

Offshore windenergiegebied Hollandse Kust (noord)

Effecten van aanleg op zeezoogdieren

Dr. F. Heinis

Rapport d.d. 17 mei 2018



*onderzoek en advies in
waterbeheer en ecologie*

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Achtergrond en kader	3
1.2	Offshore windenergiegebied Hollandse Kust (noord)	4
2	Uitgangspunten bepaling effecten van heien van turbinefunderingen	5
2.1	Bepaling van het brongeluid en de verspreiding ervan	5
2.2	Berekening van effecten door heien op bruinvissen en zeehonden	8
2.3	Beoordeling van effecten.....	16
3	Effecten van aanleg windenergiegebied Hollandse Kust (noord)	18
3.1	Inleiding	18
3.2	Effecten op populaties van zeezoogdieren.....	18
3.3	Effecten op Natura 2000-gebieden	25
3.4	Effecten op beschermde soorten	30
3.5	Mitigerende maatregelen	32
4	Cumulatieve effecten	38
4.1	Afbakening.....	38
4.2	Cumulatieve effecten in één jaar.....	38
4.3	Cumulatieve effecten in één jaar op Natura 2000-gebieden	41
4.4	cumulatieve effecten in één jaar op beschermde soorten.....	42
4.5	Cumulatieve Effecten na constructie van windparken volgens het SER-akkoord	43
4.6	Cumulatieve effecten na 6 jaar op de totale Noordzee (internationaal scenario).....	44
4.7	Cumulatieve effecten na mitigatie (VKA)	44
5	Leemten in kennis.....	49
6	Referenties	51

BIJLAGEN

Bijlage 1 TNO-notitie

Bijlage 2 Rekenresultaten per paalpositie

1 Inleiding

1.1 ACHTERGROND EN KADER

Bij het heien van funderingen voor windturbines wordt veel geluid geproduceerd, waardoor zeer hoge geluidsniveaus in de omgeving van de heilocatie kunnen ontstaan. Afhankelijk van de afstand waarop dieren zich van de bron bevinden, kan dit bij zeezoogdieren tot effecten op het gedrag leiden of tot fysiologische effecten, zoals een tijdelijke of permanente verhoging van de gehoordrempel (TTS = *temporary threshold shift* en PTS = *permanent threshold shift*).

In de afgelopen jaren 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. Veel van deze kennis is verwerkt in een, onder regie van de Werkgroep Onderwatergeluid¹ opgestelde redeneerlijn die is toegepast bij de effectbepaling en -beoordeling van een aantal 'Ronde 2' offshore windparken. Bij de voor deze windparken toegepaste benadering zijn (mogelijke) populatie-effecten van de hiervoor genoemde sub-letale fysiologische en gedragseffecten niet gekwantificeerd. Onder de destijds geldende voorwaarden voor vergunningverlening kon namelijk – zonder rekenen – worden beredeneerd dat significante effecten op de populatie uit te sluiten waren (bouw van 1 windpark per jaar, seizoensrestrictie voor heiperiode).

Voor de 'Ronde 3' windparken, waaronder het windenergiegebied Hollandse Kust (noord), voldoet deze aanpak niet meer, omdat in Nederland de ambitie bestaat om voor het bereiken van duurzame energiedoelen vooral in te zetten op het bouwen van offshore windparken. In het SER-akkoord (september 2013)² is voor offshore wind het doel vastgelegd om in 2023 in totaal 4.450 MW operationeel te hebben. Dit doel is niet tijdig haalbaar onder de in 'Ronde 2' geformuleerde voorwaarden. Dit betekent dat moet worden onderzocht wat de effecten op populaties van zeezoogdieren zijn als meer windparken per jaar worden gebouwd en of extra voorwaarden voor de constructiefase geformuleerd moeten worden. Vanwege de verwachte ontwikkelingen in Nederland en daarbuiten is de cumulatie van effecten van impulsief geluid door meerdere initiatieven op hele populaties niet bij voorbaat uit te sluiten.

In 2015 is door de Nederlandse overheid het 'Kader Ecologie en Cumulatie' ontwikkeld, dat uit meerdere onderdelen bestaat. Een, in Nederland breed gedragen aanpak voor het bepalen van de cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op relevante populaties van zeezoogdieren in de Noordzee is er een van. Deze aanpak is door de eerdergenoemde Werkgroep Onderwatergeluid in de tweede helft van 2014 ontwikkeld en beschreven in Heinis e.a. (2015). Het via www.noordzeeloket.nl te downloaden rapport vormt het primaire uitgangspunt voor de voorliggende effectbeschrijving en bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Een beschrijving van de procedure ('redeneerlijn') voor het kwantificeren van de mogelijke (cumulatieve) effecten van 'impulsief' onderwatergeluid bij de aanleg van windparken op de Noordzee op de relevante populaties van zeezoogdieren (met nadruk op de bruinvis);

¹ De Werkgroep Onderwatergeluid is begin 2013 op initiatief van Rijkswaterstaat Zee en Delta opgericht. Deelnemers zijn afkomstig van Rijkswaterstaat, Directoraat-generaal Ruimte en Water, TNO, HWE, SEAMARCO, IMARES, Arcadis, Royal Haskonig DHV (vanaf 2014) en Deltares (vanaf 2014).

² [https:// http://www.ser.nl/nl/publicaties/overige/2010-2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei.aspx](https://http://www.ser.nl/nl/publicaties/overige/2010-2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei.aspx)

- Een toepassing van de redeneerlijn op de bruinvispopulatie door voor geselecteerde scenario's voor aanleg van windparken op het NCP en in de rest van de Noordzee én seismische exploratie de omvang van cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid te schatten in de periode 2016-2022. Mitigerende maatregelen maken onderdeel uit van de scenario's;
- Een mogelijke toepassing van de redeneerlijn voor de zeehondpopulaties;
- Een samenvatting van de redeneerlijn in de vorm van een stappenplan/leidraad voor MER-schrijvers;
- Een overzicht van kennisleemten.

1.2 OFFSHORE WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (NOORD)

Bij het bepalen en beoordelen van de effecten van de constructie van het windpark zijn twee alternatieve opstellingen onderzocht:

- Alternatief 1, een opstelling met 95 turbines van 8 MW;
- Alternatief 2, een opstelling met 76 turbines van 10 MW.

Met deze twee alternatieven kan een beeld worden gekregen van de maximale bandbreedte van mogelijke effecten. Voor beide alternatieven is verder uitgegaan van monopaalfunderingen, waarvan er, als de weersomstandigheden andere logistieke omstandigheden dat toelaten elke 24 uur 1 wordt geheid.

TNO heeft voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op dezelfde manier als voor de windenergiegebieden Borssele en Hollandse Kust (zuid) berekeningen uitgevoerd. Daarbij zijn zes paalposities en drie hei-energieën onderzocht om zo een goed beeld te krijgen van de bandbreedte van mogelijke effecten. De resultaten van deze, in bijlage 1 opgenomen berekeningen zijn conform Heinis e.a. (2015) geïnterpreteerd waarna de mogelijke effecten op de populaties van bruinvissen en zeehonden zijn bepaald en beoordeeld. Daarnaast is onderzocht in hoeverre significante effecten op de, voor bruinvissen en zeehonden natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden zijn te verwachten en is op op nationale en internationale schaal getoetst of de gunstige staat van instandhouding van de populaties in het geding is.

2 Uitgangspunten bepaling effecten van heien van turbinefunderingen

2.1 BEPALING VAN HET BRONGELUID EN DE VERSPREIDING ERVAN

Voor het schatten van de onderwatergeluidniveaus die optreden bij de bouw van windparken is gebruik gemaakt van het door TNO ontwikkelde rekenmodel AQUARIUS 1.0. Dat model is gebaseerd op de benaderingsmethode die is beschreven in Weston [1971, 1976]. Het model berekent de ruimtelijke verspreiding van het geluid, op basis van gegevens over de geluidbron, de bathymetrie, het sediment en de windsterkte. Als output worden onderwatergeluidkaarten gegenereerd, indien gewenst voor verschillende diepten in de waterkolom.

Voor de berekening van de verspreiding van het heigeluid bij de constructie van het windpark Hollandse Kust (noord) is aangenomen dat het heigeluid zoals gemeten bij het Prinses Amaliawindpark (Q7, de Jong & Ainslie, 2012) maatgevend is voor het heien van monopalen op de Noordzee. Bij de voor windpark Prinses Amalia gebruikte funderingen werd geheid met een maximale energie van 800 kJ. Het maximale, over de frequentiebanden gesommeerde bronniveau bedroeg daar 221 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{m}^2$. Dit bronniveau is bij de verdere berekeningen gebruikt. De laagste inschatting van het bronniveau bedroeg 215 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{m}^2$ (zie verder bijlage 1). Er is daarbij uitgegaan van een fundering van monopalen, die door heien in de zeebodem zullen worden verankerd. De hiervoor benodigde hei-energie bedraagt, afhankelijk van de diameter van de te heien funderingen 1.000 tot maximaal 3.000 kJ. Bij de berekeningen is aangenomen dat eenzelfde percentage van de klapenergie (als bij het Prinses Amalia windpark) wordt omgezet in geluidenergie. Dit betekent dat het over de frequentiebanden gesommeerde bronniveau bij de aanleg van het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) per heiklap respectievelijk ongeveer 1 dB tot 6 dB groter zal zijn.

Effecten zijn berekend voor de situatie dat de propagatie van het heigeluid niet wordt gedempt en voor de situatie dat geluidsnormen zullen worden toegepast. Het gaat daarbij om het, door de Nederlandse overheid voor het windenergiegebied Borssele ontwikkeld normenstelsel, waarbij is gedifferentieerd naar aanlegseizoen en aantal turbines. Het normenstelsel is voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) iets aangepast (zie verder § 3.5.2).

Voor het bepalen van de voortplanting van het onderwatergeluid als gevolg van het heien voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) is een realistisch, met de praktijk overeenkomend heiscenario doorgerekend ('soft start'). Voor het goed positioneren van de paal wordt in de eerste ca. 10 minuten met een lagere energie en frequentie geheid. In de daaropvolgende ca. 30 minuten wordt de hei-energie opgevoerd tot maximaal vermogen (= ca. 95% van het volledige vermogen van de heihamer). In deze periode vinden af en toe controles plaats waarin niet wordt geheid. Na deze 40 minuten wordt vervolgens ononderbroken op maximaal vermogen geheid. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat in beide alternatieven voor het heien van één paal maximaal 3.500 heiklappen nodig zijn. De berekeningen zijn uitgevoerd voor gemiddelde windcondities en voor windstilte (*worst case*).

Intermezzo Validatie Aquarius 1.0 model

Het hier toegepaste Aquarius 1.0 model is onlangs gevalideerd aan de hand van de resultaten van metingen verricht tijdens de aanleg van de windparken Gemini en Luchterduinen (Binnerts e.a. 2016). Daarbij zijn vergelijkingen gemaakt tussen gemeten en berekende onderwater geluidniveaus (breedband SEL₁) tot op een maximale afstand van 66 km van de heillocatie. De resultaten van de modelberekeningen lagen in het algemeen onder die van de metingen, waarbij het verschil toenam met een toenemende afstand van de paal. Deze verschillen bleken het gevolg van diverse onzekerheden in de modellering (onder andere het modelleren van de heipaals als zijnde een puntbron) en in de invoergegevens, waaronder het ontbreken van accurate informatie over de akoestische eigenschappen van het sediment bij lage frequenties (typisch beneden 200 Hz).

In het Aquarius 1.0 model wordt de heipaals als een puntbron beschreven. Het spectrum van de akoestische bronsterkte (SL_E) wordt daarbij geschat uit eerdere metingen. Zoals hierboven beschreven is daarbij gebruik gemaakt van de meetdata van het heien voor het Princes Amalia Windpark ('Q7'). Er is daarbij een schaling toegepast, met de aanname dat de energiebronsterkte recht evenredig is met de energie van de hamerklap.

Geconstateerd is dat:

- De puntbronbeschrijving leidt tot een onderschatting van het propagatieverlies ten opzichte van een lijnbron (en dus tot een overschatting van de geluidsniveaus).
- De bronsterkte hangt af van de hamerenergie maar ook van het contactoppervlak tussen paal en water (dus van paaldiameter en lengte van de paal in het water). Dat effect niet meenemen leidt tot een onderschatting van de geluidsniveaus bij grotere palen.
- Door de bodem te beschrijven als een half oneindig medium met een uniforme, frequentieonafhankelijke dichtheid, geluidsniveaus en absorptie wordt het verlies van geluidenergie in de bodem bij lage frequenties overschat (<200 Hz), dus de geluidsniveaus onderschat.
- De huidige modellering van het effect van verstoring van het wateroppervlak door wind leidt tot een overschatting van het propagatieverlies en dus tot een onderschatting van de geluidsniveaus, vooral bij lagere frequenties (<1 kHz).

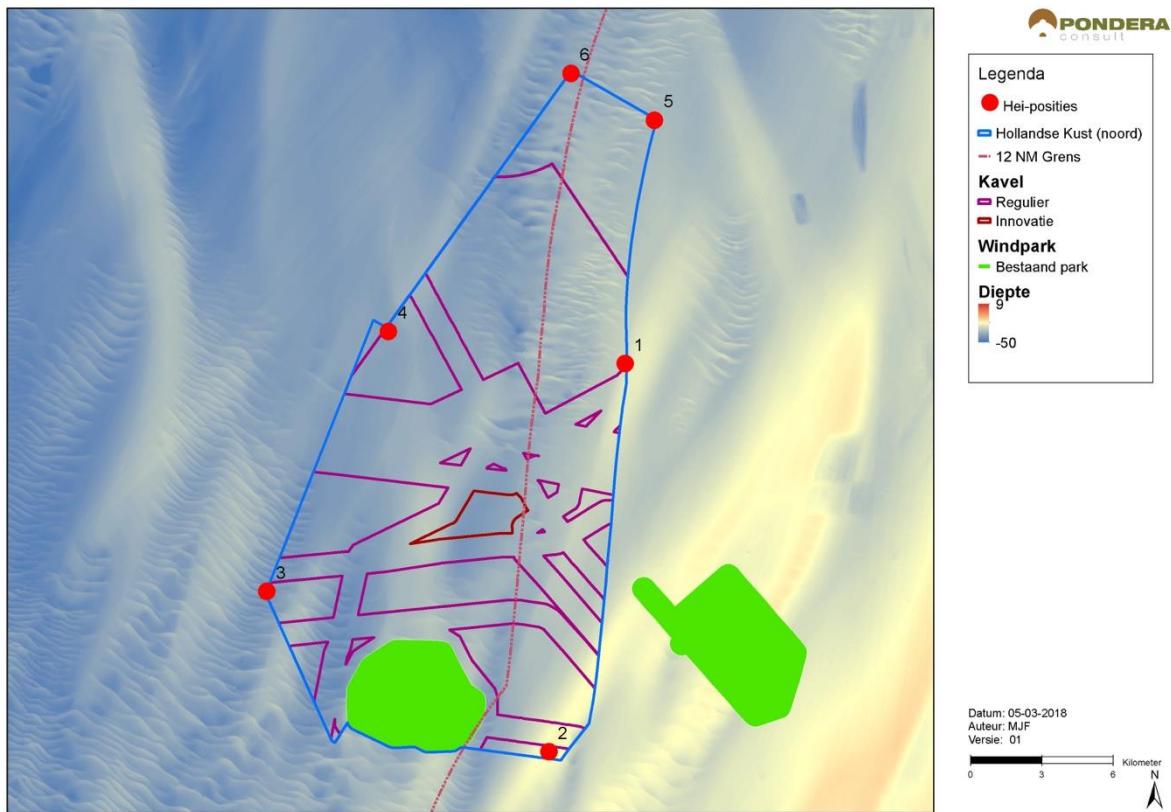
Op grond van de resultaten van de validatie is het niet mogelijk op korte termijn correcties op de uitgevoerde berekeningen voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord) aan te brengen. Dit heeft te maken met het feit dat de onnauwkeurigheden in het model door verschillende, niet geheel onafhankelijke factoren worden veroorzaakt. Hoewel de gemodelleerde onderwaterniveaus lager zijn dan in het veld, vooral op grotere afstanden, is het risico dat de daaruit volgende **effecten** op zeezoogdieren systematisch worden onderschatechter klein om de volgende redenen:

- Voor het bepalen van de effectafstanden als gevolg van heigeluid bij bruinvissen is uitgegaan van ongewogen breedband geluidsniveaus. Dit betekent dat alle frequenties worden meegenomen, ook de lagere frequenties waar bruinvissen niet of minder gevoelig voor zijn. Met de nu uitgevoerde berekeningen worden de daadwerkelijk optredende effectafstanden dus waarschijnlijk overschat. Heigeluid bevat relatief veel laagfrequent geluid en juist bij die lagere frequenties (< 1 kHz) blijkt het model het propagatieverlies te overschatten en dus de geluidsniveaus op grotere afstand te onderschatten.
- Voor het bepalen van de effectafstanden bij zeehonden is uitgegaan van M-gewogen breedband geluid, wat betekent dat vooral frequenties < ca. 100 Hz minder zwaar wegen (zie Fig. 1 Southall e.a. 2007). Daarboven worden frequenties tot ca. 10 kHz even zwaar meegewogen. Dit betekent dat alle frequenties in het heigeluid m.u.v. de zeer lage frequenties even zwaar meewegen en dat de resultaten van de modelberekeningen ook voor zeehonden conservatief zijn. Een eventuele onderschatting van de geluidsniveaus op grotere afstanden zullen daarmee naar alle waarschijnlijkheid geen grote fout in de schatting van de effectafstanden opleveren.
- Bij het bepalen van de effectafstanden voor bruinvissen en zeehonden is het gemiddelde genomen van de resultaten van de geluidberekeningen voor gemiddelde wind en voor windstille omstandigheden. Dit is dus een meer *worst case* situatie dan de gemiddelde omstandigheden.
- De bij windpark Gemini gevonden onderschatting van de geluidsniveaus bij de grotere palen en grotere waterdiepte is waarschijnlijk niet van toepassing voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord), waar de omstandigheden meer lijken op die bij het Princes Amalia Windpark en Luchterduinen.

Om een indruk te krijgen van de mogelijke invloed van paalpositie op de reikwijdte van het effect is dit voor 6 verschillende locaties in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) gedaan (Figuur 2-1). Vergeleken met het plangebied voor Borssele is de variatie in waterdiepte binnen het plangebied voor Hollandse Kust (noord) relatief beperkt, maar wel groter dan in windenergiegebied Hollandse Kust (zuid). Om de maximale bandbreedte van effecten in beeld te krijgen zijn zes posities onderzocht, waarvan er vier op de hoekpunten van het zoekgebied liggen en twee op tussenliggende posities op de lange zijden (Figuur 2-1):

- Zuidelijke hoekpunten: positie 2 op 16 m en positie 3 op 27 m diepte;
- Noordelijke hoekpunten: positie 5 en 6, beide op een diepte van 25 m;
- Tussenliggende punten: positie 1 op 18 m en positie 4 op 25 m.

Voor overige parameters, zoals de geluidssnelheid in het water en de bodem en de bodemabsorptie zijn realistische waarden gekozen (zie verder de bij deze notitie als bijlage 1 gevoegde memo van TNO).



Figuur 2-1 Paalposities van windpark Hollandse Kust (noord) waarvoor berekeningen met AQUARIUS zijn uitgevoerd

Bij de interpretatie van berekende effecten van het door heien gegenereerde onderwatergeluid op mariene organismen is verder het te hanteren heischema van belang. In deze effectbeschrijving is ervan uitgegaan dat in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) uit 95 windturbines van 8 MW of uit 76 windturbines van 10 MW op monopaal funderingen zal bestaan. Het heien van één monopaal turbinefundering zal, zo blijkt uit opgedane ervaring bij de aanleg van het windpark Luchterduinen, inclusief korte pauzes maximaal ongeveer 2 uur³ duren. Dat betekent dat er in het bouwseizoen maximaal zo'n 190 uur wordt geheid voor alternatief 1 (95 palen x 2 uur) en 152 uur voor alternatief 2 (76 palen x 2 uur). Bij de aanleg zal – als de weersomstandigheden en andere, technische of logistieke omstandigheden dat toelaten – een zo compact mogelijk heischema worden gehanteerd. Dit houdt in dat eens per etmaal een turbinefundering wordt geheid. Zo kunnen de heiwerkzaamheden onder gunstige omstandigheden in 14 weken (alternatief 1) of in 11 weken (alternatief 2) zijn afgerond. Rekening houdend met mindere weersomstandigheden en/of

³ Er kan van worden uitgegaan dat bij gebruik van tripod- of jacket-funderingen met een maximale energie van 1.000 kJ zal worden geheid. Per fundering neemt de totale duur van het heien echter toe, omdat per fundering meerdere palen worden geheid, respectievelijk 3 voor een tripod- of 4 voor een jacket-fundering. De totale heitijd per fundering zal daarmee 3 – 4,5 uur (tripods) of 4 – 6 uur bedragen (jackets) in plaats van maximaal 2 uur voor een monopaal fundering.

materiaalpech e.d. is de verwachting dat de heiwerkzaamheden binnen een periode van 7 maanden (alternatief 1) of 5 maanden kunnen worden uitgevoerd (alternatief 2). In Tabel 2-1 zijn genoemde uitgangspunten samengevat.

Tabel 2-1 Uitgangspunten voor berekeningen en effectbepaling

	Alternatief 1	Alternatief 2
Aantal turbines	95	76
Geïnstalleerd vermogen per turbine	8 MW	10 MW
Netto heitijd per monopaal fundering inclusief korte pauzes	2 uur	2 uur
Geschatte periode waarin heiwerkzaamheden plaatsvinden (min-max)	3,5 – 7 maanden	2,5 – 5 maanden

2.2 BEREKENING VAN EFFECTEN DOOR HEIEN OP BRUINVISSEN EN ZEEHONDEN

2.2.1 Relevante effectparameters

De berekening van de geluidsverspreiding heeft als doel in te kunnen schatten hoeveel bruinvissen en zeehonden effecten kunnen ondervinden van de geluidbelasting tijdens het heien. Deze effecten kunnen zich manifesteren in de vorm van een gedragsrespons, zoals een versnelde ademhaling en wegzwemmen van de geluidsbron of in de vorm van een – fysiologisch – effect op het gehoor waardoor de dieren als gevolg van een langere blootstelling aan verhoogde geluidsniveaus tijdelijk (TTS: tijdelijke verhoging van de gehoordrempel) of permanent (PTS: permanente verhoging van de gehoordrempel) minder goed kunnen horen. Op grond van de resultaten van eerdere, voor ‘Ronde 2’ windparken uitgevoerde berekeningen is geconcludeerd dat **effecten op het gedrag maatgevend** zijn voor mogelijke effecten op populaties. Dit heeft onder andere te maken met het feit dat het gebied waarin bruinvissen en zeehonden TTS en PTS kunnen oplopen veel kleiner is dan het gebied waarbinnen gedragseffecten kunnen optreden. Bovendien treedt, mits PTS wordt voorkomen door het toepassen van mitigatie, bij alle mogelijk beïnvloede dieren volledig herstel van het gehoor op (bij verreweg de meeste binnen enkele uren na verlaten van het beïnvloedingsgebied of na afloop van het heien). Zie verder de uit Heinis e.a. (2015) overgenomen argumentatie in het Intermezzo Relevante parameters voor effecten heigeluid op populaties.

Hoewel het gebied waarbinnen dieren **PTS** kunnen oplopen veel kleiner is dan het TTS-gebied, is het van belang te berekenen wat de omvang van het gebied onder *worst case* omstandigheden kan zijn. PTS-effecten kunnen namelijk direct doorwerken naar de populatie, omdat niet is uit te sluiten dat dieren met PTS dermate in hun normale functioneren worden gehinderd dat zij voortijdig zullen sterven. Er moet daarom aannemelijk worden gemaakt dat de kans dat dergelijke permanente effecten optreden verwaarloosbaar is of, als dat niet zo is, dat deze door het nemen van mitigerende maatregelen kunnen worden voorkomen.

Intermezzo Relevante parameters voor berekenen effecten heigeluid op populaties

Er is van uitgegaan dat effecten op het gedrag (verstoring) maatgevend zijn voor de effecten op populaties.

Effecten van TTS zullen niet of verwaarloosbaar doorwerken naar populaties, omdat:

- De voor eerdere passende beoordelingen berekende TTS-onset contouren veel kleiner zijn dan de maximale verstoringscontouren, wat betekent dat het aantal bruinvissen waarvan het gehoor tijdelijk minder gevoelig zal zijn, ook kleiner is dan het aantal verstoorde bruinvissen.
- Mits mitigatie wordt toegepast, waarmee PTS wordt voorkomen (zie hierna) bij alle mogelijk beïnvloede bruinvissen volledig herstel van hun gehoor optreedt. De mate van TTS die de dieren oplopen, hangt af van de locatie waarop zij zich bevinden bij de start van de heiwerkzaamheden: hoe dichterbij de geluidsbron hoe groter de TTS (en hoe langer het duurt voordat de TTS is hersteld). Het aantal dieren dat zich binnen een contour met relatief hoge geluidsniveaus bevindt, is echter beperkt vanwege het feit dat de oppervlakte binnen een bepaalde geluidscontour kwadratisch toeneemt met de afstand. Bij verreweg de meeste dieren treedt daarom herstel op binnen enkele uren na verlaten van het beïnvloedingsgebied of na afloop van het heien. Ter illustratie: binnen het hele oppervlak van waarbinnen bruinvissen TTS kunnen oplopen, is dat voor slechts de helft van de dieren binnen dat oppervlak gedurende meer dan een uur (afgeleid uit berekeningen van TNO, zie tabel 6 in de bijlage).
- De effectafstanden voor TTS in werkelijkheid waarschijnlijk veel kleiner zijn tot nu toe berekend. De gehanteerde drempelwaarde voor 'TTS-onset' voor bruinvissen is namelijk gebaseerd op resultaten van een experimentele blootstelling van bruinvissen aan een airgun door Lucke et al. (2009). Het betreft de geluidsdosis (SEL_{cum}) waarbij een tijdelijke verhoging van de gehoordrempel van 6 dB is gemeten (dat betekent dus dat het gehoor 6 dB minder gevoelig is). Uit de resultaten van recent onderzoek van SEAMARCO blijkt echter dat met nagespeeld heigeluid een geringe TTS van 2,3 – 4 dB bij bruinvissen pas kan worden aangetoond bij een SEL_{cum} van 180 dB re 1 μPa^2s [Kastelein et al, 2014]. Deze waarde ligt aanzienlijk hoger dan de drempelwaarde van SEL_{cum} van 164 dB re 1 μPa^2s waarvan in de berekeningen is uitgegaan.
- De frequenties waarbij in bruinvissen TTS na blootstelling aan heigeluid kan optreden, niet in het frequentiegebied liggen dat van belang is voor het vinden van voedsel via echolocatie. Bij een aan nagespeeld heigeluid blootgestelde bruinvis blijkt de verhoging zich namelijk te beperken tot een relatief smalle band van lage frequenties [Kastelein et al, 2014]. Een statistisch significante TTS kon alleen bij frequenties van 4 kHz en 8 kHz worden aangetoond, maar bij de gemeten frequenties daarboven (16 kHz en 125 kHz, de echolocatie frequentie) en daaronder (2 kHz) niet. Opvallend is dat bij frequenties waarin zich de meeste geluidsenergie van het aangeboden heigeluid bevindt, te weten de 600 – 800 Hz frequentieband, geen TTS optreedt. Deze waarnemingen zijn van belang bij de beoordeling van de ecologische relevantie van een voorspelde gehoordrempelverschuiving. Een (tijdelijke) gehoordrempelverschuiving in het laagfrequentie deel van het gehoorspectrum is voor bruinvissen voor het foerageren waarschijnlijk veel minder relevant dan in het hoogfrequentie deel. Hoogfrequente geluiden van rond 125 kHz en de hoorbaarheid daarvan zijn voor deze soort namelijk van essentieel belang bij het vinden van prooi (echolocatie).

Met betrekking tot de mogelijke effecten van PTS is ervan uitgegaan dat deze effecten door het nemen van mitigerende maatregelen zullen worden voorkomen. Uit de voor verschillende windparken uitgevoerde berekeningen blijkt dat de afstand waarbinnen bruinvissen PTS zouden kunnen oplopen relatief klein is. Dit betekent dat het effect waarschijnlijk kan worden voorkomen door met een 'soft start' te heien en een 'acoustic deterrent device' (ADD)⁴ in te zetten. Hiermee kunnen bruinvissen tot op een afstand die groter is dan de PTS-contour worden verjaagd. De PTS-afstanden zullen verder afnemen door de toepassing van de, naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm.

2.2.2 Drempelwaarden

Drempelwaarden voor het optreden van een significante gedragsrespons en PTS zijn zo veel mogelijk afgeleid uit recente 'peer reviewed' literatuur. Tabel 2-1 bevat een overzicht van de criteria die bij het bepalen van effecten op bruinvissen en zeehonden van belang zijn met de bijbehorende waarden. Daarbij is ervan uitgegaan dat de geluidsenergie van een enkele (maximale) heiklap bepaalt of er een significante gedragsverandering optreedt (verstoring). Voor effecten op het gehoor (PTS) gaat het om de totale geluidsdosis, i.e. de 'optelsom' van meerdere geluidspulsen, waaraan dieren tijdens het heien van één paal zijn blootgesteld (cumulatieve SEL). Voor de

⁴ Omdat ADD's geluid in een ander frequentiegebied produceren dan heigeluid is de kans op cumulatieve effecten op het gehoor verwaarloosbaar.

argumentatie bij de in de tabel opgenomen waarden wordt verwezen naar het in hoofdstuk 2 van Heinis e.a. (2015) opgenomen Intermezzo Drempelwaarden voor effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren.

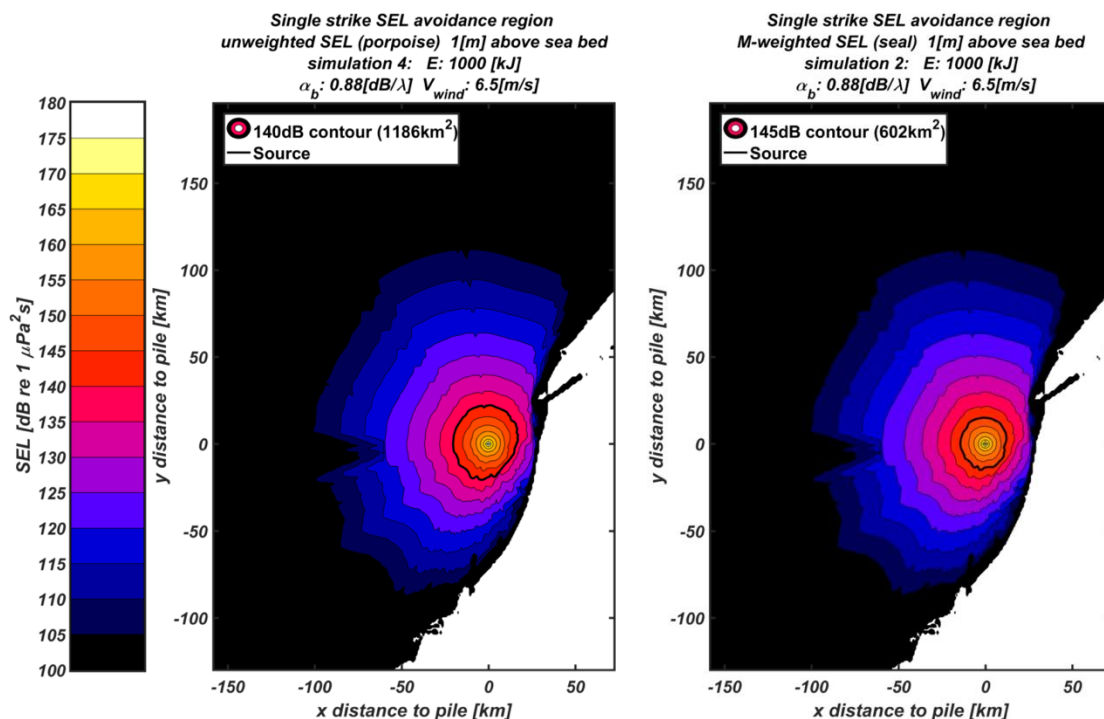
Tabel 2-2: Drempelwaarden voor het inschatten van effecten op bruinvissen en zeehonden. SEL_1 = geluidsdosis als gevolg van een enkele heiklap; SEL_{CUM} = geluidsdosis door een zwemmend dier ontvangen als gevolg van het heien van de gehele paal; $SEL_{1/CUM,w}$ = M-gewogen SEL voor zeehonden in water (zie Southall et al. 2007)

Soort	type effect	waarde	bron
Bruinvis	Gedragsrespons (verstoring)*	$SEL_1 > 140$ dB re 1 $\mu Pa^2 s$	Heinis, de Jong & Werkgroep onderwatergeluid, (2015)
	PTS-onset	$SEL_{CUM} > 179$ dB re 1 $\mu Pa^2 s$	TTS-onset uit Lucke e.a. (2009) + 15 dB
Zeehonden	Gedragsrespons (verstoring)*	$SEL_{1,w} > 145$ dB re 1 $\mu Pa^2 s$	SEAMARCO 2011
	PTS-onset	$SEL_{CUM,w} > 186$ dB re 1 $\mu Pa^2 s$	Southall e.a. (2007)

* Gedrag met een score van 5 of hoger op de gedragsrepons-schaal van Southall e.a. (2007). Dit betreft gedragingen als veranderingen in zwemgedrag en ademhaling, mijden van een bepaald gebied en veranderingen in roep- of klikgedrag (t.b.v. communicatie of foerageren).

2.2.3 Toepassen drempelwaarden bij bepalen van oppervlakten beïnvloed gebied

De effecten van heigeluid op het gedrag zijn berekend aan de hand van de met AQUARIUS gegenereerde onderwatergeluidkaarten, waarin de verdeling van de ruimtelijke geluidsimmissies als gevolg van een enkele heiklap is weergegeven (SEL_1). Vervolgens is voor bruinvissen en zeehonden bepaald op welke afstand van de heilocatie de drempelwaarden voor de significante **gedragsrespons** (verstoring) worden overschreden. Dit leidt tot een contour met een soms grillige vorm, wat vooral het gevolg is van variaties in de waterdiepte (zie Figuur 2-2).



Figuur 2-2 Berekende verdeling van SEL_1 op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 4. Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie is weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvissen (links) en zeehonden (rechts). Het grijze gebied toont de Nederlandse kust.

Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van bruinvissen en zeehonden is één *worst case* situatie doorgerekend. Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het plangebied voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord) voorkomende diepte van 27 m wordt geheid en dat deze diepte constant is in het gehele gebied waarbinnen het geluid tot een **permanente verhoging van de gehoordrempel** (PTS) bij bruinvissen en zeehonden zou kunnen leiden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor situaties met en zonder toepassen van een (maximale) geluidsnorm ($SEL_1 = 160$ dB re $1 \mu Pa^2 s$ op 750 m). De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

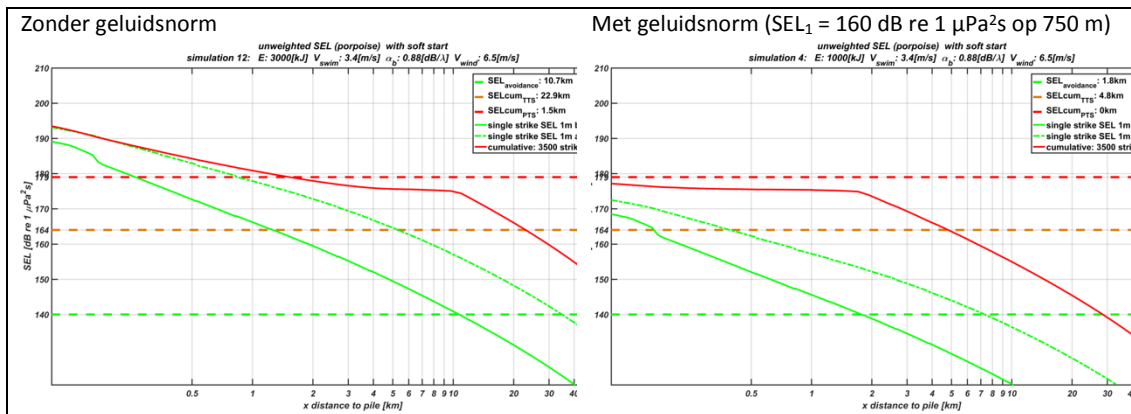
- Er wordt geheid volgens een realistisch 'soft start' scenario (zie § 2.1 en bijlage 1) met en zonder een geluidsnorm ($SEL_1 = 160$ dB re $1 \mu Pa^2 s$ op 750 m);
- Voor de door bruinvissen en zeehonden ontvangen geluidsdoses als gevolg van het heien van een hele paal (SEL_{cum}) is uitgegaan van de resultaten van modelberekeningen met het door TNO ontwikkelde propagatiemodel AQUARIUS; de berekeningen zijn uitgevoerd voor windsnelheden van 0 m/s en 6,5 m/s (gemiddelde windcondities) en realistische schattingen van overige omgevingsparameters;
- Voor de berekening van de oppervlakten waarbij PTS kan optreden, is uitgegaan van een cirkel (πr^2) bij een uniforme waterdiepte van 27 m (maximale waterdiepte in het plangebied). In werkelijkheid zullen de oppervlakten kleiner zijn i.v.m. ondieper water richting kustzone.
- Dieren die zich bij aanvang van de heiwerkzaamheden binnen de contour bevinden waar de drempelwaarde voor verstoring wordt overschreden, bevinden zich bij de bodem en zwemmen na twee klappen naar het wateroppervlak, om het gebied vervolgens te verlaten door in een rechte lijn van de geluidsbron weg te zwemmen. Voor de bruinvis is uitgegaan van een zwemsnelheid van $3,4 \text{ m/s}^5$ en voor zeehonden van $4,9 \text{ m/s}$. Deze waarden zijn aan de hand van diverse bronnen vastgesteld in de eerdergenoemde Werkgroep Onderwatergeluid.

Onderstaande figuren bevatten de resultaten van de berekeningen voor de situatie met gemiddelde windsnelheid en een hei-energie van 3.000 kJ voor bruinvissen (Figuur 2-3) en zeehonden (Figuur 2-4). De figuren geven de berekende verdeling van de SEL_1 op een diepte van 1 m onder de waterspiegel (groene doorgetrokken curve) en op 1 m boven de zeebodem (groene gestippelde curve). De SEL_{cum} waaraan het dier wordt blootgesteld gedurende het complete heiscenario voor één windturbinefundatie bij een hei-energie van 3.000 kJ en gemiddelde windcondities wordt weergegeven door de rode doorgetrokken lijn). Op de x-as staat de afstand tot de paal waarop een dier zich bij aanvang van het heien op 1 m van de waterbodem bevindt (*worst case* uitgangspositie). De horizontale lijnen tonen de niveaus van de drempelwaarden voor een significante gedragsrespons (groen) en PTS-onset (rood) voor bruinvissen (zie ook Tabel 2-2). Het snijpunt van de rode lijn met de rode stippellijn geeft de 'PTS-afstand'.

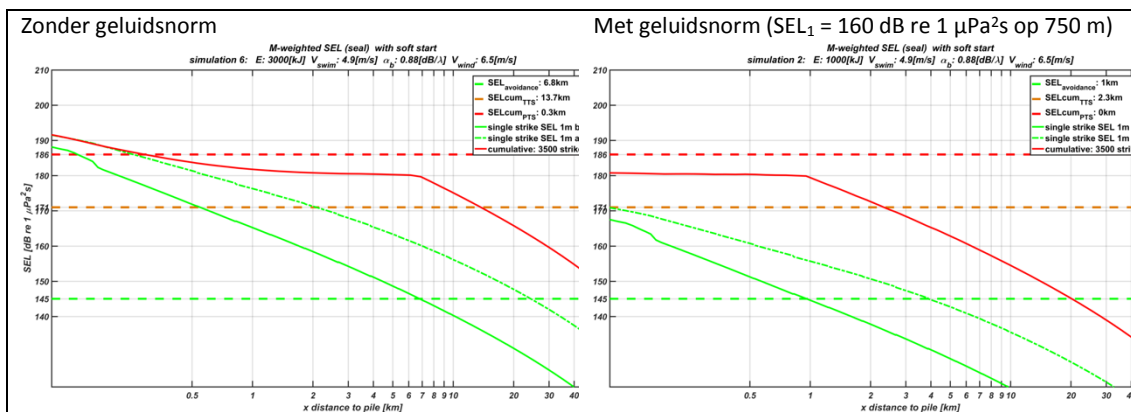
Uit de figuren kan worden afgelezen dat bij gemiddelde windsnelheid en een hei-energie van 3.000 kJ bij bruinvissen PTS kan optreden als zij zich bij aanvang van heien zonder toepassen van een geluidsnorm binnen 1,5 km van de heilocatie bevinden. Voor zeehonden bedraagt deze afstand 0,3

⁵ Uit recent onderzoek van SEAMARCO blijkt dat de zwemsnelheid van $3,4 \text{ m/s}$ van bruinvissen waarschijnlijk is overscharen. In een bassin bleek de zwemsnelheid van bruinvissen tijdens een blootstelling aan nagespeeld heigeluid ca. $2,0 \text{ m/s}$ te bedragen (Kastelein et al. 2018). Dit betekent dat de lijnen in Fig. 2-3 in werkelijkheid mogelijk iets minder steil lopen en de effectafstand dus iets groter is.

km. Als een (streng) geluidsnorm van $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ wordt toegepast zal bij deze soorten geen PTS optreden.



Figuur 2-3 Berekende verdeling van de SEL_1 op een diepte van 1 m onder de waterspiegel (groene doorgetrokken curve) en op 1 m boven de zeebodem (groene gestippelde curve) en de SEL_{CUM} waaraan een bruinvis wordt blootgesteld gedurende het complete heiscenario voor één windturbinefundatie bij een heienergie van 3.000 kJ en gemiddelde windcondities (rode doorgetrokken lijn), als functie van de afstand tot de paal waarop een dier zich bij aanvang van het heien op 1 m van de waterbodem bevindt (*worst case* uitgangspositie). De horizontale lijnen tonen de niveaus van de drempelwaarden voor een significante gedragsrespons (groen) en PTS-onset (rood) voor bruinvissen (zie ook Tabel 2-2). Het snijpunt van de rode lijn met de rode stippellijn geeft de 'PTS-afstand'. Deze bedraagt ca. 1,5 km als geen geluidsnorm wordt toegepast. Als wel een (streng) geluidsnorm wordt toegepast, treedt geen PTS op.



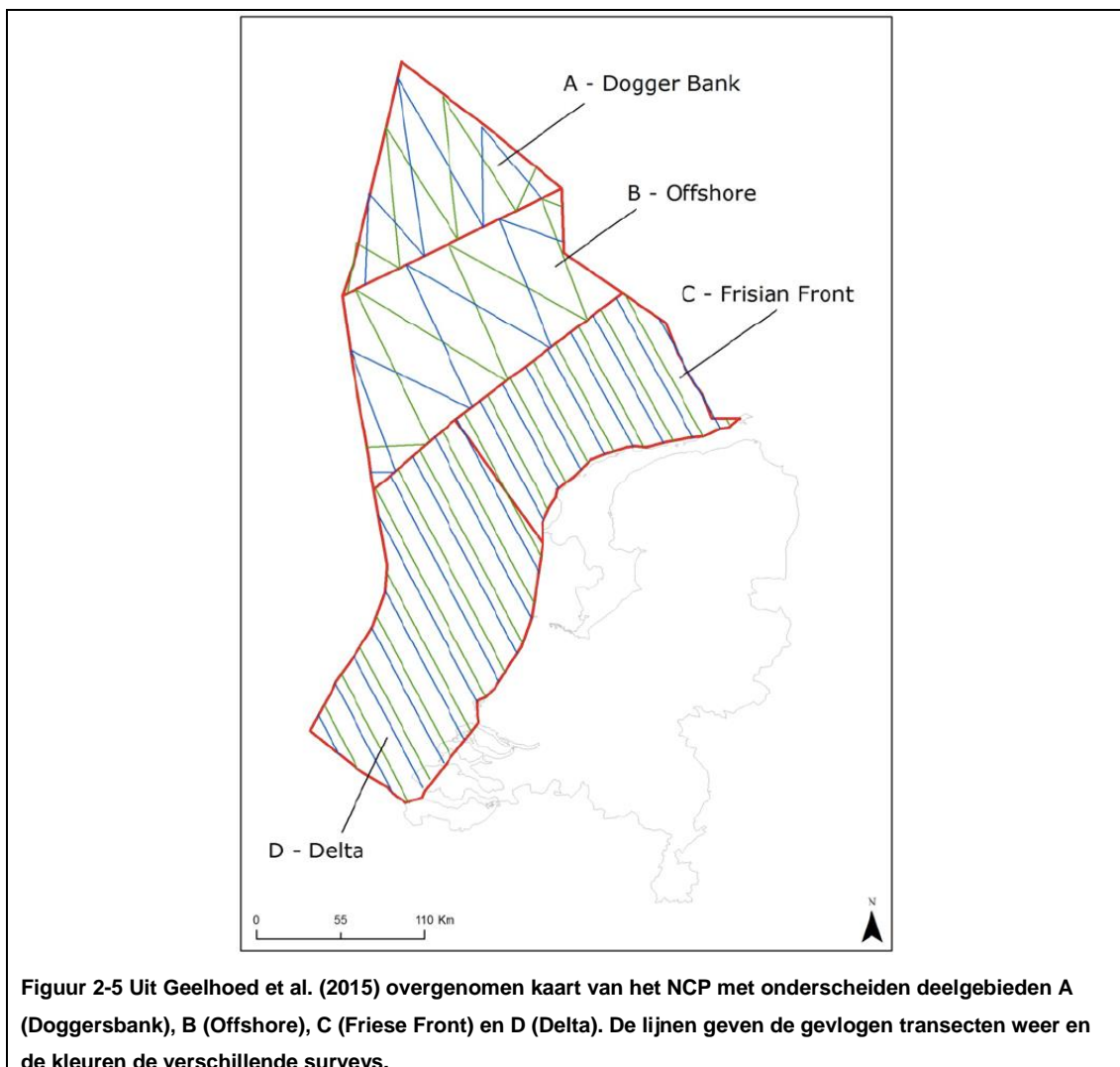
Figuur 2-4 Als Figuur 2-3 voor zeehonden. Als geen geluidsnorm wordt toegepast, bedraagt de 'PTS-afstand' 0,3 km. Als wel een (streng) geluidsnorm wordt toegepast, treedt geen PTS op.

2.2.4 Berekenen van het aantal verstoorde dieren

Bij het berekenen van het aantal door heigeluid beïnvloede dieren is ervan uitgegaan dat dit alle dieren betreft die aanwezig zijn binnen de contour waar de drempelwaarde voor verstoring in de onderste helft van de waterkolom wordt overschreden (*worst case*). Met de lagere geluidniveaus nabij het wateroppervlak (hoger in de waterkolom treedt meer uitdoving op dan dieper in de waterkolom) wordt bij de schatting van effectafstanden geen rekening gehouden, in de veronderstelling dat zeezoogdieren in hun normale (foerageer)gedrag worden verstoord als ze niet van de hele waterkolom gebruik kunnen maken. Daarnaast is ervan uitgegaan dat de verstoring voor alle dieren die zich bij aanvang van de geluidproductie binnen deze contour bevinden even lang duurt. Dit betekent dus dat een dier dat zich bij de start van het heien dichtbij de geluidsbron bevindt net zo lang verstoord blijft als een dier dat zich veel verder bevindt. Er zijn uit Duits en Deens veldonderzoek bij de bouw van windparken aanwijzingen dat deze aannames sterke

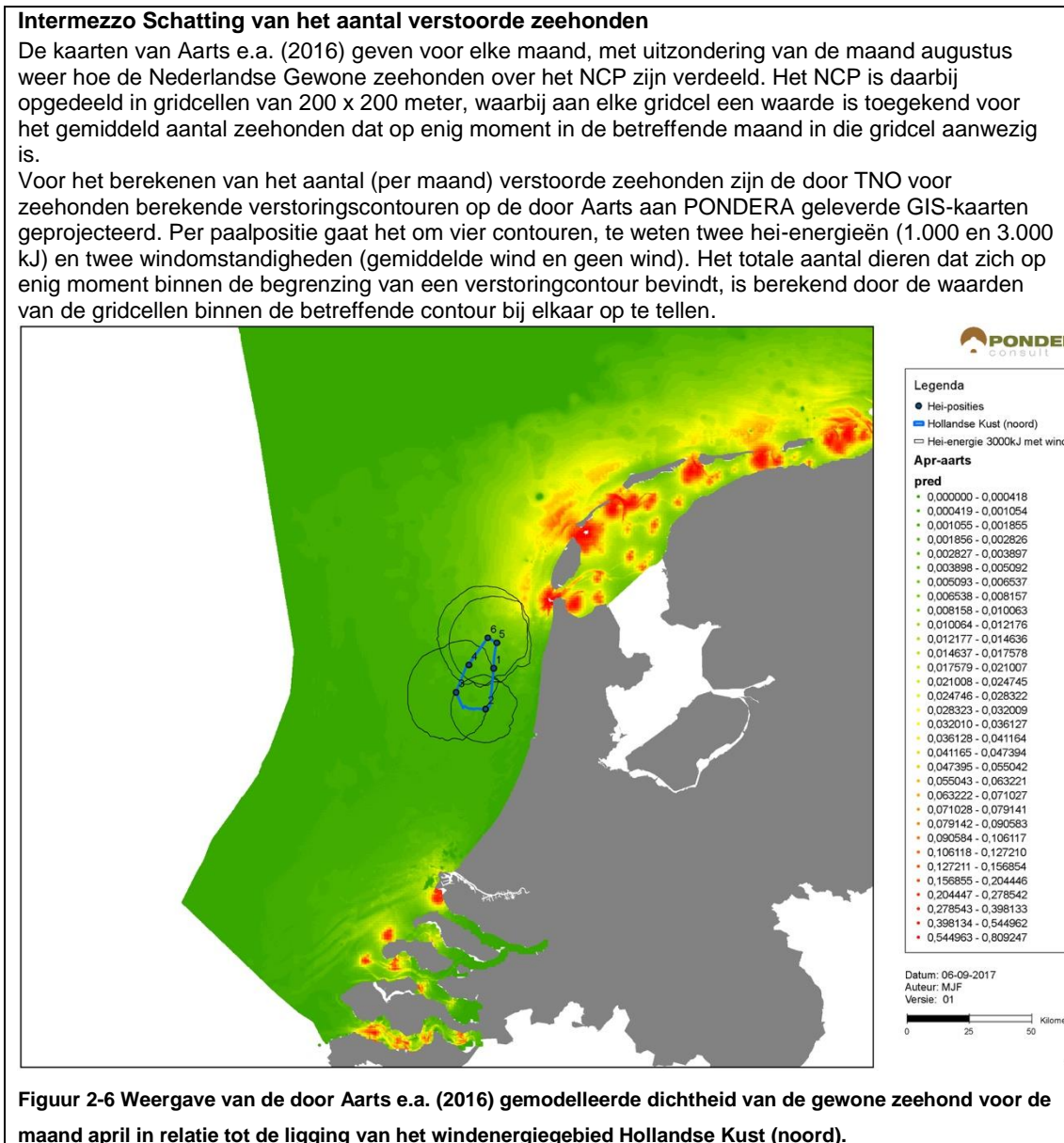
simplificaties van de werkelijkheid zijn (zie overzicht in Heinis e.a., 2015). Vooral nog is het echter niet mogelijk om op basis van deze waarnemingen meer realistische aannames te doen.

Voor **bruinvissen** is voor elk van de paalposities het aantal door heigeluid verstoorde dieren berekend door het, over de twee berekende windcondities gemiddelde verstoringsoppervlak te vermenigvuldigen met de gemiddelde bruinvisdichtheid voor de tijd van het jaar waarin de verstoring plaatsvindt. Bij de berekening is uitgegaan van de resultaten van vliegtuigtellingen die zijn gerapporteerd door Geelhoed et al. (2011, 2014, 2015). Daarbij is voor de dichtheid in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) uitgegaan van de geschatte gemiddelde dichtheid in deelgebied D (zie Figuur 2-5). Deze bedragen respectievelijk 1,174 individuen per km² voor de periode januari – mei, 0,65 individuen per km² voor de periode juni – augustus en 0,398 voor de periode september – december. Rond de schattingen ligt een bandbreedte van $\pm 50\%$ rond het gemiddelde. Volgens Geelhoed et al. (2011) geven de schattingen een realistisch beeld van de (variatie) in dichtheden van bruinvissen in laatste jaren. Uit figuur 3.9.3 in Arts (2012) blijkt dat de gemiddelde dichtheid van bruinvissen op het NCP in de periode 2005 – 2011 min of meer is gestabiliseerd, na een sterke trendmatige toename in de periode ervoor.



Voor het schatten van het aantal, bij aanvang van de hei-activiteit verstoorde **zeehonden** op het NCP is uitgegaan van de kaarten van Aarts e.a. (2016) waarin voor elke maand, met uitzondering van de maand augustus de dichtheid van de Nederlandse gewone zeehonden is gemodelleerd. In

Figuur 2-6 is als voorbeeld de kaart van de maand april weergegeven. De kleuren in de kaart geven de dichtheid per km² weer (zie Intermezzo Schatting van aantal verstoorde zeehonden voor procedure).



2.2.5 Bepalen van populatie-effecten

Voor de bepaling van de effecten van heigeluid op de populaties van zeezoogdieren is voor de 'Ronde 3' windparken, waaronder die binnen windenergiegebied Hollandse Kust (noord) voortgeborduurd op de aanpak die in 2013 is ontwikkeld. In feite is de toen ontwikkelde, op enkele onderdelen getalsmatige aangepaste redeneerlijn aangevuld met een 'populatiemodule' waarmee cumulatieve effecten van impulsief geluid beter kunnen worden gekwantificeerd. Bij het bepalen van de mogelijke doorwerking van effecten van heigeluid op zeezoogdieren is ervan uitgegaan dat de effecten op het gedrag daarvoor maatgevend zijn en dat door het nemen van mitigerende maatregelen (toepassen geluidsnorm en/of Acoustic Deterrent Devices) wordt voorkomen dat permanente effecten op het gehoor optreden (PTS).

Voor **bruinvissen** is ervoor gekozen gebruik te maken van het Interim PCoD model van SMRU Marine (Harwood et al. 2013). De benaderingswijze die aan dit model ten grondslag ligt, wordt internationaal gebruikt (NRC, 2005; New et al. 2014) wat betekent dat niet alleen de werkwijze, maar ook de verkregen uitkomsten internationaal vergelijkbaar zijn. Bovendien is het Interim PCoD model het enige, op dit moment operationele instrument om effecten op populaties te kwantificeren⁶. In het Interim PCoD model wordt een kwantitatieve relatie gelegd tussen gedragsverandering en factoren als overlevingskans en reproductiesucces (*vital rates*). De relatie is afgeleid door het raadplegen van deskundigen volgens een formeel *expert elicitation* proces, aangezien voor veel soorten meetgegevens voor het draaien van een 'full' PCoD model cf. New et al. (2014) ontbreken. Daarbij zijn diverse technieken toegepast om de meningen van experts onafhankelijk te wegen en een numeriek schatting van de onzekerheid in de relatie te kunnen geven (zie Heinis & de Jong (2015) voor een algemene beschrijving en Harwood et al. 2014 voor details).

Onder regie van de Werkgroep Onderwatergeluid is de gevoeligheid van het Interim PCoD model voor variaties in diverse factoren onderzocht. Voor de resultaten daarvan wordt verwezen naar Heinis & de Jong (2015). De uitkomsten laten zien dat er een verband bestaat tussen het aantal bruinvisverstoringsdagen en de reductie van de bruinvispopulatie op de Noordzee. De volgende benaderingsformule geeft het verband weer als van een 95% zekerheid wordt uitgegaan (= 5% kans dat de berekende populatiereductie groter is):

$$Populatiereductie = \left(\left(\frac{1}{11,03 * bvdd} \right)^3 + \left(\frac{1}{0,8 * vulpop} \right)^3 \right)^{-\frac{1}{3}}$$

De populatiereductie is uitgedrukt in het aantal individuen, *bvdd* is het aantal bruinvisverstoringsdagen en *vulpop* is het aantal individuen in de *vulnerable subpopulation*, i.e. dat deel van de populatie waarvan wordt verondersteld dat het in het door heigeluid gebied kan voorkomen. Voor de Nederlandse en Belgische parken is uitgegaan van het aantal bruinvissen in deelgebied D uit Figuur 2-5 (ca. 30.000 dieren, zie ook Heinis e.a. 2015).

Het totale aantal **bruinvisverstoringsdagen** is berekend door het aantal mogelijk verstoorde dieren per dag te vermenigvuldigen met het aantal **verstoringsdagen**. In principe wordt er in het PCoD model van uitgegaan dat elke (impuls)dag waarop wordt geheid (ongeacht de heiduur) als één verstoringsdag telt. Dit is een pragmatische keuze. Uit de nu bekende informatie over de duur van de verstoring komt namelijk nog geen eenduidig beeld naar voren. Het **aantal mogelijk verstoorde bruinvissen per dag** wordt berekend door het berekende verstoringsoppervlak te vermenigvuldigen met een schatting van de dichtheid van de onverstoorde populatie rond het berekende verstoringsoppervlak. Voor de meest actuele dichtheidsschatting van bruinvissen is gebruik gemaakt van de door Geelhoed e.a. (2011, 2014, 2015) gerapporteerde resultaten van vliegtuigtellingen.

⁶ Een ander model, DEPONS (Disturbance Effects on the harbour POrpoise population in the North Sea), is in ontwikkeling (Van Beest e.a., 2015, Nabe-Nielsen e.a., 2014). Een eerste versie voor algemene toepassing is april 2017 beschikbaar gekomen en is te downloaden via depons.au.dk.

Voor **zeehonden** zijn eventuele cumulatieve effecten van impulsief geluid op de populatie nog niet gekwantificeerd, vooral als gevolg van de beperkte tijd die voor de werkzaamheden van de Werkgroep Onderwatergeluid in 2014 beschikbaar was. De *focus* van het onderzoek is op de bruinvis gelegd, omdat werd ingeschat dat de kans dat de populatie van deze soort cumulatieve effecten van impulsief geluid ondervindt groter is dan de kans dat dat bij zeehonden gebeurt. Bruinvissen reageren namelijk gevoeliger op geluid én hebben een grotere kans aan impulsief geluid door heien te worden blootgesteld dan zeehonden. Op de locaties waar de activiteiten zijn gepland is de gemiddelde dichtheid van bruinvissen namelijk veel groter dan die van de twee, vooral in kustwateren voorkomende zeehondensoorten.

De motivatie om in het geval van bruinvissen te kiezen voor het Interim PCoD model is dat gegevens ontbreken over beweging en gedrag van individuen in de ruimte en tijd. Voor zeehonden zijn dergelijke data wel beschikbaar en zou de energetische consequentie van een interruptie in foerageermogelijkheden op basis van de locatie- en duikdata in principe kunnen worden berekend (e.g. New et al. 2014, Costa 2012). Een, op de berekening van cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehondenpopulaties toegespitst model waarin van deze gegevens gebruik is gemaakt, is echter niet op korte termijn beschikbaar. Voor zeehonden is daarom uitgegaan van de in 2013 ontwikkelde, op onderdelen iets aangepaste en in eerdere effectbeschrijvingen gebruikte redeneerlijn voor het bepalen van effecten op populaties (zie Heinis e.a. 2015). Bij de berekening van de mogelijke effecten op Gewone zeehonden is gebruik gemaakt van een in 2016 geactualiseerde verspreidingskaart (zie § 2.2.4).

2.3 BEOORDELING VAN EFFECTEN

In 2015 is door de Nederlandse overheid het 'Kader Ecologie en Cumulatie' (KEC) gepubliceerd. Het bestaat uit een algemene Methodebeschrijving (deelrapport A) en drie Bijlagerapporten (Beschrijving en beoordeling van cumulatieve effecten bij uitvoering van de Routekaart Windenergie op Zee, Imares onderzoek Cumulatieve effecten Vogels en Vleermuizen, TNO/HWE-onderzoek Cumulatieve effecten zeezoogdieren). Het KEC reikt een methode aan om voor relevante soortgroepen de cumulatieve effecten van Windenergie op Zee te bepalen en te beoordelen. De effecten worden getoetst aan de biogeografische populatie, zodat een beeld wordt verkregen van het effect op de staat van instandhouding van de betreffende soorten. Eventueel te constateren significante gevolgen op populatieniveau van de Nederlandse Noordzee zijn naar rato om te slaan naar de betreffende Natura 2000-gebieden. Uit eerdere, voor het windenergiegebied Borssele uitgevoerde berekeningen bleek dat significante gevolgen op de bruinvispopulatie niet konden worden uitgesloten (Grontmij & Pondera, 2015). Daarom zijn in 2015 berekeningen door TNO uitgevoerd op grond waarvan het effect van het toepassen van verschillende geluidsnormen op de bruinvispopulatie kon worden bepaald.

Uit onderzoek blijkt dat van de groep zeezoogdieren in de context van de zuidelijke Noordzee de bruinvispopulatie het meest gevoelig is voor verstoring door het aan windparken gerelateerde onderwatergeluid. Dit komt vooral doordat de dichtheid van deze soort op de locaties waar activiteiten zijn gepland ten opzichte van de andere relevante soorten (m.n. zeehonden) het hoogst zijn. Daarnaast reageren individuele bruinvissen gevoeliger op onderwatergeluid dan zeehonden. Om deze redenen wordt verondersteld dat wanneer de bruinvis voldoende beschermd wordt, er ook voldoende bescherming wordt geboden aan de overige soorten zeezoogdieren en is de methode vooral gericht op het bepalen van effecten op de bruinvispopulatie.

Voor het kunnen toetsen van de gevolgen van onderwatergeluid is met name de vraag relevant of hiermee de staat van instandhouding van bruinvissen in het geding komt. Recente berekeningen (Scheidat e.a. 2013) laten zien dat volgens de methode van PBR de acceptabele grens voor het NCP ligt op 272 dieren/jaar voor alle activiteiten. Dit is echter de directe sterfte en hierin is geen rekening gehouden met het mogelijke effect van verminderde reproductie. Daarom wordt voor acceptabele grenzen aan effecten op zeezoogdieren vooral gekeken naar het ASCOBANS-verdrag (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans in the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas). Het interim doel van ASCOBANS voor bruinvissen is om de populatie op minimaal 80% van de draagkracht te houden. Wat deze populatieomvang is, is niet nader gedefinieerd. Daarom wordt voorsnog uitgegaan van de omvang van de huidige populatie, die op het Nederlandse deel van de Noordzee volgens Scheidat en gebaseerd op Geelhoed e.a. (2011 en 2014) in de periode 2010 t/m 2014 uit gemiddeld 51.000 dieren bestond.

Mede op grond van het tussentijdse advies van de commissie MER op het concept MER voor de kavels I en II van het Borssele windpark is besloten om van een acceptabele grens van een hoger percentage dan 80% van de huidige populatie uit te gaan, zolang er sprake is van een matig ongunstige staat van instandhouding (Camphuysen & Siemensma, 2011). Uitgangspunt bij de toetsing van de effecten op de bruinvispopulatie is dat met grote zekerheid (95%) moet kunnen worden vastgesteld dat de huidige bruinvispopulatie als gevolg van de aanleg van de 10 offshore windparken van het SER-akkoord met niet meer dan 5% afneemt. Dit betekent dat de berekende populatieafname per windpark/kavel niet meer dan **255** dieren mag bedragen ($0,05 \times 51.000 / 10$). De totale reductie komt daarmee neer op 2.550 dieren, die als gevolg van de aanleg van het SER-akkoord (windenergie op zee) maximaal over een periode van 5 jaar mag optreden. Voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord) is de kavelindeling nog niet vastgesteld. De berekeningen zijn daarom niet uitgevoerd voor twee afzonderlijke kavels, zoals bij de windenergiegebieden Borssele en Hollandse Kust (zuid), maar voor het hele windenergiegebied, i.e. een maximaal toelaatbare populatieafname van 510 dieren.

3 Effecten van aanleg windenergiegebied Hollandse Kust (noord)

3.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de mogelijke effecten van heigeluid voor de aanleg van het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in twee alternatieve opstellingen. Er zijn voor zes, in waterdiepte, afstand tot de kust en afstand tot Natura 2000-gebieden verschillende locaties berekeningen uitgevoerd (zie Figuur 2-1 voor locaties). De paalposities en alternatieven zijn zo gekozen dat de weergegeven resultaten de maximale bandbreedte weergeven van mogelijke effecten van de aanleg van windturbines in dit gebied. De mogelijke effecten op de populaties van bruinvissen en zeehonden worden in § 3.2 beschreven. De toetsing van de effecten aan de Natura 2000-doelstellingen van relevante Natura 2000-gebieden is opgenomen in § 3.3, waarna in § 3.4 wordt getoetst aan de bepalingen voor beschermde soorten in de Natuurbeschermingswet.

3.2 EFFECTEN OP POPULATIES VAN ZEEZOOGDIEREN

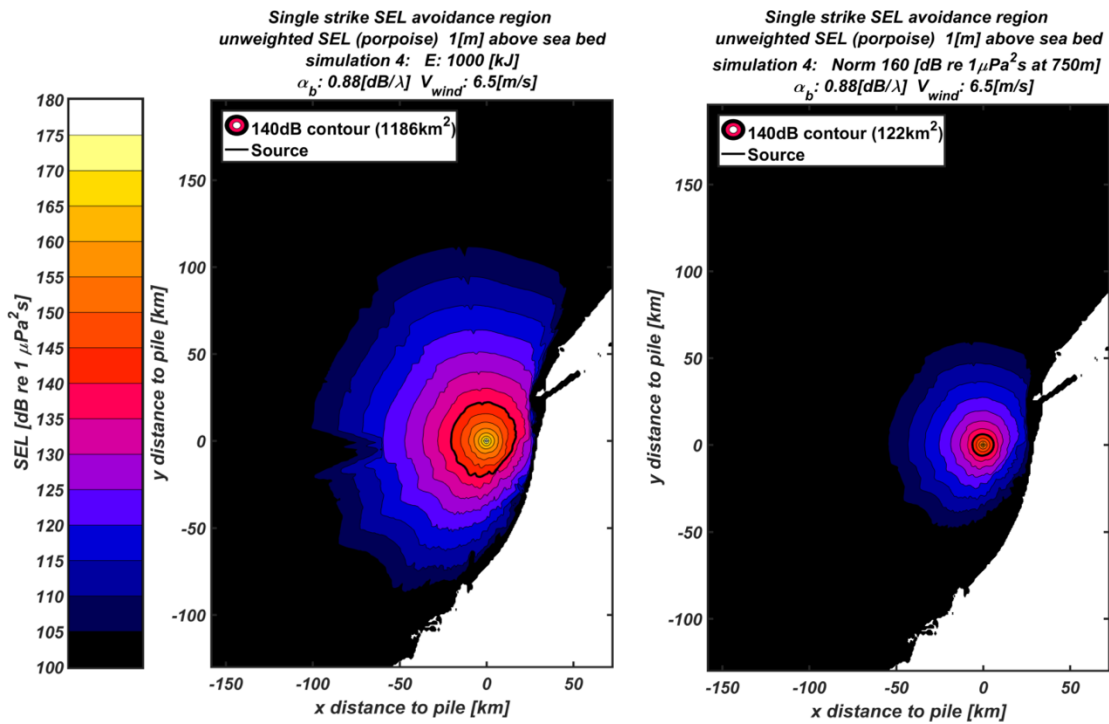
3.2.1 Bruinvis

Effecten op het gedrag van bruinvissen

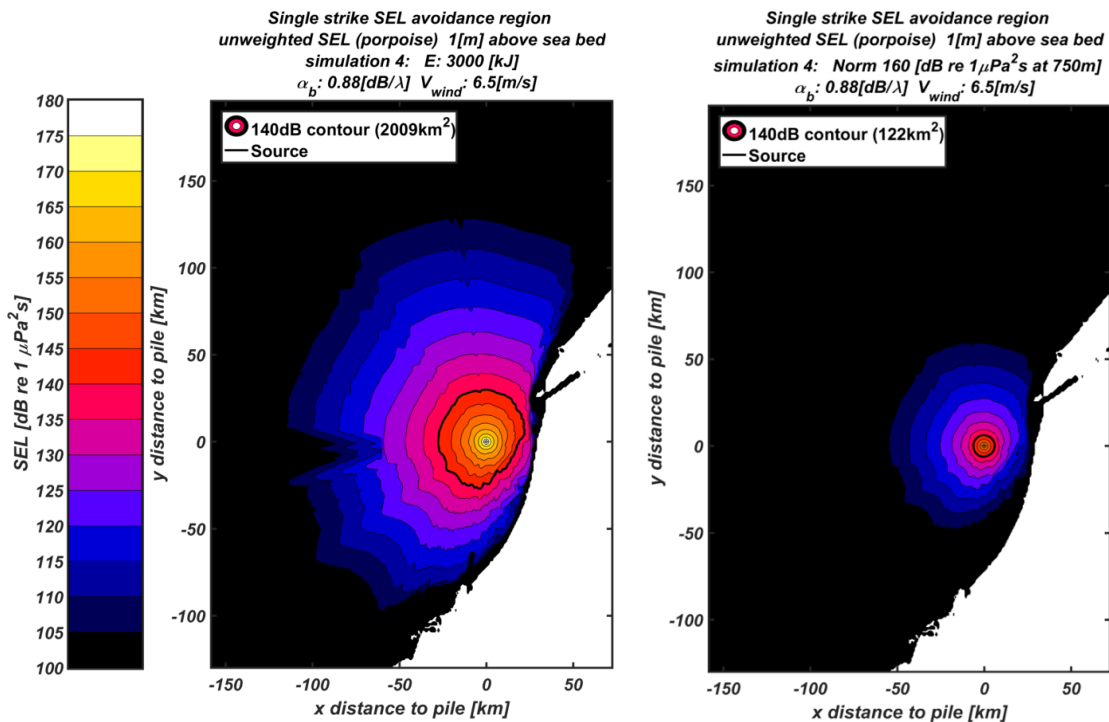
Voorbeelden van de door TNO berekende verdeling van het, voor bruinvissen relevante geluid tijdens het heien voor de constructie van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op een van de zes onderzochte paalposities zijn weergegeven in Figuur 3-1 (1.000 kJ) en in Figuur 3-2 (3.000 kJ). In de figuren is links de verdeling weergegeven voor de situatie dat het brongeluid in het geheel niet wordt beperkt en rechts in het geval dat een strenge norm van $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s op } 750 \text{ m v}$ wordt toegepast⁷. In beide gevallen is uitgegaan van gemiddelde windcondities (6,5 m/s). Onder windstille omstandigheden is de oppervlakte verstoord gebied 1,5 tot 2 maal zo groot. In de figuren is met de zwarte lijn de contour weergegeven waar de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons voor bruinvissen wordt overschreden.

Uit de figuren is af te leiden dat tijdens het heien in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) bij gemiddelde windsnelheden voor bruinvissen 122 – 1.186 km² verstoord gebied kan ontstaan als de hei-energie 1.000 kJ bedraagt en dat dat 122 – 2.009 km² is als met een energie van 3.000 kJ wordt geheid. De hier getoonde maximale oppervlakten zullen niet worden gehaald als een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm zal worden opgelegd. De maximale oppervlakte, voor bruinvissen verstoord gebied (met gemiddelde wind en zonder wind) zal in dat geval voor alternatief 1 (95 funderingen) tussen 670 en 1.113 km² komen te liggen en voor alternatief 2 (76 funderingen) tussen 871 en 1.486 km². Dit is in het seizoen (september – december) waarin de minst strenge norm van kracht is (zie Tabel 3-9).

⁷ In het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) ligt de strengste norm hoger en bedraagt $SEL_1 = 165 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$. Bij deze geluidsnorm is het oppervlak binnen deze contour dus ook groter, te weten 263 km².



Figuur 3-1 Berekende verdeling van SEL₁ op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 4 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie is weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvis.



Figuur 3-2 Berekende verdeling van SEL₁ op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van (3.000 kJ) op paalpositie 4 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Zie verder bijschrift bij Figuur 3-1.

De berekende effecten van het heien op de bruinvispopulatie van de Noordzee en het NCP zijn opgenomen in Tabel 3-1 en Tabel 3-2. Bij deze berekeningen is ervan uitgegaan dat, met

uitzondering van een 'soft start' procedure⁸ geen geluidsbeperkende maatregelen worden getroffen.

Tabel 3-1 Schatting van de gevolgen van heien zonder geluidsreducerende maatregelen voor de aanleg van alternatief 1 (95 funderingen met hei-energie 1.000 kJ) in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) voor de bruinvispopulatie in verschillende seizoenen. Weergegeven zijn de minimale en maximale effecten van heien in dit gebied (paalposities 2 en 4). Zie Figuur 2-1 voor paalposities en bijlage 2 voor de effecten van alle 6 onderzochte paalposities. Rood: overschrijding van de maximaal toelaatbare afname van 510 dieren voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord); groen: geen overschrijding van de maximaal toelaatbare afname. N.B. Er is geen rekening gehouden met eventuele populatie-effecten van permanente effecten op het gehoor (PTS).

Alternatief 1 (95 turbines)	Jan – mei		Jun – aug		Sep - dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km ²)	929	1.685	929	1.685	929	1.685
Bruinvisseren binnen contour (n)	1.091	1.978	604	1.095	370	671
Dierversoringsdagen	103.611	187.928	57.366	104.049	35.125	63.710
Populatiereductie NCP	1.143	2.072	633	1.148	387	703

Tabel 3-2 Als Tabel 3-1 voor alternatief 2 (76 funderingen met hei-energie 3.000 kJ)

Alternatief 2 (76 turbines)	Jan – mei		Jun – aug		Sep - dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km ²)	1.618	3.028	1.618	3.028	1.618	3.028
Bruinvisseren binnen contour (n)	1.900	3.555	1.052	1.968	644	1.205
Dierversoringsdagen	144.364	270.170	79.929	149.583	48.941	91.591
Populatiereductie NCP	1.592	2.978	882	1.650	540	1.010

Uit de resultaten blijkt:

- De berekende reductie van de bruinvispopulatie op het NCP is het grootst als voor alternatief 2 in het voorjaar op paalpositie 4 wordt geheid; de reductie bedraagt dan 2.978 dieren (5-percentiel). Voor alternatief 1 is dit 2.072 dieren (5-percentiel). Dit komt overeen met een afname van de populatie op het NCP met 4,1% (alternatief 1) en 5,8% (alternatief 2). Voor de totale Noordzeepopulatie is dit 0,9% voor alternatief 1 en 1,3% voor alternatief 2.
- In effecten op de bruinvispopulatie verschillen de twee onderzochte alternatieven: ondanks dat voor alternatief 2 19 funderingen minder worden geheid dan voor alternatief 1, zijn de effecten gemiddeld genomen zo'n 40% groter. Dit is het gevolg van het feit dat voor alternatief 2 is uitgegaan van een driemaal zo grote hei-energie dan voor alternatief 1. In de praktijk zal het verschil in hei-energie tussen deze twee alternatieven waarschijnlijk kleiner zijn. Ter vergelijking: als voor alternatief 1 wordt uitgegaan van een hei-energie van 2.000 kJ i.p.v. 1.000 kJ, zijn de effecten op de bruinvispopulatie van alternatief 2 gemiddeld genomen 2% kleiner dan die van alternatief 1.
- In het gedeelte van de Noordzee waar het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) ligt, is de heilocatie een relatief grote bepalende factor voor de omvang van het uiteindelijke effect: op paalpositie 4 is het effect zo'n 85% groter dan op paalpositie 2. Dit is vooral een gevolg van verschillen in waterdiepte tussen de verschillende locaties.
- Verder is het seizoen waarin wordt geheid van belang: in het najaar is de populatiereductie het kleinst (maximaal 703 dieren voor alternatief 1 en 1.010 dieren voor alternatief 2), omdat

⁸ De 'soft start' procedure heeft geen invloed op de totale omvang van het verstoorde gebied.

de bruinvisdichtheid dan relatief laag is; in het voorjaar zijn de maximale effecten ongeveer driemaal zo groot.

- Tenslotte is te zien dat de maximaal toelaatbare populatiereductie van 510 dieren (zie § 2.3) in vrijwel alle gevallen wordt overschreden.

Effecten op het gehoor van bruinvissen

Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van bruinvissen is voor alle kavels één *worst case* situatie doorgerekend (zie § 2.2.3). Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het plangebied voorkomende diepte van 27 m wordt geheid en dat deze diepte contant is in het gehele gebied waarbinnen PTS kan optreden.

Uit de berekeningen blijkt dat bruinvissen die zich bij de start van het heien met hei-energie 3.000 kJ (zonder geluidsnorm) bij gemiddelde wind (6,5 m/s) in de buurt van de bodem bevinden binnen een straal van ongeveer 1,5 km PTS kunnen oplopen. Onder windstille omstandigheden bedraagt deze afstand ongeveer 2,8 km. In het voorjaar, als de bruinvisdichtheid het hoogst is, gaat het gemiddeld genomen (= afstanden bij gemiddelde en geen wind gemiddeld) om 16 dieren. Als met een lagere hei-energie van 1.000 kJ zonder geluidsnorm wordt geheid, zijn de afstanden waarbinnen bruinvissen PTS kunnen oplopen veel kleiner: respectievelijk 0,7 km bij gemiddelde wind en 1,1 km onder windstille omstandigheden. Gemiddeld genomen bevinden zich in het voorjaar 3 bruinvissen binnen deze contour. Er kan van worden uitgegaan dat de PTS-afstanden kleiner zullen zijn als op ondieper water wordt geheid.

3.2.2 Zeehonden

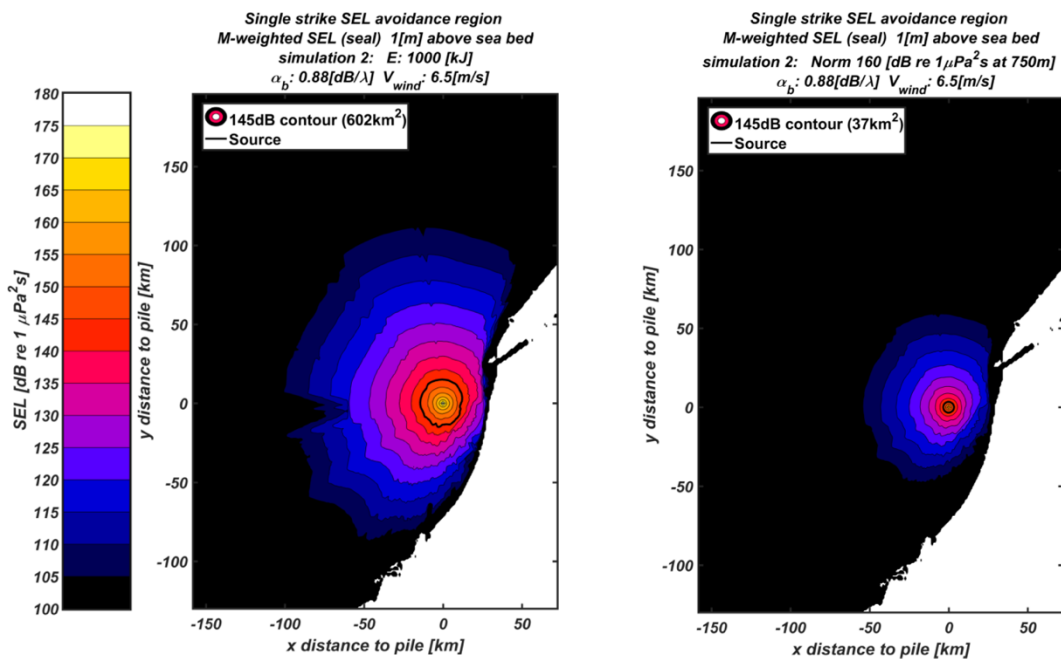
Effecten op het gedrag van zeehonden

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 (zie TNO-notitie in bijlage 1). Voorbeelden van de door TNO berekende verdeling van het, voor zeehonden relevante geluid tijdens het heien in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op een van de onderzochte paalposities zijn weergegeven in Figuur 3-3 (1.000 kJ) en in Figuur 3-4 (3.000 kJ). In de figuren is links de verdeling weergegeven voor de situatie dat het brongeluid in het geheel niet wordt beperkt en rechts in het geval dat een strenge norm van $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m wordt toegepast⁹. In beide gevallen is uitgegaan van gemiddelde windcondities (6,5 m/s). Onder windstille omstandigheden is de oppervlakte verstoord gebied 1,5 tot 2 maal zo groot. In de figuren is met de zwarte lijn de contour weergegeven waar de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons voor zeehonden wordt overschreden.

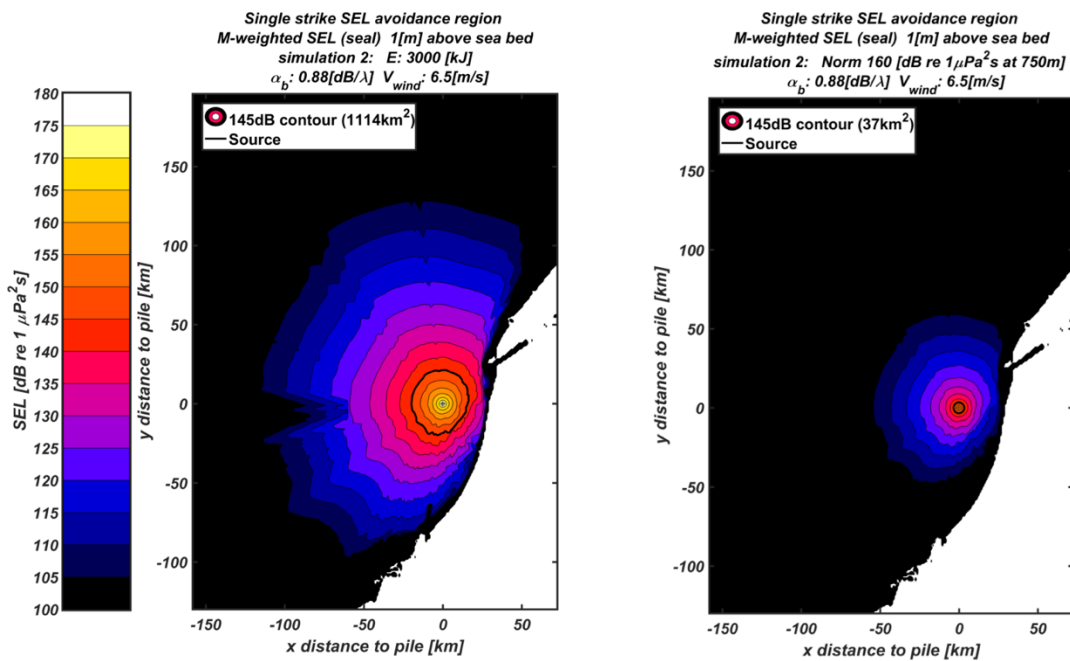
Uit de figuren is af te leiden dat tijdens het heien in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) bij gemiddelde windsnelheden voor zeehonden 37 – 602 km² verstoord gebied kan ontstaan als de hei-energie 1.000 kJ bedraagt en dat dat 37 – 1.114 km² is als met een energie van 3.000 kJ wordt geheid. De hier getoonde maximale oppervlakten zullen echter niet worden gehaald, omdat een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm zal worden opgelegd. De maximale oppervlakte van het voor zeehonden (met gemiddelde wind en zonder wind) zal in dat geval voor alternatief 1 (95 funderingen) tussen 313 en 470 km² komen te liggen en voor

⁹ In het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) ligt de strengste norm hoger en bedraagt $SEL_1 = 165 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$. Bij deze geluidsnorm is het oppervlak binnen deze contour dus ook groter, te weten 122 km².

alternatief 2 (76 funderingen) tussen 418 en 671 km². Dit is in het seizoen (september – december) waarin de minst strenge norm van kracht is (zie Tabel 3-9).



Figuur 3-3 Berekende verdeling van SEL₁ op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 4 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie is weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor zeehonden.



Figuur 3-4 Berekende verdeling van SEL₁ op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van (3.000 kJ) op paalpositie 5 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Zie verder bijschrift bij Figuur 3-3.

Net als voor bruinvissen zijn voor zeehonden in eerste instantie berekeningen uitgevoerd voor een situatie waarin zonder geluidsbepalende maatregelen wordt geheid. De resultaten van de

berekening van de effecten van niet-gemitigeerd heigeluid op zeehonden bij het heien van funderingen voor windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) voor twee alternatieve opstellingen zijn opgenomen in Tabel 3-3 en Tabel 3-4. Maximaal gaat het om 135 zeehonden die het beïnvloedingsgebied tijdens het heien van een fundering zullen mijden (alternatief 1) of om 272 zeehonden (alternatief 2). Ten opzichte van de totale Nederlandse populatie van gewone zeehonden gaat het respectievelijk om 1% (alternatief 1) of om 2% (alternatief 2) van de populatie die in de periodes dat wordt geheid in het door heigeluid beïnvloede gebied kan worden verstoord. De effecten zijn het kleinst in de periode mei – juli als de zeehonden voor hun foerageertochten minder ver de zee op gaan (Aarts e.a. 2016). Het aantal te heien funderingen in aanmerking genomen, is het effect van de constructie van alternatief 1 kleiner dan dat van alternatief 2. Dit is af te lezen aan het aantal dierverstoringsdagen van de twee alternatieven, dat 48 – 61% groter is door de constructie van alternatief 2.

In Tabel 3-3 en Tabel 3-4 is ook een bandbreedte gegeven van het totale aantal, mogelijk verstoorde zeehonden nadat alle funderingen van alternatief 1 en alternatief 2 zijn geheid. Voor de ondergrens is van volledige plaatstrouw uitgegaan, wat betekent dat steeds dezelfde zeehonden op de dagen dat wordt geheid worden verstoord (de resultaten voor de zes paalposities zijn daarbij gemiddeld). Voor de bovengrens is het gemiddeld aantal verstoorde zeehonden per geheide fundering vermenigvuldigd met het aantal geheide funderingen. Hier is er dus van uitgegaan dat steeds andere zeehonden worden verstoord. Voor het beoordelen van een eventueel effect op de populatie is het aannemelijk dat de eerstgenoemde situatie maatgevend is, aangezien een meerdere malen verstoord dier in zijn normale functioneren meer wordt beïnvloed dan een dier dat eenmalig wordt verstoord.

Tabel 3-3 Schatting van de gevolgen van heien voor de aanleg van alternatief 1 (95 funderingen met hei-energie 1.000 kJ) in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op het gedrag van gewone zeehonden in verschillende seizoenen. Weergegeven is het voor de twee onderzochte windcondities gemiddelde aantal zeehonden die zich bij aanvang van de hei-activiteiten binnen de contour kunnen bevinden waar de grenswaarde voor verstoring wordt overschreden. De aantallen zijn afgezet tegen de totale Nederlandse populatie van 12.416 dieren (Aarts e.a. 2016).

Alternatief 1 (95 turbines)	Jan – apr		Mei – jul		Sep – dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Zeehonden binnen contour (n)	25	135	10	56	13	92
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,2	1	0,1	0,4	0,1	0,7
Dierverstoringsdagen	2.339	12.847	909	5.293	1.226	8.772
Totaal aantal zeehonden verstoord	76 – 7.194		30 – 2.891		54 – 5.140	
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,6 – 58		0,3 – 23		0,4 - 41	

Tabel 3-4 Als Tabel 3-3 voor alternatief 2 (76 funderingen met hei-energie 3.000 kJ)

Alternatief 2 (76 turbines)	Jan – apr		Mei – jul		Sep – dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Zeehonden binnen contour (n)	47	272	18	114	24	169
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,4	2	0,1	0,9	0,2	1
Dierverstoringsdagen	3.542	20.710	1.348	8.638	1.838	12.870
Totaal aantal zeehonden verstoord	151 – 11.458		61 – 4.654		91 – 6.910	
Aandeel Nederlandse populatie (%)	1 – 92		0,5 – 37		0,7 – 56	

Uit de resultaten blijkt:

- De effecten van het heien in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op zeehonden zijn niet verwaarloosbaar. Bij het heien op bepaalde locaties in dit gebied kan in de periode januari – april in beide alternatieven steeds meer dan 1% van de totale Nederlandse populatie tijdelijk (= ca. 2 uur) worden verstoord.
- De gepresenteerde bandbreedte van effecten is dermate groot dat het niet is uit te sluiten dat een substantieel deel van de populatie in de constructiefase meerdere malen door heigeluid zal worden verstoord. De effecten van alternatief 2 zijn bijna tweemaal zo groot al die van alternatief 1. Het is echter aannemelijk dat deze verschillen in de praktijk minder groot zullen zijn, maar ook dat de effecten van alternatief 1 waarschijnlijk groter zullen zijn (zie ook 3.2.1).
- In de voor gewone zeehonden cruciale periode van de geboorte en het zogen van de jongen (mei – juli) zijn de effecten aanmerkelijk kleiner.
- De minimale afstand tussen de buitenrand van de verstoringcontour en de kust is dermate groot dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd.

Voor zeehonden is voor de Nederlandse situatie nog geen model beschikbaar voor het bepalen van de effecten van verstoring op de populatie en heeft onderzoek met gezenderde zeehonden tijdens de constructie van windparken op het NCP nog niet tot duidelijke uitspraken geleid. Op grond van de resultaten van een studie met gezenderde zeehonden concludeerden Russel *et al.* (2016) echter dat de constructie van het, in de monding van de Wash gelegen windpark Lincs niet tot effecten op de populatieontwikkeling leidde. Tijdens het heien werd tot op ca. 25 km mijdingsgedrag (= significante gedragsverandering/verstoring, zie § 2.2 en Tabel 2-2) waargenomen, maar over de gehele constructiefase bleef het gebruik van het gebied niet af van de referentie. Russel *et al.* schatten dat in totaal 440 individuele zeehonden (= 13% van de populatie van de Wash) mijdingsgedrag door het heien hebben vertoond. De resultaten van de studie van Russel *et al.* zijn echter niet 1 op 1 toepasbaar op de Nederlandse situatie, omdat ondanks dat door het heien de uitgang/toegang tot de ligplaatsen deels werd geblokkeerd, de locatie van het windpark van minder groot belang was als foerageergebied. Vooral voor de meest noordelijke heilocaties in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) geldt dat de verstoringcontouren overlappen met gebieden die door zeehonden regelmatig worden bezocht. De conclusie is daarom dat effecten van heigeluid in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op de conditie van een niet te verwaarlozen aandeel van de populatie van gewone zeehonden in de Noordzeekustzoen en de Waddenzee niet zijn uit te sluiten. Dit betekent dat effecten op de (groei van de) populatie ook niet zijn uit te sluiten.

Voor grijze zeehonden konden geen aparte berekeningen worden gemaakt. De (groeierende) populatie grijze zeehonden in Nederland is echter kleiner dan die van gewone zeehonden (ca. 5.000 in 2016: Ecomare, 2016; Arts e.a. 2014). Wanneer uitgegaan wordt van een vergelijkbare ruimtelijke verspreiding als bij gewone zeehonden zullen maximaal 30 (alternatief 1) of 61 (alternatief 2) grijze zeehonden tijdens het heien worden verdreven. De verwachting is echter dat de werkelijke aantallen lager zijn, omdat buiten 20 km van de kust dichtheden Grijze zeehonden zeer laag zijn (lager dan Gewone zeehonden) (Aarts e.a. 2013).

Effecten op het gehoor van zeehonden

Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van zeehonden is voor alle kavels één *worst case* situatie doorgerekend (zie § 2.2.3). Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het windenergiegebied Hollandse Kust

(noord) voorkomende diepte van 27 m wordt geheid en dat deze diepte constant is in het gehele gebied waarbinnen PTS kan optreden.

Zeehonden reageren minder gevoelig op onderwatergeluid dan bruinvissen en kunnen sneller zwemmen, wat zich vertaalt in kleinere effectafstanden. Uit de berekeningen blijkt dat het gebied waarbinnen bij zeehonden de gehoordrempel permanent wordt verhoogd (PTS) door het heien voor de aanleg van het windpark, zonder dat een geluidsnorm wordt toegepast, al verwaarloosbaar klein is (maximaal 0,5 km²). Het is vrijwel uitgesloten dat zich bij aanvang van de heiwerkzaamheden een zeehond binnen deze contour bevindt (in de periode januari – april max. 0,04 zeehond bij heien onder windstille omstandigheden).

3.3 EFFECTEN OP NATURA 2000-GEBIEDEN

Effecten van de aanleg en exploitatie van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) zijn alleen tijdens de aanlegfase van die omvang dat effecten op instandhoudingsdoelen voor zeezoogdieren in Natura 2000-gebieden niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Het gaat om de effecten van de toename van onderwater geluidsniveaus als gevolg van het heien van de funderingen via zogenaamde externe werking. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in:

- Directe externe werking: het geluid beïnvloedt de kwaliteit van het leefgebied van de dieren waarvoor in het N2000-gebied instandhoudingsdoelstellingen gelden en
- Indirecte externe werking: de invloed van het geluid op dieren buiten het betreffende N2000-gebied moet deels worden toegerekend aan dit N2000-gebied (bijvoorbeeld als de foerageerfunctie buiten het N2000-gebied zodanig negatief zou worden beïnvloed dat dit niet verenigbaar is met de gestelde doelen voor het N2000-gebied).

Indirecte effecten op zeezoogdieren als gevolg van effecten op de populatieomvang van vissen (als stapelvoedsel voor zeezoogdieren) kunnen wel op voorhand worden uitgesloten.

Deze paragraaf bevat de toetsing van de, in de eerdere hoofdstukken beschreven en nader geanalyseerde effecten van onderwatergeluid op bruinvissen en zeehonden aan de instandhoudingsdoelstellingen van relevante Natura 2000-gebieden.

3.3.1 Waddenzee

In het Natura 2000-gebied Waddenzee gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond (Tabel 3-5). Voor beide soorten betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de grijze zeehond zou dat moeten leiden tot het behoud van de populatie en voor de gewone zeehond tot een uitbreiding van de populatie ten opzichte van de situatie ten tijde van de aanwijzing.

Tabel 3-5 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-gebied Waddenzee

Soort	Instandhoudingsdoelstelling
Grijze zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Gewone zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Waddenzee. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat niet is uit te sluiten dat de heiwerkzaamheden voor een deel van de

gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Waddenzee instandhoudingsdoelstellingen bestaan, negatieve gevolgen heeft voor hun foerageermogelijkheden. Er zijn echter geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Vanwege het niet te verwaarlozen, tijdelijke verlies van foerageergebied tijdens de constructiefase is de conclusie dat significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Waddenzee niet zijn uit te sluiten.

3.3.2 Noordzeekustzone

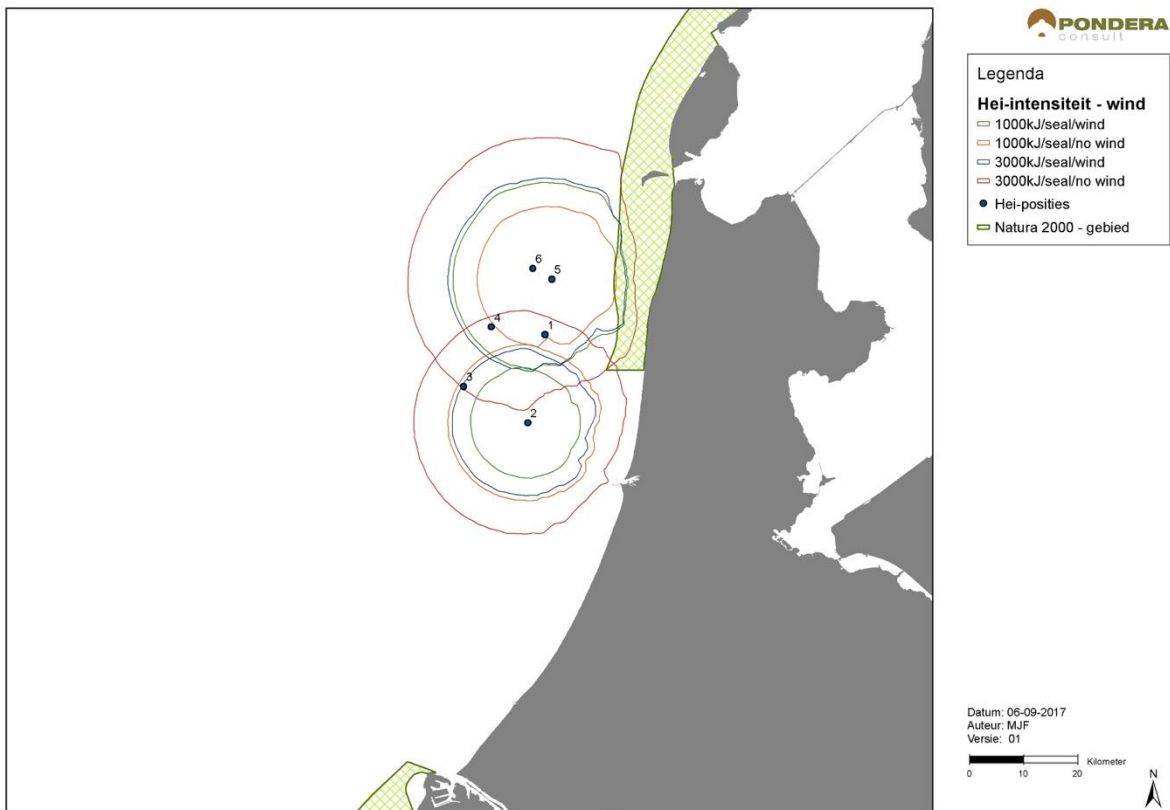
In het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone gelden voor alle 3, in deze notitie besproken soorten zeezoogdieren instandhoudingsdoelstellingen. Deze zijn in Tabel 3-6 samengevat.

Tabel 3-6 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-gebied Noordzeekustzone

Soort	Instandhoudingsdoelstelling
Bruinvis	Behoud omvang en verbetering kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Grijze zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Gewone zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan leiden tot verstoring van zeehonden en bruinvissen die zich binnen een bepaalde afstand van de heilocatie bevinden.

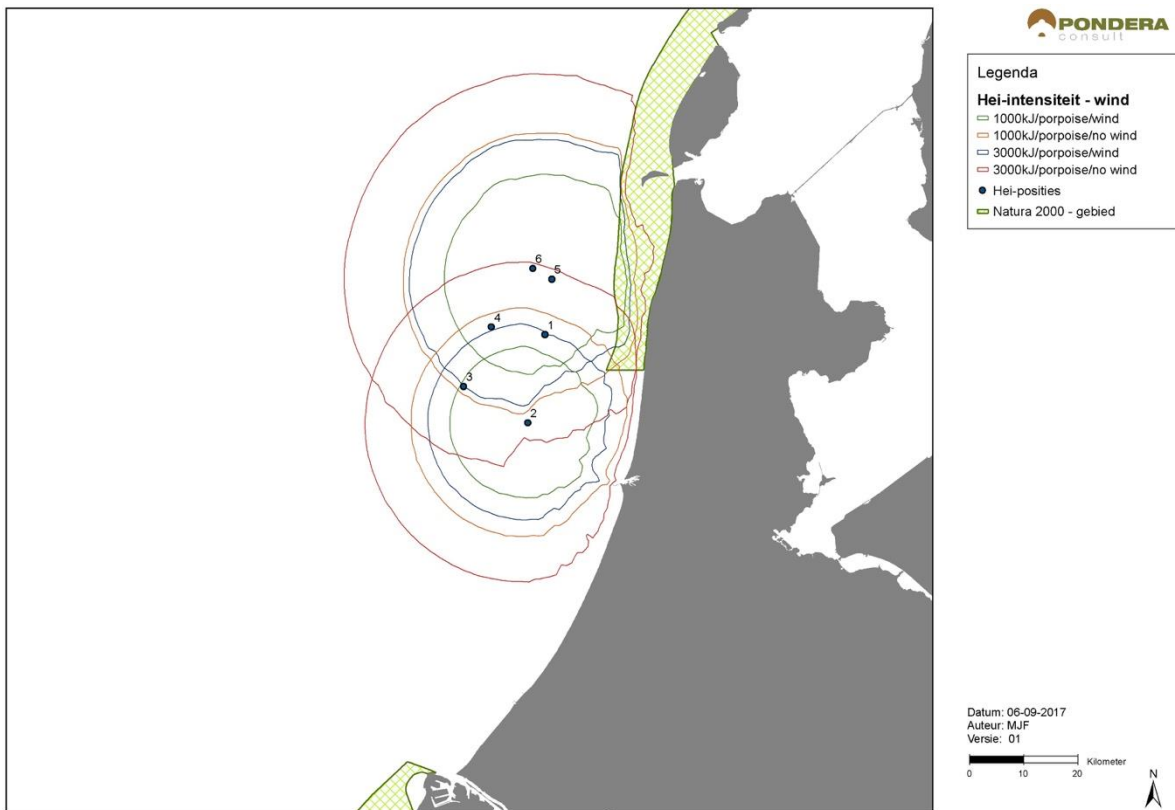
Uit de berekeningen blijkt dat het door onderwatergeluid verstoorte gebied voor **zeehonden** bij vijf van de zes onderzochte paalposities overlapt met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Deze overlap bedraagt onder windstille omstandigheden maximaal 29 km² voor alternatief 1 en maximaal 89 km² voor alternatief 2. Dit is respectievelijk 2% en 6% van de oppervlakte aan water in het Natura 2000-gebied (Figuur 3-5). Hierdoor neemt de kwaliteit van het gebied als foerageergebied voor zeehonden af (directe externe werking).



Figuur 3-5 Overlap van verstoringcontouren van zeehonden met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone door heien op paalposities 2 en 5, zonder toepassen van een geluidsnorm, voor de aanleg van van windenergiegebied Hollandse Kust (noord).

Daarnaast neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat niet is uit te sluiten dat de heiwerkzaamheden voor een deel van de Nederlandse gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Noordzeekustzone instandhoudingsdoelstellingen bestaan, negatieve gevolgen heeft voor hun foerageermogelijkheden. Er zijn echter geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringcontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Vanwege het niet te verwaarlozen, tijdelijke verlies van foerageergebied tijdens de constructiefase is de conclusie dat significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Noordzeekustzone niet zijn uit te sluiten.

Ook voor **bruinvissen** overlapt het door heigeluid verstoorde gebied met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone (Figuur 3-6). De overlap bedraagt onder windstille omstandigheden maximaal 95 km² voor alternatief 1 en maximaal 164 km² voor alternatief 2, i.e. respectievelijk 7% en 11% van de totale oppervlakte van het water in het Natura 2000-gebied. Hierdoor neemt kwaliteit van het gebied als leefgebied voor de bruinvis af (directe externe werking). Daarnaast neemt de totale omvang van het leef- en foerageergebied af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP kan ontstaan (indirecte externe werking).



Figuur 3-6 Overlap van verstoringcontouren van bruinvissen met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone door heien op paalposities 2 en 5, zonder toepassen van een geluidsnorm, voor de aanleg van van windenergiegebied Hollandse Kust (noord).

Door de Nederlandse overheid is bepaald dat door de aanleg van windparken op het NCP cf. het SER-akkoord bij een voorspelde afname van de bruinvisspopulatie van 255 dieren per kavel, *i.e.* 510 dieren voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord), significante effecten niet kunnen worden uitgesloten (zie § 2.3). Uit Tabel 3-7 is af te leiden dat deze waarde in alle seizoenen voor beide onderzochte alternatieven in vrijwel alle gevallen wordt overschreden als geen geluidreducerende maatregelen worden getroffen.

De conclusie is dat bij de constructie van het windpark volgens beide alternatieven significante effecten op de bruinvisspopulatie en daarmee op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone niet zijn uit te sluiten.

Tabel 3-7 Voorspelde afname van de bruinvisspopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in verschillende seizoenen (5 percentielwaarden = 5% kans op een grotere afname). Overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse afname van 510 dieren is in rood weergegeven (significante effecten op Natura 2000-gebieden niet uit te sluiten).

	Afname bruinvisspopulatie op het NCP (aantal dieren)					
	Jan - mei		Jun – aug		Sep – dec	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Alternatief 1	1.143	2.072	633	1.148	387	703
Alternatief 2	1.592	2.978	882	1.650	540	1.010

3.3.3 Voordelta

In het Natura 2000-gebied Voordelta gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond. Voor de grijze zeehond betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de gewone zeehond is een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied geformuleerd. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Voordelta (Figuur 3-5). Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat niet is uit te sluiten dat de heiwerkzaamheden voor een deel van de Nederlandse gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Voordelta instandhoudingsdoelstellingen bestaan, negatieve gevolgen heeft voor hun foerageermogelijkheden. Er zijn echter geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Vanwege het niet te verwaarlozen, tijdelijke verlies van foerageergebied tijdens de constructiefase is de conclusie dat significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Voordelta niet zijn uit te sluiten.

3.3.4 Oosterschelde

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Oosterschelde. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat niet is uit te sluiten dat de heiwerkzaamheden voor de Nederlandse populatie gewone zeehonden waarvoor in de Oosterschelde instandhoudingsdoelstellingen bestaan, negatieve gevolgen heeft voor hun foerageermogelijkheden. Er zijn echter geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Vanwege het niet te verwaarlozen, tijdelijke verlies van foerageergebied tijdens de constructiefase is de conclusie dat significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone zeehonden in de Oosterschelde niet zijn uit te sluiten.

3.3.5 Vlake van de Raan

In het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan gelden voor alle 3, in deze notitie besproken soorten zeezoogdieren dezelfde instandhoudingsdoelstellingen als in de Noordzeekustzone (zie Tabel 3-6). Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan leiden tot verstoring van bruinvissen en zeehonden die zich binnen een bepaalde afstand van

de heilocatie bevinden. Dieren kunnen het gebied mijden waardoor de oppervlakte beschikbaar foerageergebied afneemt.

Het voor gewone en grijze **zeehonden** verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Vlakte van de Raan (zie Figuur 3-5). Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat niet is uit te sluiten dat de heiwerkzaamheden voor een deel van de Nederlandse gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Vlakte van de Raan instandhoudingsdoelstellingen bestaan, negatieve gevolgen heeft voor hun foerageermogelijkheden. Er zijn echter geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Vanwege het niet te verwaarlozen, tijdelijke verlies van foerageergebied tijdens de constructiefase is de conclusie dat significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Vlakte van de Raan niet zijn uit te sluiten.

Voor **bruinvissen** overlapt het door geluid verstoorde gebied niet met het Natura 2000-gebied Vlakte van de Raan (Figuur 3-6). Er is daarom geen sprake van directe externe werking. De totale omvang van het foerageergebied buiten de Vlakte van de Raan neemt echter wel af (indirecte externe werking). Het effect van deze indirecte externe werking op de bruinvispopulatie is reeds beschouwd in § 3.3.2 bij de bespreking van de effecten op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en wordt op dezelfde wijze beoordeeld.

3.3.6 Westerschelde & Saeftinghe

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat niet is uit te sluiten dat de heiwerkzaamheden voor een deel van de Nederlandse gewone zeehonden waarvoor in de Westerschelde instandhoudingsdoelstellingen bestaan, negatieve gevolgen heeft voor hun foerageermogelijkheden. Er zijn echter geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Vanwege het niet te verwaarlozen, tijdelijke verlies van foerageergebied tijdens de constructiefase is de conclusie dat significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone zeehonden in de Westerschelde niet zijn uit te sluiten.

3.4 EFFECTEN OP BESCHERMDE SOORTEN

Tijdens de aanleg van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) treedt verstoring van gewone zeehonden, grijze zeehonden en bruinvissen op. Het verstoren van zeezoogdieren als gevolg van de constructie van een windpark kan door het bevoegd gezag worden beschouwd als een overtreding van verbodsbepalingen genoemd in artikel 3.5, lid 2 (opzettelijk verstoren) en lid 4 (beschadigen of vernielen van voortplantingsplaatsen en rustplaatsen) van de

Natuurbeschermingswet en daarmee dus ook in de Wet Windenergie op Zee (2014). Uit de in voorgaande paragrafen opgenomen resultaten van berekeningen blijkt dat deze verstoring zowel bij zeehonden als bij bruinvissen tot effecten op de populatie kan leiden. Daardoor is niet uit te sluiten dat de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de regionale (NCP) populaties in het geding is. Ontheffing kan alleen worden verkregen als geen afbreuk wordt gedaan aan de GSI van de soorten.

Voor **gewone zeehonden** zijn effecten op de conditie van niet te verwaarlozen aandeel van de populatie van gewone zeehonden in de Noordzeekustzoen en de Waddenzee niet uit te sluiten, omdat:

- Tijdens heisessies (van ca. 2 uur) verstoringscontouren ontstaan die overlappen met gebieden die door zeehonden regelmatig worden bezocht. Daardoor kan meer dan 1% van de Nederlandse populatie worden verstoord. De meeste verstoring treedt op in de periode januari – april en als wordt geheid in het meest noordelijke deel van het windenergiegebied.
- De bandbreedte van effecten dermate groot is dat niet is uit te sluiten dat een substantieel deel van de populatie in de constructiefase meerdere malen door heigeluid zal worden verstoord.

Dit betekent dat effecten op de (groei van de) populatie ook niet zijn uit te sluiten.

Voor **grijze zeehonden** zijn minder gegevens over verspreiding en gedrag beschikbaar, waardoor het voor deze soort niet mogelijk is vergelijkbare berekeningen te maken als voor de gewone zeehond. Wanneer echter van een vergelijkbare verspreiding wordt uitgegaan als voor de gewone zeehond, zijn effecten op de populatie evenmin uit te sluiten.

Ter beoordeling van het effect van verstoring op de GSI van de **bruinvispopulatie** op het NCP, is de door de overheid vastgestelde maximaal toelaatbare populatieafname van **510** dieren per windenergiegebied als criterium gebruikt. Wanneer de voorspelde afname onder deze norm blijft, kan een effect op de GSI van de betreffende populatie met zekerheid uitgesloten worden. Wanneer de voorspelde afname deze waarde overschrijdt, kan niet worden uitgesloten dat de GSI in het geding is.

De toetsing van de voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) is opgenomen in Tabel 3-8 (zie Tabel 3-7 voor berekende waarden). Hieruit blijkt dat bij constructie van beide alternatieven in alle seizoenen effecten op de GSI van de bruinvispopulatie niet zijn uit te sluiten.

De conclusie is dat in laatstgenoemde gevallen constructie alleen mogelijk is als mitigerende maatregelen worden genomen, zodat het geluid zich minder ver verspreidt; hierdoor neemt het oppervlak binnen de verstoringscontour (sterk) af (zie verder hierna in § 3.5).

Tabel 3-8 Toetsing van de voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in verschillende seizoenen. Groen: gunstige staat van instandhouding niet in het geding; Rood: effecten op de gunstige staat van instandhouding niet uit te sluiten.

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)					
	Jan - mei		Jun – aug		Sep – dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alternatief 1						
Alternatief 2						

3.5 MITIGERENDE MAATREGELEN

3.5.1 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. Daarbij is ervan uitgegaan dat permanente effecten op het gehoor (PTS: *permanent threshold shift*) zullen worden voorkomen door het inzetten van zogenaamde 'Acoustic Deterrent Devices', 'soft start' procedures of het met een lagere energie heien.

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 verstoord gebied te 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 impulsdagen (= het aantal funderingen) te beperken.

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

- In plangebieden met sterk variabele waterdiepten voor de funderingen locaties met een relatief geringe waterdiepte te kiezen; voor het hele plangebied van windenergiegebied Hollandse Kust (noord) biedt dit echter weinig soelaas, omdat de variatie in waterdiepten relatief beperkt is;
- Met lagere energie te heien;
- Niet heien tijdens windstilte (= glad wateroppervlak); het verstoord oppervlak is dan anderhalf tot tweemaal zo groot als bij gemiddelde wind;
- De propagatie van heigeluid te beperken door het toepassen van geluiddemping (bellenschermen e.d.).

Ad 2. Heien als de dichtheid van zeezoogdieren laag is

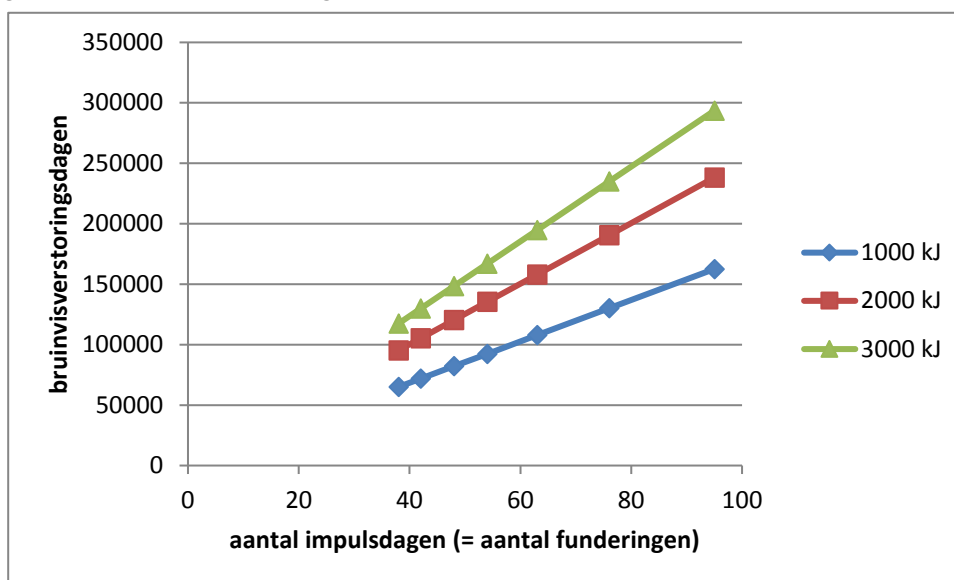
De dichtheid van bruinvissen is op het NCP in de herfst veel lager dan in het voorjaar, met gevolg dat zich binnen een bepaalde verstoringscontour (die uiteraard niet seizoensafhankelijk is) minder bruinvissen bevinden. Het effect op de populatie is daardoor ook kleiner.

Ad 3. Het aantal impulsdagen beperken

Uit de analyses blijkt dat een toename van het aantal te heien funderingen en daarmee het aantal impulsdagen sterker doorwerkt dan een afname van de heien-energie. In Figuur 3-7 is dit te zien aan het feit dat de lijnen van gelijke heien-energie niet evenwijdig aan elkaar zijn, maar meer uit elkaar gaan lopen naarmate het aantal impulsdagen toeneemt. Het aanleggen van een windpark met een klein aantal, relatief grote turbines waarvoor een hogere heien-energie nodig is, kan daardoor gunstiger uitpakken dan de aanleg van een windpark met veel, kleine turbines die met een lagere heien-energie kunnen worden geheid. De berekeningen voor windenergiegebied Borssele, waarbij een alternatief van 38 turbines (heien-energie 3.000 kJ) werd vergeleken met een alternatief van 95 turbines (heien-energie 1.000 kJ), lieten dit ook duidelijk zien. Voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) is het minder duidelijk, omdat voor het alternatief met de meeste funderingen (95 à 8

MW) van een relatief (en wellicht onrealistische) lage hei-energie van 1.000 kJ is uitgegaan. Hierdoor zijn de berekende effecten voor het alternatief met het minste aantal funderingen (76 à 10 MW) en waarbij van een hei-energie van 3.000 kJ is uitgegaan groter.

Het gegeven dat het heien met een grotere hei-energie minder sterk doorwerkt dan het aantal impulsdagen is gebruikt bij de uitwerking van een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerd stelsel van geluidsnormen (zie hierna).



Figuur 3-7 Relatie tussen aantal impulsdagen (= aantal funderingen) en het aantal bruinvisverstoringsdagen, uitgaande van een dichtheid van 1 bruinvis per km², bij 3 hei-energieën

3.5.2 Toepassen van gedifferentieerde geluidsnormering

Verschillende, in § 3.5.1 beschreven overwegingen zijn eerder door de overheid gebruikt voor het ontwerpen van een, op het windenergiegebied Borssele toegesneden normenstelsel dat grenzen stelt aan de geluidsproductie bij de constructie van windparken op zee. Er is daarbij rekening gehouden met seizoensverschillen en aantal turbines per kavel, twee factoren die sterk doorwerken in het uiteindelijke effect op de (bruinvis)populatie. Voor de kavels binnen het windenergiegebied Borssele is door middel van locatie-specifieke onderwatergeluidmodellering bepaald bij welke geluidsnorm, afhankelijk van het aantal palen en seizoensafhankelijke bruinvisdichtheden, de effecten nog acceptabel zijn (d.w.z. de reductie van 255 dieren per kavel niet overstijgen). Er is voor gekozen om de geluidsnormering voor het gehele windenergiegebied Borssele vast te stellen. Dit betekent dat geen rekening is gehouden met gedetailleerde locatiespecifieke verschillen tussen of binnen de kavels. Het kavel waarin de strengste geluidsnormen moeten worden opgelegd, bepaalt de geluidsnormen in de andere kavels. Verder zijn de normen zo gekozen dat ook rekening wordt gehouden met een eventuele kleine overschrijding tijdens de leerfase in de opstartperiode¹⁰.

¹⁰ Vanuit de ervaring dat het moeilijk is om in de opstartperiode van de aanleg van een windpark gelijk aan de norm te voldoen en wetende dat er omstandigheden kunnen zijn (hardere ondergrond, windomstandigheden) die mitigerende maatregelen minder effectief of het geproduceerd geluid hoger kunnen maken, is een veiligheidsmarge van 1 dB ingebouwd. Dit betekent dat geluidsnorm 1 dB lager is dan nodig om met een zekerheid van 95% een afname van 510 dieren te voorkomen (zie § 2.3). Een kleine overschrijding van de norm door onvoorziene omstandigheden noodzaakt dan nog niet tot aanvullende maatregelen of het stilleggen van de bouw van een park.

Voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) zijn op vergelijkbare wijze als voor windenergiegebied Borssele en Hollandse Kust (zuid) gedifferentieerde normen afgeleid. De geluidsnormen voor dit gebied liggen iets hoger dan de eerder vastgestelde normen voor het windenergiegebied Borssele, maar zijn vergelijkbaar met die van windenergiegebied Hollandse Kust (zuid). Dit is een gevolg van het feit dat de vergelijkbare waterdiepte in het plangebied voor Hollandse Kust (noord). De voorgestelde normstelling staat in onderstaande Tabel 3-9.

Tabel 3-9 Normstelling voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord), inclusief de opstart 'toeslag van 1 dB'

Hollandse Kust (noord)	Maximale geluidsbelasting (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m)*		
380 MW per kavel	Periode		
# turbines	Jan – mei	Jun – aug	Sep – dec
95 (hier onderzocht)	165	169	172
84	165	169	173
76 (hier onderzocht)	166	170	174

* De dichtheid van bruinvissen is op het NCP in de zomer en de herfst veel lager dan in het voorjaar, met gevolg dat zich binnen een bepaalde verstoringcontour (die uiteraard niet seizoensafhankelijk is) minder bruinvissen bevinden. In de zomer en het najaar kunnen daarom minder strenge normen worden gehanteerd dan in het voorjaar.

Gevolgen voor de bruinvispopulatie op het NCP

Tabel 3-10 bevat voor de twee onderzochte alternatieven de resultaten van de berekening van effecten op bruinvissen als ervan wordt uitgegaan dat een, naar seizoen en aantal te heien palen gedifferentieerde norm is gesteld aan de propagatie van het heigeluid. Dit betekent dat op 750 m van de heilocatie de SEL_1 niet groter mag zijn dan een bepaalde waarde (zie Tabel 3-9). Door TNO is berekend wat het toepassen van deze norm bij verschillende opstellingen zou betekenen voor de oppervlakte verstoord gebied en daarmee voor het aantal verstoorde bruinvissen en de bruinvispopulatie op het NCP. Het betreft *worst case* schattingen van de mogelijke gevolgen van heien voor de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord); de geluidsnorm is namelijk bepaald voor de paalpositie waarvan het verstoringsoppervlak het grootst is. In de tabel is te zien dat met een zekerheid van 95% de reductie van de bruinvispopulatie door de aanleg van een windpark in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) niet groter zal worden dan 441 dieren (constructie van 95 funderingen in de periode juni – augustus op paalpositie 6). De maximaal toelaatbare populatiereductie van 510 dieren (zie § 2.3) zal door de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) voor beide alternatieven in geen enkel geval worden overschreden.

Tabel 3-10 Bandbreedte van effecten van heien voor de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollands Kust (noord) (alternatief 1: 95 funderingen, alternatief 2: 76 funderingen) op de bruinvispopulatie op het NCP in verschillende seizoenen en met toepassen van een (gedifferentieerde) geluidsnorm. Bvdd = bruinvisverstoringdagen in 1000-tallen.

	Alternatief 1 (95 turbines)			Alternatief 2 (38 turbines)		
	Norm (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m)	Bvdd	Pop. reductie	Norm (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m)	Bvdd	Pop. reductie
Jan – mei	165	19 – 39	214 – 432	166	18 – 37	200 – 405
Jun – aug	169	19 – 40	214 – 441	170	18 – 37	196 – 407
Sep – dec	172	18 – 37	197 – 412	174	19 – 38	205 – 421

Uit de berekeningen voor een uniforme waterdiepte van 27 m blijkt dat bruinvissen die zich bij de start van het heien met hei-energie 3.000 kJ (zonder geluidsnorm) bij gemiddelde wind (6,5 m/s) in de buurt van de bodem bevinden binnen een straal van ongeveer 1,5 km PTS kunnen oplopen. Onder windstille omstandigheden bedraagt deze afstand ongeveer 2,8 km. Als met een lagere hei-

energie van 1.000 kJ zonder geluidsnorm wordt geheid, zijn de afstanden waarbinnen bruinvissen PTS kunnen oplopen veel kleiner: respectievelijk 0,7 km bij gemiddelde wind en 1,1 km onder windstille omstandigheden. Laatsgenoemde afstanden liggen ruim binnen het bereik van 'Acoustic Deterrent Devices' voor bruinvissen (Kastelein, in prep.), zodat PTS kan worden voorkomen. Er kan van worden uitgegaan wordt dat de PTS-afstanden kleiner zullen zijn als op ondieper water wordt geheid.

Als de geluidsproductie wordt beperkt door het toepassen van een (strengere) geluidsnorm van SEL₁ van 160 dB re 1 µPa²s op 750 m treedt in geen enkel geval PTS op. Voor hogere geluidsnormen dan 160 dB zijn geen aparte berekeningen uitgevoerd. Er kan echter worden beredeneerd dat, als er al PTS zou optreden, de afstanden zeker kleiner zullen zijn dan de PTS-afstanden die berekend zijn voor een heide-energie van 1.000 kJ. Bij ongemiteerd heien met een heide-energie van 1.000 kJ op de paalpositie met de grootste effectafstand bedraagt de SEL₁ op 750 m 177 dB re 1 µPa²s (zie TNO-notitie in bijlage 1). Deze waarde ligt nog boven de soepelste geluidsnorm van SEL₁ = 174 dB re 1 µPa²s op 750 m. Met het toepassen van een geluidsnorm, indien nodig in combinatie met de inzet van 'Acoustic Deterrent Devices' kan PTS bij bruinvissen daarom zeker worden voorkomen.

Gevolgen voor Nederlandse zeehondenpopulatie

Uit de resultaten van de berekening van de effecten van de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op zeehonden blijkt dat deze zonder toepassen van een geluidsnorm niet verwaarloosbaar zijn (Tabel 3-3, Tabel 3-4). Als wel een geluidsnorm wordt toegepast, omdat significante effecten op de bruinvisspopulatie moeten worden voorkomen, zal de oppervlakte van het voor zeehonden verstoord gebied ook kleiner zijn. Hierdoor zullen de effecten aanzienlijk lager uitvallen dan in § 3.2.2 zijn beschreven (Tabel 3-11). Maximaal betreft het 0,6% van de Nederlandse populatie gewone zeehonden die tijdens het heien meerdere malen wordt verstoord (heien op paalpositie 6 in het najaar). Dit geldt ook voor de kans dat zeehonden PTS oplopen, die ook zonder dat geluidsbepalende maatregelen worden genomen al verwaarloosbaar is. Bij de berekeningen is uitgegaan van een voor de ongemiteerde verstoringscontour berekende gemiddelde dichtheid.

Tabel 3-11 Aantal zeehonden binnen verstoringscontour bij aanvang van het heien van een fundering zonder en met opleggen van gedifferentieerde geluidsnormen voor mitigatie van effecten op bruinvissen. Deze aantallen zijn representatief voor de situatie dat wordt uitgegaan van volledige plaatstrouw (zie § 3.2.2 voor uitleg).

	Zonder geluidsnorm	Met geluidsnorm		
		Jan – april	Mei – juli	Sep – dec
Alternatief 1	30 – 76	4 – 21	2 – 11	6 – 49
Alternatief 2	61 – 151	4 – 28	2 – 15	8 – 76

De conclusie is dat significante effecten van gemiteerd heigeluid bij de aanleg van een windpark in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op gewone zeehonden op populatieniveau om de volgende redenen zijn uit te sluiten:

- Aafgezet tegen de totale Nederlandse populatie gewone zeehonden is het aantal mogelijk beïnvloede dieren beperkt;
- De omvang van het beïnvloede gebied is gering ten opzichte van het totale leefgebied, waardoor er geen sprake zal zijn van 'verdichtingseffecten' (competitie om voedsel e.d.);
- De minimale afstand tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust is dermate groot dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd;
- Het effect is tijdelijk (1 dag per fundering, waarin ca. 2 uur per dag wordt geheid).

Voor grijze zeehonden konden geen aparte berekeningen worden gemaakt. De (groeierende) populatie grijze zeehonden in Nederland is echter kleiner dan die van gewone zeehonden (ca. 5.000 in 2016: Ecomare, 2016; Arts e.a. 2014). Wanneer uitgegaan wordt van een vergelijkbare ruimtelijke verspreiding als bij gewone zeehonden zullen 10 (alternatief 1) of 9 (alternatief 2) grijze zeehonden tijdens het heien worden verdreven. De verwachting is dat de werkelijke aantallen nog lager zullen zijn, omdat buiten 20 km van de kust dichtheden Grijze zeehonden zeer laag zijn (lager dan Gewone zeehonden) (Aarts e.a. 2013).

Effecten op Natura 2000-gebieden

Door toepassen van een gedifferentieerde geluidsnorm neemt de overlap van verstoringscontouren voor zeehonden en bruinvissen met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone ten opzichte van de situatie zonder geluidsnorm substantieel af. Voor **zeehonden** treedt bij het toepassen van geluidsnormen voor geen van de zes onderzochte paalposities overlap met het Natura 2000-gebied op. Er is dus **geen sprake van directe externe werking**. Dit is niet het geval voor **bruinvissen**. In de periodes juni – augustus en september – december overlappen de verstoringscontouren bij geluids-gemitigeerd heien op de paalposities 5 en 6 met het Natura 2000-gebied en in het najaar is dat ook het geval voor paalpositie 1 (Tabel 3-12). Bij heien op de andere paalposities treedt geen overlap op. Voor bruinvissen is dus sprake van **directe externe werking** als vanaf juni op de dichtst bij het Natura 2000-gebied gelegen posities wordt geheid. Deze afname van de kwaliteit is van beperkte betekenis, omdat:

- De effecten tijdelijk zijn (1 dag per fundering, waarin ca. 2 uur per dag wordt geheid);
- Het Natura 2000-gebied niet van specifieke betekenis is als leef- en foerageergebied voor bruinvissen.

Tabel 3-12 Overlap van verstoringscontouren voor bruinvissen met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone bij heien met geluidsnorm. Weergegeven is het gemiddelde tussen heien zonder wind en met gemiddelde wind (6,5 m/s).

	Paalpositie 1		Paalpositie 5		Paalpositie 6	
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 1	Alternatief 2
Jan – mei (km ²)	0	0	0	0	0	0
Jun - aug (km ²)	0	0	5	15	0	0,5
Sep - dec (km ²)	21,5	6,5	18,5	39	8	17
Jan - mei (%)	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jun - aug (%)	0	0	0,3	1,0	0,0	0,0
Sep - dec (%)	1,5	0,5	1,3	2,7	0,6	1,2

Voor **zeehonden** zal er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake zijn van **indirecte externe werking**, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van gemitigeerd heigeluid kunnen worden uitgesloten (zie hiervoor).

Voor **bruinvissen** geleden instandhoudingsdoelstellingen voor de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Vlakte van de Raan. Er is sprake van **indirecte externe werking** als significante effecten op de bruinvispopulatie op het NCP niet kunnen worden uitgesloten. Dit is het geval als uit de berekeningen zou blijken dat door de constructie van een windpark in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) de bruinvispopulatie met meer dan 510 dieren afneemt. Uit Tabel 3-13 is af te leiden dat deze waarde voor beide alternatieven in geen van de seizoenen wordt overschreden.

Tabel 3-13 Voorspelde maximale afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in verschillende seizoenen bij toepassen van een gedifferentieerde geluidsnorm.

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)		
	Jan - mei	Jun – aug	Sep – dec
Alternatief 1	432	441	412
Alternatief 2	405	407	421

Effecten op beschermde soorten

De Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) is voor **zeehonden** niet in het geding, omdat de geluidsnormen die zullen worden opgelegd om significant negatieve effecten op de bruinvispopulatie te voorkomen, tot gevolg hebben dat ook geen significante effecten op zeehonden optreden. Voor **bruinvissen** is de GSI niet in het geding, omdat de geluidsnormen erop zijn gericht dat de afname van de bruinvispopulatie met grote zekerheid (95%) niet meer dan 5% zal bedragen bij de uitvoer van het SER-akkoord (= 10 windparken). Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten.

4 Cumulatieve effecten

4.1 AFBAKENING

In het onderzoek naar de cumulatieve effecten op zeezoogdieren is uitsluitend gekeken naar de effecten van impulsief geluid dat ten behoeve van en tijdens de constructie van windparken op zee wordt geproduceerd. Het betreft de volgende geluidsbronnen:

- Apparatuur die wordt gebruikt voor geofysisch onderzoek in het plangebied (seismische surveys);
- Apparatuur voor het in de zeebodem verankeren van de fundering van het TenneT-platform;
- Apparatuur voor het in de zeebodem verankeren van de turbinefunderingen (heigeluid).

Mogelijke effecten van continu geluid (w.o. scheepsgeluid en geluid van operationele windparken) en de effecten van andere bronnen van impulsief geluid (sonar, explosies en seismische surveys voor olie en gas) zijn buiten beschouwing gebleven.

4.2 CUMULATIEVE EFFECTEN IN ÉÉN JAAR

4.2.1 Scenario's

Voor het verkrijgen van een indruk van de cumulatieve effecten van de constructie van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) op de zeezoogdieren van het NCP met andere initiatieven zijn de volgende scenario's beschouwd:

- Hollandse Kust (noord): aanleg in de periode januari – mei (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek in hetzelfde jaar¹¹;
- Hollandse Kust (noord): aanleg in de periode juni – augustus (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek in hetzelfde jaar;
- Hollandse Kust (noord): aanleg in de periode september – december (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek in hetzelfde jaar.

Voor de cumulatie met andere initiatieven is er verder van uitgegaan dat in hetzelfde jaar dat dit park wordt gebouwd ook één windpark op het Belgisch Continentaal Plat (BCP) zal worden aangelegd en dat de heiwerkzaamheden hiervoor in het voorjaar zullen plaatsvinden (*worst case*). Er is daarbij gekozen voor het windpark Mermaid¹², bestaande uit 38 turbines van 6 MW. Aangenomen is dat de hei-energie 2.000 kJ bedraagt (aannname TNO). Verder is aangenomen dat 45% van het verstoringsoppervlak over het NCP valt.

In de berekeningen van cumulatieve effecten is er *worst case* van uitgegaan dat er voor de windturbines per etmaal slechts één fundering wordt geheid en dat er dus geen sprake is van overlappende verstoringoppervlakten (waardoor het totale aantal dierverstoringsdagen afneemt). Het TenneT-platform heeft een zogenaamde jacketfundering, die met 4, relatief kleine palen in de

¹¹ Het seismische vooronderzoek vindt meestal een of meerdere jaren voorafgaand aan de aanleg van het eigenlijke windpark plaats. Voor de berekening van de effecten op de populatie maakt het echter niet uit in welk jaar het onderzoek plaats heeft.

¹² Er is voor dit park gekozen, omdat de effecten van de constructie daarvan op de bruinvispopulatie naar verwachting het grootst zullen zijn. Dit heeft met de gemiddelde waterdiepte op de planlocatie te maken die van alle geplande parken op het BCP het grootst is. Het betreft dus een *worst case*.

zeebodem wordt verankerd. Er wordt van uitgegaan dat deze met een hei-energie van 1.000 kJ worden geheid en dat per dag 2 palen worden geheid¹³. Het verstoorte oppervlak is geschat door de bverekende oppervlakten voor paalposities 3, 4 en 6 te middelen. Tijdens het heien van een jacket-paal zal vanaf een gegeven moment de paal zo ver de bodem in gaan dat de afstraal effectiviteit hierdoor zal afnemen; omdat de paal niet meer de hele waterkolom zal overbruggen. Conform de door TNO uitgevoerde berekening voor de transformatorplatforms voor windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) is ervan uitgegaan dat de paal gedurende de gehele heitijd over de hele waterkolom afstraalt (de Jong en Binnerts, 2016). Voor de berekening van het effect van het geofysisch onderzoek is er voor wat betreft duur en ingezette apparatuur van uitgegaan dat het vergelijkbaar is met het onderzoek dat is uitgevoerd voor windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) (RVO, 2016). Dit betekent dat:

- Per dag (en nacht) 10 km² zeebodem wordt gesurveyed;
- Dit voor bruinvissen een verstoringsoppervlak van 10 km² per etmaal tot gevolg heeft;
- Het onderzoek in maart/april wordt uitgevoerd en 43 dagen duurt.

4.2.2 Effecten op bruinvis

De resultaten van de berekening van de effecten van heigeluid op bruinvissen door het in één jaar aanleggen van de windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in twee alternatieve opstellingen, het daarvoor benodigde seismische onderzoek en het windpark Mermaid in België (basisscenario) zijn opgenomen in Tabel 4-1 en Tabel 4-2. Uit de resultaten blijkt dat het niet mogelijk is in één jaar volgens deze scenario's windparken op of grenzend aan het NCP aan te leggen zonder dat de norm van de jaarlijks maximaal toelaatbare populatiereductie van 510 dieren wordt overschreden.

Tabel 4-1 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op bruinvissen op het NCP door de constructie van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 1), een TenneT-platform, het benodigde seismische vooronderzoek en het Belgische Mermaid (basisalternatief) in één jaar. Voor Hollandse Kust (noord) zijn de over de zes onderzochte paalposities gemiddelde waarden weergegeven.

	Impulsdagen	Dierversoringsdagen	Populatiereductie (5 ^e percentiel)	
			aantal dieren	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	505	6	<0,1
Constructie platform	2	3.883	43	0,1
Aanleg funderingen HKN				
Januari – mei	95	156.254	1.723	3,4
Juni – augustus	95	86.512	954	1,9
September – december	95	52.972	584	1,1
Mermaid	38	54.219	598	1,2
Totaal NCP	Minimaal	111.578	1.231	2
	Maximaal	214.860	2.370	5

Tabel 4-2 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op bruinvissen op het NCP door de constructie van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 2), zie verder bijschrift Tabel 4-2.

	Impulsdagen	Dierversoringsdagen	Populatiereductie (5 ^e percentiel)	
			aantal dieren	% NCP

¹³ Dit is een *worst case* scenario, want de totale heitijd voor een jacket-fundering bedraagt 4 – 6 uur (1 tot 1,5 uur per paal). In principe kan dat in één dag, maar rekening houdend met onderbreking a.g.v. weersomstandigheden wordt uitgegaan van 2 dagen.

Sesimisch vooronderzoek	43	505	6	<0,1
Constructie platform	2	3.883	43	0,1
Aanleg funderingen HKN				
Januari – mei	76	220.666	2.433	4,8
Juni – augustus	76	122.174	1.347	2,6
September – december	76	74.808	825	1,6
Mermaid	38	54.219	598	1,2
Totaal NCP	Minimaal	133.415	1.472	3
	Maximaal	279.272	3.079	6

4.2.3 Effecten op zeehonden

Voor zeehonden zijn geen gegevens van verstoringscontouren voor het Belgische windpark Mermaid beschikbaar. Er is daarom uitgegaan van de resultaten van berekeningen die door TNO voor het aan Mermaid grenzende kavel IV van het winenergiegebied Borssele zijn uitgevoerd. Daarbij zijn de gegevens van de twee onderzochte paalposities gemiddeld en is ook voor de twee onderzochte hei-energieën gemiddeld. Voor de bruinvis-berekeningen is voor Mermaid namelijk uitgegaan van een hei-energie van 2.000 kJ. De resultaten van de berekeningen staan in Tabel 4-3 en Tabel 4-4. Naar analogie van eerder gepresenteerde berekeningen voor Hollandse Kust (noord) (zie Tabel 3-3, Tabel 3-4) is ook een bandbreedte gegeven van het aantal mogelijk verstoorte zeehonden nadat alle funderingen (beide alternatieven), inclusief de funderingen voor het TenneT-platform en Mermaid zijn geheid (weergegeven als percentage van de Nederlandse populatie) én het seismische vooronderzoek in hetzelfde jaar is uitgevoerd. Voor de ondergrens is van volledige plaatstrouw uitgegaan, wat betekent dat steeds dezelfde zeehonden op de dagen dat de werkzaamheden worden uitgevoerd worden verstoord. Voor de bovengrens is het gemiddeld aantal verstoorte zeehonden per geheide fundering vermenigvuldigd met het aantal geheide funderingen. Hier is er dus van uitgegaan dat steeds andere zeehonden worden verstoord. Voor het beoordelen van een eventueel effect op de populatie is het aannemelijk dat de eerstgenoemde situatie maatgevend is, aangezien een meerdere malen verstoord dier in zijn normale functioneren meer wordt beïnvloed dan een dier dat eenmalig wordt verstoord. Voor het berekenen van de effecten van het seismisch onderzoek is de gemiddelde dichtheid van de zeehonden vermenigvuldigd met het verstoorte oppervlak (*i.e.* 10 km²) als wordt uitgegaan van volledige plaatstrouw. Dit getal is vermenigvuldigd met het aantal verstoringdagen (*i.e.* 43) voor de berekening van het aantal eenmalig verstoorte dieren.

De effecten op grijze zeehonden zijn naar verwachting kleiner, omdat de populatie kleiner is (en de totale aantallen op het NCP lager).

Uit de overzichten blijkt dat de bijdrage van de aanleg van het Belgische Mermaid aan het totale cumulatieve effect zeer gering is. Dit is het gevolg van de zeer lage dichtheid van zeehonden in het bij de constructie van dit park door onderwatergeluid verstoorte gebied. Ook de verstoring vanwege het seismisch onderzoek draagt weinig bij aan het totale effect, wat het gevolg van het relatief kleine verstoorte oppervlak.

Tabel 4-3 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehonden op het NCP door de constructie van winturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 1), het daarvoor benodigde seismische vooronderzoek en het Belgische Mermaid (basisalternatief) in één jaar. Voor Hollandse Kust (noord) zijn de over de zes onderzochte paalposities gemiddelde waarden weergegeven.

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	1	45	0,01 – 0,4
Constructie platform	2	43	171	0,3 – 1,4
Aanleg funderingen HKN				
Januari – april	95	76	7.194	0,6 – 58
Mei – juli	95	30	2.891	0,3 – 23
September – december	95	54	5.140	0,4 – 41
Mermaid	38	1	30	0,01 – 0,2
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,3 – 1,0
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				24 – 60

Tabel 4-4 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehonden op het NCP door de constructie van winturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 2), zie verder bijschrift Tabel 4-3

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	1	45	0,01 – 0,4
Constructie platform	2	43	171	0,3 – 1,4
Aanleg funderingen HKN				
Januari – april	76	151	11.458	1,2 – 92
Mei – juli	76	61	4.654	0,5 – 37
September – december	76	91	6.910	0,7 – 56
Mermaid	38	1	30	0,01 – 0,2
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,7 – 1,6
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				38 – 94

4.3 CUMULATIEVE EFFECTEN IN ÉÉN JAAR OP NATURA 2000-GEBIEDEN

4.3.1 Bruinvis

Uitgangspunt bij de toetsing van de effecten op de bruinvispopulatie is dat met grote zekerheid (95%) moet kunnen worden vastgesteld dat de huidige bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van de aanleg van de 10 offshore windparken van het SER-akkoord met niet meer dan 5% afneemt. Ervan uitgaande dat per jaar twee parken worden aangelegd, betekent dit dat de jaarlijkse afname niet meer dan **510** dieren mag bedragen.

Uit Tabel 4-1, Tabel 4-2 en de begeleidende tekst is af te leiden dat deze waarde in alle gevallen wordt overschreden als in één jaar voor windturbines in en het TenneT-platform in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) wordt geheid. Zonder het nemen van mitigerende maatregelen zijn significante effecten op de bruinvis als gevolg van indirecte externe werking in de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en de Vlake van de Raan daarom niet uit te sluiten. Met

het nemen van mitigerende maatregelen zijn deze significante effecten te voorkomen (zie verder § 5.7).

4.3.2 Zeehonden

Heigeluid tijdens het in één jaar aanleggen van windturbines en het TenneT-platform in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) en het Belgische Mermaid kan, gecumuleerd met de verstoring die ontstaat tijdens het op de locatie uitgevoerde seismisch vooronderzoek kan gevolgen hebben voor de in Nederland gelegen Natura 2000-gebieden met instandhoudingsdoelstellingen voor zeehonden. Het betreft de noordelijke Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Waddenzee en de in het deltagebied gelegen Natura 2000-gebieden Voordelta, Oosterschelde, Vlakte van de Raan en Westerschelde & Saeftinghe.

Uit de in § 3.2 gepresenteerde resultaten van berekeningen blijkt dat de verstoringcontouren voor zeehonden door heien voor de constructie van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) overlap vertonen met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Er is dus sprake van directe externe werking. De totale omvang van het foerageergebied buiten de Natura 2000-gebieden neemt ook af (indirecte externe werking). In § 3.3 is geconcludeerd dat vanwege het niet te verwaarlozen, tijdelijke verlies van foerageergebied tijdens de constructiefase in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden, waarvoor in de Nederlandse Natura 2000-gebieden instandhoudingsdoelen gelden, niet zijn uit te sluiten. Door te cumuleren met de, veel kleinere effecten van de constructie van een windpark op het Belgisch continentaal Plat en het in het palng gebied Hollandse Kust (noord) uit te voeren seismisch vooronderzoek verandert deze beoordeling niet.

4.4 CUMULATIEVE EFFECTEN IN ÉÉN JAAR OP BESCHERMDE SOORTEN

4.4.1 Bruinvis

Ter beoordeling van het effect van verstoring op de Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) van de bruinvispopulatie op het NCP, bedraagt de maximaal toelaatbare populatieafname van **510** dieren als windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) worden gebouwd. Wanneer de voorspelde afname onder deze norm blijft kan een effect op de GSI van de betreffende populatie met zekerheid worden uitgesloten. Wanneer de voorspelde afname deze waarde overschrijdt, kan niet worden uitgesloten dat de GSI in het geding is.

De resultaten van de berekeningen van de cumulatieve effecten van de constructie van windturbines en het TenneT-platform in windenergiegebied Hollandse Kust (noord), in combinatie het benodigde seismisch vooronderzoek en de aanleg van het Belgische Mermaid in één jaar zijn weergegeven in Tabel 4-1 en Tabel 4-2. Hieruit en de begeleidende tekst blijkt dat de waarde van 510 dieren in alle gevallen wordt overschreden. Effecten op de GSI zijn daarom niet uit te sluiten. De constructie van deze windparken is alleen mogelijk als mitigerende maatregelen worden genomen, zodat het geluid zich minder ver verspreidt; hierdoor neemt het oppervlak binnen de verstoringcontour (sterk) af (zie verder § 5.7).

4.4.2 Zeehonden

Bij het in één jaar aanleggen van windturbines en het TenneT-platform in windenergiegebied Hollandse Kust (noord), het daarvoor benodigde seismische vooronderzoek en de aanleg van het

Belgische Mermaid treedt ook verstoring van gewone en grijze zeehonden op. Alleen al door de aanleg van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) is het aantal verstoorde dieren dermate hoog dat effecten op de GSI niet kunnen worden uitgesloten (zie § 3.4). Door te cumuleren met de, veel kleinere effecten van de constructie van een windpark op het Belgisch continentaal Plat, de constructie van een TenneT-platform en het in het plangebied Hollandse Kust (noord) uit te voeren seismisch vooronderzoek verandert deze beoordeling niet.

4.5 CUMULATIEVE EFFECTEN NA CONSTRUCTIE VAN WINDPARKEN VOLGENS HET SER-AKKOORD

Voor de berekening van de cumulatieve effecten van de realisatie van de windparken uit het SER-akkoord op **bruinvissen** is ervan uitgegaan dat er gedurende 5 opeenvolgende jaren steeds 2 parken per jaar worden gebouwd. Elk van deze parken bestaat uit 58 turbines van 6 MW die met een energie van 2.000 kJ worden geheid. Effecten van het heien van palen voor de funderingen van de TenneT platforms en het geofysisch onderzoek zijn in dit scenario niet meegenomen.

Onderstaande Tabel 4-5 bevat de resultaten van de Interim PCoD berekeningen voor de volgende scenario's:

- 1 2 parken per jaar in voorjaar zonder geluidsnorm (= ~ 174 dB op 750 m),
- 2 2 parken per jaar in voorjaar met geluidsnorm; 2a: 160 dB, 2b: 165 dB, 2c: 168 dB,
- 3 2 parken per jaar, 1 in voorjaar en 1 in najaar zonder geluidsnorm,
- 4 2 parken per jaar in het najaar zonder geluidsnorm.

Tabel 4-5 Met Interim PCoD berekende additionele populatiereductie van bruinvissen door heigeluid bij de constructie van windparken op de Noordzee. Oranje: beperkte overschrijding van de maximaal toelaatbare afdname bij uitvoer van het SER-akkoord (= 2.550 dieren, zie § 2.3). Zie tekst voor beschrijving scenario's.

Scenario*	Impulsdagen	Bruinvis verstoringdagen	Additionele populatiereductie (individuen) na 6 jaar			
			Mediaan (50 ^e percentiel)	5 ^e percentiel	10 ^e percentiel	90 ^e percentiel
1	580	2.326.049	7.418	19.344	15.872	924
2a	580	203.668	4	2.645	1.000	-15
2b	580	419.877	54	5.263	3.300	-11
2c	580	633.702	516	7.229	5.854	-10
3	580	1.572.572	5.274	16.303	13.361	4
4	580	802.261	1.422	8.960	7.025	-6

*Voor alle scenario's is uitgegaan van een drempelwaarde voor verstoring van $SEL_1 = 136 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ (i.p.v. de voor het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) gehanteerde $SEL_1 = 140 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$).

Uit de tabel is af te leiden dat bij volledige uitvoering van het SER-akkoord volgens de *onderzochte scenario's* significante effecten op de bruinvispopulatie op het NCP niet zijn uit sluiten, zelfs niet als een zeer strenge geluidsnorm wordt toegepast. In dat geval neemt de bruinvispopulatie met 95 dieren meer af dan het maximaal toelaatbare aantal van 2.550 dieren. Hierbij moet worden aangetekend dat bij de in Tabel 4-5 gepresenteerde resultaten is uitgegaan van een lagere drempelwaarde voor verstoring dan waarvan in het voorliggende rapport is uitgegaan. Daarnaast is per kavel slechts één *worst case* locatie doorgerekend. Hierbij is echter wel rekening gehouden met de lokale bathymetrie.

4.6 CUMULATIEVE EFFECTEN NA 6 JAAR OP DE TOTALE NOORDZEE (INTERNATIONAAL SCENARIO)

Door TNO is met het Interim PCoD model ook doorgerekend wat het effect op de totale bruinvispopulatie van de Noordzee (227.298 dieren) zou zijn van een scenario voor de bouw van windparken in Nederland, Duitsland, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk. Voor Nederland is daarbij uitgegaan van de bouw van 2 parken in het voorjaar. De resultaten van deze berekening staan in Tabel 4-6. Ter vergelijking is ook het Nederlandse scenario 1 opgenomen.

Tabel 4-6 Met Interim PCoD berekende additionele populatiereductie van bruinvissen door heigeluid bij de constructie van windparken op de Noordzee. Zie tekst voor beschrijving scenario's.

Scenario*	Impulsdagen	Bruinvis verstoringdagen	Additionele populatiereductie (individuen) na 6 jaar			
			Mediaan (50 ^e percentiel)	5 ^e percentiel	10 ^e percentiel	90 ^e percentiel
1	580	2.326.049	7.418	19.344	15.872	924
11	3.709	16.439.945	45.633	99.794	88.388	17.377

*Voor alle scenario's uitgegaan van een drempelwaarde voor verstoring van $SEL_1 = 136 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ is uitgegaan (i.p.v. de hier gehanteerde $SEL_1 = 140 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$).

De resultaten van de berekeningen leiden tot de volgende conclusies:

- Zonder mitigatie zijn significante effecten op de bruinvispopulatie op de Noordzee niet uit te sluiten: na de aanleg van alle, in het TNO-scenario opgenomen parken zou de populatiereductie op Noordzeeschaal ruim 40% kunnen bedragen¹⁴;
- De bijdrage van de Nederlandse parken aan het totale effect is ongeveer 20%.

4.7 CUMULATIEVE EFFECTEN NA MITIGATIE (VKA)

4.7.1 Scenario's

Voor het berekenen van de cumulatieve effecten mét toepassing van de in § 3.5.2 beschreven gedifferentieerde geluidsnormen, zijn voor de constructie windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) de volgende 3 scenario's beschouwd:

- Hollandse Kust (noord): aanleg in de periode januari – mei (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek in hetzelfde jaar¹⁵;
- Hollandse Kust (noord): aanleg in de periode juni – augustus (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek in hetzelfde jaar;
- Hollandse Kust (noord): aanleg in de periode september – december (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek in hetzelfde jaar.

¹⁴ Hierbij dient in aanmerking te worden genomen dat er bij de modelberekeningen met PCoD van is uitgegaan dat de ontwikkeling van de bruinvispopulatie niet dichtheidsafhankelijk is. 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 meer herstelt.

¹⁵ Het seismische vooronderzoek vindt meestal een of meerdere jaren voorafgaand aan de aanleg van het eigenlijke windpark plaats. Voor de berekening van de effecten op de populatie maakt het echter niet uit in welk jaar het onderzoek plaats heeft.

Voor de cumulatie met andere initiatieven is ervan uitgegaan dat in hetzelfde jaar dat hier wordt gebouwd ook één windpark op het Belgisch Continentaal Plat zal worden aangelegd en dat de heiwerkzaamheden hiervoor vanaf 1 mei zullen plaatsvinden (*worst case*). Er is daarbij gekozen voor het windpark Mermaid, bestaande uit 38 turbines van 6 MW. Aangenomen is dat de heienergie 2.000 kJ bedraagt (aanne TNO). Ook is ervan uitgegaan dat er conform de recent uitgegeven vergunningen een hei-restrictie van kracht is in de periode 1 januari tot en met 30 april, omdat in deze periode de dichtheid van bruinvissen het hoogst is. Bovendien geldt in België een inspanningsverplichting om de geluidsbelasting op 750 meter afstand van de bron niet boven de 185 dB re 1 μPa (SPL-peak) uit te laten komen. Deze norm is iets strenger dan de Duitse norm van maximaal 160 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ van de SEL_1 op 750 meter (of 190 dB SPL op 750 m). Voor de berekening van het verstoringsoppervlak is van de Duitse norm uitgegaan en is het, bij deze norm behorende en door TNO berekende over de vier kavels gemiddelde, maximale verstoringsoppervlak voor de Borssele windparken gebruikt (160 km²). Er is aangenomen dat 30% van het verstoringsoppervlak over het NCP valt.

In de berekeningen van cumulatieve effecten is er *worst case* van uitgegaan dat er per etmaal slechts één fundering wordt geheid en dat er dus geen sprake is van overlappende verstoringsoppervlakten (indien sprake is van overlappende verstoringsoppervlakten, zal het totale aantal dierverstoringsdagen afnemen). Bij het heien van de palen voor de jacket-fundering van het TenneT-platform is, net als voor de funderingen van de windturbines een geluidsnorm worden opgelegd. Deze komt overeen met de geluidsnorm voor de constructie van alternatief 1.

4.7.2 Cumulatieve effecten op populaties van zeezoogdieren (gemitigeerd)

Bruinvissen

Als geluidsreducerende maatregelen worden genomen zijn significant negatieve effecten uit te sluiten als in één jaar windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) en het Belgische windpark Mermaid worden aangelegd in combinatie met het benodigde seismische onderzoek. Uit de berekeningen zoals weergegeven in onderstaande Tabel 4-7 en

	Impulsdagen	Dierverstoringsdagen	Populatiereductie (5e percentiel)	
			aantal dieren	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	505	6	<0,1
Constructie platform	2	731	8	<0,1
Aanleg funderingen HKN				
Januari – mei	95	29.983	331	0,6
Juni – augustus	95	30.237	334	0,7
September – december	95	28.263	312	0,6
Mermaid	38	883	10	0,0
Totaal NCP	Minimaal	30.382	335	0,7
	Maximaal	32.356	357	0,7

Tabel 4-8 blijkt dat bij aanleg van de windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord), de maximaal toelaatbare populatiereductie op het NCP van 510 individuen niet wordt overschreden. Als in hetzelfde jaar ook het Belgische windpark Mermaid zou worden aangelegd en het seismisch onderzoek wordt uitgevoerd, kan de bruinvispopulatie op het NCP met 16 dieren extra afnemen. De populatiereductie blijft dan nog steeds onder het maximaal toelaatbare aantal van 510 dieren.

Tabel 4-7 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op bruinvissen op het NCP door de constructie van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 1), een TenneT-platform, het benodigde seismische vooronderzoek en het Belgische Mermaid (basisalternatief) in één jaar. Zowel voor Hollandse Kust (noord) als voor Mermaid is uitgegaan van heien met een geluidsnorm. Voor Hollandse Kust (noord) zijn de over de zes onderzochte paalposities gemiddelde waarden weergegeven. Voor de constructie van het TenneT-platform zijn de voor alternatief 1 berekende waarden op de paalposities 3, 4 en 6 gemiddeld.

	Impulsdagen	Dierversoringsdagen	Populatiereductie (5 ^e percentiel)	
			aantal dieren	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	505	6	<0,1
Constructie platform	2	731	8	<0,1
Aanleg funderingen HKN				
Januari – mei	95	29.983	331	0,6
Juni – augustus	95	30.237	334	0,7
September – december	95	28.263	312	0,6
Mermaid	38	883	10	0,0
Totaal NCP	Minimaal	30.382	335	0,7
	Maximaal	32.356	357	0,7

Tabel 4-8 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op bruinvissen op het NCP door de constructie van windturbines in het het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 2), zie verder bijschrift Tabel 4-7.

	Impulsdagen	Dierversoringsdagen	Populatiereductie (5 ^e percentiel)	
			aantal dieren	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	505	6	<0,1
Constructie platform	2	731	8	<0,1
Aanleg funderingen HKN				
Januari – mei	76	27.897	308	0,6
Juni – augustus	76	27.960	308	0,6
September – december	76	29.446	325	0,6
Mermaid	38	883	10	0,0
Totaal NCP	Minimaal	30.016	331	0,6
	Maximaal	31.565	348	0,7

Cumulatieve effecten op de zeehondenpopulatie

Op vergelijkbare wijze als beschreven in § 4.2.3 zijn voor zeehonden de cumulatieve effecten berekend, ervan uitgaand dat restricties aan het heiseizoen en de hoeveelheid geproduceerd heigeluid worden opgelegd (zie § 4.7.1 voor scenario's). De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 4-9 en Tabel 4-10. Uit de overzichten blijkt dat als bij het aanleggen van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (noord) en het Belgische Mermaid wordt geheid met een geluidsnorm in combinatie met de aanleg van een TenneT-platform en de effecten van seismisch onderzoek de cumulatieve effecten nauwelijks groter zijn dan wanneer uitsluitend naar de effecten van Hollandse Kust (noord) wordt gekeken. De cumulatieve effecten worden daarom op grond van dezelfde argumentatie als beschreven in § 3.5.2 als niet significant beoordeeld.

Tabel 4-9 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehonden op het NCP door de constructie van winturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 1), het daarvoor benodigde seismische vooronderzoek en het Belgische Mermaid (basisalternatief) in één jaar. Zowel voor Hollandse Kust (noord) als voor Mermaid is uitgegaan van heien met een geluidsnorm. Voor Hollandse Kust (noord) zijn de over de zes onderzochte paalposities gemiddelde waarden weergegeven.

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	1	45	0,01 – 0,4
Constructie platform	2	6	25	0,05 – 0,2
Aanleg funderingen HKN				
Januari – april	95	11	1.068	0,1 – 9
Mei – juli	95	6	543	< 0,1 – 4
September – december	95	24	2.261	0,2 – 18
Mermaid	38	1	20	< 0,01 – 0,2
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,1 – 0,2
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				5 – 18

Tabel 4-10 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehonden op het NCP door de constructie van winturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) (alternatief 2), zie verder bijschrift Tabel 4-9

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	43	1	45	0,01 – 0,4
Constructie platform	2	6	25	0,05 – 0,2
Aanleg funderingen HKN				
Januari – april	76	14	1.083	0,1 – 9
Mei – juli	76	7	554	0,1 – 4
September – december	76	21	1.622	0,2 – 13
Mermaid	38	1	20	< 0,01 – 0,2
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,1 – 0,2
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				5 – 13

4.7.3 Cumulatieve effecten op Natura 2000-gebieden

Bruinvissen

Bij toepassen van een geluidsnorm tijdens het heien voor de aanleg van windturbines en TenneT-platform in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in combinatie met het Belgische Mermaid en het seismische vooronderzoek zullen er geen gevolgen zijn voor de Nederlandse, in de kustzone gelegen Natura 2000-gebieden met instandhoudingsdoelstellingen voor bruinvissen. Het betreft de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en de Vlake van de Raan. De tijdens de aanleg van Mermaid optredende verstoringcontouren zijn dermate klein dat er geen sprake is van overlap. Wel is er sprake van een zekere (kleine) overlap met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone als in het noordelijk deel van het plangebied voor Hollandse Kust (noord) wordt geheid (directe externe werking). Dit effect is als niet significant beoordeeld (zie § 3.5.2). De totale omvang van het leef- en foerageergebied neemt ook af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP kan ontstaan (indirecte externe werking). Uit voorgaande paragraaf blijkt, dat voor de aanleg van windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) en het Belgische windpark Mermaid, in combinatie met het benodigde seismische vooronderzoek in cumulatie significant negatieve effecten zijn uit te sluiten.

Zeehonden

Bij toepassen van een geluidsnorm tijdens het heien voor de aanleg van windturbines en het TenneT-platform in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in combinatie met het Belgische Mermaid en het seismische vooronderzoek zullen er geen gevolgen zijn voor de Nederlandse, in de kustzone gelegen Natura 2000-gebieden met instandhoudingsdoelstellingen voor gewone en grijze zeehonden. Voor zeehonden gaat het daarbij met name om het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. De cumulatieve effecten als gevolg van directe en indirecte externe werking zijn als niet significant zijn beoordeeld. Zie hiervoor § 3.5.2 en § 4.7.2.

4.7.4 Effecten op beschermde soorten

De Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) is niet in het geding, omdat bij toepassen van de naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnormen tijdens de aanleg van windturbines en het TenneT-platform in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) de afname van de **bruinvispopulatie** met grote zekerheid (95%) niet meer dan 510 dieren bedragen (= 1% van de bruinvispopulatie op het NCP). Zie ook Tabel 4-7 en Tabel 4-8. Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten. Het opleggen van restricties aan heiseizoen of aantal funderingen voor bruinvissen bij de constructie van windturbines en het TenneT-platform in het windenergiegebied Hollandse Kust (noord) in combinatie met die van een windpark op het Belgisch deel van het Continentaal Plat en het benodigde seismische vooronderzoek leidt ertoe dat de GSI ook voor **zeehonden** niet in het geding is (zie Tabel 4-9 en Tabel 4-10).

4.7.5 Cumulatieve effecten na constructie van windparken op het NCP volgens het SER-akkoord

De afname van de bruinvispopulatie als gevolg van de constructie van windparken (inclusief de 5 TenneT-platforms) op het NCP volgens het SER-Akkoord (10 kavels van elk 380 MW) zal in principe nooit meer dan 255 dieren per kavel bedragen, omdat dit door de Nederlandse overheid als toetsingscriterium bij de beoordeling van effecten zal worden gebruikt. Met het voorgestelde stelsel van geluidsnormen, waarin naar seizoen en aantal op te stellen funderingen per park is gedifferentieerd, is dit verzekerd. Er is daarbij niet expliciet rekening gehouden met het heigeluid voor de constructie van de TenneT-platforms. Uit de voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord) uitgevoerde berekeningen voor cumulatieve effecten in één jaar blijkt echter dat de afname van de bruinvispopulatie hierdoor verwaarloosbaar toeneemt (Tabel 4-6 en Tabel 4-7). De maximaal toelaatbare afname van de bruinvispopulatie van 255 dieren per kavel zal daarom zeker niet worden overschreden.

4.7.6 Cumulatieve effecten op de totale Noordzee

De bijdrage van de Nederlandse windparken uit het SER-akkoord aan de effecten van het totale, in Heinis & de Jong (2015) beschreven Noordzee-scenario op de bruinvispopulatie van de Noordzee zal door de mitigerende maatregelen afnemen. In de eerdere berekeningen was dat ongeveer 20% (5 x 2 windparken in het voorjaar zonder geluidsnorm). Door het toepassen van gedifferentieerde geluidsnormen zal de Nederlandse bijdrage aan de effecten op de bruinvispopulatie afnemen tot maximaal ongeveer 3% van het totale effect van het Noordzee-scenario.

5 Leemten in kennis

De belangrijkste leemten in kennis met gevolgen voor de omvang van de berekende effecten hebben betrekking op de schatting van effecten op de bruinvispopulatie. Het gaat dan om leemten in kennis op het gebied van het kwantificeren van het aantal verstoorde dieren en dierverstoringsdagen, maar ook om de doorvertaling hiervan naar *vital rates*.

Kwantificeren van het aantal verstoorde dieren en dierverstoringsdagen

Het aantal verstoorde dieren wordt berekend door het geschatte verstoringsooppervlak (oppervlakte binnen contour waar de, in met AQUARIUS gegenereerde geluidskarten de drempelwaarde voor verstoring wordt overschreden) te vermenigvuldigen met de geschatte (niet door onderwatergeluid verstoorde) dierdichtheid in dat gebied voor de tijd van het jaar waarin de verstoring plaatsvindt.

- Het totale aantal dierverstoringsdagen is berekend door het aantal, op een dag mogelijk verstoorde dieren te vermenigvuldigen met de duur van de verstoring. Uit de tot nu toe beschikbare informatie over de duur van de verstoring is nog geen eenduidig beeld naar voren gekomen. De modeluitkomsten blijken echter relatief gevoelig te zijn voor keuzes die hierin worden gemaakt (8, 24 en 48 uur).
- Voor bruinvisserij geldt dat de beschikbare dichtheidsschattingen een grote onzekerheid kennen (95% betrouwbaarheidsinterval rond de hier gebruikte gemiddelde schattingen ligt tussen ongeveer -50% en +100% [Geelhoed et al, 2011]). Ook 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 vooral voor de regio van Kattegat/Skagerrak meer informatie beschikbaar is (e.g. Sveegaard, 2011, Wizniewska e.a. 2018), zal deze leemte voor de Noordzee niet op korte termijn worden opgevuld. Hierdoor blijft het lastig een nauwkeuriger schatting te maken van het aantal dieren dat in verschillende tijden van het jaar wordt beïnvloed.
- Voor het NCP is door Wageningen Marine Research (voorheen IMARES) op basis van telemetriegegevens een kaart met de ruimtelijke variatie in de dichtheid van gewone zeehonden gemaakt (Aarts e.a. 2016). Voor grijze zeehonden is een dergelijke kaart ook gemaakt (Brasseur e.a. 2010), maar deze is op gegevens van een beperkt aantal dieren gebaseerd en daarom minder betrouwbaar. In de laatste jaren zijn door de monitoring rond windparken op zee veel nieuwe zendergegevens zowel voor grijze zeehond beschikbaar gekomen. Ook is de kwaliteit van de gegevens doordat gps-zenders zijn gebruikt sterk verbeterd. Ontwikkeling van een kaart waarin deze nieuwe gegevens zijn verwerkt, indien mogelijk voor verschillende seizoenen, zou het mogelijk maken een betere schatting van het aantal door geluid verstoorde grijze zeehonden te maken.

Doorvertalen van dierverstoring naar *vital rates*

Bij het bepalen van effecten op de bruinvispopulatie liggen de belangrijkste leemten in kennis op het gebied van de doorvertaling van geluidverstoring van individuele dieren naar effecten op de gezondheid/conditie van dat dier en wat de gevolgen daarvan kunnen zijn op overlevingskans en voortplantingssucces. Deze kennisleemte is in het Interim PCoD model ingevuld door gebruik te maken van schattingen van deskundigen voor de relatie tussen verstoring en *vital rate* in een formeel *expert elicitation* proces. Hoewel het Interim PCoD model op dit moment in feite het enige operationele instrument is om populatie-effecten voor de Nederlandse situatie te kunnen bepalen, zijn er nog veel kanttekeningen bij te zetten. Een deel van de bedenkingen zou kunnen worden

weggenomen als meer kwantitatieve informatie beschikbaar zou komen over de relatie tussen verstoring en de gezondheid/conditie van individuele dieren (van verschillende leeftijd). Daarmee wordt het mogelijk een 'full PCoD model' toe te passen (zie Figuur 2-7 in Heinis & de Jong, 2015). In 2018 zal op basis van een tweetal nieuwe Expert Elicitations een update van het Interim PCoD worden gemaakt. Deze zal naar verechting eind 2018 beschikbaar komen.

Door de leden van de Werkgroep Onderwatergeluid is met betrekking tot deze stap in de effectberekeningen voor **bruinvissen** een groot aantal kennisleemten benoemd. De volgende aspecten kwamen daarbij naar voren:

- Invloed van verstoring op voedselopname en energieverbruik ('time-budget' analyse): Dit aspect is, meer dan voor andere zeezoogdieren van belang voor bruinvissen, omdat zij relatief klein zijn en regelmatig moeten eten om op gewicht te blijven. Zij zijn daarom relatief gevoelig voor verstoring, omdat dat gevolgen kan hebben voor hun voedselopname. Het gaat om vragen als: bij welke mate van verstoring verbruikt een verstoord dier meer energie dan een niet verstoord dier, bij welke mate van verstoring stopt een dier met foerageren, treedt gewenning op, hoe lang kan een dier zonder eten, onder welke omstandigheden (w.o. duur van vasten, voedselbeschikbaarheid) kan een (tijdelijk) tekort zonder substantiële invloed op de overlevingskans worden aangevuld en hoe hangt dat samen met de periode van het jaar?
- Habitatgeschiktheid: voor bruinvissen is nog niet goed bekend of en zo ja, waarom de gebieden waar (bij momentopnamen) 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 (zie voorgaand punt)? Hoe hangen seizoensvariaties in het voorkomen samen met variaties in het voorkomen van voedsel?
- Zogende moeder-jong combinaties: gevoeligheid van combinaties van moeders met nog niet gespeende jongen voor verstoring in vergelijking met solitaire dieren, kan maskering van communicatie door heigeluid daarbij een rol spelen?

Voor de **gewone en de grijze zeehond** zijn veel meer gegevens 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.

6 Referenties

- Aarts, G., S. Brasseur, S. Geelhoed, R. van Bemmelen, & M. Leopold, 2013. Grey and harbour seal spatiotemporal distribution along the Dutch West coast. IMARES report C103/13.
- Aarts, G., J. Cremer, R. Kirkwood, J.T. van der Wal, J. Matthiopoulos & S. Brasseur, 20116. Spatial distribution and Habitat preference of harbour seal (*Phoca vitulina*) in the Dutch North Sea. Wageningen Marine Research report C118/16.
- Arts, F. 2012. Trends en verspreiding van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991 – 2011. Rapport RWS Waterdienst BM 12.25.
- Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2014. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2012/2013. RWS Centrale Informatievoorziening BM 14.11.
- Binnerts, B., C. de Jong, M. Ainslie, M. Nijhof, Roel Müller & E. Jansen, 2016. Validation of the Aquarius models for prediction of marine pile driving sound. Sponsored by Rijkswaterstaat. TNO report TNO 2016 R11338.
- Brasseur, S., T. van Polanen Petel, G. Aarts, E. Meesters, E. Dijkman & P. Reijnders, 2010. Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North sea: population ecology and effects of wind farms. IMARES report No C137/10.
- Brasseur, S.M.J.M., M. Scheidat, G.M. Aarts, J.S.M. Cremer & O.G. Bos, 2008. Distribution of marine mammals in the North Sea for the generic appropriate assessment of future offshore wind parks. IMARES report C046/08.
- Camphuysen, C.J. & M.L. Siemensma, 2011. Conservation plan for the Harbour Porpoise Phocoena phocoena in The Netherlands: towards a favourable conservation status. NIOZ Report 2011-07, Royal Netherlands Institute for Sea Research, Texel.
- Costa, D.P., 2012. A bioenergetics approach to developing a population consequences of acoustic disturbance model. In: Popper AN, Hawkins A (eds) "The effects of noise on aquatic life. Advances in experimental medicine and biology." Springer Science and Business Media, New York, NY, p. 423–426.
- De Jong, C.A.F & M.A. Ainslie, 2012. Analysis of the underwater sound during piling activities for the Off-shore Wind Park Q7. Report TNO 2012 R10081.
- De Jong, C & B. Binnerts, 2016. Onderwatergeluidberekeningen Net op Zee Hollandse Kust (zuid). Bijlage 2 bij Passende Beoordeling Net op zee Hollandse Kust (zuid). Passende beoordeling Net op zee Hollandse Kust (zuid). A&W-rapport 2263.
- Geelhoed, S.C.V., S. Lagerveld & J.P. Verdaat, 2015. Marine mammal surveys in Dutch North Sea waters in 2015. IMARES report C189/15.
- Geelhoed, S., M. Scheidat & R. van Bemmelen, 2014. Marine mammal surveys in Dutch waters in 2013. IMARES report C027/14.
- 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.
- Grontmij & Pondera, 2015. Milieueffectrapport kavelbesluit I windenergiegebied Borssele, Addendum bij het MER, Passende Beoordeling. Grontmij rapport GM-0156561.
- Harwood, J., R. Schick & C. Booth, 2014. Using the interim PCOD framework to support a cumulative impact assessment in Netherlands waters," report SMRUM-RWS-2014-014 (unpublished).
- Harwood, J., S. King, R. Schick, C. Donovan & C. Booth, 2013. A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCOD) approach: quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations. Report SMRUL-TCE-2013-014. Scottish Marine and Freshwater Science 5(2).
- Heinis F., C.J. de Jong & Werkgroep Onderwatergeluid, 2015. Cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op zeezoogdieren. Rapport TNO 2015 R10335.

- Kastelein, R.A., S. Van de Voorde & N. Jennings, 2018. Swimming Speed of a Harbor Porpoise (*Phocoena phocoena*) During Playbacks of Offshore Pile Driving Sounds. *Aquatic Mammals* 44: 92-99.
- Kastelein, R.A., L. Hoek, R. Gransier, M. Rambags & N. Claeys, 2014. Hearing frequencies of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by played back offshore pile driving sounds. SEAMARCO report 2014-5, Draft version 1.
- Lucke, K., U. Siebert, P.A. Lepper & M.-A. Blanchet, 2009. Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli," *J. Acoust. Soc. Am.* 125, 4060–70.
- 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.
- New, L.F., J. S. Clark, D. P. Costa, E. Fleishman, M. A. Hindell, T. Klanjšček, D. Lusseau, S. Kraus, C. R. McMahon, P. W. Robinson, R. S. Schick, L. K. Schwarz, S. E. Simmons, L. Thomas, P. Tyack, J. Harwood. 2014. Using short-term measures of behaviour to estimate long-term fitness of southern elephant seals. *MEPS* 496:99-108.
- 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.
- Russell, D.B.J, G.D. Hastie, D. Thompson¹, V.M. Janik, P.S. Hammond, L.A.S. Scott-Hayward, J. Matthiopoulos, E.L. Jones & B.J. McConnell, 2016. Avoidance of wind farms by harbour seals is limited to pile driving activities. *Journal of Applied Ecology* 2016 doi: 10.1111/1365-2664.12678.
- RVO – Netherlands Enterprise Agency 2016. Hollandse Kust (Zuid) Wind Farm Zone – Certification Report Site conditions Geophysical Investigations. Report No.: CR-SC-DNVGL-SE-0190-02453-1_Geophysics.
- Scheidat, M., R. Leaper, M. van den Heuvel-Greve & A. Winship, 2013. Setting Maximum Mortality Limits for Harbour Porpoises in Dutch Waters to Achieve Conservation Objectives. *Open Journal of Marine Science* 2013, 3.
- SEAMARCO, 2011. Temporary hearing threshold shifts and recovery in a harbor porpoise and two harbor seals after exposure to continuous noise and playbacks of pile driving sounds. Part of the Shortlist Masterplan Wind 'Monitoring the Ecological Impact of Offshore Wind Farms on the Dutch Continental Shelf'. commissioned by the Department of Water Management of the Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment. SEAMARCO Ref: 2011/01.
- Southall, B.L., A.E. Bowles, W.T. Ellison, J.J. Finneran, R.L. Gentry, C.R. Greene Jr., D. Kastak, D.R. Ketten, J.H. Miller, P.E. Nachtigall, W.J. Richardson, J.A. Thomas & P.L. Tyack, 2007. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, 33(4), 411–521.
- Sparling, C.E. & M.A. Fedak, 2004. Metabolic rates of captive grey seals during voluntary diving. *J Exp Biol* 207: 1615-1624.
- 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.
- Van Beest, F.M., J. Nabe-Nielsen, J. Carstensen, J. Teilmann & J. Tougaard, 2015. Disturbance effects on the Harbour Porpoise Population in the North Sea (DEPONS): Status report on the model development. Aarhus University, DCE-Danish Centre for Environment and Energy, 43 pp. Scientific Report from DCE-Danish Centre for Environment and Energy No. 140.
- Weston, D.E. 1971. Intensity-range relations in oceanographic acoustics. *Journal of Sound and Vibration* 18(2), pp 271-287.
- Weston, D.E. 1976. Propagation in water with uniform sound velocity but variable-depth lossy bottom, *Journal of Sound and Vibration* 47(4), pp 473-483.
- Wisniewska, D.M., M. Johnson, J. Teilmann, U. Siebert⁵, A. Galatius, R. Dietz & P.T. Madsen, 2018. High rates of vessel noise disrupt foraging in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Proc. R. Soc. B* 285: 20172314. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.2314>.

BIJLAGE 1 BEREKENINGEN ONDERWATERGELUID DOOR HEIWERKZAAMHEDEN WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (NOORD)

Memo TNO (apart bijgevoegd)

BIJLAGE 2 REKENRESULTATEN PER PAALPOSITIE

EFFECTEN OP BRUINVIS

Alternatief 1 (95 turbines)	jan - mei					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord (km2)	1.142	929	1.655	1.685	1.374	1.621
Bruinvissen binnen contour (n)	1.341	1.091	1.943	1.978	1.613	1.903
Dierversoringsdagen	127.367	103.611	184.582	187.928	153.242	180.790
Dierversoringsdagen x 1000	127	104	185	188	153	181
Populatiereductie totaal	1.405	1.143	2.036	2.072	1.690	1.994
	jun - aug					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	1.142	929	1.655	1.685	1.374	1.621
Bruinvissen binnen contour (n)	742	604	1.076	1.095	893	1.054
Dierversoringsdagen	70.519	57.366	102.196	104.049	84.845	100.097
Dierversoringsdagen x 1000	71	57	102	104	85	100
Populatiereductie totaal	778	633	1.127	1.148	936	1.104
	sep - dec					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	1.142	929	1.655	1.685	1.374	1.621
Bruinvissen binnen contour (n)	455	370	659	671	547	645
Dierversoringsdagen	43.179	35.125	62.576	63.710	51.951	61.290
Dierversoringsdagen x 1000	43	35	63	64	52	61
Populatiereductie totaal	476	387	690	703	573	676

Alternatief 2 (76 turbines)	jan - mei					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord (km2)	1.970	1.618	3.006	3.028	2.386	2.831
Bruinvissen binnen contour (n)	2.313	1.900	3.529	3.555	2.801	3.324
Dierversoringsdagen	175.771	144.364	268.207	270.170	212.888	252.593
Dierversoringsdagen x 1000	176	144	268	270	213	253
Populatiereductie totaal	1.938	1.592	2.956	2.978	2.347	2.785
	jun - aug					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	1.970	1.618	3.006	3.028	2.386	2.831
Bruinvissen binnen contour (n)	1.281	1.052	1.954	1.968	1.551	1.840
Dierversoringsdagen	97.318	79.929	148.496	149.583	117.868	139.851
Dierversoringsdagen x 1000	97	80	148	150	118	140
Populatiereductie totaal	1.073	882	1.638	1.650	1.300	1.542
	sep - dec					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	1.970	1.618	3.006	3.028	2.386	2.831
Bruinvissen binnen contour (n)	784	644	1.196	1.205	950	1.127
Dierversoringsdagen	59.589	48.941	90.925	91.591	72.172	85.632
Dierversoringsdagen x 1000	60	49	91	92	72	86
Populatiereductie totaal	657	540	1.003	1.010	796	945

Na mitigatie (VKA)

Alternatief 1 (95 turbines)	jan - mei					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord (km2)	222	174	264	319	283	351
Bruinvissen binnen contour (n)	261	204	310	375	332	412
Dierversoringsdagen	24.760	19.406	29.444	35.578	31.563	39.147
Dierversoringsdagen x 1000	25	19	29	36	32	39
Populatiereductie totaal	273	214	325	392	348	432
	jun - aug					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	399	314	493	578	506	648
Bruinvissen binnen contour (n)	259	204	320	376	329	421
Dierversoringsdagen	24.638	19.390	30.443	35.692	31.246	40.014
Dierversoringsdagen x 1000	25	19	30	36	31	40
Populatiereductie totaal	272	214	336	394	345	441
	sep - dec					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	612	472	758	892	764	987
Bruinvissen binnen contour (n)	244	188	302	355	304	393
Dierversoringsdagen	23.140	17.846	28.660	33.727	28.887	37.318
Dierversoringsdagen x 1000	23	18	29	34	29	37
Populatiereductie totaal	255	197	316	372	319	412

Alternatief 2 (76 turbines)	jan - mei					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord (km2)	254	203	312	371	324	412
Bruinvissen binnen contour (n)	298	238	366	436	380	484
Dierversoringsdagen	22.663	18.112	27.838	33.102	28.909	36.760
Dierversoringsdagen x 1000	23	18	28	33	29	37
Populatiereductie totaal	250	200	307	365	319	405
	jun - aug					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	461	359	572	674	583	747
Bruinvissen binnen contour (n)	300	233	372	438	379	486
Dierversoringsdagen	22.773	17.735	28.257	33.296	28.800	36.902
Dierversoringsdagen x 1000	23	18	28	33	29	37
Populatiereductie totaal	251	196	312	367	318	407
	sep - dec					
Gem. oppervlak verstoord (km2)	801	614	1.003	1.179	981	1.263
Bruinvissen binnen contour (n)	319	244	399	469	390	503
Dierversoringsdagen	24.229	18.572	30.339	35.662	29.673	38.203
Dierversoringsdagen x 1000	24	19	30	36	30	38
Populatiereductie totaal	267	205	335	393	327	421

EFFECTEN OP ZEEHONDEN

Alternatief 1 (95 turbines)	jan-apr					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	566	473	804	808	701	817
Zeehonden binnen contour (n)	56	25	47	74	117	135
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,4	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1
Dierversoringsdagen	5.286	2.399	4.473	7.047	11.114	12.847
	mei-jul					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	566	473	804	808	701	817
Zeehonden binnen contour (n)	22	10	18	29	49	56
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4
Dierversoringsdagen	2.095	909	1.696	2.731	4.623	5.293
	sep-dec					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	566	473	804	808	701	817
Zeehonden binnen contour (n)	33	13	62	42	82	92
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,3	0,1	0,5	0,3	0,7	0,7
Dierversoringsdagen	3.172	1.226	5.908	3.967	7.795	8.772

Alternatief 2 (76 turbines)	jan-apr					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	1.082	893	1.555	1.583	1.301	1.532
Zeehonden binnen contour (n)	111	47	93	148	234	272
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,9	0,4	0,7	1,2	1,9	2,2
Dierversoringsdagen	8.415	3.542	7.068	11.248	17.763	20.710
	mei-jul					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	1.082	893	1.555	1.583	1.301	1.532
Zeehonden binnen contour (n)	44	18	36	58	98	114
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,4	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9
Dierversoringsdagen	3.372	1.348	2.700	4.429	7.438	8.638
	sep-dec					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	1.082	893	1.555	1.583	1.301	1.532
Zeehonden binnen contour (n)	69	24	169	135	56	92
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,6	0,2	1,4	1,1	0,4	0,7
Dierversoringsdagen	5.226	1.838	12.870	10.277	4.234	7.017

Na mitigatie (VKA)

Alternatief 1 (95 turbines)	jan-apr					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	91	71	92	117	104	129
Zeehonden binnen contour (n)	9	4	5	11	17	21
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
Dierversoringsdagen	848	361	509	1.018	1.646	2.025
	mei-jul					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	173	138	199	241	213	265
Zeehonden binnen contour (n)	4	2	3	5	9	11
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Dierversoringsdagen	411	167	246	495	874	1.063
	sep-dec					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	278	220	335	392	351	444
Zeehonden binnen contour (n)	16	6	10	20	41	49
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4
Dierversoringsdagen	1.553	569	954	1.923	3.893	4.674

Alternatief 2 (76 turbines)	jan-apr					
	positie 1	positie 2	positie 3	positie 4	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	107	83	114	144	126	156
Zeehonden binnen contour (n)	11	4	7	13	22	28
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
Dierversoringsdagen	827	330	518	1.017	1.709	2.097
	mei-jul					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	204	160	236	283	255	314
Zeehonden binnen contour (n)	5	2	3	7	12	15
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Dierversoringsdagen	408	153	247	496	912	1.110
	sep-dec					
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km2)	376	298	458	545	481	605
Zeehonden binnen contour (n)	24	8	14	30	62	76
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	0,6
Dierversoringsdagen	1.812	614	1.095	2.277	4.743	5.801