antropogene verstoring onderhevig is (o.a. bedelving door zand; cf. niet-mobiele substraten (Van Lancker et al., 2007) of bodemberoerende visserijtechnieken).



Figuur 7-6 – Overzicht van karting van grindbedden in het BNZ. **Boven links:** Karting van potentiële grindgebieden (blauwe zones) op basis van: (1) sedimentdatabase; (2) stenen gevonden door duikers; (3) akoestische zeebodemclassificatie; (4) bathymetrische positie-index; (5) bathymetrie digitaal terreinmodel; en (6) een Quartairdek van minder dan 2,5 m (naar Degraer et al., 2009). De contouren van de zandwinningsgebieden zijn eveneens aangeduid op de kaart. **Boven rechts:** Karting van potentiële aanwezigheid van grindgebieden (blauwe zones; zeer hoge biologische waarde) binnen de studie van Pecceu et al. (2021). **Onder:** Karting van grindbedden en omliggende 500 m bufferzones in de PEZ volgens de EDEN2000 studie van Montereale-Gavazzi et al. (2023a) – zowel de ruimere type 1, type 2 en type 3 contouren (links), als de detailcontouren voor type 1 waarmee in voorliggend MER rekening werd gehouden (rechts).

Ecologische vereisten

Verspreidingsgebied – Degraer et al. (2009) baseerden het karteren van potentiële grindvelden op Van Lancker et al. (2007). In het BNZ werden vooral de grindbedden ter hoogte van de Hinderbanken en de Vlaamse Banken bestudeerd, waarbij deze van de Hinderbanken als belangrijk worden gezien (zie Figuur 7-6 links bovenaan). Verdere detaillering van de grindbedden in het BNZ vormde onderdeel van de EDEN2000 studies naar de impact van windparken in en nabij Natura 2000-gebied. De update van de biologische waarderingskaart voor het BNZ (Pecceu et al., 2021) levert eveneens inzichten in de waarschijnlijkheid op voorkomen van grindbedden (zie Figuur 7-6 rechts bovenaan).

Typische soorten – Uit vergelijking van historische gegevens met de huidige soortensamenstelling van het macrobenthos van de grindbedden kan worden afgeleid dat er zich belangrijke wijzigingen in soortensamenstelling hebben voorgedaan, o.a. (1) een wijziging van een mosdiertjes (Bryozoa met o.a. *Flustra*, *Alcyonidium* spp.) naar een Hydrozoa (o. a. gorgelpijp *Tubularia* spp.) gedomineerd systeem en (2) een wijziging van een dominantie van langlevende soorten (o.a. oester *Ostrea edulis* en wulk *Buccinum undatum*) naar meer kortlevende opportunistische soorten (o.a. zeester *Asterias rubens*, slangster *Ophiura* spp. en brokkelster *Ophiothrix fragilis*) (Houziaux et al., 2008). Toch worden er nog steeds verschillende unieke soorten voor het BNZ aangetroffen, zoals de priktolhoorn *Calliostoma zizyphinum*. Vooral de fauna van in stenen borende en in holten levende soorten (o.a. *Barnea parva*) is uniek (Houziaux et al., 2008). In de EDEN2000 studies werden de grindbedden ingedeeld naargelang hun ecologisch potentieel in 4 types, waarbij type 1 de meest ecologisch waardevolle grindbedden zijn. Het zijn met name deze die ook aanwezig zijn in het studiegebied PEZ, en die aangeduid staan op bovenstaande Figuur 7-6.

Grindbedden vervullen ook een belangrijke functie als broed- en kinderkamer, dikwijls voor soorten die al onder een verhoogde (visserij)druk staan (o.a. haring, wulk, hondshaai, zeekat).

Kwetsbaarheid – Grindbedden worden op twee manieren door bodemberoerende visserijtechnieken (voornamelijk boomkorvisserij) bedreigd: enerzijds is er een afname van de ecologische integriteit en anderzijds is er het wegnemen van de fysische habitat. Dit heeft al geleid tot het verdwijnen van grindzones in de Noordzee. Voor deze grindbedden geldt een verbod op het weghalen van materiaal (cf. verbod op grindwinning in SBZ-H 'Vlaamse Banken', reglementair vastgelegd in het MRP 2020-2026, KB 22/5/2019).

Beoordeling staat van instandhouding voor het BNZ (Belgische Staat, 2018a, 2022b)

De staat van instandhouding van de geogene riffen (habitattype 1170) is nog steeds zeer ongunstig: de natuurlijke oesterbedden zijn volledig verdwenen, en er kan niet aangetoond worden dat het gebied nog gebruikt wordt als paaigebied door haring. Enkel de habitat is nog (tenminste gedeeltelijk) aanwezig: er kon aangetoond worden dat zich nog keien en grotere rotsblokken in het Vlaamse Banken gebied bevinden, zo ook recent in kader van de EDEN2000 studies (Montereale-Gavazzi et al., 2023a). De geassocieerde sessiele epifauna kan zich echter niet ten volle ontwikkelen, met name door de sterke verstoring van de structuur en functie van de grindhabitats door de vele activiteiten in het BNZ (o.a., (boomkor)visserij, baggeren, mariene aggregaatextractie en offshore constructie). Dit heeft ongetwijfeld ook

gevolgen voor de meer mobiele fauna van de harde substraten, en voor de fauna die voorkomt in de waterkolom. Ook over de termijn waarop natuurlijk ecologisch herstel van dit systeem mogelijk is, bestaat een grote onzekerheid. De activiteiten binnen voorliggend project (de ontwikkeling van windparken in de PEZ kavels) en de daaropvolgende uitsluiting van bodemberoerende activiteiten in de windparken kan hier mogelijks een opportuniteit bieden voor de grindbedden en hun fauna (zie verder).

Streefbeeld bij de staat van instandhouding voor het BNZ

- Behoud en herstel van de fysische habitat door o.a. stopzetten van verwijdering stenen (cf. verbod op weghalen grind zoals bepaald in het MRP 2020-2026).
- Geen afname van de verhouding harde versus zachte substraten, waardoor een toename in biodiversiteit van de fauna geassocieerd met harde substraten kan verkregen worden.
- Herstel van meer natuurlijke benthische gemeenschappen in de grindbedden, zoals oesterbanken en hun bijhorende fauna.
- Herstel van het gebied als paaiplaats voor haring.

Instandhoudingsdoelstellingen (Belgische Staat, 2022a)

Areaal

- IHD 8 – “Er is minimaal een behoud van de oppervlakte van natuurlijk voorkomende harde substraten.”
 - IHD 8.1 – “Binnen in de grindbedden te definiëren testzones mag de verhouding van de oppervlakken met harde substraten (meer bepaald de oppervlakken die gekoloniseerd worden door epifauna van hard substraat) ten opzichte van de oppervlakken met zacht sediment (meer bepaald oppervlakken bovenop het hard substraat en die de ontwikkeling van de substraatfauna verhinderen) geen negatieve trend vertonen.”. Deze IHD werd nagenoeg overgenomen uit de voorgaande versie (Belgische Staat, 2016). Gezien de hoge aanwezigheid van grindbedden (en met name type 1 grindbedden met een hoog ecologisch potentieel in de PEZ kavels cf. Montereale-Gavazzi et al., 2023a) zal in voorliggend project veel aandacht naar deze instandhoudingsdoelstelling gaan (zie verder).

Structuur en functie

- IHD 9 – “Er is een herstel van meer natuurlijke benthische gemeenschappen in de grindbedden.” Deze belangrijk overkoepelde IHD met de meeste van onderstaande IHD's (9.1 – 9.4) werden geherformuleerd op basis van de voorgaande versie (Belgische Staat, 2016), om meer in overeenstemming met de doelen binnen KRMS te zijn. Opvolging en evaluatie van onderstaande IHD's zal gebeuren op basis van gegevens verzameld binnen het bestaande monitoringsprogramma (Belgische Staat, 2020).
 - IHD 9.1 – “Er is een toename van de soortenrijkdom binnen de taxa die typisch geassocieerd zijn met harde substraten (meer bepaald Porifera, Cnidaria, Bryozoa, Polychaeta, Malacostraca, Maxillopoda, Gastropoda, Bivalvia, Echinodermata en Ascidiacea).”

- IHD 9.2 – “Er is een toename in de frequentie van het voorkomen of de mediane dichtheid van de volwassen of volgroeide kolonies van minimaal de helft van de belangrijkste en langlevende soorten: inheemse platte oester (*Ostrea edulis*), mossel (*Mytilus edulis*), wulk (*Buccinum undatum*), dodemansduim (*Alcyonium digitatum*), opgerichte sponsen (zoals geweispons (*Haliclona oculata*)) en opgerichte Bryozoa (zoals zeevingers (*Alcyonidium* spp.) en bladachtig hoornwier (*Flustra foliacea*).”
- IHD 9.3 – “Er is een toename in de mediane lichaamsgrootte van de grotere benthische soorten: wulk (*Buccinum undatum*) en spinkrabben (Majidae spp.).”
- IHD 9.4 – “Er is een toename in het aantal en de omvang van zandkokerworm (*Sabellaria spinulosa*) riffen en van het aantal clusters van de driekantige kalkkokerwormen (*Pomatoceros (Spirobranchus) triqueter*).”
- IHD 9.5 – “Er is een herstel van de grindbedden als paaiplaats voor haring (*Clupea harengus*) en als plaats voor ei-afzetting door roggen en haaien.” Deze IHD werd toegevoegd op basis van Haelters et al. (2019b).

7.5.2.3 Habitatype 1170 ‘Riffen’: *Lanice conchilega* aggregaties

Profielschets

Lanice conchilega is een kosmopolitische borstelworm die leeft in het sediment en een lange koker bouwt met een diameter van 0,5 cm van zand en schelpstukjes. De soort is een belangrijke ecosysteemingenieur die in staat is om het habitat lokaal te modifieren, o.a. door verhoging van de zuurstofconcentratie in de bodem en er zo voor zorgt dat de macrobenthische soorten geconcentreerd voorkomen (in Degraer et al., 2009). Studies toonden aan dat de soortenrijkdom op plaatsen waar de schelpkokerworm voorkomt vier tot zes keer hoger is dan zonder de soort en dat het aantal dieren dat voorkomt tot 34 keer hoger is als gevolg van zijn aanwezigheid (Zuhlke, 2001; Rabaut et al., 2007; Van Hoey et al., 2008). Ten slotte blijkt dit habitat van belang voor hogere trofische niveaus zoals juveniele platvis en vogels (Degraer et al., 2009).

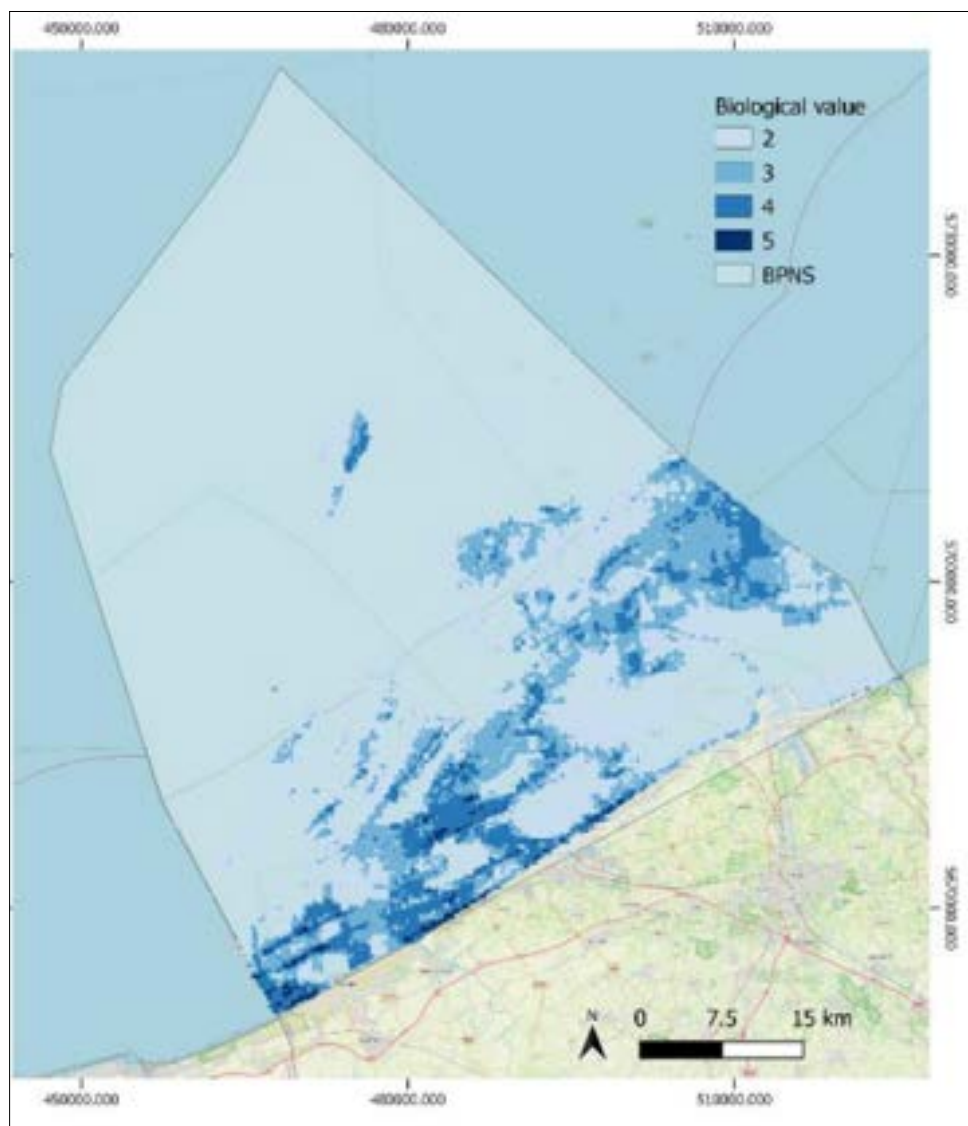
Deze implicaties voor zowel het macrobenthos als voor andere trofische niveaus (bottom-up) en belangrijke bodemprocessen (mineralisatie van organisch materiaal, nodig voor goede benthopelagische koppeling) (top down) maakt dat de soort, vooral als die voorkomt in dense riffen, van belang is voor het functioneren van het ecosysteem in zachte substraten.

Ecologische vereisten

Verspreidingsgebied – Op het BNZ wordt *L. conchilega* voornamelijk teruggevonden in de kustzone, meer bepaald in de zone van de *Abra alba* gemeenschap (zie § 5.4.2.1 van het MER; Figuur 7-7). *Lanice* komt echter enkel voor in dichte aggregaties bij optimale omgevingscondities. Langsheen de Westkust liggen de voorspelde aggregaties vlak voor de kust, terwijl ze voor de Oostkust verder in zee liggen, ter hoogte van de Vlakte van de Raan.

Typische soorten – *Lanice conchilega* vormt een subgemeenschap binnen de *Abra alba* gemeenschap. Daar zorgt de soort er door zijn habitatstructurende eigenschappen voor dat de kenmerkende soorten hun oorspronkelijke niche kunnen vergroten en in hogere densiteiten voorkomen (Pecceu et al., 2021). Onder de geassocieerde soorten bevinden zich veel

borstelwormen, maar ook vlokreeftjes en andere Crustacea en tweekleppigen; enkel Echinodermata werden niet als geassocieerde soorten teruggevonden. De sterkst geassocieerde soorten werden geobserveerd in of vasthangend aan de kokers (vb. *Phyllodoce* spp., soorten van de familie Polynoidae). Deze riffen vormen, naast hun belang als leefgebied voor benthische soorten, ook een aantrekkingspool voor een juveniele demersale visfauna (Rabaut, 2009). Het voordeel van de aanwezigheid van *Lanice* aggregaties voor de geassocieerde soorten is velerlei: een hogere voedselbeschikbaarheid, een hogere zuurstofconcentratie in de sedimenten, alsook een schuilplaats tegen predatie.



Figuur 7-7 - Kartering van potentiële aanwezigheid (> 20 % kans) van *Lanice conchilega* aggregaties van meer dan 500 individuen per m² binnen de studie van Pecceu et al. (2021). Een waarde 2 komt overeen met een kans van 20-40 % om *L. conchilega* aggregaties aan te treffen, 3 = 40-60 %, 4 = 60-80 %, 5 = 80-100 %.

Kwetsbaarheid – De boomkorvisserij wordt als voornaamste bedreiging voor het habitat gevormd door *L. conchilega* beschouwd. De borstelworm *L. conchilega* zelf kan een relatief hoge boomkorvisserijdruk weerstaan, maar de rijke geassocieerde fauna van dense *Lanice* aggregaties verdwijnt na één enkele passage van de boomkor (Rabaut et al., 2008; Rabaut et al., 2009; Rabaut, 2009). Na versterking herstelt de gemeenschapsstructuur zich relatief snel (i.e. 1-2 dagen), al

blijven de sterkst geassocieerde soorten gedurende langere tijd in significant lagere densiteiten aanwezig. Dit proces zorgt er waarschijnlijk voor dat bij herhaaldelijke verstoringen de habitat langzaam degradeert.

De algemene degradatie van benthische habitats na bodemverstoring kan verregaande implicaties hebben, aangezien ze van belang zijn voor vogels en vissen (bottom-up) en belangrijke bodemprocessen (onderhouden van mineralisatieprocessen) (Braeckman et al., 2010). Dit betekent dat de integriteit van het biotoop gevormd door *L. conchilega* aggregaties wordt bedreigd, wat consequenties heeft voor het functioneren van het kustecosysteem.

Beoordeling staat van instandhouding voor het BNZ (Belgische Staat, 2018a, 2022b)

De staat van instandhouding van het gebied is ongunstig: de habitat voor *Lanice* aggregaties is nog steeds aanwezig en valt voornamelijk samen met de verspreiding van de *Abra alba* gemeenschap (fijn zanderig slib), maar staat onder druk. Door de vele activiteiten (o.a., visserij, baggeren, mariene aggregaatextractie en offshore constructie) in het BNZ. De boomkorvisserij wordt als voornaamste bedreiging gezien, meer bepaald voor de rijke geassocieerde fauna van *Lanice* aggregaties. Herhaaldelijke verstoring leidt tot algemene degradatie van benthische habitats met mogelijks verregaande implicaties voor het functioneren van het kust ecosysteem. Net zoals voor grindbedden geldt ook hier een onzeker toekomstperspectief gezien het uitblijven van visserijbeperkende maatregelen (Belgische Staat, 2022b).

Streefbeeld bij de staat van instandhouding voor het BNZ

Het behoud van de huidige verspreiding en oppervlakte, binnen de natuurlijke fluctuaties, is wenselijk. De typische soorten zouden op (middel)lange termijn stabiel dienen te zijn om zeker te stellen dat uitsterven wordt voorkomen. Dichtheden van geassocieerde soorten vertonen geen dalende trend.

Instandhoudingsdoelstellingen (Belgische Staat, 2022a)

Areaal

Naar ruimtelijk bereik hangt de verspreiding van *Lanice conchilega* aggregaties nauw samen met het *Abra alba* biotoop waarvoor IHD 1.2 (zie eerder) opgenomen werd. Gezien zowel het *Abra alba* en *Lanice* biotoop dicht bij de kustzone gesitueerd zijn in het BNZ (zie ook Figuur 7-7), zal deze IHD van minder belang zijn in kader van voorliggend project (zie verder). Hetzelfde geldt voor de IHD's hieronder.

Structuur en functie

- IHD 7 – “De autonome ontwikkeling van *Lanice conchilega*-aggregaties wordt niet verhinderd.” Deze IHD was reeds opgenomen in de voorgaande versie (Belgische Staat, 2016), maar werd lichtjes geherformuleerd.
 - IHD 7.1 – “De 3D-structuren gevormd door *Lanice conchilega* blijven behouden.”
 - IHD 7.2 – “De dichtheden van de aanwezige geassocieerde soorten (o.a. *Eumida sanguinea*, *Pariambus typicus*, *Microtopotus maculatus* en *Phyllodoce* spp.) tonen geen dalende trend.”

7.5.3 Vogels

Ondanks de beperkte omvang van het BNZ komen acht soorten zeevogels op basis van de Europese Vogelrichtlijn in aanmerking voor bescherming (Tabel 7-5). Dat zijn de soorten die worden opgelijst in de Bijlage I van de Vogelrichtlijn (79/409/EEG en gecodificeerde versie 2009/147/EG) en geregeld worden vastgesteld, alsook de soorten waarvan geregeld meer dan 1 % van de biogeografische populatie in het BNZ voorkomt (de zogenaamde Ramsar-norm). Ten slotte wordt ook de zwarte zee-eend vermeld in onderstaande tabel omwille van zijn belang voor de erkenning van het gebied 'Vlaamse Banken' als Ramsar-gebied.

Tabel 7-5 - Overzicht van de internationaal belangrijke zeevogelsoorten op het BNZ (Degraer et al., 2010; Belgische Staat, 2012a)

Soort	Bijlage I	Overschrijding 1 %-norm	Voorkomen
Roodkeelduiker (<i>Gavia stellata</i>)	Ja	Nee	Overwinteraar en doortrekker in vrij klein tot vrij groot aantal
Fuut (<i>Podiceps cristatus</i>)	Nee	Ja	Overwinteraar in vrij groot tot groot aantal
Grote mantelmeeuw (<i>Larus marinus</i>)	Nee	Ja	Doortrekker en overwinteraar in vrij groot aantal
Kleine mantelmeeuw (<i>Larus fuscus</i>)	Nee	Ja	Broedvogel en doortrekker in vrij groot aantal
Dwergmeeuw (<i>Hydrocoleus minutus</i>)	Ja	Ja	Doortrekker in vrij klein tot vrij groot aantal en overwinteraar in vrij klein aantal
Grote stern (<i>Sterna sandvicensis</i>)	Ja	Ja	Broedvogel in vrij klein tot vrij groot aantal en doortrekker in vrij klein aantal
Visdief (<i>Sterna hirundo</i>)	Ja	Ja	Broedvogel in vrij groot aantal en doortrekker en vrij klein tot vrij groot aantal
Dwergstern (<i>Sternula albifrons</i>)	Ja	Ja	Broedvogel en doortrekker in klein tot vrij klein aantal
Zwarte zee-eend (<i>Melanitta nigra</i>)	Nee	Nee	Overwinteraar en doortrekker in groot aantal

Voor vier soorten werd al een Speciale Beschermingszone op zee in het kader van de Vogelrichtlijn afgebakend (fuut *Podiceps cristatus*, visdief *Sterna hirundo*, grote stern *Sterna sandvicensis* en dwergmeeuw *Hydrocoleus minutus* – tot voor kort *Larus minutus*). Deze speciale beschermingszones (SBZ-V) zijn nabij de kust gelegen, rond of nabij de havens Nieuwpoort, Oostende en Zeebrugge. In de inleiding (zie § 7.2) werd reeds aangehaald dat de haven Oostende als uitvalsbasis wordt aangenomen voor de ontwikkeling van PEZ, waardoor in principe enkel SBZ-V2 'Oostende' relevant is om verder meegenomen te worden in deze ontwerp passende beoordeling. SBZ-V2 wordt als zeer belangrijk beschouwd voor alle voornoemde beschermde soorten, en essentieel voor de dwergstern (Degraer et al., 2010). Echter, de activiteiten ter hoogte van de haven vinden evenwel niet plaats in het Vogelrichtlijngebied zelf en er wordt binnen en nabij de haven geen impact op de avifauna verwacht ten gevolge van de voorbereidende werkzaamheden op de uitvalslocatie. Dit omdat deze activiteiten deel uitmaken van de heersende havenactiviteiten en het heersende

scheepvaartverkeer van en naar de haven, waaraan de voorkomende avifauna gewend is. Daarom kan geconcludeerd worden dat er op de beschermde soorten waarvoor het Vogelrichtlijngebied werd afgebakend redelijkerwijs geen impact verwacht wordt op de IHD's.

Het zuidelijke deel van de Noordzee is een belangrijke migratieroute, waarbij de trechtervorm die wordt gevormd door de kusten van België/Frankrijk en de oostkust van het Verenigd Koninkrijk een bottleneck vormt voor migrerende zeevogels. Er wordt geschat dat niet minder dan 1 tot 1,3 miljoen zeevogels jaarlijks doorheen deze bottleneck migreren (Stienen et al., 2007). Zo wordt aangenomen dat meer dan de helft van de populaties van grote jager, dwergmeeuw, grote stern en visdief via die weg passeren (Belgische staat, 2012a).

Zoals beschreven in § 5.4.2.3 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023), is het projectgebied (PEZ) van hoog belang voor zeevogels waaronder o.a. Jan-van-Genten (*Morus bassanus*), stormmeeuwen (*Larus canus*), grote mantelmeeuwen (*Larus marinus*), drieteenmeeuwen (*Rissa tridactyla*), zeekoeten (*Uria aalge*) en alken (*Alca torda*) (zie ook Tabel 5-22 – zone 3 in het MER). Hiervan is de grote mantelmeeuw opgenomen in de lijst van beschermde soorten en komt geregeld met meer dan 1 % van de respectievelijke biogeografische populatie voor in het BNZ (Tabel 7-5). Deze soort vormt de focus van de ontwerp passende beoordeling.

Profielschets

De **grote mantelmeeuw** (*Larus marinus*) is een niet in Bijlage I genoemde en geregeld voorkomende trekvogel zoals bedoeld in artikel 4.2 van de Vogelrichtlijn en voor Natura 2000 relevant als niet-broedvogel. Het is één van de grootste meeuwen, gekenmerkt door roze poten, een forse gele snavel met rode vlek en zwarte bovendelen (Figuur 7-8). Op basis van referentie-aantallen (1993-2009) wordt de grote mantelmeeuw vooral in de winter (oktober-februari) aangetroffen over het volledig BNZ, met naar schatting 7.700 individuen (zie ook Tabel 5-22 en Figuur 5-48 in het MER) (Stienen en Vanermen, 2020). Het is een omnivoor, maar is wel voor een belangrijk deel van zijn voedselbehoefte afhankelijk van afval en bijvangst die door vissersschepen overboord worden gezet (Belgische staat, 2012a). De in België voorkomende vogels zijn trekkende en overwinterende vogels behorende tot de Noordoost-Atlantische broedpopulatie die overwintert aan de Oost-Atlantische kusten, zuidelijk tot in de Golf van Biskaje (Degraer et al., 2010).



Figuur 7-8 – Grote mantelmeeuw (*Larus marinus*)

Ecologische vereisten

Leefgebied – De grote mantelmeeuw komt verspreid over het volledige BNZ voor. De hoogste dichtheden werden onder andere vastgesteld in de omgeving van de Thorntonbank en de Hinderbanken. Er worden ook vaak concentraties rond vissersboten opgemerkt.

Voedsel - De grote mantelmeeuw is een opportunistische soort op vlak van voedsel en heeft een veelzijdige voedselkeuze. Hij eet onder andere visafval en discards bij vissersboten, maar ook schelpdieren, vogels, zoogdieren en huishoudelijk afval. Specifiek over het dieet in het BNZ is niets bekend.

Kwetsbaarheid - Grote mantelmeeuwen hebben van de meeste menselijke activiteiten en bedreigingen op zee weinig last. Ze zijn minder gevoelig aan verstoring door barrière effecten en habitatverlies dan andere zeevogels (Vanermen & Stienen, 2023). Weliswaar wordt voor deze vogelsoort wel een aantrekking tot windparken vastgesteld, dewelke vooral gelinkt is aan toegenomen rust- en foerageermogelijkheden op en rond de turbines (Vanermen et al., 2011, 2013, 2015).

Beoordeling en staat van instandhouding in het BNZ

Het is moeilijk om het verspreidingsareaal van zeevogels in het BNZ kwantitatief te bepalen. De meeste soorten komen verspreid voor over een aanzienlijk deel van het BNZ, andere sterk geclusterd of meer verspreid over delen van het BNZ (o.a. Courtens & Stienen, 2007). Bovendien kan de verspreiding sterk afhankelijk zijn van het seizoen en van spatio-temporele veranderingen in de verspreiding van het geprefereerde voedsel.

In het kader van de Vogelrichtlijn dienden gegevens over de volledige Belgische populatie en de vastgestelde korte en lange termijntrends gerapporteerd te worden. Voor doortrekkende populaties van roodkeelduikers, dwergmeeuw, grote en kleine mantelmeeuw, dwergstern en visdief zijn er te weinig gegevens om trends te bepalen. De populatiegrootte en -trends van overwinterende en broedende zeevogels worden samengevat in onderstaande Tabel 7-6. De Europese

populatie van de grote mantelmeeuw bleef in de meeste landen (waaronder ook België) relatief stabiel in de laatste decennia en wordt dan ook als 'veilig' gecatalogiseerd door Birdlife international. Zowel naar areaal, populatie en leefgebied wordt hun toestand momenteel gunstig geëvalueerd (Belgische Staat, 2022b).

Tabel 7-6 - Populatiegrootte & -trends voor overwinterende en broedende zeevogels in België (gebaseerd op Art 12 National Summary Factsheet 2013-2018– Belgium) - stijgend (+), stabiel (=), fluctuerend (F) en dalend (-) (Belgische Staat, 2022b)

species name	season	population size min	population size max	population size best value	population size unit	short-term population trend	long-term population trend
Fuut (<i>Podiceps cristatus</i>)	wintering	3000	9000	6500	i	=	-
Roodkeelduiker (<i>Gavia stellata</i>)	wintering	33	645	250	i	-	-
Grote Mantelmeeuw (<i>Larus marinus</i>)	wintering	3500	6500	5000	i	F	F
Kleine mantelmeeuw (<i>Larus fuscus</i>)	breeding	1600	3700	2700	p	-	+
Zwarte zee-eend (<i>Melanitta nigra</i>)	wintering	1000	4500	2400	i	F	-
Visdief (<i>Sterna hirundo</i>)	breeding	300	1510	900	p	-	+
Dwergstern (<i>Sternula albifrons</i>)	breeding	40	82	61	p	-	+
Grote stern (<i>Thalasseus sandvicensis</i>)	breeding	0	147	74	p	-	=

De laatste jaren werd algemeen een achteruitgang vastgesteld in het aantal meeuwensoorten. Voor aasetende soorten (in totaal 5, waaronder de grote mantelmeeuw) werd de goede milieutoestand in de periode 2002-2016 niet steeds behaald. Voor de grote mantelmeeuw vormde enkel 2010 een probleem (Belgische staat, 2018a). De algemeen dalende trend voor aasetende soorten lijkt niet echt verband te houden met visserijactiviteiten of met het gevoerde visserijbeleid (o.a. verbod op teruggooi), aangezien deze soorten slechts voor beperkt deel afhankelijk zijn van visserij. De aanwezigheid op het BNZ hangt nauw samen met de plaatselijke voedselsituatie (ook niet visserij-gerelateerd) alsook de aantalsontwikkelingen in de meer noordelijk gelegen broedkolonies. De grote mantelmeeuw zelf is momenteel niet bedreigd en in gunstige staat van instandhouding, zowel naar verspreidings-, leefgebied en populatie (Belgische Staat, 2016).

Streefbeeld bij de staat van instandhouding voor het BNZ

- Behoud van de huidige situatie in het BNZ volstaat voor de grote mantelmeeuw

Instandhoudingsdoelstellingen (Belgische Staat, 2022a)

Areaal

- IHD 15 – “Er is geen inkrimping van het areaal van zeevogels in het BNZ” Dit is een bestaande IHD (Belgische Staat, 2016) die opgevolgd kan worden op basis van bestaande monitoring. In het kader van de PEZ is vooral de grote mantelmeeuw in hoge aantallen aanwezig in het projectgebied.

Kwaliteit van het leefgebied ("status van het milieu")

- IHD 17 – “De kwaliteit van het leefgebied voor wat betreft voedselbeschikbaarheid, contaminanten, en hoeveelheid afval is van die aard dat het geschikt is voor de ondersteuning van de verschillende fasen van de levenscyclus van zeevogels”. Deze IHD is zeer algemeen gesteld en verwijst naar verschillende KRMS-doelen gelinkt aan D8/9, D10. Voor wat betreft voedselbeschikbaarheid worden 2 aspecten meer toegelicht (IHD 17.1 en IHD 17.2):
 - IHD 17.1 – “Er is geen belemmering voor het beschikbaar zijn van voedsel door afwijkingen van de natuurlijke turbiditeit door antropogene activiteiten.” Deze IHD hangt nauw samen met de KRMS-doelstellingen voor descriptor D6 (zeebodemintegriteit).
 - IHD 17.2 – “De kwaliteit van de zeebodem garandeert een voldoende voedselbeschikbaarheid voor zwarte zee-eenden” Gezien de PEZ niet van specifiek belang is voor zwarte zee-eend, wordt deze IHD niet verder besproken in kader van voorliggend project.
- IHD 18 – “Verstoring van zeevogels wordt vermeden”. Deze IHD is verder vertaald in:
 - IHD 18.1 – “Er is binnen de speciale beschermingszones (SBZ’s) voldoende rust voor de soorten zeevogels waarvoor de SBZ werd aangeduid (i.e. dwergmeeuw, grote stern, visdief en fuut) tijdens de periode van hun hoogste densiteit (e.g. broedperiode, winter). Deze IHD is minder relevant voor voorliggend project gezien de offshore ligging van PEZ ten opzichte van deze SBZ’s.
 - IHD 18.2 – “Er is voldoende rust voor verstoringgevoelige soorten die in significante aantallen voorkomen in het BNZ (e.g. zwarte zee-eend, roodkeelduiker). Het projectgebied is minder belangrijk voor deze verstoringgevoelige soorten, maar vooral van belang voor de grote mantelmeeuw (minder verstoringgevoelig). Waar relevant, wordt het aspect ‘verstoringgevoeligheid’ aangekaart in de ontwerp passende beoordeling.
- IHD 19 – “Het beschikbare habitat en het migratiepotentieel voor vogels wordt behouden”. Daar de ontwikkeling van de PEZ windparken een barrière-effect kunnen veroorzaken, is deze IHD belangrijk om verder mee te nemen in voorliggend project.
- IHD 20 – “Door de mens veroorzaakte verwonding en sterfte van zeevogels moet worden vermeden”. Deze IHD is zeer algemeen geformuleerd, maar kan gelinkt worden aan het mogelijk aanvaringsrisico van turbines door zeevogels en wordt verder besproken in functie van de kwaliteit van het leefgebied.

Populatie

- IHD 16 – “De populatie van de te beschermen zeevogels blijft behouden”. Dit is een bestaande IHD waarvoor de monitoringsmethodiek werd herzien waarbij meer gefocust wordt op de zone(s) met de hoogste concentraties voorkomen en de monitoring per seizoen wordt uitgevoerd. Voor de grote mantelmeeuw werd de referentiepopulatie vastgelegd op 7.700 vogels (winter – gehele BNZ), met een minimaal wenselijke populatie (= laagste waarde van de zesjarige gemiddelde populatiegrootte in de periode 1993-2009) van 1.400 vogels (gebaseerd op Stienen & Vanermen, 2020). Hieraan wordt IHD 16.1 gekoppeld:

- IHD 16.1 – “De gemiddelde populatiegrootte over 6 jaar is, binnen een periode van 6 jaar, minstens 3 jaar gelijk aan of groter dan de referentiepopulatie”.

7.5.4 Zeezoogdieren

Alle zeezoogdieren die voorkomen in het BNZ genieten een beschermd statuut (KB 21/12/2001) en werden opgenomen in de Europese Habitatrichtlijn onder bijlage II en IV (art. 12). Daarnaast heeft België zich geëngageerd om in het kader van ASCOBANS (Overeenkomst inzake de bescherming van de kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee) elke significante verstoring van zeezoogdieren te vermijden. Zoals beschreven in § 5.4.2.4 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023), is de projectlocatie (PEZ) enkel voor de bruinvis (*Phocoena phocoena*) van relatief groot belang. Andere zeezoogdieren die met regelmaat in het BNZ worden waargenomen, i.e. gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypus*), dewelke deel uitmaken van gevestigde kolonies in de buurlanden (Nederland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk), komen minder regelmatig voor en de projectlocatie is hier dus van ondergeschikt belang voor deze soorten. Om deze redenen wordt in voorliggend project enkel de bruinvis mee opgenomen in de ontwerp passende beoordeling.

Profielschets

De bruinvis is de kleinste en meest voorkomende walvisachtige in de Noordzee, met een geschat aantal van een kwart miljoen exemplaren op Noordzeeschaal (SCANS II, 2009). In het BNZ worden seizoenaal zeer regelmatig bruinvissen waargenomen, met naar schatting 2.700 individuen binnen de Belgische grenzen, al is hun voorkomen erg moeilijk in te schatten (Haelters et al., 2022). Zowel spatiaal als temporeel is het BNZ namelijk zeer beperkt in omvang in vergelijking met het verspreidingsgebied van deze mobiele soort, en hangt de verspreiding bovendien af van tal van factoren die niet door beheer in beschermde gebieden kunnen beïnvloed worden (vb. klimaatsveranderingen).

Het grootste aandeel bruinvissen wordt waargenomen in het noordwestelijke deel van het BNZ, overlappend met de projectlocatie (PEZ) (Haelters et al., 2019a, 2020, 2021, 2022). Deze wateren worden relatief belangrijk ingeschat voor bruinvissen op Europees niveau, gezien de individuen die worden waargenomen in het BNZ deel uitmaken van een veel grotere populatie die zich over de gehele zuidelijke en centrale Noordzee verspreid (Degraer et al., 2009, 2010).

Ecologische vereisten

De bruinvis is erg gevoelig aan verstoring door onderwatergeluiden, gezien foerageren, navigeren en communiceren verloopt via echolocatie (meer bepaald met ‘narrow-ban high-frequency’ (NBHF) klikgeluiden; Sørensen et al., 2018; Rumes & Degraer, 2022a). Verder is deze soort vatbaar voor verontreinigingen door afval en door bepaalde contaminanten die opgenomen worden via de voedselketen (vb. PCB's), alsook voor overbevissing en bijvangst. Hierdoor worden specifieke vereisten gesteld aan het leefgebied van de bruinvis.

Beoordeling en staat van instandhouding in het BNZ

Een belangrijke rechtstreekse vorm van mortaliteit voor bruinvissen in Belgische wateren is incidentele bijvangst in visnetten, zowel door professionele als recreatieve visserij. Dieren die dood op het strand worden aangetroffen zijn vaak het slachtoffer geworden van dit soort bijvangst (Belgische Staat, 2018a). De toestand van deze sterk migrerende soort dient eerder op Noordzeeschaal te worden ingeschat. Daarenboven wordt de toekomst van de bruinvis bedreigd door de toenemende menselijke activiteiten. Zo zullen bijvoorbeeld de werkzaamheden gekoppeld aan de constructie van offshore windparken in de Noordzee onvermijdelijk voor hinder zorgen (waarschijnlijk vooral tijdens de constructiefase, t.g.v. het heien van funderingen). Ook met een intensivering van de visserij kan een verhoogd aantal bijvangsten verwacht worden indien niet de nodige maatregelen worden getroffen. Verder kunnen ook bv. de ingebruikname van nieuwe zandwinningsgebieden en contaminaties met nieuwe polluenten ('endocrine disrupters') een mogelijke bron van verstoringen vormen.

Gezien geen beoordeling kon plaatsvinden voor het aspect populatie (i.e. door een gebrek aan gegevens kan geen referentiepopulatie voorgesteld worden), wordt de staat van instandhouding wordt als onzeker beoordeeld (Belgische Staat, 2022b).

Streefbeeld bij de staat van instandhouding voor het BNZ

- Behoud van de bruinvisbestanden, zowel kwalitatief als kwantitatief. Dit houdt onder meer in dat de beschikbaarheid van geschikt voedsel van die aard is dat het bruinvissen kan ondersteunen, alsook dat de hoeveelheid afval (waaronder achtergelaten visnetten) op zee en onderwatergeluid geen gevolgen hebben voor de bruinvispopulatie.
- Incidentele mortaliteit van bruinvissen in visnetten wordt zoveel mogelijk voorkomen, en is lager dan het niveau waarop de soort wordt bedreigd.

Instandhoudingsdoelstellingen (Belgische Staat, 2022a)

Areaal

- IHD 10 – “Het areaal van de inheemse zeezoogdieren is stabiel en niet kleiner dan het referentieareaal, d.i. het BNZ”
 - IHD 10.1 – “Verstoring van zeezoogdieren wordt zoveel mogelijk vermeden in tijd en ruimte, als functie van hun seizoenaliteit van voorkomen en ruimtelijke verspreiding.”

Kwaliteit van het leefgebied ("status van het milieu")

- IHD 11 – “De kwaliteit van het leefgebied voor wat betreft voedselbeschikbaarheid, contaminanten, onderwatergeluid en hoeveelheid afval is van die aard dat het geschikt is voor de ondersteuning van de verschillende fasen van de levenscyclus van zeezoogdieren.” Deze algemene IHD verwijst naar verschillende

KRMS-doelen binnen descriptoren D3, D8, D10 en D11, welke als de minimale voorwaarden kunnen beschouwd worden om de te beschermen soorten.

Er is voldoende voedsel aanwezig, wat bepaald wordt door de milieudoelen en de daarmee samenhangende indicatoren van het beschrijvend element D3 "commercieel geëxploiteerde soorten vis en schaal- en schelpdieren" van de KRMS (Belgische Staat, 2012b, 2018c):

- Alle commerciële visbestanden die via het Gemeenschappelijk Visserijbeleid (GVB) worden beheerd, worden bevist op een manier die minimaal voldoet aan een maximale duurzame opbrengst. Deze evaluatie moet worden uitgevoerd op basis van regionale visbestanden en niet op basis van nationale visbestanden;
- Alle commerciële vis- en schelpdierbestanden bevinden zich binnen veilige biologische grenzen met een spreiding per leeftijd (indien beschikbaar) en per grootte (bij gebrek aan gegevens rond de leeftijd) die wijzen op een gezonde situatie bij de verschillende bestanden, waarbij de bestanden over lange termijn op stabiele wijze worden bevist met behoud van het volledige voortplantingsvermogen;
- Alle commerciële vis- en schelpdierbestanden beschikken over het volledige voortplantingsvermogen;
- De waarden met betrekking tot de visserijsterfte (F) en biomassa van de paaipopulaties (BPP) bevinden zich binnen veilige biologische grenzen (F kleiner of gelijk aan de referentiepunten voor visserijsterfte; BPP groter dan of gelijk aan de referentiepunten voor de biomassa van de paaipopulatie) of vertonen een positieve of stabiele trend bij dichtheidsonderzoeken en een stijgende of stabiele trend bij VPEI (vangst per eenheid van inspanning) onderzoeken. Bestanden die zich nog buiten de veilige biologische grenzen bevinden moeten minimaal een bewegende trend vertonen in de richting van de referentiepunten;
- Wanneer er voor een bepaald bestand zelfs onvoldoende gegevens beschikbaar zijn voor het opstellen van een evaluatie in het kader van een VPEI- of dichtheidsonderzoek, worden die bestanden ingedeeld in de categorie "weinig bekende bestanden" en worden er discussies opgestart over alternatieve evaluatiemethoden. Deze categorie wordt om de 6 jaar opnieuw bekeken.

Daarbovenop dienen volgende milieudoelen en bijhorende indicatoren voor het KRMS beschrijvend element D8 "Contaminanten" gehaald te worden om een goede kwaliteit van het leefgebied te verzekeren:

- De concentraties in het water van de stoffen vermeld in de Kaderrichtlijn Water zijn gelijk aan of kleiner dan hun EQS (environmental quality standards = milieuhygiënische kwaliteitsnormen) (Richtlijn 2008/105/EG);
- De concentratie van Hg, hexachloorbenzeen en hexachloorbutadien in biota zijn gelijk of kleiner dan hun EQS (Richtlijn 2008/105/EG).

De hoeveelheid afval (waaronder achtergelaten visnetten) op zee heeft geen gevolgen voor de bruinvispopulatie. Dit wordt bepaald door de milieudoelen van de KRMS (descriptor D10) en de daarmee samenhangende indicatoren:

- Negatieve trend in de jaarlijkse evolutie van de hoeveelheden aangespoeld afval dat schade kan berokkenen aan het mariene leven en de habitats, conform de richtlijnen met betrekking tot het monitoren van zeezwerfval op de stranden (OSPAR Beach Litter Monitoring in mariene milieus - 2010);
- Negatieve trend in de jaarlijkse evolutie van de hoeveelheden op zee opgevist afval (OSPAR aanbeveling 2010/19);

- Algemene reductie van het totale aantal zichtbaar zwerfvuil op kusten tegen 2020 (bv. op basis van een vijf jaar lopend gemiddelde);
- In de maag van minder dan 10 % van de Noordse stormvogels (*Fulmarus glacialis*) zit meer dan 0,1 g plastic (OSPAR EcoQO).

De introductie van onderwatergeluid wordt zoveel mogelijk vermeden en is van dien aard dat het geen effect heeft op de activiteit en verspreiding van zeezoogdieren. Dit wordt bepaald door de milieudoelen van de KRMS (descriptor D11) en de daarmee samenhangende indicatoren:

- Het niveau van antropogene impulsieve geluidsbronnen, genormaliseerd naar 750 m van de bron, overschrijdt 185 dB re 1µPa (L_{z-p}) niet (Beschikking 2010/477/EU van de Commissie, geëxpliciteerd);
- Er mag geen positieve trend zijn in het jaargemiddelde van de geluidsdruk binnen de 1/3 octaafbanden 63 en 125 Hz, gemeten op één locatie.

Populatie

- IHD 12 – “De incidentele mortaliteit van zeezoogdieren veroorzaakt door de mens is lager dan het niveau waarop de soort wordt bedreigd, zodat de levensvatbaarheid van de soort op lange termijn is gegarandeerd”
 - IHD 12.1 – “Het sterftecijfer van bruinvissen als gevolg van incidentele bijvangst is lager dan het niveau waarop de soort wordt bedreigd, zodat de levensvatbaarheid van de soort op lange termijn is gegarandeerd (MSFD doel D1.1).”
 - IHD 12.2 – “De lange-termijntrend in het percentage bijgevangen zeezoogdieren onder aan de kust aangespoelde dieren is dalend.”
- IHD 13 – “De verwonding van zeezoogdieren door menselijke interactie wordt vermeden.”

7.5.5 Effectbespreking

De PEZ bevindt zich deels binnen het Habitatrictlijngebied ‘Vlaamse banken’. Kavels PE II en PE III vertonen een gedeeltelijke overlap met dit Habitatrictlijngebied, terwijl PE I in de invloedsfeer ligt. Voor een volledige bespreking van de referentiesituatie en voor de bespreking en beoordeling van de milieueffecten van de ontwikkeling van windparken ter hoogte van de PEZ kavels wordt verwezen naar de verschillende disciplines en in het bijzonder het luik ‘Macrobenthos’ (§ 5.4.3.1), ‘Epibenthos & Vissen’ (§ 5.4.3.2), ‘Vogels en vleermuizen’ (§ 5.4.3.3), ‘Zeezoogdieren’ (§ 5.4.3.4) en ‘Artificiële harde substraten’ (§ 5.4.3.5) in het MER (Arcadis Belgium NV, 2023). In dit hoofdstuk wordt enkel ingegaan op verwachte effecten op de Natura 2000 instandhoudingsdoelstellingen. Hierbij worden de relevante milieueffecten besproken in het MER kort samengevat.

Bij het bepalen van het effect op de IHD’s wordt gebruik gemaakt van de definities zoals omschreven in onderstaande Tabel 7-7. Deze definities zijn niet hetzelfde als deze gehanteerd in de effectbesprekingen van het MER voor de verschillende disciplines (Arcadis Belgium NV, 2023; zie Hoofdstuk 5). Bij het bepalen van de grootteorde van het effect wordt steeds uitgegaan van een worst-case scenario.

Tabel 7-7 – Gehanteerde definities voor de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten in het kader van de ontwerp passende beoordeling binnen voorliggend project.

Symbol	Effectniveau	Beschrijving	Beoordeling
++	Betekenisvol positief	Betekenisvolle en meetbare positieve verbetering in het behalen van de IHD's op grote schaal (BNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Zeer positief
+	Matig positief	Meetbare positieve verbetering in het behalen van de IHD's op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Positief
0/+	Gering positief	Meetbare kleine positieve verbetering in het behalen van de IHD's op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Neutraal
0	(vrijwel) Geen	Onmeetbaar effect, geen betekenisvolle impact, of niet relevant	Geen
0/-	Gering negatief	Meetbare kleine negatieve modificatie in het behalen van de IHD's op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk karakter.	Verwaarloosbaar
-	Matig negatief	Meetbaar negatieve modificatie in het behalen van de IHD's op beperkte schaal (projectgebied). Tijdelijk of permanent karakter.	Niet-betekenisvol
--	Betekenisvol negatief	Betekenisvolle en meetbare negatieve modificatie in het behalen van de IHD's op grote schaal (BNZ). Tijdelijk of permanent karakter.	Betekenisvol

7.5.5.1 Impact op Habitatype 1110: 'Permanent met zeewater overspoelde zandbanken'

De instandhoudingsdoelstellingen met relevantie voor voorliggend project hebben betrekking op het ruimtelijk bereik en de spreiding van dit habitatype (meer bepaald het areaal wijzigt niet betekenisvol – IHD 1), en op structuur, kwaliteit en functioneren van het bentische ecosysteem met zijn biotopen (IHD 3, 4 en 5). Hiervoor zijn met name de effectbesprekingen onder de disciplines Bodem en Water (§ 5.1.4) en Biodiversiteit, Fauna en Flora (§ 5.4.3) van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023) van belang.

Areaal

Het meest directe effect van de aanleg, exploitatie en ontmanteling van windparken en bijhorende inter-array bekabeling op het habitatype 1110 is het **lokaal verwijderen van sediment** bij de nivelleringswerken, het uitgraven van funderingsputten en het ingraven van inter-array kabels, en het **veranderen van het habitat** door onder meer het aanleggen van erosiebescherming met een andere korrelgrootteverdeling rondom de funderingen, en het installeren van harde structuren in een doorgaans zandige omgeving. Door de plaatsing van de funderingen van de turbines kunnen ook gewijzigde hydrologische stromingspatronen ontstaan, met erosie en sedimentatie tot gevolg die mogelijks veranderingen in het bentische habitat veroorzaken. Binnen voorliggend project wordt echter uitgegaan van statische erosiebescherming in 100 % van de turbinelocaties, en voor beide scenario's, om dit effect zoveel mogelijk te voorkomen. Bij sommige van deze activiteiten wordt het habitat lokaal vernietigd en sterft het bodemleven af, in vele andere gevallen

wordt het habitat lokaal en tijdelijk verstoord. Het verlies aan benthische organismen is rechtstreeks evenredig met het biotoopverlies zoals ook besproken in de effectbeoordeling in het MER onder Macrobenthos (§5.4.3.1). Uit de effectbespreking van de discipline ‘Bodem’ § 5.1.4) blijkt dat de constructie van windparken en parkbekabeling in de drie PEZ kavels een lokaal en (semi-)permanent effect heeft op de bathymetrie en morfologie van de zeebodem door het nivelleren over relatief grotere oppervlaktes in de PEZ (maar maximaal ca. 1,75 % van de totale PEZ indien alle windparken in de PEZ kavels samen worden beschouwd; zie § 5.1.4.1 van het MER) en het uitgraven van funderingsputten tot op 4 m (MP/JF) of 7,5 m (GBF) diep. Deze mate van biotoopverstoring, en dus habitatverstoring van het habitattype 1110 binnen het MER werd als matig negatief beoordeeld voor het benthos. De impact van wijzigingen in korrelgrootteverdeling – wat eveneens een wijziging in EUNIS habitattype kan veroorzaken – werd beoordeeld als gering negatief in de discipline Bodem.

Naast meer directe invloeden op het habitat zoals hierboven beschreven, kunnen de activiteiten binnen voorliggend project ook een indirect invloed op het habitat veroorzaken door het ontstaan van **sedimentpluimen en bijhorende depositie** (en dus **verfijning van het habitat**) verder van de bron tijdens de activiteiten voor de aanleg, exploitatie en ontmanteling van de PEZ windparken, wat eveneens kan leiden tot wijzigingen in habitattype 1110 en de EUNIS mariene habitats. Dit effect werd als matig negatief tijdens de constructiefase beoordeeld, maar gering negatief tijdens exploitatie voor de zachte substraten. Echter, afgezette sedimentlagen ten gevolge van de activiteiten in voorliggend MER zullen niet van die grootteorde zijn (maximaal 2,5 cm op de meeste locaties, en gedurende een relatief korte tijdspanne van een aantal weken) dat zij zullen leiden tot een wijziging in habitatclassificatie (ook voor benthos werd het effect van mogelijke verfijning als gering negatief beoordeeld voor zachte substraten). Het areaal van habitattype 1110 zal bijgevolg niet inkrimpen.

Bovenstaande zaken zijn van potentieel belang voor de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor habitattype 1110; namelijk het **niet betekenisvol wijzigen van het ruimtelijke bereik van het habitattype (IHD 1) en de EUNIS mariene habitats (IHD 1.1)**. Omwille van de lokale en beperkte impact op de zandige substraten en het benthos (beoordeeld als gering tot matig negatief binnen de relevante effectbesprekingen en disciplines) wordt besloten dat het ruimtelijk bereik van habitattype 1110 niet betekenisvol zal wijzigen, alsook de verdeling van EUNIS mariene habitats niet. Het effect op IHD 1 en 1.1 wordt bijgevolg als verwaarloosbaar (0/-) beoordeeld, voor beide scenario's en ongeacht het type fundering. Deze beoordeling geldt voor kavels PE II en PE III welke gedeeltelijk overlappen met habitatrichtlijngebied ‘Vlaamse Banken’. Voor kavel PE I, welke verder buiten het habitatrichtlijngebied gelegen is, wordt aangenomen dat de impact op IHD 1.1 niet zo ver zal reiken, waardoor er nagenoeg geen (0) effect wordt verwacht voor dit kavel.

Structuur en functie

Verder kunnen de activiteiten binnen voorliggend MER leiden tot wijzigingen in structurele en functionele karakteristieken van het benthisch ecosysteem (zie effectbespreking voor ‘Macrobenthos’ en ‘Epibenthos en Vissen’ in het MER; Arcadis Belgium NV, 2023). Ecologische wijzigingen beoordelen is echter niet eenvoudig in zandbanksystemen, die gekenmerkt worden door eerder soortenarme gemeenschappen met een brede niche, hoge groeisnelheden (r-

strategen) en een groot aanpassingsvermogen ten opzichte van sterke sedimentomwoeling eigen aan het natuurlijk systeem. Er zijn 3 instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd die linken aan structuur en functie van het habitatype 1110:

- IHD 3 – “Door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten komen voor op een niveau waarbij het ecosysteem niet verandert.”
- IHD 4 – “Er is een toename in de frequentie van voorkomen van kwetsbare soorten.”
- IHD 5 – “Het bentische ecosysteem voorziet in voldoende stapelvoedsel voor hogere trofische niveaus.”

De activiteiten gekoppeld aan voorliggend project houden een significante introductie van artificiële harde substraten in. Deze bestaan uit de funderingen en erosiebeschermingslaag, dewelke de lokale habitatcomplexiteit en soortendiversiteit aanzienlijk verhogen (zie ook § 5.4.2.5 van het MER). Daarnaast bieden de windturbines op zee ook een nieuw soort habitat: het offshore intertidaal. Vooral de delen die, afhankelijk van het getij en de golfslag, boven water uitsteken, bieden een thuis aan enkele niet-inheemse soorten (o.a. de brakwaterpok, de Japanse oester en de Japanse dansmug). Sinds 2003 werden in het BNZ reeds 12 nieuwe, door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten waargenomen (Stæhr et al., 2022). Gezien het invasief karakter van sommige van deze soorten een potentiële bedreiging vormt voor inheemse biodiversiteit, de lokale economie, de gekoppelde ecosysteemdiensten of de volksgezondheid, kan dit een risico met betrekking tot IHD 3 inhouden. Deze potentiële veranderingen in het ecosysteem t.g.v. **door menselijke activiteiten geïntroduceerde niet-inheemse soorten** zijn eerder lokaal, waardoor de ontwikkeling van een windpark in de PEZ nog als verwaarloosbaar en niet-betekenisvol (0/-) beschouwd wordt.

De toename aan fijn sediment (cf. hierboven) kan de biogeochemische eigenschappen van het substraat wijzigen, wat ook vertaald wordt in potentiële directe en indirecte effecten op het macro- en epibenthos en de aanwezige visfauna (Brabant et al., 2022b). De depositie van in de waterkolom zwevende deeltjes kan de eigenschappen van het substraat zoals korrelgrootte, hoeveelheid organisch materiaal, chlorofyl a wijzigen. Fijne deeltjes vullen de interstitiële ruimtes tussen het sediment op waardoor de permeabiliteit, aeratie en uitwisseling van water uit de interstitiële ruimtes met de waterkolom verminderen (Mitchener and Torfs, 1996; Torfs et al., 2000; Precht and Huettel, 2003r). Op basis van de modellering (Arcadis Nederland B.V., 2023) kan echter worden besloten dat de hoeveelheid fijn materiaal dat sedimenteert binnen Vlaamse Banken al bij al relatief beperkt blijft, en door de bodemschuifspanning in de PEZ kavels snel terug in resuspensie kan komen. Grote wijzigingen in de korrelgrootteverdeling en bentische gemeenschappen worden dus niet verwacht. Sterker nog, tijdens de exploitatiefase zullen de windparken in de PEZ kavels uitgesloten zijn van bodemberoerende activiteiten (cf. KB veiligheidsafstanden), waardoor aanwezige gemeenschappen de kans krijgen om zich in een rustigere omgeving qua zeebodemverstoring en andere antropogene verstoring (vb. visserij) te ontwikkelen (zie ook effectbesprekingen onder Epibenthos en Vissen). Dit gegeven, in combinatie met de aanwezigheid van artificiële harde substraten welke een vestiging van epifauna ‘fouling’ communities faciliteert (zie effectbespreking Epibenthos en Vissen, alsook Artificiële harde substraten in het MER; Arcadis Belgium NV, 2023), welke op hun beurt kunnen zorgen voor een organische aanrijking in omliggende sedimenten (zie effectbespreking Macrobenthos in het MER), kan als gevolg hebben dat de windparken in de PEZ een aantrekkingsbron voor heel wat soorten vanuit de verschillende trofische niveaus kunnen vormen (‘artificial reef’ effect). Dit biedt kansen voor meer langlevende soorten

zoals wulk (*Buccinum undatum*) en K-strategen om zich te ontwikkelen op en rond de turbinelocaties in de PEZ kavels. Soorten krijgen daarnaast ook de mogelijkheid om uit te groeien tot grotere exemplaren, gezien hun habitat niet steeds verstoord wordt door bodemberoering. Tijdens de ontmantelingsfase zal dit effect echter wel teniet gedaan worden, als op dat moment een volledige verwijdering van alle antropogene structuren (erosiebescherming, funderingen, parkkabels, etc.) plaatsvindt in de drie PEZ windparken (uitgangspunt van voorliggend project). Deze gecombineerde effecten zijn van belang voor de instandhoudingsdoelstellingen gelinkt aan frequentie van **voorkomen van kwetsbare soorten (IHD 4)**. Er kan dus een gecombineerd gering positief effect (0/+) op IHD 4 worden verwacht (omwille van de weliswaar lange periode waarin gemeenschappen gevrijwaard zullen zijn van bodemberoerende activiteiten, vooraleer ontmanteling plaatsvindt), net als voor **IHD's 4.1, 4.2 en 4.3**. Wederom geldt voor kavel PE I dat de effecten niet tot in het habitatrichtlijngebied zelf zullen reiken, waardoor een neutrale beoordeling (0) wordt aangehouden voor dat kavel. In geval geopteerd zou worden voor een gedeeltelijke verwijdering van windparkelementen en/of bekabeling en bijhorende erosiebescherming tijdens de ontmantelingsfase, dan zou dit een matig (+) tot zeer (++) positief effect kunnen betekenen voor IHD 4.

IHD 5 is erop gericht het belang van het bentische ecosysteem als **foerageerzone voor hogere trofische niveaus** te vrijwaren. Hierbij gaat o.a. speciale aandacht uit naar zandspieren (Ammodytidae), een belangrijke voedselbron voor hogere trofische niveaus. De sedimentatie ten gevolge van de constructie van de windparken en inter-array bekabeling kan een mogelijk effect hebben op de geschiktheid van het biotoop voor deze soort, gezien zandspieren gevoelig zijn aan verfijning van het sediment. Deze soort heeft een voorkeur voor grofzandig sediment, omwille van het gegeven dat zij zich ingraven in het sediment en hun kieuwen voldoende moeten kunnen ventileren. Te veel fijne fractie kan leiden tot een blokkade van de kieuwfilamenten, en een afname van de soort (zie o.a. Langton et al., 2021). De kleine zandspier (*Ammodytes tobianus*) wordt aangetroffen in de meer offshore stalen van het BNZ, en dus ter hoogte van de PEZ kavels, hoewel in lagere aantallen dan andere soorten (De Backer et al., 2022). De impact van sedimentatie van fijne fractie uit de ontstane baggerpluimen tijdens voorafgaand nivelleren en de aanleg van funderingen, erosiebescherming en bekabeling in voorliggend project zal de PEZ lokaal dus minder geschikt maken voor de zandspier (Brabant et al., 2022b). Gezien de beperkte omvang van de toename in fijn materiaal binnen Vlaamse Banken (zie effectbespreking onder Water en de numerieke pluimmodellering van Arcadis Nederland B.V. (2023)) worden er echter geen betekenisvolle effecten (0) verwacht op het voorkomen van Ammodytidae als stapelvoedsel.

Bovenop deze specifieke soortengroep, zal er binnen de PEZ windparken ook een zogenaamd 'reef' effect (zie eerder binnen deze sectie) optreden. Deze lokale verhoging in biomassa heeft tot gevolg dat een verhoogde biodepositie van organisch materiaal naar de omliggende bodemgemeenschappen plaatsvindt, wat de macro- en epibenthische soortenrijkdom bevordert en op zijn beurt verschillende vissoorten en andere hogere trofische niveaus aantrekt (zoals zeevogels en zeezoogdieren). Ook de erosiebescherming zelf biedt een verhoogde habitatcomplexiteit, dewelke substraat en schuilmogelijkheden biedt aan verschillende macrobenthische soorten (o.a. de gewone zeester, de langklauwporseleinkrab, de Noordzeekrab, de gewone pijlintvis en de zeeanjer). Wat betreft epibenthische gemeenschappen in de omliggende zachte substraten, zullen naar alle waarschijnlijkheid geen drastische wijzigingen in soortensamenstelling optreden, dan wel eerder een shift in dominantie en densiteit van een aantal soorten (zie ook § 5.4.3.1 en § 5.4.3.2 van het MER; Arcadis Belgium NV, 2023). Binnen de PEZ bevindt dit artificieel rif-effect zich nabij

enkele natuurlijke (geogene) riffen (zie ook Figuur 5-12 in § 5.1.2.4 van het MER). Hoewel de soortensamenstelling geassocieerd met de artificiële harde substraten (AHS) significant verschilt van de natuurlijke soortenrijkdom in deze natuurlijke riffen (Zupan et al., 2023c), kan toch een versterkend tot zelfs herstellend effect verwacht worden op de ontwikkeling van deze reeds bestaande habitattypes. Dit wordt verder besproken en beoordeeld onder § 7.5.5.2 Impact op Habitatype 1170: 'Riffen – Grindbedden' in voorliggend hoofdstuk.

Besluit

Op basis van de huidige kennis wordt besloten dat er geen betekenisvolle negatieve effecten verwacht worden op habitatype 1110: 'Zandbanken- en geulensysteem' ten gevolge van de ontwikkeling, exploitatie en ontmanteling van windparken in de PEZ kavels. Er zullen bijgevolg geen betekenisvolle impacten op de aangemelde en tot doel gestelde habitats en soorten voor dit habitatype in het SBZ-H Vlaamse Banken optreden. Een samenvattende tabel van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen met betrekking tot habitatype 1110 in het BNZ en meer bepaald de Vlaamse Banken wordt weergegeven voor beide scenario's en de drie kavels in Tabel 7-8.

Het fysisch habitat en de geassocieerde biotopen worden enkel lokaal, ter hoogte van de PEZ windparken, beïnvloed en dit zowel negatief als positief. Het zandbanken-geulen ecosysteem in zijn totaliteit wordt echter niet aangetast, gezien de beperkte oppervlakte (< 1 %) waarover de effecten zullen plaatsvinden (ca. 0,08 – 0,13 % van het totale BNZ of ca. 0,24 – 0,4 % van het SBZ-H 'Vlaamse Banken' voor de drie PEZ windparken samen en voor respectievelijk scenario 2 en scenario 1). De biologische effecten (structurele en functionele wijzigingen in de benthische gemeenschappen geassocieerd met het zandbanken en -geulensysteem) van de ontwikkelingen in de PEZ zullen relatief beperkt blijven, voor beide scenario's. De realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor dit habitatype binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' komt bijgevolg niet in het gedrang, en ondervindt mogelijks zelfs positieve effecten. Er is wederom een onderscheid in de effectbeoordeling tussen de kavels, daar kavel PE I buiten 'Vlaamse Banken' gelegen is. Het gebruik van monopile of jacket funderingen zal een beperktere negatieve invloed hebben op de ontwikkeling van sedimentpluimen en bijhorende sedimentatie (en verfijning) dan gravitaire funderingen. Dit verschil is echter niet van die grootteorde (gezien in max. 10 % van de turbinelocaties een gravitaire fundering geldt) dat het leidt tot een verschillende beoordeling.

Tabel 7-8 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. habitatype 1110 in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), verwaarloosbaar (0/-), matig negatief (-), betekenisvol negatief (--).

Effecten op habitatype 1110	Scenario 1			Scenario 2		
IHD 1 en 1.1: areaal	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Niet betekenisvolle wijziging areaal	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
1.1: EUNIS 2 mariene habitats	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
IHD 3 en 3.1: NIS						
3.1: Niet-inheemse soorten vermijden	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
IHD 4 en 4.1, 4.2, 4.3: kwetsbare soorten						
4.1 & 4.2: verhouding r-K strategen	0	0/+	0/+	0	0/+	0/+

Effecten op habitattype 1110	Scenario 1			Scenario 2		
4.3: volwassen exemplaren	0	0/+	0/+	0	0/+	0/+
IHD 5: stapelvoedsel						
Stapelvoedsel	0	0/+	0/+	0	0/+	0/+

7.5.5.2 Impact op Habitattype 1170: 'Riffen – Grindbedden'

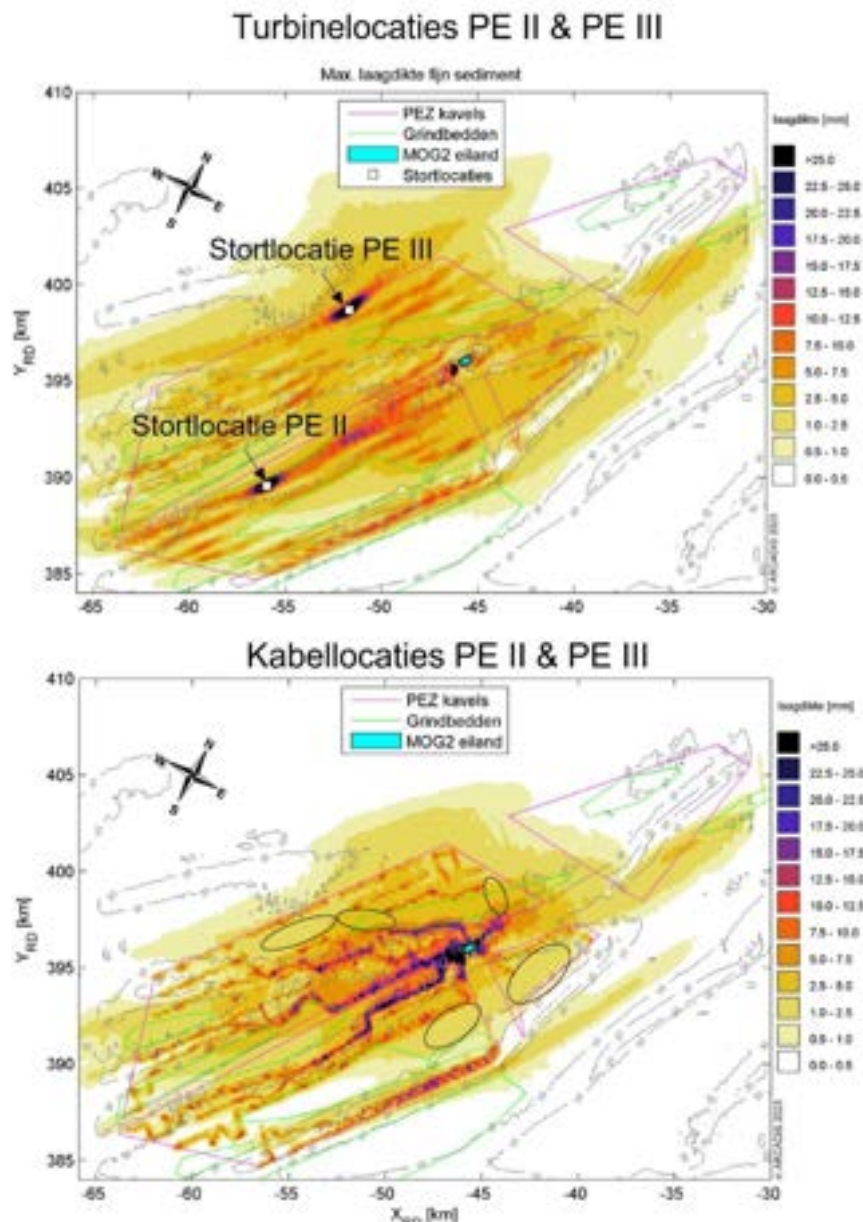
De instandhoudingsdoelstellingen met relevantie voor voorliggend project hebben betrekking op het areaal en de spreiding van dit habitattype (behoud van de ruimtelijke spreiding), en op de structuur en kwaliteit van de kenmerkende soorten van de grindbedden.

Areaal

De activiteiten in kader van de ontwikkeling van de PEZ windparken (incl. parkbekabeling) hebben intrinsiek een potentiële impact op grindbedden, namelijk door verwijdering en verstoring van het habitat (cf. zachte substraten binnen habitattype 1110; zie voorgaande § 7.5.2.1). Hoewel verschillende activiteiten in voorliggend project, met name deze gerelateerd aan het voorafgaand nivelleren en klaarmaken van de zeebodem voor de funderingen, erosiebescherming en parkbekabeling, alsook het (in)graven van de funderingsputten en parkbekabeling, een potentieel direct effect op de grindbedden in de PEZ kavels inhouden, werd in de indicatieve configuratie voor beide scenario's in voorliggend MER al zoveel mogelijk rekening gehouden met de aanwezigheid van de kwetsbare grindbedden (met name type 1; Montereale-Gavazzi et al., 2023a) in de PEZ kavels (zie § 4.1 in het MER). Zowel de grindbedden zelf, als de omringende 500 m bufferzone, kunnen volledig gevrijwaard worden door de windturbines (funderingen). Ook voor parkbekabeling is het mogelijk om zoveel mogelijk buiten de grindbedden en bufferzones te blijven, al zullen op enkele locaties aan de rand van de grindbedden de parkkabels toch in de bufferzone tot op een afstand van minder dan 20 m (i.e. de vooropgestelde minimale afstand die aangehouden dient te worden voor de parkkabels tot de grindbedden in de EDEN2000 studie van Van den Eynde et al.; 2023b) gelegen zijn. Omwille van deze zaken is de directe impact van habitatverlies voor habitattype 1170 nagenoeg afwezig, en wordt er dus geen direct betekenisvol effect op het areaal en de verspreiding van de grindbedden verwacht binnen voorliggend MER (0). De instandhoudingsdoelstellingen IDH 8 en 8.1 rond ruimtelijk bereik van het habitattype komen hierbij niet in het gedrang.

Zoals beschreven in de effectbeoordelingen voor Bodem en Water, alsook voor het benthos in het MER (zie § 5.1.4 en § 5.4.3; Arcadis Belgium NV, 2023), zal er echter ook een indirect effect optreden op de grindbedden, onder de invloed van de pluimontwikkeling en bijhorende sedimentatie en verfijning van het sediment tijdens en na de constructiewerkzaamheden (en voorbereidende bagger- en stortactiviteiten om de zeebodem klaar te maken). Uit de numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023; Externe bijlage 1) blijkt dat de afgezette sedimentlaag ter hoogte van de grindbedden, mede omwille van de aangehouden afstand van zowel bagger- als stortlocaties van minimum 500 m tot de type 1 grindbedden, echter zeer beperkt zal blijven, ongeacht het kavel en het scenario, en voor alle funderingstypes (indien voldoende afstand wordt aangehouden). Sedimentlaagdiktes van maximum 2 cm aan de rand van enkele grindbedden (daar waar parkkabels tot dicht bij de grindbedden moeten naderen) worden gemodelleerd bij

een scenario met 12/13 MW turbines (scenario 1, als worst-case scenario naar pluimvorming) van het MER (zie ook Figuur 7-9), maar deze worden op enkele weken tijd sterk geërodeerd omwille van de dynamiek in het projectgebied PEZ en het feit dat de bodemschuifspanning zodanig is dat resuspensie van fijn materiaal makkelijk kan plaatsvinden. Voor het merendeel van de grindbedlocaties wordt een maximale (en tijdelijke) laagdikte van 0,5 cm opgetekend in de modelleringen.



Figuur 7-9 – Weergave van de maximale laagdikte (i.e. de dikte op een bepaald moment in de tijd tijdens de werkzaamheden aangetroffen) in de PEZ kavels PE II en PE III, zowel voor de voorbereiding en aanleg van de funderingen op de turbinelocaties (boven) als de voorbereiding en aanleg van de parkbekabeling (onder). De contouren van de kavels zijn weergegeven in paars, de contouren van de grindbedden (op basis van de EDEN2000 studie) in groen. De locatie van twee indicatieve stortlocaties voor de fijne fractie gebagderd sediment is eveneens aangeduid op de bovenste figuur.

Niettegenstaande werd het effect van sedimentatie (welke ook langer kan doorgaan na afloop van de constructiewerkzaamheden) als gering negatief (0/-) beoordeeld in het MER voor de grindbedden en hun biota, omwille

van hun kwetsbaarheid (zelfs bij minimale laagdiktes zijn er potentieel lethale effecten voor sommige benthosoorten; zie MER; Zupan et al., 2023b). Grindbedden in het BNZ bevinden zich momenteel in een ongunstige staat van instandhouding (zie § 7.5.2.2).

Een laagdikte van doorgaans maximaal 0,5 cm aan fijne sedimenten afgezet bovenop een grindbed houdt evenwel geen wijziging in van het habitatype, waardoor de IHD 8 (minimaal behoud van de oppervlakte van de van nature voorkomende harde substraten) niet in het gedrang komt. Sterker nog, door een potentiële toevoeging van erosiebeschermingsmateriaal (breukstenen in de armour layer) rondom de funderingen met een gelijkaardige samenstelling als de van nature aanwezige harde substraten in de PEZ kavels, in combinatie met het uitsluiten van visserij in de hele PEZ, kan zelfs een mogelijke uitbreiding van het habitatype bekomen worden tijdens de exploitatiefase van voorliggend project. De mogelijkheid om de erosiebescherming rondom funderingen en ter hoogte van kabelkruisingen zo in te richten dat deze zoveel mogelijk gelijkaardig zijn aan het van nature voorkomende grindhabitat wordt alleszins aanbevolen binnen de EDEN2000 studies (Arboleda et al., 2023; Zupan et al., 2023c). Op die manier kan ook een verhoging van het aantal biota specifiek gelinkt aan de harde substraten in het BNZ gecreëerd worden, en kan de ecologische status van de grindbedden (welke momenteel ongunstig is; Kapasakali et al., 2023a), potentieel verbeterd worden. Wel dient vermeld te worden dat eventueel opgebouwde grindhabitats op en in de nabijheid van de erosiebescherming in de PEZ windparken bij volledige ontmanteling (zoals aangenomen wordt binnen voorliggend project) terug zullen verdwijnen/verstoord worden. Ongeacht dit gegeven, wordt gezien de weliswaar relatief lange exploitatiefase (20 jaar) en het grote oppervlak van de PEZ kavels, het netto effect op IHD 8 nog steeds als gering positief (0/+) beoordeeld. In geval geopteerd zou worden voor een gedeeltelijke verwijdering van windparkelementen en/of bekabeling en bijhorende erosiebescherming tijdens de ontmantelingsfase, dan zou dit een matig (+) tot zeer (++) positief effect kunnen betekenen voor IHD 8 (cf. IHD 4 eerder in dit hoofdstuk).

IHD 8.1 welke specificeert dat binnen de grindbedden ‘de verhouding van de oppervlakken met harde substraten ten opzichte van de oppervlakken met zacht sediment geen negatieve trend vertoont’ wordt als vrijwel onbestaande (0) beoordeeld, gezien de oppervlakkige effecten van een dunne laag fijne sedimenten afgezet op de grindbedlocaties welke snel erodeert doorheen de tijd.

Naast de effecten op de grindbedden van de activiteiten in de PEZ kavels zelf, spelen mogelijks ook cumulatieve effecten een belangrijke rol in de toename aan fijn sediment en mogelijke ‘smothering’ van de grindbedfauna (Van Lancker et al., 2017; zie ook Hoofdstuk 6 ‘Cumulatieve effecten’ in het MER). Dit aspect dient verder onderzocht en opgevolgd te worden.

Structuur en functie

Naast de impact op areaal van grindbedden hierboven besproken kunnen de activiteiten binnen voorliggend project leiden tot wijzigingen in structurele en functionele karakteristieken van het grindbed ecosysteem en de geassocieerde biota (zie effectbespreking voor ‘Macrobenthos’, ‘Epibenthos en vissen’ en ‘Artificiële harde substraten’ in het MER; Arcadis Belgium NV, 2023). Er zijn enkele instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd die specifiek linken aan de

structuur en functie van het habitattype 1170 – Geogene riffen (grindbedden) gegroepeerd onder de overkoepelende IHD 9 rond herstel van meer natuurlijke benthische gemeenschappen in de grindbedden (Belgische Staat, 2022a):

- IHD 9.1 – “Toename soortenrijkdom geassocieerd met harde substraten”.
- IHD 9.2 – “Toename voorkomen of dichtheid van langlevende soorten zoals wulk, platte oester, mossel, dodemansduim, etc.”.
- IHD 9.3 – “Toename in lichaamsgrootte van de grotere benthische soorten wulk en spinkrabben”.
- IHD 9.4 – “Toename in aantal en omvang van zandkokerworm riffen en driekantige kalkkokerwormen”.
- IHD 9.5 – “Herstel van grindbedden als paaiplaats voor haring en ei-afzetplaats voor haaïen en roggen”.

De effecten van de activiteiten in voorliggend project op deze IHD’s worden in onderstaande paragrafen toegelicht.

De activiteiten gekoppeld aan voorliggend project houden een significante introductie van artificiële harde substraten in. Deze bestaan uit de funderingen en erosiebeschermingslaag, dewelke de lokale habitatcomplexiteit en soortendiversiteit aanzienlijk verhogen (zie ook § 5.4.2.5 van het MER). De funderingen en erosiebescherming kunnen gekoloniseerd worden door zogenaamde epifauna, welke lokaal hoge dichtheden kunnen bereiken (Coolen et al., 2020, 2022; Lefaible et al., 2023; Zupan et al., 2023a; zie ook sectie § 5.4.3.2 van het MER). Daarnaast bieden de windturbines op zee ook een nieuw soort habitat: het offshore intertidaal op de turbines, waar voornamelijk soorten als mosselen zich vestigen. Veelal zijn deze organismen zogenaamde filtervoeders (Coates et al., 2015; Lefaible et al., 2019, 2023; Degraer et al., 2020b), die door hun consumptie van plankton dat ze uit het water filteren en hun productie van fecale pellets in staat om op die manier pelagische voedselbronnen beschikbaar te maken voor de benthische gemeenschap, waardoor de secundaire productie en mineralisatieprocessen in en rond deze kunstmatige riffen toenemen (De Borger et al., 2021). Met name soorten als de gewone mossel (*Mytilus edulis*) en de zeeanjer (*Metridium senile*) groeien weelderig op de funderingen en erosiebescherming rondom turbinelocaties. Dit effect werd als gering tot matig positief beoordeeld voor de harde substraatfauna in het MER (zie § 5.4.3.2 en § 5.4.3.5; Arcadis Belgium NV, 2023). Hoewel de artificiële harde substraatfauna niet volledig vergelijkbaar zal zijn aan de van nature voorkomende harde substraatfauna op de grindbedden in de PEZ kavels (Zupan et al., 2023c), biedt het aanleggen van erosiebescherming (liefst met zo gelijkaardig mogelijke kenmerken als de nabijgelegen grindbedden) en de funderingen zelf kansen voor de soorten die algemeen geassocieerd zijn met hard substraat in het BNZ. Omwille hiervan wordt een gering positief (0/+) tot matig positief (+) effect op IHD 9.1 en IHD 9.2 verwacht voor de PEZ kavels PE II en PE III (PE I is te ver van SBZ-H ‘Vlaamse Banken’ gelegen, dus geldt een neutrale beoordeling voor dit kavel) en beide scenario’s in voorliggend project. Het type fundering lijkt vooralsnog geen noemenswaardig verschil te geven in de kolonisatie door epifauna (Zupan et al., 2023d), waardoor dezelfde beoordeling geldt ongeacht het funderingstype. Tijdens de exploitatiefase van de PEZ windparken zal nauwgezet moeten gemonitord worden hoe de gemeenschappen op en rond de grindbedden en artificiële harde structuren zich uiteindelijk ontwikkelen.

Bijkomend zal ook het uitsluiten van bodemberoerende activiteiten van zodra gestart wordt met de bouw van de windparken in de PEZ kavels de kans bieden aan de aanwezige hardsubstraatgemeenschappen om zich in een rustigere omgeving qua zeebodemverstoring en andere antropogene verstoring (vb. visserij) te ontwikkelen (zie ook

effectbesprekingen onder Epibenthos en Vissen en voorgaande paragraaf rond effect op habitatype 1110). Dit biedt kansen voor meer langlevende soorten zoals wulk (*Buccinum undatum*) en K-strategen om zich te ontwikkelen op en rond de turbinelocaties in de PEZ kavels (wederom link naar IHD 9.2). Een terugkeer van de Europese platte oester (*Ostrea edulis*) behoort ook tot de mogelijkheden, maar zal sterk afhangen van de lokale omstandigheden en nabijheid van een bronpopulatie. Soorten krijgen daarnaast ook de mogelijkheid om uit te groeien tot grotere exemplaren, gezien hun habitat niet steeds verstoord wordt door bodemberoering. Deze gecombineerde effecten zijn van belang voor de instandhoudingsdoelstellingen gelinkt aan voorkomen en lichaamsgrootte van soorten als wulk, platte oester, etc. (IHD 9.2 en IHD 9.3 – en eventueel IHD 9.4). Er kan dus een gecombineerd gering positief effect (0/+) op deze IHD's worden verwacht binnen voorliggend MER, voor beide scenario's en kavels PE II en PE III (voor kavel PE I geldt een neutrale beoordeling gezien de afstand tot SBZ-H 'Vlaamse Banken'). Hierbij wordt aangenomen dat door het ontwijken van de grindbedden in de PEZ kavels in de indicatieve configuraties voor de scenario's in voorliggend project (zie § 4.1 van het MER; Arcadis Belgium NV, 2023), de eventuele gering negatieve effecten van verfijning van sediment ter hoogte van de grindbedden van ondergeschikt belang zullen zijn aan de mogelijke positieve effecten van uitsluiting bodemberoering en artificiële rif-effecten. Omwille van het gegeven dat tijdens de ontmantelingsfase (i.e. volledige verwijdering van erosiebescherming, funderingen en parkbekabeling) een deel van het opgebouwde habitat en geassocieerde hardsubstraatfauna terug zal verdwijnen/verstoord worden, wordt er geen matig positieve beoordeling gegeven (zie ook besluit voor IHD 4 en 8 eerder in dit hoofdstuk).

Wat betreft de geschiktheid van de PEZ kavels als paaiplaats voor haring (gelinkt aan IHD 9.5) is het maken van een eenduidige beoordeling van de effecten binnen voorliggend MER minder vanzelfsprekend. In eerste instantie omdat het niet geheel duidelijk is of het projectgebied momenteel dienstdoet als paaiplaats voor haring (zie ook Brabant et al., 2022b), in tweede instantie omdat zowel gering negatieve effecten (aanrijking met fijn sediment ten gevolge van sedimentpluimen bij baggeren/storten en nivelleren en mogelijke impacten van EMV van de parkbekabeling – al zijn deze laatste eerder onwaarschijnlijk) als gering positieve effecten (uitsluiting bodemberoering, mogelijke uitbreiding grindhabitat in functie van erosiebescherming) te verwachten zijn vanuit de effectbeoordeling in het MER (Arcadis Belgium NV, 2023). Welke uiteindelijk de doorslag zullen geven voor de soort, valt af te wachten en moet door monitoring tijdens de exploitatiefase in kaart gebracht worden. Voorlopig wordt omwille van de onzekerheid het effect op het herstel van grindbedden als paaiplaats voor haring en ei-afzetplaats voor haaien en roggen (IHD 9.5) als niet-betekenisvol (0) beoordeeld, ongeacht het kavel, scenario en funderingstype.

Besluit

Een samenvattende tabel van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen met betrekking tot habitatype 1170 – Geogene riffen (Grindbedden) in het BNZ en meer bepaald de Vlaamse Banken wordt weergegeven voor beide scenario's en de drie kavels in Tabel 7-9. Op basis van de huidige kennis wordt besloten dat er geen betekenisvolle negatieve effecten verwacht worden op habitatype 1170: 'Riffen – Grindbedden' ten gevolge van de ontwikkeling, exploitatie en ontmanteling van windparken in de PEZ kavels. De realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor dit habitatype binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' komt bijgevolg niet in het gedrang, en ondervindt mogelijks zelfs positieve

effecten, mede door het verminderd voorkomen van bodemberoerende activiteiten tijdens exploitatie. Gezien binnen voorliggend project uitgegaan wordt van een volledige verwijdering van alle structuren gelinkt aan de PEZ windparken (incl. parkbekabeling) tijdens de ontmantelingsfase, worden deze positieve effecten deels teniet gedaan waardoor maximum een gering positieve beoordeling m.b.t. de instandhoudingsdoelstellingen voor grindbedden bekomen wordt. In geval er toch voor een gedeeltelijke ontmanteling gekozen zou worden, kunnen de positieve effecten zich langer manifesteren in de PEZ en tot een positievere beoordeling van de IHD's voor de grindbedden en hun fauna leiden.

Er is een onderscheid in de effectbeoordeling tussen de verschillende kavels, gezien kavel PE I verder van SBZ-H Vlaamse Banken gelegen is (hoewel ook daar kwetsbare type 1 grindbedden met hoog ecologisch potentieel, maar momenteel in ongunstige staat voorkomen). Het gebruik van monopile of jacket funderingen zal een beperktere negatieve invloed hebben op de ontwikkeling van sedimentpluimen en bijhorende sedimentatie (en verfijning) dan gravitaire funderingen. Dit verschil is echter niet van die grootteorde dat het leidt tot een verschillende beoordeling.

Tabel 7-9 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. habitattype 1170 in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), verwaarloosbaar (0/-), matig negatief (-), betekenisvol negatief (--).

Effecten op habitattype 1170	Scenario 1			Scenario 2		
IHD 8 en 8.1: areaal	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Behoud harde substraten	0	0/+	0/+	0	0/+	0/+
8.1: verhouding hard vs. zacht substraat	0	0	0	0	0	0
IHD 9: herstel benthische gemeenschappen						
9.1: toename harde substraatfauna	0	0/+ tot +	0/+ tot +	0	0/+ tot +	0/+ tot +
9.2: toename langlevende soorten	0	0/+ tot +	0/+ tot +	0	0/+ tot +	0/+ tot +
9.3: toename lichaamsgrootte	0	0/+	0/+	0	0/+	0/+
9.4: toename zandkokerworm/kalkkokerworm	0	0	0	0	0	0
9.5: herstel paaiplaats haring & ei-afzetting roggen en haaien	0	0	0	0	0	0

7.5.5.3 Impact op Habitattype 1170: 'Riffen – *Lanice conchilega* aggregaties'

De instandhoudingsdoelstellingen met relevantie voor voorliggend project hebben betrekking op het ruimtelijk bereik en de spreiding van dit habitattype (behoud van de ruimtelijke spreiding), en op de kwaliteit van het *Lanice conchilega*-habitat.

Het voorkomen van het potentieel habitattype 1170 'Riffen – *Lanice* aggregaties' is nauw geassocieerd met het voorkomen van het biotoop *Abra alba* (zie § 5.3.2.1 in het MER; Arcadis Belgium, 2023,) en wordt binnen de speciale zone voor natuurbehoud 'Vlaamse Banken' voornamelijk ter hoogte van de Kustbanken voorspeld. Gezien de activiteiten met betrekking tot ontwikkeling, exploitatie en ontmanteling van windparken inclusief parkbekabeling in de drie PEZ kavels verder in zee plaatsvinden, wordt dit habitattype gevrijwaard. Er wordt dus geen toename van verstoring van het habitattype 1170 – biogene riffen verwacht binnen voorliggend MER.

Er worden geen betekenisvolle effecten verwacht op habitatype 1170 'Riffen – *Lanice* aggregaties' binnen voorliggend MER. De realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor dit habitatype binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' komt niet in het gedrang. Er is geen onderscheid in de effectbeoordeling tussen de verschillende kavels, scenario's en funderingstypes.

7.5.5.1 Impact op vogels

Voor vogels in het BNZ streven de verschillende instandhoudingsdoelstellingen een behoud van areaal (IHD 15) en kwaliteit van het leefgebied (IHD 17) na. Deze kwaliteit wordt beoordeeld op basis van voedselbeschikbaarheid, contaminanten en hoeveelheid afval. Ook verstoring wordt zoveel mogelijk vermeden (IHD 18). Daarnaast wordt ook het behoud van het migratiepotentieel nagestreefd (IHD 19), en het vermijden van fysieke verwonding door menselijke interactie beoogd (IHD 20).

Behoud areaal en ruimtelijke verstoring

In hoofdstuk § 5.4.3.3 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023) wordt gesteld dat vogels tijdelijk zullen verstoord worden tijdens de werkzaamheden o.a. door het onderbreken van foerageergedrag of het verdrijven uit hun rust- en foerageergebieden. Deze verstoring gevoeligheid is soortafhankelijk, en meeuwen (incl. grote mantelmeeuw) zijn hier doorgaans weinig gevoelig aan. Dit betekent bijgevolg een tijdelijk verstoring (IHD 18) van hun ruimtelijke verspreiding (gering negatief effect), maar geen inkrimping (0) van het areaal (IHD 15). Windparken oefenen tijdens de exploitatiefase zelfs een aantrekkingskracht uit op bepaalde soorten waaronder de grote mantelmeeuw, als rust- en foerageergebied (Vanermen & Stienen, 2019). De keerzijde van de aantrekking tijdens exploitatie is echter dat dit kan leiden tot een toename in mortaliteit door kans op aanvaring of barrière-werking (zie verder). Het aantrekkingspotentieel zal weliswaar ook terug verloren gaan tijdens de ontmantelingsfase indien alle structuren verwijderd worden. De constructie, exploitatie en ontmanteling van windparken in de PEZ kavels heeft daarom geen netto gevolgen voor het behalen van IHD's 15 en 18. Deze effecten en beoordeling worden gelijk geacht voor de drie kavels binnen het projectgebied PEZ en voor beide scenario's.

Kwaliteit leefgebied – voedselbeschikbaarheid

Van de lijst beschermde soorten komt de grote mantelmeeuw in hoge aantallen voor ter hoogte van het projectgebied. Grote mantelmeeuwen zijn omnivoren die onder andere visafval en discards bij vissersboten eten, maar ook schelpdieren, andere vogels, zoogdieren en huishoudelijk afval. In de nationale rapportage onder de KRMS (Belgische Staat, 2018a) werd een algemeen dalende trend voor aasetende soorten vastgesteld maar deze lijkt niet echt verband te houden met visserijactiviteiten of met het gevoerde visserijbeleid (o.a. verbod op teruggooi). Deze soorten zijn ook slechts voor een beperkt deel van hun voedselbehoefte afhankelijk van visserij. Het afsluiten van de PEZ (inclusief veiligheidsbuffer van 500 m) voor alle reguliere scheepvaart en dus ook voor commerciële en recreatieve visserij, zal een mogelijke verschuiving veroorzaken van visserij-activiteiten naar naburige visserijgebieden, maar zal bijgevolg geen bijkomend effect veroorzaken naar voedselbeschikbaarheid en mogelijke effecten voor aasetende soorten zoals grote mantelmeeuw.

Daarnaast zal tijdens de constructiefase (en ontmantelingsfase) een tijdelijk verhoogde turbiditeit waargenomen worden door het baggeren, verplaatsen en storten van sedimenten in functie van de installatie van de funderingen en parkbekabeling. Dit kan vooral gevolgen hebben voor vogelsoorten die voornamelijk gebruik maken van predatie op zicht (bv. alk-achtigen, futen, duikers, aalscholvers), maar is minder een probleem naar voedselbeschikbaarheid voor opportunistische soorten als de grote mantelmeeuw. Bovendien gaat het om een tijdelijk effect (zie ook § 5.1.4.2 van het MER) en zijn de meeste soorten in het BNZ (waaronder de grote mantelmeeuw) reeds aangepast aan het jagen in van nature troebel water. Meer nog, deze soorten profiteren zelfs van het verhoogde voedselaanbod bij het omwoelen van de bodem en de verhoogde scheepsactiviteit (Stienen et al., 2002; Vanermen et al., 2006). Tijdens de operationele fase kan verder een eventuele toename in voedselbeschikbaarheid optreden in en rond de projectlocatie (PEZ) ten gevolge van het artificieel rif-effect waardoor een netto positief effect (0/+) op voedselbeschikbaarheid kan gecreëerd worden voor vogels.

Voor opportunistische soorten zoals de grote mantelmeeuw zal de ontwikkeling van de PEZ windparken geen negatieve gevolgen hebben naar voedselbeschikbaarheid en dus ook niet voor het behalen van IHD 17. Deze effecten en beoordeling worden gelijk geacht voor de drie kavels binnen het projectgebied en voor beide scenario's.

Kwaliteit leefgebied – contaminanten en afval

Tijdens de constructiefase (en ontmantelingsfase) kan de voorgenoemde verhoging in turbiditeit ook zorgen voor een resuspensie van contaminanten uit het sediment, met potentiële gevolgen voor de leefbaarheid van het gebied voor vogels (IHD 17). Gezien hun trofische positie in het mariene voedselweb kunnen deze contaminanten uit het sediment opstapelen in elk niveau van de voedselketen en indirecte gevolgen hebben op de gezondheid van zeevogels. Ook andere afvalstoffen (incl. macro- en microplastics) die in de waterkolom terechtkomen door o.a. resuspensie van het sediment en verhoogd scheepsverkeer, kunnen negatieve gevolgen hebben, waaronder verstikkingsgevaar en opstapeling van deze componenten in de voedselketen. Zie externe bijlage 5 (afvalbeheersplan) voor een meer uitgebreide afvalstudie uitgevoerd door ARCADIS Belgium NV (2023b). Gezien de geringe aard van de rechtstreeks verhoogde turbiditeit en input van afvalstoffen in de leefomgeving van zeevogels (en meer specifiek de grote mantelmeeuw) t.g.v. de ontwikkeling van de windparken in de PEZ kavels, worden deze effecten als minimaal beschouwd in beide scenario's en alle kavels wat betreft een aantasting van de kwaliteit van het leefgebied van zeevogels (0) m.b.t. contaminanten en afval (IHD 17).

Kwaliteit leefgebied – migratiepotentieel en fysieke verwonding

Een belangrijk aspect voor de kwaliteit van het leefgebied in het BNZ is het behoud van het migratiepotentieel van vogels (IHD19) tijdens de operationele fase. Windparken creëren een barrière-effect waarbij de gevoeligheid voor verstoring soortafhankelijk is. De studie van Vanermen et al. (2002a) classificeerde de grote mantelmeeuw echter bij de soorten waar sterke verstoringseffecten onwaarschijnlijk zijn. De PEZ overlapt bovendien niet met de zone met de hoogste densiteit aan vogelsoorten die het meest gevoelig blijken (i.e. zwarte zee-eend en duikers). Het barrière-effect ten gevolge van de ontwikkeling van de windparken in de PEZ wordt voorzichtigheidshalve als gering negatief (0/-) ingeschat voor

beide scenario's en de 3 kavels (zie ook § 5.4.3.3 van het MER), en heeft geen betekenisvolle gevolgen voor het behalen van IHD 19.

Windparken kunnen niet alleen een barrière-effect veroorzaken, maar kunnen ook tot aanvaringen leiden met de turbines (IHD 20) met mogelijke fatale gevolgen voor de vogels. Uit de detailbespreking van deze effecten in § 5.4.3.3 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023), blijkt dat grote en kleine mantelmeeuwen het hoogste risico lopen op aanvaring met de operationele windturbines in de Oostelijke energiezone (Brabant et al., 2022a). Op basis van de resultaten van de studie waarbij scenario 1 van PEZ gelijkaardig is aan hun scenario A (15 MW), wordt het netto aanvaringsrisico tussen vogels (zeevogels en trekvogels) en de operationele turbines in dit scenario in de PEZ als gering negatief ingeschat (0/-). Onderzoek door Brabant et al. (2021b, 2022a) toont ook aan dat het aanvaringsrisico voor zeevogels negatief gecorreleerd is en dat voor trekvogels positief gecorreleerd is met de dimensies van de operationele turbines. Hierdoor wordt het netto aanvaringsrisico in scenario 2 in voorliggend MER als gering negatief ingeschat (0/-) voor zeevogels en als matig negatief (-) voor migrerende vogelsoorten. Uit de studie komt ook dat een hogere minimale tiphoogte een significant positieve invloed kan hebben op het aantal aanvaringen tussen zeevogels en operationele windturbines. Zowel in scenario 1 als 2 wordt een minimale tiphoogte van 25 m voorzien, en is er in voorliggend project dus geen onderscheidend element voor de effectbeoordeling. Studies tonen aan dat een extra 5m in tiphoogte (bijvoorbeeld van 22 tot 27 m) resulteerde in een 41 % afname in aanvaringsrisico (Brabant et al., 2022a). De ontwikkeling van de PEZ windparken zal hoe dan ook aanleiding geven tot bijkomende verwonding en sterfte van zeevogels (IHD 20). Echter de keuze voor grotere turbines in de PEZ, zal het aanvaringsrisico per MW doen dalen voor zeevogels in vergelijking met de Oostelijke energiezone. Er bestaat echter nog onzekerheid in welke mate minder maar grotere turbines (scenario 2) de zeevogeldensiteit in de windparken zal beïnvloeden, daar mogelijks grotere afstanden tussen de turbines aanleiding kunnen geven tot een verlaagd vermijdingsgedrag, met een hogere aanvaring tot gevolg (Brabant et al., 2022a). Omwille van deze onzekerheid worden beide scenario's gelijkwaardig beoordeeld voor het behalen van IHD 20. Weliswaar zal het garanderen van een minimale tiphoogte van 25 m voor beide scenario's belangrijk zijn om dit risico zo laag mogelijk te houden in functie van het behalen van IHD 20.

Populatie

De grote mantelmeeuw zelf staat momenteel niet onder druk op Belgisch of Europees niveau (INBO, 2023; IUCN, 2023) en gezien hun lage verstoringsgevoeligheid zal de ontwikkeling van de PEZ windparken hier naar alle waarschijnlijkheid geen verandering in brengen. De ontwikkeling van windpark in de PEZ kavels heeft daarom geen gevolgen (0) voor het behalen van IHD 16. Deze effecten en beoordeling worden gelijk geacht voor de drie kavels binnen het projectgebied en voor beide scenario's.

Samenvatting

Een samenvattende tabel van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen met betrekking tot beschermde zeevogels (focus op grote mantelmeeuw) in het BNZ wordt weergegeven voor beide scenario's en de drie kavels in Tabel 7-10.

Tabel 7-10 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. vogels in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief of verwaarloosbaar (0/-), matig of niet-betekenisvol negatief (-), betekenisvol negatief (--).

Effecten op zeevogels	Scenario 1			Scenario 2		
IHD 15: areaal	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Behoud areaal	0	0	0	0	0	0
Ruimtelijke verspreiding	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
IHD 17: kwaliteit leefgebied						
Voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Contaminanten en afval	0	0	0	0	0	0
IHD 19: migratiepotentieel IHD 20: fysieke verwonding						
Barrière-effect	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
IHD 16, 16.1: populatie						
Populatiegrootte	0	0	0	0	0	0

7.5.5.2 Impact op zeezoogdieren

Voor bruinvissen in het BNZ streven de verschillende instandhoudingsdoelstellingen een behoud van areaal en kwaliteit van het leefgebied na. Deze kwaliteit wordt beoordeeld op basis van voedselbeschikbaarheid, contaminanten, onderwatergeluid en hoeveelheid afval. Daarnaast wordt ook het vermijden van incidentele mortaliteit door bijvangst en fysieke verwonding door menselijke interactie beoogd.

Behoud areaal

In hoofdstuk § 5.4.3.4 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023) wordt gesteld dat bruinvissen de projectlocatie en omgeving tijdelijk zullen verlaten tijdens de werkzaamheden en na de constructiefase hoogstwaarschijnlijk zullen terugkeren naar het gebied. Ook verstoring door een verhoogde menselijke aanwezigheid (i.e. aantal scheepsbewegingen) wordt verwacht bij te dragen tot dit effect. Dit betekent bijgevolg een tijdelijk verlies aan areaal en verstoring van hun ruimtelijke verspreiding, dus een inbreuk op IHD 10 en 10.1. Gezien deze aanzienlijke verstoring, doch van tijdelijke aard, wordt areaalverlies ten gevolge van de ontwikkeling van een windpark in de PEZ als verwaarloosbaar (0/-) ingeschat op het behalen van IHD 10 en 10.1. Deze effecten en beoordeling worden gelijk geacht voor de drie kavels binnen het projectgebied en beide scenario's.

Kwaliteit leefgebied – voedselbeschikbaarheid

Voor bruinvissen in het BNZ wordt een behoud van voedselbeschikbaarheid nagestreefd dewelke geschikt is voor de ondersteuning van de verschillende fasen in de levenscyclus (IHD 11). In § 5.4.3.4 van het MER wordt gesteld dat een verhoging van turbiditeit t.g.v. constructiewerken (incl. parkkabels) een tijdelijke, indirecte invloed kan hebben op het foerageergedrag van bruinvissen. Deze soort is echter van nature aangepast aan een relatief slechte zichtbaarheid, waardoor significante effecten van een tijdelijk verhoogde turbiditeit onwaarschijnlijk zijn (Todd et al., 2015). Een

potentiële visuele belemmering door sedimentpluimen wordt niet als significant ingeschat op individueel of op populatieniveau (Rumes & Degraer, 2022a). Daarnaast zijn ook mogelijke indirecte effecten van een verhoogde turbiditeit te verwachten op potentiële prooi-soorten van bruinvissen, o.a. door aantasting van (epi)benthische habitats en gemeenschappen (Rumes & Degraer, 2022a).

Tijdens de operationele fase kan echter een eventuele toename in voedselbeschikbaarheid optreden in en rond de projectlocatie (PEZ) ten gevolge van het artificieel rif-effect en/of de uitsluiting van verstoring door visserij en scheepvaart (zie § 5.4.3.4 van het MER). Dit artificieel rif-effect wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van de turbinefunderingen en de erosiebescherming, dewelke worden gekoloniseerd door epifauna. Deze koloniserende gemeenschappen creëren een aantrekking voor hogere trofische soorten (Mavraki et al., 2021) en hebben zo een netto positief effect op voedselbeschikbaarheid voor bruinvissen. In het Nederlandse OWEZ Windpark werd via passieve akoestische metingen een verhoogd aantal bruinvissen waargenomen binnen het park in vergelijking met daarbuiten (Scheidat et al., 2011). Deze aantrekking werd verklaard door een hogere voedselbeschikbaarheid t.g.v. een artificieel rif-effect en uitsluiting van visserij, alsook t.g.v. eventuele vermijding van verstoring buiten het windpark.

Gezien de tijdelijke en geringe aard van verstoring door verhoogde turbiditeit en de eerder langdurige aard van een verhoogde voedselbeschikbaarheid, wordt het effect van de ontwikkeling van een windpark binnen de PEZ als gering positief (0/+) beschouwd voor de kwaliteit van het leefgebied voor bruinvissen wat betreft voedselbeschikbaarheid (IHD 11) en dit voor alle kavels en beide scenario's in het project.

Kwaliteit leefgebied – onderwatergeluid en fysieke verwonding

De kwaliteit van het leefgebied voor bruinvissen in het BNZ wordt mede bepaald door de aanwezigheid van onderwatergeluiden (impulsief en continu; IHD 11). Gezien deze soort hoog sensitief is aan dergelijke verstoring, kan het overschrijden van een zekere akoestische grens tot fysieke verwondingen leiden (IHD 13; zie § 5.4.3.4 van het MER). Impulsieve geluidsverstoring t.g.v. de constructie van een windpark is voornamelijk gelinkt aan het heien van turbinefunderingen in geval van monopile en jacket funderingen en is dus tijdelijk van aard. Het verhoogde scheepsverkeer zorgt bovendien voor een continue geluidsverstoring, maar in een lage mate t.o.v. het reeds aanwezige scheepsverkeer in het BNZ (zie § 5.4.3.4 van het MER). Bruinvissen zijn mobiele zeezoogdieren en zullen, vooral tijdens de constructiefase en de impulsieve geluidsverstoring, het projectgebied en directe omgeving naar alle waarschijnlijkheid tijdelijk verlaten. De te verwachten gegenereerde geluidsdrukniveaus voor de PEZ voor het heien van zowel MP als JF zullen ver boven de huidige limiet van 185 dB re 1 µPa uitstijgen zonder gebruik van mitigerende maatregelen (zie ook Tabel 5-17 in § 5.3.2.2 van het MER), waarbij het negatief effect groter is voor de MP dan de JF, en toeneemt met toenemende grootte (paaldiameter) van de turbine (22 MW > 12 MW) (zie ook § 5.3.4.3 en § 5.4.3.4 van het MER). Indien voor GBF of SB als alternatief voor het heien van de MP of JF wordt gekozen, zal er geen heigeluid aan te pas komen.

Passende milderende maatregelen worden in detail besproken in § 5.4.5.4 van het MER en omvatten technieken die enerzijds het niveau aan geproduceerde decibels kunnen verlagen en anderzijds de verspreiding van de geluidsgolven kan beperken. Verder zijn ook maatregelen beschikbaar om de nabijheid van bruinvissen te beperken in de periodes van de

grootste verwachte geluidsverstoring. Ondanks verschillende milderende maatregelen, kunnen de effecten van geluidsverstoring (incl. eventuele fysieke verwonding) niet (volledig) uitgesloten worden. Op basis van ingeschatte geluidsreducties welke kunnen verkregen worden met de huidige BBT aan milderende maatregelen (o.a. dubbel bubbelgordijn, inzetten van vibrerende hamers, etc.), zal het voor de funderingen (zowel MP als JF) in scenario 1 (12 MW) van voorliggend project nog mogelijk zijn om onder de vooropgestelde limiet in het BNZ van 185 dB re 1 μ Pa op 750 m van de geluidsbron te blijven met het impulsieve onderwatergeluid (matig negatief effect). Echter voor scenario 2 (22 MW), waarbij nóg grotere paaldimensies zullen moeten worden geheid, is het op basis van de huidige kennis enkel bij het heien van jacket funderingen mogelijk om de norm te halen met het toepassen van de BBT milderende maatregelen (matig negatief effect). Het effect van het heien van de funderingspalen bij MP in geval van scenario 2 met grotere dimensies turbines wordt als significant negatief (--) beoordeeld (zelfs bij gebruik van de huidige BBT milderende maatregelen). Met betrekking tot de kwaliteit van het leefgebied van bruinvissen en de (tijdelijke) geluidsverstoring (IHD 11) of zelfs fysieke verwonding (IHD 13) gelinkt aan de ontwikkeling van windparken in de PEZ kavels, wordt het netto-effect daarom als matig negatief (-), maar niet-betekenisvol ingeschat (inclusief gebruik van huidige BBT voor heien), dit voor scenario 1 (zowel voor de MP als de JF) en scenario 2 (enkel bij JF), voor alle kavels. Voor scenario 2 bij keuze voor MP wordt het effect als betekenisvol negatief (--) ingeschat, en dit voor alle kavels, op basis van de gekende 'best practices'. In dit geval zal moeten aangetoond worden dat de gebruikte technieken verder geoptimaliseerd kunnen worden of bijkomende (nieuwe) technieken ingezet kunnen worden, om deze betekenisvolle aantasting te milderen tot aanvaardbare normen.

Bij het gebruik van installatietechnieken zonder impulsieve geluidsverstoring (i.e. suction bucket of GBF), zijn de effecten van impulsieve geluidsverstoring lager, al veroorzaken deze technieken ook een relatief hoog niveau aan continu onderwatergeluid door de nodige baggerschepen (gering tot matig negatief). Echter bij keuze voor GBF, zullen deze in voorliggend project slechts voor 10 % van de turbinelocaties ingezet worden, waardoor nog steeds 90 % bestaat uit geheide monopiles. Om deze redenen wordt het netto-effect op geluidsverstoring (IHD 11) en fysieke verwondingen (IHD 13) van alternatieven die deze techniek toepassen in beide scenario's uit voorzorg op dezelfde schaal gescoord als het heien bij 100 % van de turbinelocaties. Bij keuze voor suction bucket (100 %) als volwaardig alternatief voor het heien, zal het netto-effect op geluidsverstoring (IHD 11) en fysieke verwondingen (IHD 13) voornamelijk gelinkt zijn aan het scheepsgeluid en wordt dit bijgevolg als gering tot matig negatief ingeschat. Echter, een scenario waarbij alle turbinelocaties via het SB principe worden geïnstalleerd is weinig realistisch. Indien eenzelfde percentage als voor GBF wordt gehanteerd (10 %), zal er geen noemenswaardig verschil zijn met de beoordelingen voor MP en/of JF.

Verder worden ten gevolge van de parkkabels en gecreëerde elektromagnetische velden geen gevolgen verwacht met betrekking tot zeezoogdieren (zie § 5.4.3.4 van het MER).

Kwaliteit leefgebied – contaminanten en afval

Tijdens de constructiefase kan de voorgenoemde verhoging in turbiditeit ook zorgen voor een resuspensie van contaminanten uit het sediment, met potentiële gevolgen voor de leefbaarheid van het gebied voor bruinvissen (IHD 11).

Gezien hun trofische positie in het mariene voedselweb, kunnen deze contaminanten uit het sediment opstapelen in elk niveau van de voedselketen en indirecte gevolgen hebben op de gezondheid van bruinvissen. Ook andere afvalstoffen (incl. macro- en microplastics) die in de waterkolom terechtkomen door o.a. resuspensie van het sediment en verhoogd scheepsverkeer, kunnen negatieve gevolgen veroorzaken, waaronder verstikkingsgevaar en opstapeling van deze componenten in toppredatoren zoals bruinvissen. Zie externe bijlage 5 (afvalbeheersplan) voor een meer uitgebreide afvalstudie uitgevoerd door ARCADIS Belgium NV (2023b). Gezien de geringe aard van de rechtstreeks verhoogde turbiditeit en input van afvalstoffen in de leefomgeving van bruinvissen t.g.v. de ontwikkeling van de windparken in de PEZ kavels, worden deze effecten als minimaal beschouwd in beide scenario's en alle kavels wat betreft een aantasting van de kwaliteit van het leefgebied van bruinvissen (0) m.b.t. contaminanten en afval (IHD 11).

Incidentele mortaliteit

Incidentele mortaliteit van bruinvissen in het BNZ (IHD 12) kan mee veroorzaakt worden door incidentele bijvangst in vistuig (IHD 12.1), met een verhoogd percentage van bijvangst als vastgestelde doodsoorzaak bij aangespoelde dieren op het strand (IHD 12.2). Deze voorvallen, veroorzaakt door de mens, dienen dus in de mate van het mogelijke vermeden te worden om de levensvatbaarheid van deze soort in het BNZ op lange termijn te garanderen. Niettegenstaande dat visserij binnen een operationeel windpark (PEZ) uit veiligheid voor de constructies alsook voor de vissers zelf uitgesloten wordt, zullen de vissersschepen naar alle waarschijnlijkheid zich verplaatsen naar naburige visserijgebieden. In deze optiek zal het netto-effect inzake incidentele mortaliteit van bruinvissen (bijvangst) ongeveer gelijk blijven (0). Hier wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende scenario's.

Samenvatting

Een samenvattende tabel van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen met betrekking tot bruinvissen in het BNZ wordt weergegeven voor beide scenario's en de drie kavels in Tabel 7-11.

Tabel 7-11 – Overzicht van de effectbespreking voor instandhoudingsdoelstellingen m.b.t. zeezoogdieren in het BNZ voor scenario 1 en 2, en de drie kavels binnen de PEZ; betekenisvol positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief of verwaarloosbaar (0/-), matig of niet-betekenisvol negatief (-), betekenisvol negatief (--).

Effecten op zeezoogdieren	Scenario 1			Scenario 2		
IHD 10 en 10.1: areaal	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Behoud areaal	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ruimtelijke verspreiding	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
IHD 11: kwaliteit leefgebied						
IHD 13: verwonding						
Voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Onderwatergeluid en fysieke verwonding: heien MP (100 %)	-	-	-	--	--	--
Onderwatergeluid en fysieke verwonding: heien JF (100 %)	-	-	-	-	-	-
Onderwatergeluid en fysieke verwonding: GBF (10 % + 90 % MP)	-	-	-	--	--	--

Onderwatergeluid en fysieke verwonding: suction bucket (100 %)	0/- tot -	0/- tot -	0/- tot -	0/- tot -	0/- tot -	0/- tot -
Contaminanten en afval	0	0	0	0	0	0
IHD 12, 12.1 en 12.2: mortaliteit						
Incidentele bijvangst	0	0	0	0	0	0
Percentage bijvangst als doodsoorzaak	0	0	0	0	0	0

7.5.5.3 Cumulatieve effecten

Zoals reeds aangegeven in § 6 CUMULATIEVE EFFECTEN van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023), blijft het kwantificeren en beoordelen van potentiële cumulatieve effecten een zeer complex gegeven. Dit geldt zowel binnen het BNZ, als op een ruimere geografische schaal (i.e. EU en internationaal). Er werden reeds pogingen ondernomen om verdere stappen te zetten in het bepalen van een duidelijke methodologie (o.a. voor onderwatergeluid binnen OSPAR, OSPAR 2017). In voorliggend project en ontwerp passende beoordeling, echter, wordt in afwachting van een overkoepelende en kwantitatieve methodologie, gebruik gemaakt van een gecombineerde kwalitatieve aanpak op basis van expert judgement.

Voor de effecten die een matig (-) of significant (--) negatieve impact hebben op de verschillende effectgroepen door de ontwikkeling van windparken (incl. parkbekabeling) in de PEZ kavels, wordt in het MER (Arcadis Belgium NV, 2023) gekeken of het potentieel cumulatief effect (in combinatie met andere activiteiten) kleiner, gelijk dan wel groter is dan de som van de individuele effecten. In voorliggende ontwerp passende beoordeling betreft het met name sedimentatie en bijhorende mogelijke verfijning van het sediment ter hoogte van de PEZ kavels en aanwezige habitattypes 1110 en 1170 (IHD 1 en IHD 8), de gezamenlijke impact van barrière-werking ten gevolge de aanwezigheid van de PEZ windparken op zeevogels (met name grote mantelmeeuw) (IHD 19), en de impact van heien als installatietechniek op bruinvissen in het BNZ (IHD 11 en IHD 13).

Voor wat betreft de **benthische habitats 1110 en 1170** in het SBZ-H Vlaamse Banken zal de ontwikkeling, exploitatie en ontmanteling van de drie PEZ windparken een aantal cumulatieve effecten inhouden, onderling met elkaar, maar ook aanvullend met de in de nabijheid aanwezige zandwinning en visserij, alsook de aanwezigheid van het MOG2 eiland. Zo zal het cumulatief effect van de werkzaamheden (turbines & parkkabels) in de drie PEZ kavels samen, en in combinatie met deze in de naburige zandwinningsgebieden en visserijgebieden rondom de PEZ, op de pluimvorming en sedimentatie van fijne fractie groter zijn dan de som van de individuele effecten (>S) gelet op de verder reikende pluimvorming. Hoewel nog steeds als aanvaardbaar beschouwd, zal er een matig negatief (-) cumulatief effect zijn op habitatype 1110. De effecten op de kwetsbare grindbedden van habitatype 1170 worden op basis van de modelleringsresultaten weliswaar als beperkt beoordeeld, maar cumulatief met de andere activiteiten in de PEZ en daarrond wordt er ook voor dit habitatype een cumulatief matig negatief (-) effect verwacht vanuit een voorzorgsprincipe. Er wordt evenwel geen betekenisvolle aantasting van de IHD's voor de grindbedden (habitatype 1170) en geassocieerde biota verwacht omwille van cumulatieve effecten, mede doordat de afsluiting van de PEZ in zijn totaliteit van o.a. visserij samen met een potentiële uitbreiding van het habitatype d.m.v. de erosiebescherming een potentiële verbetering van de staat van de bestaande grindbedden (momenteel in zeer ongunstige staat) kan betekenen (zie eerder in dit hoofdstuk).

De bijkomende scheepsbewegingen voor de ontwikkeling van de PEZ windparken zorgen, naast de reeds bestaande druk door commerciële en recreatieve scheepvaart en de bouw van het MOG2 eiland (met name transmissie-infrastructuur en exportkabels ten tijde van constructie van de PEZ windparken), voor een bijkomende verstoring van verstoringsgevoelige **zeevogels** die voornamelijk in de kustzone voorkomen. Ter hoogte van de PEZ komen echter minder verstoringsgevoelige soorten voor, en komen deze activiteiten verspreid in ruimte en tijd voor over een periode van ca. 2024-2030 (voor MOG2 en PEZ samen), waardoor het cumulatieve effect van deze activiteiten op de aanwezige avifauna gelijk aan de som van de effecten (S) wordt ingeschat. Dit geldt ook voor de cumulatieve effecten op turbiditeit in de waterkolom (S), die als relatief lokaal en tijdelijk worden beoordeeld. Deze cumulatieve effecten hebben geen gevolgen voor het behalen van de IHD's 15 (areaal) en 18 (verstoring) voor zeevogels. De cumulatieve effecten t.g.v. aanvaring en barrière-vorming (inclusief verlies leefgebied) op vogels en vleermuizen in het BNZ werden in § 6.3.4.2 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023) besproken, waarbij gewezen wordt op de onzekerheid betreffende soortspecifieke gevoeligheid van zeevogels om windparken te mijden. Zo is er de mijding van de windparken als geheel (tot op meerdere kilometers afstand), de mijding van de individuele turbines, alsook de last-minute ontsnappingspogingen wanneer de rotorbladen een vogel effectief dreigen te raken. Offshore windparken oefenen een belangrijk aantrekkingseffect uit op grote mantelmeeuwen (Vanermen & Stienen, 2019), die doorgaans ook hoger vliegen en minder behendig zijn in het ontwijken van roterende wieken, met een verhoogde kans op aanvaring tot gevolg. Het inschatten van de impact van aanvaringsslachtoffers op de (Belgische) populatie van bepaalde soorten is echter moeilijk (Drewitt & Langston, 2006; Vanermen & Stienen, 2023). Vaak wordt hier de drempel van 1 % bijkomende sterfte op populatieniveau gehanteerd om in te schatten of aanvaringsrisico's al dan niet aanvaardbaar zijn, maar zonder gegevens met betrekking tot aanvaringsslachtoffers is dit niet in te schatten. Enkel monitoring achteraf kan meer inzicht verschaffen in de uiteindelijke impact van de geplande PEZ windparken (Vanermen et al., 2022; 2023). De populatie grote mantelmeeuw in het BNZ bevindt zich momenteel nog steeds in een gunstige staat van instandhouding. Omwille van de onzekerheid wordt het cumulatieve effect naar aanvaring door de ontwikkeling van PEZ als gering negatief (0/-) ingeschat, maar zonder betekenisvolle aantasting van IHD 16 (populatie) en 19 (aanvaring). In de context van cumulatieve effecten naar barrière-werking (>S) t.g.v. bestaande (Oostelijke energiezone en Borssele) en toekomstige (PEZ) windparken binnen en nabij het BNZ, werd door Vanermen & Stienen (2023) een metastudie uitgevoerd met als doel de meest kwetsbare zeevogelsoorten en potentiële verstoringsafstanden te identificeren (zie ook § 6.3.4.2 van het MER). Voor sommige soorten (o.a. Jan-van-Gent, zeekoet, alk) zullen deze cumulatieve effecten inzake barrièrevorming een significant verlies in habitat en aanvliegroutes betekenen (Vanermen & Stienen, 2019). Dit is echter niet het geval voor de grote mantelmeeuw die minder gevoelig lijkt m.b.t. barrièrevorming, waardoor het cumulatieve effect voor grote mantelmeeuw als matig negatief (-) wordt gescoord en geen betekenisvolle aantasting wordt verwacht voor IHD 17.

Ondanks de mobiliteit van **bruinvissen** binnen het BNZ en daarbuiten, zullen de relatief lange constructieperiode van het MOG2 eiland voorafgaand aan de constructieperiode van de PEZ windparken een totale verstoringsduur van ca. 6 jaar betekenen waarbinnen effecten naar geluidsverstoring van scheepvaartverkeer en heilactiviteiten gerelateerd aan de drie PEZ windparken kunnen cumuleren (potentieel cumulatief effect groter dan de som van de individuele effecten >S). Op basis van de huidige kennis, komen de (huidige) instandhoudingsdoelstellingen met betrekking tot kwaliteit leefgebied

(IHD 11) en verwondingen (IHD 13) van bruinvissen in het BNZ in het gedrang indien gekozen wordt voor heien als installatietechniek. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende kavels binnen het project, maar wel tussen beide scenario's en afhankelijk van het funderingstype. Hierbij wordt de geluidsoverlast door heien van monopiles groter ingeschat dan voor jacket funderingen, en dit ook gerelateerd aan de grootte van de turbinefunderingen (22 MW > 12 MW) omwille van de grotere paaldiameter (zie ook § 7.5.5.1 van voorliggend hoofdstuk). Daar aangenomen kan worden dat er eerder sequentieel dan simultaan geheid zal worden in de verschillende PEZ windparken, is de kans op interferentie met de andere PEZ windparken in de kavels eerder klein, waardoor het cumulatief effect dezelfde trend volgt als de beoordeling voor de afzonderlijke kavels. Voor scenario 2 bij keuze voor MP wordt het cumulatief effect van ontwikkeling van de drie PEZ windparken als betekenisvol negatief (--) ingeschat voor IHD 11 en 13, ook indien de gekende 'best practices' naar milderende maatregelen worden toegepast. In dit geval zal moeten aangetoond worden dat de gebruikte technieken verder geoptimaliseerd kunnen worden of bijkomende (nieuwe) technieken ingezet kunnen worden, om deze betekenisvolle aantasting te milderen tot aanvaardbare normen. Voor de andere scenario's (scenario 1 MP én JF, scenario 2 met JF) wordt het cumulatief effect als matig negatief (-) maar niet betekenisvol voor IHD 11 en 13 ingeschat, weliswaar ook hier met noodzakelijke inzet van de bestaande milderende maatregelen.

Voor een gedetailleerde bespreking van de (potentiële) cumulatieve effecten die mogelijks optreden voor de habitattypes en soorten binnen het SBZ-H 'Vlaamse Banken', wordt verwezen naar § 6.3.4 van het MER (Arcadis Belgium NV, 2023).

7.5.6 Leemten in kennis en milderende maatregelen

Met betrekking tot **habitat types 1110 en 1170** zijn met name de langetermijn effecten van sedimentatie en verfijning ter hoogte van grindbedden (maar ook zachte substraten en dus habitat type 1110) vooralsnog niet volledig opgehelderd (Van den Eynde et al., 2023b). Zo is het bijvoorbeeld mogelijk dat, hoewel de effecten al bij al beperkt lijken in eerste instantie (zie ook effectbesprekingen in het MER; Arcadis Belgium NV, 2023), er toch een deel fijne sedimenten in de zandmatrix kan gevangen worden (zie ook Van Lancker et al., 2017), waardoor verdere verfijning optreedt met mogelijke implicaties voor het habitat en de bodemfauna (**IHD 1, IHD 8**). Ook de cumulatieve effecten met onder meer zandextractie in de nabijgelegen sectoren 2kb, 2br, 2od, 4b, 4c en 4d zullen hier een rol in spelen. Hierdoor wordt gepleit voor langere tijdsreeksen naar de concentraties van fijne fracties in verder offshore gelegen locaties (zoals ter hoogte van de PEZ; Van den Eynde et al., 2023b).

Om de effecten van verfijning ter hoogte van de grindbedden (habitat type 1170) zoveel mogelijk te vermijden, wordt in voorliggend project rekening gehouden met de grindbedlocaties (type 1) uit het EDEN2000-onderzoek (Montereale-Gavazzi et al., 2023a). Deze worden, net als hun omliggende 500 m bufferzone, volledig vermeden voor wat betreft de turbines en funderingen zelf, en bijna volledig voor de parkbekabeling (op enkele locaties na waar er dichter tot tegen de grindbedden, i.e., in de bufferzone, moet genaderd worden). Tijdelijke stortplaatsen dienen zo gekozen te worden dat deze ver genoeg en niet bovenstrooms van de grindbedlocaties gesitueerd zijn (min. 1 km afstand; Arcadis Nederland B.V., 2023). Ook gravitaire funderingen dienen niet bovenstrooms van grindbedlocaties geplaatst te worden, omwille van

de hoeveelheid sediment die dient gebaggerd te worden (ook al is de fractie fijne sedimenten in het projectgebied PEZ relatief beperkt).

Er heerst onzekerheid in hoeverre de **grindbedden** in de PEZ momenteel dienstdoen als paaigebied voor onder andere haring, en als leefgebied voor zandspieren (welke eerder in lage aantallen voorkomen in het gebied; De Backer et al., 2022; link naar **IHD 5 en IHD 9.5**). Vanuit een voorzorgsprincipe kan ervoor gekozen worden om het baggeren en storten van sediment in het projectgebied te plannen buiten de paaiperiode van zandspieren en haring om de impact op deze soorten te verminderen (Brabant et al., 2022b).

Het volledig verwijderen van erosiebescherming, funderingen, turbines en kabels tijdens de ontmantelingsfase houdt een onzekerheid in naar potentiële impact op beide habitattypes 1110 en 1170, daar mogelijks nieuwe gemeenschappen zich op en rond de turbines zullen gevestigd hebben. Monitoring van de evolutie van deze gemeenschappen doorheen de tijd is bijgevolg sterk aangewezen voor de drie PEZ windparken, waarna eventuele aanbevelingen kunnen geformuleerd worden tegen met de ontmanteling gestart zal worden.

Het artificiële rif-effect (link naar **IHD's 4 en 9**) van de aanwezigheid van turbines en erosiebescherming werd vooral waargenomen ter hoogte van jacket funderingen in het BNZ (C-Power concessie in de Oostelijke energiezone), waardoor verder onderzoek naar potentieel gelijkaardige effecten rond monopile funderingen op het benthos in de omringende zachte substraten een aandachtspunt blijft (zeker gezien een voorkeur vanuit de offshore windsector voor monopile funderingen). Uit het EDEN2000 onderzoek is evenwel gebleken dat er geen noemenswaardige verschillen tussen de funderingstypes en -materialen zijn voor wat betreft hun potentie als aanhechtingssubstraat (Zupan et al., 2023d). Verder onderzoek naar de ontwikkeling van de artificiële riffen blijft echter noodzakelijk in de toekomst en in de PEZ windparken.

Er zijn momenteel voor een aantal soorten labo-experimenten en (beperkt) veldstudies uitgevoerd om het effect van EMV op hun welzijn te bestuderen (Gill, 2023). Echter zijn er geen eenduidige resultaten voorhanden, waaruit blijkt dat effecten sterk soortgebonden, zijn. Verder onderzoek op soorten met relevantie voor het BNZ en het projectgebied PEZ is dus aangewezen om deze leemte in kennis verder op te vullen, en een beter gefundeerde beoordeling te kunnen maken.

De voornaamste leemten in kennis betreffende **zeevogels** in het BNZ zijn gelinkt aan het soortspecifieke vermijdingsgedrag van offshore windparken (zowel naar aanvaring (**IHD 20**) als barrière-werking (**IHD 19**)) en de mogelijke impact op populatieniveau (**IHD 16**). Ondanks deze leemtes in kennis, wijst de bestaande vakliteratuur wel op het belang van het respecteren van een minimale tiphoogte (min. 25 m in beide scenario's van voorliggend project) om de kans op aanvaring te milderen. Hoe hoger de rotordiameter, hoe minder kans op aanvaring. De nieuwe generatie windturbines worden steeds groter met hogere tiphoogte en met een grotere minimale tussenafstand waardoor er mogelijks een acceptabele corridor voor vogels kan ontstaan tussen de windturbines binnen de windparken. De grotere windturbines hebben dus als voordeel dat de rotorbladen zich boven de vlieghoogte van de meeste soorten bevinden. De meeste echte zeevogels die verwacht worden in de PEZ vliegen bijna allemaal erg laag, waardoor hun kans op aanvaring laag zal zijn (persoonlijke communicatie, Eric Stienen INBO, 2023). De grote meeuwen, zoals de grote mantelmeeuw, neigen echter naar grotere vlieghoogtes en zijn minder behendig in het ontwijken, dus meer gevoelig voor aanvaring. Grotere afstanden

tussen de turbines kunnen echter ook aanleiding geven tot een verlaagd vermijdingsgedrag, met een hogere aanvaring tot gevolg (Brabant et al., 2022a). Verdere monitoring zal nodig zijn om het gecombineerd effect van minder maar grotere turbines (scenario 2) op de densiteit van zeevogels in de windparken te bevestigen. In het kader van EDEN2000 werd ook onderzoek gedaan naar bruikbare en veilige corridors om het barrière-effect te milderen. De voorgestelde milderende scenario's uit deze studie leiden echter tot significante afnames van de beschikbare PEZ kaveloppervlaktes waardoor ze niet verenigbaar zijn met de vooropgestelde energiedoelstellingen voor PEZ (zie ook § 6.5 van het MER) en zijn niet verder meegenomen voor voorliggend project.

De voornaamste leemten in kennis betreffende **bruinvissen** in het BNZ bevinden zich bij de potentiële effecten van een verhoogde turbiditeit (door o.a. baggerwerken en parkbekabeling) op bv. voedselbeschikbaarheid, vermijdingsgedrag en het potentieel vrijkomen van contaminanten uit het sediment die, rechtstreeks of via opname in de voedselketen, een invloed kan hebben op gezondheid (Rumes & Degraer et al., 2022b). Een bredere kennis rond de impact van een gewijzigde voedselbeschikbaarheid is wenselijk, bijvoorbeeld m.b.t. de reikwijdte van eventueel vermijdingsgedrag, alsook de mate waarin en termijn waarop bruinvissen terugkeren naar het gebied. Ook is nog weinig geweten over potentiële effecten van elektromagnetische velden rondom operationele bekabeling, al wordt hier doorgaans een neutraal effect ingeschat. Tenslotte worden soms significante discrepanties vastgesteld tussen de voorspelde TTS en de experimenteel vastgestelde waarden, waardoor ook hier verder onderzoek geboden is. Gezien de verwachte significante impact op bruinvissen t.g.v. geluidsverstoring tijdens de constructiefase, is informatie over concrete en gekwantificeerde effecten wenselijk.

Met het oog op het realiseren van de verschillende instandhoudingsdoelstellingen voor bruinvissen, kunnen verschillende milderende maatregelen getroffen worden. Deze kunnen ofwel de mate van verstoring verlagen, ofwel het nabij zijn van bruinvissen vermijden ten tijde van de verstoring (Rumes & Degraer, 2020, 2022a, 2022b). In eerste instantie kan de mate van verstoring verlaagd worden door de vooropgestelde drempel voor impulsief onderwatergeluid van 185 dB re 1 μ Pa op 750 m van de geluidsbron te respecteren. Het effectief geproduceerde geluidsniveau tijdens constructie kan ook nog eens verlaagd worden door o.a. het gebruik van een alternatief type heihamer bij de constructie, een geluidsabsorberende mantel, een korter contact tussen hamer en fundering, of door het aanwenden van een alternatieve installatietechniek zoals suction-buckets of vibro-piling. Verspreiding van het geproduceerde geluid kan ook nog eens ingeperkt worden door het gebruik van enkele of dubbele bubbelgordijnen of Grout Annulus Bubble Curtains (GABC).

Anderzijds kan ook de nabijheid van bruinvissen vermeden worden tijdens de periodes van grootste verstoring (i.e. constructie). Hier kan geopteerd worden om gebruik te maken van akoestische afschrikmiddelen, soft-start procedures of een marine mammal observer (MMO) ter plekke. Ook dient de periode die overlapt met de hoogste waarnemingen aan bruinvissen in het projectgebied (januari-april) in de mate van het mogelijke vermeden te worden in geval van constructiewerkzaamheden, met name het heien. Tenslotte kan ook de totale duur van de verstoring worden ingekort, bv. door het aanpassen van het design of werkwijze.

7.5.7 Besluit passende beoordeling

Habitattype 1110 'Permanent met zeewater overspoelde zandbanken' – Het fysisch habitat en de geassocieerde biotopen worden enkel lokaal, ter hoogte van de PEZ windparken, beïnvloed en dit zowel negatief als positief (zie effectbesprekingen MER). Het zandbanken-geulen ecosysteem in zijn totaliteit wordt echter niet aangetast, gezien de beperkte oppervlakte (< 1 %) waarover de effecten zullen plaatsvinden (ca. 0,08 – 0,13 % van het totale BNZ, of ca. 0,24 – 0,4 % van het totale Vlaamse Banken gebied voor respectievelijk scenario 2 en scenario 1). De biologische effecten (structurele en functionele wijzigingen in de benthische gemeenschappen geassocieerd met het zandbanken en -geulensysteem) van de ontwikkelingen in de PEZ kavels zullen relatief beperkt blijven, voor beide scenario's. Er treden in kader van voorliggende ontwerp passende beoordeling bijgevolg geen betekenisvolle impacten op, en de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor dit habitattype binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' komt bijgevolg niet in het gedrang, en ondervindt mogelijks zelfs positieve effecten. Er is een onderscheid in de effectbeoordeling tussen de verschillende kavels, gezien kavel PE I op grotere afstand van het SBZ-H Vlaamse Banken gelegen is. Verder is er geen onderscheid tussen de scenario's en funderingstypes.

Habitattype 1170: 'Riffen – Grindbedden' – Op basis van de huidige kennis wordt besloten dat er geen betekenisvolle effecten in kader van voorliggende ontwerp passende beoordeling verwacht worden op habitattype 1170: 'Riffen – Grindbedden' ten gevolge van de ontwikkeling, exploitatie en ontmanteling van windparken in de PEZ kavels. De realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen 'bewaren van het ruimtelijke bereik van het habitattype', alsook 'de verhouding van de oppervlakken met harde substraten ten opzichte van de oppervlakken met zacht sediment vertoont geen negatieve trend' voor dit habitattype binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' komt bijgevolg niet in het gedrang, en ondervindt mogelijks zelfs positieve effecten, mede door het verminderd voorkomen van bodemberoerende activiteiten tijdens de relatief lange exploitatie. Er is net als voor habitattype 1110 een onderscheid in de effectbeoordeling tussen de verschillende kavels, gezien de grotere afstand van kavel PE I tot het SBZ-H Vlaamse Banken. Verder wordt geen onderscheid gemaakt tussen de scenario's en funderingstypes. Het potentieel indirect effect op de grindbedden van aanrijking met fijne sedimenten en mogelijke 'smothering' dient verder opgevolgd te worden.

Habitattype 1170 'Riffen – *Lanice* aggregaties' – Gezien de *Lanice conchilega* aggregaties binnen het SBZ-H 'Vlaamse Banken' voornamelijk vlak voor de kust gesitueerd zijn en de PEZ zich dieper in zee bevindt, worden ten gevolge van voorliggend project geen betekenisvolle effecten verwacht op habitattype 1170 'Riffen – *Lanice* aggregaties'. De realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor dit habitattype binnen SBZ-H 'Vlaamse Banken' komt niet in het gedrang. Er is geen onderscheid in de effectbeoordeling tussen de verschillende kavels, scenario's, en funderingstypes.

Zeevogels – Van de beschermde soorten is vooral de grote mantelmeeuw in hoge aantallen aanwezig ter hoogte van het projectgebied PEZ. Voor grote mantelmeeuwen worden geen effecten verwacht naar behoud van areaal (IHD 15) en slechts gering negatieve naar verstoring (IHD 18), al zijn deze effecten tijdelijk. Wat betreft kwaliteit van het leefgebied van deze soort wordt een gering positief effect verwacht voor voedselbeschikbaarheid en geen betekenisvolle effecten voor contaminanten en afval, waardoor IHD 17 niet in het gedrang komt. Het aanvaringsrisico (IHD 20) is soortspecifiek,

en hoewel de grote mantelmeeuw gevoeliger lijkt voor aanvaring omwille van zijn voorkeur voor iets hogere vlieghoogtes en lagere behendigheid dan de meeste zeevogelsoorten, wordt dit effect nog steeds als gering negatief ingeschat voor deze soort. Algemeen is het wel belangrijk om een minimale tiphoogte van 25 m aan te houden, om het aanvaringseffect voor alle soorten zo laag mogelijk te houden. Potentieel betekenisvolle negatieve effecten in kader van voorliggend project worden hier verwacht inzake (cumulatieve) barrière-werking. Echter, de grote mantelmeeuw behoort tot de soorten die hieraan minder gevoelig zijn, waardoor geen betekenisvolle gevolgen voor IHD 19 verwacht worden. De evolutie naar grotere en dus minder turbines (dus grotere tussenafstand) zou mogelijks een positief effect kunnen hebben (scenario 2 > scenario 1), maar moet verder bevestigd worden door monitoring. De populatie grote mantelmeeuwen verkeert momenteel in een gunstige staat in het BNZ, en bovenliggende effecten lijken niet direct bijkomende gevolgen te hebben voor het behalen van IHD 16 (populatie). Er is verder geen onderscheid in de effectbeoordeling tussen de verschillende kavels en funderingstypes.

Bruinvis – Voor bruinvissen in het BNZ worden gering negatieve wijzigingen verwacht inzake behoud van areaal (IHD 10) en ruimtelijke verspreiding van de soort (IHD 10.1), al zijn deze effecten tijdelijk. Wat betreft kwaliteit van het leefgebied van deze soort wordt een gering positief effect verwacht voor voedselbeschikbaarheid (IHD 11), geen betekenisvolle effecten voor contaminanten en afval (IHD 11), alsook een matig tot betekenisvol negatief effect voor geluidsverstoring (IHD 11) en fysieke verwondingen (IHD 13). De potentieel betekenisvolle negatieve effecten in kader van voorliggende ontwerp passende beoordeling worden hier verwacht wanneer in scenario 2 wordt gekozen om (90 tot 100 % van) de turbinefunderingen (enkel bij monopile) te heien. De te verwachten effecten op mortaliteit, meer bepaald incidentele bijvangst (IHD 12.1) en het percentage bijvangst als doodsoorzaak bij aangespoelde dieren (IHD 12.2), worden als onbestaand beschouwd. Er wordt geen onderscheid verwacht tussen de verschillende kavels, en enkel bij geluidsverstoring wordt een onderscheid gemaakt tussen beide scenario's. Er wordt besloten dat enkel in scenario 2 bij keuze voor het heien van monopiles, de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen met betrekking tot bruinvissen in het BNZ in het gedrang komt, zelfs met het gebruik van de tot op heden gekende best beschikbare milderende maatregelen (o.a. dubbel bubbelgordijn, inzitten op vibrerende hamers). Voor de andere scenario's wordt het (cumulatief) effect als matig negatief maar niet betekenisvol voor IHD 11 en 13 ingeschat, weliswaar ook hier met noodzakelijke inzet van de bestaande milderende maatregelen. Bij het gebruik van suction bucket als volwaardig alternatief voor het heien zal geen heigeluid te pas komen, en is er geen risico naar potentiële aantasting van IHD 11 en 13.

Samenvattend worden **geen betekenisvolle negatieve effecten** verwacht op Habitatrictlijngebied 'Vlaamse Banken' en de **gekoppelde habitattypes 1110 en 1170**. Op basis van de huidige kennis, komt de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor habitattypes 1110 (Permanent met zeewater overstroomde zandbanken) en 1170 (Riffen) hierbij niet in het gedrang. Bij deze habitattypes is er een onderscheid in de effectbeoordeling tussen de kavels, gezien de grotere afstand van kavel PE I tot het Habitatrictlijngebied (ongeacht dat alle kavels grindbedden herbergen). Omwille van het uitsluiten van bodemberoerende activiteiten in de hele PEZ gedurende de volledige exploitatiefase, kunnen zelfs mogelijke positieve effecten op de habitattypes en geassocieerde gemeenschappen optreden, al zullen deze bij volledige ontmanteling ook terug (deels) teniet gedaan worden. Ook voor de beschermde **zeevogels** (focus op grote

mantelmeeuwen) worden geen betekenisvolle negatieve effecten verwacht. Voor de soort **bruinvis** wordt wel een **betekenisvol negatief effect** verwacht in geval van scenario 2 indien gekozen wordt voor het heien van monopiles (100% of in combi met 10% GBF), waarbij het behalen van IHD 11 en 13 in het gedrang komt op basis van de huidige kennis en beschikbare technieken. De te verwachten geluidsverstoring tijdens de constructiefase in dit scenario zal naar alle waarschijnlijkheid de vooropgestelde norm van 185 dB re 1 μ Pa op 750 m van de geluidsbron niet halen (zelfs met inzetten van de huidige BBT milderende maatregelen), en dit effect wordt gelijk beoordeeld voor de drie kavels en de PEZ in zijn totaliteit (cumulatief). In dit geval zal moeten aangetoond worden door toekomstige ontwikkelaar(s) dat de gebruikte technieken verder geoptimaliseerd kunnen worden of bijkomende (nieuwe) technieken ingezet kunnen worden, om deze betekenisvolle aantasting te milderen tot aanvaardbare normen.

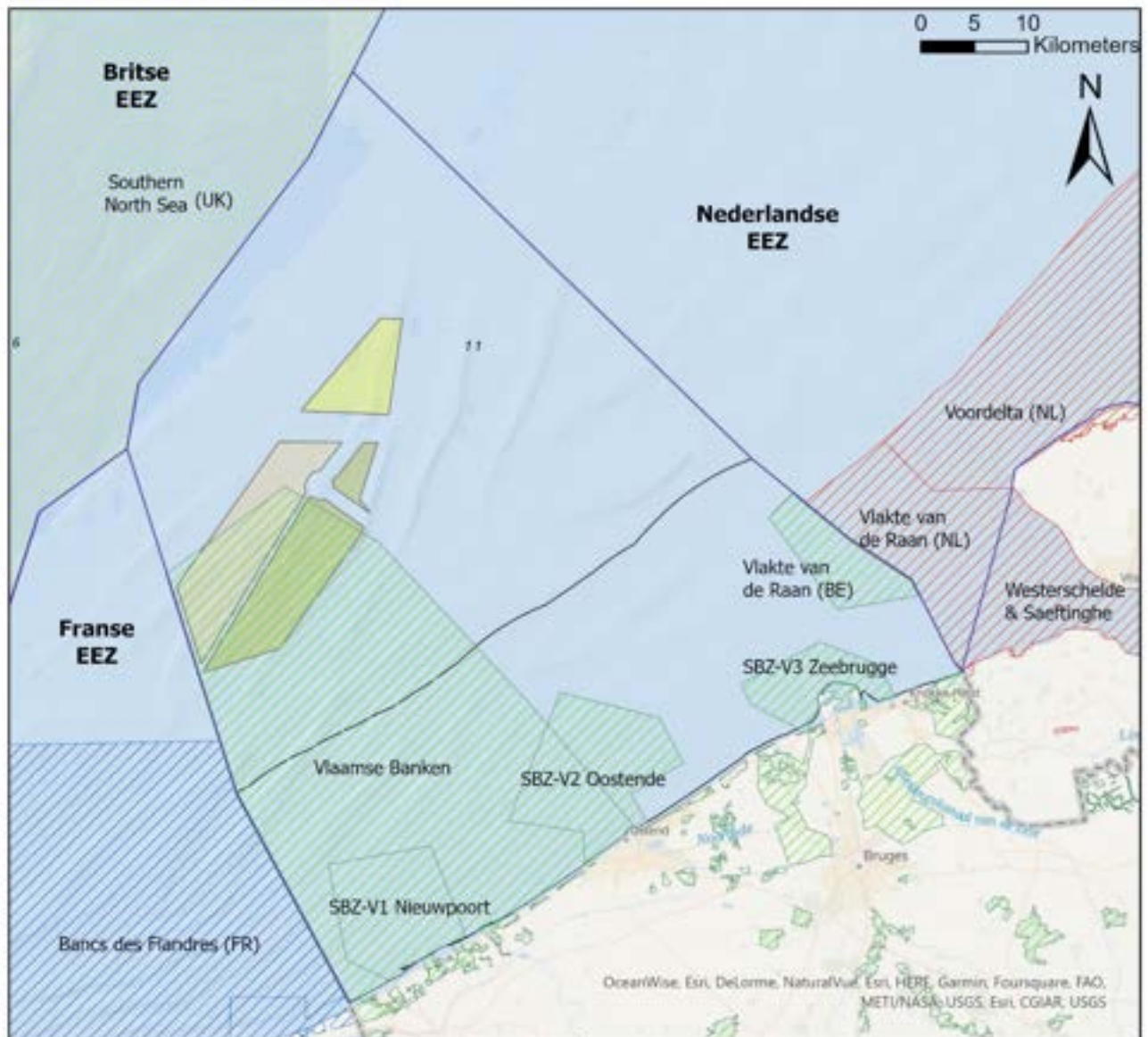
8 GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN

8.1 INLEIDING (VERDRAG VAN ESPOO)

Het Verdrag van ESPOO (1991) wijst op de verplichtingen van de verschillende lidstaten inzake grensoverschrijdende milieueffecten van de voorgenomen activiteit. Het Verdrag werd opgenomen in het KB van 07 september 2003 (art. 19). Gezien de locatie en de omvang van de PEZ kavels ten opzichte van de buurlanden kunnen mogelijks effecten verwacht worden richting Frankrijk, het Verenigd Koninkrijk en in mindere mate Nederland (Figuur 8-1).

- **Frankrijk:** De PEZ sluit aan op de grens met de Franse EEZ en bevindt zich daarom op korte afstand (minimaal ca. 6,5 km) van het gebied 'Bancs des Flandres'. Met name kavels PE II en PE III grenzen aan de Franse grens, en kavel PE II is het meest nabij het 'Bancs des Flandres' gelegen. Het 'Bancs des Flandres' gebied is zowel habitat- als vogelrichtlijngebied en grenst aan het habitatrichtlijngebied Vlaamse Banken in Belgische wateren. Het gebied is ca. 117.000 ha groot, wordt gekenmerkt door ondiepe zandbanken (habitattype 1110) en is vooral van belang voor de gewone en grijze zeehond, bruinvis en 21 vogelsoorten. Omwille van de nabijheid van dit habitatrichtlijngebied, alsook het grenzen aan de Franse EEZ, kunnen mogelijks grensoverschrijdende effecten optreden in voorliggend MER.
- **Nederland:** de PEZ kavels bevinden zich op minimaal ca. 13 km van de Nederlandse grens (kavel PE I ligt het meest oostelijk en daarom het dichtst bij de NL grens) en op minimaal ca. 40 km van het natuurbeschermingsgebied 'Vlakte van de Raan' aan Nederlandse zijde. Omwille van deze grote afstand, worden er geen grensoverschrijdende effecten op de Nederlandse wateren en natuurbeschermingsgebieden verwacht.
- **Verenigd Koninkrijk:** de PEZ kavels bevinden zich op minstens 13 km van de VK grens (en habitatrichtlijngebied 'Southern North Sea'). Kavels PE I en PE III liggen het dichtst bij de VK grens, kavel PE II ligt meer zuidelijk, waardoor de afstand tot het VK groter is (minimaal ca. 18 km). Analoog als voor de NL grens, worden op deze afstanden geen grensoverschrijdende effecten verwacht op de Britse wateren.

Ongeacht het gegeven dat enkel grensoverschrijdende effecten verwacht worden op de Franse wateren, zullen Franse, Britse en Nederlandse schepen actief binnen het BNZ wel mogelijke hinder ondervinden van de ontwikkeling van de PEZ. Waar relevant wordt dit ook kort aangehaald in dit hoofdstuk.



Figuur 8-1 – Overzicht van de situering van de PEZ kavels t.a.v. de omringende EEZ van de buurlanden, met aanduiding van de natuurbeschermingsgebieden (Vogel- en Habitatrichtlijn; arceringen) in NL, FR en VK wateren.

Hieronder worden kort de effecten in de verschillende disciplines besproken die mogelijk een grensoverschrijdend effect kunnen hebben. De meeste effecten zullen zich op de hierboven beschreven afstanden reeds niet meer voordoen. Voor een uitgebreide bespreking van de relevante effecten wordt verwezen naar de desbetreffende hoofdstukken en effectbeoordelingen in voorliggend MER.

8.2 BODEM EN WATER

Binnen de disciplines bodem en water zal met name de gegenereerde sedimentpluim en bijhorend sedimenttransport, verhoging van de turbiditeit, en sedimentatie van fijn materiaal tijdens en kort na de constructiefase mogelijks leiden tot effecten die over de Franse grens merkbaar zullen zijn. Voor de Britse en Nederlandse wateren wordt, omwille van de grotere afstanden en de resultaten van de numerieke pluimmodellering (Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023)

welke op een invloedssfeer van maximaal ca. 10 km buiten de PEZ kavels wijzen, geen noemenswaardig effect verwacht op de zeebodem en de waterkolom. Deze worden dus ook niet verder beschouwd in onderstaande paragrafen.

Met name de activiteiten in kavels PE II en PEIII zullen, gezien deze grenzen aan de Franse wateren, mogelijk leiden tot een gewijzigd sedimenttransport. Echter, de hoge bodemschuifspanning in de PEZ en in de offshore zone zal leiden tot snelle resuspensie van potentieel afgezet fijn sediment, zoals ook werd geobserveerd in de numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023) en beschreven werd in § 5.1.4.2 van voorliggend MER. Bovendien bevat het te baggeren materiaal in de PEZ kavels doorgaans een beperkt percentage aan fijne fractie, waardoor de hoeveelheden die mogelijks op die manier getransporteerd zullen worden – ook deels richting Frankrijk – beperkt zullen blijven. De impact op het habitatrichtlijngebied Bancs des Flandres, welke aangemeld is ter bescherming van onder meer het habitatype 1110, zal beperkt zijn, gezien deze zich nog meer zuidelijk situeert (op ca. 6,5 km afstand van kavels PE II en PE III), en niet in de dominante stromingsrichting van de getijdenwerking. Een aanzienlijk grotere footprint van de sedimentpluim wordt verwacht in NO richting, eerder dan zuidwestelijk richting Frankrijk en SBZ-H Bancs des Flandres (cf. resultaten numerieke pluimmodellering; Externe bijlage 1; Arcadis Nederland B.V., 2023). Gezien het habitatrichtlijngebied aan Franse zijde niet aangemeld is voor habitatype 1170 welke in het BNZ de kwetsbare grindbedden en *Lanice* riffen omvat, zal ook het effect van de geringe toename aan fijne sedimentfractie in de waterkolom en richting de zeebodem minimaal zijn (zie verder).

Samenvattend wordt het effect van de windparken in de PEZ, inclusief parkbekabeling, op de bodem en waterkolom in de Franse mariene wateren als gering negatief (0/-) beschouwd, met name voor kavels PE II en PE III. Voor kavel PE I wordt, omwille van de grote afstand tot de Franse grens, geen effect (0) verwacht. Deze beoordeling geldt voor beide scenario's, daar zij beide leiden tot tijdelijke sedimentpluimen en afzetting van fijne sedimentfracties. Deze beoordeling is ook geldig voor de drie funderingstypes, daar gelijkaardige volumes sediment in suspensie zullen komen voor MP, JF en een combinatie van MP en 10 % GBF in voorliggend MER.

Tabel 8-1 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op bodem en water net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op Frankrijk	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-

8.3 KLIMAAT EN ATMOSFEER

Voor het **globaal klimaat** zijn er geen grensoverschrijdende effecten, het maakt immers niet uit voor het effect op het klimaat waar de CO₂-uitstoot plaatsvindt.

De impact van de windparken op het **lokale windklimaat** wordt enerzijds veroorzaakt door het feit dat de windturbines een obstakel zijn voor de wind, en anderzijds doordat de windturbines energie onttrekken aan de wind. Daardoor ontstaat achter de rotor een turbulente zog-stroming met lagere windsnelheden (Figuur 5-36, § 5.2.3.1). De wind is dus binnen

het park en in de nabije omtrek vertraagd en ook verstoord. Brand (2009) berekende dat de windsnelheid achter een offshore windpark ca. 40% lager is dan vlak ervoor. Om het verlies in windsnelheid achter een windpark te beperken tot 0,5 m/s dient een tussenafstand van 10 tot 30 km in acht genomen te worden tussen de parken in de overheersende windrichting (zuidelijk) (Brand, 2009). Meer informatie wordt gegeven in § 5.2.3.1.

Voor (potentieel toekomstige) windturbines in de nabijgelegen EEZ van Frankrijk, Nederland en het Verenigd Koninkrijk kunnen de energieopbrengsten daarom lager worden dan wanneer er geen windturbines zouden staan in de PEZ. Echter is de overheersende windrichting zuidelijk en is de afstand tot de grenzen van Nederland en het Verenigd Koninkrijk minstens ca. 13 km. Tussen Nederland en de PEZ liggen tevens de Belgische oostelijke windparken. Voor Frankrijk zijn er geen (potentiële) toekomstige offshore windturbineprojecten gekend die dicht genoeg zouden liggen bij de PEZ om echt hinder te ondervinden.

Met betrekking tot grensoverschrijdende **effecten op atmosfeer** wordt er tijdens de constructie en ontmantelingsfase een lichte verhoging van emissies verwacht ten gevolge van de toename in scheepsactiviteiten. Zoals besproken in § 5.2.3.2 is de verhoging van deze emissies verwaarloosbaar voor België en daarom zijn deze ook verwaarloosbaar grensoverschrijdend.

Tabel 8-2 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op klimaat en atmosfeer net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op Frankrijk, Nederland, VK	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Productie- en constructiefase						
Invloed op globaal klimaat, lokaal klimaat en atmosfeer	0	0	0	0	0	0
Operationele fase						
Invloed op globaal klimaat, lokaal klimaat en atmosfeer	0	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase						
Invloed op globaal klimaat, lokaal klimaat en atmosfeer	0	0	0	0	0	0

8.4 GELUID EN ZEEZICHT

8.4.1 Geluid

Wat betreft **geluidshinder**, zal met name het heigeluid tijdens de constructieactiviteiten binnen voorliggend MER tot in Franse en mogelijks Britse en Nederlandse wateren reiken (zie Figuur 8-1), gezien de voorspelde geproduceerde piekgeluidsniveaus tijdens het heien van MP of JF hoog zullen zijn (ca. 195 – 220 dB indien geen milderende maatregelen worden genomen), en enkel mits voldoende mitigatie onder de Belgische KRMS drempelwaarde voor impulsief onderwatergeluid van 185 dB re 1 µPa @ 750 m zullen blijven (zie ook Tabel 5-20). Zulke hoge impulsieve piekgeluidsniveaus zullen met name tot over de Franse grens waarneembaar zijn voor heel wat biota (zie ook verder,

onder bespreking van grensoverschrijdende effecten voor onderwaterfauna). Pas op enkele tientallen kilometers uit het projectgebied PEZ zal het geproduceerde heigeluid onder water opgaan in de achtergrondniveaus van ca. 120 – 130 dB re 1 μ Pa. Gezien de grotere afstanden tot de Britse en Nederlandse wateren worden er minder grensoverschrijdende geluidseffecten verwacht.

Voor wat betreft de geluidshinder afkomstig van de baggerschepen tijdens de voorbereidende werkzaamheden van de zeebodem, wordt besloten dat deze minimaal zal zijn, en zich aan de Nederlandse en VK grens onder het huidige achtergrond geluidsniveau zal bevinden voor zowel boven- als onderwatergeluid. Wederom ter hoogte van de Franse grens, zal het geluid van de baggerwerken onder water weliswaar wél merkbaar zijn, met implicaties voor de aanwezige fauna (zie volgende sectie). De werkzaamheden in kavels PE II en PE III zullen hierin sterker doorwegen, omwille van de rechtstreekse grens met Frankrijk, dan kavel PE I waarvoor de effecten nagenoeg onbestaande zullen zijn omwille van de afstand. Voorts zal de geluidshinder tijdens de constructiewerkzaamheden een tijdelijk en voortschrijdend karakter hebben, waardoor de effecten over de Franse grens slechts gedurende een korte tijdspanne merkbaar zullen zijn.

8.4.2 Zeezicht

Wat betreft **zeezicht**, zullen de PEZ windparken mogelijks zeer beperkt zichtbaar zijn vanaf de Franse kust bij helder weer en onder ideale omstandigheden. Echter, zal dit effect net zoals voor de Belgische kust verwaarloosbaar (0/-) zijn, omwille van de grote afstand tot de Franse kustlijn (minimaal ca. 35 km). Deze beoordeling geldt met name voor kavels PE II en PE III welke zich het dichtst bij de Franse kustlijn bevinden. Voor kavel PE I wordt geen effect (0) naar zichtbaarheid verwacht, ook gezien de windparken in de andere twee kavels het zeezicht zullen bepalen. Voor de Britse en Nederlandse kust geldt een nog grotere afstand tot de dichtstbijzijnde kustlijn (minimaal ca. 60 en 55 km, respectievelijk), waardoor de effecten voor die landen op de zichtbaarheid vanuit de kust nog geringer zijn.

8.4.3 Samenvatting

Samenvattend wordt in Tabel 8-3 de impact van (voornamelijk) onderwatergeluid op het Franse onderwatergeluidsklimaat tijdens de constructiefase als matig negatief (-) beoordeeld voor kavels PE II en PE III, voor beide scenario's, daar deze gepaard zullen gaan met tijdelijke verhoging van bagger- en stortwerkzaamheden nabij de Franse grens, alsook het inheien van funderingen in het geval van MP en JF. Voor wat betreft gravitaire funderingen, daar in dat geval beide scenario's nog steeds minimaal 90 % MP of JF zullen hebben, geldt eenzelfde beoordeling als voor MP of JF, respectievelijk. Voor kavel PE I, welke op grotere afstand van de Franse wateren gelegen is, geldt een mildere beoordeling van gering negatief (0/-) voor wat betreft onderwatergeluid. Voor exploitatie en ontmantelingsfase worden geen grensoverschrijdende geluidseffecten (0) verwacht, en ook voor de Britse en Nederlandse wateren worden effecten als nagenoeg onbestaande (0) beoordeeld omwille van de grotere afstanden tot het projectgebied PEZ.

Tabel 8-3 - Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op geluid en zeezicht net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op Frankrijk	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Invloed op zichtbaarheid vanuit de kust	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	0/-	-	-	0/-	-	-

8.5 FAUNA, FLORA EN BIODIVERSITEIT

8.5.1 Frankrijk

Momenteel bevindt zich één Natura 2000 gebied – Bancs des Flandres – over de grens met Frankrijk op een beperkte afstand van ca. 6,5 km van PEZ kavels PE II en PE III (zie eerder; Figuur 8-1). De afstand tot kavel PE I is veel groter en bedraagt meer dan 33 km. Bancs des Flandres is zowel Vogel- (ca. 117.000 ha⁷⁰) als Habitatrichtlijngebied (ca. 112.000 ha⁷¹), en is aangewezen sinds januari 2010 voor de bescherming van habitattypen 1110, de Bijlage II-soorten grijze zeehond, gewone zeehond en bruinvis, en 21 vogelsoorten onder de Vogelrichtlijn. Daarnaast bevinden zich uiteraard ook biota in de zones niet aangeduid als Natura 2000 welke mogelijks een impact van de ontwikkeling van de PEZ kavels zullen ondervinden.

8.5.1.1 Benthos en vissen

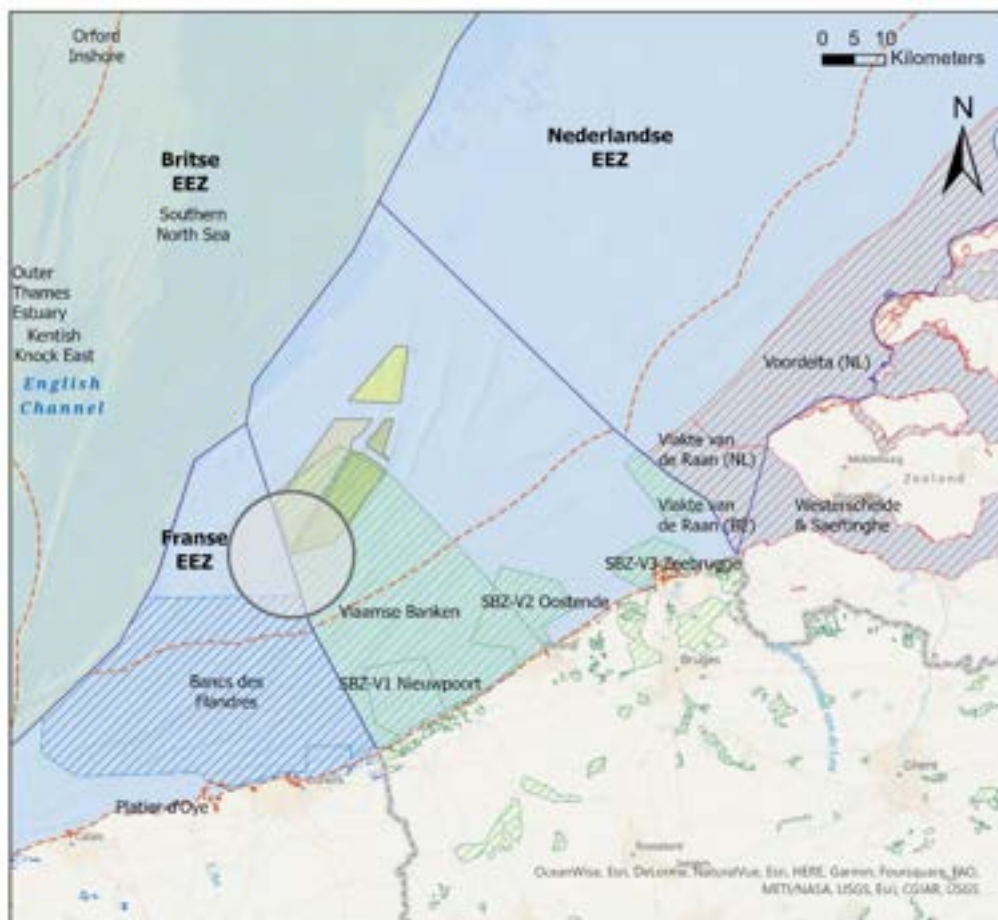
Het Natura 2000-gebied aan Franse zijde, Bancs des Flandres, werd aangewezen voor het habitattypen 'permanent overstroomde zandbanken' (1110), waarmee ook een heel deel benthische organismen geassocieerd zijn (cf. Belgische situatie). In tegenstelling tot Vlaamse Banken op Belgische grondgebied, is er dus geen aanwijzing van het habitattypen 1170 waaronder de grindbedden vallen. Dit omdat het gebied dicht bij de kust gelegen is en het aandeel grofzandig tot grof sediment daardoor beperkt is.

Er zullen tijdens de constructie- en operationele fase geen directe effecten op het SBZ-H 'Bancs des Flandres' optreden, daar alle activiteiten plaatsvinden op Belgisch grondgebied in het studiegebied PEZ. Echter, het is mogelijk dat een deel van de ontstane sedimentpluim (cf. § 8.2) zal neerslaan aan Franse zijde, en daar tot een effect op de lokale benthos- en visgemeenschappen kan leiden, zowel binnen als buiten SBZ-H 'Bancs des Flandres'. Echter, gezien de pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023) heeft aangetoond dat deze pluim zich voornamelijk in noordoostelijke richting zal verspreiden (eerder dan in ZW richting), tot op ca. 10 km buiten de kavels, zal het effect op habitattypen 1110 en de zeebodemfauna aan Franse zijde heel beperkt zijn. Vanuit een voorzorgsprincipe geeft onderstaande Figuur 8-2 weer wat die 10 km betekent (grijze cirkel) indien de werkzaamheden op het meest zuidelijke punt van de PEZ (dus dichtst bij Bancs

⁷⁰ <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR3112006>

⁷¹ <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR3102002>

des Flandres) tot zulk een verspreidingsgebied van de pluim zouden zorgen. Hierbij zal mogelijks een beperkt deel van de fijne sedimentfractie tot in het habitatrichtlijngebied over de landsgrens reiken en daar neerslaan. Dit kan echter aangenomen worden als zijnde eerder onwaarschijnlijk, gezien de beperkte hoeveelheid fijn sediment in de PEZ kavels, en gezien de korte bedelving (~bodemschuifspanning en resuspensie). Ook zal de vorm van de verspreiding van de pluim in realiteit geen cirkel zijn, daar onderhevig aan de getijstromingen welke een meer ovale verspreidingscontour zullen teweeg brengen.



Figuur 8-2 – Overzicht N2000 gebieden in het BNZ en de buurlanden, met aanduiding van een cirkel met als straal 10 km (maximaal bereik pluim cf. numerieke pluimmodellering in voorliggend MER; Arcadis Nederland B.V., 2023).

Er kan besloten worden dat de effecten van de pluimvorming, turbiditeit en sedimentatie op de aanwezige benthos- en visfauna van het Franse SBZ-H 'Bancs des Flandres' en in het algemeen hoogstens gering negatief (0/-) zal zijn. Deze beoordeling geldt voor kavels PE II en PE III, gezien hun situering t.a.v. de Franse EEZ. Voor kavel PE I worden geen effecten van de constructie van het windpark op de Franse zeebodembiota verwacht (0). De beoordeling per kavel geldt ongeacht het funderingstype.

Tabel 8-4 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op benthos en vissen net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Invloed op benthos door sedimentatie	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
Invloed op vissen door sedimentatie	0	0	0	0	0	0

8.5.1.2 Vogels en vleermuizen

Gezien hun mobiele aard worden hoofdzakelijk dezelfde zeevogelsoorten, migrerende vogelsoorten en vleermuizen waargenomen in de Franse gebieden aansluitend aan de Frans-Belgische grens en worden aldus dezelfde effecten verwacht als deze beschreven in § 5.4.3.3. Hierbij spelen voornamelijk de gevolgen van een verhoogde kans op mortaliteit door aanvaring met de geplande windturbines in de PEZ en de grensoverschrijdende barrière-werking van het windpark net naast de Frans-Belgische grens een belangrijke rol. Vooral migrerende vogelsoorten (o.a. futen) en de zeevogelsoorten die eerder eigen zijn aan verder offshore gelegen wateren, zoals zeekoeten, alken, jan-van-Genten en enkele meeuwensoorten (o.a. grote mantelmeeuw en drieteenmeeuw), worden verwacht een impact te ondervinden van nieuwe ontwikkelingen t.h.v. de PEZ. Voor genoemde trek- en zeevogelsoorten genieten overigens allen een beschermd statuut onder de Natura 2000 Vogelrichtlijn van Bancs des Flandres (zie Figuur 8-2). De verwachte effecten op vleermuizen worden opnieuw benaderd met een oog op het voorzichtigheidsprincipe en de beperkte kennis van vleermuizen boven de zuidelijke Noordzee.

De effecten t.g.v. een verhoogde kans op aanvaring en de barrière-werking worden gelijk ingeschat voor alle drie de kavels binnen de PEZ aangezien deze effecten te wijten zijn aan de introductie van een relatief aaneengesloten zone aan offshore infrastructuur, en gering tot matig negatief gescoord (Tabel 8-5). De dimensies van de 22 MW turbines in scenario 2 worden geacht een grotere kans op aanvaring te veroorzaken, met name voor trekvogels, wiens aanvaringsrisico positief gecorreleerd werd met de dimensies van de turbines (zie § 5.4.3.3).

Tabel 8-5 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op vogels en vleermuizen net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op Frankrijk	Scenario 1									Scenario 2								
	Zeevogels			Migrerende vogelsoorten			Vleermuizen			Zeevogels			Migrerende vogelsoorten			Vleermuizen		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Operationele fase																		
Aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-	-	-	0/-	0/-	0/-
Barrière-effect	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0

8.5.1.3 Zeezoogdieren

De baai van de Somme, aan de Noord-Franse kust, huisvest één van de grootste permanente zeehondenkolonies van Frankrijk, met doorgaans ca. 700 gewone en grijze zeehonden die uitrusten op de zandbanken. Deze kolonie bevindt zich echter nog steeds op meer dan 150 km van de PEZ aan de Frans-Belgische grens, waardoor geen noemenswaardige effecten worden verwacht op zeehonden ten gevolge van de ontwikkelingen in de projectzone.

Mogelijke effecten van de ontwikkeling van een windpark in de PEZ op bruinvissen in Franse wateren zijn daarentegen even waarschijnlijk als voor de bruinvissen die seizoenal regelmatig worden waargenomen in het BNZ, gezien deze zeezoogdieren zeer mobiel zijn en deel uitmaken van een grotere populatie op Noordzee-niveau (zie § 5.4.2.4). Net zoals beschreven in § 5.4.3.4 worden de voornaamste effecten op bruinvissen verwacht door toedoen van geluidsverstoring bij de constructie van de windparken, met name de geluidshinder door toegenomen scheepvaart en de ver reikende impuls geluiden die ontstaan bij het heien van turbines. Gezien de verdere afstanden m.b.t. de continue geluidsverstoring door toegenomen scheepvaart en de impuls geluiden door het heien van turbines in vergelijking met de bruinvissen t.h.v. de PEZ zelf, worden deze effecten iets milder geacht dan beschreven voor het BNZ (Tabel 8-6). Omwille van de grotere afstand tot de Franse wateren wordt het effect van de geluidshinder tijdens ontwikkeling van kavel PE I op de bruinvissen over de grens nog een trap milder beoordeeld dan voor kavels PE II en PE III.

Tabel 8-6 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op bruinvissen net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Effecten op Frankrijk	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Constructiefase						
Geluidshinder door scheepvaart	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: heien	0/-	-	-	0/-	-	-

8.5.2 Het Verenigd Koninkrijk en Nederland

De meest dichtstbijzijnde Nederlandse en Britse Natura 2000 gebieden Vlake van de Raan⁷² (aangemeld in maart 2011 ter bescherming van habitatype 1110, en soorten bruinvis, grijze en gewone zeehond, fint, zeeprik en rivierprik) en Southern North Sea⁷³ (aangemeld in februari 2019 ter bescherming van bruinvis) liggen te ver van de PEZ kavels om enig effect te verwachten op benthos en vissen. Ook voor zeezoogdieren wordt er geen directe impact verwacht. Eventueel kunnen er, net zoals voor de Franse Natura 2000 gebieden indirecte gevolgen zijn door een tijdelijke verhoging van dichtheid door een toevloed van dieren die de zone van verstoring ontvluchten.

⁷² <https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=NL2008003>

⁷³ <https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=uk0030395>

Wat vogels betreft, kunnen er barrière-effecten optreden voor zeevogels en migrerende vogels. Van enkele soorten is gekend dat ze windparken zullen vermijden, waardoor een langere weg moet afgelegd worden en wat kan zorgen voor een verhoogde energieconsumptie. De Zuidelijke Noordzee vormt een zeer belangrijke corridor voor ca. 1 – 1,3 miljoen migrerende zeevogels en niet-zeevogels (Vanermen et al., 2006; Stienen et al., 2007). De PEZ windparken worden ingeschat een gering tot matig negatief effect te hebben op het barrière-effect en het aanvaringsrisico, maar als naar het gecombineerd aandeel van het BNZ en de omringende landen in de Noordzee wordt gekeken, zou er zich een enorme barrière kunnen vormen door de aanwezigheid van offshore windparken en wordt verondersteld dat deze cumulatieve effecten nog groter kunnen uitvallen dan de som van de individuele effecten. Voor de bespreking van deze cumulatieve effecten wordt verwezen naar § 6.3.4.2.

8.6 INTERACTIE MET ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN

Eventuele grensoverschrijdende effecten met betrekking tot de interactie met andere menselijke activiteiten op de Zuidelijke Noordzee kunnen zich voordoen voor de visserijsector, gezien ook vissersboten uit Frankrijk, Nederland en het Verenigd Koninkrijk gebruik maken van de visserijgronden in de Belgische EEZ (Polet et al., 2022). Naar aanleiding van het KB 22/05/2019 (MRP 2020-2026) wordt alle reguliere scheepvaart (dus ook visserij) uitgesloten in de Belgische windparken en hun veiligheidszone van 500 m rondom, waardoor de ontwikkeling van de PEZ dus een nettoverlies aan Belgische visgronden voor deze buitenlandse vissers zal betekenen. Hoewel het volledige BNZ onderhevig is aan visserij-activiteiten, is de buitenlandse visserij-effort het meest geconcentreerd in de Vlaamse Banken (waar een groot deel van de PEZ mee overlapt). Zo werden in de Vlaamse Banken tussen 2013 en 2019 jaarlijks gemiddeld ca. 20 ‘dagen op zee’ gelogd door Franse vissersschepen, 0,5 dagen door Britse vissers en 500 dagen door Nederlandse vissers, in vergelijking met gemiddeld 650 ‘dagen-op-zee’ door de Belgische vissersvloot (Figuur 5-64; Pecceu et al., 2021). Het verlies aan visserijgronden door het afsluiten van de PEZ (inclusief veiligheidsbuffer van 500 m) is echter zeer beperkt in relatieve oppervlakte i.v.m. de Europese wateren, waardoor geen significante economische verliezen worden verwacht en de gering negatieve (0/-) beoordeling vanuit de cumulatieve effecten op visserij (§ 6.3.6.1) behouden blijft.

8.7 RISICO'S EN VEILIGHEID

Grensoverschrijdende effecten in het kader van risico's en veiligheid zijn *sensu stricto* gerelateerd aan bijvoorbeeld de effecten van olieverontreiniging in Franse, Nederlandse en Britse wateren. Echter, gezien het BNZ actief gebruikt wordt door Franse, Nederlandse en Britse commerciële schepen en vissersvaartuigen, worden ook mogelijke effecten op scheepvaartroutes kort aangehaald. Daarnaast worden ook kort de luchtvaart en andere mogelijke risico's in een grensoverschrijdende context aangehaald.

8.7.1 Scheepvaartverkeer

Omdat het PEZ-gebied tussen bestaande **scheepvaartroutes** is gepland, wordt niet verwacht dat de huidige scheepvaartroutes (en dus het routegebonden verkeer, aangeduid als R-schepen) moeten worden gewijzigd (zie ook § 5.7.3.1), en zal er dus ook geen wijziging zijn voor de commerciële scheepvaart richting de buurlanden. Niet-

routegebonden verkeer (vnl. visserij) binnen de PEZ zal zich wel moeten verplaatsen naar de nabije omgeving daar de PEZ wordt afgesloten voor dergelijk scheepvaartverkeer. Op basis van een verkeersanalyse uitgevoerd binnen de aanvaringsstudie (MARIN, 2023) in kader van voorliggend MER blijkt de densiteit van visserij-inspanningen (waaronder ook buitenlandse vaartuigen) echter eerder beperkt in de PEZ. Het grensoverschrijdend effect gerelateerd aan een gewijzigd scheepvaartverkeer wordt als gering negatief beoordeeld (0/-).

De effecten op **radar en scheepscommunicatie** worden besproken in § 5.7.3.4. De effecten worden grensoverschrijdend hetzelfde beoordeeld als voor België en de PEZ, daar de radar en scheepscommunicatie immers wordt gebruikt door alle schepen, ongeacht hun herkomst. Er is enkel een gering negatief effect (0/-) voor SRK-walradarstations. De gepaste maatregelen zullen moeten genomen worden, vooral om de scheepvaatrafiek om en rond de windparken, en meer specifiek aan de westzijde van kavels PE I en PE III, adequaat op te volgen. Hetzelfde geldt voor de toegang tot de vaargeulen doorheen en tussen de windparken (enkel voor het werfverkeer en onderzoeksschepen toegelaten in de PEZ). Als mitigerende maatregel kan hierbij gedacht worden aan bijkomende radarinstallaties, op gepaste locaties. Alle buitenlandse schepen zullen wel rekening moeten houden met de veiligheidsafstand van minimaal 500 m rondom de PEZ windparken conform KB Veiligheidszone (04/02/2020). Verder geldt dat ook voor hen de **aanvaringsrisico's** zoals berekend in § 6.3.7 voor de gehele PEZ geldig zullen zijn, namelijk eens per 4 (scenario 1) of eens per 6 jaar (scenario 2). Het totale risico op aanvaring ten gevolge van de totale PEZ (ca. eens per 4 tot 6 jaar) is wel van eenzelfde grootteorde als de Oostelijke energiezone (eens om de 5 jaar). Het totale aanvaringsrisico (cumulatief effect) voor de PEZ in zijn totaliteit wordt als significant negatief (--) beoordeeld tijdens de exploitatiefase, en kan enkel indien de nodige milderende maatregelen (zie § 5.7.5.1) worden toegepast binnen aanvaardbare normen teruggebracht worden.

De **olieverontreiniging** die het gevolg kan zijn van een scheepsramp werd eerder besproken in § 5.7.3.3. In een studie op het BNZ voor het SeaStar-windpark toonden simulaties van Dulière en Legrand (2011) aan dat tijdens kalme weersomstandigheden (geen wind) een olievlek die zich vormde in de Norther-zone (op ca. 23 van de kust) oscilleerde tussen de Belgische en Nederlandse wateren met de getijden. Deze olievlek zou geen invloed hebben op de beschermde gebieden in België en Nederland. Bij zwaardere weersomstandigheden, zoals een wind van 17 m/s, was de drift van de olie voornamelijk afhankelijk van de windsnelheid en -richting. Vanuit SeaStar zou de olie binnen minder dan 3 uur de Nederlandse zone bereiken en na ongeveer 9 uur de Franse kust. De kwetsbare gebieden in België (SBZ-V, SBZ-H en het Zwin) zouden binnen 3 tot 12 uur geïmpacteerd kunnen worden, en de eerste aanspoeling van olie zou ongeveer 12 uur na de lozing bij Zeebrugge kunnen plaatsvinden.

Voor de PEZ werd geen bijkomende modellering uitgevoerd, gezien de verder offshore ligging (op ca. 35-55 km uit de kust) en gezien de effecten voor de meer nabijgelegen Oostelijke energiezone eerder al gering en beheersbaar bleken. Het projectgebied PEZ ligt dicht bij de Franse kust dan bij de Nederlandse kust (respectievelijk op ca. 35 km en 55 km). Terwijl nabij de kust en langs de Vlaamse Banken de vloedstroom (resulterende NO stroming) domineert, is de ebstroom de dominante stroomrichting (ZW) ter hoogte van het projectgebied PEZ (Lanckneus et al., 2001, zie ook Figuur 5-13 in § 5.1.2.5) waardoor de olieverontreiniging zich ook eerder richting Frankrijk zal verspreiden. Op basis van voorgaande modelstudies en rekening houdende met de grotere afstand van de PEZ tot de kust, wordt een eerste aanspoeling van

olie aan de Belgische kust niet binnen de eerste 12 u na lozing verwacht. De meest nabij gelegen kwetsbare gebieden in Frankrijk ('Bancs des Flandres' op ca. 6,5 km) zouden naar analogie met voorgaande modelstudies reeds binnen de 3 à 4 uur geïmpacteerd kunnen worden. Er worden vrijwel geen effecten verwacht voor de Nederlandse wateren en de natuurbeschermingsgebieden daar (Vlakte van de Raan op ca. 40 km).

Het voorzorgsprincipe moet worden toegepast, waarbij in de eerste plaats moet worden geprobeerd om aanvaringen te voorkomen en, indien dat niet mogelijk is, een lozing te vermijden of zo snel mogelijk te beperken. België beschikt sinds 2001 over gespecialiseerde uitrusting voor de bestrijding van verontreiniging op zee, meer bepaald voor olievlekken en gevaarlijke stoffen, echter enkel geschikt voor een eerste interventie. België heeft momenteel geen eigen ETV of stationssleepboot die wordt ingezet in de Noordzee. België werkt in geval van een groter incident op het BNZ wel samen met andere landen. België is namelijk een van de tien landen die samen met de Europese Unie deel uitmaken van het Bonn Agreement. Dit is een internationaal verdrag dat de samenwerking regelt bij de bestrijding van olie- en andere schadelijke stoffen in de Noordzee. Het Bonn Agreement organiseert onder meer gezamenlijke luchtverkenningen, informatie-uitwisseling, oefeningen en trainingen, en wetenschappelijk onderzoek. Ook biedt het Bonn Agreement wederzijdse bijstand aan in geval van een grote olieverontreiniging die de capaciteit van één land overstijgt. België kan daarbij beroep doen op ETV's van andere landen die actief zijn in de Noordzee zoals Nederlands, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk, of op commerciële sleepdiensten van bedrijven.

Mede gezien de relatief verre offshore ligging en de interventiemogelijkheden (incl. samenwerking met andere landen indien nodig) wordt het grensoverschrijdend effect op olieverontreiniging door een scheepsramp ten gevolge van de PEZ windparken als gering negatief beoordeeld (0/-) voor alle kavels en alle projectfasen (constructie, exploitatie en ontmanteling) en ongeacht het funderingstype.

8.7.2 Luchtvaartverkeer

Voor de effecten rond luchtvaart in een grensoverschrijdende context werd vanuit de bevoegde Nederlandse instanties aangegeven hier nog geen formeel antwoord op te formuleren tijdens de opmaak van het MER (naar aanleiding van vraag door AD Energie), maar dat dit mogelijks zal gebeuren in het kader van ESPOO. Voor de inschatting van het effect, wordt daarom momenteel verwezen naar een eerdere navraag door de BMM bij de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Directoraat Generaal Luchtvaart, Dienst Luchtruim en Luchthavens in het kader van het MEB Belwind (BMM, 2007). Uit deze navraag is gebleken dat ondanks de positie van de windconcessiezones in de Nederlandse FIR-zone, het luchtruim boven Belgisch grondgebied gelegen is waar de Belgische Staat autoriteit heeft. De Belgische richtlijnen betreffende bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 (12/06/06 – FOD Mobiliteit en Vervoer) zijn dan ook van toepassing voor het luchtverkeer. Gezien de PEZ slechts gedeeltelijk in de Nederlandse FIR zone ligt, blijft deze redenering geldig. Er wordt geoordeeld dat er geen grensoverschrijdend effect is (0).

8.7.3 Zwerfvuil en menselijke gezondheid

Er worden geen bijkomende grensoverschrijdende effecten verwacht naar zwerfvuil en persoonlijk letsel, bovenop deze besproken in respectievelijk § 5.7.3.8 en 5.7.3.9.

Tabel 8-7 – Beknopt overzicht van de voornaamste grensoverschrijdende effecten van de ontwikkeling van de PEZ op risico's en veiligheid net over de Frans-Belgische grens; significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0), gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Grensoverschrijdende effecten (inclusief op Frankrijk)	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Productie- en constructiefase						
Gewijzigd scheepvaartverkeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-	-	-	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0	0	0	0	0
Radar en scheepscommunicatie: SRK-walradarstations	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Zwerfvuil	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Menselijke gezondheid: persoonlijk letsel	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploitatiefase						
Gewijzigd scheepvaartverkeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	--	-	-	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0	0	0	0	0
Radar en scheepscommunicatie: SRK-walradarstations	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Zwerfvuil	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Menselijke gezondheid: persoonlijk letsel	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ontmantelingsfase						
Gewijzigd scheepvaartverkeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-	-	-	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0	0	0	0	0
Radar en scheepscommunicatie: SRK-walradarstations	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Zwerfvuil	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Menselijke gezondheid: persoonlijk letsel	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

9 SYNTHESE EN CONCLUSIES

9.1 KORTE BESCHRIJVING PROJECT

Voorliggend project betreft het voorbereidend onderzoek, de ontwikkeling, exploitatie en ontmanteling van toekomstige **windparken en inter-array bekabeling binnen de PEZ**, welke zullen worden gebouwd over de periode 2027 – 2030 en gelegen zijn in de Exclusieve Economische Zone (EEZ) in het Belgische deel van de Noordzee (BNZ), ter hoogte van de Hinderbanken op ca. 35 – 55 km uit de kust. Er worden drie afzonderlijke kavels (en dus windparken) aangeduid binnen de PEZ, welke een beoogd gezamenlijk vermogen van 3,15 tot 3,5 GW moeten realiseren op een totale oppervlakte van ca. 285 km². De aansluiting van de windparken is rechtstreeks voorzien op het MOG2 eiland via 66 kV parkkabels. Het project kadert binnen de Belgische en Europese **doelstellingen omtrent offshore hernieuwbare energie**, als onderdeel van het NEKP voor de periode 2021-2030, en de doelstelling van de federale regering om de capaciteit offshore windenergie in het BNZ op te trekken van 2,3 GW in 2020 (operationele windparken Oostelijke energiezone) tot 5,4 – 5,9 GW tegen 2030. De **initiatiefnemer** van dit project is de FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, ter voorbereiding van de concurrerende inschrijvingsprocedure voor kandidaat-ontwikkelaar(s).

De milieueffecten werden beschreven voor **twee alternatieven** (scenario's) per kavel, met een bandbreedtebenadering naar aantal turbines, individueel vermogen en technische specificaties (o.a. hoogte, rotordiameter) om de volledige range aan milieueffecten ten gevolge van de toekomstige windparken en inter-array bekabeling binnen de PEZ in beeld te brengen. De voorgestelde scenario's dekken op die manier ook situaties af met kleinere of minder aantal turbines af, en dus kleinere milieueffecten:

- **Scenario 1** = Worst-case scenario vanuit een maximaal aantal turbines met een minimaal individueel vermogen van 12 MW (typevoorbeeld GE Haliade X van 12/13 MW) en bijhorende configuratie per kavel om tot het beoogde totaal geïnstalleerd vermogen te komen. Dit resulteert in een totaal aantal turbines van 54 (kavel PE I) + 107 (kavel PE II) + 117 (kavel PE III) = 278 turbines.
- **Scenario 2** = Worst-case scenario vanuit een maximaal individueel vermogen per turbine tot > 20 MW (typevoorbeeld op basis van extrapolatie 22 MW) en bijhorende configuratie om tot het beoogde totaal geïnstalleerd vermogen te komen. Dit resulteert in een totaal aantal turbines van 32 (kavel PE I) + 64 (kavel PE II) + 64 (kavel PE III) = 160 turbines.

Verder gelden ook volgende aannames voor de funderingen, erosiebescherming, en parkbekabeling per kavel en de uitvoeringstechnieken voor de parkbekabeling:

- **Funderingstype** – Binnen het project en de effectbeoordelingen werden drie funderingstypes beschouwd: monopile, jacket en gravitair. Daarnaast werd ook het suction bucket principe (als alternatieve techniek voor het inheien van monopile of jacket funderingen) meegenomen.
- **Erosiebescherming** – Er werd voor alle turbinelocaties en funderingstypes uitgegaan van statische erosiebescherming om vorming van erosiekuilen maximaal tegen te gaan.

- **Parkbekabeling** – In alle kavels en scenario's werd een rechtstreekse aansluiting van de turbines op het MOG2 energie-eiland van Elia vooropgesteld, via in serie geschakelde 66 kV AC-kabels (maximaal vermogen per kabel 90 MW). Als installatietechniek wordt ploegen (in zones met zandduinen; ca. 80 % van de kabeltracés) of jetten (in zones met dagzomende kleilagen; ca. 20 % van de kabeltracés) met behulp van een cable trencher vanop een kabellegschip gehanteerd. Binnen de windparken van de PEZ worden de inter-array kabels op een onderlinge afstand van minimum 50 m voorzien (waar mogelijk).

Een overzicht van de configuraties van beide scenario's per kavel is te vinden in Hoofdstuk 4.1 en Bijlage 11.3 bij voorliggend MER.

9.2 VERWACHTE MILIEUEFFECTEN

Om de significantie van de impacten in voorliggend project te bepalen, werd rekening gehouden met de grootteorde, de omvang of reikwijdte en de duur (tijdelijk of permanent karakter) van de activiteiten per fase in het project (voorbereidend onderzoek, constructie, exploitatie, ontmanteling). De beschreven effecten werden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven, volgens onderstaand kader:

- ++: Significant positief effect
- +: Matig positief effect
- 0/+: Gering positief effect
- 0: (vrijwel) Geen effect
- 0/-: Gering negatief effect
- -: Matig negatief
- --: Significant negatief effect

In de volgende tabellen wordt een overzicht gegeven van de verwachte effecten voor het project, tijdens de verschillende projectfasen, per scenario en opgedeeld per kavel/windpark.

9.2.1 PE I

9.2.1.1 Voorbereidend onderzoek

Tabel 9-1 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van potentiële **voorbereidende geofysische/geotechnische onderzoeken** in kavel PE I, voor beide scenario's en per discipline

VOORBEREIDEND ONDERZOEK	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0	0
Invloed op onderwatergeluid	0/-	0/-

VOORBEREIDEND ONDERZOEK	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	0	0
Grindbed		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op zeevogels		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op migrerende vogels		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op vleermuizen		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Geluidshinder	0/-	0/-
Zeehonden		
Geluidshinder	0	0

9.2.1.2 Constructiefase

Tabel 9-2 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **constructie** van een windpark in **kavel PE I** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Invloed op bovenwatergeluid : baggeren en storten	0	0
Invloed op bovenwatergeluid : scheepvaart	0/-	0/-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen MP (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen JF (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid : baggeren en storten	-	-
Invloed op onderwatergeluid : scheepvaart	-	-
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen MP (incl. huidige BBT mitigatie)	-	--
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen JF (incl. huidige BBT mitigatie)	-	-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	-	-
Verlies aan organismen	-	-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Grindbed		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0/-	0/-
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	-	-
Effecten op zeevogels		
Sedimentatie	0/-	0/-
Geluid en benadering	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op migrerende vogels		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op vleermuizen		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP)	-	--
Geluidshinder door installatie turbines: heien (JF)	-	-
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0/-	0/-
Zeehonden		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP)	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: heien (JF)	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0	0
Effecten op artificiële harde substraten		
Habitatcreatie	nvt	nvt
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Stijging havenactiviteiten (premontage, ed.)	0	0
Constructiewerkzaamheden projectgebied (vanaf kust)	0	0
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0	0
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	-	-
Andere windparken	0/-	0/-

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0
Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
Luchtvervuiling	0	0
Persoonlijk letsel	0/-	0/-
Arbeidsrisico's	0/-	0/-

9.2.1.3 Operationele fase

Tabel 9-3 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **exploitatie** van een windpark in **kavel PE I** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	0/-	0/-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0	0
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	+	+

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0/+	0/+
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-
Invloed op trillingen	0/-	0/-
Invloed op EMV	0	0
Invloed op warmte	0	0
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+	0/+
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Grindbed		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	+	+
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op epibenthos		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op vissen		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op zeevogels		
Aanvaring	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op migrerende vogels		
Aanvaring	0/-	-
Barrière-effect en habitatverlies	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op vleermuizen		
Aanvaring	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Operationele geluidshinder	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+
EMV	0	0
Zeehonden		
Operationele geluidshinder	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+
EMV	0	0
Effecten op artificiële harde substraten		
Verandering gemeenschapsstructuur (incl. bekabeling)	0/+ tot +	0/+ tot +
Aantrekking vissen (incl. bekabeling)	+	+
Aantrekking niet-inheemse soorten	0/-	0/-
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Zichtbaarheid vanaf de kust / bebakening	0/-	0/-
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0/-	0/-
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0/+	0/+
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	-	-
Andere windparken	0/-	0/-
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0
Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
Luchtvervuiling	0/+	0/+
Persoonlijk letsel	0/-	0/-
Arbeidsrisico's	0/-	0/-

9.2.1.4 Ontmantelingsfase

Tabel 9-4 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **ontmanteling** van een windpark in **kavel PE I** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Gloobaal klimaat	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Grindbed		
Biotoopverstoring	-	-
Verlies aan organismen	-	-
Verstoring door sedimentatie		0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op zeevogels		
Sedimentatie	0/-	0/-
Geluid en benadering	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op migrerende vogels		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op vleermuizen		

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Zeehonden		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Effecten op artificiële harde substraten		
Verwijdering AHS (incl. bekabeling)	0 tot -	0 tot -
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Werkzaamheden tijdens ontmanteling (vanaf kust)	0	0
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0	0
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	-	-
Andere windparken	0	0
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Falen van infrastructuur		
<i>Faalfrequentie</i>	0	0
<i>Lekken van vloeistoffen</i>	0/-	0/-
<i>Lekken van gassen</i>	0 tot 0/-	0 tot 0/-
<i>Brand</i>	0	0
<i>Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk</i>	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
<i>Luchtvervuiling</i>	0	0
<i>Persoonlijk letsel</i>	0/-	0/-
<i>Arbeidsrisico's</i>	0/-	0/-

9.2.2 PE II

9.2.2.1 Voorbereidend onderzoek

Tabel 9-5 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van potentiële **voorbereidende geofysische/geotechnische onderzoeken** in **kavel PE II**, voor beide scenario's en per discipline

VOORBEREIDEND ONDERZOEK	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0	0
Invloed op onderwatergeluid	0/-	0/-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	0	0
Grindbed		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op zeevogels		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op migrerende vogels		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op vleermuizen		
Geluid en benadering	0	0

VOORBEREIDEND ONDERZOEK	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Geluidshinder	0/-	0/-
Zeehonden		
Geluidshinder	0	0

9.2.2.2 Constructiefase

Tabel 9-6 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **constructie** van een windpark in **kavel PE II** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid : baggeren en storten	0	0
Invloed op bovenwatergeluid : scheepvaart	0/-	0/-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen MP (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen JF (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid : baggeren en storten	-	-
Invloed op onderwatergeluid : scheepvaart	-	-
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen MP (incl. huidige BBT mitigatie)	-	--
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen JF (incl. huidige BBT mitigatie)	-	-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	-	-
Verlies aan organismen	-	-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Grindbed		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0/-	0/-
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	-	-
Effecten op zeevogels		
Sedimentatie	0/-	0/-
Geluid en benadering	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op migrerende vogels		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op vleermuizen		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP)	-	--
Geluidshinder door installatie turbines: heien (JF)	-	-
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0/-	0/-
Zeehonden		

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP)	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: heien (JF)	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0	0
Effecten op artificiële harde substraten		
Habitatcreatie	nvt	nvt
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Stijging havenactiviteiten (premontage, ed.)	0	0
Constructiewerkzaamheden projectgebied (vanaf kust)	0	0
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0	0
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0/-	0/-
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	0	0
Andere windparken	0/-	0/-
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
<i>Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk</i>	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
<i>Luchtvervuiling</i>	0	0
<i>Persoonlijk letsel</i>	0/-	0/-
<i>Arbeidsrisico's</i>	0/-	0/-

9.2.2.3 Operationele fase

Tabel 9-7 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **exploitatie** van een windpark in **kavel PE II** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)
Invloed op sedimenttransport, pluinvorming & sedimentatie	0/-	0/-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0	0
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	+	+
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0/+	0/+
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-
Invloed op trillingen	0/-	0/-
Invloed op EMV	0	0
Invloed op warmte	0	0
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Grindbed		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	+	+
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op epibenthos		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op vissen		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op zeevogels		
Aanvaring	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op migrerende vogels		
Aanvaring	0/-	-
Barrière-effect en habitatverlies	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op vleermuizen		
Aanvaring	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Operationele geluidshinder	0/-	0/-

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Aanwezigheid windpark	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+
EMV	0	0
Zeehonden		
Operationele geluidshinder	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+
EMV	0	0
Effecten op artificiële harde substraten		
Verandering gemeenschapsstructuur (incl. bekabeling)	0/+ tot +	0/+ tot +
Aantrekking vissen (incl. bekabeling)	+	+
Aantrekking niet-inheemse soorten	0/-	0/-
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Zichtbaarheid vanaf de kust / bebakening	0/-	0/-
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0/-	0/-
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0/+	0/+
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	0	0
Andere windparken	0/-	0/-
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	--	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
<i>Lekken van vloeistoffen</i>	0/-	0/-
<i>Lekken van gassen</i>	0 tot 0/-	0 tot 0/-
<i>Brand</i>	0	0
<i>Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk</i>	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
<i>Luchtvervuiling</i>	0/+	0/+
<i>Persoonlijk letsel</i>	0/-	0/-
<i>Arbeidsrisico's</i>	0/-	0/-

9.2.2.4 Ontmantelingsfase

Tabel 9-8 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **ontmanteling** van een windpark in **kavel PE II** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Grindbed		
Biotoopverstoring	-	-
Verlies aan organismen	-	-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op zeevogels		
Sedimentatie	0/-	0/-
Geluid en benadering	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op migrerende vogels		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op vleermuizen		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Zeehonden		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op artificiële harde substraten		
Verwijdering AHS (incl. bekabeling)	0 tot -	0 tot -
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Werkzaamheden tijdens ontmanteling (vanaf kust)	0	0
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0	0
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	0	0
Andere windparken	0	0
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0
Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
Luchtvervuiling	0	0
Persoonlijk letsel	0/-	0/-
Arbeidsrisico's	0/-	0/-

9.2.3 PE III

9.2.3.1 Voorbereidend onderzoek

Tabel 9-9 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van potentiële **voorbereidende geofysische/geotechnische onderzoeken** in **kavel PE III**, voor beide scenario's en per discipline

VOORBEREIDEND ONDERZOEK	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0	0
Invloed op onderwatergeluid	0/-	0/-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	0	0
Grindbed		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0	0
Effecten op zeevogels		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op migrerende vogels		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op vleermuizen		
Geluid en benadering	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Geluidshinder	0/-	0/-
Zeehonden		
Geluidshinder	0	0

9.2.3.2 Constructiefase

Tabel 9-10 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **constructie** van een windpark in **kavel PE III** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid : baggeren en storten	0	0
Invloed op bovenwatergeluid : scheepvaart	0/-	0/-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen MP (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	-
Invloed op bovenwatergeluid : heien funderingen JF (incl. huidige BBT mitigatie)	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid : baggeren en storten	-	-
Invloed op onderwatergeluid : scheepvaart	-	-
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen MP (incl. huidige BBT mitigatie)	-	--
Invloed op onderwatergeluid : heien funderingen JF (incl. huidige BBT mitigatie)	-	-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	-	-
Verlies aan organismen	-	-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Grindbed		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0/-	0/-
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	-	-
Effecten op zeevogels		
Sedimentatie	0/-	0/-
Geluid en benadering	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op migrerende vogels		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op vleermuizen		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP)	-	--
Geluidshinder door installatie turbines: heien (JF)	-	-
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0/-	0/-
Zeehonden		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: heien (MP)	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: heien (JF)	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: suction bucket	0	0
Geluidshinder door installatie turbines: GBF	0	0
Effecten op artificiële harde substraten		
Habitatcreatie	nvt	nvt
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Stijging havenactiviteiten (premontage, ed.)	0	0
Constructiewerkzaamheden projectgebied (vanaf kust)	0	0
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0	0

CONSTRUCTIEFASE	Scenario 1	Scenario 2
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0/-	0/-
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	0	0
Andere windparken	0/-	0/-
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0
Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
Luchtvervuiling	0	0
Persoonlijk letsel	0/-	0/-
Arbeidsrisico's	0/-	0/-

9.2.3.3 Operationele fase

Tabel 9-11 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **exploitatie** van een windpark in **kavel PE III** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0 (MP, JF); 0/- (GBF)	0 (MP, JF); 0/- (GBF)
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	0/-	0/-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0	0
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	+	+
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0/+	0/+
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-
Invloed op trillingen	0/-	0/-
Invloed op EMV	0	0
Invloed op warmte	0	0
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Grindbed		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	+	+
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op epibenthos		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op vissen		
Aanwezigheid windpark – verfijning sediment	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark – organische aanrijking	0/+	0/+
Aanwezigheid windpark – uitsluiting bodemberoering	0/+ tot +	0/+ tot +
Bodem- en waterkwaliteit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Andere soorten verstoring (EMV)	0/-	0/-
Andere soorten verstoring (warmte)	0	0
Effecten op zeevogels		
Aanvaring	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op migrerende vogels		
Aanvaring	0/-	-
Barrière-effect en habitatverlies	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op vleermuizen		
Aanvaring	0/-	0/-
Barrière-effect en habitatverlies	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Operationele geluidshinder	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+
EMV	0	0
Zeehonden		
Operationele geluidshinder	0/-	0/-
Aanwezigheid windpark	0	0
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (onderhoud)	0/-	0/-
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+
EMV	0	0
Effecten op artificiële harde substraten		
Verandering gemeenschapsstructuur (incl. bekabeling)	0/+ tot +	0/+ tot +
Aantrekking vissen (incl. bekabeling)	+	+
Aantrekking niet-inheemse soorten	0/-	0/-
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Zichtbaarheid vanaf de kust / bebakening	0/-	0/-

OPERATIONELE FASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0/-	0/-
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0/+	0/+
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	0	0
Andere windparken	0/-	0/-
Wetenschappelijk onderzoek	++	++
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0
Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
Luchtvervuiling	0/+	0/+
Persoonlijk letsel	0/-	0/-
Arbeidsrisico's	0/-	0/-

9.2.3.4 Ontmantelingsfase

Tabel 9-12 – Overzicht van de milieueffecten tijdens de activiteiten in kader van de **ontmanteling** van een windpark in **kavel PE III** (inclusief inter-array bekabeling), voor beide scenario's en per discipline

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op bodem		

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Invloed op morfologie	0/-	0/-
Invloed op geologie	0/-	0/-
Invloed op korrelgrootteverdeling	0/-	0/-
Invloed op bodemkwaliteit	0	0
Effecten op water		
Invloed op hydrodynamica	0	0
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie	-	-
Invloed op turbiditeit	0/-	0/-
Invloed op waterkwaliteit	0/-	0/-
Effecten op klimaat en atmosfeer		
Globaal klimaat	0/-	0/-
Lokaal klimaat	0	0
Atmosfeer	0	0
Effecten op geluid, EMV en trillingen		
Invloed op bovenwatergeluid	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	-	-
Effecten op macrobenthos		
Zacht substraat		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Grindbed		
Biotoopverstoring	-	-
Verlies aan organismen	-	-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op epibenthos		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0
Effecten op vissen		
Biotoopverstoring	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0/-	0/-
Geluidsverstoring en trillingen	0	0

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Effecten op zeevogels		
Sedimentatie	0/-	0/-
Geluid en benadering	0/-	0/-
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op migrerende vogels		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0/+	0/+
Effecten op vleermuizen		
Sedimentatie	0	0
Geluid en benadering	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden	0	0
Effecten op zeezoogdieren		
Bruinvissen		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Zeehonden		
Verhoogd aantal scheepsbewegingen	-	-
Verhoogde turbiditeit	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-
Geluidshinder door scheepvaart	-	-
Effecten op artificiële harde substraten		
Verwijdering AHS (incl. bekabeling)	0 tot -	0 tot -
Effecten op zeezicht		
Stijging scheepvaartverkeer van en naar haven	0/-	0/-
Werkzaamheden tijdens ontmanteling (vanaf kust)	0	0
Effecten op cultureel maritiem erfgoed		
In situ bescherming van wrakken	0	0
In situ bescherming van paleolandschappen	0	0
Effecten op menselijke activiteiten		
Visserij	0/-	0/-
Maricultuur (bestaand)	0	0
Maricultuur (binnen PEZ)	0	0
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen (operationeel)	0	0
Kabels en pijpleidingen (niet-operationeel)	0	0
Zandwinning en storten baggerspecie	0	0
Andere windparken	0	0
Wetenschappelijk onderzoek	++	++

ONTMANTELINGSFASE	Scenario 1	Scenario 2
Toerisme en recreatie	0	0
Effecten op veiligheid en menselijke gezondheid		
Wijziging scheepvaartverkeer	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp	0/-	0/-
Radar en scheepscommunicatie:		
SRK walradarstations	0/-	0/-
Scheepsradar	0	0
VHF, AIS, RDF	0	0
Falen van infrastructuur		
Faalfrequentie	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-
Lekken van gassen	0 tot 0/-	0 tot 0/-
Brand	0	0
Blikseminslag, ijsworp en wiekbreuk	0	0
Beschadiging van bekabeling	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer	0	0
Zwerfvuil	0/-	0/-
Menselijke gezondheid		
Luchtvervuiling	0	0
Persoonlijk letsel	0/-	0/-
Arbeidsrisico's	0/-	0/-

9.2.4 CONCLUSIES

Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste conclusies op hoofdlijn per discipline op basis van de beoordeling van de milieueffecten van het voorgestelde project. De referentiesituatie, leemten in kennis, milderende maatregelen en voorgestelde monitoring worden hierbij niet herhaald; deze kunnen geraadpleegd worden in de respectievelijke hoofdstukken van voorliggend MER.

9.2.4.1 Voorbereidend onderzoek

- Er worden geen noemenswaardige effecten van eventueel voorbereidend geotechnisch/geofysisch onderzoek in de PEZ kavels verwacht.

9.2.4.2 Constructiefase

Bodem en water

- Het **verstoorde oppervlak en volume** (bodemverzet) dat tijdens de constructiefase ontstaat is ongeveer dubbel zo groot voor scenario 1 (maximaal aantal turbines) als voor scenario 2 (groter individueel vermogen), en daarnaast het grootst voor een combinatie van 10 % gravitaire en 90 % monopile funderingen, gevolgd door 100

% jacket funderingen en ten slotte 100 % monopile funderingen. In totaal wordt voor de volledige PEZ ca. 443 ha van de zeebodem verstoord (incl. parkbekabeling) en bedraagt het bodemverzet ca. 12,4 Mm³ in scenario 1. Voor scenario 2 gaat het om ca. 265 ha, en ca. 9,2 Mm³. Deze cijfers naar bodemverstoring houden ook een impact op KRMS descriptor D6 (Zeebodintegriteit) in.

- De totale oppervlakte per windpark waarover wijzigingen in het Quartaire dek zullen optreden ten gevolge van de activiteiten tijdens constructie van de windparken (prenivellering, aanbrengen van erosiebescherming en parkbekabeling) is bijgevolg beperkt t.a.v. het volledige BNZ en de volledige PEZ, en dit voor beide scenario's, waardoor het effect op morfologie van de zeebodem als lokaal en gering negatief (0/-) wordt beschouwd voor alle kavels, scenario's en funderingstypes.
- Gezien kwetsbare grindbedlocaties in de indicatieve configuraties per windpark gevrijwaard worden van funderingen en parkbekabeling, is het risico op effecten op de geologie in de drie PEZ kavels beperkt. Het effect op de geologie wordt bijgevolg als gering negatief beoordeeld (0/-), voor de drie kavels, en de verschillende varianten naar fundering.
- Rondom alle funderingen wordt een statische erosiebescherming met breuksteen aangelegd, resulterende in een lokale permanente wijziging van de korrelgrootteverdeling zolang de funderingen en de erosiebescherming niet ontmanteld worden. Echter wordt deze omwille van de relatief beperkte oppervlaktes van het totale BNZ (slechts 0,08 – 0,13 % afhankelijk van het scenario) als gering negatief (0/-) beoordeeld, voor beide scenario's in de drie PEZ kavels, en voor de verschillende funderingstypes.
- Er worden (vrijwel) geen effecten verwacht op de bodemkwaliteit (0) tijdens de constructiefase. Deze beoordeling geldt voor de drie kavels afzonderlijk, voor beide scenario's en voor alle funderingstypes.
- Tijdens de constructie van turbines, funderingen, erosiebescherming en parkbekabeling treden vrijwel geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het type fundering (0).
- Voor wat betreft pluimvorming en sedimentatie zullen zowel het voorbereiden en aanleggen van de funderingsputten voor de turbines als het voorbereiden en ingraven van de parkkabels leiden tot maximale laagdiktes van ca. 8 + 15 = 23 cm ter hoogte van het MOG2 eiland. Ook ter hoogte van de turbinelocaties zelf, de tijdelijke stortplaatsen, en de kabeltracés zal een fijne sedimentlaag van enkele cm afgezet worden. Echter, voor het merendeel van de PEZ kavels zal de laagdikte maximaal 0,5 cm bedragen, en bovendien bij ieder springtij onder invloed van de heersende dynamiek in het projectgebied deels terug in resuspensie komen. Algemeen wordt het effect van de constructie van de funderingen en parkbekabeling op de natuurlijke sedimentatie als matig negatief (-) beschouwd, voor beide scenario's, de drie kavels, ongeacht het type fundering. Ter hoogte van de grindbedden wordt een gecumuleerde depositie van maximaal 2 cm dik verwacht aan de randen, waar parkbekabeling gelegen is, en indien de werkzaamheden gelijktijdig doorgaan op alle parkkabeltracés. Echter, op de meeste locaties en gedurende het merendeel van de tijd van de werkzaamheden zal de dikte onder de 0,5 cm blijven ter hoogte van de grindbedden.
- De constructie van funderingen (inclusief nivelleren en storten) en parkbekabeling zal een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken, welke tijdelijk boven de achtergrondconcentratie van ca. 5 mg/l uitstijgt, maar ook snel weer uitdempt, doorgaans binnen de 24 uur. De impact op turbiditeit wordt als gering

negatief (0/-) beoordeeld, voor beide scenario's, de drie kavels en ongeacht het funderingstype. Deze beoordeling heeft een weerslag op KRMS descriptor D7 (Hydrografische omstandigheden). Ter hoogte van de type 1 grindbedden wordt de achtergrondconcentratie enkel lokaal en gedurende korte tijd overschreden, waardoor het effect op de turbiditeit in de kwetsbare grindgebieden lager wordt ingeschat dan voor de omliggende sedimenten.

Klimaat en atmosfeer

- Er worden vrijwel geen (0) effecten op lokaal klimaat en atmosfeer verwacht tijdens de constructiefase.
- Voor wat betreft globaal klimaat, zullen de werkzaamheden in de PEZ kavels tijdens de constructie van de windparken en installatie van de parkbekabeling leiden tot o.a. een verhoogde scheepvaartintensiteit in het studiegebied, met de geassocieerde CO₂-emissies tot gevolg, welke als gering negatief (0/-) worden beoordeeld.

Geluid, EMV en trillingen

- De aanleg van de windparken (inclusief parkbekabeling) in de drie PEZ kavels zal ca. 3 jaar in beslag nemen. Gedurende een relatief lange periode zal het boven- en onderwatergeluid dus verhoogd worden ter hoogte van de PEZ, en met name op de baggerlocaties rond de turbinelocaties, de tijdelijke stortlocaties, en de vaarroutes naar de haven.
- Het baggeren en storten met behulp van o.a. sleepopperzuigers zal leiden tot maximale piekwaarden van ca. 185 - 188 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{m}^2$ onder water, welke uitdempen met toenemende afstand tot de bron. De werkzaamheden zullen op die manier tot op een afstand van ca. 4 – 10 km boven de achtergrondwaarde van ca. 130 dB uitstijgen en dit gedurende een lange totale duurtijd van de werkzaamheden in de PEZ, waardoor het effect als matig negatief (-) wordt beoordeeld, voor de drie kavels, en ongeacht het type fundering.
- De constructie van de windparken in de drie PEZ kavels, inclusief de installatie van de parkbekabeling, zal gepaard gaan met een intensifiëring van het scheepvaartgeluid (zowel boven- als onderwater). Het aantal scheepsbewegingen per jaar tijdens de constructiefase zal ca. 300 – 400 bedragen voor de drie kavels samen (t.a.v. een totaal aantal voor het hele BNZ van ca. 300.000/jaar), waardoor het effect op het totale geluid boven water in de PEZ als gering negatief (0/-) wordt beoordeeld, en het geluid onder water als matig negatief (-), ongeacht de kavel en scenario. De PEZ is over het algemeen immers een niet drukbevaren zone in het BNZ, al ligt ze wel tussen een aantal drukke IMO scheepvaartroutes.
- Daarnaast zal ook het inheien van monopiles en/of jacket funderingen leiden tot een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting, welke in geval van scenario 1 langer zal duren dan in scenario 2 omwille van het hoger aantal funderingen. Het geproduceerde geluidsniveau zal hierbij echter groter zijn bij de grotere paaldimensies in scenario 2 (22 MW turbines). De piekgeluidsniveaus onder water zullen zowel voor MP als JF boven de wettelijke KRMS limiet van 185 dB re 1 μPa op 750 m van de bron uitstijgen (> 200 dB re 1 μPa). Mits de huidige BBT aan milderende maatregelen worden toegepast, kan het effect op onderwatergeluid aanvaardbaar (maar weliswaar matig negatief (-)) beschouwd worden voor MP en JF in scenario 1, alsook JF in scenario 2. Voor monopile funderingen in scenario 2 (15 m diameter ter hoogte van de zeebodem) zullen de gegenereerde piekgeluidsniveaus echter nog steeds boven de drempel van 185 dB uitstijgen op basis van huidige kennis en

BBT. Het effect van inheien van monopile funderingen in scenario 2 van voorliggend MER wordt daarom als significant negatief (--) beoordeeld. Het is aan de kandidaat-ontwikkelaar(s) om aan te tonen dat er door optimalisatie van bestaande milderende maatregelen, of het toepassen van nieuwe technieken toch onder de huidige drempel voor impulsief geluid kan gebleven worden. Een alternatief kan het gebruik van jacket funderingen (kleinere paaldiameter), GBF of SB zijn.

Fauna, flora en biodiversiteit

- Effecten op macrobenthos (en ook epibenthos en vissen) zijn omwille van hun levensstijl sterk gekoppeld aan de impacten op de zeebodem en waterkolom. Het effect van de constructie van de drie PEZ windparken (inclusief parkbekabeling) op zeebodemverstoring is daarom recht evenredig met het effect op **directe biotoopverstoring en verlies aan organismen** van het macrobenthos. Omwille van hun beperkte mobiliteit zal immers een deel van het **macrobenthos** mee verwijderd worden en afsterven tijdens de constructiefase. Ondanks de beperkte oppervlakte (zie eerder), wordt het verlies aan organismen voor het **zandig substraat** als matig negatief (-) beoordeeld, voor beide scenario's en ongeacht het type fundering. Voor wat betreft **grindbedden** wordt een gering negatieve (0/-) beoordeling aangehouden, gezien deze zoveel mogelijk gevrijwaard blijven van directe impact in de indicatieve configuraties voor de kavels in voorliggend MER. Voor de meer mobiele **epibenthos- en visfauna** wordt een gering negatieve (0/-) beoordeling gegeven, ongeacht het scenario, kavel en funderingstype. **Deze beoordelingen linken tevens naar de KRMS criteria en indicatoren voor descriptor D1/4.**
- Naast directe biotoopverstoring zullen macrobenthosgemeenschappen ook een **indirecte biotoopverstoring** ondergaan door de pluimvorming, tijdelijke turbiditeitsverhoging en sedimentatie. De afgezette fijne sedimentlagen zullen doorgaans onder 0,5 cm dik blijven, maar kunnen lokaal enkele cm dik zijn (zeker ter hoogte van het MOG2 eiland, de tijdelijke stortlocaties en de turbinelocaties of kabeltracés zelf; zie eerder). Het effect op **macrobenthos** wordt omwille van de kwetsbaarheid van sommige macrobenthossoorten voor bedelving met fijn sediment als gering negatief (0/-) beoordeeld, voor alle kavels en scenario's en ongeacht het funderingstype. Deze beoordeling geldt voor **zowel zachtsubstraatfauna als grindbedfauna**. Ook voor **epibenthos en vissen** wordt eenzelfde gering negatieve (0/-) beoordeling aangehouden. Tijdelijke vertroebeling van de waterkolom kan ook een effect hebben op **zeevogels** die gebruik maken van predatie op zicht tijdens het foerageren. De impact van deze tijdelijke turbiditeitsverhoging tijdens de constructiefase op die zeevogels wordt voor de drie kavels en beide scenario's als gering negatief (0/-) ingeschat en als niet relevant (0) voor **migrerende vogels en vleermuizen**. **Deze beoordelingen linken tevens naar de KRMS criteria en indicatoren voor descriptor D1/4.**
- Voor wat betreft **onderwatergeluid**, worden de effecten tijdens de constructiefase op het **macrobenthos** als nagenoeg onbestaande (0), op het **epibenthos** als gering negatief (0/-), op de **visfauna** als matig negatief (-) en op **zeezoogdieren** als significant negatief (--) beoordeeld, zeker voor wat betreft monopile funderingen in scenario 2 welke een hoog piekgeluidsniveau met zich mee zullen brengen (zie eerder). Het effect op **zeevogels** wordt eveneens als gering negatief (0/-) beoordeeld, en voor **zangvogels** en **vleermuizen** als nagenoeg onbestaande (0).

- Naast bovenstaande meer algemene effecten die voor meerdere soortengroepen van belang zullen zijn, zal de oprichting van nieuwe structuren in volle zee tijdens de constructiefase ook zorgen voor potentiële **rustplaats en toegenomen voedselaanbod** voor bepaalde opportunistische **zeevogels en migrerende vogelsoorten** en een aantrekking veroorzaken van die soorten, welke als gering positief (0/+) wordt beoordeeld.

Zeezicht en maritiem cultureel erfgoed

- Voor wat betreft **scheepvaartverkeer** zullen er tijdens de constructiefase van 2 à 3 jaar ca. 300 – 400 bewegingen extra in en rond de havens plaatsvinden, tegen een achtergrond van ca. 300.000 bewegingen per jaar in het BNZ. Dit houdt een toename van ca. 1 % bewegingen per jaar in, wat als een gering negatief (0/-) effect op **zeezicht** wordt beschouwd, voor de drie afzonderlijke PEZ kavels en beide scenario's.
- Door de afstand van de PEZ kavels tot de kust zal het merendeel van de **constructieactiviteiten** (aanleg funderingen, erosiebescherming, transitiestukken, kabels) in het projectgebied zelf nagenoeg niet zichtbaar zijn vanuit de kust, waardoor er vrijwel geen effecten (0) op **zeezicht** vanuit de kust verwacht worden. Dit geldt voor beide scenario's, ondanks de grotere dimensies van turbines in scenario 2.
- Er worden nagenoeg geen effecten (0) op het aanwezige **maritiem cultureel erfgoed** verwacht tijdens de constructiefase van de PEZ windparken, ongeacht de kavel, scenario en funderingstype.

Interactie met andere menselijke activiteiten

- De toegenomen geluidsdruk en sedimentverstoring in de PEZ kavels tijdens constructie van de windparken kan een effect hebben op de aanwezige vispopulaties (zie eerder) en dus ook effecten op **visserij**. Deze worden echter als gering negatief (0/-) beschouwd voor beide scenario's in alle kavels.
- Overlap tussen kavels PE II en PE III met de operationele PEC **telecomkabel** kan leiden tot erosie of sedimentatie (risico op blootlegging of additionele begraving) tijdens de constructiefase, welke als gering negatief (0/-) wordt beschouwd in beide kavels, ongeacht scenario.
- Kavel PE I overlapt nagenoeg volledig met sector 4a (goed voor ca. 13 % van de beschikbare zandhoeveelheden in het BNZ) voor **zandwinning** in het BNZ (Noordhinder), waardoor deze activiteit niet langer mogelijk zal zijn. Dit effect wordt matig negatief beschouwd (-) voor kavel PE I en niet relevant (0) voor kavels PE II en PE III.
- Voor **andere gebruikers** treden er geen noemenswaardige effecten op tijdens de exploitatiefase.

Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid

- De effecten ten gevolge het **gewijzigd scheepvaartverkeer** tijdens de constructiefase (ca. 300-400 scheepsbewegingen per jaar voor de PEZ) worden als gering negatief beoordeeld (0/-) voor alle kavels in beide scenario's, hoewel de PEZ momenteel niet de meest druk bevaren zone in het BNZ is.
- Het risico op **olieverontreiniging** door een scheepsramp ten gevolge van de windparken in de PEZ wordt als gering negatief beoordeeld (0/-) voor alle kavels (daar dit nooit volledig uit te sluiten valt).

9.2.4.3 Operationele fase

Bodem en water

- Er worden geen grote effecten op **morfologie** van de zeebodem verwacht tijdens de operationele fase gezien er voor alle turbinelocaties voor statische erosiebescherming wordt gekozen in voorliggend MER. Er kan echter nog steeds secundaire erosie (i.e. vorming van kleinere erosieputten aan de grenszone tussen de zeebodem en erosiebescherming in stroomafwaartse richting) optreden, waardoor het effect van de aanwezigheid van de funderingen op morfologie als gering negatief (0/-) wordt ingeschat, voor de drie PEZ kavels, voor beide scenario's, en voor alle funderingstypes.
- Er worden verder geen noemenswaardige effecten op **geologie, korrelgroottesamenstelling, en bodemkwaliteit** verwacht tijdens de exploitatiefase.
- Voor wat betreft effecten op de **hydrodynamica**, zal er tijdens exploitatiefase een minimale wijziging in lokale stroming rondom de funderingen ontstaan. Gezien de beperkte invloedzone zal er echter geen interferentie optreden tussen de invloed van diverse palen (MP en JF) op de stroming en golfpatronen. De invloed van gravitaire funderingen op de hydrodynamica is door de grotere afmetingen ter hoogte van de zeebodem weliswaar groter, maar wordt nog steeds als gering negatief (0/-) beoordeeld, ook omdat er binnen voorliggend MER slechts in 10 % van de turbine aantallen een GBF voorzien wordt.
- Het effect op **sedimenttransport** van de operationele PEZ windparken wordt als zeer lokaal en gering negatief (0/-) beoordeeld, voor beide scenario's in de drie kavels, en voor alle funderingstypes, gezien er ook overal voor een statische erosiebescherming wordt gekozen binnen voorliggend MER.
- Tijdens de exploitatie van de windparken in de PEZ kunnen sedimentpluimen (weliswaar kleinere dan tijdens constructie) ontstaan in het zog (stroomafwaarts) van de individuele windturbines. Het effect hiervan op **turbiditeit** in de waterkolom wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld voor beide scenario's, en alle kavels ongeacht funderingstype.

Klimaat en atmosfeer

- Er worden vrijwel geen (0) effecten op **lokaal klimaat en atmosfeer** verwacht tijdens de operationele fase.
- Voor wat betreft **globaal klimaat**, zullen de operationele windparken in de PEZ kavels tijdens de exploitatiefase van min. 20 jaar leiden tot vermeden CO₂-emissies daar er geen energieproductie uit fossiel gas voor dat deel nodig zal zijn. De energiebalans (% verbruikte energie versus opgewekte energie) komt zo op ca. 3 (scenario 2) – 4 (scenario 1) %. Dit resulteert in een matig positief (+) effect voor de drie kavels en beide scenario's, ongeacht het funderingstype.

Geluid, EMV en trillingen

- De gezamenlijke effecten van scheepvaart in kader van onderhoud van de PEZ windparken en parkkabels, alsook de aanwezige operationele windparken in de drie PEZ kavels op **bovenwater- en onderwatergeluid** tijdens de exploitatiefase worden als matig negatief (-) beschouwd, ongeacht het type fundering en scenario.
- Er treden geen noemenswaardige effecten van **EMV** op tijdens de operationele fase, gezien de lage totale opgewekte veldsterkte door de inter-array bekabeling, de onderlinge afstand van min. 50 m, en de kabeldesign.
- De **trillingseffecten** onder water tijdens de operationele fase vormen een leemte in de kennis, waardoor het effect als gering negatief (0/-) wordt beoordeeld, vanuit een voorzorgsprincipe.

Fauna, flora en biodiversiteit

- Effecten van toegenomen turbiditeit en sedimentatie welke tijdens de constructiefase van de drie PEZ windparken zijn ontstaan zullen zich nog deels verderzetten tijdens de operationele fase, waarbij een risico op **verfijning of verslibbing** van het sediment ontstaat rondom de turbinelocaties, welke als gering negatief (0/-) wordt ingeschat gezien het tijdelijke en lokale karakter voor zowel zacht- als hardsubstraatfauna (grindbedden) van het **macrobenthos**, als het **epibenthos**.
- De aanwezigheid van de vele parkkabels in de drie PEZ kavels zal leiden tot het ontstaan van **elektromagnetische velden** tijdens de exploitatiefase welke vanuit een voorzorgsprincipe als gering negatief (0/-) worden beoordeeld voor **macro-, epibenthos en vissen**, al zijn de gevolgen sterk soortafhankelijk.
- Het netto **aanvaringsrisico** (zeevogels én trekvogels) met operationele turbines in scenario 1 van voorliggend MER wordt als gering negatief (0/-) ingeschat. Ook in scenario 2 wordt het effect voor **zeevogels** als gering negatief (0/-) ingeschat, en dat voor **trekvogels** als matig negatief (-), gezien de grotere dimensies van de turbines. Ook een deel van de migrerende **vleermuizen** zal het risico lopen op aanvaring met de operationele PEZ windparken, welk als gering negatief (0/-) wordt ingeschat voor beide scenario's en voor de drie kavels.
- De aanwezigheid van de drie PEZ windparken tijdens de exploitatiefase zal ook leiden tot verstoring door **barrière-effecten en habitatverlies** waarbij soorten als Jan-van-Genten, zeekoeten en alken het meeste risico lopen door de aanwezigheid van de PEZ windparken. Echter, gezien de grote variatie in resultaten wordt de verstoring door barrièrevorming en habitatverlies voor **zeevogels** als gering negatief (0/-) ingeschat voor de drie PEZ kavels. Voor **trekvogels en vleermuizen** wordt dit effect als niet-relevant (0) beoordeeld.
- De aanwezigheid van de windparken in de PEZ kavels houdt een zeker risico in naar vestiging en verspreiding van niet-inheemse soorten, met een weerslag op de doelstellingen binnen descriptor D2 van de KRMS.
- Anderzijds heeft de aanwezigheid van de operationele windparken in de drie PEZ kavels ook een aantal effecten welke als positief beschouwd worden in voorliggend MER. Zo zal de **uitsluiting van bodemberoerende activiteiten** gedurende de volledige levensduur van ca. 20 jaar een vermindering van de bodemverstoring inhouden (**refugium-effect**), met positieve effecten op het **macro- en epibenthos**, welke als gering tot matig positief (0/+ tot +) beoordeeld wordt omwille van de lange exploitatiefase en relatief groot oppervlak per kavel. Ook kunnen

de macrobenthosgemeenschappen in de omringende zachte zeebodem profiteren van een **verhoogde flux aan organisch materiaal** richting de zeebodem, en op die manier een hogere diversiteit en densiteit bereiken.

- Daarnaast zorgt de aanwezigheid van de funderingen en erosiebescherming voor een nieuw aanhechtingssubstraat voor bepaalde **epifauna**, in een doorgaans zandige omgeving, waardoor een nieuw habitat gecreëerd wordt. In het geval van scenario 1 gaat het om ca. 65 - 148 ha nieuw hard substraat (afhankelijk van funderingstype), in scenario 2 om 89 - 140 ha. De gemeenschappen die op deze manier op en rond de turbinefunderingen en erosiebescherming ontstaan, kunnen op die manier leiden tot een **organische aanrijking** van nabijgelegen sediment, en een **artificieel rif-effect**, waarbij door de verhoogde diversiteit en densiteit ook een aantrekking van de hogere trofische niveaus (vogels, zeezoogdieren) kan ontstaan. Dit effect wordt als gering (0/+) tot matig (+) positief voor de verschillende biota beoordeeld voor de drie kavels, beide scenario's en ongeacht het funderingstype.
- Voor zo ver erosiebescherming en funderingen zo worden ingericht dat deze de omringende van nature aanwezige grindbedden in de PEZ kavels benaderen, kunnen ook de biota doorgaans geassocieerd met harde substraten in het BNZ potentieel gedurende een langere periode (20 jaar) in alle rust zich vestigen en uitgroeien tot volwaardige gemeenschappen, met ook potentieel een aantal langlevende soorten zoals platte oester, fluwelen zeemuis, etc. De **grindbedfauna** in het BNZ bevindt zich momenteel in een zeer slechte staat van instandhouding, dus de aanwezigheid van de PEZ windparken kan zowel door het **uitsluiten van bodemberoering** als door de mogelijkheden tot habitatversterking en/of uitbreiding leiden tot een verbetering hierin. Dit effect wordt als matig positief (+) beoordeeld, voor de drie kavels, en ongeacht het scenario of funderingstype. Ook kan dit effect een positieve weerslag hebben op de criteria en indicatoren van KRMS descriptoren D1/4/6.
- Ook vinden verschillende soorten **vis** (o.a. kabeljauw, steenbolk) een schuil-, paai- en kraamkamer tussen en rond de funderingen. Het inrichten op een zo ecologisch mogelijke manier, met oog voor het creëren van toekomstige habitatcomplexiteit, kan een nog hogere aantrekking van deze visfauna teweeg brengen. Het gegeven dat deze vissen kunnen floreren in en rond de PEZ windparken, kan ook leiden tot een **spill-over effect** op de commerciële visstocks (weerslag op D3 van de KRMS).

Zeezicht en maritiem cultureel erfgoed

- Net zoals tijdens de constructiefase zullen tijdens de exploitatiefase van de PEZ windparken ca. 255 scheepsbewegingen per kavel gespreid doorheen het hele jaar nodig zijn voor onderhoud en herstellingen, wat qua grootteorde vergelijkbaar is met de jaarlijkse cijfers voor constructie. Het effect van toegenomen **scheepsbewegingen** op **zeezicht** wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld voor de drie kavels.
- Wat betreft de **zichtbaarheid van de windparken** vanop de kuststrook, wordt deze als gering negatief (0/-) ingeschat, voor beide scenario's en voor de drie kavels (hoewel kan aangenomen worden dat het windpark in kavel PE III deels aan het zicht onttrokken zal zijn door de aanwezigheid van het windpark in kavel PE II).
- Tijdens de operationele fase kunnen er onder invloed van gewijzigde hydromorfologische processen gering negatieve (0/-) effecten op het aanwezige **maritiem cultureel erfgoed** optreden, voor de drie kavels, beide scenario's en ongeacht het funderingstype.

Interactie met andere menselijke activiteiten

- Tijdens de operationele fase zal de uitsluiting van alle reguliere scheepvaart in de PEZ windparken ook een **verlies aan visgronden** binnen het BNZ betekenen, welke per definitie als negatief wordt beschouwd voor de sector. Op basis van de huidige visserij-effort blijkt echter dat de PEZ momenteel een relatief klein belang heeft op vlak van (bodemberoerende) visserij. Rondom de PEZ windparken zou mogelijk sprake kunnen zijn van een zogenaamd 'spill-over effect', waarbij de afgesloten windzone fungeert als een zeer productief gebied voor de visstocks en zorgt voor een aanrijking van geëxploiteerde soorten in de omringende gebieden. Het netto-effect van operationele windparken in de PEZ kavels op de visserijsector wordt omwille van de hinder t.g.v. uitsluiting enerzijds en het potentiële spill-over effect anderzijds, als gering negatief (0/-) beoordeeld voor alle kavels en beide scenario's.
- Analooq als tijdens constructie, bestaat ook tijdens de operationele fase een risico op blootlegging of additionele begraving van de PEC **kabel**, welke als gering negatief (0/-) voor kavels PE II en PE III wordt beschouwd.
- Eenzelfde beoordeling als tijdens de constructiefase kan gemaakt worden voor **zandwinning** in het BNZ (Noordhinder), meer bepaald sector 4a: matig negatief (-) effect voor kavel PE I en niet relevant (0) voor kavels PE II en PE III.
- Omwille van de ligging van de PEZ ten opzichte van Natura 2000 gebieden en de potentieel waardevolle grindbedden, worden **wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen** die tijdens de ontwikkeling van de PEZ zullen uitgevoerd worden als significant positief beschouwd voor de kennis van het bredere BNZ (++).
- Voor **andere gebruikers** treden er geen noemenswaardige effecten op tijdens de exploitatiefase.

Risico's, veiligheid en menselijke gezondheid

- De effecten ten gevolge van het **gewijzigd scheepvaartverkeer** tijdens de exploitatiefase (ca. 255 scheepsbewegingen per kavel) worden als gering negatief beoordeeld (0/-) voor alle kavels in beide scenario's.
- Het effect naar **aanvaringsrisico** verschilt naargelang het scenario en de kavel. Voor de gehele PEZ in scenario 1 is het verwachte aantal aanvaringen eens om de 4 jaar. Scenario 2 heeft een iets lagere frequentie, namelijk eens om de 6 jaar. Voor de afzonderlijke kavels ligt dit risico lager, respectievelijk tussen eens om de 8 tot 20 jaar in scenario 1 en tussen eens om de 12 tot 28 jaar in scenario 2. Voor beide scenario's ligt de gemiddelde aanvaringsfrequentie voor kavel PE II iets hoger dan de gemiddelde frequentie per turbine voor kavels PE I en PE III, omwille van de ligging t.a.v. de scheepvaartroutes. De impact op aanvaringsrisico wordt bijgevolg als matig negatief (-) tot significant negatief (--; enkel voor kavel PE II in scenario 1) beoordeeld. De nodige milderende maatregelen dienen te worden toegepast om het effect binnen aanvaardbare normen te houden.
- Voor wat betreft **olieverontreiniging** wordt eenzelfde conclusie gehanteerd als tijdens de constructiefase, namelijk dat deze nooit helemaal uit te sluiten valt, en dus gering negatief (0/-) ingeschat werd.
- De effecten op **radar- en scheepscommunicatie**, alsook op marifone systemen, wordt als gering negatief (0/-; radar) tot onbestaande (0; scheepsradar, marifone systemen) beoordeeld tijdens de exploitatiefase. Eventueel kan gedacht worden aan bijkomende radarinstallaties om het effect verder te mitigeren.

- Andere effecten zoals impact op **luchtvaart, afval en menselijke gezondheid** worden als onbestaande (0) of gering negatief (0/-) ingeschat. Voor een bespreking wordt verwezen naar de respectievelijke hoofdstukken in voorliggend MER.

9.2.4.4 Ontmantelingsfase

Voor de meeste effecten tijdens de ontmantelingsfase (die bestaat uit het volledig verwijderen van de palen, de funderingen, de erosiebescherming en de parkkabels) geldt dat deze maximaal gelijkaardig zullen zijn aan deze tijdens de constructiefase. In realiteit zal voor de meeste effecten de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de constructiefase (er wordt bv. geen mechanisch heigeluid geproduceerd tijdens de ontmanteling). Er wordt dus integraal verwezen naar de conclusies en beschrijvingen hierboven voor de constructiefase (§ 9.2.4.2).

Indien wordt uitgegaan van volledige ontmanteling van de drie PEZ windparken zoals het geval in voorliggend MER (cf. visiedocument ontmanteling; KBIN, 2023), zullen eventuele positieve effecten ten gevolge van de aanwezigheid van de turbines, funderingen en erosiebescherming (cf. artificieel rif-effect, uitsluiting bodemberoerende visserij, etc.) terug (deels) teniet gedaan worden.

9.3 CUMULATIEVE EFFECTEN

Onderstaande Tabel 9-13 geeft een overzicht van de mogelijke cumulatieve effecten van de activiteiten (drie windparken in de PEZ, inclusief inter-array parkbekabeling) in combinatie met elkaar (binnen PEZ) en andere menselijke activiteiten in het BNZ (binnen BNZ). De belangrijkste noemenswaardige cumulatieve effecten worden daarnaast kort opgesomd. Een uitgebreide bespreking van deze cumulatieve effecten is te vinden in Hoofdstuk 6.3 van voorliggend MER. Merk op dat er doorgaans geen onderscheid wordt gemaakt tussen beide scenario's, daar de cumulatieve effecten naar grootteorde gelijkaardig zullen zijn voor beide, ongeacht het aantal turbines of de dimensies.

- **'Bodem en water'**: de effecten naar **bodemverstoring, morfologie, geologie en korrelgrootteverdeling** zullen cumuleren voor de drie PEZ windparken samen, waardoor in totaal ca. 443 ha (scenario 1) of ca. 265 ha (scenario 2) zeebodem verstoord zal worden (inclusief de verstoring voor de installatie van de parkkabels in de drie kavels). Deze cumulatieve effecten worden omwille van het beperkt percentage van de totale PEZ of het BNZ als aanvaardbaar beschouwd. Ook effecten op **pluimvorming en sedimentatie** (tot buiten de PEZ) zullen cumuleren voor de drie windparken in de PEZ en met andere activiteiten zoals zandwinning in de nabijheid van de PEZ, en kunnen een risico inhouden voor de waardevolle grindbedden in het studiegebied. Door het vrijwaren van de grindbedlocaties zelf van installatie van turbinefunderingen en parkkabels, worden deze effecten echter als aanvaardbaar beschouwd (lokaal en tijdelijk). Er zal ook cumulatie zijn met de afgezette fijne sedimentlaag ten gevolge van de installatie van het MOG2 eiland, welke net voorafgaat aan de constructieperiode van de drie PEZ windparken.

- **‘Klimaat en atmosfeer’**: de gezamenlijke ontwikkeling van de PEZ windparken zal tijdens de levensduur ervan leiden tot aanzienlijke **vermeden CO₂-emissies**, welke resulteren in een significant positieve bijdrage op het klimaat.
- **‘Geluid, EMV en trillingen’**: de geluidsverstoring ten gevolge van de werkzaamheden in de afzonderlijke PEZ kavels zal cumuleren binnen de PEZ, alsook met andere activiteiten zoals werkzaamheden in kader van MOG2 (exportkabels en transmissie-infrastructuur), zandwinning en scheepvaartverkeer in de nabijheid van de PEZ. Het cumulatief effect van deze geluidsverstoring zal gelijk zijn aan de som van de effecten voor de individuele kavels. Vooral de verstoring door **heigeluiden** tijdens de installatie van monopile funderingen tijdens de constructiefase zal een grote impact hebben op het onderwatergeluidsniveau. Deze werden per afzonderlijk kavel al als significant negatief beoordeeld (scenario 2; monopile), en zullen leiden tot onaanvaardbare negatieve effecten, zo kandidaat-ontwikkelaars niet kunnen aantonen dat bijkomende mitigatie om onder de geluidsnorm van 185 dB re 1 µPa op 750 m van de bron te blijven mogelijk is. Dit heeft eveneens een weerslag op de zeezoogdieren (en andere biota) in de omgeving. Alternatieven zijn het gebruik van (kleinere) jacket funderingen, gravitaire funderingen of suction buckets.
- **‘Fauna, flora en biodiversiteit’**: Naast effecten gelinkt aan de hierboven vermelde bodemverstoring (impact op benthos) en geluidsverstoring (impact met name op zeezoogdieren), betekent de aanwezigheid van de drie PEZ windparken samen ook een relatief groot oppervlak in het BNZ waar **bodemberoerende activiteiten uitgesloten** zullen zijn gedurende een periode van minstens 20 jaar, en biota in relatieve ongestoordheid kunnen ontwikkelen tot meer diverse en waardevolle gemeenschappen (zowel op en rond de artificiële harde substraten, in de omringende zachte substraten, en de natuurlijke grindbedden in de omgeving). Dit heeft cumulatieve positieve effecten op de biota zelf (**organische aanrijking, rif-effecten, aantrekking**), en kan ook leiden tot effecten hogerop in het voedselweb en **spill-over effecten** op visserij. Anderzijds houdt de aanwezigheid van de drie ontwikkelde windparken ook een hogere kans op **aanvaring en barrière-werking** voor migrerende vogels in. De aanwezigheid van meerdere windparken in het BNZ zal immers zorgen voor een groter wordend deel van het BNZ dat gemeden wordt door trekkende vogels omwille van het risico op aanvaring. Daarnaast kunnen de gecreëerde artificiële harde substraten een risico inhouden op vestiging en verspreiding van **niet-inheemse soorten**, welke een nieuw habitat vinden in een doorgaans zandige omgeving.
- **‘Interactie met andere menselijke activiteiten’**: De cumulatieve **uitsluiting van visserij** in de volledige PEZ en ook de operationele Oostelijke energiezone zal zorgen voor een negatief effect op de sector, al gelden ook potentiële spill-over effecten (zie hierboven) door mogelijke aanvulling van de visstocks vanuit de windparken (schuil-, kraam- en paaiplaats).
- **‘Risico’s, veiligheid en menselijke gezondheid’**: het cumulatieve **aanvaringsrisico** voor de drie PEZ windparken samen is 1 keer per 4 (scenario 1) of 6 (scenario 2) jaar, wat als significant negatief wordt beoordeeld (maar wel vergelijkbaar is met de Oostelijke energiezone). Enkel door het toepassen van gepaste milderende maatregelen zullen deze effecten binnen aanvaardbare grenzen blijven.

Tabel 9-13 – Overzicht van de **cumulatieve effecten** tijdens de activiteiten in kader van de constructie, exploitatie, en ontmanteling van de drie windparken in de PEZ samen (inclusief inter-array bekabeling), en in combinatie met andere activiteiten in het BNZ, weergegeven per discipline. *S* = cumulatief effect is gelijk aan de som van de individuele effecten; *>S* = cumulatief effect is groter dan de som van de individuele effecten; *<S* = cumulatief effect is kleiner dan de som van de individuele effecten; *0* = geen cumulatief effect of niet relevant.

	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
BODEM	Score in relatie tot de 3 kavels samen in de PEZ	Score in relatie tot het bredere BNZ en andere activiteiten
Invloed op morfologie (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Invloed op geologie (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Invloed op korrelgrootteverdeling (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
WATER		
Invloed op hydrodynamica (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie (constructie, exploitatie, ontmanteling)	>S	>S
Invloed op turbiditeit (constructie, exploitatie, ontmanteling)	>S	>S
KLIMAAT & ATMOSFEER		
Globaal klimaat (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Lokaal windklimaat (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0	0
Atmosfeer (constructie, ontmanteling)	0	0
Atmosfeer (exploitatie - vermeden emissies)	>S	>S
GELUID		
Scheepvaart- en baggergeluiden (constructie)	>S	>S
Heigeluiden (constructie)	S	0
Scheepvaartgeluiden (exploitatie)	>S	S
Scheepvaart- en baggergeluiden (ontmanteling)	>S	0 of >S?
BENTHOS & VISSSEN		
Biotoopverstoring en verlies organismen (macrobenthos) (constructie, ontmanteling)	S	S
Sedimentatie en turbiditeit (benthos) (constructie)	>S	>S
Geluidsverstoring (vissen) (constructie)	S	>S
Organische aanrijking (exploitatie)	S tot >S	S
Verfijning sediment (grindbedden) (exploitatie)	>S	>S
EMV (exploitatie)	S	S
Uitsluiting visserij (exploitatie)	>S	>S
Sedimentatie en turbiditeit (ontmanteling)	S	0 of S
Geluidsverstoring (vissen) (ontmanteling)	S	0 of S
VOGELS & VLEERMUIZEN		
Sedimentatie (constructie, ontmanteling)	0	0
Geluid en benadering (constructie, ontmanteling)	0	0
Rust- en foerageermogelijkheden (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0	0
Aanvaring (exploitatie)	>S	>S
Barrière-effect (exploitatie)	>S	>S
ZEEZOOGDIEREN		

	Cumulatief binnen PEZ	Cumulatief binnen BNZ
Verhoogd aantal scheepsbewegingen (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Verhoogde turbiditeit (constructie, ontmanteling)	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid (constructie, ontmanteling)	0	0
Gewijzigde voedselbeschikbaarheid (exploitatie)	S	S
Geluidshinder door scheepvaart (constructie)	S	>S
Operationele geluidshinder (exploitatie)	0	0
Geluidshinder door scheepvaart (ontmanteling)	S	S
Geluidshinder door installatie turbines (constructie)	>S	0
Aanwezigheid windpark (exploitatie)	S	S
EMV (exploitatie)	0	0
ARTIFICIËLE HARDE SUBSTRATEN		
Habitatcreatie (constructie)	S	S
Verandering gemeenschapsstructuur (incl. bekabeling) (exploitatie)	>S	>S
Aantrekking vissen (incl. bekabeling) (exploitatie)	>S	>S
Aantrekking niet-inheemse soorten (exploitatie)	>S	>S
Verwijdering AHS (incl. bekabeling) (ontmanteling)	>S?	>S?
ZEEZICHT		
Stijging scheepvaartverkeer (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Zichtbaarheid uit de kust (exploitatie)	<S	S
ANDERE MENSELIJKE ACTIVITEITEN		
Visserij		
Verlies visserijgronden (constructie, exploitatie)	S	S
Verstoring visgemeenschappen (constructie, ontmanteling)	S	S
Spill-over effect (exploitatie)	>S	>S
Maricultuur	0	0
Militaire activiteiten	0	0
Kabels en pijpleidingen	0	0
Zandwinning	0	0
Wetenschappelijk onderzoek en oceanologische waarnemingen	>S	>S
Toerisme en recreatie	0	0
RISICO'S, VEILIGHEID & MENSELIJKE GEZONDHEID		
Diepte van de vaarroute (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Aanvaringsrisico's (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Olieverontreiniging door een scheepsramp (constructie, exploitatie, ontmanteling)	S	S
Radar en scheepscommunicatie: SRK walradarstations (constructie, exploitatie, ontmanteling)	>S	S

9.4 GRENDOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN

Gezien de ligging van de PEZ kavels t.a.v. de zeegrenzen van de omringende buurlanden (Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Nederland), worden er voornamelijk grensoverschrijdende effecten in Frankrijk verwacht. Kavels PE II en PE III grenzen immers aan Franse wateren, kavel PE I is verder weg gelegen van de Franse grens, op minimaal ca. 17 km.

Nederland en het VK (minimale afstand ca. 13 km tot het dichtstbijzijnde PEZ kavel) liggen doorgaans buiten de invloedsfeer van de milieueffecten (op basis van de numerieke pluimmodellering werden o.a. verspreidingspatronen tot ca. 10 km buiten de kavelgrenzen waargenomen). Effecten van het project in deze wateren kunnen dan ook nagenoeg worden uitgesloten. Enkel voor wat betreft klimaat en atmosfeer geldt dat de effecten evenzeer voor het VK en Nederland van toepassing zijn, gezien het voor deze effecten niet uitmaakt waar de CO₂-uitstoot (of vermeden uitstoot) plaatsvindt.

Tabel 9-14 – Overzicht van de **grensoverschrijdende effecten** tijdens de activiteiten in kader van de constructie, exploitatie, en ontmanteling van de drie windparken in de PEZ (inclusief inter-array bekabeling), weergegeven per scenario, kavel en discipline. Deze tabel geeft de grensoverschrijdende effecten op Frankrijk weer, gezien deze het meest van toepassing zijn in voorliggend project.

	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
BODEM & WATER						
Invloed op sedimenttransport, pluimvorming & sedimentatie (constructie)	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
KLIMAAT & ATMOSFEER						
Invloed op globaal klimaat, lokaal klimaat en atmosfeer (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0	0	0	0	0	0
GELUID & ZEEZICHT						
Invloed op zichtbaarheid vanuit de kust	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
Invloed op onderwatergeluid	0/-	-	-	0/-	-	-
BENTHOS & VISSEN						
Invloed op benthos door sedimentatie	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
Invloed op vissen door sedimentatie	0	0	0	0	0	0
ZEEVOGELS						
Aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Barrière-effect	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
MIGRERENDE VOGELS						
Aanvaring	0/-	0/-	0/-	-	-	-
Barrière-effect	0	0	0	0	0	0
VLEERMUIZEN						
Aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Barrière-effect	0	0	0	0	0	0
ZEEZOOGDIEREN						
Geluidshinder door scheepvaart	0	0/-	0/-	0	0/-	0/-
Geluidshinder door installatie turbines: heien	0/-	-	-	0/-	-	-
RISICO'S, VEILIGHEID & MENSELIJKE GEZONDHEID						

	Scenario 1			Scenario 2		
	PE I	PE II	PE III	PE I	PE II	PE III
Gewijzigd scheepvaartverkeer (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Aanvaringsrisico's (constructie, ontmanteling)	-	-	-	-	-	-
Aanvaringsrisico's (exploitatie)	-	--	-	-	-	-
Olieverontreiniging door een scheepsramp (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Luchtvaartverkeer (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0	0	0	0	0	0
Radar en scheepscommunicatie: SRK-walradarstations (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Zwerfvuil (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Menselijke gezondheid: persoonlijk letsel (constructie, exploitatie, ontmanteling)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

10 REFERENTIES

(SEER) U.S. Offshore Wind Synthesis of Environmental Effects Research. (2022). Electromagnetic Field Effects on Marine Life. Report by National Renewable Energy Laboratory and Pacific Northwest National Laboratory for the U.S. Department of Energy, Wind Energy Technologies Office. Available at <https://tethys.pnnl.gov/seer>.

3E (2021). LCOE offshore wind in the Princess Elisabeth zone: analysis of various density scenarios. Studie in opdracht van FOD Economie. 41 pp.

Ainslie, M. A., De Jong, C. A. F., Dol, H. S., Blacqui re, G., Marasini C. (2009). Assessment of natural and anthropogenic sound sources and acoustic propagation in the North Sea. TNO-DV 200C085, TNO, The Hague. 110 p

Ainslie, M.A., Halvorsen, M.B., M ller, R.A.J., Lippert, T. (2020). Application of damped cylindrical spreading to assess range to injury threshold for fishes from impact pile driving. The Journal of the Acoustical Society of America, 148: 108. <https://doi.org/10.1121/10.0001443>.

Arboleda, C.E., Minghao, W., Fatemeh, H., Troch, P. (2023). Technical engineering flexibility regarding the construction of scour protection layers around wind turbines in Belgian marine waters. *In*: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). 2023. EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 4.

Arcadis Belgium NV (2020). Milieueffectenrapport voor de extractie van mariene aggregaten in het Belgisch deel van de Noordzee. Uitgevoerd in opdracht van Zeegra vzw, Afdeling Kust, Afdeling Maritieme Toegang. 12 november 2020. 326 pp. (incl. bijlagen).

Arcadis Belgium NV (2023a). Prinses Elisabeth-zone offshore windpark. Externe bijlage 4: Life Cycle Analysis (LCA). Studie in opdracht van FOD Economie, als bijlage bij het MER PEZ.

Arcadis Belgium NV (2023b). Prinses Elisabeth-zone offshore windpark. Externe bijlage 5: Afvalbeheersplan. Studie in opdracht van FOD Economie, als bijlage bij het MER PEZ.

Arcadis Nederland B.V. (2023). Prinses Elisabeth-zone offshore windpark. Externe bijlage 1: numerieke pluimmodellering. Studie in opdracht van FOD Economie, als bijlage bij het MER PEZ. 83 pp. incl. bijlagen.

Axe, P., Sonesten, L., Skarb vik, E., Leujak, W., Nielsen, L. (2022). Inputs of Nutrients to the OSPAR Maritime Area. *In*: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the North-East Atlantic. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/inputs-nutrients/>

Bach, S., Teilmann, J., Henriksen, O.D. (2000). Environmental Impact Assessment (EIA) of offshore windfarms at R dsand and Om  St lgrunde, Denmark. A technical report on harbour porpoises.

Baeye, M. & Fettweis, M. (2015). In situ observations of suspended particulate matter plumes at an offshore wind farm, southern North Sea. *Geo-Mar Lett.*, 35, 247–255.

Barclay, R.M.R., Baerwald E.F., Gruver, J.C. (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Canadian Journal of Zoology* 85: 381–387. <https://doi.org/10.1139/Z07-011>.

Belgische Staat (2012a). Initiële beoordeling voor de Belgische mariene wateren – Kaderrichtlijn Marien Strategie – Art. 8, lid 1a & 1b. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Belgische Staat (2012b). Omschrijving van goede milieutoestand en vaststelling van milieudoelen voor de Belgische mariene wateren; Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 9 & 10. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Belgische Staat (2018a). Actualisatie van de initiële beoordeling voor de Belgische mariene wateren – Kaderrichtlijn Marien Strategie – Art. 8, lid 1a & 1b – België 2018-2024. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Belgische Staat (2018b). Actualisatie van de omschrijving van goede milieutoestand en vaststelling van milieudoelen voor de Belgische mariene wateren; Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 9 & 10. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Belgische Staat (2018c). Actualisatie van de socio-economische analyse van het gebruik van de Belgische mariene wateren en de aan de aantasting van het mariene milieu verbonden kosten. Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 8.1.c. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Belgische Staat (2018d). Marien Ruimtelijk Plan – Bijlage 1 – Ruimtelijke analyse van de zeegebieden.

Belgische Staat (2019). Nationaal energie- en klimaatplan 2021-2030, deel A: Nationaal Plan.

Belgische Staat (2020). Actualisatie van het monitoringsprogramma voor de Belgische mariene wateren. Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art. 11. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.

Belgische Staat. (2022a). Instandhoudingsdoelstellingen voor het Belgische deel van de Noordzee – Habitat en Vogelrichtlijn – Herziening 2022. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, DG Leefmilieu, Brussel, België: 27 pp.

Belgische Staat (2022b). Beheerplannen voor Natura 2000 in het Belgische deel van de Noordzee (2022-2027) – Habitat- en Vogelrichtlijn. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België.

Belgische Staat (2022c). Maatregelenprogramma voor de Belgische mariene wateren – Natura 2000 en Kaderrichtlijn Mariene Strategie – Art 13. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Brussel, België.

BMM (2006). Bouw en exploitatie van een windturbinepark op de Thorntonbank in de Noordzee. Milieueffectenbeoordeling van de aanvraag ingediend door de NV C-Power tot wijziging van de vergunning en machtiging voor het bouwen, inclusief de aanleg van kabels, en het exploiteren van een min 216 – max 300 MW farshore windenergiepark op de Thorntonbank. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM).

BMM (2007). Milieueffectenbeoordeling van het BELWIND offshore windturbinepark. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM). Brussel. 182 pp.

BMM (2009). Milieueffectenbeoordeling van het Eldepasco offshore windmolenpark op de Bank zonder Naam. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel. 169 pp.

BMM (2015). Milieueffectenbeoordeling van het MERMAID offshore energiepark ten noordwesten van de Bligh Bank. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM).

BMM (2020a). Zeeverontreiniging voor onze kust in cijfers. <https://odnature.naturalsciences.be/mumm/nl/aerial-surveillance/results>.

BMM (2020b). Resultaten luchttoezicht 2019: Luchtobservaties boven de Noordzee in 2019. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee (BMM).

Bochert, R. & Zettler, M.L. (2006). Effect of electromagnetic fields on marine organisms. In *Offshore Wind Energy*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2006; pp. 223–234.

Boot, G. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-Power windturbinepark op het Thorntonbank: Aanvullende scenario's. WL Delft Hydraulics. 11.

Boshamer, J.P.C. & Bekker, J.P. (2008) Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) and other species of bats on offshore platforms in the Dutch sector of the North Sea. *Lutra* 51 (1): 17-36.

Boslan (2022). The next generation monopile foundations for offshore wind turbines. https://www.boslan.com/wp-content/uploads/2022/06/BOSLAN_monopile_foundations.pdf

Brabant, R., Vanermen, N., Stienen, E., Degraer, S. (2015). Towards a cumulative collision risk assessment of local and migrating birds in North Sea offshore wind farms. *Hydrobiologia*, 756, doi: 10.1007/s10750-015-2224-2.

Brabant, R., Laurent, Y., Poerink, B. (2018). First ever detections of bats made by an acoustic recorder installed on the nacelle of offshore wind turbines in the North Sea, *In: Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Assessing and Managing Effect Spheres*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences.

Brabant, R., Laurent, Y., Muteti, J., Poerink, B., Degraer, S. (2019). The influence of meteorological conditions on the presence of Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*) at sea.

Brabant, R., Laurent, Y., Poerink, B., Degraer, S. (2021a). The Relation between Migratory Activity of Pipistrellus Bats at Sea and Weather Conditions Offers Possibilities to Reduce Offshore Wind Farm Effects. *Animals*, 11(12), doi: 10.3390/ani11123457.

Brabant, R., Rumes, B., Degraer, S. (2021b). Occurrence of intense bird migration events at rotor height in Belgian offshore wind farms and curtailment as possible mitigation to reduce collision risk. *In: Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Attraction, avoidance and habitat use at various spatial scales.*, ed. By Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. RBINS, chap. 5, pp. 47-60.

Brabant, R., Vanermen, N., Degraer, S. (2022a). Turbine size impacts the number of seabird collisions per installed megawatt and offers possibilities for mitigation. *In: Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Getting ready for offshore wind farm expansion in the North Sea.* Ed. By Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. RBINS, chap. 6, pp. 81-86.

Brabant, R., Degraer, S., Kerckhof, F. (2022b). Evaluatie van de potentiële effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van een offshore energie eiland op de fauna van grofzandig habitat. Studie in kader van MOG2.

Braeckman, U., Provoost, P., Gribsholt, B., Van Gansbeke, D., Middelburg, J.J., Soetaert, K., Vincx, M., Vanaverbeke, J. (2010). Role of macrofauna functional traits and density in biogeochemical fluxes and bioturbation. *Marine Ecology Progress Series*, 399: p. 173-186.

Braeckman, U., Lefaible, N., Bruns, E., Moens, T. (2020) Turbine-related impacts on macrobenthic communities: an analysis of spatial and temporal variability. *In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2020. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Empirical Evidence Inspiring Priority Monitoring, Research and Management. Series 'Memoirs on the Marine Environment'. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 131 p. pp. 61 – 78.*

Brand, A.J. (2009). Wind power plant North Sea - Wind farm interaction, the effect of wind farming on mesoscale flow, ECN Wind Energy, Report ECN-E-09-041.

Brasseur, S., Reijnders, P., Meesters, E., Aarts, G., Cremer, J. (2008). Harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to the wind farm site OWEZ, in the Netherlands – Interim rapport. Beschikbaar op www.noordzeewind.nl. 25.

Breine, N.T., De Backer, A., Van Colen, C., Moens, T., Hostens, K., Van Hoey, G. (2018). Structural and functional diversity of soft-bottom macrobenthic communities in the Southern North Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 214, 173–184, doi: 10.1016/j.ecss.2018.09.012.

BSH. (2014). Standard Ground Investigation for Offshore Wind Energy, Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH)

- Buyse, J., Hostens, K., Degraer, S., De Troch, M., De Backer, A. (2022a). Increased food availability at offshore wind farms affects trophic ecology of plaice *Pleuronectes platessa*. *Science of The Total Environment*:160730.
- Buyse, J., Hostens, K., Degraer, S., De Backer, A. (2022b). Offshore wind farms affect the spatial distribution pattern of plaice *Pleuronectes platessa* at both the turbine and wind farm scale. *ICES Journal of Marine Science* 79:1777–1786.
- Camphuysen, K. C. J. (2007). Chronic oil pollution in Europe, 1–88.
- Catrysse, J. (2023). Prinses Elisabeth-zone (PEZ) Offshore Windparken – Radarstudie. Externe bijlage 3 bij het MER. Studie in opdracht van de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie.
- CNSS (2014). Final report – Key findings and Recommendations.
- Coates, D., Van Hoey, G., Colson, L., Vincx, M., Vanaverbeke, J. (2015). Rapid macrobenthic recovery after dredging activities in an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia* 756, 3–18. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2103-2>
- Cook, A.S.C.P., Humphreys, E.M., Bennet, F., Masden, E.A., Burton, N.H.K. (2018). Quantifying avian avoidance of offshore wind turbines: current evidence and key knowledge gaps. *Marine Environmental Research* 140: 278-288. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.06.017>
- Coolen, J.W.P., van der Weide, B., Cuperus, J., Blomberg, M., van Moorsel, G.W.N.M., Faasse, M.A., Bos, O.G., Degraer, S., Lindeboom, H.J. (2020). Benthic biodiversity on old platforms, young wind farms and rocky reefs. *ICES Journal of Marine Science* 77(3):1,250–1,265, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy092>.
- Coolen, J.W.P., Vanaverbeke, J., Dannheim, J., Garcia, C., Birchenough, S.N.R., Krone, R., Beermann, J. (2022). Generalized changes of benthic communities after construction of wind farms in the southern North Sea. *Journal of Environmental Management* 315, 115173. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115173>.
- Cruz, E., Lloyd, T., Bosschers, J., Lafeber, F.H., Vinagre, P., Vaz, G., (2021). Study on inventory of existing policy, research and impacts of continuous underwater noise in Europe. EMSA report EMSA/NEG/21/2020. WavEC Offshore Renewables and Maritime Research Institute Netherlands.
- De Backer (2017). Langetermijnvisie Noordzee 2050.
- De Backer, A., Vandendriessche, S., Wittoeck, J., Hostens, K. (2010). Weighing natural variability and anthropogenic impacts: A case study of demersal fish and epibenthic communities in the Belgian Part of the North Sea. Copenhagen, C.M. – International Council for the Exploration of the Sea, 2010.
- De Backer, A., Debusschere, E., Ranson, J, Hostens, K. (2017). Swim bladder barotrauma in Atlantic cod when *in situ* exposed to pile driving. *In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2017. Environmental impacts of offshore wind farms in*

the Belgian part of the North Sea: A continued move towards integration and quantification. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section.

De Backer, A., Polet, H., Sys, K., Vanelslander, B., Hostens, K. (2019). Fishing activities in and around Belgian offshore wind farms: trends in effort and landings over the period 2006-2017. *In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2019. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management.*

De Backer, A., Buyse, J., Hostens, K. (2020). A decade of soft sediment epibenthos and fish monitoring at the Belgian offshore wind farm area. *In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2020. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Empirical Evidence Inspiring Priority Monitoring, Research and Management. Series 'Memoirs on the Marine Environment'. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 131 p.*

De Backer, A., Van Hoey, G., Wittoeck, J., Hostens, K. (2022). Describing the epibenthos and demersal fish communities in the Belgian Part of the North Sea in view of future offshore wind farm monitoring. *In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2022. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Getting ready for offshore wind farm expansion in the North Sea. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 106 p. pp. 19 – 36.*

De Borger, E., Ivanov, E., Capet, A., Braeckman, U., Vanaverbeke, J., Grégoire, M., Soetaert, K. (2021). Offshore Windfarm Footprint of Sediment Organic Matter Mineralization Processes. *Front. Mar. Sci.* 8:632243. doi: 10.3389/fmars.2021.632243.

De Clercq, M. (2018). Drowned landscapes of the Belgian Continental Shelf: implications for northwest European landscape evolution and preservation potential for submerged heritage. PhD thesis, Ghent University, Belgium.

de Jong, C., Ainslie, M., Dreschler, J., Jansen, E., Heemskerk, E., Groen, W. (2010). Underwater noise of trailing suction hopper dredgers at Maasvlakte 2: analysis of source levels and background noise. Report TNO-DV 2010 C335, Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO), The Hague, The Netherlands.

de Jong, C., Harmsen, J., Bekdemir, C., Hulskotte, J. (2020). Reduction of emissions and underwater radiated noise for the Belgian shipping sector. Report TNO 2020 R11855, in opdracht van FOD Leefmilieu, Dienst Marien Milieu, Brussel, België. 60 p.

De Maerschalck, V., Hostens, K., Wittoeck, J., Cooreman, K., Vincx, M., Degraer, S. (2006). Monitoring van de effecten van het Thornton windturbinepark op de benthische macro-invertebraten en de visfauna van zachte substraten: Referentietoestand. Studie uitgevoerd in opdracht van het KBIN en BMM. 81 pp.

De Mesel, I., Kerckhof, F., Rumes, B., Norro, A., Houziaux, J. H., Degraer, S. (2013). Fouling community on the foundations of wind turbines and the surrounding scour protection. *In: Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part*

of the North Sea: Learning from the Past to Optimise Future Monitoring Programmes, pp. 122-138. Ed. by S. Degraer, R. Brabant, and B. Rumes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Operational Directorate Natural Environment, Marine Ecology and Management Section, Brussels. 239 pp.

De Mesel, I; Kerckhof, F; Norro, A; Rumes, B., Degraer, S. (2015). Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. *Hydrobiologia*. 756. 10.1007/s10750-014-2157-1.

De Witte, B., & Hostens, K. (2019). Preliminary zinc analysis at offshore wind farms. *In*: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). (2019). Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 134 p.

Debusschere, E., Hostens, K., Botteldooren, D., Vincx, M., Degraer, S., (2017). The effects of high intensity impulsive sound on young European sea bass *Dicentrarchus labrax*, with special attention to pile driving. *In*: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L. (Eds.) (2016). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Environmental impact monitoring reloaded. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section. 287 pp.

Decloedt, S., De Poorter, J., Botteldooren, D. (1998). Vakgroep Informatietechnologie, Groep Akoestiek, RUG, 'Onderzoek naar het stiltekarakter van gebieden: Het Zwin', Gent, studie in opdracht van AMINAL.

Degraer, S., Braeckman, U., Haelters, J., Hostens, K., Jacques, T., Kerckhof, F., Merckx, B., Rabaut, M., Stienen, E., Van Hoey, G., Van Lancker, V., Vincx, M. (2009). Studie betreffende het opstellen van een lijst met potentiële Habitatrichtlijn gebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Eindrapport Opdr. Van Fed. Overheidsdienst Volksgezond. Veiligh. Van Voedselketen En Leefmilieu Dir.-Generaal Leefmilieu Brussel België.

Degraer, S., Courtens, W., Haelters, J., Hostens, K., Jacques, T., Kerckhof, F., Stienen, E., Van Hoey, G. (2010). Bepalen van instandhoudingsdoelstellingen voor de beschermde soorten en habitats in het Belgische deel van de Noordzee, in het bijzonder in beschermde mariene gebieden.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L. (eds). (2018a). Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Assessing and Managing Effect Spheres of Influence. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 136 p.

Degraer, S., Provoost, S., Stienen, E., De Troch, M., Hostens, K., Pirlet, H., Devriese, L. (2018b). Natuur en milieu. *In*: Devriese, L., Dauwe, S., Verleye, T., Pirlet, H. & Mees, J. (Eds.) Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2018 - Compendium voor Kust en Zee. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende. ISBN 978-94-920436-1-0. p. 23-46.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L. (eds). (2019). Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 134 p.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L. (eds). (2020a). Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Empirical Evidence Inspiring Priority Monitoring, Research and Management. Series 'Memoirs on the Marine Environment'. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 131 p.

Degraer, S., Carey, D. A., Coolen, J. W. P., Hutchison, Z. L., Kerckhof, F., Rumes, B., Vanaverbeke, J. (2020b). Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography*, 33(4), 48-57. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2020.405>.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L. (eds). (2021). Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Attraction, avoidance and habitat use at various spatial scales. *Memoirs on the Marine Environment*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 104 pp.

Degraer, S., Provoost, S., Stienen, E., De Troch, M., De Clerck, O., Sabbe, K., Hostens, K., Devriese, L., Sandra, M. (2022a). Natuur en milieu. *In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 - Compendium voor Kust en Zee*. p. 1-30.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., Vigin, L. (eds). (2022b). Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Getting ready for offshore wind farm expansion in the North Sea. *Memoirs on the Marine Environment*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 106 pp.

Degraer, S., Brabant, R., Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. *Memoirs on the Marine Environment*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp.

Delbare, D., Nevejan, N., Drouillon, M., Bossier, P., Verleye, T., De Raedemaeker, F. (2022). Mariene aquacultuur. *In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 - Compendium voor Kust en Zee*.

Deleu, S., Van Lancker, V., Van den Eynde, D., Moerkerke, G. (2004). Morphodynamic evolution of the kink of an offshore tidal sandbank: the Westhinder Bank (Southern North Sea). *Continental Shelf Research*, 24(15), 1587–1610. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.07.001>

Demerre, I., Van Haelst, S., Sandra, M. (2020). Inventaris 100-jarige scheepswrakken in het Belgische deel van de Noordzee. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende. 363 pp.

Den Boon, H., Sutherland, J., Whitehouse, R., Soulsby, R., Stam, C.-J., Verhoeven, K., Høgedal, M., Hald, T. (2015). Scour behaviour and scour protection for monopile foundations of offshore wind turbines.

- Depestele, J., Courtens, W., Degraer, S., Derous, S., Haelters, J., Hostens, K., Moulaert, I., Polet, H., Rabaut, M., Stienen, E., Vincx M. (2008). WaKo: Evaluation of the environmental impact of gill nets and beam-trawl fisheries on the Belgian part of the North Sea. ILVO-Visserij.
- Depoorter, P., Dujeux, S., Gonsaeles, G., Devriese, L., Pirlet, H. (2018). Militair gebruik. *In*: Devriese, L., Dauwe, S., Verleye, T., Pirlet, H., Mees, J. (Eds.) Kennisgids Gebruik Kust en Zee - Compendium voor Kust en Zee. p. 209-220.
- Derous, S., Vincx, M., Degraer, S., Deneudt, K., Deckers, P., Cuvelier, D., Mees, J., Courtens, W., Stienen, E.W.M., Hillewaert, H. (2007). A biological valuation map for the Belgian part of the North Sea (BWZEE). Research in the framework of the BELSPO programme 'Global chance, ecosystems and biodiversity' – SPSP II.
- Devriese, L. I. & Janssen, C. R. (2022). Beleidsinformerende Nota: Overzicht van het onderzoekslandschap en de wetenschappelijke informatie inzake (marien) zwerfvuil en microplastics in België. VLIZ Beleidsinformerende nota's BIN 2022_001. Oostende. 57 pp <https://dx.doi.org/10.48470/27>
- Dierschke, V., Furness, R.W., Garthe, S. (2016). Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biol. Conserv.*, 202, 59–68, doi: 10.1016/j.biocon.2016.08.016.
- Dietz, R., Teilmann, J., Henriksen, O.D. (2000). EIA study of offshore wind farm at Rødsand. Technical report about seals. Miljø- og Energiministeriet, National Environmental Research Institute. 46.
- Dolman, S.J., Simmonds, M.P., Keith, S. (2003). Marine wind farms and cetaceans. International Whaling Commission, doc. IWC/SC/55/E4. 17.
- Dong energy, Vattenfall, Danish Energy Authority & Danish Forest and Nature Agency (2006). Danish offshore wind – key environmental issues. 142.
- Drewitt, A. & Langston, R.H.W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. *British Ornithologists' Union, Ibis* 148: 29 – 42.
- Dulière, V. & Legrand, S. (2011). Oil Spill drift study for Norther, 12. Annex in BMM (2011): Milieueffectenbeoordeling van het NORTHER offshore windmolenpark ten zuidoosten van de Thorntonbank. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 200.
- Dyndo, M., Wisniewska, D.M., Rojano-Doñate, L. & Madsen, P.T. (2015). Harbour porpoises react to low levels of high frequency vessel noise. *Sci. Rep. Nat. Publ. Group*, (11083).
- Ecolas NV (2003). Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Thorntonbank. Uitgevoerd in opdracht van C-Power. 241 + app.

- Elia (2023). Federaal Ontwikkelingsplan van het transmissienet 2024-2034. Gedownload via <https://www.elia.be/nl/infrastructuur-en-projecten/investeringsplannen/federaal-ontwikkelingsplan-2024-2034>.
- Esteban, M., López-Gutiérrez, D., Negro, Vicente & Sanz (2019). Riprap Scour Protection for Monopiles in Offshore Wind Farms. *Journal of Marine Science and Engineering*. 7. 440. 10.3390/jmse7120440.
- European Commission (2022). Reducing emissions from the shipping sector. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/reducing-emissionsshipping-sector_en.
- Fettweis, M., Francken, F., Van den Eynde, D., Verwaest, T., Janssens, J., Van Lancker, V. (2010). Storm influence on SPM concentrations in a coastal turbidity maximum area with high anthropogenic impact (southern North Sea). *Cont. Shelf Res.*, 30(13), 1417–1427
- FOD Leefmilieu (2022). 2022-2027 Federaal Actieplan Marien Zwerfvuil. Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.
- Forewind (2014). Dogger Bank Teesside Environmental Statement - Chapter 5 Project Description. 261 pp. <https://doggerbank.com/dbc-certified-plans/>
- Fugro (2022). Geological desk study Princess Elisabeth Zone. Studie in opdracht van FOD Economie. 67 pp.
- Garttner (2018). De gevoeligheid van Kust en Zeevogels in kaart voor oliebestrijding. 81 pp.
- Geofish (2022). Database www.geofish.be. Geraadpleegd dd. April 2023.
- GEOxyz/G-tec (2023). Geophysical Results Report. Studie in opdracht van FOD Economie. 128 pp.
- Gill, A.B. (2023). Effects of subsea cable electromagnetic fields on the non-reproductive behaviour of sensitive receptor species. Report commissioned by Royal Belgian Institute of Natural Sciences. 34 p. *In*: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. *Memoirs on the Marine Environment*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 17
- Gilles, A., Viquerat, S., Becker, E., Forney, K., Geelhoed, S., Haelters, J., Nabe-Nielsen, J., Scheidat, M., Siebert, U., Sveegaard, S., van Beest, F., Van Bemmelen, R., Aarts, G. (2016). Seasonal habitat-based density models for a marine top predator, the harbor porpoise, in a dynamic environment. *Ecosphere*, 7, doi: 10.1002/ecs2.1367.
- Grontmij (2008). Windmolenpark ELNU – Toelichting visualisaties en zichtbaarheidskaarten.
- Haelters, J. & Camphuysen, K.C.J. (2009). The harbour porpoise in the southern North Sea: abundance, threats and research-& management proposals. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit.

Haelters, J., Norro, A., Jacques, T.G. (2009). Underwater noise emission during the phase I construction of the C-Power wind farm and baseline for the Belwind wind farm. pp. 17-37. In: Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.

Haelters, J., Kerckhof, F., Moreau, K., Potin, M., Doom, M., Jauniaux, T. (2018). Strandingen en waarnemingen van zeezoogdieren en opmerkelijke vissen in België in 2017. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

Haelters, J., Kerckhof, F., Moreau, K., Rumes, B., Potin, M., Jauniaux, T., Vercayie, D. (2019a). Strandingen en waarnemingen van zeezoogdieren en opmerkelijke andere soorten in België in 2018. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

Haelters, J., Brabant, R., De Cauwer, K., De Mesel, I., Kerckhof, F., Rumes, B., Stienen, E., Vanaverbeke, J., Van Hoey, G., Degraer, S. (2019b). Evaluatie van de Instandhoudingsdoelstellingen voor Natura 2000 naar aanleiding van de actualisatie van de omschrijving van de goede milieutoestand en de vaststelling van de milieudoelen voor de Belgische mariene wateren. Rapport van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN) in opdracht van de FOD Volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu, Dienst Marien Milieu.

Haelters, J., Kerckhof, F., Moreau, K., Team Sealife, Lambert, E., Jauniaux, T., Cornillie, P. (2021). Strandingen en waarnemingen van zeezoogdieren en opmerkelijke andere soorten in België in 2020. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

Haelters, J., Moreau, K., Team Sealife, Jauniaux, T., Kerckhof, F. (2022). Strandingen en waarnemingen van zeezoogdieren in België in 2021 [Strandings and sightings of marine mammals in Belgium in 2021]. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN), Brussel. 40 pp.

Harsanyi, P.; Scott, K.; Easton, B.A.A.; de la Cruz Ortiz, G.; Chapman, E.C.N.; Piper, A.J.R.; Rochas, C.M.V.; Lyndon, A.R. (2022). The Effects of Anthropogenic Electromagnetic Fields (EMF) on the Early Development of Two Commercially Important Crustaceans, European Lobster, *Homarus gammarus* (L.) and Edible Crab, *Cancer pagurus* (L.). J. Mar. Sci. Eng. 2022, 10, 564. <https://doi.org/10.3390/jmse10050564>.

Hastie, G., Merchant, N.D., Götz, T., Russell, D.J.F., Thompson, P., Janik, V.M. (2019). Effects of impulsive noise on marine mammals: investigating range dependent risk. Ecol. Appl., 29(5), e01906, doi: 10.1002/eap.1906.

Hatch, S.K., Connelly, E.E., Divoli, T.J., Stenhouse, I.J., Williams, K.A. (2013). Offshore observations of eastern red bats (*Lasiurus borealis*) in the mid-Atlantic United States using multiple survey methods. PLoS ONE 8: e83803. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083803>.

Hendrik, V.J., Hutchison, Z.L., Last, K.S. (2016). Sediment burial intolerance of marine macroinvertebrates. PLoS One, 11, 2, e0149114. doi:10.1371/journal.pone.0149114.

Henriksen, O.D., Teilmann, J., Karstensen, J. (2003). Effects of the Nysted offshore wind farm construction on harbour porpoises – the 2002 annual status report for the acoustic T-POD monitoring programme. Technical report commissioned by ENERGI E2 A/S, August 2003. National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment, Denmark. 44.

Houziaux, J.-S., Haelters, J., Kerckhof, F. (2007). Facts from history - The former ecological value of gravel grounds in Belgian marine waters: their importance for biodiversity and relationship with fisheries, *in*: ICES Marine Habitat Committee (2007). Report of the Study Group on Biodiversity Science (SGBIODIV) 9-11 May 2007 VLIZ, Belgium. C.M. - International Council for the Exploration of the Sea, MHC(11): pp. 18-25.

Houziaux, J.-S., Kerckhof, F., Degrendele, K., Roche, M.F., Norro, A. (2008). The Hinder banks: yet an important area for the Belgian marine biodiversity?

Hüppop, O., Dierschke, J., Exo, K.-M., Fredrich, E., Hill, R. (2006). Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis* 148: 90-109.

Hutchison, Z.L., Hendrick, V.J., Burrows, M.T., Wilson, B., Last, K.S. (2016). Buried Alive: The Behavioural Response of the Mussels, *Modiolus modiolus* and *Mytilus edulis* to Sudden Burial by Sediment. *PloS One*, 11, 3, e0151471. doi:10.1371/journal.pone.0151471.

Hutchison, Z.L., Bartley, M.L., Degraer, S., English, P., Khan, A., Livermore, J., King, J. W. (2020). Offshore wind energy and benthic habitat changes. *Oceanography* 33 (4), 58–69.

IMDC (2011). Design Basis Part A.4. Site specific wind data. Studie in opdracht van Northwind. NWD-FND-DB-GEN-REP-005-DB_PartA4.

IMDC (2013a). Milieueffectenrapport windpark Mermaid. MER Mermaid + Niet-technische samenvatting en externe bijlages. I/RA/11441/13.320/CPA.

IMDC (2013b). Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar. Milieueffectenrapport windmolenpark SeaStar. I/RA/11421/12.201/MIM.

IMDC (2022). Modular Offshore Grid 2 (MOG2): Milieueffectenrapport. Studie in opdracht van Elia Asset NV. 800 pp.

IMO (2020). Fourth International Maritime Organization (IMO) Greenhouse Gas (GHG) Study 2020, Full report.

INBO (2023). Rode Lijsten. Geraadpleegd op 08/06/2023. < Rode lijsten | Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (vlaanderen.be) >

IPCC (2021). Summary for Policymakers. *In*: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews,

T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.

IPCC (2022). Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. *In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001.

ITOPF (2023). Oil Tanker Spill Statistics 2022.

IUCN (2023). Red List of Threatened Species. Geraadpleegd op 08/06/2023. <IUCN Red List of Threatened Species>

Johnston, A., Cook, A.S.C.P., Wright, L.J., Humphreys, E.M., Burton, N.H.K. (2014). Modelling flight heights of marine birds to more accurately assess collision risk with offshore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 51: 31-41. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12191>.

Jones, E.L., Hastie, G.D., Smout, S., Onoufriou, J., Merchant, N.D., Brookes, K.L., Thompson, D. (2017). Seals and shipping: quantifying population risk and individual exposure to vessel noise. *J. Appl. Ecol.*, 54(6), 1930–1940, doi: 10.1111/1365-2664.12911.

Kapasakali, D., Kerckhof, F., Degraer, S. (2023a). Effects of fishery exclusion on gravel bed ecosystems, a review. *In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). 2023. EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 15*

Kapasakali, D., Brabant, R., Rumes, B., Degraer, S. (2023b). Developing offshore wind farms inside a Natura 2000 area: considerations and recommendations/opportunities for sustainable management. *In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). 2023. EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 19*

Kapasakali, D., Kerckhof, F., Degraer, S. (2023c). Effects of potentially harmful species. *In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). 2023. EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 10*

Kastelein, R.A., Gransier, R., Marijt, M.A.T., Hoek, L. (2015). Hearing frequency thresholds of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by played back offshore pile driving sounds. *J. Acoust. Soc. Am.*, 137(2), 556–564, doi: 10.1121/1.4906261.

KBIN (2023). Voortschrijdend rapport - visievorming Ontmantelen offshore windparken. Tussentijdse versie 28 april 2023. 38 p.

Kerckhof, F., De Mesel, I., Degraer, S. (2016). Do wind farms favour introduced hard substrata species? *In*: Degraer, S. et al. (Ed.) Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Environmental impact monitoring reloaded. pp. 61-75.

Kerckhof, F., Rumes, B., Degraer, S. (2018). A closer look at the fish fauna of artificial hard substrata of offshore renewables in Belgian waters. *In*: Degraer, S. et al. (Eds). Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Assessing and Managing Effect Spheres of Influence. Memoirs on the Marine Environment.

Kerckhof, F., Rumes, B., Degraer, S. (2019). About "Mytilisation" and "Slimeification": a decade of succession of the fouling assemblages on wind turbines off the Belgian coast. *In*: Degraer, S. et al. Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: making a decade of monitoring, research and innovation. Memoirs on the Marine Environment: pp. 73-84.

Kerkhove, T., Kapasakali, D., Kerckhof, F., Degraer, S. (2022). A comparison between the epifaunal biodiversity of shipwrecks and offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. *In*: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2022. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Getting ready for offshore wind farm expansion in the North Sea. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 106 p.

Kint, L., Montereale Gavazzi, G., Van Lancker, V. (2018). Kaderrichtlijn Mariene Strategie, Beschrijvend element 6: Zeebodintegriteit Ruimtelijke analyse van Fysisch Verlies en Verstoring. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Operationele Directie Natuurlijke Milieus.

Kleissen, F.M. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-Power windturbinepark op de Thorntonbank. W.L. Delft Hydraulics. 13

Koldenhof, Y. (2022), SAMSON-Analyse Wind op Zee: Versnellingsopgave RK2030 met doorkijk naar 2040, MARIN, 33797-1-MO-rev. 1.0.

Krijgsveld, K.L., Smits, R.R., van der Winden, J. (2008). Verstoringsgevoeligheid van vogels - Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Bureau Waardenburg - Vogelbescherming Nederland.

Krone, R., Dederer, G., Kanstinger, P., Krämer, P., Schneider, C., Schmalenbach, I. (2017) Mobile demersal megafauna at common offshore wind turbine foundations in the German Bight (North Sea) two years after deployment - increased production rate of *Cancer pagurus*. Mar Environ Res 123:53–61. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.11.011>

Lagerveld, S., Gerla, D., Wal, J.T., van der Vries, P., Brabant, R., Stienen, E., Deneudt, K., Manshanden, J., Scholl, M. (2017). Spatial and temporal occurrence of bats in the southern North Sea area. doi: 10.18174/426898.

Lagerveld, S., Jonge Poerink, B., Geelhoed, S.C.V. (2021). Offshore Occurrence of a Migratory Bat, *Pipistrellus nathusii*, Depends on Seasonality and Weather Conditions. *Animals (Basel)*. (2021) Dec 2;11(12):3442. doi: 10.3390/ani11123442. PMID: 34944219; PMCID: PMC8698179.

Langton, R., Boulcott, P., Wright, P.J. (2021). A verified distribution model for the lesser sandeel *Ammodytes marinus*. *Mar Ecol Prog Ser* 667:145-159. <https://doi.org/10.3354/meps13693>.

Larsen, M.M., Fryer, R., Hjermann, D., McHugh, B., Sorensen, A. (2022). Status and Trend hazardous substances using CHASE. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the North-East Atlantic. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/other-assessments/chase>

Lauwaert, B., De Witte, B., Devriese, L., Fettweis, M., Martens, C., Timmermans, S., Van Hoey, G., Vanlede, J. (2016). Synthesis report on the effects of dredged material dumping on the marine environment (licensing period 2012-2016). RBINS-ILVO-AMT-AMCS-FHR report BL/2016/09, 107pp.

Le Bot, S., Van Lancker, V., Deleu, S., De Batist, M., Henriët, J.P. (2003). Tertiary and Quaternary geology of the Belgian continental shelf. BELSPO Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy. SPSD II North Sea. Brussel (B) (D/2003/1191/12), 75 pp.

Lefaible, N., Braeckman, U., Moens, T. (2018). Effects of wind turbine foundations on surrounding macrobenthic communities. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2018. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Assessing and Managing Effect Spheres of Influence. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 136 p. pp. 57 – 77.

Lefaible, N., Colson, L., Braeckman, U., Moens, T. (2019). Evaluation of turbine-related impacts on macrobenthic communities within two offshore wind farms during the operational phase. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2019. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 134 p. pp. 47 – 63.

Lefaible, N., Braeckman, U., Degraer, S., Vanaverbeke, J., Moens, T. (2023). A wind of change for soft-sediment infauna within operational offshore windfarms. *Marine Environmental Research*, 188, 106009. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106009>.

Lindgren, C. & Lindblom, E. (2004). Short term effects of accidental oil pollution in waters of the Nordic Countries. IVL Swedish Environmental Research Institute in collaboration with SYKE, SFT, HFS and DMU.

Maes, F., Cliquet, A., Seys, J., Meire, P., Offringa, H. (2000). Limited atlas of the Belgian part of the North Sea. Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs: Brussel. 31 pp.

Maes, F., Merckx, J.P., Lescroart, J., Pirlet, H., Verleye, T. (2022). Maritiem transport, scheepvaart en havens. *In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 - Compendium voor Kust en Zee.* p. 31-56.

MARIN (2023). Shipping safety effects for wind energy area Prinses Elisabeth-zone. Externe bijlage 2 bij het MER. Studie in opdracht van de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie.

Masden, E.A., Haydon, D.T., Fox, A.D., Furness, R.W., Bullman, R., Desholm, M. (2009). Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of Marine Science* 66: 746-753. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp031>

Masden, E.A., Haydon, D.T., Fox, A.D., Furness, R.W. (2010). Barriers to movement: modelling energetic costs of avoiding marine wind farms amongst breeding seabirds. *Marine Pollution Bulletin* 60: 1085-1091. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.016>

Mathys, M. (2009). The Quaternary geological evolution of the Belgian Continental Shelf, southern North Sea. Doctoraatsthesis, pp.XXIV, pp.382, annexes. Universiteit Gent, Faculteit Wetenschappen, Gent. Link naar pdf document: <http://hdl.handle.net/1854/LU-716421>.

Mavraki, N., Braeckman, U., Degraer, S., Moens, T., Vanaverbeke, J. (2020). On the food-web ecology in offshore wind farms areas: lessons from 4 years of research.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2022). Vastgestelde notitie reikwijdte en detailniveau: Milieueffectrapporten kavelbesluiten I-IV IJmuiden Ver. 58 pp.

Montereale-Gavazzi, G., Degraer, S., Van Lancker, V. (2020) Report of Study 3.1: Predictive modelling of seafloor surficial gravel distribution within a new windfarm concession area: Belgian part of the North Sea. Royal Belgian Institute of Natural Sciences. Federal Public Service Health, Food Chain Safety and Environment.

Montereale-Gavazzi, G., Degraer, S., Van Lancker, V. (2023a). Predictive modelling of seafloor surficial gravel distribution within the Princess Elisabeth offshore wind farm zone (Belgium). *In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment.* Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 1.

Montereale-Gavazzi, G., Kapasakali, D., Degraer, S. (2023b). Restoration of natural gravel beds habitat in Belgian waters: a literature review on the environmental preconditions and regional-scale mapping of suitable areas. *In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment.* Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 16.

NASA (2022). Carbon Dioxide measurements. <https://climate.nasa.gov/vitalsigns/carbon-dioxide/>.

National Grid Viking Link Ltd. & Energinet.dk (2017). Viking Link: Appendix I - Cable Heating Effects – Marine Ecological Report. 18 pp.

National Inventory Report (2022). Belgium's greenhouse gas inventory (1990-2020). National Inventory Report, Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

Nedwell, J. & Howell, D. (2004). A review of offshore windfarm related underwater noise sources. Report No. 544 R 0308 commissioned by COWRIE. 63 pp.

Nedwell, J.R., Langworthy, J., Howell, D. (2003). Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise. COWRIE, 544 R 0424.

NIRAS (2015). Subsea Cable Interactions with the Marine Environment. Expert review and Recommendations Report. Study for Renewables Grid Initiative 60 pp.

Norro, A., Botteldooren, D., Dekoninck, L., Haelters, J., Rumes, B., Van Renterghem, T., Degraer, S. (2013). Qualifying and quantifying offshore wind farm-generated noise. *In: Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimise future monitoring programmes*. Degraer, S. et al. (Eds.).

Norro, A. (2018). On the effectiveness of a single big bubble curtain as mitigation measure for offshore wind farm piling sound in Belgian waters. *In* S. Degraer, R. Brabant, B. Rumes & L. Vigin (eds), *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Assessing and Managing Effect Spheres of Influence*. Series 'Memoirs on the Marine Environment'. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management Section, pp. 19-25.

Norro, A. (2020). An evaluation of the noise mitigation achieved by using double big bubble curtains in offshore pile driving in the southern North Sea, *in: Degraer, S. et al. Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Empirical evidence inspiring priority monitoring, research and management*. Memoirs on the Marine Environment. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment.

Oakley, J.A., Williams, A.T., Thomas, T. (2017). Reactions of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) to vessel traffic in the coastal waters of South West Wales, UK. *Ocean Coast. Manag.*, 138, 158–169, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2017.01.003.

Ørsted. (2019). EN010080-001723-Ørsted Hornsea Project Three (UK) Ltd - Appendix 4 - Rock Protection Decommissioning Methods', 08/02/2019.

OSPAR (2012). Guidelines on Best Environmental Practice (BEP) in Cable Laying and Operation. OSPAR 12/22/1, Annex 14

OSPAR (2017). Ecosystem assessment outlook – developing an approach to cumulative effects assessment for the QSR. Geraadpleegd op 19/06/2023. < Ecosystem Assessment Outlook - OSPAR-OAP (Prod) >

OVAM (2017). Vlaams Integraal Actieplan Marien Zwerfvuil. Tweede Draft: Opgemaakt in navolging van resolutie 866, aangenomen door het Vlaams Parlement op 5 oktober 2016.

OVAM (2018). Vlaams Integraal Actieplan Marien Zwerfvuil.

Paoletti, S., Brabant, R., Degraer, S., Strammer, I., Sigray, P., Rolleberg, N., Stewart, B.G., Aerts, J., Hutchison, Z.L., Gill, A.G. (2023). The effect of electromagnetic fields generated by an alternating current cable on the early life stages of marine species. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 18.

Parvin S.J., Nedwell J.R. & Workman R. (2006). Underwater noise impact modelling in support of the London array, Greather Gabbard and Thanet offshore wind farm developments. Subacoustech Report N0 544R0424.

Pecceu, E.; Paoletti, S.; Van Hoey, G.; Vanelslander, B.; Verlé, K.; Degraer, S.; Van Lancker, V.; Hostens, K.; Polet, H. (2021). Scientific background report in preparation of fisheries measures to protect the bottom integrity and the different habitats within the Belgian part of the North Sea. ILVO Mededeling, 277. Flanders Research Institute for Agriculture, Fisheries and Food: Ostend. 195 p.

Peritus International Ltd. (2022). Scour and Cable Protection Decommissioning Study. NECR403. Natural England. 42 p. Download via <https://publications.naturalengland.org.uk/publication/5938793965420544>.

Pieters, M., Van Dijck, M., Missiaen, T., Van Haelst, S., Pirlet, H., Devriese, L. (2022). Maritiem en kustgebonden erfgoed. In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 - Compendium voor Kust en Zee. p. 155-170.

Pirlet, H., Dauwe, S., Devriese, L., Lust, H., Bouchti, Z., Chisala, C., Verleye, T. (2020). Beleidsinformerende Nota: Marien onderzoek in Vlaanderen en België: Een inventaris van het onderzoekslandschap. VLIZ Beleidsinformerende nota's BIN 2020_006. Oostende. 60 pp.

Platteau J., Van Gijseghe D., Van Bogaert T. & Vuylsteke A. (2016). Voedsel om over na te denken. Landbouw- en visserijrapport 2016. Departement Landbouw en Visserij.

Polet, H., Torreele, E., Sandra, M., Verleye, T. (2022). Visserij. In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 - Compendium voor Kust en Zee. p. 105-124.

Pondera Consult (2018). MER Kavel V en VI Windenergiegebied Hollandse Kust (Noord). Bijlage 10 – Zichtbaarheidsanalyse. Opgesteld in opdracht van Ministeries van Economische Zaken en Klimaat en Infrastructuur en Milieu. 66 p.

Pondera Consult (2020) MER Kavel VII Windenergiegebied Hollandse Kust (West). Opgesteld in opdracht van Ministeries van Economische Zaken en Klimaat, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Infrastructuur en Waterstaat en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. 424 p.

- Popper, A.N., Hawkins, A.D. (2019). An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *Journal of Fish Biology*, 94 (5): p. 692 – 713.
- Powell-Jennings, C., R. Callaway, (2018). The invasive, non-native slipper limpet *Crepidula fornicata* is poorly adapted to sediment burial. *Marine Pollution Bulletin*, 130, 95-104. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.03.006.
- Rabaut M., Vincx M. & Degraer S. (2008). Do *Lanice conchilega* (sandmason) aggregations classify as reefs? Quantifying habitat modifying effects. *Helgol. Mar. Res.*
- Ransijn J., Booth C. & Smout S. (2019). A calorific map of harbour porpoise prey in the North Sea.
- Roberts L., Harding H.R., Voellmy I., Bruintjes R., Simpson S.D., Radford A.N. Breithaupt T. & Elliott M. (2016). Exposure of benthic invertebrates to sediment vibration: From laboratory experiments to outdoor simulated pile-driving. *Proc. Meet. Acoust.*, 27(1), 010029, doi: 10.1121/2.0000324.
- Roberts L., Collier S., Law S. & Gaion A. (2019). The impact of marine vessels on the presence and behaviour of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the waters off Berry Head, Brixham (South West England). *Ocean Coast. Manag.*, 179, 104860, doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.104860.
- Rumes, B., Coates, D., De Mesel, I., Derweduwen, J., Kerckhof, F., Reubens, J. & Vandendriessche, S. (2013). Does it really matter? Changes in species richness and biomass at different spatial scales. In S. Degraer et al. (eds), *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Learning from the Past to Optimise Future Monitoring Programmes*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit, pp. 183-189.
- Rumes B., Vanaverbeke J. & Degraer S. (2019). An analysis of harbour porpoise strandings after a decade of offshore wind farm construction in the southern North Sea. *Mem. Mar. Environ.*
- Rumes B. & Degraer S. (2020). Fit for porpoise? Assessing the effectiveness of underwater sound mitigation measures. *Mem. Mar. Environ.*
- Rumes B. & Zupan M. (2021). Effects of the use of noise-mitigation during offshore pile driving on harbour porpoise (*Phocoena phocoena*), in: Degraer, S. et al. *Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Attraction, avoidance and habitat use at various spatial scales. Memoirs on the Marine Environment.*: pp. 19-31. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment.
- Rumes B. & Degraer S. (2022a). Underwater sound and its effects on marine mammals in Belgian waters: a summary of the state of the art. MARECO, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen; Operationele Directie Natuurlijk Milieu.
- Rumes B. & Degraer S. (2022b). Increased turbidity and its effects on marine mammals in Belgian waters: a summary of the state of the art. MARECO, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen; Operationele Directie Natuurlijk Milieu.

- Russell D.J.F., Brasseur S.M.J.M., Thompson D., Hastie G.D., Janik V.M., Aarts G., McClintock B.T., Matthiopoulos J., Moss S.E.W. & McConnell B. (2014). Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Curr. Biol.*, 24(14), R638–R639, doi: 10.1016/j.cub.2014.06.033.
- Sagar P. (2013). Literature review of ecological effects of Aquaculture – Chapter 6 Seabird Interactions. Cawthron Institute.
- Sanderhoff, P. (1993). PARK – User's guide, A PC-program for calculation of wind turbine park performance. RISO National Laboratory, Roskilde Denmark, 133.
- Scheidat, M., Tougaard, J., Brasseur, S., Carstensen, J., van Polanen Petel, T., Teilmann, J. en Reijnders, P., (2011). Harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and wind farms: a case study in the Dutch North Sea. *Environ. Res. Lett.* 6, 025102 (10p.) doi:10.1088/1748-9326/6/2/025102.
- Scott, K.; Harsanyi, P.; Easton, B.A.A.; Piper, A.J.R.; Rochas, C.M.V.; Lyndon, A.R. (2021). Exposure to Electromagnetic Fields (EMF) from Submarine Power Cables Can Trigger Strength-Dependent Behavioural and Physiological Responses in Edible Crab, *Cancer pagurus* (L.). *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9, 776. <https://doi.org/10.3390/jmse9070776>
- Senternovem (2005). Handboek risicozonering Windturbines versie 2. www.senternovem.nl.
- SGS (2007). Studie windturbines en veiligheid. <http://www.energiesparen.be>.
- Söker, H., Rehfeldt, K., Santjer, F., Stracker, M. & Schreiber, M. (2000). Offshore Wind Energy in the North Sea. Technical possibilities and ecological considerations. A Study for Greenpeace. Pp. 83.
- Sørensen P.M., Wisniewska D.M., Jensen F.H., Johnson M., Teilmann J. & Madsen P.T. (2018). Click communication in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Sci. Rep.*, 8(1), 9702, doi: 10.1038/s41598-018-28022-8.
- Southall B.L., Nowacek D.P., Bowles A.E., Senigaglia V., Bejder L. & Tyack P.L. (2021). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Assessing the Severity of Marine Mammal Behavioral Responses to Human Noise. *Aquat. Mamm.*, 47(5), 421–464, doi: 10.1578/AM.47.5.2021.421.
- Stæhr, P.A.U., Carbonell, A., Guerin, L., Kabuta, S.H., Tidbury, H. and Viard, F. 2022. Trends in New Records of Non-Indigenous Species (NIS) Introduced by Human Activities. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic. OSPAR Commission, London. Available via: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/trends-new-records-nis>
- Stienen E., Van Waeyenberge J. & Kuijken E. (2002). De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank: studie ter beoordeling en monitoring van de impact van een offshore windpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Instituut voor Natuurbehoud, Rapport IN.A.2002.244.

- Stienen, E.; Van Waeyenberge, J.; Kuijken, E.; Seys, J. (2007). Trapped within the corridor of the Southern North Sea: the potential impact of offshore wind farms on seabirds, in: de Lucas, M. et al. (Ed.) Birds and wind farms: risk assessment and mitigation. pp. 71-80.
- Stienen E., Courtens W., Van De Walle M., Vanermen N. & Verstraete H. (2021). Monitoring van de instandhouding van kustbroedvogels in de SBZ-V. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Stienen, E. & Vanermen, N. (2020). Advies betreffende de wijziging van de instandhoudingsdoelstellingen (IHD's) voor zeevogels. Advies INBO.A.4032. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Støttrup J.G., Stenberg C., Dahl K., Dahl Kristensen L. & Richardson K. (2014). Restoration of a Temperate Reef: Effects on the Fish Community. *Open J. Ecol.*, 4, 1045–1059, doi: 10.4236/oje.2014.416086.
- Strang-Moran C. (2020). Subsea cable management: Failure trending for offshore wind. *Wind Energy Sci. Discuss. Prepr.*
- Susini S, Menendez M, Eguia P and Blanco JM (2022) Climate Change Impact on the Offshore Wind Energy Over the North Sea and the Irish Sea. *Front. Energy Res.* 10:881146. doi: 10.3389/fenrg.2022.881146.
- Svašek Hydraulics (2022). Long-term EIA morphological modelling of the MOG2 island. Modelling the long-term morphological effect of the EIA island on Natura2000 and gravel beds. Report 2094/U22319/E/AKR.
- Tasker M.L., Jones P.H., Dixon T. & Blake B.F. (1984). Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *The Auk*, 101, 567–577.
- Tasker M.L., Amundin M., Andre M., Hawkins A., Lang W., Merck T., Scholik-Schlomer A., Teilmann J., Thomsen F., Werner S. & Zakharia M. (2010). Marine Strategy Framework Directive - Task Group 11 Underwater noise and other forms of energy. European Commission, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Teilmann, J., Carstensen, J., Dietz, R. & Edrén, S.M.C (2005). Aerial monitoring of seals during construction and operation of Nysted Offshore Wind Farm. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 37.
- Teilmann, J., Carstensen, J., Dietz, R., Edrén, S.M.C & Andersen, S.M. (2006). Final report on aerial monitoring of seals near Nysted Offshore Wind Farm. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 41.
- TenneT (2019). T16 - Cable laying configurations.
- ter Hofstede R, Driessen FMF, Elzinga PJ, Van Koningsveld M, Schutter M. (2022) Offshore wind farms contribute to epibenthic biodiversity in the North Sea. *J Sea Res* 185:102229. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2022.102229>.
- Thiele R. (2002). Propagation loss values for the North Sea. Handout Hachgespräch: Offshore-windmills sound emissions and marine mammals. FTZ-Büsum.

- Todd V.L.G., Todd I.B., Gardiner J.C., Morrin E.C.N., MacPherson N.A., DiMarzio N.A. & Thomsen F. (2015). A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. *ICES J. Mar. Sci.*, 72(2), 328–340, doi: 10.1093/icesjms/fsu187.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Wisz, M.S., Teilmann, J., Ilsted Bech, N., Skov, H. & Henriksen, O.D. (2005). Harbour Porpoises on Horns Reef – Effects of the Horns Reef Wind Farm. Annual Status Report 2004 to Elsam Engineering A/S. NERI Technical Report. Roskilde, Denmark 71.
- Tougaard, J., Tougaard, S., Jensen, R.C., Jensen, T., Teilmann, J., Adelung, D., Liebsch, N. & Müller, G. (2006a). Harbour seals at Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final report to Vattenfall A/S. Biological Papers from the Fisheries and Maritime Museum No. 5, Esbjerg, Denmark. Available at www.hornsrev.dk.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Ilsted Bech, N. & Teilmann, J. (2006b). Final report on the effect of Nysted Offshore Wind Farm on harbour porpoises. Annual report 2005. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Roskilde, Denmark. 65.
- Tougaard, J., Madsen, P.T. & Wahlbergs, M. (2008). Underwater noise from construction and operation of offshore wind farms. *Bioacoustics* 17: 1-3 (2008) 146-146.
- Tougaard, J., Hermannsen, L., Madsen, P.T. (2020). How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines? *The Journal of the Acoustical Society of America* 148, 2885 (2020); doi: 10.1121/10.0002453.
- Van Bogaert, T.; Roels, K.; Platteau, J. (Ed.) (2021). VIRA Visserijrapport 2020. Departement Landbouw en Visserij: Brussel. 53 pp.
- Van den Brenk, S., van Lil, R., Cassée, R.W., Missiaen, T., van Haelst, S., Plets, R. & Mestdag, T. (2021). Archaeological desk study Princess Elisabeth Zone. Studie in opdracht van FOD Economie. 73 pp.
- Van den Eynde D., Brabant R., Fettweis M., Francken F., Melotte J., Sas M. & Van Lancker V. (2010). Monitoring of hydrodynamic and morphological changes at the C-Power and the Belwind offshore wind farm sites: A synthesis. In: Degraer Brabant R Rumes B Eds 2010 Offshore Wind Farms Belg. Part North Sea Early Environ. Impact Assess. Spatio-Temporal Var.
- Van den Eynde D., De Sutter R., De Smet L., Francken F., Haelters J., Maes F., Malfait E., Ozer J., Polet H., Ponsar S., Reyns J., Van der Biest K., Vanderperren E., Verwaest T., Volckaert A. & Willekens M. (2011). Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities CLIMAR – final report. Belgian Science Policy.
- Van den Eynde D., Lauwaert B., Van Hoey G., Hermans L., Martens C., Devriese L. & Pirlet H. (2022). Baggeren en storten. In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 - Compendium voor Kust en Zee.
- Van den Eynde, D. (2023a). Maximum bottom stresses and other hydrodynamic parameters in the Princess Elisabeth offshore wind farm zone (Belgium). In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. *Memoirs on the Marine Environment*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 3.

Van den Eynde, D., Baeye, M. & Van Lancker, V. (2023b). Effect of wind farms on the siltation of gravel beds. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 8.

Van den Eynde, D., M. Baeye, L. Kint, V. Van Lancker and P. Luyten, (2023c). A new high-resolution three-dimensional model for the Princess Elisabeth offshore wind farm zone (Belgium). In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 2.

van der Knaap I., Slabbekoorn H., Moens T., Van den Eynde D. & Reubens J. (2022). Effects of pile driving sound on local movement of free-ranging Atlantic cod in the Belgian North Sea. Environ. Pollut., 300, 118913, doi: 10.1016/j.envpol.2022.118913.

van Doorn J.T.M., Duursma A.M., Koldenhof Y., Valstar J. (2019). WIND OP ZEE 2030: Gevolgen voor scheepvaartveiligheid en mogelijke mitigerende maatregelen. MARIN, 31132-3-MSCN-rev.1.0.

Van Ginderdeuren, K.; Vandendriessche, S.; Prössler, Y.; Matola, H.; Vincx, M.; Hostens, K. (2014). Selective feeding by pelagic fish in the Belgian part of the North Sea. ICES J. Mar. Sci./J. Cons. int. Explor. Mer 71(4): 808-820. hdl.handle.net/doi:10.1093/icesjms/fst183.

van Hal, R., Volwater, J., Neitzel, S. (2022). Electromagnetic fields benthic fish. Impact of the export cable of Net op Zee Borssele. Wageningen University & Research report C013/22. 41 p.

Van Hoey, G., Degraer, S. & Vincx, M. (2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom communities on the Belgian Continental Shelf. Est., coast. And shelf sci. 59: 601-615.

Van Hoey, G., Depestele, J. & Hostens, K. (2023). Effects of fishery exclusion on sandy bottom benthos, a review. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp CHAPTER 14.

Van Hoey, G.; Guilini, K.; Rabaut, M.; Vincx, M.; Degraer, S. (2008). Ecological implications of the presence of the tube-building polychaete *Lanice conchilega* on soft-bottom benthic ecosystems. Marine Biology, 154: p. 1009-1019. doi: 10.1007/s00227-008-0992-1.

Van Lancker V., Vandenreyken H., De Backer A., Lauwaert B., Lescroart J. & De Raedemaeker F. (2022). Zand- en grindwinning. In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 - Compendium voor Kust en Zee.

- Van Lancker, V. (2012). Revisiting the spatial distribution of EUNIS Level 3 habitats, in view of Europe's Marine Strategy Framework Directive. Case study EMODNET-Geology. DG MARE.
- Van Lancker, V. (2017). Bedforms as benthic habitats: living on the edge, chaos, order and complexity. In: Guillen, J. et al. (Ed.) Atlas of bedforms in the western Mediterranean. pp. 195-198. https://hdl.handle.net/10.1007/978-3-319-33940-5_30.
- Van Lancker, V., Baeye, M., Evagelinos, D., Francken, F., Montereale Gavazzi, G., Van den Eynde, D., (2017). MSFD-compliant assessment of the physical effects of marine aggregate extraction in the Hinder Banks, synthesis of the first 5 years, in: Degrendele, K. et al. (Ed.) Belgian marine sand: a scarce resource? Study day, 9 June 2017, Hotel Andromeda, Ostend. pp. 87-104.
- Van Lancker, V., Deleu, S., Bellec, V., Le Bot, S., Verfaillie, E., Schelfaut, K., Fettweis, M., Van den Eynde, D., Francken, Monballiu, J., Giardino, A., Portilla, J., Lanckneus, J., Moerkerke, G. & Degraer, S. (2007). Management, research and budgeting of aggregates in shelf seas related to end-users (MAREBASSE). Final Scientific Report. Belgian Science Policy, SPSDII North Sea. 139 pp.
- Van Lancker, V., M. Baeye, G. Montereale Gavazzi and D. Van den Eynde, (2016). Monitoring of the impact of the extraction of marine aggregates, in casu sand, in the zone of the Hinder Banks. Period 1/1 – 31/12 2015 and Synthesis of results 2011-2015. Brussels, RBINS-OD Nature. Report MOZ4-ZAGRI/I/VVL/2016/EN/SR01, 276 pp.
- Van Lancker, V., Baeye, M., Montereale Gavazzi, G., Kint, L., Terseleer, N., Van den Eynde, D. (2020). Monitoring of the impact of the extraction of marine aggregates, in casu sand, in the zone of the Hinder Banks. Period 1/1 – 31/12/2019 and Synthesis of results 2016-2019. Brussels, RBINS-OD Nature. Report <MOZ4-ZAGRI/I/VVL/2020/EN/SR01>.
- Van Oyen T., Van Lancker V. & de Swart H.E. (2013). De Noordzeebodem: een landschap vol pieken en dalen. Grote Rede, 35.
- Vanaverbeke, J., Reis, S., & Zupan, M. (2023). Physical dimensions of scour protection layers impacting higher trophic levels. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 5.
- Vandaele D., Billiet L., Lescroart J. & Dauwe S. (2022). Toerisme en recreatie. In: Dauwe, S. et al. (Eds). Kennisgids Gebruik Kust en Zee 2022 – Compendium voor Kust en Zee.
- Vandenberghe T., Degraer S., Jauniaux, T., Kerckhof F., Rumes B., Scory S., Haelters J. en Toussaint E. (2016). MarineMammals.be: verbetering van de stranding van zeezoogdieren, door het verzamelen van vangst- en observatiegegevens. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata. 57. 199-200.
- Vandenbroele, M., Vangheluwe, M., Janssen, C., Persoone, G., Van Haecke, P. & Le Roy, D. (1997). Definiëring en toepassing van ecologische criteria en economische indicatoren voor de effectstudie en kostenbepaling van diverse types van verontreiniging in de Noordzee. 142.

Vanermen N & Stienen EWM (2023). Offshore wind farms and cumulative barrier effects to seabirds in Belgian marine waters. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 12.

Vanermen N, Courtens W, Van De Walle M, Verstraete H & Stienen E (2022a). Seabirds and offshore wind farms – the potential value of sensitivity mapping in marine spatial planning In: Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Getting ready for offshore wind farm expansion in the North Sea. ed. by Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. RBINS, chap. 4, pp. 55-68

Vanermen N. & Stienen E. (2019). Chapter 8 - Seabirds: displacement. Wildl. Wind Farms Confl. Solut. Vol. 3 Offshore Potential Eff., 174–205.

Vanermen N. & Stienen E.W. (2009). Seabirds & offshore wind farms: Monitoring results 2008. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit.

Vanermen N., Courtens W. & Stienen E. (2022b). Evaluatie van de potentiële effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van een offshore energieeiland op vogels. INBO.

Vanermen N., Courtens W., Van de walle, M., Verstraete, H. & Stienen, E.W.M. (2019.) Seabird monitoring at the Thorntonbank offshore wind farm, final displacement results after 6 years of post-construction monitoring and explorative Bayesian analysis of common guillemot displacement using INLA. In: Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds) Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, Brussels, 134 p.

Vanermen N., Onkelinx T., Courtens W., Walle M., Verstraete H. and Stienen E. (2015). Seabird avoidance and attraction at an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. Hydrobiologia. 10.1007/s10750-014-2088-x.

Vanermen N., Stienen E.W.M. & Courtens W. (2006). Referentiestudie van de avifauna van de Thorntonbank. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, A. 2006-22.

Vanermen, N., Brabant, R., Stienen, E., Courtens, W., Onkelinx, T., Van de walle, M., Verstraete, H., Vigin, L. & Degraer, S. (2013). Bird monitoring at the Belgian offshore wind farm: results after five years of impact assessment. In Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., (Eds.) (2013). Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Learning from the past to optimize future monitoring programmes. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Operational Directorate Natural Environment, Marine Ecology and Management Section. 239 pp.

Vanermen, N., Courtens, W., Van De Walle, M., Verstraete, H., & Stienen, E. (2021). Belgian seabird displacement monitoring program: macro-avoidance of GPS-tagged lesser black-backed gulls & potential habituation of auks and gannets. In Memoirs of the marine environment: Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea (pp. 33-46)

- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Courtens, W. & Van de walle, M. (2006). Referentiestudie van de avifauna van de Thorntonbank. Rapport INBO.A.2006.22. Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Onkelinx, T., Courtens, W. & Van de walle, M., (2011). Seabirds & offshore wind farms: Power and impact analyses 2010. 93-129 in Degraer, S., et al. (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 + annex.
- Vattenfall (2006). Review report 2005: The Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms – Environmental impact assessment and monitoring. Denmark. 135.
- Verboom W.C. & Kastelein R.A. (2005). Some examples of marine mammal 'discomfort thresholds' in relation to man-made noise.
- Verfaillie, E., Van Lancker, V. and Van Meirvenne, M. (2006). Multivariate geostatistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas. Continental Shelf Research 26, 2454-2468.
- Verleye T., De Raedemaeker F., Vandepitte L., Fockedeij N., Lescrauwaet A.K., De Poorter D. & Mees J. (2020a). Niet-inheemse soorten in het Belgisch deel van de Noordzee en aanpalende estuaria. VLIZ.
- Verleye T., Vanelsander B., Dauwe S. & Torrelee E. (2020b). Recreatieve zeevisserij in België anno 2019 - Feiten en cijfers. VLIZ.
- Vlaamse Overheid (2021). Visserijrapport 2020 - (VIRA2020). Vlaamse Overheid, Departement Landbouw en Visserij.
- Vlaamse Overheid (2022). De Belgische zeevisserij 2020 - Aanvoer en besomming. Vloot, quota, vangsten, visserijmethodes en activiteit. Departement Landbouw en Visserij.
- VMM (2013). Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest – Jaarverslag Immissiemeetnetten Kalenderjaar 2012. Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie, Dienst Lucht, Erembodegem.
- VMM (2016). Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest – Jaarverslag Immissiemeetnetten Kalenderjaar 2016. Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie, Dienst Lucht.
- VMM (2019). Jaarrapport Lucht. Emissies per sector 2000-2017. Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Lucht, Milieu en communicatie. Dienst Lucht.
- VMM (2020a). Jaarrapport Lucht. Emissies en concentraties van luchtverontreinigende stoffen. Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie. Dienst Lucht.
- VMM (2020b). Jaarrapport Lucht. Emissies per sector 2000-2018. Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie. Dienst Lucht.

VMM (2021a). Aandeel van de deelsectoren in de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door transport (2019).

VMM (2021b). Eerste voortgangsrapport over het Vlaams Luchtbeleidsplan 2030. D/2021/6871/013. Vlaamse Milieumaatschappij.

Voet H, Van Colen C, Vanaverbeke J (2021). Climate change effects on the ecophysiology and ecological functioning of an offshore wind farm artificial hard substrate community. *Sci Total Environ.* 810: 152194. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.152194.

Voet H & Vlamincx E, Van Colen C, Bodé S, Boeckx P, Degraer S, Moens T, Vanaverbeke J, Braeckman U (2022). Organic matter processing in a [simulated] offshore wind farm ecosystem in current and future climate and aquaculture scenarios. *Sci Total Environ.*, 159285. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.159285.

Volckaert A. & Durinck R. (2018). Strategische milieubeoordeling van het ontwerp Marien Ruimtelijk Plan. Arcadis.

Warnock J., McMillan D., Pilgrim J. & Shenton S. (2019). Failure Rates of Offshore Wind Transmission Systems. *Energies*, 12(2682).

Wisniewska D.M., Johnson M., Teilmann J., Siebert U., Galatius A., Dietz R. & Madsen P.T. (2018). High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 285(1872), 20172314, doi: 10.1098/rspb.2017.2314.

WODA (2013) Technical guidance on underwater sound in relation to dredging. World Organization of Dredging Associations, Delft, The Netherlands, Available at http://www.dredging.org/documents/ceda/html_page/2013-06-WODA-TechnicalGuidance-UnderwaterSound_lr.pdf

Wright; P.J., Jensen, H.; Tuck, I. (2000). The influence of sediment type on the distribution of the lesser sandeel, *Ammodytes marinus*, 44(3-4), 0–256. doi:10.1016/s1385-1101(00)00050-2.

WuBow, S., Sitzki, L. & Hahm, T. (2007). “3D simulation of the turbulent wake behind a wind turbine”. *Journal of physics: Conference series, The science of making torque from wind* 75 012033.

Zupan, M., Rumes, B., Vanaverbeke, J., Degraer, S., Kerckhof, F. (2023a). Long-Term Succession on Offshore Wind Farms and the Role of Species Interactions. *Diversity*, 15, 288. <https://doi.org/10.3390/d15020288>.

Zupan, M. Van Colen, C., Degraer, S. & Vanaverbeke, J. (2023b). Sensitivity of selected gravel bed species to burial. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. *Memoirs on the Marine Environment*. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 9.

Zupan M, Lopez LL, Degraer S, Vanaverbeke J (2023c). The benthic community on scour protection layer stones and their comparison to gravel beds. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a

nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 6.

Zupan, M., Degraer, S., Ong, EZ, Herman, L., Vanaverbeke, J. (2023d). The effect of foundation type and material on the biofouling community. In: Degraer, S., Brabant, R. & Vanaverbeke, J. (eds). (2023). EDEN 2000 – Exploring options for a nature-proof development of offshore wind farms inside a Natura 2000 area. Memoirs on the Marine Environment. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 440 pp. CHAPTER 7.

11 BIJLAGEN

- 11.1 Procedure aanvraag milieuvergunning: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (BMM, 2003, 2019)

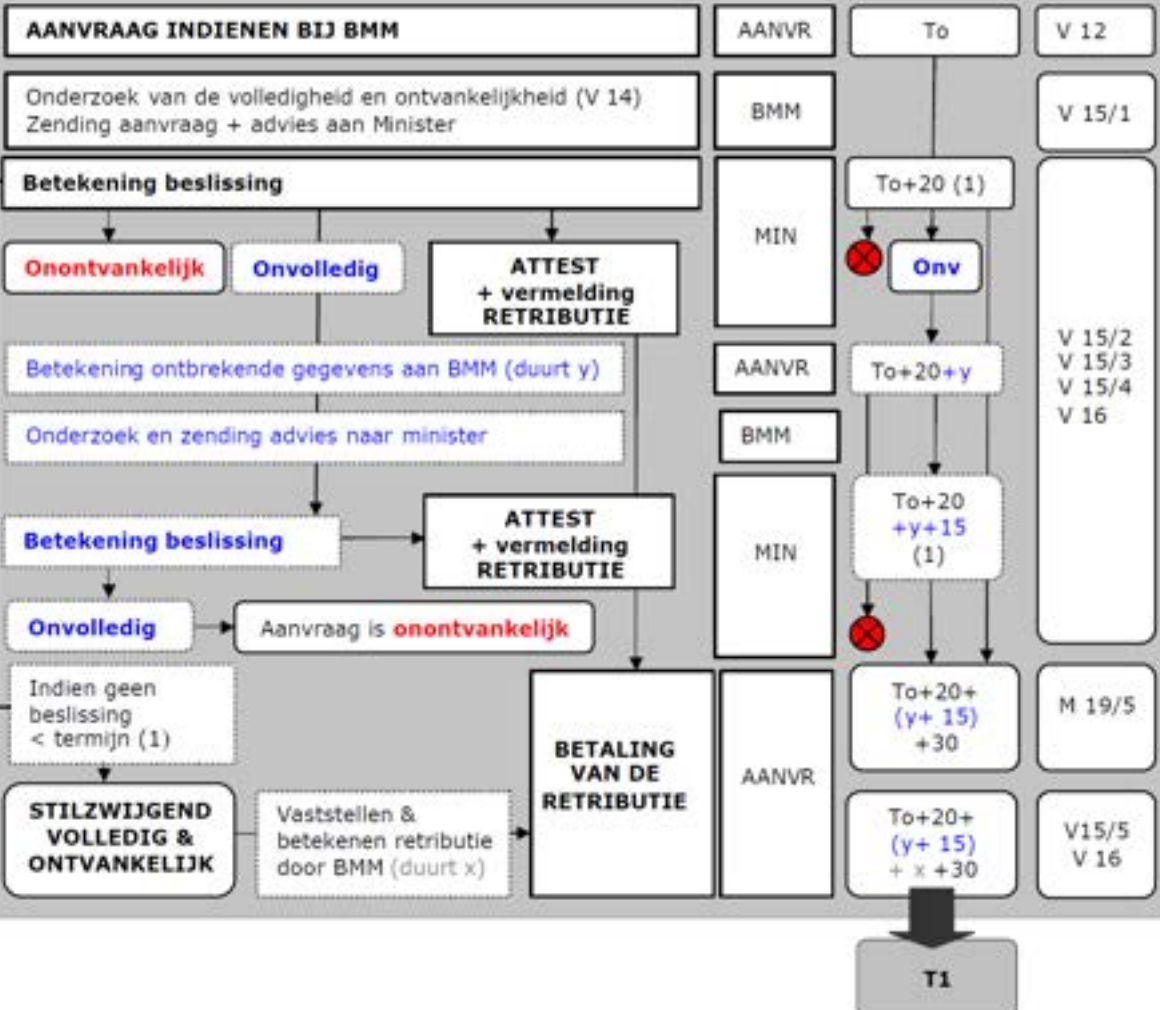
Procedure met inspraak voor het bekomen van vergunning en /of machtiging

Activiteit	Wie	Termijn	Artikel

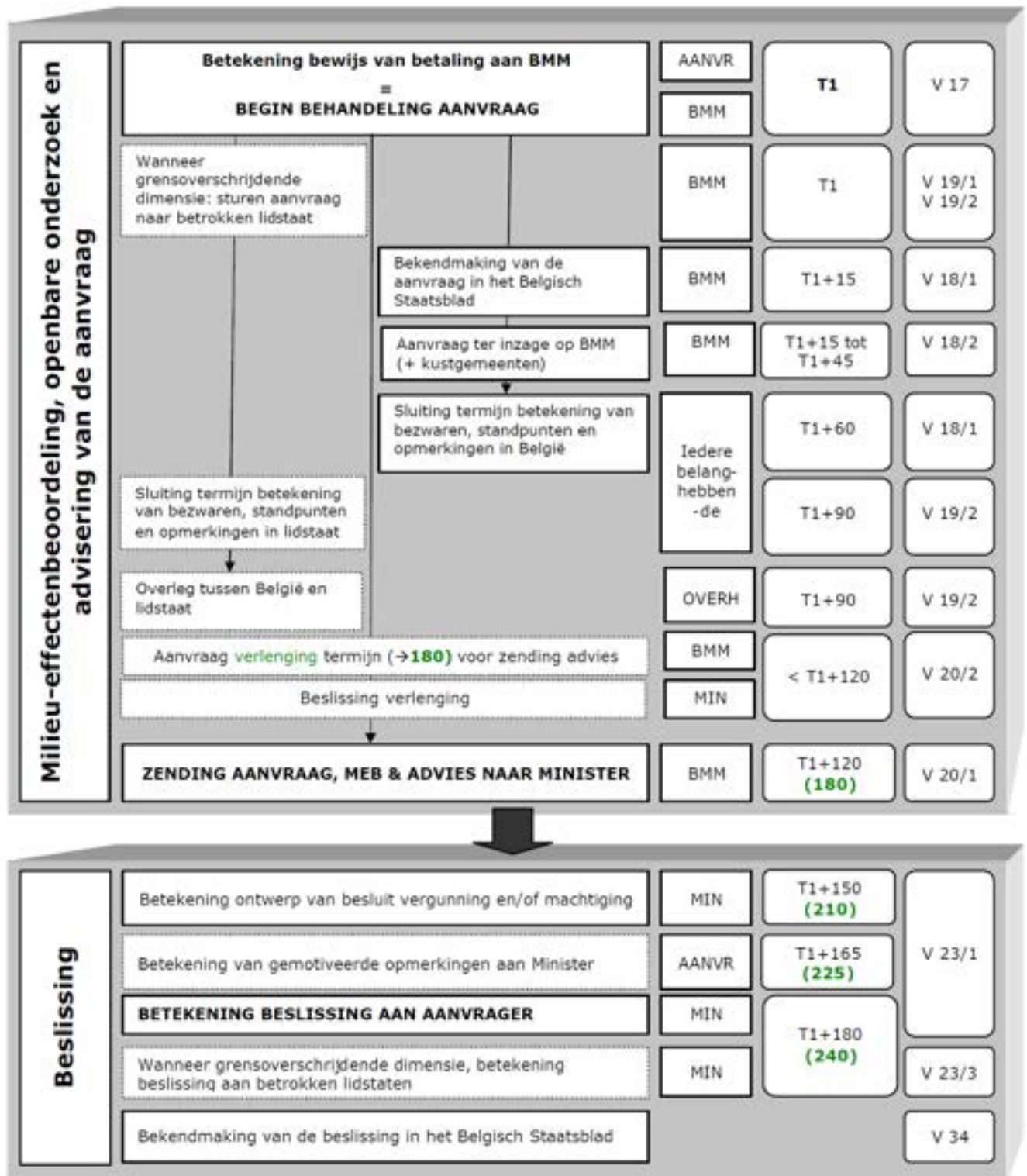
Vooraf

Betekening van de kennisgeving aan BMM	AANVR	T	M 7/1
Toepassing art 28§5 van wet MMM vragen aan BMM			M 7/2
Betekening van de beslissing ter zake	MIN	T+30	
Standpunt vragen aan BMM inzake wijze uitwerking MER	AANVR	< To	M 12

Indienen van de aanvraag



Betekening = aangetekend opsturen, AANVR = aanvrager, MIN = minister, OVER = overheden, M = KB 9/9/2003, V = KB 7/9/2003, ... facultatieve stap



Betekening = aangetekend opsturen, AANVR = aanvrager, MIN = minister, OVER = overheden, M = KB 9/9/2003, V = KB 7/9/2003, ... facultatieve stap

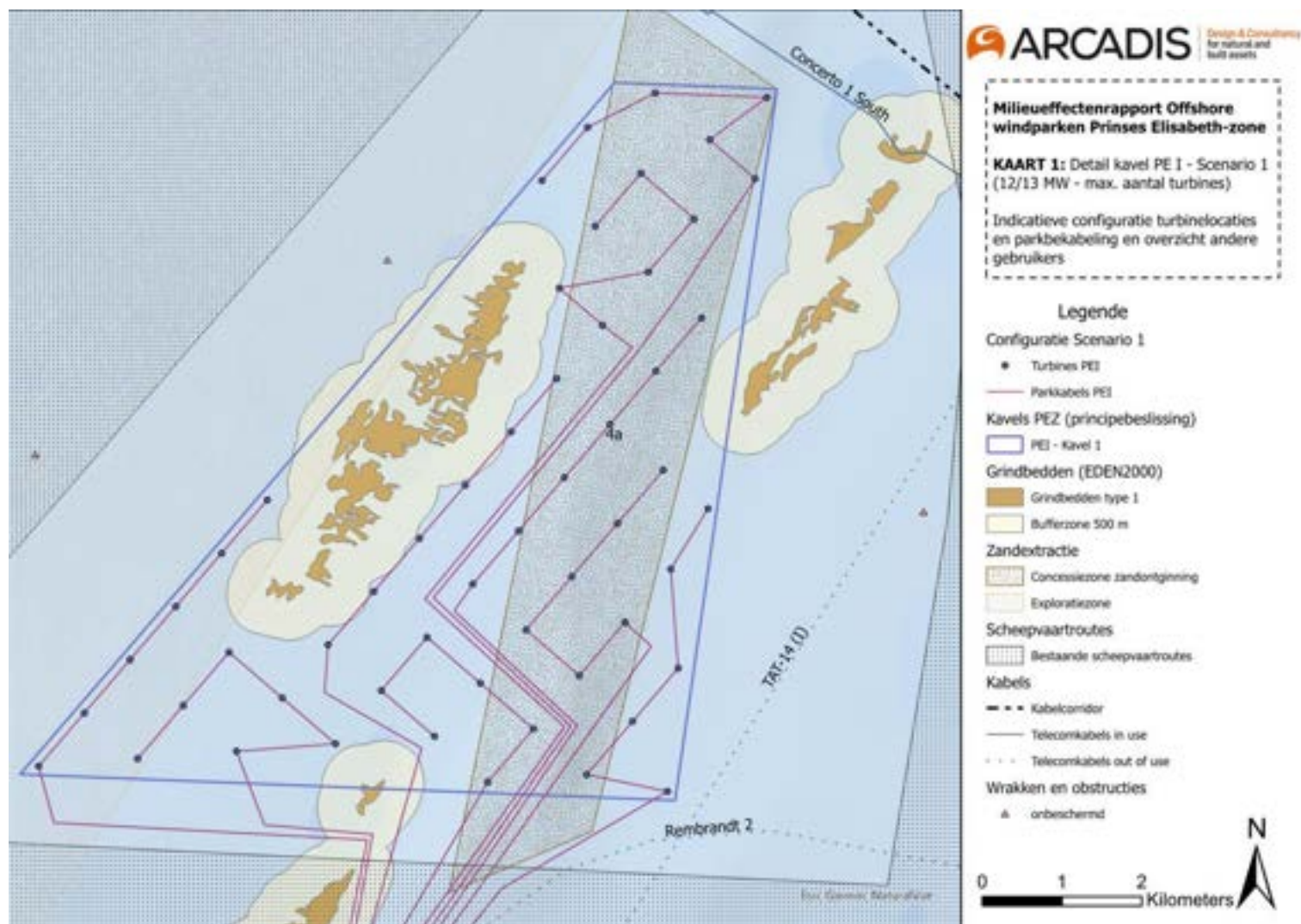
11.2 Coördinaten PEZ kavels

Longitude (WGS84, xx°xx.xxxxx')	Latitude (WGS84, xx°xx.xxxxx')	Easting (UTM31N- WGS84, m)	Northing (UTM31N- WGS84, m)
PE I			
2°34,765997'	51°40,141954'	470915,491	5724311,849
2°36,532173'	51°40,103988'	472950,786	5724230,165
2°35,468368'	51°35,289630'	471674,715	5715313,056
2°28,353675'	51°35,439082'	463461,827	5715642,67
PE II deel 1 (Noorden)			
2°34,591009'	51°33,707809'	470 644,704	571 2386,807
2°33,154335'	51°30,985276'	468 954,047	570 7350,323
2°33,982134'	51°30,379866'	469 904,712	570 6222,406
2°33,950966'	51°30,325474'	469 868,061	570 6121,802
2°30,958365'	51°31,627550'	466 422,381	570 8556,968
2°30,979148'	51°31,672081'	466 446,956	570 8639,350
2°30,998663'	51°31,741583'	466 470,369	570 8768,263
2°31,346799'	51°31,812079'	466 476,787	570 8898,658
2°30,997357'	51°31,864878'	466 470,369	570 8996,570
2°30,982970'	51°31,917049'	466 454,386	570 9093,381
2°30,968865'	51°31,951232'	466 438,487	570 9156,850
2°30,951196'	51°31,984767'	466 418,472	570 9219,143
2°30,916395'	51°32,357788'	466 378,868	570 9313,962
2°31,367285'	51°32,164463'	466 901,657	570 9549,582
2°33,296953'	51°33,735244'	469 149,982	571 2446,537
PE II deel 2 (Zuiden)			
2°20,690564'	51°22,216815'	454 394,974	5691 2064,542
2°20,605947'	51°22,377909'	454 299,479	5691 5059,191
2°20,712588'	51°22,410612'	454 423,732	5691 5654,279
2°20,784469'	51°22,448785'	454 507,749	5691 6354,361
2°20,841372'	51°22,495824'	454 574,535	5691 7220,359
2°29,350970'	51°31,377927'	464 560,709	5708 1069,120
2°29,656025'	51°31,269608'	464 912,544	5707 9036,893
2°29,681071'	51°31,261395'	464 940,910	5707 8882,656
2°29,706923'	51°31,254221'	464 970,713	5707 8747,622
2°29,733473'	51°31,248117'	465 001,335	5707 8632,369
2°29,760605'	51°31,243110'	465 032,645	5707 8537,390
2°29,797943'	51°31,238260'	465 075,759	5707 8444,520
2°29,845240'	51°31,190798'	465 129,846	5707 7561,030
2°33,525637'	51°29,589712'	469 367,850	5704 7609,779
2°33,374525'	51°29,328046'	469 190,681	5704 2770,262
2°26,808782'	51°23,454989'	461 510,313	5693 4429,365
PE III			
2°29,553651'	51°32,106764'	464 804,435	570 9456,218

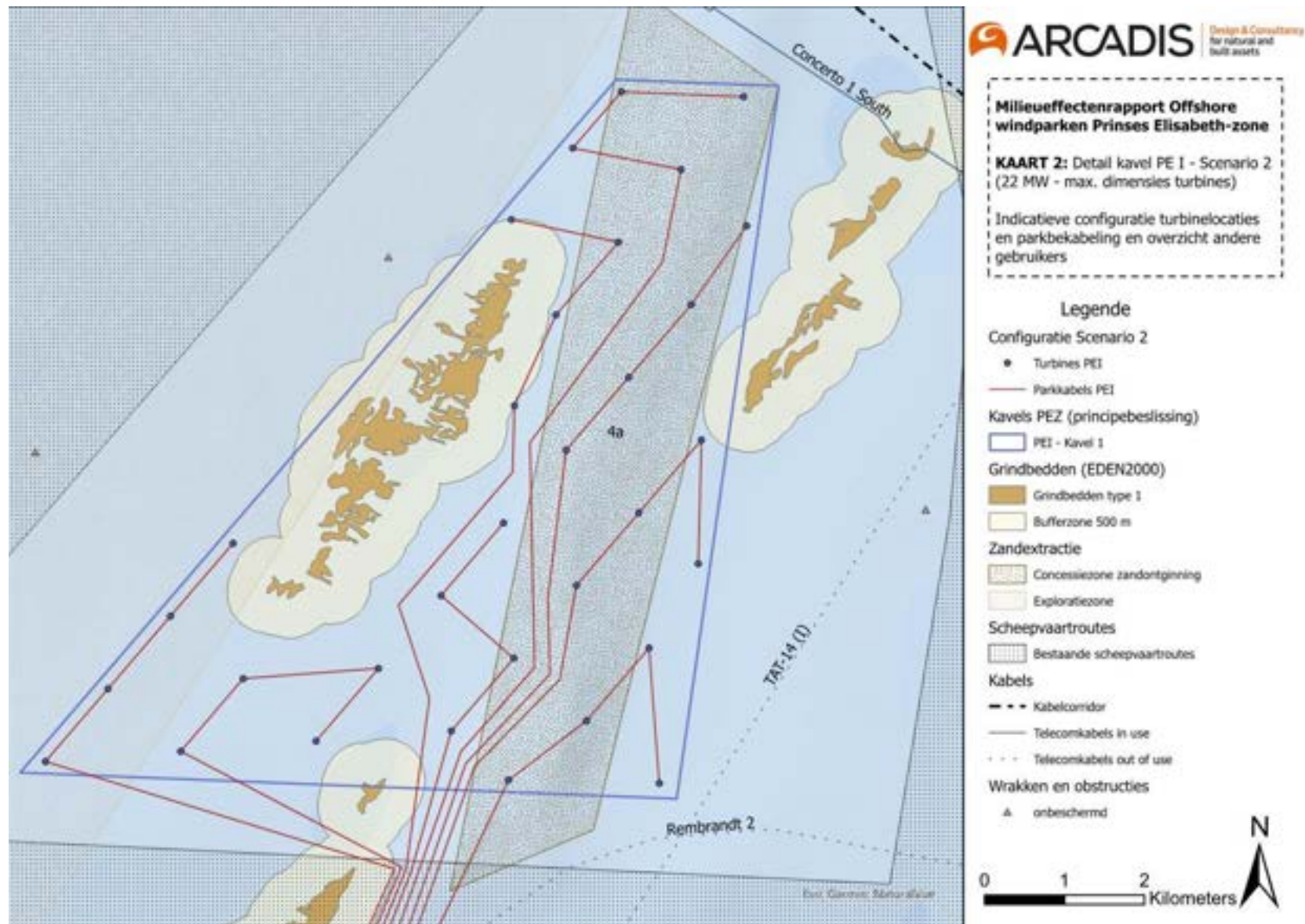
Longitude (WGS84, xx°xx.xxxxx')	Latitude (WGS84, xx°xx.xxxxx')	Easting (UTM31N- WGS84, m)	Northing (UTM31N- WGS84, m)
2°29,533128'	51°32,946091'	464 780,555	570 9433,851
2°29,513924'	51°32,816424'	464 758,188	570 9409,971
2°29,496121'	51°32,679200'	464 737,432	570 9384,679
2°29,479796'	51°32,535007'	464 718,374	570 9358,831
2°29,465017'	51°32,384464'	464 701,957	570 9330,298
2°29,182688'	51°31,727296'	464 370,672	570 8755,846
2°29,171189'	51°31,711167'	464 357,169	570 8726,437
2°29,161407'	51°31,694603'	464 345,643	570 8695,422
2°29,153383'	51°31,677676'	464 336,145	570 8664,112
2°29,147150'	51°31,660458'	464 328,716	570 8632,247
2°28,994916'	51°31,530998'	464 151,128	570 8393,528
2°20,470033'	51°22,636622'	454 146,116	569 1986,855
2°18,417576'	51°26,537179'	451 833,692	569 9238,469
2°26,601240'	51°33,874257'	461 416,439	571 2757,172
2°31,595237'	51°33,770275'	467 184,421	571 2523,812
2°29,853617'	51°32,351344'	465 154,302	570 9907,166
2°29,715147'	51°32,162856'	464 991,838	570 9558,895
2°29,699218'	51°32,160018'	464 973,389	570 9553,763
2°29,672797'	51°32,153687'	464 942,767	570 9542,238
2°29,647098'	51°32,146291'	464 912,964	570 9528,734
2°29,622229'	51°32,137862'	464 884,108	570 9513,311
2°29,598297'	51°32,128438'	464 856,323	570 9496,328
2°29,575405'	51°32,118057'	464 829,728	570 9476,975

11.3 Kaartenbundel

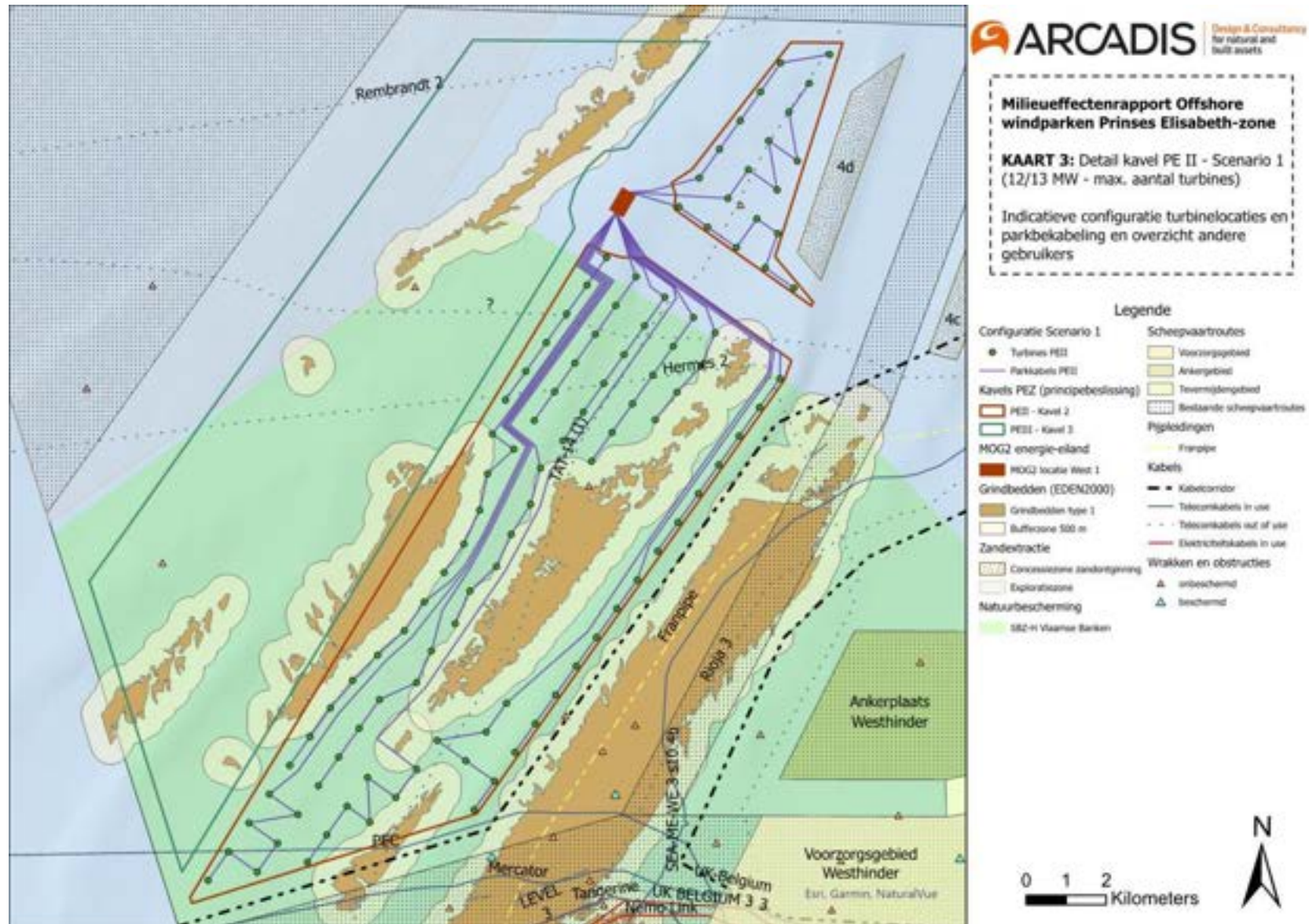
11.3.1 Situering en lay-out van PE I in scenario 1



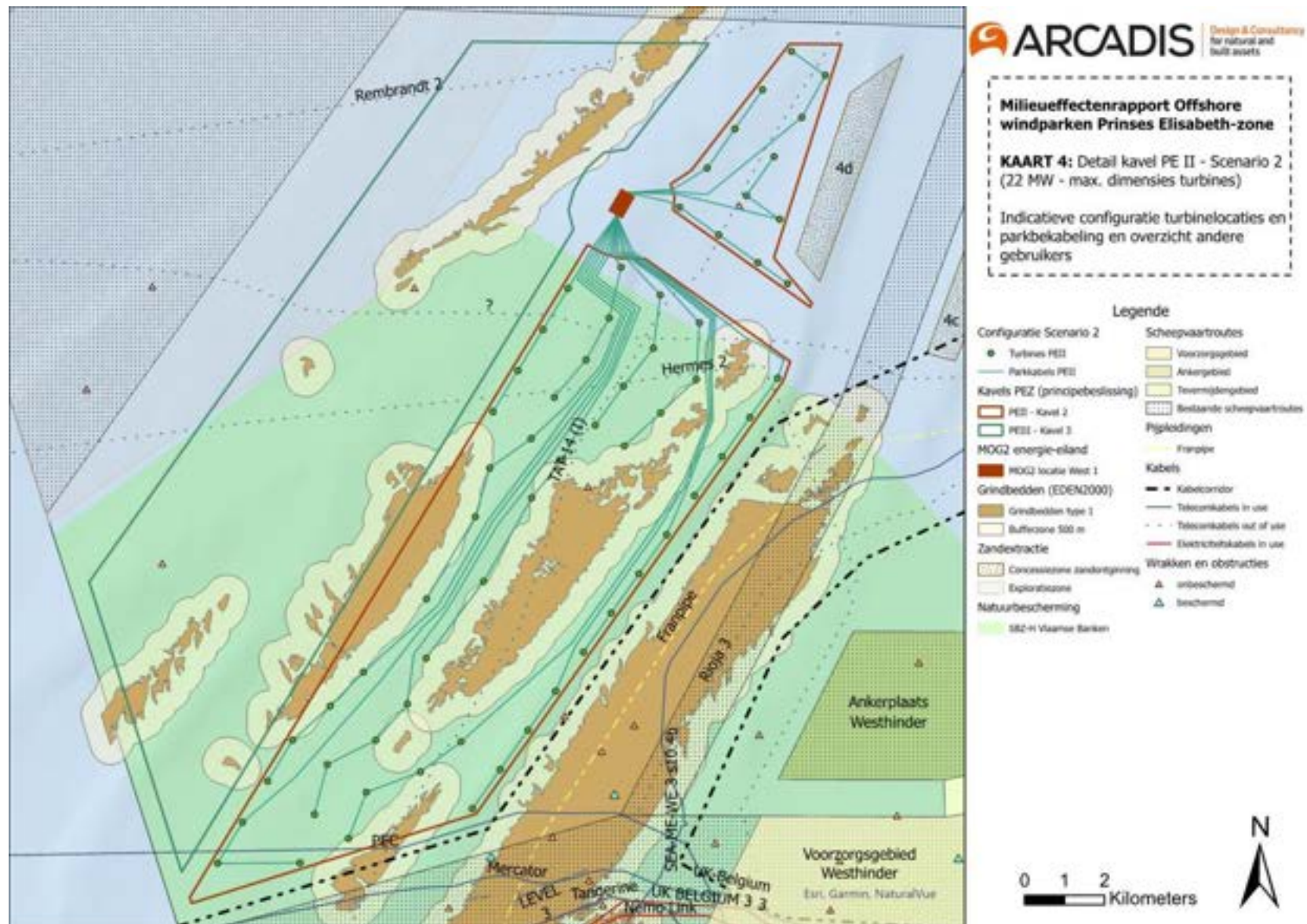
11.3.2 Situering en lay-out van PE I in scenario 2



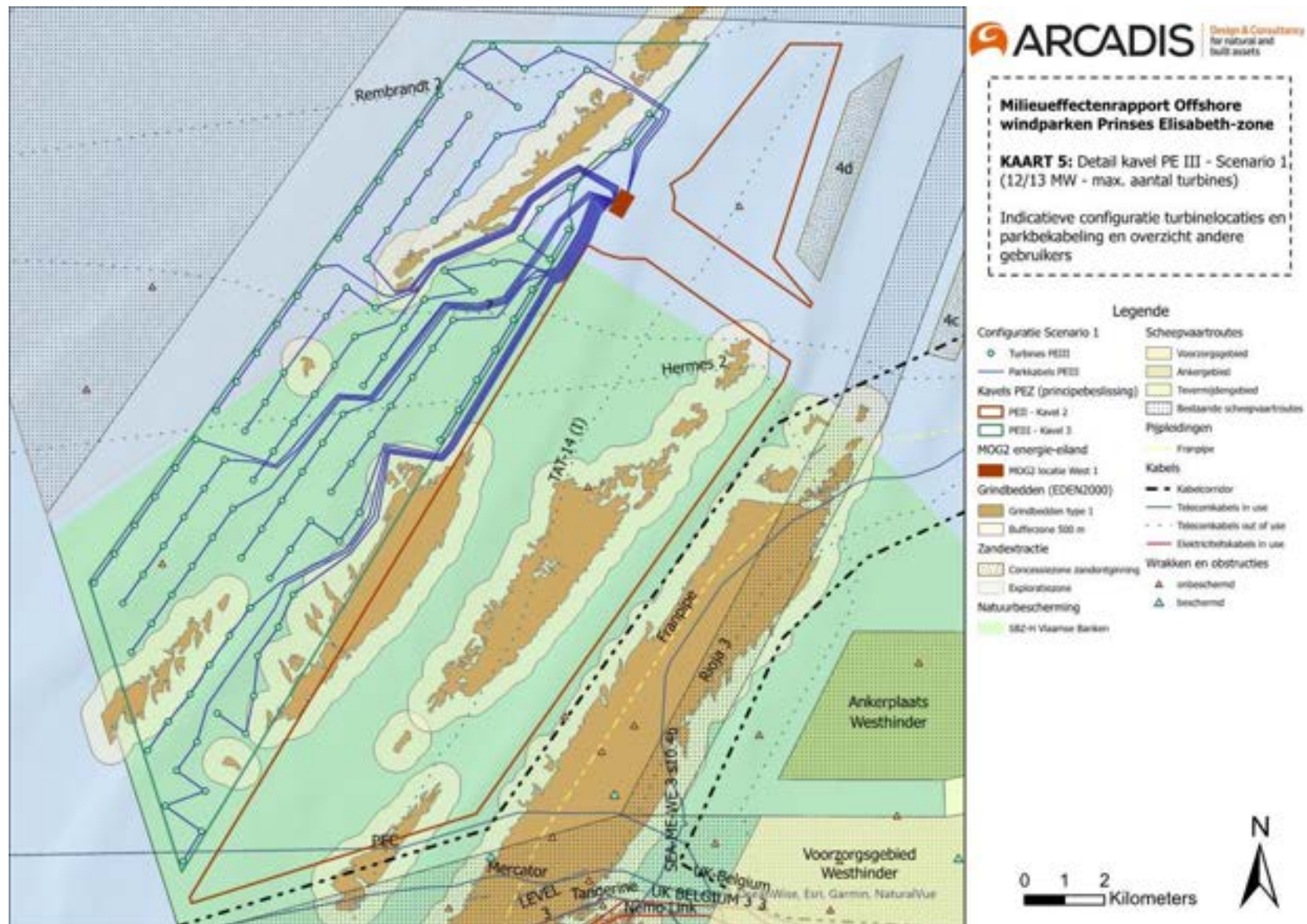
11.3.3 Situering en lay-out van PE II in scenario 1



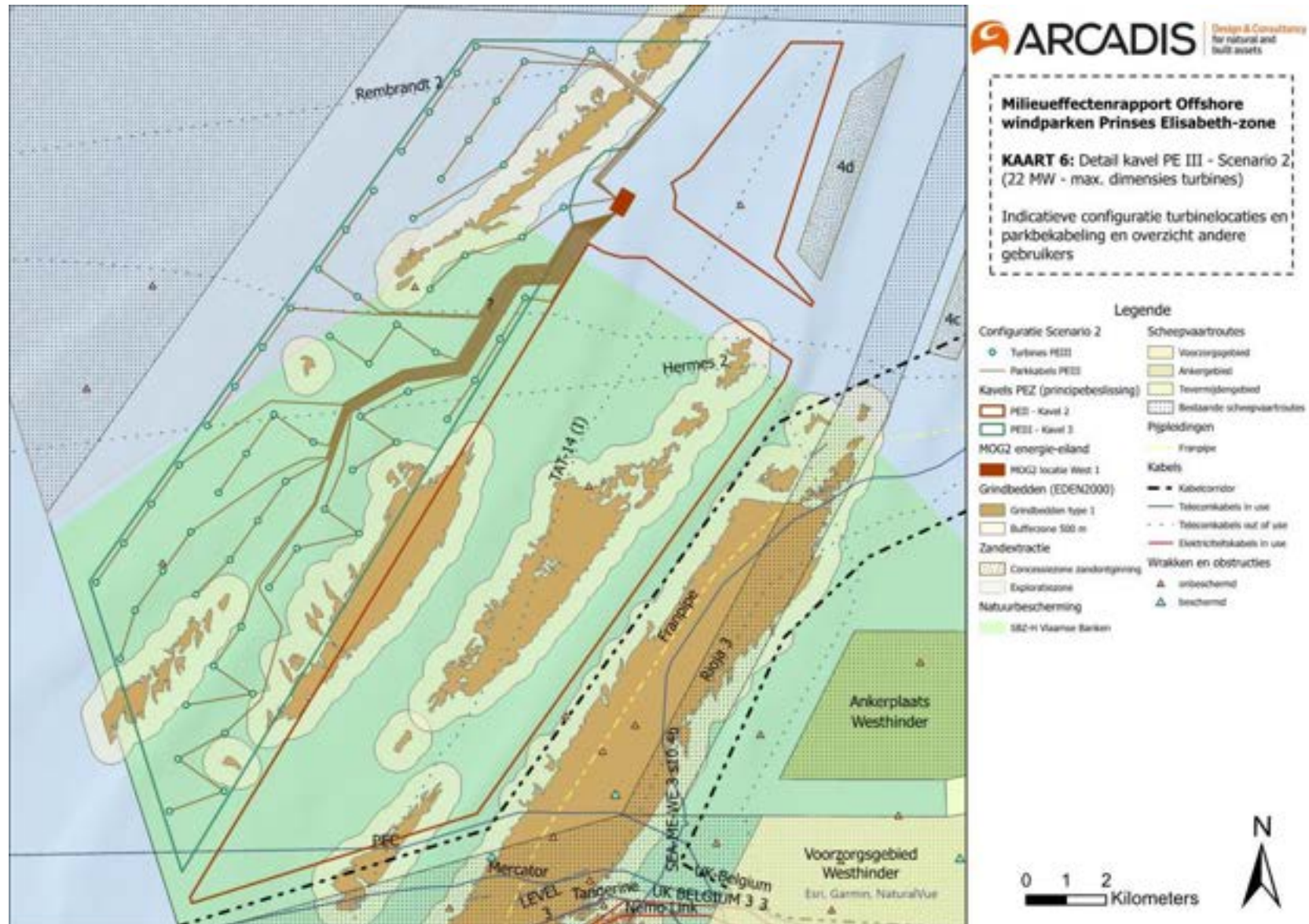
11.3.4 Situering en lay-out van PE II in scenario 2



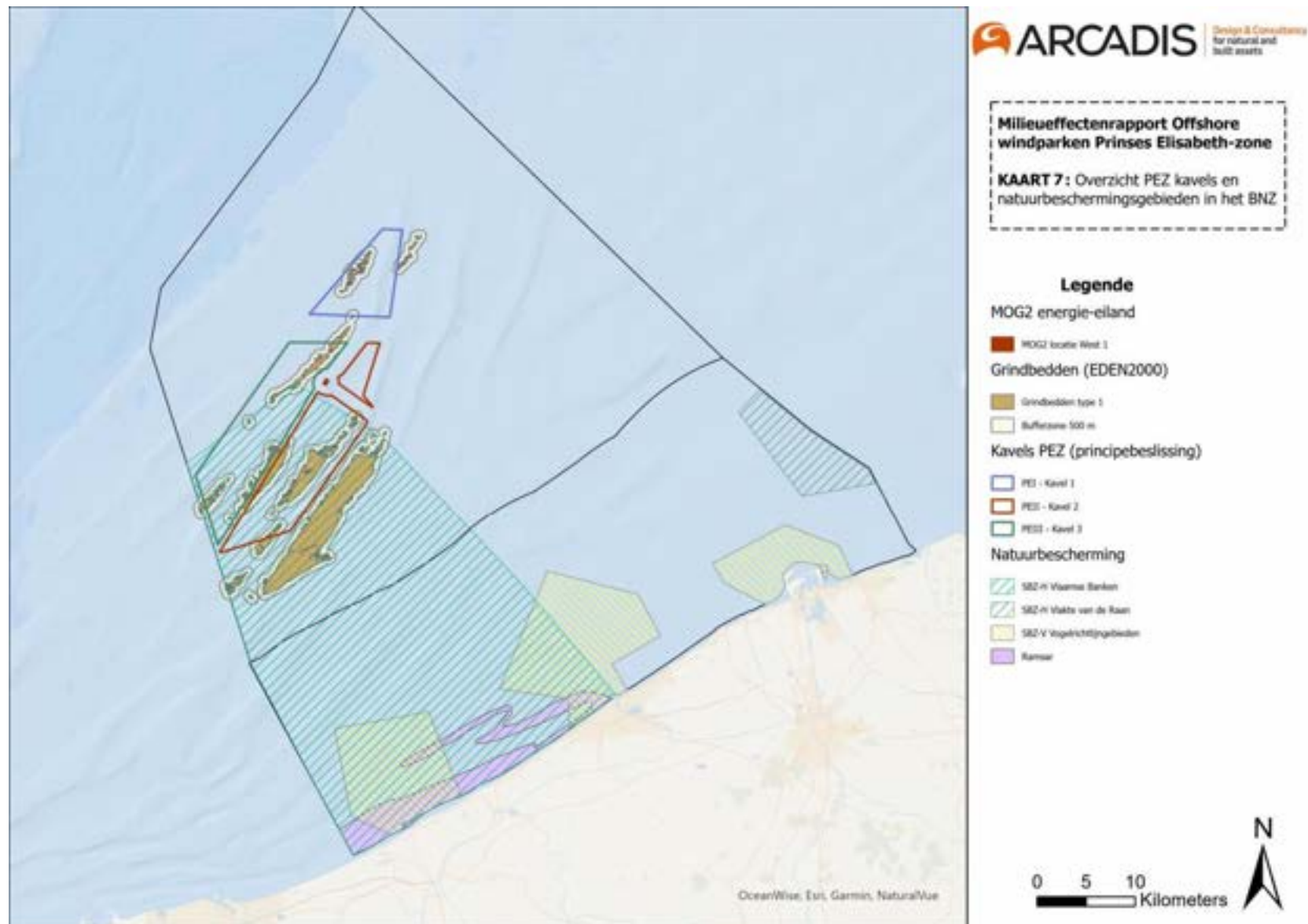
11.3.5 Situering en lay-out van PE III in scenario 1



11.3.6 Situering en lay-out van PE III in scenario 2



11.3.7 Overzicht mariene beschermde gebieden in het BNZ



11.4 Brochures typevoorbeelden windturbines

The winds of change
have never
been stronger



The SG 14-222 DD

The SG 14-222 DD: Powering change



Safely producing clean energy has been our mission since the very beginning. Now, with a growing need to meet climate challenges, the winds of change power us more than ever. The new SG 14-222 DD is the next step towards this goal. With an unprecedented 14 megawatts of capacity, and up to 15 megawatts with Power Boost, we offer proven technology to deliver sustainable energy.

A future powered by clean energy needs safe and reliable technology. Since first creating our offshore Direct Drive technology, we have developed our turbines to fit the needs of our customers. We believe that, together, we can contribute to a more sustainable world.

We went bigger – for the better

We have enhanced and upgraded our proven Direct Drive technology. Raising the rating of our newest turbine to 14 megawatts has been made possible by increasing the rotor diameter to 222 meters – using the 108-meter-long B108 blades. This enables the SG 14-222 DD to offer an increase in Annual Energy Production (AEP) of more than 25% compared to its predecessor in similar conditions.

Offshore is in our DNA

Developing offshore technology is not just what we do, it is part of who we are. We strive to make a difference, and we are committed to safely maximizing operational performance while minimizing technological risks. Our focus on development and extensive testing leads us to the goal of reducing the Levelized Cost of Energy (LCoE). From both an environmental and a financial point of view, we’re committed to driving the offshore wind industry to levels where clean energy becomes the indisputable global choice for power generation.

Trusted technology

Our components – Direct Drive technology, IntegralBlade® technology, tower concepts, as well as maintenance and safety systems – have evolved over generations of Siemens Gamesa offshore wind turbines. Features such as High Wind Ride Through and the Power Boost function enable our turbines to produce even more energy while maintaining an industry-leading availability.

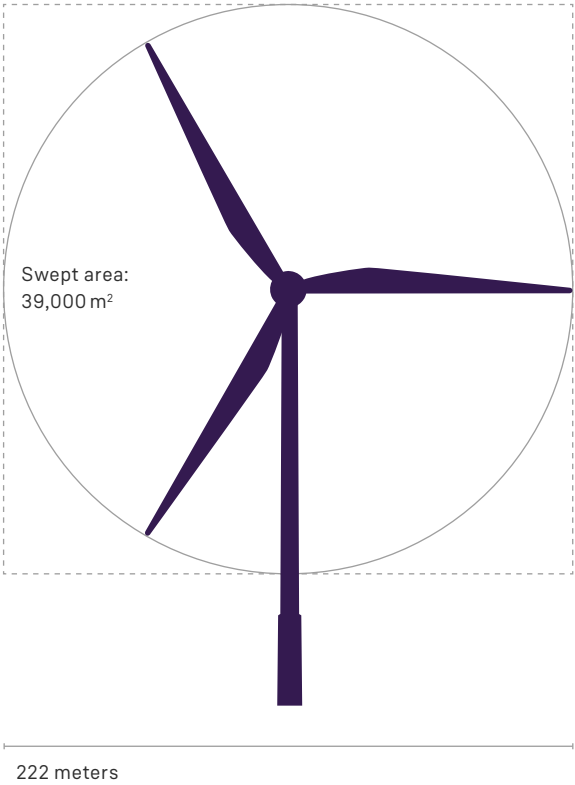
We ensure unmatched reliability through extensive testing in one of the world’s largest dedicated wind turbine test centers. With every new generation of our offshore Direct Drive technology, component improvements allow for greater performance while maintaining the proven dependability of the technology.

Well-established value chain

When introducing a new product to our offshore Direct Drive platform, we are able to reduce time to market: standardized processes and a fully-developed and industrialized supply chain make this possible. Tested parts and components from trusted suppliers provide Siemens Gamesa with a strong, well-established value chain. Thanks to extensive experience, our processes run seamlessly and our employees have the skills to deliver great results.

Sustainability is the obvious choice

With our newest turbine, cutting-edge industry technology, and almost three decades of offshore experience, we believe we have everything it takes to make a difference. By providing our customers with trusted technology to deliver cost-efficient and sustainable energy, we have the unique opportunity to power and be powered by the winds of change.



SG 14-222 DD	
IEC class	I, S
Nominal power	14 MW
Rotor diameter	222 m
Blade length	108 m
Swept area	39,000 m²
Hub height	Site-specific
Power regulation	Pitch-regulated, variable speed

Siemens Gamesa Renewable Energy, S.A.
Parque Tecnológico de Bizkaia, edificio 222
48170, Zamudio, Vizcaya, Spain

Registered in the Mercantile Registry of Vizcaya,
Book 5139, Volume 60, Sheet BI-56858,
with Tax Identification Number (NIF) A-01011253.

All rights reserved.

Trademarks mentioned in this document are the property of Siemens Gamesa Renewable Energy, S.A., its affiliates, or their respective owners.

Subject to changes and errors.

The information given in this document only contains general descriptions and/or performance features, which may not always specifically reflect those described, or which may undergo modification in the course of further development of the products. The requested performance features are binding only when they are expressly agreed upon in the concluded contract.

V236-15.0 MW™



Determined to lead offshore wind forward

We are driven by an ambition to power the clean energy future of our world. Offshore wind is pivotal to hitting that target. So we have been busy innovating, for the future of our industry and the future of our world.

The V236-15.0 MW™ is the culmination of that innovation. World-class technology shaped by industry-leading experience, onshore and offshore. It is built for a ground-breaking world: efficiently designed, globally applicable and engineered for peak performance. It is Vestas powering the future.

A strong foundation

We are battle-hardened. Over 40 years of turbine development expertise and over 25 years delivering projects offshore has given us some hard-earned lessons. Together with our partners, we have installed and maintained turbines in frozen tundras, in tropical trade winds, and in tsunami-stricken waters. From the installment of 500 kW turbines at Tunoe Knob in 1995 to the 9 MW platform turbines in operation today, we have been pushing boundaries offshore for more than 25 years. This experience has enabled us to hand-pick what works. It takes experience to know, and our lessons learned are fused into the core of Vestas' nextgeneration offshore platform.







Introducing the V236-15.0 MW™

Advanced platform based on proven system designs

The V236-15.0 MW™ is built on proven, world-class technology. Drawing the best from our En-Ventus and 9 MW platforms, the V236-15.0 MW™ is a continuation of proven results. Advanced system designs, such as our efficient geared drivetrain, our CubePower converter, and our Control System 8000, are integrated and optimised for our next-generation offshore platform. Due to the common technical design principles, V236-15.0 MW™ benefits directly from accumulated experience, development and scale synergies of the onshore and offshore business.

Designed for competitive project development

We are collaborative by nature, working with partners to offer a turbine made for the realities of project development, where every component matters. V236-15.0 MW™ is configured to strike the balance between energy production performance and number of turbines required at park level, while utilising advanced control and damping systems to optimise foundation requirements. The gearbox-based drivetrain offers a balanced, scalable, and efficient technology platform from which to enable the future growth of offshore wind.

Leading energy production at scale

Powered by a swept area of 43,742 m², the V236-15.0 MW™ moves the boundaries of offshore wind energy production forward. A single turbine is capable of producing up to 80GWh/year depending on site-specific conditions, enough energy for over 20,000 households. The

115.5m blades drive a capacity factor of over 60%, ensuring that fewer turbines enable greater annual energy production than ever before. Globally applicable, the turbine is designed for high wind conditions and rated to withstand IEC 1 extreme wind conditions up to 50 m/s and IEC T up to 57 m/s.

Safe and certain throughout project lifetimes

Vestas' rigorous testing standards guides the development of all of our turbines. The V236-15.0 MW™ is subject to the same stringent testing protocol. The V236-15.0 MW™ has a design lifetime of 30 years with the option to extend depending on project specific conditions. Strict quality control and life testing processes identify potential failure modes and mechanisms before they occur. The nacelle is ergonomically designed to make it easier for maintenance crews to gain access, reducing time spent offshore on service while maximising turbine uptime. Our understanding of service needs, including in nascent segments such as floating offshore wind, has informed our design of the V236-15.0 MW™.

We've
installed
over 8 GW
of turbines,
offshore.

Vestas

offshore portfolio

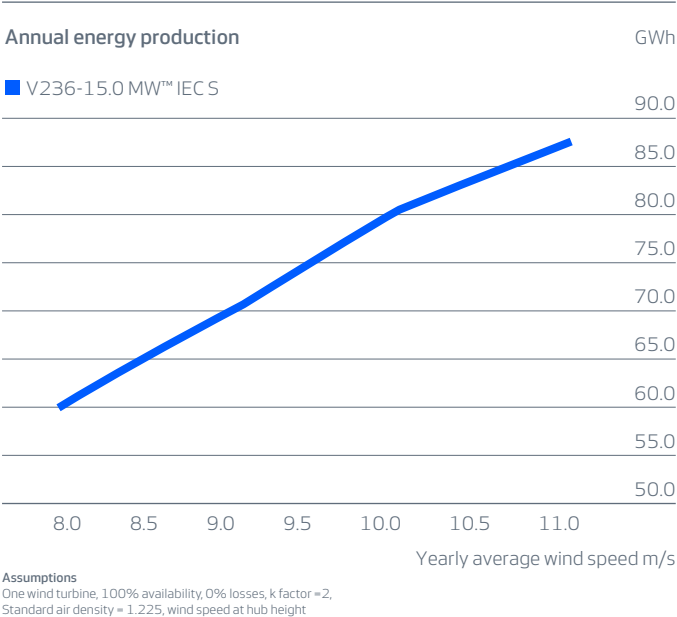
V236-15.0 MW™ expands the existing Vestas offshore portfolio of turbines, increasing the ability to optimise for project specific conditions

	V164-9.5 MW™	V164-10.0 MW™	V174-9.5 MW™
Power regulation	Pitch regulated with variable speed	Pitch regulated with variable speed	Pitch regulated with variable speed
Operating data			
Rated power	9,500kW	10,000kW	9,500kW
Cut-in wind speed	3m/s	3m/s	3m/s
Cut-out wind speed	25m/s	25m/s	25m/s
Wind class	IEC S	IEC S or S,T	IEC IB or IB,T adapted to offshore conditions
Standard operating temperature range	from -15°C to +25°C* with a de-rating interval from +25°C to +35°C *high ambient temperature variant available	from -15°C to +25°C* with a de-rating interval from +25°C to +35°C *high ambient temperature variant available	from -15°C to +25°C* with a de-rating interval from +25°C to +35°C *high ambient temperature variant available
Sound power			
Maximum	112dB(A)	112.9dB(A)	112.9dB(A)
Rotor			
Rotor diameter	164m	164m	174m
Swept area	21,124m²	21,124m²	23,779m²
Aerodynamic brake	three blades full feathering	three blades full feathering	three blades full feathering
Electrical			
Frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Converter	full scale	full scale	full scale
Gearbox			
Type	medium speed	medium speed	medium speed
Tower			
Hub heights	site-specific	site-specific	site-specific

*Depending on site specific conditions

V236-15.0 MW™ IEC S

Power regulation	Pitch regulated with variable speed
Operating data	
Rated power	15,000kW
Cut-in wind speed	3m/s
Cut-out wind speed	31m/s
Wind class	IEC S or S,T
Standard operating temperature range from -15°C to +23°C* with a de-rating interval from +23°C to +45°C	
* High ambient temperature variant available	
Sound power	
Maximum	115.3dB(A)
Rotor	
Rotor diameter	236m
Swept area	43,742m²
Aerodynamic brake	three blades full feathering
Electrical	
Frequency	50/60Hz
Converter	full scale
Gearbox	
Type	medium speed
Tower	
Hub heights	site-specific



12 EXTERNE BIJLAGEN

- 12.1 Numerieke pluimmodellering (Arcadis Nederland B.V., 2023)
- 12.2 Aanvaringsstudie (MARIN, 2023)
- 12.3 Radarstudie (Prof. Dr. Ir. J. Catrysse, 2023)
- 12.4 Life Cycle Analysis (LCA; Arcadis Belgium NV, 2023a)
- 12.5 Afvalbeheersplan (Arcadis Belgium NV, 2023b)

Colofon

PRINSES ELISABETH-ZONE (PEZ)

MILIEUEFFECTENRAPPORT (MER)

KLANT

FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

AUTEUR

Annemie Volckaert; Freija Hauquier; Helena Voet; Jan Vangrinsven; Wouter Rommens

DATUM

29 september 2023

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende ontwerp- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij helpen onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Wij zijn met 36.000 mensen actief die in ruim zeventig landen meer dan €4,2 miljard aan omzet genereren. Wij helpen UN-Habitat met onze mensen, die kennis en expertise leveren om de moeilijke leefomstandigheden te verbeteren in gebieden die lijden onder de gevolgen van klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Belgium nv

Gaston Crommenlaan 8 bus 101
9050 Gent
België

T 02 505 75 00

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[arcadis](https://www.linkedin.com/company/arcadis)



[ArcadisBelgie](https://twitter.com/ArcadisBelgie)



[arcadisbelgium](https://www.facebook.com/arcadisbelgium)



[arcadisbelgium](https://www.instagram.com/arcadisbelgium)



FOD Economie, K.M.O., Middenstand en Energie

Vooruitgangstraat 50

1210 Brussel

Ondernemingsnr: 0314.595.348



○ 0800 120 33 (gratis nummer)



○ facebook.com/FODEconomie



○ [@FODEconomie](https://twitter.com/FODEconomie)



○ linkedin.com/company/fod-economie (tweetalige pagina)



○ instagram.com/fodeconomie



○ youtube.com/user/FODEconomie



○ <https://economie.fgov.be>

Verantwoordelijke uitgever:

Séverine Waterbley

Voorzitter van het Directiecomité

Vooruitgangstraat 50

1210 Brussel

Internetversie