Windenergie op zee volgens programma Noordzee

Advies voor het vermijden van effecten op populaties van zeezoogdieren door de versnelde aanleg van windparken in de periode 2016 – 2030

Status: definitief
Datum: 13 oktober 2021

Auteurs(s): F. Heinis & C.A.F. de Jong

werkversie

Deze werkversie is bedoeld als input voor het Programma Noordzee 2022-2027, en is opgesteld met de best beschikbare kennis d.d. 1 september 2021. Deze werkversie vervalt bij het openbaar worden van de KEC 4.0 documenten.

HWE TNO innovation for life

Inhoudsopgave

1 Inleiding ... 3
1.1 Achtergrond ... 3
1.2 Doel van dit memo ... 4
2 Uitgangspunten en scenario's ... 6
2.1 Overzicht stappen effectbepaling ... 6
2.2 T.o.v. KEC 1.0 en KEC 3.0 aangepaste stappen ... 6
2.3 Scenario's en overige uitgangspunten ... 8
3 Berekende effecten en beoordeling (voorlopige resultaten) ... 10
3.1 Bruinvis ... 10
3.2 Zeehonden ... 11
4 Beperken van effecten door het nemen van aanvullende maatregelen ... 14
4.1 Overzicht mogelijkheden ... 14
4.2 Cumulatieve effecten wind op zee 2016 – 2030 bij toepassen van een strengere geluidnorm ... 15
5 Onzekerheden en leemten in kennis ... 16
6 Conclusies ... 18
7 Referenties ... 19

werkversie

1 Inleiding

1.1 ACHTERGROND

In het afgelopen decennium is de kennis over en het inzicht in de mogelijke effecten van heigeluid op de dominant in de Noordzee voorkomende zeezoogdieren (bruinvis, zeehonden) sterk toegenomen. Deze kennis is verwerkt in het in 2015 opgestelde 'Kader Ecologie en Cumulatie' (KEC). Dit toetsingskader bevat o.a. een aanpak voor het bepalen en beoordelen van cumulatieve effecten van het tijdens de aanleg geproduceerde impulsieve onderwatergeluid op belangrijke populaties van zeezoogdieren (KEC 1.0, onderdeel onderwatergeluid: Heinis, de Jong en Werkgroep onderwatergeluid, 2015).

Door het sluiten van het Energieakkoord in 2013 is tot 2023 voorzien in de ontwikkeling van windparken in de windenergiegebieden Borssele, Hollandse Kust (zuid) en Hollandse Kust (noord). De effecten van onderwatergeluid door de constructie van windparken in deze gebieden zijn beoordeeld aan de hand van het KEC 1.0 en de (kleine) update in 2016 (KEC 2.0), waarin ook een ecologische norm voor maximaal toelaatbare effecten op de bruinvispopulatie was opgenomen.

Met de publicatie van de routekaart windenergie op zee 2030 op 27 maart 2018 heeft het kabinet de voorziene uitrol gepresenteerd voor de verdere realisatie van windenergie op zee voor de periode 2024 tot en met 2030. In deze routekaart zijn de planning en keuze voor gebruik van bepaalde aangewezen windenergiegebieden voor de periode tot 2030 opgenomen. De kavelbesluiten voor de ontwikkeling van windenergie op zee in deze gebieden moeten ook worden beoordeeld aan de hand van het toetsingskader Ecologie en Cumulatie (KEC). Hiervoor is het KEC uit 2016 geüpdatet, zodat de drie nieuwe windenergiegebieden Hollandse kust (west), Ten noorden van de Waddeneilanden en IJmuiden Ver ook waren meegenomen. Deze update, KEC 3.0, is begin 2019 gepubliceerd (www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie-zee/ecologie/cumulatie/kader-ecologie/). In dit KEC 3.0 zijn de resultaten van recent onderzoek en de nieuwste inzichten op het gebied van (de effecten van) impulsief onderwatergeluid verwerkt. In het KEC 3.0 zijn ook grenzen gesteld aan de hoeveelheid tijdens de bouw te produceren onderwatergeluid (geluidsnorm) om ervoor te zorgen dat de eerder bepaalde ecologische norm voor bruinvissen niet wordt overschreden.

Op basis van recente EU-afspraken is het nodig de doelstelling voor de bijdrage van duurzame energie aan het totaal voor 2030 aan te scherpen (55% i.p.v. 49%). Een deel van de oorspronkelijke planning voor de uitrol 2030 – 2040 van 27 GW extra opgesteld vermogen moet daarom in de tijd naar voren worden gehaald. Om de reductiedoelstelling van 55% in 2030 te halen, is minimaal 6 – 10 GW boven op de eerder vastgestelde ca. 10 GW van de in het KEC 3.0 beoordeelde windenergiegebieden nodig. In het 'Programma 'Noordzee 2022 – 2027' wordt daarom ten behoeve van de Versnelling t.b.v. 55% duurzame energie ruimte gereserveerd voor 10 GW extra aan opgesteld vermogen voor 2030. In een latere, in 2023 voorziene, partiële herziening van het Programma Noordzee 2022 – 2027 zal de aanvullende 17 GW worden opgenomen om zo aan de totale opgave van 27 GW te komen.

Het kabinet moet uiterlijk in oktober 2021 nieuwe winenergiegebieden aanwijzen om extra windparken in de periode tot 2030 te kunnen realiseren. Voor het maken van deze keuze zijn voorkeursgebieden geselecteerd, waarvan wordt verondersteld dat ontwikkeling binnen deze periode mogelijk is. De gebieden die daarvoor in aanmerking komen, staan in onderstaande Tabel 1-1, tezamen met de windenergiegebieden van het Energieakkoord en de oorspronkelijke Routekaart 2030, waarvan de cumulatieve effecten zijn beoordeeld met respectievelijk het KEC 1.0/2.0 en het KEC 3.0. De ligging van de windenergie(zoek)gebieden in Tabel 1-1 en overige, nog niet aangewezen zoekgebieden voor de ontwikkeling van windenergie is weergegeven in Figuur 1-1.

Ook voor de windparken in deze, nieuw aan te wijzen gebieden zullen de cumulatieve effecten volgens de KEC-methodiek moeten worden bepaald, wat betekent dat een update naar een KEC 4.0 noodzakelijk is. In deze update zijn voor wat betreft de cumulatieve effecten van de constructie van de windparken in deze gebieden naast bruinvissen ook de gewone en grijze zeehond worden meegenomen. Voor de twee zeehondensoorten is van een met die van bruinvissen vergelijkbare ecologische norm uitgegaan, wat betekent dat de populaties met grote zekerheid met niet meer dan 5% afnemen als gevolg van de constructie van windparken op zee.

Werkversie

Tabel 1-1 Windenergie(zoek)gebieden op het NCP, waarvan de aanlegactiviteiten zijn begonnen of mogelijk zullen beginnen in de periode 2016 – 2030.

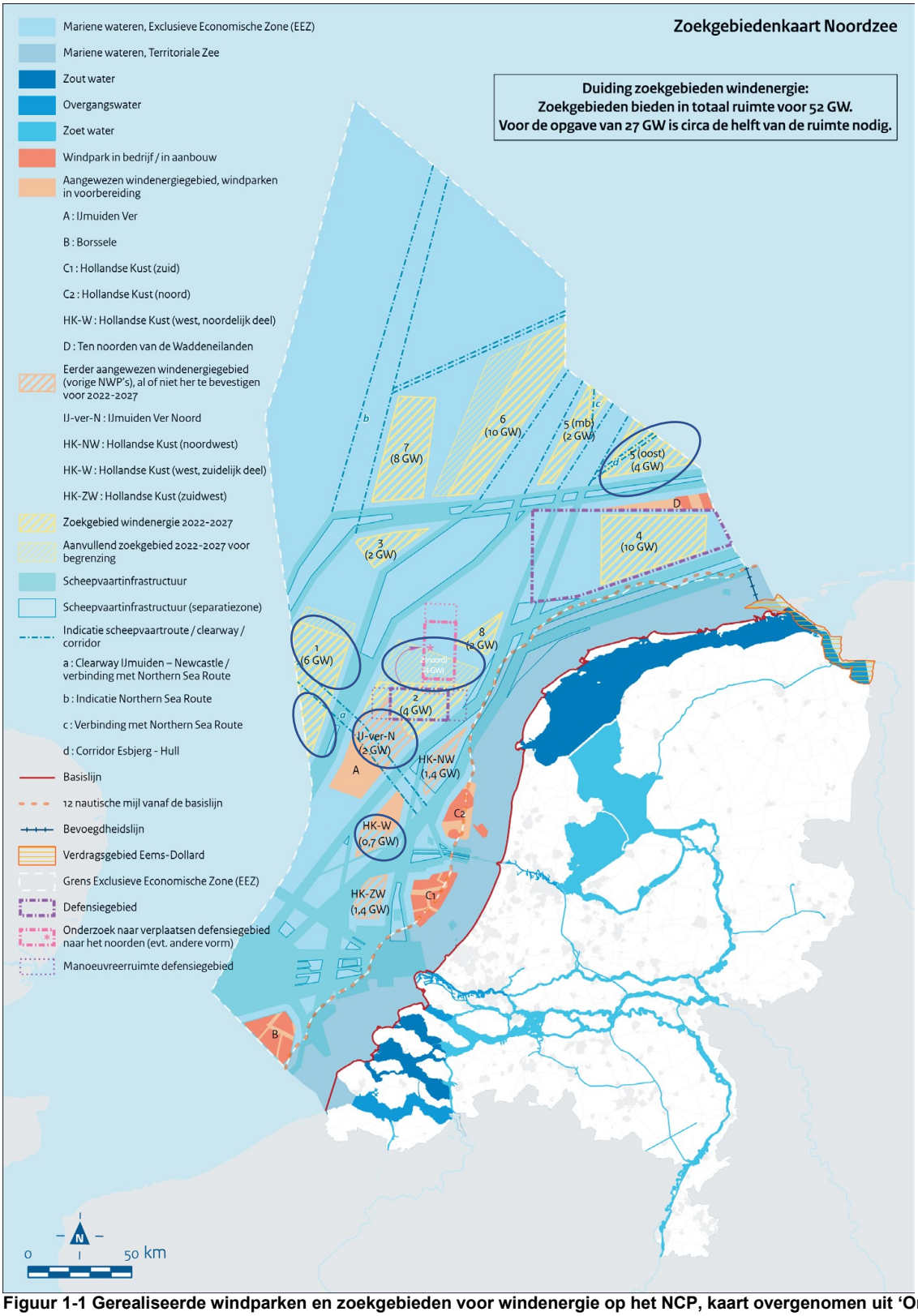
Windenergiegebied/kavel	Grootte (MW)	Operationeel	
Borssele III/IV	2 x 366	2019	KEC 1.0/2.0
Borssele I/II	2 x 376	2020	KEC 1.0/2.0
Borssele V	2 x 9,5	2020	KEC 1.0/2.0
Hollandse Kust (zuid) I/II	2 x 385	2021	KEC 1.0/2.0
Hollandse Kust (zuid) III/IV	2 x 385	2022	KEC 1.0/2.0
Hollandse Kust (noord)	700	2022	KEC 1.0/2.0
Hollandse Kust (west) VI/VII	1.400	2024	KEC 3.0
Ten noorden van de Waddeneilanden	700	2026	KEC 3.0
IJmuiden Ver	4.000	2027	KEC 3.0
Hollandse Kust (west) zuidelijk deel	700	2028	KEC 4.0
IJmuiden Ver (noord)	2.000	2028	KEC 4.0
Zoekgebied 5 (oost)	4.000	2029	KEC 4.0
Zoekgebied 2 (noord)	4.000	2030	KEC 4.0
Zoekgebied 1 (zuid)	2.000	2030	KEC 4.0
Zoekgebied 1 (noord)	4.000	2030	KEC 4.0
Nader te bepalen gebieden	Totaal ca. 11 GW	2030 - 2040	KEC x.x

1.2 DOEL VAN DIT MEMO

Dit memo bevat de tussenresultaten van de berekeningen die voor het KEC 4.0 zijn uitgevoerd. Het betreft:

- De resultaten van de berekening van de cumulatieve effecten van de realisatie van windenergie op zee op de populaties van de drie soorten zeezoogdieren in de periode 2016 – 2030 (windenergiegebieden KEC 3.0 plus een drietal rekenvarianten voor de versnelling). Hiervoor zijn eerst verschillende stappen in de eerder in het KEC 1.0 en KEC 3.0 gebruikte redeneerlijn geactualiseerd. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat geluid beperkende maatregelen worden genomen, zodat op 750 m van de heilocatie een bepaalde geluidnorm niet wordt overschreden. Voor de aanleg van windparken in de zoekgebieden van de versnelling zijn berekeningen uitgevoerd met toepassen van een geluidnorm van SEL_{SS} (750) = 168 dB re 1 μPa^2s;
- Overzicht van de mogelijkheden voor beperken van effecten als blijkt dat deze op grond van de gehanteerde uitgangspunten ontoelaatbare gevolgen kunnen hebben voor de populaties van bruinvissen, gewone zeehonden of grijze zeehonden;
- De resultaten van de berekening van de cumulatieve effecten na toepassen van strengere geluidnormen, dan waarvan in eerste instantie is uitgegaan. In dit geval betreft het een verlaging van de geluidnorm naar SEL_{SS} (750) = 160 dB re 1 μPa^2s voor windparken vanaf IJmuiden Ver en later.

werkversie



Figuur 1-1 Gerealiseerde windparken en zoekgebieden voor windenergie op het NCP, kaart overgenomen uit 'Ontwerp Programma Noordzee 2022 – 2027' (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, maart 2021). Blauwe ovalen: zoekgebieden waarvoor in dit KEC 4.0 berekeningen zijn uitgevoerd (zie ook Tabel 1-1).

2 Uitgangspunten en scenario's

2.1 OVERZICHT STAPPEN EFFECTBEPALING

De bepaling van mogelijke (cumulatieve) effecten van impulsief onderwatergeluid tijdens de aanleg van windparken op de Noordzee op de populaties van bruinvissen en zeehonden verloopt via een stapsgewijze procedure, de zogenaamde 'redeneerlijn'. Daarbij zijn de volgende, in Figuur 2-1 weergegeven stappen te onderscheiden:

1. Berekenen van een realistische *worst case* in de verspreiding van het geluid als gevolg van een enkele heiklap voor elk windpark; aan deze berekening ligt informatie over de bronsterkte, lokale omgevingsfactoren (w.o. bathymetrie en bodemsamenstelling) en kennis over de wijze waarop geluid in water propageert ten grondslag; het resultaat van deze stap is een kaart waarin het geluidsveld als gevolg van de geluidsproductie van de geluidsbron is weergegeven;
2. Berekenen van de oppervlakte door impulsief geluid verstoord gebied voor elk windpark; de berekende geluidverspreiding en een drempelwaarde of dosis-effectrelatie voor het optreden van een significante gedragsverandering[1] zijn hiervoor bepalend;
3. Berekenen van het aantal per heidag door geluid verstoorde bruinvissen en zeehonden uit de berekende verstoorde oppervlakten vermenigvuldigd met de lokale dichtheid van de dieren per seizoen;
4. Berekenen van het aantal dierverstoringsdagen uit het aantal verstoorde dieren per dag vermenigvuldigd met het aantal verstoringsdagen;
5. Schatten van het mogelijke effect op de populatie, met gebruikmaking van het Interim PCoD model;
6. Beoordelen van de geschatte populatieafname en toetsen aan de, door de overheid gestelde ecologische doelstelling voor bruinvissen (Ministerie van EZ & Ministerie van IenM, 2016 a, b) en zeehonden (zie aan Ministerie van LNV uitgebracht advies in Bijlage 1).

2.2 T.O.V. KEC 1.0 EN KEC 3.0 AANGEPASTE STAPPEN

Een korte samenvatting van de t.o.v. het KEC 1.0 en KEV 3.0 aangepaste stappen is opgenomen in § 2.2.1 en § 2.2.2. Voor een uitgebreide beschrijving en onderbouwing wordt verwezen naar Heinis/de Jong et al. (in prep.).

2.2.1 Bruinvis

Ten opzichte van het KEC 3.0, waarin de redeneerlijn al op een aantal punten is geactualiseerd, zijn de volgende stappen aangepast:
Stap 2: in plaats van een discrete drempelwaarde voor verstoring is gebruik gemaakt van een dosis-effectrelatie, wat inhoudt dat dicht bij de geluidbron een groter aandeel van de bruinvissen is verstoord dan er verder vandaan;
Stap 3: voor het bepalen van de lokale dichtheid van bruinvissen op de diverse locaties is gebruik gemaakt van een recente kaart van de verspreiding in de zomer van Gilles et al. (2020); het betreft een op basis van telgegevens van de periode 2016 – 2019 geactualiseerde verspreidingskaart van Gilles et al. (2016).

Voor de overige stappen is de redeneerlijn voor bruinvissen gelijk aan die van het KEC 3.0.

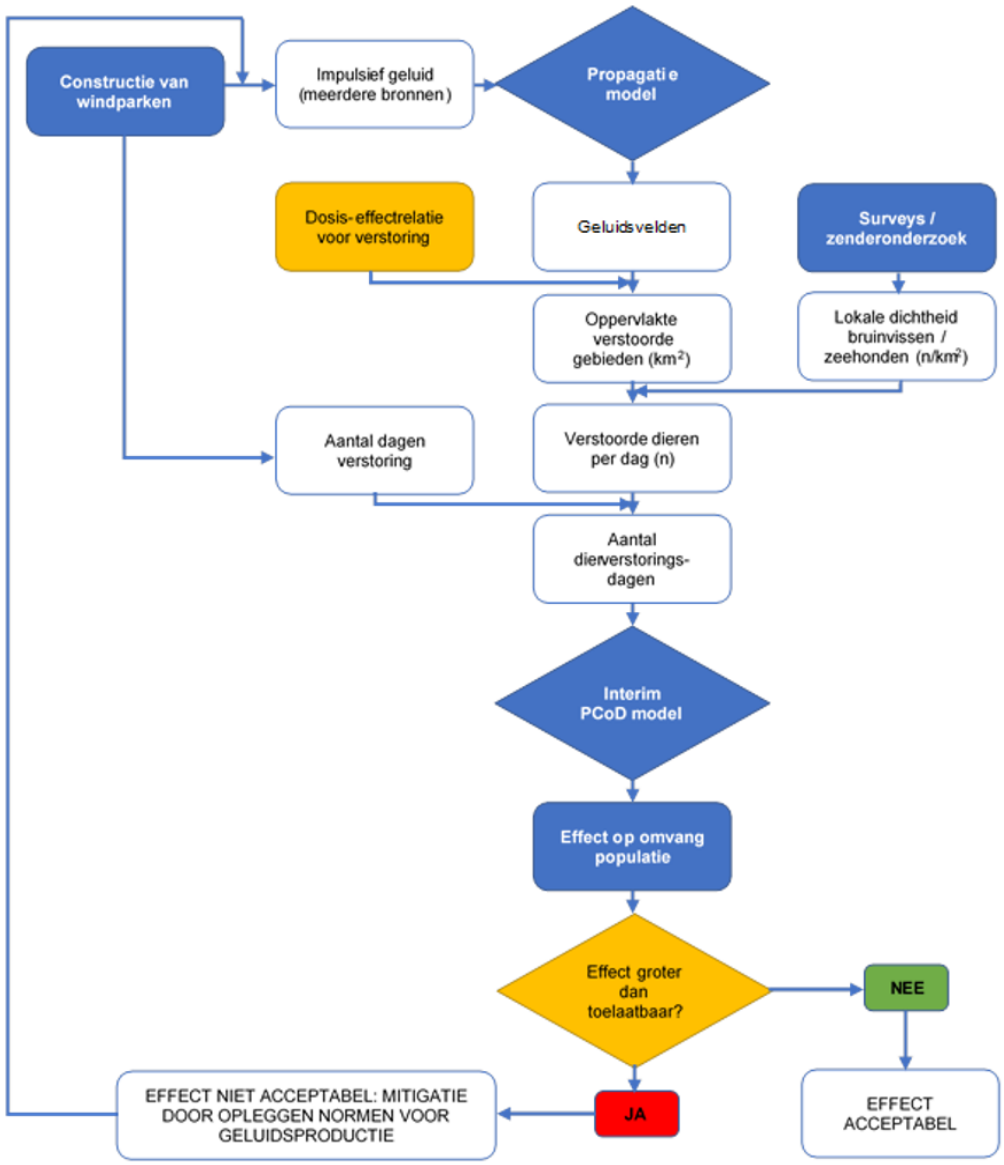
2.2.2 Gewone en grijze zeehond

In het KEC 1.0 is geadviseerd voor zeehonden dezelfde stappen te doorlopen als voor de bruinvis. Er zijn toen echter geen uitgebreide berekeningen gedaan, omdat ervan werd uitgegaan dat de invloed van de constructie van windparken op zee een (veel) geringer effect op de populaties van zeehonden zou hebben dan op de bruinvispopulatie. Het belangrijkste argument was dat de dichtheid van zeehonden op de locaties waar windparken worden voorzien veel lager zijn dan van bruinvissen (ook in relatie tot de populatieomvang). In het KEC 3.0 zijn geen berekeningen voor zeehonden uitgevoerd, maar wel voor de milieueffectrapportages die aan de al genomen kavelbesluiten ten grondslag liggen.

[1] Effecten op het gedrag kunnen als maatgevend worden beschouwd. Voor het KEC 4.0 is berekend dat permanente effecten van heigeluid op het gehoor (PTS) van bruinvissen, gewone en grijze zeehonden niet zullen optreden. Bij deze berekeningen is voor wat betreft de geluidverspreiding van *worst case* omstandigheden uitgegaan en van een geluidnorm van SEL_{SS} (750) = 168 dB re 1 μPa^2s.

Werkversie

Voor het KEC 4.0 zijn ook voor gewone en grijze zeehonden alle stappen van de redeneerlijn doorlopen en gekwantificeerd:
Stap 1: de geluidverspreiding is net als voor bruinvissen berekend met het door TNO ontwikkelde Aquarius 4.0 model;
Stap 2: ook voor zeehonden is uitgegaan van een op diverse bronnen gebaseerde dosis-effectrelatie;
Stap 3: de lokale dichtheid van gewone en grijze zeehonden is bepaald aan de hand van door WMR (Aarts et al. 2021) voor het KEC 4.0 ontwikkelde verspreidingskaarten;
Stap 5: Effecten op de populaties van gewone en grijze zeehonden zijn geschat met de laatste geüpdatete versie 5.0 van het Interim PCoD model uit 2019;
Stap 6: voor zeehonden is dezelfde ecologische norm gebruikt als voor bruinvissen (zie Bijlage 1).



Figuur 2-1 Schematische weergave van de stappen in de redeneerlijn voor het bepalen en beoordelen van de cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op bruinvissen en zeehonden bij de constructie van windparken op zee.

2.3 SCENARIO'S EN OVERIGE UITGANGSPUNTEN

In het KEC 4.0 is voor de aanleg van Nederlandse windparken uitgegaan van de windparken uit het Energieakkoord en de Routekaart 2030[2], plus drie door Rijkswaterstaat aangeleverde rekenvarianten voor mogelijke versnelling van de aanleg in de jaren 2027 t/m 2030. Een overzicht van de windparken en zoekgebieden voor windenergie in de drie varianten is opgenomen in onderstaande Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Windparken van het Energieakkoord/Routekaart 2030 en zoekgebieden voor versnelling van de realisatie van windenergie op zee in de periode 2027 – 2030 in drie varianten. Zie Figuur 1-1 voor de ligging van de gerealiseerde en geplande windparken en de zoekgebieden voor de versnelling.

Energieakkoord en oude routekaart 2030	Rekenvarianten 2027 – 2030 (versnelling – 2030)		
	I	II	III
Borssele III/IV	Hollandse Kust (west) zuidelijk deel	Hollandse Kust (west) zuidelijk deel	Hollandse Kust (west) zuidelijk deel
Borssele I/II	IJmuiden Ver (noord)	IJmuiden Ver (noord)	IJmuiden Ver (noord)
Borssele V	Zoekgebied 5 (oost)	Zoekgebied 5 (oost)	Zoekgebied 5 (oost)
Hollandse Kust (zuid) I/II	Zoekgebied 2 (noord)	Zoekgebied 2 (noord)	Zoekgebied 2 (noord)
Hollandse Kust (zuid) III/IV		Zoekgebied 1 (zuid)	Zoekgebied 1 (zuid)
Hollandse Kust (noord)			Zoekgebied 1 (noord)
Hollandse Kust (west) VI/VII			
Ten noorden van de Waddeneilanden			
IJmuiden Ver			
10 GW	**10,7 GW**	**12,7 GW**	**16,7 GW**

Naast het heigeluid voor de constructie van windturbines van de in Tabel 2-1 opgenomen windparken zijn in het KEC 4.0 de volgende bronnen van impulsief geluid in beschouwing genomen:

- Geluid dat wordt geproduceerd tijdens de geofysische surveys voorafgaand aan de bouw van de windparken en de aanleg van de kabeltracé's; de (verwaarloosbare) effecten hiervan zijn apart beschouwd, maar niet meegenomen bij de berekening van effecten op de populaties;
- Heigeluid dat wordt geproduceerd bij de constructie van de transformatorplatforms;
- Heigeluid voor de constructie van windturbines in niet-Nederlandse windparken in de Noordzee, het internationale scenario tot 2030; dit is met name voor bruinvissen relevant, omdat de bruinvissen op het NCP onderdeel uitmaken van de grotere Noordzeepopulatie.

Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd (zie Heinis/de Jong et al., in prep. Voor detalis):

- Per windenergie(zoek)gebied is met het door TNO ontwikkelde Aquarius 4.0 model de geluidverspreiding voor één locatie in het zwaartepunt van het gebied berekend;
- Voor de windparken van het Energieakkoord, te weten Borssele, Hollandse Kust (zuid) en Hollandse Kust (noord) is uitgegaan van de in de kavelbesluiten opgelegde geluidnorm; voor de windparken van het 'oude' Routekaart 2030 en de rekenvarianten voor de versnelling is een geluidnorm gehanteerd van SEL_{SS} (750 m) = 168 dB re 1 μPa^2s. Voor de windenergiegebieden Hollandse Kust (west) en Ten noorden van de Waddeneilanden van de 'oude' Routekaart 2030 is dit ook zo in de (concept) kavelbesluiten vastgelegd;
- Alle turbines worden op monopiles geplaatst; alternatieve funderingstechnieken en plannen voor 'floating' windparken zijn dus niet meegenomen;
- Waar gegevens over het turbinevermogen ontbreken wordt uitgegaan van 12 MW-turbines tot 2025 en 15 MW-turbines na 2025 met paaldiameters van respectievelijk 5,5 m en 7,5 m; voor de transformatorplatforms is uitgegaan van 6 funderingen per platform met een diameter van 3 m;
- Waar zoekgebieden nog groot zijn, is een meer realistische schatting van het oppervlak van de parken gemaakt uitgaande van installatie van 10 MW per km^2.

Voor het heien van de funderingen voor de transformatorplatforms:

- Tot 2027 en voor HKW-zuid wordt er één platform per (maximaal) 750 MW geplaatst;
- Vanaf 2027 (IJver-N en zoekgebieden 1, 2 en 5) één platform per (maximaal) 2000 MW;
- Voor een transformatorplatform worden 6 palen geheid.

[2] zie https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/windenergie-op-zee

Werkversie

Bij de berekeningen voor het KEC 4.0 gaat het uitsluitend om de cumulatieve effecten van impulsief geluid dat wordt geproduceerd bij de constructie van windparken op zee op bruinvissen, gewone en grijze zeehonden. De volgende bronnen van onderwatergeluid zijn dus niet meegenomen:

- Impulsief geluid dat wordt geproduceerd tijdens seismische exploratie voor de winning van olie en gas; deze invloed is theoretisch tot een bepaald niveau al jaren aanwezig; de invloed hiervan is met de keuze van de populatie-dynamische parameters impliciet al in het Interim PCoD model verdisconteerd[3];
- Militaire sonarsystemen op grond van het feit dat deze systemen in het Nederlandse deel van de Noordzee maar zeer beperkt bijdragen aan de totale hoeveelheid onderwatergeluid (Ministerie IenM, 2012; Ainslie et al. 2009);
- Het geluid van het ruimen van explosieven, omdat het telkens om een kortdurende geluidsbelasting gaat waarbij gehoorschade een belangrijker aspect is dan verstoring (zie bijvoorbeeld Aarts et al. 2016);
- Geluid dat wordt geproduceerd tijdens de installatie van turbinefunderingen met andere technieken dan heien (waaronder trilhamers, blue piling). Uit resultaten van proefprojecten is gebleken dat met deze technieken een substantiële geluidsreductie is te bereiken (zie review van Verfuss et al., 2019). Hoewel dergelijke technieken veelbelovend zijn, worden ze voor windenergie op zee nog niet in de praktijk toegepast;
- Continu geluid dat, met name door schepen, wordt geproduceerd tijdens de constructie- en operationele fase; voor deze vorm van geluidverstoring zijn nog onvoldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar om uitspraken over mogelijke populatie-effecten te kunnen doen;
- Geluid dat wordt geproduceerd tijdens de ontmanteling van windparken; er zijn nog geen voorbeelden beschikbaar van de wijze waarop ontmanteling van windparken op zee zal plaatsvinden en dus ook niet of en zo ja, hoeveel onderwatergeluid daarbij zal worden geproduceerd.

Werkversie

[3] Er is vanuit de Nederlandse overheid een redeneerlijn in ontwikkeling, waarmee eventuele extra seismische activiteiten bovenop een bepaald basisniveau kunnen worden getoetst en de vergunbaarheid, indien nodig onder bepaalde voorwaarden, kan worden beoordeeld.

3 Berekende effecten en beoordeling (voorlopige resultaten)

3.1 BRUINVIS

Een voorbeeld van de door TNO berekende verdeling van het, voor bruinvissen, relevante geluid tijdens het heien voor de constructie van windturbines is voor het windenergiegebied IJmuiden Ver noord weergegeven in Figuur 3-1 (linksboven). Bij deze geluidverdeling is ervan uitgegaan dat een geluidsnorm van SEL_{SS} = 168 dB re 1 µPa^{2}s op 750 m wordt toegepast. De overige panelen van de figuur geven een indruk van de tussenstappen die zijn gebruikt om het aantal verstoorde bruinvissen per heidag te berekenen (som van het aantal verstoorde bruinvissen in paneel rechtsonder). Deze is berekend uit de propagatie van het heigeluid (de geluidskaart, linksboven), de dosis-responsrelatie (% verstoorde bruinvissen per rekenpunt, rechtsboven) en de gemiddelde bruinvisdichtheid per rekenpunt (linksonder). Voor een dag waarop een turbinefundering wordt geheid, is berekend dat ca. 1.300 bruinvissen worden verstoord. Voor het heien van de kleinere funderingspalen van de TenneT-platforms is dat wat minder, namelijk ca. 1.190 bruinvissen.

De berekende cumulatieve effecten van de constructie van windparken op de bruinvispopulatie van de Noordzee en het NCP in de periode 2016 – 2030, inclusief de drie rekenvarianten voor de versnelling zijn opgenomen in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Schatting van de gevolgen van de aanleg van windenergie op zee op de bruinvispopulatie op het NCP in de periode 2016 – 2030, inclusief rekenvarianten voor de versnelling (zie Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **en** Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **voor windenergiegebieden van de rekenvarianten). Geluidnorm: SEL_{SS} (750 m) = 168 dB re 1 µPa^{2}s voor windenergiegebieden 'oude' Routekaart 2030 + windenergiezoekgebieden voor versneling. Overige geluidnormen volgend kavelbesluiten.**

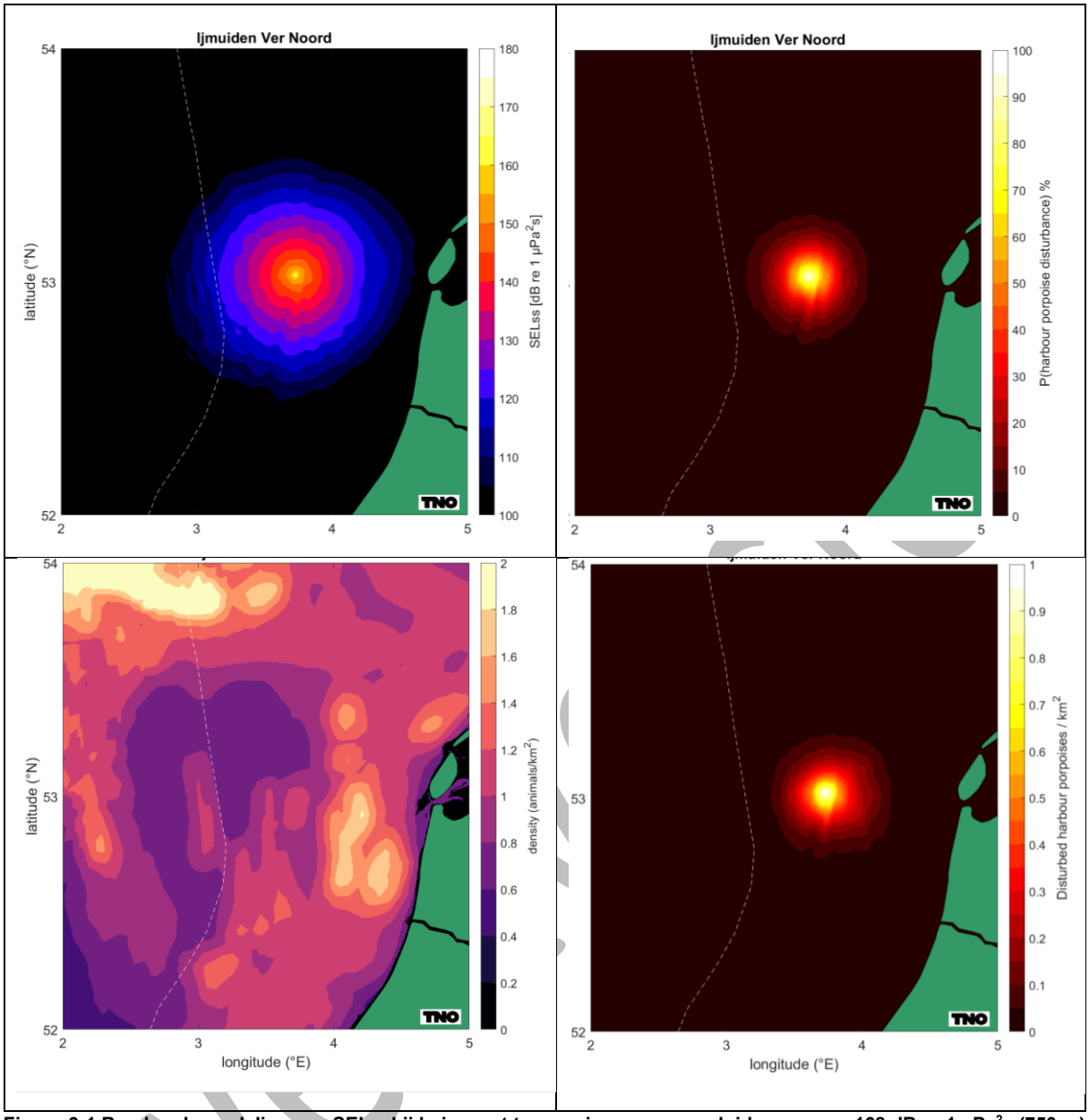
	Variant III	Variant II	Variant I
Geïnstalleerd vermogen 2016 – 2030	10	10	10
Geïnstalleerd extra vermogen 2016 – 2030	16,7 GW	12,7 GW	10,7 GW
Aantal bruinvisverstoringsdagen internationaal	25,0 x 10^6	24,8 x 10^6	24,6 x 10^6
Aantal bruinvisverstoringsdagen NL-bijdrage	2,6 x 10^6	2,4 x 10^6	2,2 110^6
Populatiereductie internationaal zonder NL	44.464	44.4644	44.464
Populatiereductie NL-bijdrage	3.955	3.752	4.728
Populatiereductie (% NCP-populatie)	**6,3%**	**6,0%**	**7,5%**

Uit de resultaten blijkt:

- Het effect van de constructie van windparken op de bruinvispopulatie op het NCP (geschat 62.771 dieren) voor de drie rekenvarianten is niet te verwaarlozen: de geschatte populatiereductie[4] ligt tussen 6% en 7,5% van het aantal bruinvissen op het NCP.
- In effecten op de bruinvispopulatie verschillen de drie onderzochte varianten: het aantal bruinvisverstoringsdagen neemt toe met de toename van het geïnstalleerd vermogen, maar dit wordt niet weerspiegeld in de resultaten van de berekeningen met het Interim PCoD model (voor de kleinste variant wordt het grootste effect berekend). De oorzaak hiervoor ligt in het feit dat het statistische Interim PCoD model zich niet goed leent voor het met grote precisie (> 95% betrouwbaarheid) berekenen van de relatief kleine verschillen tussen de ontwikkeling van de onverstoorde populatie en de verstoorde populatie over een langere periode. Zo is voor de onverstoorde populatie de kans dat de populatie afneemt ook niet 0, dit ondanks het feit dat gemiddeld genomen van een stabiele populatie wordt uitgegaan (zie verder Heinis/de Jong et al. 2021 voor een uitgebreide discussie hierover). Uit de berekeningen kan echter wel worden geconcludeerd dat op grond van de gehanteerde *worst case* uitgangspunten de zekerheid meer dan 95% is dat het aantal bruinvissen op het NCP met niet meer dan 6% kan afnemen.

[4] Deze reductie is niet het gevolg van directe sterfte van bruinvissen (door blootstelling aan het geluid), maar van het feit dat er minder vruchtbare vrouwtjes bijkomen, ofwel omdat er minder jongen worden geboren vanwege een té laag energetisch niveau van de moeder, ofwel omdat de sterfte onder de dieren < 1 jaar door een reductie in de fitness groter is. De deskundigen zijn het erover eens dat verstoring in geen enkel geval tot sterfte van juveniele dieren (> 1 jaar) of volwassen vrouwtjes zal leiden.

Werkversie



Figuur 3-1 Berekende verdeling van SEL_{SS} bij heien met toepassing van een geluidsnorm van 168 dB re 1 µPa²s (750 m) op een representatieve paalpositie in windenergiegebied IJmuiden Ver noord (links boven), het percentage verstoorde bruinvissen, afgeleid van de dosis-responsrelatie in Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **(rechtsboven), bruinvisdichtheid in de zomer o.b.v. Gilles et al. 2020 (linksonder) en aantal verstoorde bruinvissen per km² a.g.v. heien op deze locatie (rechtsonder).**

3.2 ZEEHONDEN

Voor zeehonden ontstaat in de uren dat rond de heilocatie wordt geheid een kleinere verstoringscontour dan die van bruinvissen, omdat zeehonden minder gevoelig op onderwatergeluid reageren. Een voorbeeld van de door TNO berekende verdeling van het, voor gewone zeehonden relevante geluid tijdens het heien voor de constructie van windturbines is voor het windenergiegebied IJmuiden Ver noord weergegeven in Figuur 3-2 (linksboven). Bij deze geluidverdeling is ervan uitgegaan dat een geluidsnorm van SEL_{SS} = 168 dB re 1 µPa²s op 750 m wordt toegepast. De overige panelen van de figuur geven een indruk van de tussenstappen die zijn gebruikt om het aantal verstoorde gewone zeehonden per heidag te berekenen (som van het aantal verstoorde gewone zeehonden in paneel rechtsonder). Deze is berekend uit de propagatie van het heigeluid (de geluidskaart, linksboven), de dosis-responsrelatie (% verstoorde zeehonden per rekenpunt, rechtsboven) en de gemiddelde dichtheid van gewone zeehonden per rekenpunt (linksonder). Voor een dag in het winterseizoen (december – februari) waarop een turbinefundering wordt geheid, is berekend dat ca. 20 gewone zeehonden worden verstoord.

De berekende cumulatieve effecten van de constructie van windparken op de populaties van gewone en grijze zeehonden op het NCP in de periode 2016 – 2030, inclusief de drie rekenvarianten voor de versnelling zijn opgenomen in Tabel 3-2 en Tabel 3-3.

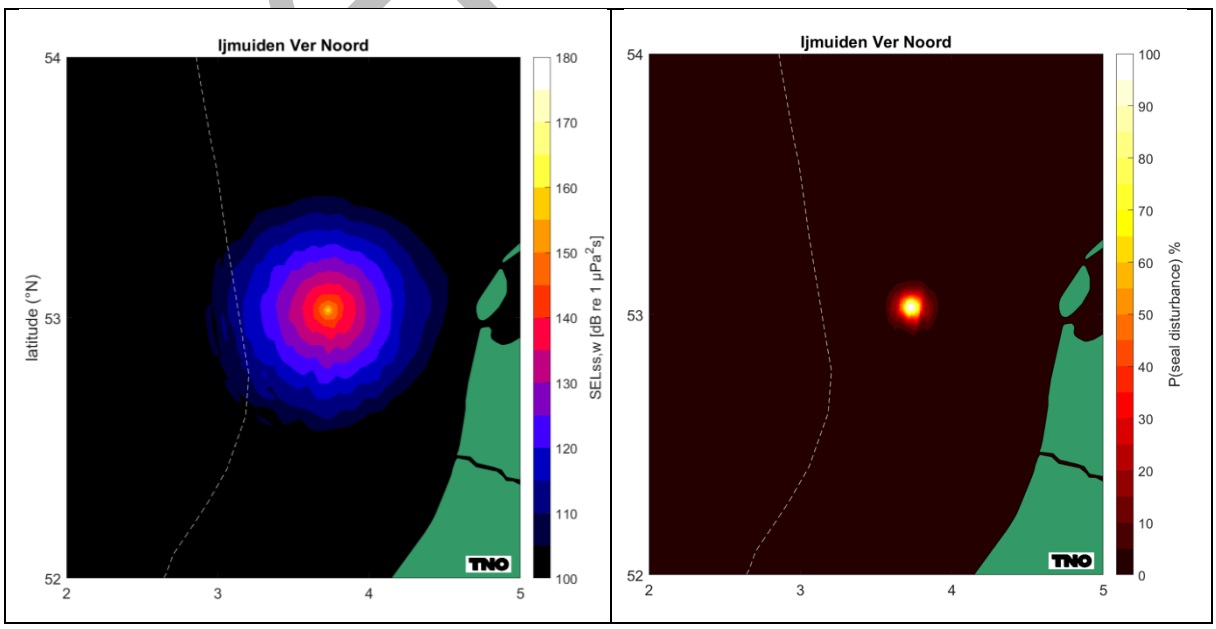
Tabel 3-2 Schatting van de gevolgen van de aanleg van windenergie op zee op de populatie van gewone zeehonden op het NCP in de periode 2016 – 2030, inclusief rekenvarianten voor de versnelling (zie Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **en** Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **voor windenergiegebieden van de rekenvarianten).**

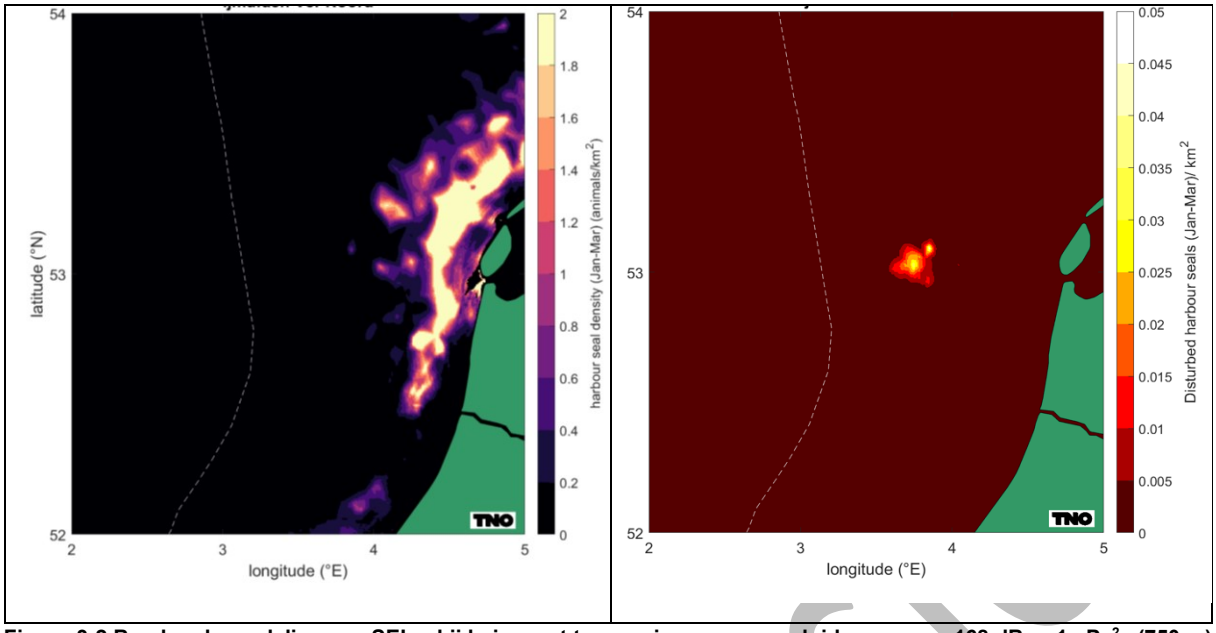
	Variant III	Variant II	Variant I
Geïnstalleerd vermogen 2016 – 2030	10	10	10
Aantal dierverstoringsdagen oude routekaart 2030	70 x 10^3	70 x 10^3	70 x 10^3
Geïnstalleerd **extra** vermogen 2016 – 2030 (versnelling)	16,7 GW	12,7 GW	10,7 GW
Aantal dierverstoringsdagen a.g.v. versnelling	50 x 10^3	47 x 10^3	49 x 10^3
Populatiereductie (% NCP-populatie)	**0%**	**0%**	**0%**

Tabel 3-3 Als Tabel 3-2 voor grijze zeehonden.

	Variant III	Variant II	Variant I
Geïnstalleerd vermogen 2016 – 2030	10	10	10
Aantal dierverstoringsdagen oude routekaart 2030	47 x 10^3	47 x 10^3	47 x 10^3
Geïnstalleerd **extra** vermogen 2016 – 2030 (versnelling)	16,7 GW	12,7 GW	10,7 GW
Aantal dierverstoringsdagen a.g.v. versnelling	71 x 10^3	69 x 10^3	68 x 10^3
Populatiereductie (% NCP-populatie)	**0%**	**0%**	**0%**

Uit de resultaten blijkt dat op basis van de gehanteerde uitgangspunten een versnelde uitrol van wind op zee in de periode 2016 – 2030 geen negatieve effecten op de populaties van gewone en grijze zeehonden zal hebben, zelfs als het totaalaantal dierverstoringsdagen als gevolg van het uitvoeren van geofysisch onderzoek zou verdubbelen. Er worden in deze berekeningen waarschijnlijk geen cumulatieve effecten gevonden, omdat de kans dat een zeehond gedurende meerdere dagen wordt verstoord heel klein is. Dit is een gevolg van het feit dat op de locaties waar windparken zijn voorzien, de dichtheid van zeehonden heel laag is en daarmee de kans dat een zeehond meerdere dagen wordt verstoord ook. Hierbij wordt aangetekend dat er in de berekeningen van is uitgegaan dat de kans dat een individuele zeehond wordt verstoord voor alle individuen uit de populatie gelijk is. Als er *worst case* van wordt uitgegaan dat een veel kleiner deel van de populatie kan worden verstoord en er sprake is van dieren die steeds naar dezelfde locatie toegaan (grote mate van plaatstrouw), neemt de kans dat een zeehond meerdere malen wordt verstoord toe. Omdat het in een dergelijke situatie om een verwaarloosbaar aandeel van de totale populatie gaat, is het effect op de populatie als geheel nog steeds nihil.





Figuur 3-2 Berekende verdeling van SEL_{SS} bij heien met toepassing van een geluidsnorm van 168 dB re 1 μPa²s (750 m) op een representatieve paalpositie in windenergiegebied IJmuiden Ver noord (links boven), het percentage verstoorde zeehonden (rechtsboven), afgeleid van de dosis-responsrelatie in Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, dichtheid gewone zeehonden in de winter o.b.v. Aarts et al. 2021 (linksonder) en aantal verstoorde gewone zeehonden per km² a.g.v. heien op deze locatie (rechtsonder).**

werkversie

4 Beperken van effecten door het nemen van aanvullende maatregelen

4.1 OVERZICHT MOGELIJKHEDEN

Er zijn verschillende mogelijkheden om de negatieve effecten van onderwatergeluid bij de aanleg van windparken op zee op zeezoogdieren te beperken. Uit de analyses is gebleken dat het aantal dierverstoringsdagen maatgevend is voor de omvang van het effect op de populatie. Uit de berekeningen die voor het KEC 4.0 zijn uitgevoerd, is gebleken dat permanente effecten op het gehoor (PTS: *permament threshold shift*) zijn uit te sluiten.

Het aantal dierverstoringsdagen wordt berekend door het aantal door het onderwatergeluid verstoorde dieren te vermenigvuldigen met het aantal impulsdagen. Het aantal verstoorde dieren wordt berekend uit de vermenigvuldiging van het oppervlak door geluid verstoorde gebied met de lokale zeezoogdierdichtheid. Effecten kunnen dus worden beperkt door:

1. De oppervlakte door geluid verstoord gebied te beperken door en/of
2. De heiwerkzaamheden uit te voeren in een seizoen met een relatief lage dichtheid van zeezoogdieren en/of
3. Het aantal verstoringsdagen (= het aantal funderingen) te beperken of
4. Een andere, minder geluid producerende funderingstechniek gebruiken (bijvoorbeeld trillen, blue piling of schroeven).

Ad 1. Het oppervlak verstoord gebied kan worden beperkt door:

- De propagatie van heigeluid (verder) te beperken door het toepassen van geluiddemping (heimantels, bellenschermen e.d.);
- Voor de aanleg van windparken gebieden te kiezen met een relatief geringe waterdiepte. Het geluid komt dan minder ver.

Ad 2. Heien als de dichtheid van zeezoogdieren laag is

Voor het KEC 4.0 is voor **bruinvissen** gebruik gemaakt van de recente kaart van Gilles et al. (2020) met een schatting van de dichtheid in het zomerseizoen. Uit eerder onderzoek van Geelhoed et al. (2011) en recenter onderzoek door Soldaat & Poot (2019) is gebleken dat er grote verschillen in de verspreiding tussen de seizoenen kunnen zijn. De gegevens laten het echter niet toe duidelijke uitspraken te doen over gebieden die in bepaalde seizoenen meer of minder door bruinvissen worden bezocht.

Op grond van de door Aarts et al. (2021) geproduceerde kaarten kunnen seizoensverschillen voor **gewone en grijze zeehonden** wel worden meegenomen. Op een enkele uitzondering na (Hollandse Kust (noord)) liggen de nieuw aan te leggen windparken echter zo ver van de gebieden met de grootste dichtheden van zeehonden dat cumulatieve effecten van de aanleg van windenergie op zee in alle seizoenen kunnen worden uitgesloten.

Ad 3. Beperken van het aantal verstoringsdagen

Voor het aanleggen van een windpark met een klein aantal, relatief grote turbines is een hogere hei-energie nodig dan voor de aanleg van een windpark met meer, kleinere turbines. Bij het toepassen van één universele geluidsnorm maakt het voor de omvang het verstoringsoppervlak in principe echter niet uit met welke energie wordt geheid. Op 750 m van de heilocatie mag het geluidsniveau de betreffende waarde immers niet overschrijden. In het geval dat gekozen wordt voor een kleiner aantal, relatief grote turbines zal het uiteraard wel moeilijker zijn de gestelde geluidsnorm te halen. Vanwege het feit dat er tussen verschillende alternatieven geen verschil in de omvang van het verstoringsoppervlak zal zijn, zullen effecten van een windpark met een geringer aantal, relatief grote turbines altijd gunstiger uitpakken dan die van een windpark met meer, kleinere turbines.

Ad 4. Toepassen van alternatieve funderingstechnieken

Niet-impulsief geluid dat wordt geproduceerd tijdens de installatie van turbinefunderingen met andere technieken dan heien (trilhamers, schroeven, blue piling) is mogelijk minder verstorend. Uit resultaten van proefprojecten is gebleken dat met deze technieken een mogelijk substantiële geluidsreductie is te bereiken

Werkversie

(zie review van Verfuss et al., 2019). Hoewel enkele technieken veelbelovend zijn, worden ze voor windenergie op zee nog niet in de praktijk toegepast.

4.2 CUMULATIEVE EFFECTEN WIND OP ZEE 2016 – 2030 BIJ TOEPASSEN VAN EEN STRENGERE GELUIDNORM

In § 3.1 is geconcludeerd dat niet is uit te sluiten dat de ecologische norm van een maximale reductie van 5% (zekerheid > 95%) van de populatie op het NCP voor **bruinvissen wordt overschreden**. Hierbij is ervan uitgegaan dat een geluidnorm van SEL_{SS} (750 m) = 168 dB re 1 μPa^2s wordt toegepast voor de windparken van Routekaart 2030, inclusief de extra aanleg van 10 – 16 GW geïnstalleerd vermogen. Voor **gewone en grijze zeehonden op het NCP treden geen effecten op** en wordt de ecologische norm waarvan is uitgegaan dus niet overschreden.

Van de in de vorige paragraaf 4.1 aangegeven mogelijkheden voor het (verder) beperken van de effecten op zeezoogdieren tijdens de aanleg van windparken kan in de periode 2016 – 2030 alleen het verder verminderen van verstoring door het beperken van de geluidpropagatie tot een belangrijke reductie van de berekende effecten leiden. Om daar een indruk van te krijgen, zijn voor het KEC 4.0 berekeningen uitgevoerd waarbij is uitgegaan van de toepassing van een geluidnorm van SEL_{SS} (750 m) = 160 dB re 1 μPa^2s[5] voor aanleg van windparken in de windenergiegebieden IJmuiden Ver ('oude' routekaart 2030) en de windenergiezoekgebieden voor de versnelde aanleg (zie Tabel 1-1). Het berekende aantal bruinvisverstoringsdagen neemt daarmee met 1,0 – 1,2 miljoen af (45 – 47%).

De berekende cumulatieve effecten van de constructie van windparken op de bruinvispopulatie van de Noordzee en het NCP in de periode 2016 – 2030, inclusief de drie rekenvarianten voor de versnelling zijn opgenomen in Tabel 4-1. Uit de resultaten blijkt dat bij toepassen van een geluidnorm van SEL_{SS} (750 m) = 160 dB re 1 μPa^2s voor windenergiegebieden IJmuiden Ver en later de geschatte populatiereductie, afhankelijk van de rekenvariant met grote zekerheid (>95%) ligt tussen 2,3% en 2,9% van het aantal bruinvissen op het NCP. Dat betekent dat de gestelde ecologische norm **niet wordt overschreden**.

Tabel 4-1 Schatting van de gevolgen van de aanleg van windenergie op zee op de bruinvispopulatie op het NCP in de periode 2016 – 2030, inclusief rekenvarianten voor de versnelling (zie Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **en** Fout! Verwijzingsbron niet gevonden. **voor windenergiegebieden van de rekenvarianten). Geluidnorm: SEL_{SS} (750 m) = 160 dB re 1 μPa^2s voor windenergiegebieden IJmuiden Ver + windenergiezoekgebieden voor versneling. Overige geluidnormen volgens kavelbesluiten.**

	Variant III	Variant II	Variant I
Geïnstalleerd vermogen 2016 – 2030	10	10	10
Geïnstalleerd extra vermogen 2016 – 2030	16,7 GW	12,7 GW	10,7 GW
Aantal bruinvisverstoringsdagen internationaal	$23,9 \times 10^6$	$23,8 \times 10^6$	$23,7 \times 10^6$
Aantal bruinvisverstoringsdagen NL-bijdrage	$1,4 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$	$1,2\ 110^6$
Populatiereductie internationaal zonder NL	44.464	44.4644	44.464
Populatiereductie NL-bijdrage	1.797	1.624	1.410
Populatiereductie (% NCP-populatie)	**2,9%**	**2,6%**	**2,3%**

[5] N.B. De decibel-schaal is niet lineair, maar logaritmisch. Het betekent dat het geluid op 750 m van de heilocatie bij een niveau van SEL_{SS} = 168 dB re 1 μPa^2s 9 maal (10 * ^{10}log (8)) luider is dan bij toepassen van een lagere limiet van SEL_{SS} (750 m) = 160 dB re 1 μPa^2s.

Werkversie

5 Onzekerheden en leemten in kennis

Elke stap van de procedure die is doorlopen bij het bepalen van de effecten op populaties met de daarbij behorende parameters kent een bepaalde mate van onzekerheid. Het kan daarbij gaan om onzekerheden als gevolg van een min of meer bekende variatie, maar ook als gevolg van het feit dat over een bepaalde parameter weinig of vrijwel niets bekend is (dit is een kennisleemte). Een overzicht:

Kwantificering van brongeluid en geluidpropagatie

- Ondanks dat in de beschrijving van de fysica van de afstraling en propagatie van geluid significante verbeteringen zijn aangebracht in het Aquarius 4 model (de Jong e.a. 2019), blijft de kwantitatieve voorspelling van de SEL_{SS} onzeker. Dit geldt met name voor de hoogfrequente component van het geluid. De resultaten van de modellering met Aquarius 4 kwamen echter goed overeen met de ongewogen breedband SEL_{SS} die tijdens de constructie van het Gemini windpark is gemeten. Om (nog) meer vertrouwen en de voorspelde geluidniveaus te krijgen is het nodig dat het model voor meer scenario's wordt gevalideerd (verschillende hamerconfiguraties en omgevingsvariabelen). Bovendien worden in het Aquarius 4 model de effecten van mitigerende maatregelen, zoals heimantels en bellenschermen, nog niet expliciet berekend, maar als een correctie achteraf meegenomen.

Dosis-responsrelatie voor verstoring/gedragsverandering

- In de berekeningen voor bruinvissen is vooralsnog geen rekening gehouden met de gehoorgevoeligheid als gevolg van de frequentie. Het is aannemelijk dat het toepassen van een met de frequentiegevoeligheid van het gehoor van de bruinvissen gewogen SEL-waarde een betere voorspelling geeft van de gedragsreactie. De ten tijde van het opstellen van het KEC 4.0 beschikbare gegevens lieten het echter niet toe duidelijke conclusies te trekken over de noodzaak daartoe. Tougaard et al. (2015) hebben er al enige tijd geleden op gewezen dat frequentieweging met een filter dat is gebaseerd op de inverse van het audiogram geschikt zou zijn voor het bepalen van effecten. De US National Marine Fisheries Service onderschrijft dit en heeft frequentieweging al geïmplementeerd in hun technische handleiding voor het bepalen van effecten op het gehoor van zeezoogdieren (NMFS, 2016). Als het gaat om projecten waar het heigeluid wordt gemitigeerd door gebruik van bellenschermen zou de toepassing van frequentieweging bij het bepalen van gedragsverstoring bij bruinvissen tot veel kleinere voorspelde verstoringsoppervlakken leiden, omdat het geluid in de voor bruinvissen relevante frequenties beter wordt gedempt (Dähne et al. 2017).

Kwantificeren van het aantal verstoorde dieren

- Voor bruinvissen is in het KEC 4.0 gebruik gemaakt van de kaart van Gilles et al. (2020), die een schatting geeft van de gemiddelde zomerdichtheid van bruinvissen op de Zuidelijke Noordzee in de periode 2016 – 2019. Het betekent dat in de berekeningen geen rekening is gehouden met seizoens-afhankelijke verschillen in de verspreiding. Verder is nog vrijwel niets bekend over eventuele seizoens-afhankelijke migratiepatronen, locatietrouw en mogelijke sexe- en leeftijd-specifieke variatie hierin. Hoewel in Deense wateren (zender)onderzoek loopt, waardoor voor individuele dieren meer informatie beschikbaar komt (e.g. Sveegaard, 2011, Nielsen et al. 2018), zal deze leemte voor de Noordzee niet op korte termijn worden opgevuld. Hierdoor blijft het lastig een nauwkeurigere schatting te maken van het aantal dieren die in verschillende tijden van het jaar worden beïnvloed.
- Voor zeehonden is wel rekening gehouden met seizoens-afhankelijke verschillen in de verspreiding, maar niet met de effecten van een waarschijnlijk grotere plaats-trouw van zeehonden dan bruinvissen. Daardoor zou het kunnen zijn dat het gedeelte van de zeehond-populaties dat regelmatig verblijft in de zoekgebieden een grotere kans heeft om gedurende meerdere dagen verstoord te worden dan nu in de berekeningen is aangenomen. Daar staat tegenover dat dit voor de meeste zoekgebieden slechts een klein gedeelte van de populatie betreft en dat de rest van de populatie in dat geval minder kans op verstoring ondervindt.

Doorvertalen van effecten op individuele bruinvissen naar populatie-effecten (iPCoD)

- De omvang van de gevoelige deelpopulatie (*vulnerable subpopulation*) is een van de parameters in het *interim Population Consequences of Disturbance* (iPCoD) model. In de berekeningen voor het KEC 4.0, die aan de basis hebben gelegen voor de berekeningen in deze notitie, is uitgegaan van een *vulnerable subpopulation* die gelijk is aan de totale omvang van de Noordzeepopulatie. De belangrijkste redenen

Werkversie

hiervoor zijn 1) dat er geen duidelijke aanwijzingen zijn dat er binnen de Noordzeepopulatie van bruinvissen deelpopulaties zijn die aan een kleiner deelgebied zijn gebonden en 2) uit een recente publicatie blijkt dat de *home range* van bruinvissen behoorlijk groot kan zijn (Nielsen et al. 2018). Voor het KEC 1.0 is de gevoeligheid van de modelresultaten voor drie verschillende grootten van de *vulnerable subpopulation* onderzocht (Heinis et al. 2015). Uit deze analyses bleek dat de omvang van de *vulnerable subpopulation* een rol begint te spelen bij een (berekende) populatiereductie van ongeveer de helft van de omvang van de *vulnerable subpopulation*. Het totale effect wordt beperkt tot ongeveer 80% van de *vulnerable subpopulation*. Dit betekent ook dat bij hogere waarden berekende populatiereductie toeneemt met de gekozen omvang van de *vulnerable subpopulation*. Een keuze voor een relatieve grote vulnerable subpopulation reduceert daarom het risico dat effecten worden onderschat.

- Doorvertaling van bruinvisverstoring naar effecten op vital rates. Het iPCoD model is in 2018 grondig geüpdatet en verbeterd, met name voor de bruinvis. Bij het bepalen van de relatie tussen verstoring en *vital rates* is gebruik gemaakt van een door de Universiteit van Amsterdam in samenwerking met de Universiteit van St. Andrews ontwikkeld state-of-the-art energiebudget model. Uit de modelberekeningen blijkt duidelijk dat bruinvissen in veel gevallen voor een (tijdelijk) verlies van foerageermogelijkheden kunnen compenseren. Het is echter nog niet duidelijk of en zo ja, waarom de gebieden waar de grootste dichtheid wordt gezien ook de meest geschikte gebieden zijn. Hebben bruinvissen die uit een dergelijk geschikt gebied worden verdreven ook werkelijk minder kans te overleven en hoe hangen seizoensvariaties in het voorkomen samen met variaties in het voorkomen van voedsel?
- Aannames in iPCoD model over populatieontwikkeling en demografische parameters. In het Interim PCoD model is ervan uitgegaan dat de bruinvispopulatie stabiel is en dat de populatieontwikkeling niet afhangt van de dichtheid. Voor de modeluitkomsten betekent dit dat na een eenmaal aangebracht effect op de populatie, *i.e.* een afname als gevolg van de activiteiten, de populatie hiervan na het beëindigen van de activiteiten niet herstelt. Dit is waarschijnlijk niet realistisch. Voor een meer realistische inschatting van de populatieontwikkeling in de jaren van de verstoring, maar vooral na het beëindigen ervan is meer kennis nodig over dichtheidsafhankelijke effecten op populatieontwikkeling. Is de 'carrying capacity' bereikt en zo ja, wat zijn beperkende factoren voor populatiegroei? Speelt competitie om voedsel een rol als de dichtheid van dieren toeneemt als zij door onderwatergeluid uit een bepaald gebied worden verdreven?

Doorvertalen van effecten op individuele gewone en grijze zeehonden naar populatie-effecten
Voor de **gewone en de grijze zeehond** zijn door zenderonderzoek veel meer gegevens over het natuurlijke gedrag in het veld beschikbaar dan voor de bruinvis. Het betreft zowel populatieschattingen als kennis over beweging van individuele dieren. In combinatie met experimenteel bepaalde gegevens over de energetische 'kosten' van gedragsverandering (zie bijvoorbeeld Rosen et al. 2007; Sparling & Fedak 2004; Sparling et al. 2007) zou het effect op de populatie kunnen worden ingeschat door een zogenaamd '*agent based*' model (zie bijvoorbeeld (Nabe-Nielsen et al. 2014) te combineren met een Dynamisch Energie Budget. Inmiddels is door WMR, in samenwerking met SMRU/Universiteit van St. Andrews een start gemaakt met de ontwikkeling van een dergelijk model (Chudzinska et al. 2021). Het zal echter nog enkele jaren duren voordat dit model operationeel is. Voor het schatten van effecten op de gewone en grijze zeehonden op het NCP is daarom, net als voor de bruinvissen gebruik gemaakt van de 2019-update van het Interim PCoD model. Ook hier is ervan uitgegaan dat alle op het NCP voorkomende zeehonden tot de *vulnerable subpopulation* behoren. Voor overige gehanteerde demografische parameters wordt verwezen naar Heinis/de Jong et al (in prep.).

Werkversie

6 Conclusies

- Mits de geluidproductie tijdens de aanleg voldoende wordt beperkt, treden bij de versnelde ontwikkeling van windenergie op zee tot en met 2030 volgens de geüpdatete KEC-procedure geen onacceptabele cumulatieve effecten op de populaties van bruinvissen, gewone en grijze zeehonden op het NCP op: de gestelde ecologische normen worden niet overschreden.
- Uit de berekeningen blijkt dat tot ca. 16 GW extra vermogen kan worden geïnstalleerd bovenop de eerder in de KECs 1.0 – 3.0 beoordeelde ca. 10 GW.
- Voor de berekeningen zijn *worst case* uitgangspunten gehanteerd; door verder onderzoek kan de onzekerheid aanzienlijk worden gereduceerd; dit zal tot kleinere berekende effecten leiden, met name voor bruinvissen.
- Ook zal de toepassing van alternatieve, geluidarme technieken tot kleinere, berekende effecten leiden.

werkversie

7 Referenties

Aarts, G., A.M. von Benda-Beckmann, K. Lucke, H. Özkan Sertlek, R. van Bemmelen, S.C.V. Geelhoed, S. Brasseur, M. Scheidat, F-P.A. Lam, H. Slabbekoorn & R. Kirkwood, 2016. Harbour porpoise movement strategy affects cumulative number of animals acoustically exposed to underwater explosions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 557: 261–275.

Ainslie, M.A., C.A.F. de Jong, H.S. Dol, G. Blacquière & C. Marasini, 2009. Assessment of natural and anthropogenic sound sources and acoustic propagation in the North Sea. Report TNO-DV 2009 C085.

Chudzinska, M., J. Nabe-Nielsen, S. Smout, G. Aarts, S. Brasseur, I. Graham, P. Thompson, B. McConnell, 2021. AgentSeal: Agent-based model describing movement of marine central-place foragers. Ecological Modelling 440 (2021) 109397.

Dähne, M., J. Tougaard, J. Carstensen, A. Rose & J. Nabe-Nielsen, 2017. Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises. Mar Ecol Prog Ser 580: 221–237.

Geelhoed, S., M. Scheidat, G. Aarts, R. van Bemmelen, N. Janinhoff, H. Verdaat & R. Witte, 2011. Shortlist Masterplan Wind - Aerial surveys of harbour porpoises on the Dutch Continental Shelf. IMARES report C103/11.

Gilles, A., N. Ramirez-Martinez, D. Nachtsheim & U. Siebert, 2020. Update of distribution maps of harbour porpoises in the North Sea. Comissioned by Rijkswaterstaat. University of Veterinary Medicine, Institute for Terrestrial and Aquatic Wildlife Research (ITAW).

Gilles, A., S. Viquerat, E.A. Becker, K.A. Forney, S.C.V. Geelhoed, J. Haelters, J. Nabe-Nielsen, M. Schiedat, U. Siebert, S. Sveegaard, F.M. van Beest, R. van Bemmelen & G. Aarts, 2016. Seasonal habitat-based density models for a marine top predator, the harbor porpoise, in a dynamic environment. Ecosphere 7: e01367. 10.1002/ecs2.1367.

Heinis F., C.J. de Jong & Werkgroep Onderwatergeluid, 2015. Cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op zeezoogdieren. Rapport TNO 2015 R10335.

Heinis, F., C.A.F. de Jong, S. von Benda-Beckmann & B. Binnerts, 2019. Framework for Assessing Ecological and Cumulative Effects – 2018; Cumulative effects of offshore wind farm construction on harbour porpoises. HWE rapport: 18.153RWS_KEC2018, January 2019.

Ministerie van Economische Zaken & Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016a. Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. uitrol windenergie op zee. Deelrapport A: Methodebeschrijving.

Ministerie van Economische Zaken & Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016b. Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. uitrol windenergie op zee. Deelrapport B: Beschrijving en beoordeling van cumulatieve effecten bij uitvoering van de Routekaart Windenergie op zee.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, i.s.m. ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 2012. Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, Deel 1

Nabe-Nielsen, J. R.M. Sibly, J. Tougaard, J. Teilmann & S. Sveegaard, 2014. Effects of noise and by-catch on a Danish harbour porpoise population. Ecol. Modell. 272, 242–251.

Nielsen, N.H., J. Teilmann, S. Sveegaard, R.G. Hansen, M-H.S. Sinding, R. Dietz & M.P. Heide-Jørgensen, 2018.Oceanic movements, site fidelity and deep diving in harbour porpoises from Greenland show limited similarities to animals from the North Sea.Mar. Ecol. Prog. Ser. 597, 259 – 272.

NMFS – National Marine Fisheries Service, 2016. Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing: Underwater Acoustic Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-55.

Rosen, D.A.S., A.J. Winship & L.A. Hoopes, 2007. Thermal and digestive constraints of foraging behaviour in marine mammals. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 362: 2151-2168.

Soldaat, L. & M. Poot, 2020. Analyse bruinvisgegevens en evaluatie monitoring Noordzee – Kwaliteitsborging IHM 2019. CBS research paper, projectnummer 190220.

Sparling, C.E. & M.A. Fedak, 2004. Metabolic rates of captive grey seals during voluntary diving. J Exp Biol 207: 1615-1624.

Werkversie

Sparling, C.E., J-Y. Georges, S.L. Gallon, M. Fedak & D. Thompson, 2007. How long does a dive last? Foraging decisions by breath-hold divers in a patchy environment: a test of a simple model. Animal Behaviour 74: 207-218.

Sveegaard, S., J. Teilmann, P. Berggren, K.N. Mouritsen, D. Gillespie & J. Tougaard, 2011. Acoustic surveys confirm the high-density areas of harbor porpoises found by satellite tracking. ICES Journal of Marine Science 68: 929–936.

Tougaard, J., A.J. Wright & P.T. Madsen, 2015. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. Marine Pollution Bulletin 90: 196–208.

Verfuss, U.K., R.R. Sinclair & C.E. Sparling, 2019. A review of noise abatement systems for offshore wind farm construction noise, and the potential for their application in Scottish waters. Scottish Natural Heritage Research Report No. 1070.

werkversie

BIJLAGE 1 ECOLOGISCHE EFFECTNORM ZEEHONDEN

HWE onderzoek en advies in waterbeheer en ecologie

Graaf Wichmanlaan 9 – 1405 GV Bussum
tel: (035) 698 9532 – mob: (06) 1464 4383
email: fheinis@hwe.nl

Memo

Aan: Jeroen Vis (LNV)

Van: Floor Heinis

CC: Martine Graafland (RWS ZD), Frans-Peter Lam (TNO)

Datum: 3 juni 2021

Betreft: Ecologische effectnorm zeehonden (ALI - *Acceptable Level of Impact*)

Werkversie

1 Achtergrond

In hoofdstuk 4 van deelrapport B van de eerste versie van het Kader Ecologie en Cumulatie (KEC 1.0) is een mogelijke aanpak voor het bepalen van effecten van de realisatie van windenergie op zee op populaties van gewone en grijze zeehonden beschreven. Daarin is voorgesteld om de stappen uit de redeneerlijn voor bruinvissen direct te vertalen naar zeehonden, maar verder niet in het KEC uit te werken. Er kon namelijk worden beredeneerd dat de verwachte effecten van de aanleg van de in het KEC 1.0 beoordeelde Nederlandse windparken op de zeehondenpopulaties minder groot zouden zijn dan op de bruinvispopulatie. Dit was vooral gebaseerd op het feit dat de gemiddelde dichtheid van bruinvissen op de onderzochte windenergiegebieden hoger is dan die van zeehonden. In de update 2018 van het KEC is deze lijn voortgezet (KEC 3.0). In de MERren en PBs die aan de kavelbesluiten voor de windenergiegebieden uit het Energieakkoord en de Routekaart Wind op Zee 2030 ten grondslag liggen, zijn mogelijke effecten op zeehonden echter wel berekend en op hoofdlijnen beoordeeld. In alle gevallen is op grond van waargenomen dichtheden van zeehonden in de windenergiegebieden en tijdelijkheid van de effecten geconcludeerd dat significante effecten op de populaties niet zouden optreden. Mogelijke effecten van verstoring door het constructiegeluid op de *vital rates* van gewone en grijze zeehonden en de eventuele doorvertaling naar effecten op de populatieomvang zijn in deze studies echter niet bepaald.

In de KEC 4.0 update wordt de redeneerlijn voor het berekenen van de effecten van de realisatie van windenergie op zee op de populaties van gewone en grijze zeehonden weer opgepakt. De voorgestelde aanpak uit KEC 1.0 zal, mede op basis van de ervaringen in de MER/PB-studies worden geactualiseerd. Voor het kwantificeren van effecten op de populatie zal gebruik worden gemaakt van het Interim PCoD model, waarvan in 2019 ook voor zeehonden een volledige update is gepubliceerd. Ten behoeve van het KEC 4.0 zullen dus, net als voor bruinvissen, effecten van de constructie van windparken op zee op de populaties van gewone en grijze zeehonden worden berekend. Dit maakt het ook mogelijk om de resultaten van deze berekeningen te toetsen aan een, nog op te stellen ecologische effectnorm voor zeehonden.

Het is de bedoeling dat het bevoegd gezag als onderdeel van het KEC 4.0 een norm stelt aan de acceptabele impact van de aanleg van de windparken op de beide zeehondensoorten. Hierna wordt daarvoor op grond van een aantal overwegingen een voorstel gedaan.

2 Advies voor een acceptabele effectnorm voor zeehonden

Op 27 mei j.l. is een overleg met de Werkgroep Zeezoogdieren en Onderwatergeluid geweest, waarin ook de acceptabele effectnorm voor zeehonden aan de orde kwam. In dit overleg is voorgesteld om van dezelfde norm uit te gaan als voor bruinvissen op grond van de overwegingen in onderstaande tabel, mede omdat er geen zwaarwegende redenen lijken te zijn om een andere, strengere of soepelere norm te hanteren. In het werkgroepoverleg zijn geen argumenten naar voren gebracht om van een andere norm uit te gaan.

Soort	Landelijke Svl	Populatietrend	
		Nederland	Internationaal
Bruinvis	Gunstig	Stabiel	Stabiel
Gewone zeehond	Gunstig	Stabiel/groeiend	Stabiel?
Grijze zeehond	Gunstig	Groeiend	Groeiend

Het betekent dat voor bruinvissen, gewone en grijze zeehonden de volgende norm voor een acceptabel ecologisch effect zou gaan gelden:
"Door de aanleg van windparken op zee moeten populatie van bruinvissen, gewone zeehonden en grijze zeehonden op het NCP met grote zekerheid (>95%) op minimaal 95% van de huidige omvang blijven (ofwel: de kans dat de populatiereductie ≥ 5% moet ≤ 5% zijn)."