
Monitoring getijdenturbines Oosterscheldekering

Jaarrapportage 2017



Redactie: Mardik Leopold & Michaela Scholl

Publicatiedatum: 19 juni 2018

Dit project is mede mogelijk gemaakt door een bijdrage uit het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling in het kader van OP-Zuid en het ministerie van Economische Zaken.

Wageningen Marine Research Den Helder, juni 2018

Wageningen Marine Research rapport C036/18



Leopold, M, Scholl, M. (eds.) 2018. Monitoring getijdenturbines Oosterscheldekering. Jaarrapportage 2017. Wageningen Marine Research, Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C036/18, 49 blz.

Keywords: getijdenturbines, getijdenenergie, Oosterscheldekering, getijamplitude, zeezoogdieren

Dit onderzoek is mede mogelijk gemaakt door een bijdrage uit het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling in het kader van OP-Zuid, cofinanciering van het Ministerie van Economische Zaken in het kader van Beleidsondersteunend Onderzoek en de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, en door aan te sluiten bij onafhankelijk uitgevoerd promotieonderzoek van de TU Delft dat wordt (mede)gefinancierd door NWO (The New Delta project 869.15.008).

Opdrachtgever: Tocardo Tidal Power
Sluiskolkade 2
1779 GP Den Oever

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/449789>

Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2016 Wageningen Marine Research Wageningen UR

Wageningen Marine Research, onderdeel
van Stichting Wageningen Research
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van Wageningen Marine Research is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Wageningen Marine Research Wageningen UR is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

Foto omslag: Tocado

Inhoud

| | |
|--|----|
| Samenvatting | 7 |
| 1 Inleiding | 9 |
| 2 Deelstudies | 11 |
| 2.1 Effecten op de stroming | 11 |
| 2.1.2 Materiaal en methode | 11 |
| 2.1.3 Voorlopige resultaten | 11 |
| 2.1.4 Voorlopige conclusies | 12 |
| 2.1.5 Doorkijk | 12 |
| 2.2 Verandering van stroombeeld | 13 |
| 2.2.1 Inleiding | 13 |
| 2.2.2 Materiaal en Methode | 13 |
| 2.2.3 Resultaten | 14 |
| 2.2.4 Doorkijk | 14 |
| 2.2.5 Referenties | 14 |
| 2.3 Vermindering getijdeamplitude | 15 |
| 2.3.1 Trendanalyse waterstandsverschillen aan weerszijde van de kering | 15 |
| 2.3.2 Morfodynamische effecten van getijenergie in de Oosterschelde | 15 |
| 2.3.3 Referenties | 18 |
| 2.4 Zenderdata- en trendanalyse zeehonden | 19 |
| 2.4.1 Inleiding | 19 |
| 2.4.2 Materiaal en methode | 19 |
| 2.4.3 Resultaten | 21 |
| 2.4.4 Discussie en conclusie | 27 |
| 2.4.5 Referenties | 28 |
| 2.5 Trendanalyse bruinvis | 30 |
| 2.5.1 Inleiding | 30 |
| 2.5.2 Materiaal en methode | 30 |
| 2.5.3 Resultaten | 30 |
| 2.5.4 Discussie en conclusie | 32 |
| 2.5.5 Referenties | 33 |
| 2.6 Doodsoorzaak gewonde /dode zeezoogdieren | 34 |
| 2.6.1 Inleiding | 34 |
| 2.6.2 Bruinvissen | 34 |
| 2.6.3 Zeehonden | 36 |
| 2.6.4 Referenties | 38 |
| 2.7 Dieet-onderzoek | 39 |
| 2.7.1 Inleiding | 39 |
| 2.7.2 Nulstudies dieet grijze zeehond en bruinvissen | 39 |
| 2.7.3 Referenties | 41 |
| 2.8 Synthese | 42 |
| 3 Kwaliteitsborging | 45 |
| Verantwoording | 47 |

Samenvatting

In 2015 heeft Tocado met een consortium van bedrijven een getijdencentrale gerealiseerd in de zuidelijke doorstroomopeningen van de Oosterschelde-stormvloedkering, die in december van dat jaar in gebruik is genomen. Het project Oosterschelde Tidal Power (OTP) waarvan hier verslag wordt gedaan, kent meerdere doelstellingen: de doorontwikkeling van de toegepaste technologie en het bereiken van een aanzienlijke kostenreductie. Een belangrijk onderdeel van het project is het monitoren van mogelijke omgevingseffecten op de door de vergunningverlener relevant geachte natuurwaarden in de Oosterschelde en de aangrenzende Voordelta. Het monitoringproject is zo opgezet dat daarmee niet alleen invulling wordt gegeven aan de vereisten vanuit de vergunning ex. Natuurwet maar ook aan een breed vorm gegeven stakeholderproces. De aspecten die worden gemonitord zijn: effecten op de stroming en verandering in stroombeeld, vermindering getijdeamplitude en invloed op zandhonger (gevolg: afname intergetijdenareaal), aantalsontwikkeling van zeehonden en bruinvissen in het gebied, en mogelijkwerwijs optredende directe effecten op deze dieren zoals barrièrewerking of aanvaringen met turbines. Voor dit rapport is geen nieuw veldwerk gedaan; de analyses zijn gebaseerd op beschikbare data.

Stroombeeld

Via vergelijkende analyse van stroomsnelheidsmetingen van voor (2011) en na de plaatsing van getijdenturbines (2016) is getracht het effect te voorspellen van de turbines op de hoeveelheid water die door de doorstroomopening Roompot 8, waarin de turbines zijn geplaatst, stroomt. Op basis van de eerste resultaten, zijn nog geen harde conclusies te trekken. Wel lijken de effecten van de getijdencentrale minder groot dan in het verleden is aangenomen. De metingen blijken goed bruikbaar voor de validatie van gedetailleerde rekenmodellen. Daarmee kan een integraal beeld van de stroming door Roompot 8 worden verkregen waarmee het effect van de getijdencentrale op de stroming beter kan worden bepaald.

Om veranderingen in het stroombeeld (hoeveelheid toegevoegde turbulentie en de hoeveelheid onttrokken impuls ten opzicht van de aanstroom) te detecteren zijn in 2016/2017 met behulp van in-situ snelheidsdata en videobeelden de magnitude van de stroombeeldverandering achter de getijdenturbines bepaald. Meetgegevens van zes Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP's) laten zien dat de turbulentiegraad in de stroming door Roompot 8 en achter de turbines verdubbelt. Het snelheidstekort door de turbines lijkt sneller te herstellen dan op basis van de klassieke vrijestromingstheorie te verwachten is. Wel blijft de optredende hoge turbulentiegraad benedenstrooms langer waarneembaar; de grootte van de turbulente structuren is echter beperkt.

Getijde-amplitude

Het effect van de getijdencentrale op de getijde-amplitude in de Oosterschelde is naar verwachting te gering om in de waterstandsmetingen te kunnen aantonen. De lopende monitoring bestaat uit het vergelijken van de langdurige trends in waterstandsvariatie met de één jaar aan waterstandsdata waarin de getijdenturbines operationeel zijn. Data van de stations Roompot-binnen en Roompot-buiten worden onderling vergeleken en met de langjarige waterstandsanalyses voor Rijkswaterstaat. De eerste resultaten laten zien dat de meetperiode te klein is om te onderscheiden of het getijdeverschil ten gevolge van de getijdencentrale significant afwijkt van de langjarige variatie van 18,6 jaar.

Aangenomen wordt dat onttrekking van getijenergie door een energiecentrale de getijbeweging in het estuarium verder doet afnemen, waardoor de afname van het intergetijdenareaal mogelijk versnelt. Het effect van de getijdencentrale wordt echter verwaarloosbaar geacht. Om de mogelijke veranderingen in te schatten wordt voor scenario's met toenemende energie-onttrekking de sedimentdynamica van de Oosterschelde onderzocht met behulp van een doorontwikkelde variant van het numerieke model ScalOost van Rijkswaterstaat. De uitgevoerde simulaties bevestigen de

werkhypothese dat de locatie van de turbines de stromingsasymmetrie beïnvloedt en daarmee het sedimenttransport in de intergetijdengebieden. Dat geldt met name voor het gebied vanaf de kering tot de Zeelandbrug; in het gebied verder weg is het aantal bezette doorstroombopeningen belangrijker. De voorlopige conclusie voor het nabije-toekomstscenario met getijcentrales in twee doorstroombopeningen is dat de voorspelde reductie van de getijslag zich vertaalt in een geschat bulkverlies dat gelijk is aan de erosie veroorzaakt door meerdere maanden ANT (Autonome Neerwaartse Trend).

Track- en trendanalyses zeezoogdieren

Aan de hand van telemetrie- en teldata, die vergaard waren in het kader van andere projecten, werd, voor periodes waarin de getijdenturbines er nog niet waren, track- resp. trendanalyses uitgevoerd. De zogenaamde nul-situaties zijn in beeld gebracht voor de lokaal aanwezige grijze en gewone zeehond en naast de veranderingen in aantallen werd aan de hand van de beschikbare data het passeren van de kering beschreven. Hieruit blijkt dat zeehonden de kering zowel in het noorden, midden als zuiden passeren, waarbij er grote verschillen zijn tussen individuen. De trendanalyses laten een relatief sterke groei in aantallen in het afgelopen decennium zien. In de eerste maanden na de plaatsing van de getijdenturbines zien wij geen opvallende afwijking van de berekende trendlijnen zien, maar gezien het geringe aantal datapunten van na de plaatsing van de turbines had een dergelijk effect ook erg sterk moeten zijn om op te vallen. Voor de aantalsontwikkeling van de bruinvis is gebruik gemaakt van teldata van levende en dode dieren. Voor de periode 2009-2016, waarin de bruinvissen in de Oosterschelde jaarlijks worden geteld, vertoont het aantal levend getelde dieren als het aantal dood gevonden dieren in de Oosterschelde geen betekenisvolle trend: de toestand lijkt stabiel. Daarvóór was er echter een sterke toename van de aantallen bruinvissen in de Oosterschelde.

Postmortaal (dieet)onderzoek zeezoogdieren

Het postmortaal onderzoek aan dood gevonden zeehonden en bruinvissen laat zien dat het aantal dieren dat met stomp trauma wordt gediagnosticeerd klein is (twee bruinvissen).

Tot de monitoring behoort ook onderzoek naar het dieet van grijze zeehonden en bruinvissen om de betekenis van voedsel als drijvende factor, bijvoorbeeld voor het binnentrekken van en verblijven in de Oosterschelde, beter te begrijpen. De aantallen grijze zeehonden in de Voordelta nemen nog steeds toe. We nemen op basis van dit gegeven aan dat de voedselsituatie voor deze zeehonden in de Voordelta niet duidelijk beperkend is. Ondanks de relatief lage visstand in de Oosterschelde is er geen bewijs gevonden van massale verhongering onder de gestrande zeehonden en bruinvissen binnen de Oosterschelde. Het lijkt erop dat de dieren zich door aanpassing aan het lokale voedselaanbod in de Oosterschelde in leven kunnen houden.

1 Inleiding

In 2015 heeft Tocado met een consortium van bedrijven een getijdencentrale gerealiseerd in de Oosterschelde-stormvloedkering, bestaande uit een rij van vijf turbines, die door de sterke en voorspelbare stroming energie opwekken voor ca. duizend huishoudens in de regio¹. De getijdenturbines zijn in september 2015 in een van de zuidelijke doorgangen van de Oosterscheldekering (doorstroomopening Roompot 8) geplaatst en eind november 2015 in werking gesteld. De ambitie van Tocado is om tot grootschalige toepassing te komen door de technologie door te ontwikkelen en daarmee ook een aanzienlijke kostenreductie te bereiken. Beide doelstellingen liggen ten grondslag aan het project Oosterschelde Tidal Power (OTP), dat subsidie ontvangt van het Operationeel Programma Zuid-Nederland 2014-2020 (OPZuid). Dit Europese subsidieprogramma, bedoeld voor de provincies Zeeland, Limburg en Noord-Brabant, richt zich op innovatiebevordering en de overgang naar een koolstofarme economie.

Voor de bouw van de getijdencentrale is reeds in december 2010 door het ministerie van Economische Zaken (EZ) een vergunning ex. Nb-wet (nu: Natuurwet) afgegeven², met daarin opgenomen de verplichting tot het monitoren van mogelijke omgevingseffecten. Deze monitoring is onderdeel van het OTP-project. Een programma van onderzoek naar omgevingseffecten moet uitsluitsel geven of er wel of geen significante effecten op natuurwaarden optreden dan wel te verwachten zijn. Specifiek gaat het daarbij om het optreden van zandhonger ten gevolge van veranderde getijslag als gevolg van de plaatsing en het gebruik van de getijdenturbines in de Oosterscheldekering en effecten op zeezoogdieren. N.B. De monitoring, zoals die binnen het OTP-project is vorm gegeven, is voor wat betreft de biotische waarden breder opgezet dan op basis van de vergunningvoorschriften is vereist. Naast de lokaal aanwezige zeehonden (populaties) wordt ook onderzoek gedaan aan de bruinvis in het gebied.

Het doel van de voorliggende rapportage is tweeledig. In de eerste plaats wordt hiermee uitvoering gegeven aan de monitoringverplichting van Tocado, opgelegd in het kader van de Natuurwet-vergunning. Tegelijkertijd wordt een samenhangend beeld geschetst van de afzonderlijke deelstudies ten behoeve van de verslaglegging aan de subsidiegever en de stakeholders. Voor de laatste doelgroep zullen ook nog publieksvriendelijke presentaties worden verzorgd.

De verplichte monitoring is ondergebracht in werkpakket 1 (Stroom leveren en onderzoek naar omgevingseffecten) van het werkplan en wordt uitgevoerd door een consortium van kennisinstellingen die ieder een kennisvraagstuk voor hun rekening hebben genomen. Conform de Stimulus-subsidiebeschikking gaat het om de sub-werkpakketten 1.2 Verruiming operationele vervallen, 1.3 Onderzoek impact op bodembescherming, 1.5 Onderzoek vermindering getijdeamplitude, invloed op zandhonger, afname intergetijdenareaal, 1.6 Trendanalyse aanwezige zeehonden en bruinvissen in Voordelta en Oosterschelde, en 1.7 Onderzoek naar doodsoorzaak gewonde/dode dieren Voordelta en Oosterschelde. (Over werkpakket 1.4 Monitoring deformatiemeting pijlers en faalkansenanalyse wordt afzonderlijk door de industriële partners gerapporteerd.) Wageningen Marine Research (WMR) heeft een coördinerende rol en is als zodanig verantwoordelijk voor het samenstellen van de rapportage over de ecologische monitoring; dit op basis van eigen werk en de bijdragen van de andere partners.

In de volgende hoofdstukken wordt per deelstudie inzicht gegeven in de actuele stand van zaken van het onderzoek (augustus 2017). Daarbij wordt de samenhang geschetst tussen de kennisvraag zoals die vanuit de vergunning speelt, en de onderzoeksopzet cq. de gekozen methode(n). De tot nu verkregen resultaten worden gepresenteerd, en voor zover nu al mogelijk worden (voorlopige) conclusies getrokken.

Omdat de onderzoeken met eigen bijdragen of andere financieringsbronnen van de kennisinstellingen worden uitgevoerd, zijn ze binnen verschillende structuren opgezet. De onderdelen van TU Delft zijn ondergebracht bij promotieonderzoek en voor de studies van Deltares, WMR en UU is onder andere

¹ <http://www.tocado.com/Project/oosterschelde/> [het laatst geraadpleegd augustus 2017]

² <http://vergunningenbank.overheid.nl/wp-content/uploads/vergunningen/natura2000/6011/10-4035%20getijdenenergie%20Oosterscheldekering.pdf> [het laatst geraadpleegd augustus 2017]

aangesloten bij langlopend monitoringsonderzoek voor de overheid. Het postmortaal onderzoek van UU aan bruinvissen is sinds 2016 geborgd in de Wettelijke Onderzoekstaak (WOt) 'Monitor bruinvis'. Door deze constructies komen in bijna alle gevallen zelfstandige rapportages tot stand, zoals studentenverslagen, publicaties in wetenschappelijke tijdschriften, en in het geval van promotieonderzoek uiteindelijk ook proefschriften. Wanneer een zelfstandige publicatie beschikbaar is, zal in de voorliggende rapportage worden volstaan met een verwijzing naar die publicatie en is het betreffende hoofdstuk een beknopte samenvatting daarvan. In de andere gevallen wordt in deze rapportage wel uitgebreid verantwoord welke onderzoeksactiviteiten uitgevoerd zijn en tot welke resultaten en inzichten ze hebben geleid.

2 Deelstudies

In dit hoofdstuk worden de diverse deelonderzoeken in volgorde van de werkpakketten waar deze onder vallen, gepresenteerd.

2.1 Effecten op de stroming

Onderdeel van Werkpakket 1.2: Verruiming operationele vervallen; auteurs: W. Verbruggen, A. de Fockert, A.C. Bijlsma, T. O'Mahoney (Deltares)

2.1.1 Inleiding

Vanuit oogpunt van veiligheid heeft Rijkswaterstaat voorgeschreven dat de getijdencentrale operationeel mag zijn tot een maximaal verval (waterstandsverschil) van 0,6 m over de kering bij ebstroming en 0,8 m bij vloedstroming. Op grond van de uitkomsten van de monitoring kunnen de operationele grenzen worden aangepast. Het is de wens van Tocardo om het operationeel verval bij ebstroming geleidelijk te verhogen om zo meer energie op te kunnen wekken. Daarvoor is het nodig aan te tonen dat de getijdencentrale veilig in bedrijf kan zijn bij alle voorkomende omstandigheden zonder negatieve impact op de (faalkans van) de kering.

De getijturbinen die in opening Roompot 8 van de Oosterscheldekering hangen, zijn uitgerust met akoestische stroommeters. Om het effect van de turbines op de stroming door de stormvloedkering te onderzoeken worden de metingen van deze instrumenten verwerkt en geanalyseerd. Ze worden onder andere vergeleken met stroommetingen die in 2011 zijn uitgevoerd voor de situatie zonder turbines (nulmeting). De focus ligt op de stroming boven de drempel van Roompot 8 om vast te stellen in hoeverre de hoeveelheid water die door deze opening stroomt, wordt beïnvloed door de getijdencentrale. De invloed van de centrale op het stroombeeld in het grotere gebied van de Roompot-geul van de Oosterschelde wordt inzichtelijk gemaakt door numerieke stromingsmodellen van dit gebied in de analyse te betrekken.

2.1.2 Materiaal en methode

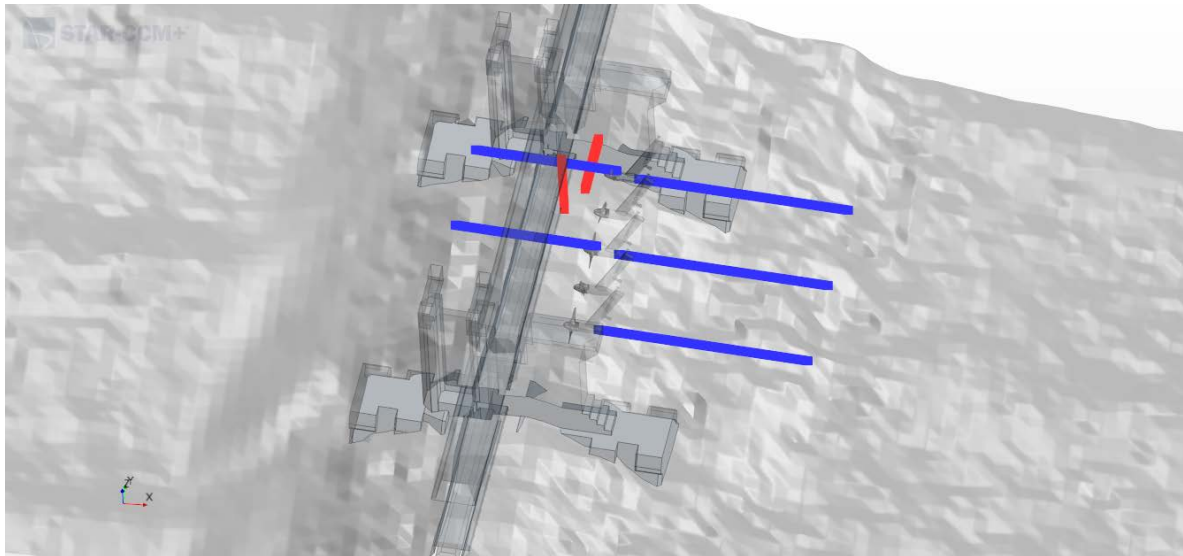
Verwerking en analyse van de stroommetingen uit 2011 (gemeten door Partrac³) en van de instrumenten die op de turbines gemonteerd zijn.

2.1.3 Voorlopige resultaten

Eerst is een vergelijking gemaakt tussen de recente metingen met de data uit 2011, toen de turbines nog niet geïnstalleerd waren. De analyse wordt bemoeilijkt doordat de locaties van de stroommetingen onvoldoende overlappen. Zo is er in 2011 in horizontale richting gemeten, loodrecht op een pijler en vanaf de drempel in opwaartse richting (rode lijnen in figuur 2.1-1). De stroommeters op de turbines meten in horizontale richting loodrecht op de kering (blauwe lijnen in figuur 2.1-1).

De eerste resultaten laten zien dat het effect van de turbines tijdens de vloedperiode relatief klein is. Bij eb is het effect substantiëler. Maar omdat er tijdens eb in het zog van de turbine wordt gemeten, is het moeilijk het effect goed te kwantificeren. Daarvoor worden er extra analyses gedaan op basis van nieuwe metingen waarbij de centrale wel in het water is maar bijna geen energie produceert, waardoor de centrale minder weerstand op de stroming uitoefent (de zogenaamde 'stall mode').

³ <http://www.partrac.com>



Figuur 2.1-1: *Stroomsnelheidsmetingen in Roompot 8. Rode lijnen zijn de horizontale en verticale metingen uit 2011 en de blauwe lijnen representeren de metingen van de instrumenten op de turbines.*

2.1.4 Voorlopige conclusies

De eerste indruk is dat het effect van de turbines op de doorstroming van de kering tijdens vloed klein is, maar dat er tijdens eb wel een effect meetbaar is. Op basis van de huidige (voorlopige) resultaten lijken de effecten kleiner te zijn dan berekend in studies uitgevoerd in het verleden.

Door de stroommetingen te gebruiken voor de validatie van de gedetailleerde rekenmodellen die in ander kader worden ontwikkeld, kan er een integraal beeld van de stroming door Roompot 8 worden verkregen, waardoor het effect van de getijcentrale op de stroming beter kan worden bepaald.

2.1.5 Doorkijk

Op basis van de metingen en de gedetailleerde rekenmodellen wordt het effect van de getijcentrale op de afvoercoëfficiënten van een opening van de stormvloedkering met de getijdeturbines afgeleid. Dit effect op de afvoercoëfficiënten zal in het grootschalig rekenmodel van Rijkswaterstaat worden gebruikt om de effecten van de getijcentrale op de waterstanden in de Oosterschelde en de stromingen rondom de kering en de nabijgelegen oevers te bepalen.

2.2 Verandering van stroombeeld⁴

Onderdeel van Werkpakket 1.3: Onderzoek impact op bodembescherming; auteur: ir. M.C. Verbeek (TU Delft, afd. Waterbouwkunde)

2.2.1 Inleiding

Inzicht in de invloed van vrijstromingsturbines op hun omgeving is beperkt omdat er in het publieke domein geen gegevens beschikbaar zijn van testen op prototypeschaal maar alleen mondjesmaat op experimentele schaal. Als de stroombeeldmanipulatie door turbines voldoende begrepen wordt, kunnen negatieve en positieve stromingseffecten worden meegenomen in bouwplannen van nieuwe turbineparken en implementatie in bestaande natte kunstwerken zoals de Oosterscheldekering.

Vrijstromingsturbines veranderen lokaal en regionaal de stroming. Lokaal wordt de verandering gekenmerkt door: (a) onttrekking van impuls, waardoor de stroomsnelheid in het zogenaamde 'zog' afneemt, (b) toevoeging van turbulente fluctuaties, waardoor de menging toeneemt en (c) blokkering van een deel van de stroming, waardoor de stroomsnelheid buiten het zog toeneemt. Op regionale schaal beperkt de invloed van de turbines zich tot een afname van de totale stromingsenergie van het getij, wat sediment- of nutriëntentransport kan beïnvloeden als er grootschalige onttrekking plaats vindt.

De vergunning voor de getijdenturbines in de Oosterscheldkering vereist het monitoren van de verandering van het stroombeeld omdat de installatie is gebouwd in de primaire waterkering van Zuidwest-Nederland en in het Natura 2000-gebied Oosterschelde. Hierbij is het van belang dat grootschalige fluctuaties (zoals b) gecombineerd met hoge snelheden (c) worden uitgesloten omdat deze de stabiliteit van de lokale bodembescherming in gevaar zouden kunnen brengen. Daarnaast is het van belang dat de reductie van het getijdeprisma, namelijk de hoeveelheid water die het bekken in- en uitstroomt, minimaal is. Door de bouw van de Oosterscheldekering is deze sterk afgenomen, waardoor slikken en schorren nu in oppervlak afnemen. Verwacht wordt echter dat de huidige getijdenturbines een niet praktisch meetbare bijdrage leveren aan dit proces.

Binnen werkpakket 1.3 wordt onderzocht hoe de stroming nabij en verder weg van vrijstromingsturbines verandert, dit met behulp van 1) meetgegevens van de getijdenturbines in de Oosterscheldkering, 2) een theoretische en experimentele benadering van energie-onttrekking door een turbine in samentrekkende stroming en 3) een numerieke vertaling naar grootschalige stroombeeldveranderingen (zoals beschreven in Broekema et al. 2017). Dit werkpakket legt de nadruk op de verandering van de stroming door turbines. Een directe vertaling naar erosie of sedimenttransport is hier geen onderdeel van (zie daarvoor sub-paragraaf 2.3.2).

2.2.2 Materiaal en Methode

In 2016/2017 wordt er met behulp van in-situ snelheidsdata en videobeelden de magnitude van de stroombeeldverandering achter de getijdenturbines bepaald. Er wordt gekeken naar de hoeveelheid toegevoegde turbulentie (intensiteit en lengte/tijdschalen) en de hoeveelheid onttrokken impuls ten opzicht van de aanstroom. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van de meetgegevens van zes Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP's) die op de getijdenturbines zijn gemonteerd. Ieder ADCP-instrument meet 16 maal per seconde de stroomsnelheid op 50 locaties (van 0 m tot 25 m boven- en benedenstrooms van de turbines). Figuur 2.2-1 illustreert de veldmetingen.

⁴ Promotieonderzoek TU Delft, begeleiding: Dr. Ir. R.J. Labeur, Prof. W.S.J. Uijttewaal; financier: NWO - The New Delta project 869.15.008



Figuur 2.2-1: *Illustratie van de veldsituatie; stroming rond de getijdenturbines (foto: TU Delft).*

2.2.3 Resultaten

In de ADCP-gegevens is te zien dat de turbulentiegraad in de stroming door Roompot 8 en achter de turbines verdubbelt (Verbeek et al. 2017a). Het snelheidstekort door de turbines lijkt door de intensieve menging en contractie in Roompot 8 sneller te herstellen dan op basis van de klassieke vrije-stromingstheorie te verwachten is. Na acht tot tien turbinediameters is het snelheidstekort nauwelijks waarneembaar (Verbeek et al. 2017b). Wel blijft de hoge turbulentiegraad langer benedenstrooms waarneembaar, maar de grootte van de turbulente structuren is beperkt. In de ADCP-data zijn aan de oostzijde van de turbine en de benedendorpel turbulente structuren met lengteschalen van 1 m tot 10 m waargenomen. Verdere analyse moet uitwijzen wat de oorsprong is van deze structuren en wat de mogelijke impact is.

2.2.4 Doorkijk

In 2018 zal met behulp van een stroomgootexperiment en schaal turbine een formulering worden opgezet die het totale energieverlies over een sluitgat met een turbine weergeeft. De verkregen formulering betreft mogelijk een aanpassing van het turbine-Betz-maximum voor ondiep water. In 2018/2019 zullen de lokale stromingseffecten zoals gemeten in-situ en in het experiment naar regionale effecten, worden vertaald (zoals in Broekema et al. 2017 staat beschreven). De hierboven genoemde nieuwe formulering wordt in een regionaal numeriek stromingsmodel van de Oosterschelde toegepast en gevalideerd met veldmetingen. Aandachtspunt is het verbeteren van de koppeling van de lokale en regionale effecten in stromingsmodellen. In 2020 wordt dit werkpakket afgerond in de vorm van een PhD-dissertatie, die een bundeling zal zijn van wetenschappelijke artikelen over de drie beschreven onderdelen.

2.2.5 Referenties

Broekema, Y.B., Verbeek, M.C., de Vet, P.L.M. 2017. NCK, Netherlands Centre for Coastal Research, Hydro-morphodynamics at the Eastern Scheldt: a wide range of scales.

Verbeek, M.C., Labeur, R.J., Uijttewaai, W.S.J., de Haas, P. 2017a. The near-wake of horizontal axis tidal turbines in a storm surge barrier, Proceedings of 12th European Wave and Tidal Energy Conference (EWTEC), Cork (Ireland).

Verbeek, M.C., Labeur, R.J., Uijttewaai, W.S.J. 2017b. Large scale PIV applied to flow interaction downstream a semi-open barrier, 4th International Symposium of Shallow Flows, Eindhoven (Netherlands).

2.3 Vermindering getijdeamplitude

Werkpakket 1.5: Onderzoek vermindering getijdeamplitude, invloed op zandhonger, afname intergetijdenareaal

Binnen dit werkpakket worden twee onderdelen uitgevoerd: trendanalyse waterstandsverschillen aan weerszijde van de kering (2.3.1) en morfodynamische effecten van getijenergie in de Oosterschelde (2.3.2).

2.3.1 Trendanalyse waterstandsverschillen aan weerszijde van de kering

Auteurs: E. Moerman, A. de Fockert, A.C. Bijlsma (Deltares)

2.3.1.1 Inleiding

Op basis van eerdere analyses is de verwachting dat het effect van de huidige getijdencentrale op de getijde-amplitude in de Oosterschelde moeilijk in de waterstandsmetingen is aan te tonen. In hoeverre de verwachte (geringe) reductie van de getijde-amplitude vervolgens bijdraagt aan het in de Oosterschelde optredende verschijnsel zandhonger en de daaruit resulterende afname van het intergetijdenareaal is onderdeel van het onderzoek beschreven in paragraaf 2.3.2.

Op dit moment vindt er bij Deltares een onderzoek plaats op basis van statistische analyse van de waterstanden aan weerszijde van de Oosterscheldekering. De relatie tussen de getijdenverschillen (hoogteverschil tussen hoogwater en laagwater) binnen en buiten de Oosterschelde wordt bepaald en geanalyseerd tegen langjarige trends in waterstandsverschillen tussen de waterstandsmetstations Roompot-binnen en Roompot-buiten. De monitoring bestaat uit het vergelijken van de langdurige trends in waterstandsvariatie tegen de één jaar aan waterstandsdata waarin de getijdenturbines operationeel zijn.

2.3.1.2 Materiaal en methode

Bij deze analyse zijn de waterstanden voor de stations Roompot-binnen en Roompot-buiten met elkaar vergeleken voor periodes dat de getijdencentrale wel en niet operationeel was. Momenteel is één jaar data beschikbaar met een operationele getijdencentrale. De resultaten van deze vergelijkende analyse zullen onder andere vergeleken worden met de langjarige waterstandsanalyses over de periode tot 2010 die zijn uitgevoerd door Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat (Dillingh 2013).

2.3.1.3 Resultaten

De langjarige waterstandsanalyses zijn uitgebreid tot 2015 en de recent beschikbaar gekomen metingen van het eerste jaar dat de getijdencentrale operationeel is. Uit de vergelijking van het getijdenverschil van dat jaar met de getijdenverschillen van de voorafgaande periode kan geen duidelijk effect van de getijdencentrale worden onderscheiden tegen de achtergrond van toevallige variaties in combinatie met de 18,6-jarige variatie van het getij. De meetperiode is hier voor te klein.

2.3.2 Morfodynamische effecten van getijenergie in de Oosterschelde

Auteurs: V.M. Gatto, K. Guijt, B.C. van Prooijen, A. Bijlsma, R.J. Labeur (TU Delft)

2.3.2.1 Inleiding

Stabiele intergetijdengebieden kennen een evenwicht tussen de aanzanding van de bodem door getijdestroming enerzijds en erosie van de bodem door golven anderzijds. Sinds de constructie van de Oosterschelde-stormvloedkering is de getijdestroming in het estuarium gereduceerd terwijl het golfklimaat nauwelijks is veranderd. Het gevolg is dat de zandplaten in het intergetijdengebied eroderen. Sediment gaat verloren in de geulen, die dichtslibben vanwege de lagere stroomsnelheden. Dit fenomeen wordt 'zandhonger'⁵ genoemd. De progressieve afname van het intergetijdenareaal, oftewel de Autonome Neerwaartse Trend' (ANT), is een bedreiging voor de ecologie van het Oosterscheldebekken. Aangenomen wordt dat onttrekking van getijenergie door een energiecentrale

⁵ Zie bijvoorbeeld: <https://www.np-oosterschelde.nl/over-het-park/natuur/zandhonger.htm>

de getijbeweging in het estuarium verder doet afnemen, waardoor de afname van het intergetijdenareaal mogelijk versnelt. De verwachting is echter dat de effecten van de huidige getijstroominstallatie in één – of zoals gepland bij uitbreiding van de installatie in twee – van de 62 doorstroomopeningen van de kering, verwaarloosbaar zijn in vergelijking tot de al aanwezige dynamische processen.

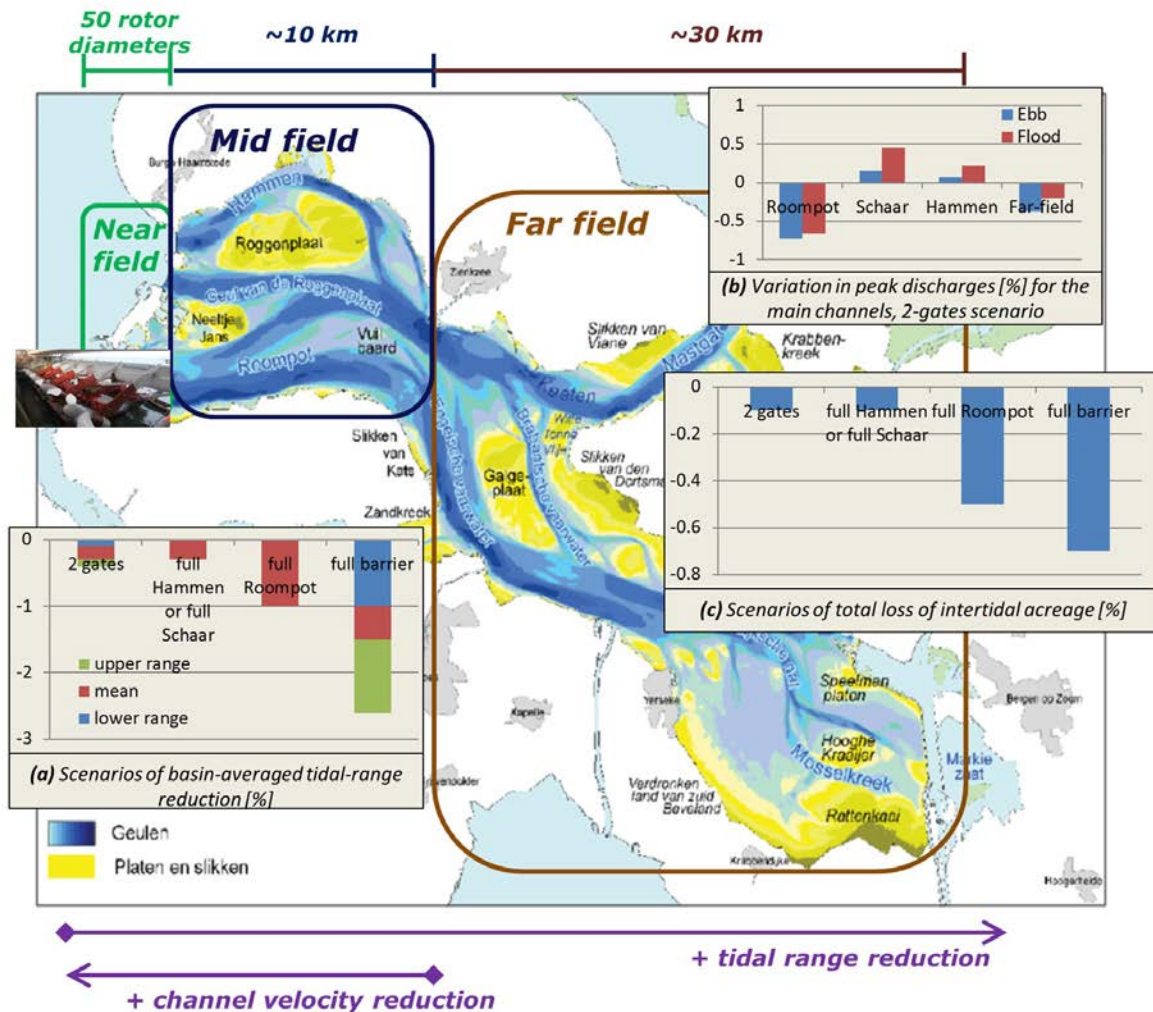
Het belangrijkste doel van het onderzoek in werkpakket 1.5 is om te beoordelen wat het additionele effect op de erosie van de getijdenplaten is – dus dat bovenop de ANT – van de onttrekking van getijdenenergie in Roompot 8 en 10 bij een nominaal vermogen van ca. 1,2 MW per doorstroomopening (totaal ca. 2,4 MW). Ook worden initiële studies gedaan naar scenario's waarbij bijvoorbeeld één op de drie doorstroomopeningen van de gehele kering met een getijden-installatie is bezet. De bedoeling is om beleidsmakers zo een eerste indicatie te kunnen geven van een 'drempelwaarde' waarboven als gevolg van de energieonttrekking mogelijkerwijs relevante morfodynamische effecten optreden. Of anders uitgedrukt: In hoeveel doorstroomopeningen (en in welke) zouden getijdenturbines kunnen worden geïnstalleerd zonder dat deze effecten zich voordoen?

2.3.2.2 Methode

De sedimentdynamica van de Oosterschelde wordt onderzocht met behulp van een doorontwikkelde variant van het numerieke model ScalOost van Rijkswaterstaat. Het stappenplan is gestructureerd in drie hoofdfases met de volgende activiteiten: 1) Onderzocht worden de grootschalige hydrodynamische veranderingen als gevolg van de turbines, die mogelijk het sedimenttransport, de getijslag (verschil tussen hoog- en laagwater) en de stroomsnelheden – en de asymmetrie ervan – beïnvloeden. Daartoe worden verschillende scenario's bestudeerd met een oplopend aantal doorstroomopeningen dat met turbines is bezet. Op basis van de getijslagreductie kan een schatting worden gemaakt van het bulkverlies aan intergetijdengebied dat bovenop de ANT optreedt. Gezien de relevantie voor de vele diersoorten die op de wadplaten rusten, broeden en foerageren, worden ook veranderingen in de droogvalduur van de platen geëvalueerd; 2) Vervolgens wordt bestudeerd hoe de aanwezigheid van de turbines in Roompot 8 en 10 de uitwisseling van sediment tussen de nabij gelegen wadplaten (Roggenplaat, Neeltje Jans) en de omliggende geulen beïnvloedt. De sedimenttransporten worden geanalyseerd met behulp van een door Gatto et al. (2017) ontwikkeld conceptueel model; 3) Op basis van de bevindingen en behoeften zoals die uit fase 1 en 2 naar voren komen, worden de cruciale onderdelen van de studie verder verbeterd.

2.3.2.3 Voorlopige resultaten

De simulaties die zijn uitgevoerd in fase 1, bevestigen de werkhypothese dat in de Oosterschelde drie regio's kunnen worden onderscheiden (figuur 2.3-1): een 'near-field' (rond de kering; geen onderdeel van dit onderzoek; zie Guijt 2018), een 'mid-field' (vanaf de kering tot de Zeelandbrug) en een 'far-field' (vanaf de Zeelandbrug tot de Oesterdam. In het 'mid-field' beïnvloedt de locatie van de energieonttrekking de stroomsnelheden en piekafvoeren in de geulen, en daarmee de ruimtelijke asymmetrieën van de stroming (die relevant zijn voor sedimenttransport). Dit betekent dat niet alleen het aantal bezette doorstroomopeningen van belang is maar ook de locatie van die openingen. In het 'far-field' is het effect op de afvoeren relatief kleiner (figuur 2.3-1b) maar de reductie in de getijslag is groter. Hier is alleen het totaal aantal bezette doorstroomopeningen van belang. Het numerieke model dat in fase 1 is toegepast, kent enkele beperkingen. In werkelijkheid worden de turbines namelijk uit het water geheven wanneer het verschil in waterniveau aan de binnen- en de buitenzijde van de kering een bepaalde waarde overschrijdt. Bovendien varieert de relatieve weerstand van de turbines met de stroomsnelheid stroomopwaarts. Met beide kenmerken wordt in het model geen rekening gehouden omdat de coëfficiënt die het energieverlies door de turbines vertegenwoordigt, in de tijd constant is. In plaats daarvan wordt voor elk simulatie-scenario een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met energieverliescoëfficiënten variërend van tussen de -5% (minder weerstand) en +10% (meer weerstand) van de gekalibreerde waarde. Het gevoeligheidsbereik kan ook de situatie nabootsen waarbij meer (of minder) krachtige turbines worden ingezet. In overeenstemming met eerdere studies fluctueert de voorspelde reductie van de getijslag rond 0,3% voor het nabije-toekomstscenario (figuur 2.3-1a). Dit vertaalt zich in een schatting van een bulkverlies van ca. 0,1% aan intergetijdengebied (figuur 2.3-1c), wat gelijk is aan de erosie veroorzaakt door meerdere maanden ANT.



Figuur 2.3-1: Conceptueel model van de invloed van de turbines op de dynamiek van het intergetijdengebied Oosterschelde. In het nabijgelegen gebied ('near-field'; het gebied dat zich over ca. 300 m aan weerszijden van de kering uitstrekt) is er invloed op de kleinschalige turbulentie (onderzoek daarnaar is geen onderdeel van dit project; zie Guijt 2018 en DMEC⁶). In het middengebied ('mid-field';) veranderen door de energie-onttrekking de asymmetrieën van de getijsnelheidscurve. In het ver afgelegen gebied ('far-field') speelt alleen de reductie van de getijslag een rol. De grafieken (a-c) tonen de resultaten van de simulaties voor verschillende scenario's: voor de nabije toekomst (twee doorstroomopeningen), bij gedeeltelijke uitrol met één op drie bezette doorstroomopeningen in verschillende gedeelten van de kering (volledig Hammen, of volledig Schaar, of volledig Roompot), en voor alle drie keringdelen, d.w.z. de volledige kering. 'Upper range' en 'lower range' in grafiek (a) geven het resultaat weer waarbij rekening is gehouden met een variatie van -25% tot +50% van het gekalibreerde energieverlies veroorzaakt door de turbines.

Voor scenario's met meerdere bezette doorstroomopeningen is de reductie van de getijslag aanzienlijker. Tegelijk neemt de onzekerheid van het berekende resultaat toe omdat de kalibratie van één doorstroomopening naar meerdere doorstroomopeningen wordt 'gekopieerd' zonder rekening te houden met eventuele verschillen in dwarsdoorsnede en de interactie tussen nabijgelegen doorstroomopeningen. Het verlies van intergetijdengebied blijft echter onder de 1%, zelfs voor het scenario waarbij één op de drie doorstroomopeningen van de hele kering met turbines is bezet.

2.3.2.4 Discussie en conclusies

In het huidige stadium lijken de effecten van het vergunde project (plaatsing van getijnturbines in twee doorstroomopeningen) niet significant te zijn voor de dynamiek in de erosie die door de 'zandhonger' in de Oosterschelde wordt veroorzaakt. De nauwkeurigheid die met een grootschalig model kan worden bereikt, is echter intrinsiek beperkt voor de onderhavige toepassing. Zelfs de meest geavanceerde modelleringssoftware werkt met een aantal vereenvoudigingen van de echte fysica om

⁶ Zie ook <http://dutchmarineenergy-project.com/content/demand-driven-research-development>.

de wiskundige complexiteit te beperken en de benodigde computertijd aanvaardbaar te houden. De turbines beïnvloeden de getijstroom op de kleinste schaal (dat wil zeggen de schaal van turbulentie), wat in het model beperkt – via parametrisatie – wordt opgelost. Hierbij worden turbines weergegeven door middel van een bronterm in de impulsvergelijkingen, dat wil zeggen door een enkel getal dat de kracht vertegenwoordigt die de turbines op de passerende stroming uitoefenen. De intrinsieke mechanica van de roterende bladen is echter niet meegenomen in het model omdat dit de rekentijd excessief zou verhogen zonder de voorspellingen van het sedimenttransport werkelijk te verbeteren. Dit laatste houdt verband met de (semi-)empirische formulering van sedimenttransport-modellen op basis van laboratoriumexperimenten en/of 'eenvoudigere' hydrodynamische omstandigheden (zoals bijvoorbeeld stationaire stroming). Schattingen van het sedimenttransport hebben daarom een relatief grote onzekerheidsmarge ongeacht het onderliggende hydrodynamische model. Kustonderzoekers houden hier rekening mee door 'de sediment-puzzel' vanuit een conceptueel standpunt op te lossen, in plaats van zich alleen te richten op de getalsmatige uitkomsten van modelberekeningen. Een dergelijke iteratieve benadering vereist allereerst een kwalitatieve ontrafeling van de sedimentdynamica voordat tot een meer kwantitatieve analyse kan worden overgegaan. De huidige resultaten vormen een eerste stap in dit iteratieve proces. De berekende getijslagreductie is daarom geen opzichzelfstaand eindresultaat maar veeleer een voorlopige schatting om een antwoord te kunnen geven op de vraag of het Tocardo-project al dan niet van invloed kan zijn op de erosie van wadplaten. Als zodanig is deze studie een eerste poging om het effect van getijdenturbines in een morfologisch model van de Oosterschelde mee te nemen. Turbines die in een waterkering zijn geïntegreerd, vormen een bijzondere casus vergeleken bij de meer gebruikelijke configuraties waarbij turbines worden blootgesteld aan de vrije waterstroom van een open kanaal. In dat opzicht biedt het OTP-monitoring-onderzoek een unieke bijdrage aan toekomstige modellen van de Oosterschelde en de bestaande internationale literatuur.

2.3.3 Referenties

Dillingh, D. 2013. Veranderingen in gemiddelde zeeniveaus in de Nederlandse kustwateren. Deltares rapport 1206182-000-ZKS-0003.

Gatto V.M., Van Prooijen B.C., Wang Z.B., 2017 Net sediment transport in tidal basins: quantifying the tidal baro-trophic mechanisms in a unified framework. *Ocean Dynamics*. DOI10.1007/s10236-017-1099-3

Guijt, K. 2018. Impact of Tidal Energy Extraction in the Eastern Scheldt Storm Surge Barrier on Basin Hydrodynamics and Morphology. Master Thesis. TU Delft/Deltares. [available at <http://repository.tudelft.nl/>]

2.4 Zenderdata- en trendanalyse zeehonden

Onderdeel van Werkpakket 1.6: Trendanalyse zeehonden en bruinvis in Voordelta en Oosterschelde
Auteurs: M. Leopold en M. Scholl (op basis van data van S. Brasseur; WMR)

2.4.1 Inleiding

Door de semi-open verbinding van Oosterscheldestormvloedkering hebben zeedieren, waaronder de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de grijze zeehond (*Halichoerus grypus*), de mogelijkheid om de Oosterschelde in en uit te zwemmen en de Noordzee in te trekken.

In de motivatie van de vergunning ex. Nb-wet (nu: Wet natuurbescherming) staat dat:

- voor de gewone zeehonden in het Oosterscheldegebied moet worden aangenomen dat deze de kering regelmatig passeren;
- voor de grijze zeehonden in de Voordelta mag worden aangenomen dat ze de kering regelmatig in kleine aantallen passeren, maar ook dat kwantitatieve gegevens hierover ontbreken;
- aannemelijk is dat de meeste trek van de zeehonden door de noordelijke doorstroom-openingen plaatsvindt, en ergo de mogelijkheden van uitwisseling tussen de Oosterschelde en de Voordelta niet worden beperkt door de getijdenturbines aan de zuidkant van de kering (geen barrièrewerking).

Op basis van het bovenstaande werden significant negatieve effecten op zeehonden onwaarschijnlijk geacht door de vergunningverlener. Desondanks werd een studie voorgeschreven om beter inzicht te verkrijgen in het daadwerkelijk gebruik van de kering door (individuele) zeehonden. Ook werd gevraagd de aantals-ontwikkeling van de beide soorten zeehonden in de Voordelta en Oosterschelde te volgen in relatie tot de bouw- en ingebruikname van de getijdenturbines. Beide studies zijn gebaseerd op bestaande data.

Om na te gaan of de zeehonden inderdaad het meest gebruik maken van de noordelijke doorstroomopening, werden data van dieren gebruikt die tussen 1989 en 2016 in het Deltagebied gezenderd waren in het kader van andere projecten. Ten behoeve van de monitoring van mogelijke veranderingen van de zeehondenaantallen, worden de tellingen van de twee soorten op de ligplaatsen in de Oosterschelde en Voordelta in de periode van 1996 tot en met sept 2015 (voor de aanleg) geplot, en vergeleken met de telgegevens van sept 2015-juni 2016, wanneer de turbines aanwezig zijn.

2.4.2 Materiaal en methode

2.4.2.1 Zenderdata

Door zeehonden van een zender te voorzien is het mogelijk om zeehonden in het wild te volgen. Vanaf 1989 tot 2016 zijn er in onderzoeken van WMR (en de voorloperinstituten) in totaal 106 dieren in het Deltagebied gevolgd (tabel 2.4-1). In de loop van deze periode werden de zender-technieken steeds geavanceerder en de positiebepalingen nauwkeuriger. Er werden in het Deltagebied voor het zenderen van zeehonden drie technieken gebruikt: VHF (Werner et al. 1995), satelliet zenders (Reijnders et al. 2000, Brasseur & Reijnders 2001) en GPS-GSM zenders (Brasseur et al. 2011, Kirkwood et al. 2014, Kirkwood et al. 2015), deze worden in kader 2.4-1 uiteengezet. Omdat de met behulp van VHF- en satellietzenders verkregen data te onnauwkeurig zijn om daarmee de exacte locatie van de passage van een zeehond door de Oosterscheldekering vast te stellen, zijn deze data hier niet nader geanalyseerd (in tabel 2.4-1 grijs weergegeven). Wel worden de bevindingen uit de betreffende onderzoeken in de discussie en conclusie meegenomen (sub-paragraaf 2.4.4). Dat betekent dat in de kwantitatieve analyse alleen de GPS-zenderdata zijn gebruikt van de zeehonden in het Deltagebied uit de periode 2007 tot en met 2015. In totaal gaat het daarbij om 54 zeehonden, waarvan 22 grijze zeehonden en 32 gewone zeehonden, die in de Voordelta zijn gezenderd voor een studie naar de effecten van het aanleggen van windmolenparken op de Noordzee (OWEZ: Brasseur et al. 2011, Luchterduinen: Kirkwood et al. 2014, 2015). Geen van deze zeehonden is dus in de Oosterschelde zelf gezenderd. Van elke gezenderde zeehond die minimaal één keer door de Oosterscheldekering zwom, zijn de opeenvolgende GPS-punten met een lijn verbonden en op een kaart geplot.

VHF-zenders (1989 - 1998)

Het signaal van VHF-zenders had een maximumbereik van 10 km. Met behulp van een antenne kon op basis van de sterkte van het ontvangen signaal worden bepaald in welke richting, gezien vanuit de ontvanger, een gezenderde zeehond zich bevond, waarbij de zeehond zich bij een sterk signaal dichterbij de ontvanger bevond dan bij een zwak signaal. De exacte locatie van de zeehond kon er echter niet mee worden vastgesteld.

Satellietzenders (1997 - 2005)

Van 1997 tot en met 2005 zijn satellietzenders gebruikt. Bij dit type werden de zendersignalen opgevangen door een ARGOS-satelliet op de momenten dat de zender boven water was. De satelliet kon vervolgens op basis van het dopplereffect de locatie van de gezenderde zeehond bepalen. (Het dopplereffect is de waargenomen verandering van frequentie van golfverschijnselen door een snelheidsverschil tussen de zender en de ontvanger.) De meeste locatiebepalingen waren onnauwkeurig; pas bij meerdere signalen werd de bepaling accurater en kon de locatie met een nauwkeurigheid van 300–1000 m worden vastgesteld. Met dit type zender werden 5-10 locaties per dag geregistreerd.

GPS-zenders (2007 - heden)

In 2007 is een nieuwe generatie zenders in gebruik genomen. Deze GPS-zenders kunnen de locatie veel frequenter en preciezer (op enkele meters nauwkeurig) bepalen dan VHF- of satellietzenders. Ze verzamelen GPS-punten per in te stellen tijdsinterval op het moment dat de zender boven water is. De data worden vervolgens via het GSM-netwerk naar een dataopslaglocatie verzonden. De zenders waren ingesteld om iedere 10 minuten een locatiebepaling op te slaan, maar als de GPS-zender niet lang genoeg boven water is of als er op dat moment onvoldoende GPS-bereik is, kan de tijd tussen twee opeenvolgende locaties langer zijn; in enkele gevallen zelfs enkele uren. De lijnen geven dus niet de exact afgelegde route weer.

Kader 2.4-1: Zendertechnieken zoals gebruikt in de hier gepresenteerde onderzoeken.

Tabel 2.4-1: *Overzicht van de aantallen zeehonden die door de jaren heen van een zender zijn voorzien. Van 2007 tot 2017 hebben in totaal 22 grijze zeehonden en 32 gewone zeehonden een GPS-zender gedragen. De zenderdata van de eerste 52 gezenderde dieren (1989-2005) zijn vanwege de relatieve onnauwkeurigheid van het zendertype (VHF en satelliet) voor het doel van deze rapportage niet verder uitgewerkt, maar worden hier wel voor de volledigheid gepresenteerd (grijs).*

| Jaar | Locatie | Zendertype | Gewone zeehonden | Grijze zeehonden |
|-----------|---|---------------|------------------|------------------|
| 1989-1998 | Oosterschelde (provincie Zeeland) | VHF | 16 | |
| 1997-1999 | Voordelta, Maasvlakte (Rotterdam SeaPorts) ¹ | Satelliet | 17 | |
| 1998-2000 | Oosterschelde (Oliegeul) | Satelliet | 13 ² | |
| 2005 | Westerschelde (OWEZ) | Satelliet | 6 | |
| | | Totaal | 52 | 0 |
| 2007 | Westerschelde (OWEZ) | GPS | 4 | |
| 2013 | Voordelta, Brouwersdam (Luchterduinen) | GPS | 6 | 6 |
| 2014 | Voordelta, Brouwersdam (Luchterduinen) | GPS | 10 | 10 |
| 2015 | Voordelta, Brouwersdam (Luchterduinen) | GPS | 6 | 6 |
| 2016 | Voordelta, Brouwersdam (Luchterduinen) | GPS | 6 | |
| | | Totaal | 32 | 22 |

1) Tussen 1997 en 1999 zijn ook jonge in gevangenschap (Ecomare, Stichting Texels Museum) geboren zeehonden van een satellietzender voorzien en losgelaten bij de Maasvlakte. Hoewel deze dieren zich anders zouden kunnen gedragen dan wilde dieren, werd toch voor dit onderzoek gekozen omdat het de kans bood het toen nieuwe type zender te testen.

2) twee van deze 13 zeehonden zijn in de onderzoeksperiode twee keer gezenderd.

2.4.2.2 Tellingen

In opdracht van de Centrale Informatievoorziening (CIV) van Rijkswaterstaat vinden sinds 2004 zeehondentellingen plaats in het hele Deltagebied. Daarvoor werden onregelmatiger tellingen uitgevoerd o.a. door de provincie Zeeland maar ook door RIKZ. De huidige tellingen in de Voordelta en Oosterschelde worden georganiseerd, uitgevoerd en verwerkt door medewerkers van Delta ProjectManagement (DPM)⁷. Vanuit een vliegtuig worden gedurende het jaar de zeehonden op hun ligplaatsen (zandbanken) in het gebied tijdens laagwater geteld. Zodoende zijn van bijna alle maanden in het jaar telgegevens beschikbaar (Arts et al. 2016). Voor de OTP-monitoring zijn de beschikbare data van de tellingen vanaf 1995 opgesplitst per maand omdat het aantal zeehonden op de ligplaatsen niet het hele jaar door constant is, maar afhankelijk is van het seizoen en de jaarcyclus van de specifieke zeehondensoort (Reijnders 1995, Thompson 1989). Ook de (lokale) weersgesteldheid op de dag van een telling kan invloed hebben op de aanwezigheid van zeehonden op een ligplaats. Wanneer in het databestand van CIV/DPM twee tellingen voor eenzelfde maand staan, is de door DPM aangewezen telling in de analyse betrokken.

2.4.3 Resultaten

2.4.3.1 Zenderdata -analyse/nulstudie⁸

Bij de VHF- en de satellietzenders (in tabel 2.4-1 grijs weergegeven) zijn of de datafrequentie of de locatiebepalingen te onnauwkeurig om de routes van de zeehonden exact te bepalen. Wel kon met deze technieken worden vastgesteld aan welke kant van de kering zich bevonden.

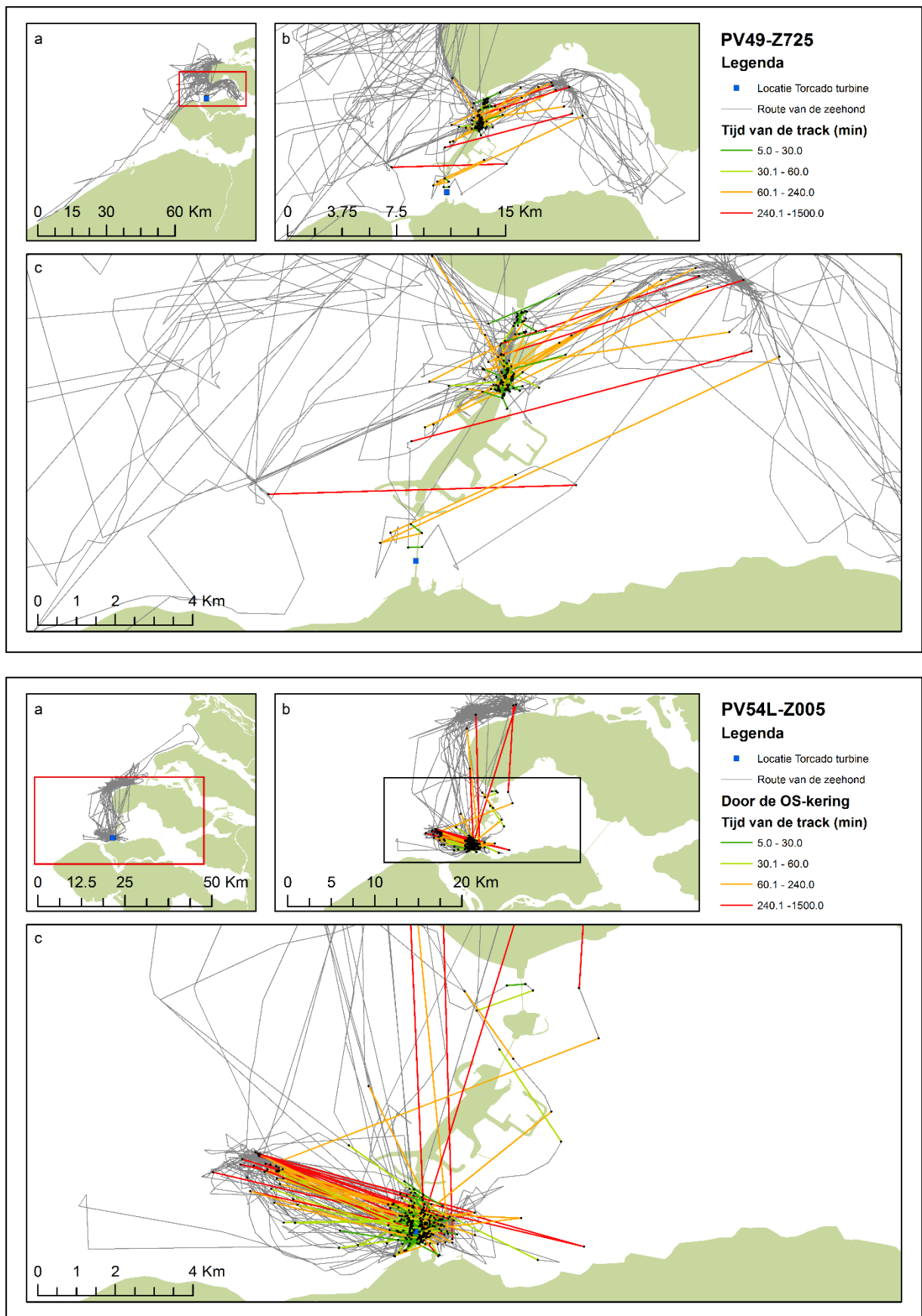
Alleen de GPS-zenderdata leende zich voor het bepalen welke deel van de Oosterscheldekering werd gebruikt bij het passeren van en naar de Oosterschelde. In totaal werden 54 zeehonden, waarvan 22 grijze zeehonden en 32 gewone zeehonden, in het Delta gebied van een GPS zender voorzien. Vier gewone zeehonden werden in de Westerschelde gezenderd in 2007; de andere dieren werden tussen 2013 en 2016 die in het Brouwershavensche Gat gezenderd voor een studie naar de effecten van het aanleggen van windmolenparken op de Noordzee (OWEZ: Brasseur et al. 2011, Luchterduinen: Kirkwood et al. 2014, 2015; tabel 2.4-1).

Van elke gezenderde zeehond die minimaal één keer door de Oosterscheldekering zwom, zijn de opeenvolgende GPS-punten met een lijn verbonden en op een kaart geplot.

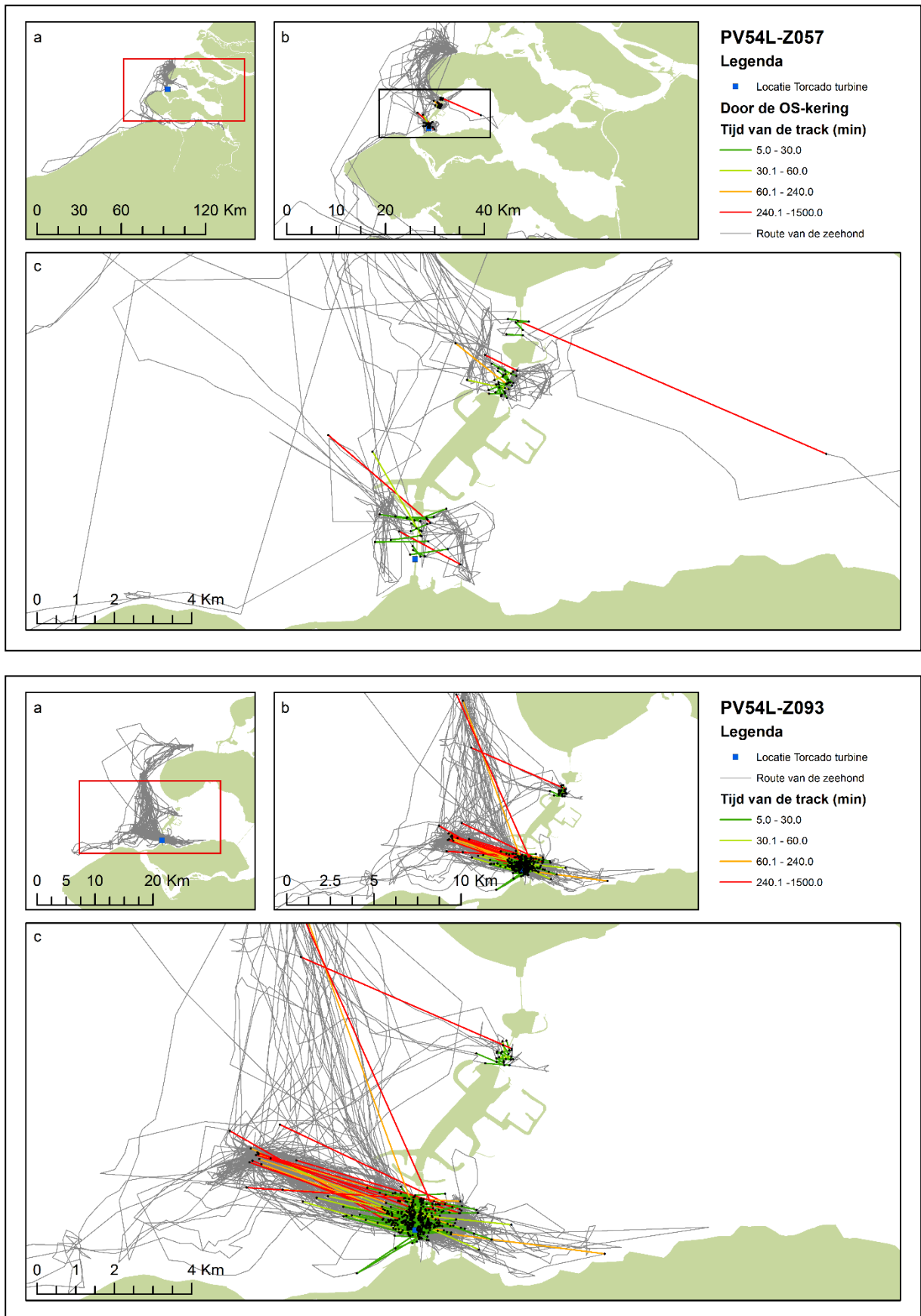
Van deze dieren, zijn in de perioden dat de zenders werkten, vier gewone zeehonden en één grijze zeehond door de Oosterscheldekering gezwommen (figuur 2.4-1). Alle zeehonden zijn in het Brouwershavensche Gat gezenderd; een gewone zeehond werd in 2013 gezenderd, alle anderen werden in 2014 gezenderd. De zeehonden hebben de GPS-zender tussen de 80 en 286 dagen gedragen (tabel 2.4-2). In figuur 2.4-1 staan de volledige routes van elke zeehond apart aangegeven in grijs (a), en zijn de lijnen tussen de punten vóór en na het kruisen van de Oosterscheldekering in kleur geplot (b, uitvergroot c). De kleur van de lijnen is indicatief voor het interval tussen twee locatiebepalingen (5min -1500min). Het spreekt voor zich dat voor twee locatiebepalingen de met een korter tijdsinterval (groene lijnen) men met meer zekerheid kan aangeven door welk deel van de Oosterscheldekering (noord, midden of zuid) een zeehond de kering is gepasseerd dan wanneer het interval langer was (>60 min; rode lijnen; 22% van alle passages). Vanwege aanwezige onzekerheden is in tabel 2.4-3 slechts sprake van een zekere waarschijnlijkheid voor wat betreft het gebruikte deel van de kering en is de categorie 'onduidelijk' ingesteld. Een passage is als onduidelijk beoordeeld wanneer het tijdsinterval tussen het laatste punt vóór de Oosterscheldekering en het eerste punt daarna meer dan 60 minuten bedraagt.

⁷ <https://www.deltamilieu.nl/projecten>

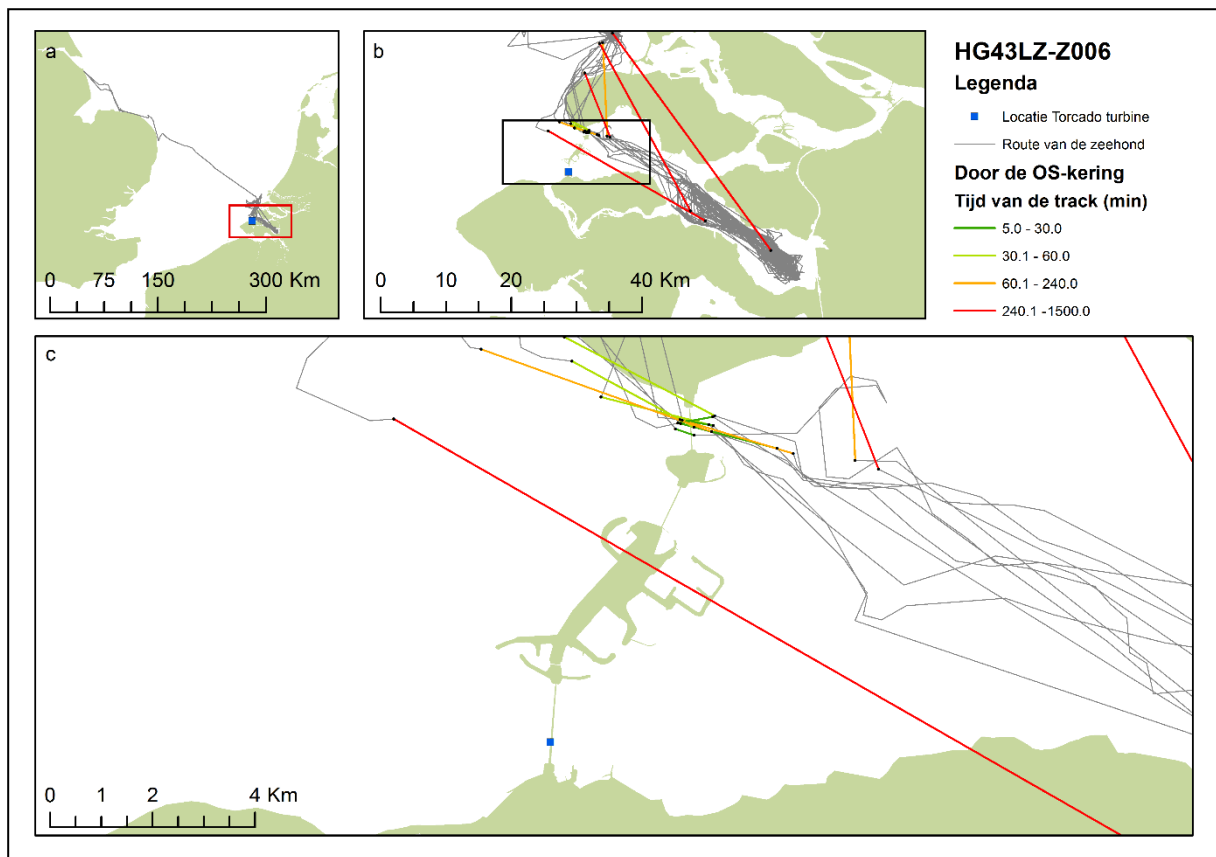
⁸ In de onderhavige monitoring is niet voorzien in nieuw zenderonderzoek (T1- ... Tx-data voor een vergelijkende analyse van de situatie na plaatsing van de getijdenturbines). Wel is het denkbaar dat uit andere onderzoeken data beschikbaar komen die zich lenen voor een vergelijking met de 'nulmeting'. Deze zouden dan voldoende omvangrijk moeten zijn om zeggingskracht te hebben.



Figuur 2.4-1 Afgelegde routes (grijze lijnen) per individuele gezenderde zeehond (zendercode beginnend met PV of HG). De gekleurde lijnen zijn de verbonden GPS-punten vóór en na het kruisen van de Oosterscheldekering; de kleur indiceert de duur van het tijdsinterval tussen de GPS-punten aan weerszijden van de kering variërend van kort (groen) tot lang (rood); zie legenda.



Figuur 2.4-1 Vervolg



Figuur 2.4-1 Vervolg.

Uit de gepresenteerde resultaten blijkt dat de vijf gezenderde zeehonden de onderscheiden delen van de Oosterscheldekering (noord, midden, zuid) allemaal gebruikten. In totaal passeerden de gezenderde zeehonden de Oosterscheldekering 520 maal, daarvan was het 115 maal (22%) onduidelijk welke doorgang genomen is (tabel 2.4-3). Het zuidelijke deel van de Oosterscheldekering werd gesommeerd voor de vijf zeehonden bij 76% van alle passages waarvan de doorgang bekend was gebruikt. Er is echter een grote individuele variatie. Twee gewone zeehonden namen meest de zuidelijke doorgang (resp. 94 en 97% van de doorgangen). De andere twee gewone zeehonden gingen het meest door de middelste doorgang (73 en 51% van de passages). De enige gezenderde grijze zeehond passeerde de kering 14 maal. Voor zeven van deze passages is onbekend welke route genomen is, alle zeven andere passages gingen meest waarschijnlijk door het noordelijke deel (tabel 2.4-3).

Tabel 2.4-2: Gegevens van de vijf gezenderde zeehonden die door de Oosterscheldekering zijn gezwommen.

| Zendercode | Soort | Vanglocatie | Vangdatum | Einddatum zendersignalen | Geslacht | Leeftijd | Lengte in cm | Gewicht in kg |
|----------------|----------------|-----------------------|---------------|--------------------------|----------|-----------|--------------|---------------|
| PV49-Z725-13 | Gewone zeehond | Brouwershavensche Gat | 19 maart 2013 | 13 juni 2013 | Man | sub-adult | 122 | 55 |
| PV54L-Z093-14 | Gewone zeehond | Brouwershavensche Gat | 25 maart 2014 | 16 juni 2014 | Man | adult | 153 | 78 |
| PV54L-Z057 | Gewone zeehond | Brouwershavensche Gat | 25 maart 2014 | 13 juni 2014 | Man | adult | 148 | 56 |
| PV54L-Z005-14 | Gewone zeehond | Brouwershavensche Gat | 25 maart 2014 | 17 juli 2014 | Man | adult | 172 | 94 |
| HG43LZ-Z006-14 | Grijze zeehond | Aardappelbult | 4 april 2014 | 15 januari 2015 | Vrouw | adult | 170 | 121 |

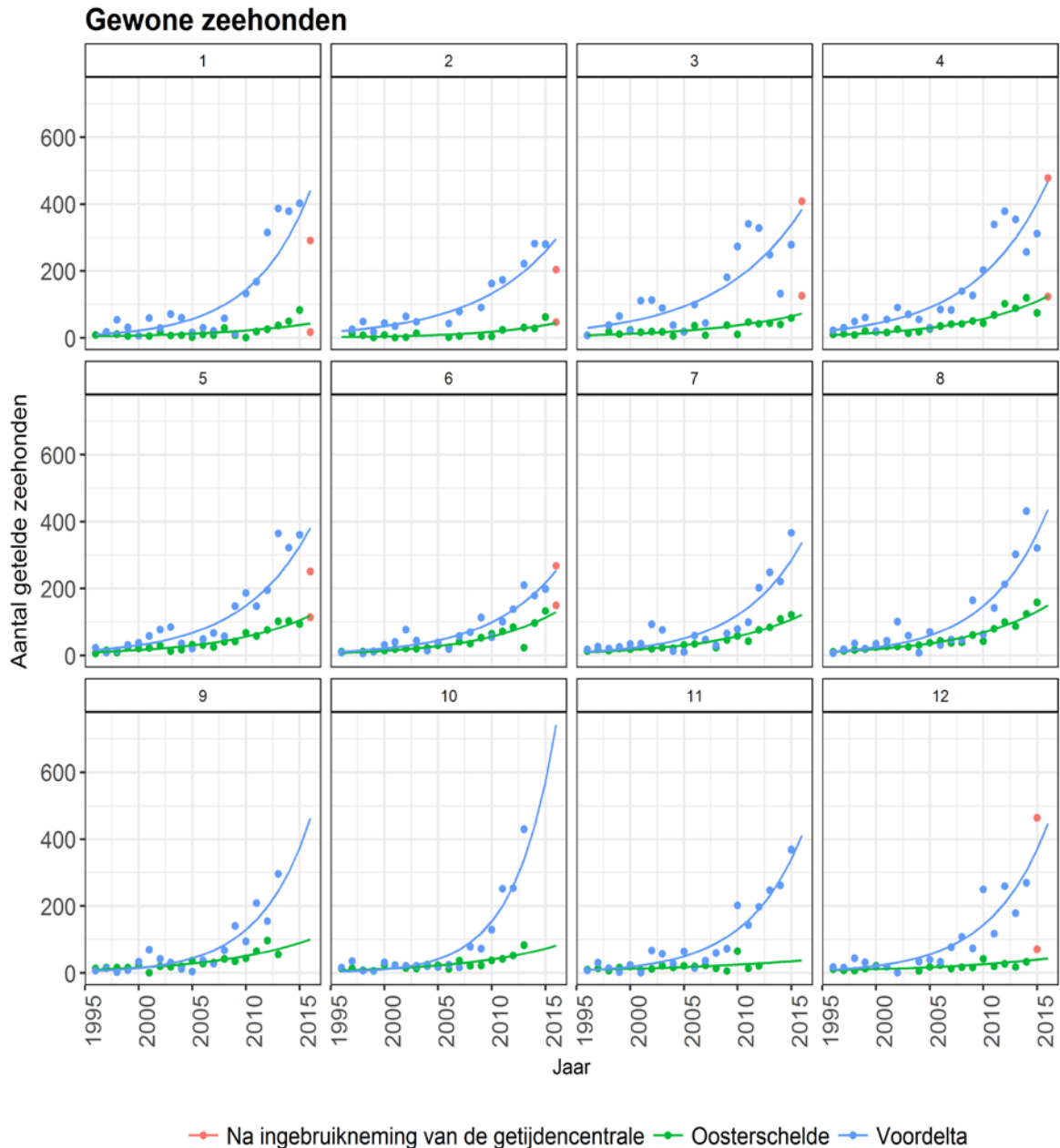
Tabel 2.4-3: Het aantal keren dat de gezenderde zeehonden de Oosterscheldekering passeerden, waarbij onderscheid is gemaakt naar het aantal keren dat een zeehond (waarschijnlijk) door het noordelijke, middelste of zuidelijke deel van de kering is gezwommen; ook uitgedrukt als percentage van het totaal aantal passages per individu. In een aantal gevallen was dit onduidelijk; het indelingscriterium daarvoor is: tijdsinterval tussen het laatste punt vóór de Oosterscheldekering en het eerste punt daarna is meer dan 60 minuten.

| Zendercode | PV49-Z725-13 | PV54L-Z093-14 | PV54L-Z057 | PV54L-Z005-14 | HG43LZ-Z006-14 | totaal |
|--|--------------|---------------|------------|---------------|----------------|------------|
| Totaal aantal passages | 79 | 224 | 42 | 161 | 14 | 520 |
| Aantal passages per zenderdag | 0.92 | 2.70 | 0.53 | 1.41 | 0.03 | |
| Onbekende keuze (>60 min interval) | 24 | 23 | 5 | 56 | 7 | 115 |
| % van totaal | 30 | 10 | 12 | 35 | 50 | 22 |
| Totaal bekend (<60 min interval) | 55 | 201 | 37 | 105 | 7 | 405 |
| Noord | 13 | 0 | 4 | 2 | 7 | 26 |
| Midden | 40 | 13 | 19 | 1 | 0 | 73 |
| Zuid | 2 | 188 | 14 | 102 | 0 | 306 |
| In percentages: | | | | | | |
| Noord | 24 | 0 | 11 | 2 | 100 | 6 |
| Midden | 73 | 6 | 51 | 1 | 0 | 18 |
| Zuid | 4 | 94 | 38 | 97 | 0 | 76 |

2.4.3.2 Tellingen

Gewone zeehonden

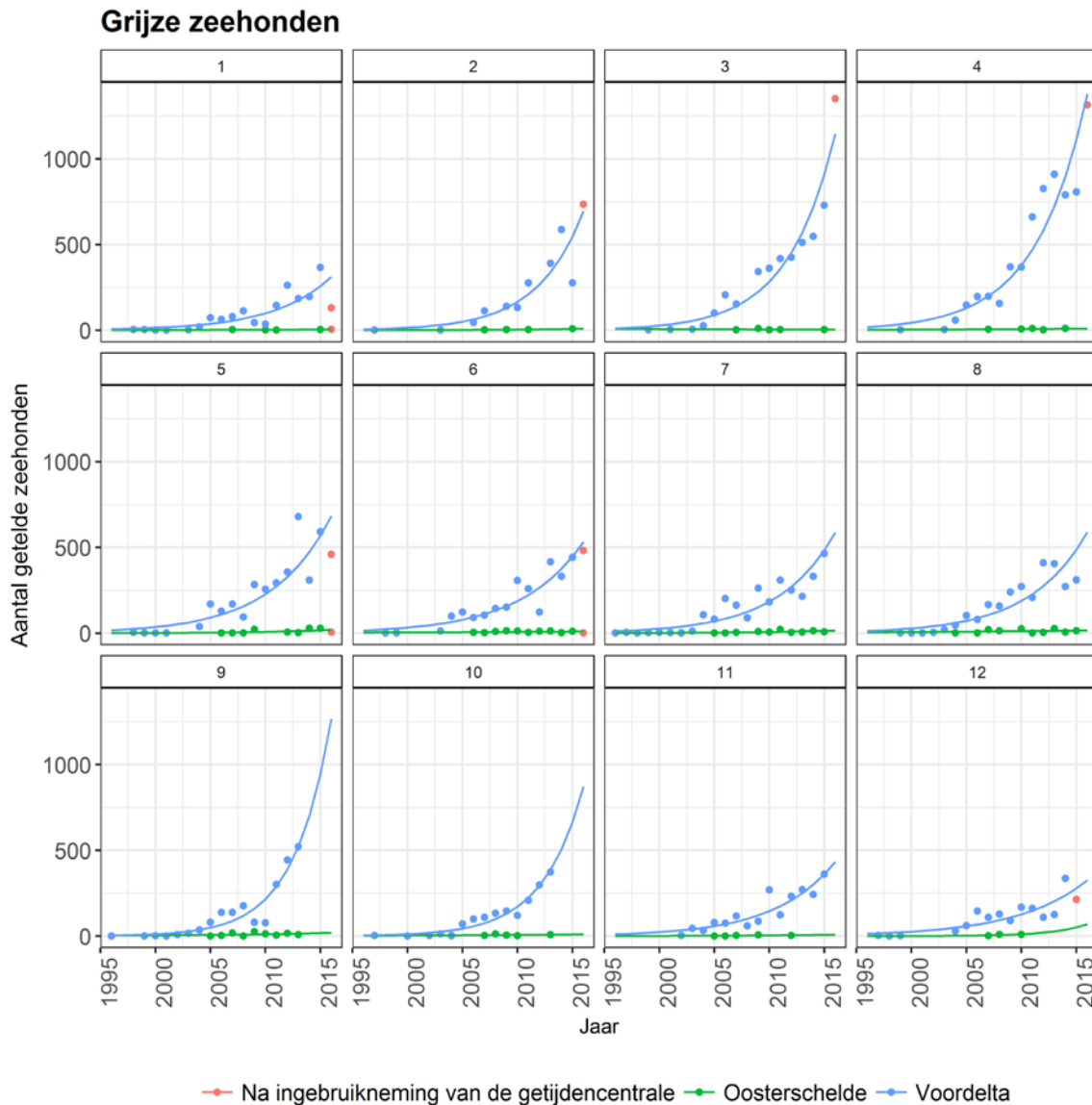
In de Oosterschelde zijn de aantallen gewone zeehonden op de zandbanken sinds 1995 sterk toegenomen van 6-13 (min-max) zeehonden in 1995 tot 59-158 (min-max) zeehonden in 2015 (figuur 2.4-2; data op basis van de vliegtuigtellingen van DPM). In 2016 is het grootste aantal gewone zeehonden (150) in de Oosterschelde in de maand juni waargenomen. In de Voordelta zijn de aantallen toegenomen van 1-11 dieren in 1995 tot 199-464 getelde zeehonden in 2015. In 2016 zijn in de Voordelta zelfs nog meer dieren geteld: de meeste in april (478); (figuur 2.4-2).



Figuur 2.4-2: Aantal getelde gewone zeehonden in de periode 1995 - 2016, per maand, in de Oosterschelde (groen) en in de Voordelta (blauw). De rode punten in de grafieken geven de aantallen weer nadat de getijdenturbines in gebruik zijn genomen (voor december 2015 tot en met juni 2016), waarbij steeds de hoogste punt de aantallen in de Voordelta en de laagste punt de aantallen in de Oosterschelde weergeeft.

Grijze zeehonden

De grijze zeehond is in de Oosterschelde aanzienlijk schaarser dan de gewone zeehond. In 1998 werd de eerste grijze zeehond waargenomen tijdens een telling van DPM. De meeste grijze zeehonden in de Oosterschelde werden in mei 2014 en mei 2015 geteld: in beide jaren 29 dieren (figuur 2.4-3). In de Voordelta komen daarentegen veel grijze zeehonden voor. De aantallen zijn daar exponentieel toegenomen van nul waarnemingen in 1995 tot aan 213-807 in 2015. In maart 2016 is er een recordaantal van 1351 grijze zeehonden geteld (figuur 2.4-3).



Figuur 2.4-3: Aantal getelde grijze zeehonden in de periode 1995 - 2016, per maand, in de Oosterschelde (groen) en in de Voordelta (blauw). De rode punten in de grafieken geven de aantallen weer nadat de getijdenturbines in gebruik zijn genomen (voor december 2015 tot en met juni 2016), waarbij steeds de hoogste punt de aantallen in de Voordelta en de laagste punt de aantallen in de Oosterschelde weergeeft. De rode punt in maand 12 hoort bij de getelde grijze zeehonden in de Voordelta.

2.4.4 Discussie en conclusie

2.4.4.1 Zeehonden zwemmen door de Oosterscheldekering

Ondanks de geringe nauwkeurigheid van VHF-zenders maakte onderzoek met deze telemetrietechniek duidelijk dat gezenderde zeehonden uit de Oosterschelde, niet aldaar permanent verbleven maar regelmatig door de Oosterscheldekering zwommen, de Noordzee op, en weer terug (Werner et al. 1995). Frequent gebruik van de kering werd bevestigd in onderzoek met satellietzenders in de Oosterschelde in de periode 1998 tot in 2000, waarvoor in totaal 13 gewone zeehonden in het gebied

rond de Oliegeul van een zender waren voorzien. Alle gezenderde dieren waren in uiteenlopende mate meerdere keren door de Oosterscheldekering de Noordzee in gegaan (Reijnders et al. 2000, Brasseur et al. 2001).

Uit de nadere analyse van de GPS-zenderdata die voor deze rapportage is uitgevoerd, komt naar voren dat van de gezenderde zeehonden (tabel 2.4-1) vier gewone zeehonden en één grijze zeehond de Oosterscheldekering passeerden. Dit werd 520 maal waargenomen waarbij in 115 instanties niet kon worden vastgesteld door welke passages de dieren gingen. Bij de overige keren werd, zowel het noordelijke, het middelste als het zuidelijke deel van de kering gebruikt.

De gegevens die hier worden gepresenteerd, werden niet verzameld met het doel om het gebruik van de Oosterscheldekering passages te kwantificeren. Uit eerdere studies (Werner 1990, Reijnders et al. 2000 en Brasseur en Reijnders 2001) bleek al dat gewone zeehonden regelmatig heen en weer zwommen tussen de Voordelta en de Oosterschelde. Uit deze kleine steekproef van dieren met GPS-zenders is duidelijk geworden dat zeehonden die de Oosterschelde bezoeken, zeer frequent de kering passeren, soms zelfs meerdere keren per dag. Ook maakt deze studie duidelijk dat alle delen van de kering gebruikt worden.

Voor deze studie is geen nieuw onderzoek gedaan naar het gedrag van zeehonden bij de kering. Duidelijk is dat zeehonden de kering zeer geregeld passeren. We weten echter niet hoe ze de kering precies passeren: aan het wateroppervlak of juist over de bodem; snel of langzaam, bij vloed of bij eb. Om het gedrag van zeehonden tijdens het passeren van de kering in meer detail te kunnen begrijpen zou nader onderzoek nodig zijn.

2.4.4.2 Tellingen

Zowel gewone als grijze zeehonden zijn in de Oosterschelde en de Voordelta in de afgelopen twintig jaar in aantal toegenomen. De talrijkste zeehondensoort op de zandbanken in de Oosterschelde is de gewone zeehond. Grijze zeehonden worden minder vaak op de zandbanken geteld; slechts enkele tientallen; deze soort lijkt een voorkeur te hebben voor de ligplaatsen in de Voordelta waar de grijze zeehonden recentelijk zijn uitgedroefd tot de talrijkste soort. Gezien deze recente veranderingen, en de sterke groei van hun aantallen, is het aannemelijk dat het proces van herstel van zeehonden in dit gebied niet is voltooid en dat verdere ontwikkelingen zijn te verwachten.

In dit rapport worden ook enkele zeehondentellingen gepresenteerd die zijn uitgevoerd in de periode waarin de getijdenturbines operationeel waren (dec 2015 - juni 2016; rode punten in figuur 2.4-2 en 2.4-3). Eventuele veranderingen in het aantalsverloop zouden indicatief kunnen zijn voor een invloed van de turbines. Echter, om een trendbreuk in de aantalsontwikkeling te kunnen aantonen, zijn meerjarige datareeksen noodzakelijk (vgl. Meesters et al. 2007). Een verandering in de aantalsontwikkeling van zeehonden in de Oosterschelde als gevolg van het ophangen van de turbines in de kering had alleen gevonden kunnen worden op basis van de beschikbare data, indien deze verandering heel groot was geweest. Een dergelijk effect is niet gevonden.

2.4.5 Referenties

Aarts, G., Brasseur, S., Geelhoed, S., Van Bemmelen, R., Leopold, M. 2013. Grey and harbour seal spatiotemporal distribution along the Dutch West coast. IMARES rapport nummer C103/13.

Arts, F.A., S. Lilipaly, en R.C.W. Strucker 2016. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2014/2015. RWS Centrale Informatievoorziening BM 16.

Brasseur S., Reijnders P., Meesters E., Aarts G., Cremer J. 2011. Harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to the wind farm site OWEZ, in the Netherlands. Report Number OWEZ_R_252_T1_20120130. IMARES for Noordzeewind.

Brasseur, S.M.J.M. en P.J.H. Reijnders 2001. Zeehonden in de Oosterschelde, fase 2. Effecten van extra doorvaart door de Oliegeul. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 353.S

Kirkwood, R., Bos, O., Brasseur, S. 2014. Seal monitoring and evaluation for the Luchterduinen offshore wind farm 1. T0 - 2013 report. IMARES (Report / IMARES Wageningen UR C067/14) - 47 p.

Kirkwood, Roger; Jenny Cremer, Han Lindeboom, Klaus Lucke, Lorna Teal en Michaela Scholl 2014. Zeezoogdieren in de Eems: studie naar de effecten van bouwactiviteiten van GSP, RWE en NUON in de Eemshaven in 2013. IMARES Rapport C074/14.

Kirkwood, R., Aarts, G., Brasseur, S. 2015. Seal monitoring and evaluation for the Luchterduinen offshore wind farm: 2. Tconstruction - 2014 report. IMARES (Rapport / IMARES Wageningen UR C152/14) - 65 p.

Meesters, H.W.G., P.J.H. Reijnders, S.M.J.M. Brasseur, S. Tougaard, M. Stede, U. Siebert en T. Härkönen 2007. An effective survey design for harbour seals in the Wadden Sea: tuning Trilateral Seal Agreement and EU-Habitat Directive requirement. The meeting of the Trilateral Working Group TWG 07/1, Delfzijl, The Netherlands, 18 - 19 April, The Netherlands. Trilateral Working Group, Wilhelmshaven. 82 p.

Reijnders, P.J.H., S.M.J.M. Brasseur en A.G. Brinkman 2000. Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het Overige Deltagebied. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 078. 56 p., 25 fig.; 2 tab.; 46 ref.

Reijnders, P.J.H., J. van Dijk, en D. Kuiper 1995. Recolonization of the Dutch Wadden Sea by the grey seal *Halichoerus grypus*. *Biological Conservation* 71.3: 231-235.

Thompson, P.M. 1989. Seasonal changes in the distribution and composition of common seal (*Phoca vitulina*) haul-out groups. *Journal of Zoology* 217.2: 281-294.

Werner M.H.J., Brasseur S.M.J.M., Ries E.H. 1995. Habitatgebruik, activiteitspatroon en gedrag van teruggezette, gerevalideerde gewone zeehonden in de Oosterschelde : winterperiode 1993 - 1994. IBN – rapport 180. IBN-DLO, Wageningen.

2.5 Trendanalyse bruinvis

Onderdeel van Werkpakket 1.6: Trendanalyse zeehonden en bruinvis in Voordelta en Oosterschelde
Auteur: M. Leopold (WMR)

2.5.1 Inleiding

Monitoring van de aantallen bruinvissen in de Oosterschelde behoort niet tot de verplichting vanuit de vergunning ex. Natuurwet omdat de bruinvis in de wetssystematiek geen habitatsoort van de betrokken Natura 2000-gebieden Oosterschelde en Voordelta is. Desondanks maakt een trendanalyse van de aantallen bruinvissen onderdeel uit van de OTP-monitoring. Het is de industriële partners immers te doen om een brede maatschappelijke acceptatie door voorlichting over omgevingseffecten, en dan horen bruinvissen, als iconische, vaste bewoners van de Oosterschelde, erbij. Bruinvissen zijn tegenwoordig een algemene verschijning in de Oosterschelde. Dat was vroeger niet het geval: waarnemingen van bruinvissen in of net buiten de Oosterschelde in de decennia voorafgaand aan, en ten tijde van de aanleg van de Oosterscheldekering (1979-1986), waren zeer schaars. Dat gold in die jaren voor heel Nederland: begin jaren tachtig van de vorige eeuw waren bruinvissen nog relatief zeldzaam in ons land (Camphuysen & Siemensma 2011). De nulsituatie voor de Oosterschelde is dus een situatie zonder (noemenswaardige aantallen) bruinvissen.

2.5.2 Materiaal en methode

Om de aantalsontwikkeling van de bruinvis in de Oosterschelde te kunnen schetsen, is gebruik gemaakt van twee van elkaar onafhankelijke datasets. Sinds 2009 wordt ieder jaar een integrale telling van bruinvissen in de Oosterschelde georganiseerd door Stichting Rugvin⁹. De tellingen worden zo veel mogelijk bij goed weer (goed zicht en weinig wind) gedaan, vanaf acht tot negen boten die in linie de hele Oosterschelde 'uitkammen'. Per boot zijn er minimaal drie waarnemers. De tellers proberen alle bruinvissen in de Oosterschelde waar te nemen. Omdat dubbeltellingen mogelijk zijn (dezelfde bruinvis wordt vanaf twee boten waargenomen) hebben de boten onderling contact en worden de data achteraf nog opgeschoond en dubbeltellingen zoveel mogelijk verwijderd. Omdat er altijd toch dieren kunnen worden gemist, is het resultaat van iedere telling het minimum aantal bruinvissen dat in de Oosterschelde verblijft.

Een tweede dataset betreft het aantal bruinvissen dat dood wordt gevonden langs de oevers van de Oosterschelde. Het aantal doodvondsten, over langere termijn, vormt een afspiegeling van de aantallen levende dieren in de bronpopulatie (Peltier et al. 2013), in dit geval het aantal dieren in de Oosterschelde. Uiteraard is het aantal dode dieren dat per jaar wordt gevonden slechts een indicatie voor het aantal levende dieren dat in het gebied verblijft, maar de jaarlijkse aantallen doodvondsten kunnen wel gebruikt worden voor een trendanalyse.

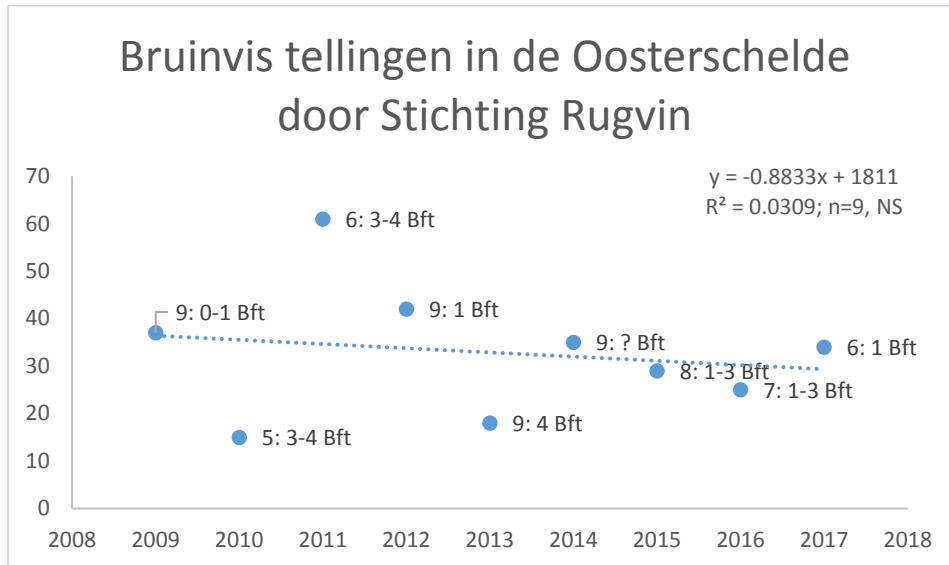
De twee reeksen data zijn ongelijk van lengte. Getallen voor de aantallen levend waargenomen dieren zijn er voor de jaren 2009-2017 (9 jaren). Deze data zijn beschikbaar op de site van Stichting Rugvin. Vondsten van dode bruinvissen in de Oosterschelde worden bijgehouden door Jaap van der Hiele, vrijwilliger binnen het nationale strandingsnetwerk, namens de verschillende opvangcentra in de regio. Van der Hiele heeft een database bijgehouden van alle strandingen van zeezoogdieren in Zeeland. Deze dataset is vergeleken met data die worden bijgehouden op de sites waarneming.nl en walvisstrandings.nl, en loopt (voor dit onderzoek) van 1986-2017 (32 jaren, maar het laatste jaar is nog niet compleet).

2.5.3 Resultaten

De reeks jaarlijkse tellingen van levende bruinvissen in de Oosterschelde laat geen trend zien (figuur 2.5-1), wel een aanzienlijke range in de aantallen: het laagst getelde aantal was 15 dieren, in 2010; een jaar later, in 2011, werd het hoogste aantal dieren (61) geteld. Deze variatie in aantallen kan

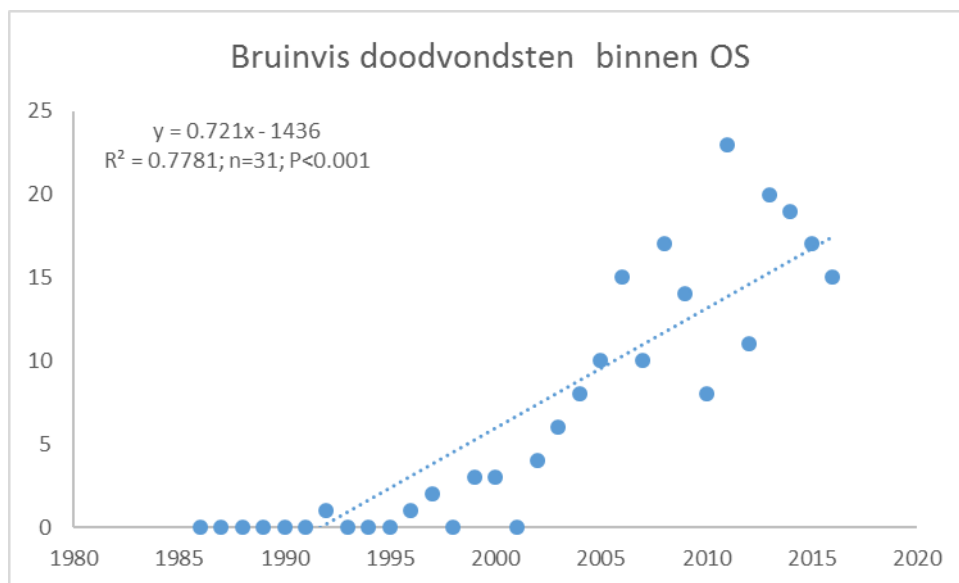
⁹ <http://rugvin.nl/onderzoek/oosterschelde/scans/>

meerdere oorzaken hebben. De variatie kan reëel zijn maar er waren ook verschillen in weersomstandigheden tussen de afzonderlijke tellingen waardoor meer of minder dieren zullen zijn gemist, en bovendien konden de tellingen niet op een vast tijdstip in het jaar worden georganiseerd. Er zijn tellingen gedaan in mei (1), juni (2), juli (1), augustus (1) en september (4), dus vóór, tijdens en na het voortplantingsseizoen. Er is echter geen duidelijk invloed van de maand waarin geteld werd of van de weersomstandigheden (windkracht in Bft): de grootste afwijkingen, zowel naar boven als naar beneden, van de trendlijn komen voor bij relatief veel wind, en in verschillende maanden van het jaar.

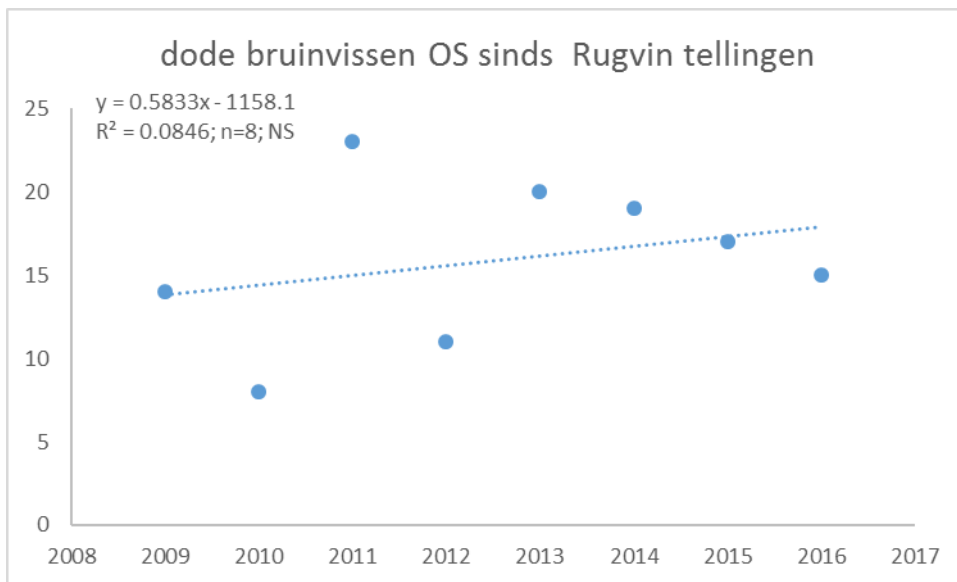


Figuur 2.5-1: Aantallen bruinvissen in de Oosterschelde zoals jaarlijks (2009-2017) geteld door Stichting Rugvin. Bij ieder punt is aangegeven: de maand waarin werd geteld en de windkracht waarbij geteld werd.

De reeks doodvondsten per jaar laat over ruim drie decennia een duidelijke stijging zien (figuur 2.5-2). Dit beeld komt overeen met het beeld voor Nederland als geheel (Camphuysen & Siemensma 2011). In de eerste tien jaren (1986-1995) werd slechts één dode bruinvis gevonden in het gebied, maar daarna namen de aantallen sterk toe. In de laatste tien jaren van de reeks is er veel variatie in aantallen, al zijn de aantallen altijd hoog in vergelijking met de voorafgaande periode. Als we alleen kijken naar de reeks van jaren waarin ook bruinvissen levend werden geteld door Stichting Rugvin (2009-2016; het jaar 2017 kon nog niet worden meegenomen), dan is er geen trend in de aantallen meer (figuur 2.5-3): de toestand heeft zich gestabiliseerd.



Figuur 2.5-2: Aantallen bruinvissen die per jaar dood in de Oosterschelde werden gevonden (1986-2016). Data: Jaap van der Hiele.

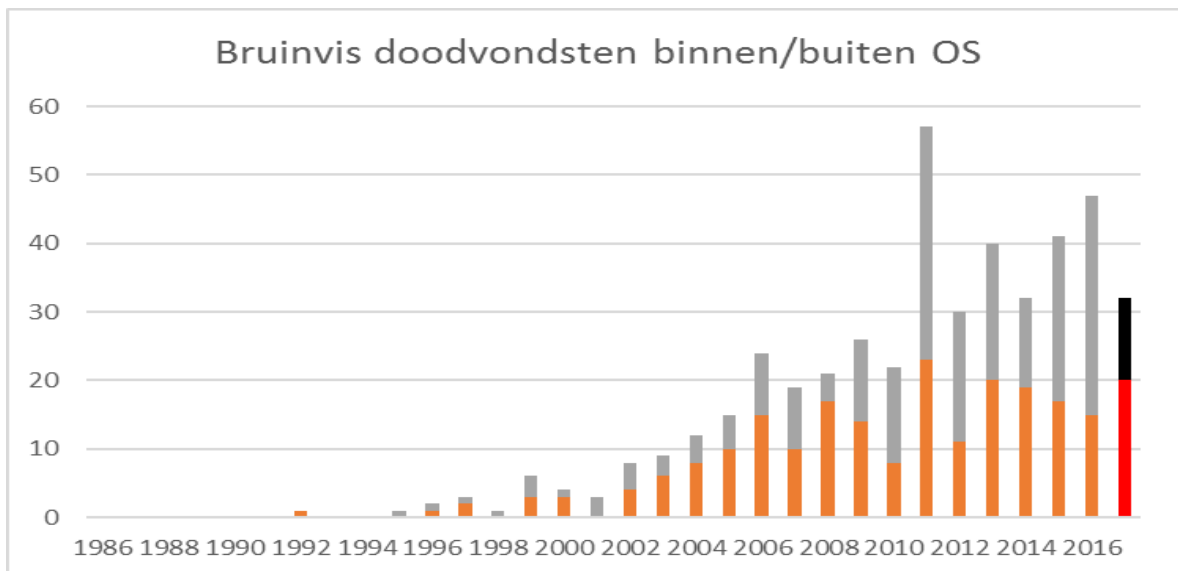


Figuur 2.5-3: Aantallen bruinvissen die per jaar dood in de Oosterschelde werden gevonden ten tijde van de reeks tellingen van levende dieren door Stichting Rugvin (2009-2016). In het nog lopende jaar (2017) zijn reeds 20 dode dieren gevonden in de Oosterschelde (peildatum: 21 augustus 2017).

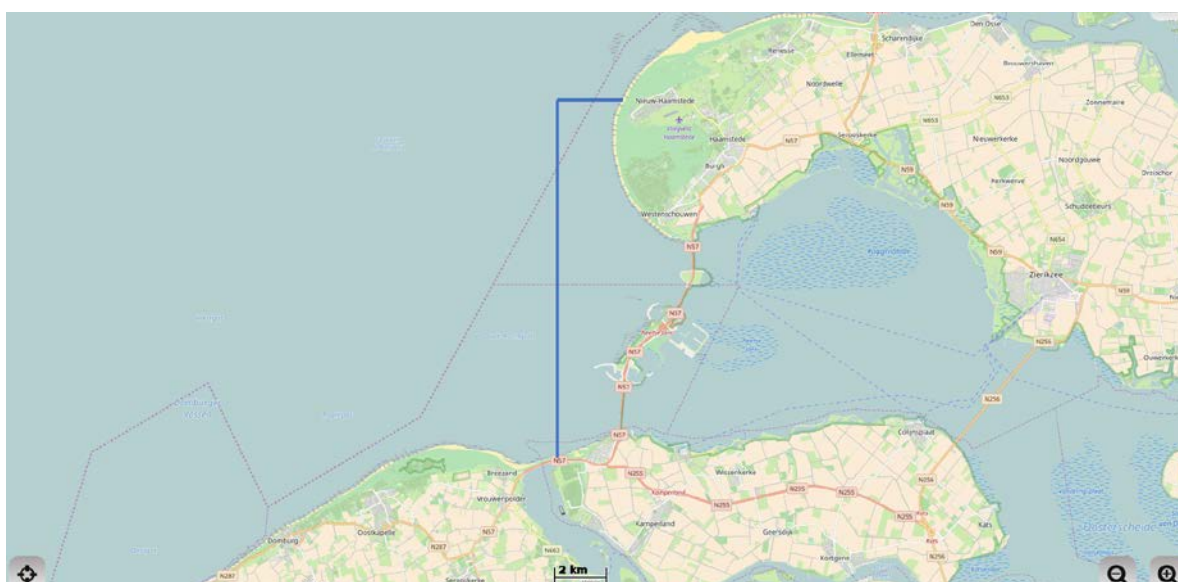
2.5.4 Discussie en conclusie

Gemiddeld over de jaren 2009-2016 werden in de Oosterschelde 16 ± 4.9 dode bruinvissen per jaar gevonden. Levend werden er gemiddeld over deze zelfde reeks van jaren 33 ± 14.7 geteld. Dit zou betekenen dat ongeveer de helft van alle bruinvissen die levend worden geteld in de Oosterschelde, jaarlijks ter plaatse sterft. Een dergelijke sterfte is alleen mogelijk bij import van dieren, via de Oosterscheldekering. Bij deze vergelijking tussen de aantallen dood gevonden en levend getelde dieren moeten echter wel een paar kanttekeningen worden gemaakt. Bij de tellingen van levende dieren zullen dieren worden gemist; de werkelijke aantallen levende dieren zullen dus hoger zijn. Nemen we het maximale aantal getelde dieren (61) als de beste maat voor de populatieomvang, dan is de relatieve sterfte 26% (16 van 61). Aan de andere kant zullen ook niet alle dieren die in de Oosterschelde dood gaan, worden gevonden. Karkassen kunnen zinken en door aaseters worden opgeruimd, ze kunnen aanspoelen op ontoegankelijke plekken, of ze kunnen via de Oosterscheldekering naar de Noordzee wegdrijven. Voor dit laatste bestaan vermoedens. Enkele dieren die dood drijvend werden gemeld in de buurt van de kering, zijn niet langs de oevers van de Oosterschelde terug gevonden, terwijl er dan wel kort nadien een dode bruinvis net buiten de kering werd gevonden. Als we de dode dieren meerekenen die net buiten de kering aanspoelen (onder de aanname dat dit allemaal dieren zijn die afkomstig zijn uit de Oosterschelde), dan komen er gemiddeld over 2009-2016 nog 21 ± 8.4 dode dieren bij. Onder deze aanname zouden dan in de recente reeks van jaren jaarlijks gemiddeld 37 Oosterschelde-bruinvissen sterven (figuur 2.5-4), ruim de helft van het maximaal getelde aantal levende dieren.

Over de hele reeks van jaren sinds het gereed komen van de Oosterscheldekering (1986-2017) laten zowel de aantallen doodvondsten binnen als buiten de kering een toename zien (figuur 2.5-4 en 2.5-5). Hierbij lijkt het aandeel dieren dat net buiten de kering wordt gevonden, recent toegenomen. Sinds 2009, het jaar dat de dieren jaarlijks in de Oosterschelde worden geteld, lijkt de toestand stabiel: zowel het aantal levend getelde dieren als het aantal dood gevonden dieren in de Oosterschelde vertoont geen significante trend.



Figuur 2.5-4: Aantallen bruinvissen die per jaar dood in de Oosterschelde werden gevonden (oranje) en net buiten de Oosterschelde kering (grijs). In dit overzicht is ook het nog lopende jaar (2017) opgenomen (rood, respectievelijk zwart; peildatum: 21 augustus 2017). Zie figuur 2.5-5 voor de begrenzing van het zoekgebied buiten de kering.



Figuur 2.5-5: De begrenzing van het zoekgebied voor dode bruinvissen buiten de Oosterscheldekering.

2.5.5 Referenties

Camphuysen C.J. & Siemensma M.L. 2011. Conservation plan for the harbour porpoise *Phocoena phocoena* in The Netherlands: towards a favourable conservation status. NIOZ Rapport 2011-07, Texel.

Peltier H., Baagøe H.J., Camphuysen C.J., Czeck R., Dabin W., Daniel P., Deaville R., Haelters J., Jauniaux T., Jensen L.F., Jepson P.D., Keijl G.O., Siebert U., Van Canneyt O. & Ridoux V. 2013. The stranding anomaly as population indicator: the case of harbour porpoise *Phocoena phocoena* in North-Western Europe. PLoS ONE 8(4): e62180. doi: 10.1371/journal.pone.0062180.

2.6 Doodsoorzaak gewonde /dode zeezoogdieren

Onderdeel van Werkpakket 1.7: Onderzoek naar doodsoorzaak gewonde/dode dieren Voordelta en Oosterschelde; auteur: L. Jsseldijk (UU, Faculteit Diergeneeskunde, Departement Pathobiologie)

2.6.1 Inleiding

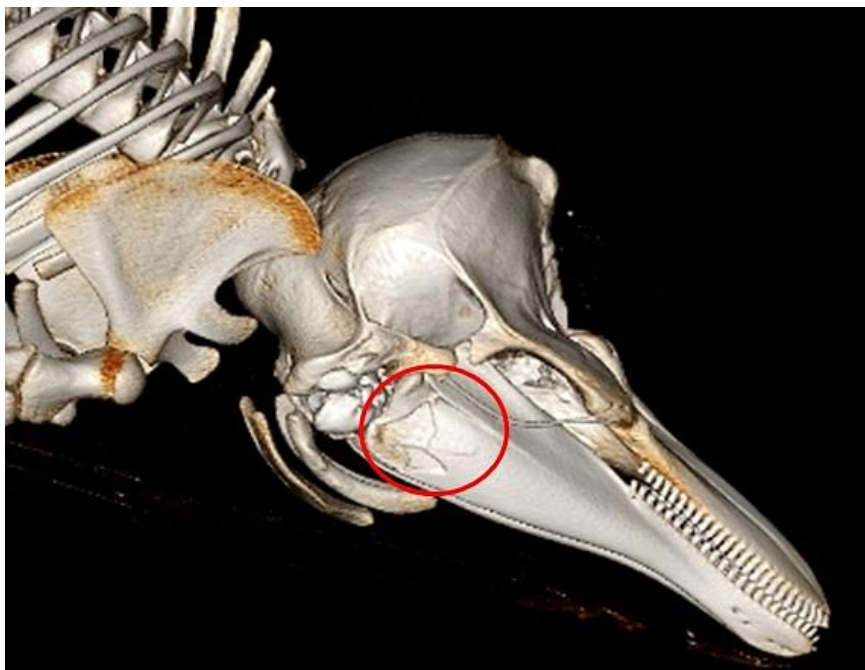
De mogelijke (negatieve) effecten van de getijdenturbines op de instandhoudingsdoelen van het beschermde Natura 2000-gebied Oosterschelde zijn getoetst in een Passende Beoordeling (PB) (Smit & Dankers 2010). Daarin staat: *“Zeehonden en Bruinvissen (de laatste soort generiek beschermd) passeren zeker de Oosterscheldekering, maar hierover zijn geen kwantitatieve gegevens bekend. [...] Wel bestaat het risico dat zij tijdens de passage door een schoep van een turbine worden geraakt, maar gelet op de snelheid van de turbinebladen (tipsnelheid 10 m/s) lijkt het waarschijnlijk dat ze deze kunnen ontwijken. [...] Dit aspect dient echter wel te worden meegenomen in een monitoringsprogramma.”* In de verleende vergunning ex. Natuurwet is deze aanbeveling alleen overgenomen voor de zeehonden. De vergunningverlener merkt de kans als zeer gering aan dat een zeehond door een turbineblad wordt geraakt en als gevolg daarvan een verwonding oploopt of wordt gedood. Toch acht hij het van belang om deze verwachting in de praktijk te valideren. Ondanks de beperking van de monitoringverplichting tot de zeehonden, wordt binnen het OTP-monitoring-programma het postmortaal onderzoek ook aan bruinvissen uit de Oosterschelde en de Voordelta uitgevoerd. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de in 2016 tot 15 augustus 2017 gestrande en onderzochte zeehonden en bruinvissen. Onderzocht wordt of er onder de dood gevonden dieren gevallen zijn waarbij de dood veroorzaakt zou kunnen zijn door contact met een turbine.

2.6.2 Bruinvissen

In totaal zijn er van 1 januari 2016 tot 15 augustus 2017 74 dode bruinvissen gemeld. Dit waren 31 bruinvissen in het uitstroomgebied, tien dieren op de Oosterscheldekering en 33 bruinvissen gevonden binnen de Oosterschelde (figuur 2.6-11). De staat van ontbinding waarin deze dieren verkeerden, varieerde van zeer vers tot overblijfselen. Een lokale vrijwilliger van het strandingsnetwerk is telkens na een melding van een dode bruinvis ter plaatse gegaan. Zeven dieren werden niet teruggevonden en waren vermoedelijk bij hoogwater weggespoeld. Van de aangetroffen bruinvissen zijn 36 karkassen naar destructie gegaan omdat ze te rot of incompleet waren; 31 bruinviskadavers werden veilig gesteld voor onderzoek. Tot op heden (eind augustus 2017) zijn op 26 van de 31 kadavers secties uitgevoerd; de overige vijf bruinvissen liggen nog opgeslagen in vriezers. Van de 26 onderzochte bruinvissen vielen vijf dieren binnen het reguliere monitoringsonderzoek van het ministerie van Economische Zaken. Dit waren één neonaat, drie juveniele en één volwassen dier; vier vrouwtjes en één mannetje. Deze dieren waren voorafgaand aan de sectie niet ingevroren. Twee bruinvissen waren erg vers (DCC1) ten tijde van de sectie. Eén van de twee was levend gestrand en geëuthanaseerd, waardoor de sectie al twee uur na de dood plaats kon vinden. De andere drie dieren waren dood aangetroffen maar ten tijde van de sectie nog in een verse staat (DCC2). Alle vijf dode dieren zijn uitvoerig onderzocht, waarbij zowel macroscopische als microscopische evaluaties uitgevoerd zijn om de doodsoorzaken vast te stellen. Drie dieren zijn door natuurlijke oorzaken omgekomen: twee als gevolg van een aanval door een grijze zeehond waarbij kenmerkende verwondingen zichtbaar waren (Leopold et al. 2015), en één door ziekte van vermoedelijke virale oorsprong. De andere twee bruinvissen waren beide ernstig vermagerd, en de secties leverden een sterke verdenking op dat zij als gevolg van stomp trauma zijn overleden. Het ene dier had een gebroken kaak (figuur 2.6-2) met in het omliggende weefsel een ernstige bloeditstorting, daarnaast een bloeding in de hersenen, waarschijnlijk ook als gevolg van het trauma, en een parasitaire longontsteking. Het andere dier had een bloeding op de schedel van ongeveer 10 x 5 cm groot, en ook bij dit dier werd een ernstige parasitaire belasting in verschillende organen gediagnosticeerd.



Figuur 2.6-1: Oosterschelde en het uitstroomgebied met de strandingslocaties van de gemelde bruinvissen.



Figuur 2.6-2: CT-beeld van de casus met gebroken onderkaak (rood omcirkeld; foto: Afdeling Diagnostische Beeldvorming, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht).

De 21 bruinvissen die in vergaande staat van ontbinding werden gevonden en verzameld zijn op drie individuen na voorafgaand aan de sectie ingevroren. De rottingscode van 13 karkassen was DCC4. Vijf dieren waren in gemiddelde staat (DCC3) en de overige drie casussen waren slechts overblijfselen van dieren (DCC5). Er werden vier pasgeboren bruinvissen onderzocht (drie mannetjes en één vrouwtje),

negen juveniele dieren (twee mannetjes en zeven vrouwtjes) en zes volwassen dieren (vier mannetjes en twee vrouwtjes). Het geslacht en de leeftijdsklasse van twee incomplete karkassen bleef onbekend.

Bij kadavers in gevorderde en vergaande staat van ontbinding is microscopisch onderzoek niet mogelijk. Daarnaast wordt het macroscopisch onderzoek bemoeilijkt door postmortale veranderingen, bijvoorbeeld door de effecten van rotting door bacteriën en opblazing van de kadavers en organen. Dit resulteert erin dat doodsoorzaken niet meer met zekerheid kunnen worden vastgesteld. Wel kan er van geval tot geval getracht worden om aanvullende gegevens te verzamelen die een indicatie kunnen geven van de gezondheidsstatus van een dier ten tijde van de dood. Voor deze casussen trachten we een onderscheid te maken tussen dieren die acuut lijken te zijn overleden en dieren die langere tijd een verminderde conditie hadden. Hierbij wordt onder andere gekeken naar de voedingstoestand van een dier (vetlaag; spiermassa), deels (on)verteerde prooi in de maag en of er significante tekenen van ziekte waren. Uitgebreid dieetonderzoek om prooisoorten en compositie te reconstrueren is nader uitgewerkt in paragraaf 2.7.

Van de 21 bruinvissen in staat van ontbinding leken vier bruinvissen een acute dood gestorven te zijn: alle vier hadden een zeer goede voedingstoestand en drie dieren ook een op het oog volle maag met deels onverteerde prooi (een indicatie van een acute doodsoorzaak). Sterfte als gevolg van een aanval door een grijze zeehond leek bij deze vier casussen een goede mogelijkheid, maar een valide evaluatie van bijtwonden of mutilaties ten gevolge van een dergelijke aanval waren niet mogelijk door postmortale veranderingen van de huid en het onderliggende weefsel. Zes andere bruinvissen zijn vermoedelijk overleden ten gevolge van een infectieziekte. Bij deze casussen werden er indicaties gevonden dat ze ontstekingen hadden die gepaard gingen met een zeer slechte voedingstoestand en op het oog (bijna) lege maag. Twee pasgeboren jonge bruinvissen in staat van ontbinding stierven perinataal, vermoedelijk door acute verhongering na het verliezen van hun moeder, of door onderkoeling. Bij negen casussen kon geen indicatie voor de doodsoorzaak gevonden worden. Verwondingen ten gevolge van stomp trauma waren bij de casussen in gevorderde en vergaande staat van ontbinding niet meer te herkennen.

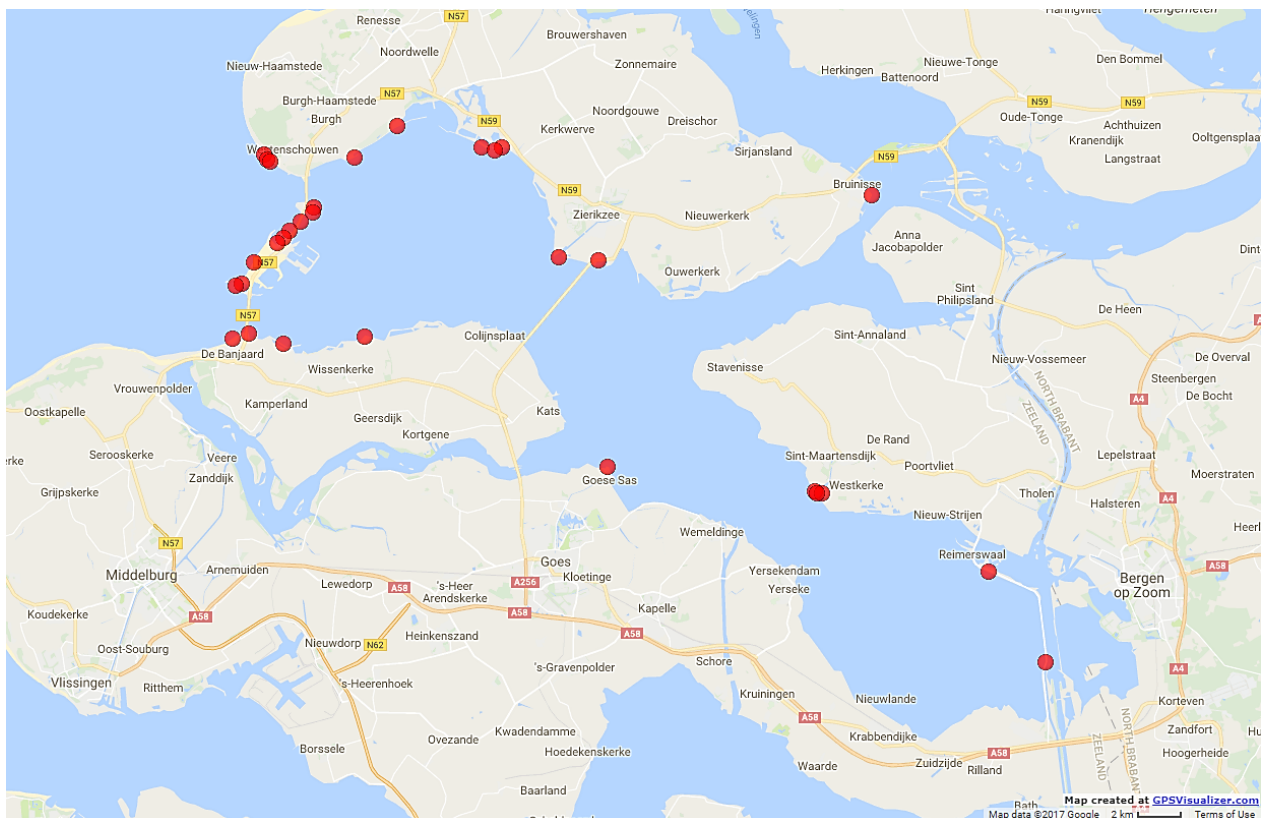
Tijdens het postmortaal monitoringsonderzoek dat de Universiteit Utrecht voor het ministerie van Economische Zaken uitvoert (2008-heden), zijn er 447 (zeer) verse (DCC1-2) bruinvissen onderzocht (Begeman et al. 2014, IJsseldijk & Gröne 2015, IJsseldijk et al. 2016, 2017). Bij zeven dieren is stomp trauma gediagnosticeerd. Dit zijn de twee bovengenoemde casussen plus vijf additionele casussen. Deze vijf additionele casussen waren vier mannelijke dieren en één vrouw, gestrand op verschillende locaties aan de Nederlandse kust (te Texel, Zandvoort, Kamperland, Den Haag en Camperduin). De aard van het stomp trauma was bij één dier, een pasgeboren jong, mogelijk te verklaren door bevallingsproblemen. Bij de andere vier dieren, net zoals bij de twee bruinvissen met kneuzingen die binnen de OTP-monitoring zijn onderzocht, blijft de precieze oorzaak van het trauma onbekend. Wel zijn de beschreven verwondingen van de twee bruinvissen met kneuzingen overeenkomend met eerder gerapporteerde kneuzingen van bruinvissen waarbij stomp trauma werd gediagnosticeerd (bloedingen in de hersenen en gebroken botten, waaronder de schedel en kaak). Stomp trauma werd, hoewel niet vaak, ook al voor de in gebruik name van de getijdenturbines als diagnose gesteld. Als mogelijke verklaringen werden (inter)specifieke interacties of botsingen met voorwerpen aangenomen. Een turbine zou zo'n voorwerp kunnen zijn, maar er zijn zeker ook diverse andere mogelijke oorzaken, zoals een botsing met een schip of met de wanden van de Oosterscheldekering tijdens een passage, bijvoorbeeld bij hoge stroomsnelheden.

2.6.3 Zeehonden

In totaal zijn er van 1 januari 2016 tot 15 augustus 2017 29 dode en één levende zeehond gemeld (de laatste werd geëuthanaseerd). Dit waren vijf zeehonden in het uitstroomgebied, zes dieren op Neeltje Jans en 19 zeehonden gevonden binnen de Oosterschelde (figuur 2.6-3). De staat van ontbinding waarin deze dieren verkeerden, varieerde van zeer vers tot overblijfselen. Een plaatselijke vrijwilliger van het strandingsnetwerk is na meldingen van dode zeehonden ter plaatse gegaan. Drie dieren werden niet teruggevonden en waren vermoedelijk weer weggespoeld. Veertien zeehonden zijn naar destructie gegaan, omdat deze te rot of incompleet waren, en 13 kadavers werden veilig gesteld voor onderzoek. Tot op heden zijn zeven secties uitgevoerd: op vijf grijze zeehonden en twee gewone zeehonden, de overige zeehonden liggen nog opgeslagen in vriezers in afwachting van de sectie.

De vijf grijze zeehonden die zijn onderzocht waren vier volwassen dieren (drie vrouwtjes en één man) en een juveniel vrouwtje. Alle grijze zeehonden waren in staat van ontbinding (DCC3-5). Eén dier was ingevroren voorafgaand aan de sectie, maar de andere vijf grijze zeehonden niet; dit mede vanwege de forse maat van deze soort (tot >2m en >200kg). Twee volwassen vrouwtjes waren drachtig. Eén van deze twee was waarschijnlijk overleden door een verwonding op de kop, vermoedelijk veroorzaakt door een soortgenoot. Daarnaast was de uterus 180° gedraaid (*torsio uteri*) wat hevige pijn met zich meebrengt en waardoor het dier verzwakt en kwetsbaar kan zijn geweest. De andere volwassen drachtige zeehond was acuut gestorven, wat zichtbaar was aan de goede spekdikte en de op het oog volle maag. Het dier had een gebroken kaak, maar vermoedelijk is dit een postmortaal artefact want er zijn geen onderhuidse geassocieerde bloedingen waargenomen. De doodsoorzaak kon niet worden vastgesteld. Het juveniel vrouwelijke dier was overleden als gevolg van een aanval van een soortgenoot, zichtbaar aan de beschreven scherp begrensde huiddefecten, verlopend in een kurkentrekker-patroon, dat typerend is voor een aanval door een grijze zeehond (Brownlow et al. 2016, Bishop et al. 2016). De doodsoorzaken van de andere twee grijze zeehonden bleef onbekend.

De twee gewone zeehonden waren beide juveniel. De doodsoorzaak van één dier was vermoedelijk toe te schrijven aan een grijze zeehond aanval, omdat ook hier scherp begrensde huiddefecten, verlopend in kurkentrekker-patroon zichtbaar waren. De andere gewone zeehond was in vergaande staat van ontbinding, waardoor ook hier de doodsoorzaak onbekend bleef.



Figuur 2.6-3: Oosterschelde en het uitstroomgebied met de strandingslocaties van de gemelde zeehonden.

2.6.4 Referenties

Begeman L., IJsseldijk L.L., Gröne A. 2014. Postmortaal onderzoek van bruinvissen uit Nederlandse wateren 2009 – 2013. Intern rapport Utrecht Universiteit.

Bishop A.M., Onoufriou J., Moss S., Pomeroy P.P. & Twiss S.D. 2016. Cannibalism by a male grey seal (*Halichoerus grypus*) in the North Sea. *Aquatic Mammals* 42: 137-143.

Brownlow A., Onoufriou J., Bishop A.M., Davison N., Thompson D. 2016. Corkscrew Seals: Grey Seal (*Halichoerus grypus*) Infanticide and Cannibalism May Indicate the Cause of Spiral Lacerations in Seals. *PLoS ONE* 11(6): e0156464.

IJsseldijk L.L., Gröne A. 2015. Postmortaal onderzoek van bruinvissen uit Nederlandse wateren 2014. Intern rapport Utrecht Universiteit.

IJsseldijk L.L., Kik M.J.L., Gröne A. 2016. Postmortaal onderzoek van bruinvissen uit Nederlandse wateren 2015. Intern rapport Utrecht Universiteit.

IJsseldijk L.L., Kik M.J.L., Solé L., Gröne A. 2017. Postmortaal onderzoek van bruinvissen (*Phocoena phocoena*) uit Nederlandse wateren, 2016. WOt-technical report 96 ISSN 2352-2739

Leopold, M.F., Begeman, L., van Bleijswijk, J.D.L., IJsseldijk, L.L., Witte, H.J., Gröne, A. 2015 Exposing the grey seal as a major predator of harbour porpoises. *Proceeding of the Royal Society B*, DOI 10.1098/rspb.2014.2429

Smit C.J. & Dankers N.M.J.A. 2010. Passende Beoordeling van een getijdencentrale in de Oosterscheldekering. IMARES Rapport C042/10, 56p.

2.7 Dieet-onderzoek

Onderdeel van Werkpakket 1.6: Trendanalyse zeehonden en bruinvis in Voordelta en Oosterschelde; auteur: M. Leopold (WMR)

2.7.1 Inleiding

In het kader van de OTP-monitoring wordt ook naar het dieet van zeehonden en bruinvissen in de Oosterschelde en net daarbuiten in de Voordelta gekeken. Om te bezien hoe sterk de aanwijzingen zijn voor een minder goede voedselsituatie van deze dieren in de Oosterschelde, is literatuuronderzoek gedaan en aangesloten bij het werk van de Universiteit Utrecht (UU) binnen Werkpakket 1.6¹⁰ (zie sub-paragraaf 2.5). Voor de dieet-studie grijze zeehonden (2.6.2) zijn ook gegevens ingebracht van eigen onderzoek van WMR naar voedselresten in zeehond-feces, en voor de dieetstudie bruinvissen (2.6.3) gegevens uit het lopende postmortaal monitoringsonderzoek van WMR en UU voor het ministerie van Economische Zaken (2006-heden: WMR; 2008-heden: WMR en UU). Op basis van al deze gegevens zijn twee studies uitgevoerd, één naar het dieet van grijze zeehonden in de Voordelta en één naar het dieet van bruinvissen in de Oosterschelde en Voordelta. Beide studies beschrijven de toestand van vóór de ingebruikname van de getijdenturbines en zijn daarom als nulstudies te beschouwen. Omdat beide als zelfstandige publicaties zijn verschenen of binnenkort zullen verschijnen, wordt in de voorliggende rapportage volstaan met een beknopte samenvatting daarvan onder verwijzing naar die publicaties.

2.7.2 Nulstudies dieet grijze zeehond en bruinvissen

Zowel zeehonden als bruinvissen hebben de mogelijkheid om de Oosterscheldekering te passeren en kunnen lokaal dus kiezen voor foerageren binnen de Oosterschelde of daarbuiten in de naastgelegen Voordelta. Vermoed wordt dat de voedselsituatie in de Oosterschelde voor deze zeezoogdieren minder goed is dan erbuiten: de onderzoeksvraag is dan onder meer of het voor deze dieren profijtelijk kan zijn om de Oosterschelde binnen te zwemmen, c.q. er te blijven na een eerste passage van buiten naar binnen door de kering.

2.7.2.1 Grijze zeehond (Voordelta)

Publicatie: Leopold et al., in prep.

Uit het werk met zenders op zeehonden is gebleken, dat deze dieren in Nederland hun meeste voedsel uit de Noordzee halen en niet uit 'binnenwateren' zoals de Waddenzee of de Oosterschelde. Deze gebieden worden vooral gebruikt om te rusten, op droogvallende of droogliggende hoge zandplaten (Brasseur 2017). In Nederland is weinig dieetonderzoek gedaan aan zeehonden en een goede vergelijking tussen het dieet in Noordzee en Oosterschelde is op grond van literatuurdata niet te maken. WMR heeft een eigen nulstudie gedaan aan grijze zeehonden in de Voordelta. Hiervoor zijn feces van grijze zeehonden verzameld op De Bollen van de Ooster, een belangrijke rustplaats van grijze zeehonden in de Voordelta. In het kader van deze OTP-monitoring zijn de data uitgewerkt tot een wetenschappelijke publicatie.

Het aantal grijze zeehonden is de laatste decennia sterk gestegen in de Voordelta (zie sub-paragraaf 2.4.3.2). Dit zou erop kunnen duiden dat er een overmaat aan voedsel is voor deze dieren. Wat de grijze zeehond in de Voordelta precies eet, is echter nooit onderzocht. In maart/april 2007 konden 22 feces worden verzameld op een van de belangrijkste ligplaatsen van deze zeehonden in de Voordelta, en deze feces zijn uitgezocht op voedselresten die nog op soort konden worden gedetermineerd. Zeehonden raken onverteerbare onderdelen van hun prooien kwijt door ze via de feces af te voeren: dieetonderzoek aan zeehonden maakt daarom veelvuldig gebruik van fecesanalyse. Prooiresten die hierbij gebruikt worden zijn vooral de gehoorsteentjes van vissen, de zogenaamde otolieten. Deze zijn per vissoort verschillend van vorm en bovendien groeien ze met de vis mee, waardoor hun grootte een maat is voor de grootte van de gegeten vissen. Naast de otolieten worden ook andere harde prooiresten voor determinatie gebruikt, zoals kaken (van vissen en ongewervelden), wervels en exo-

¹⁰ Bij de secties op de dood gevonden dieren worden de magen uitgenomen en bewaard voor het (latere) dieetonderzoek.

skelet delen van garnalen. In de verzamelde feces werden in totaal 427 determineerbare harde prooiresten gevonden, afkomstig van 317 prooien en 19 prooi-soorten. Platvissen waren de meest gegeten prooien en de zeehonden vertoonden een voorkeur voor het eten van tong (*Solea solea*). Deze voorkeur bleek uit een vergelijking tussen het relatieve voorkomen van tongen en andere (plat) vissen in de feces, in vergelijking met het relatieve voorkomen in de Voordelta (op basis van vis-survey data in de Voordelta ten tijde van de feces bemonstering). De totale jaar-consumptie van tong door grijze zeehonden wordt op grond van deze ene fecesbemonstering – voorzichtig – geschat als zijnde ongeveer even groot als de vangsten van de commerciële visserij in de Voordelta: dat is circa 13% van de aanwezige hoeveelheid tong in de Voordelta. De consumptie van tong door grijze zeehonden in het gebied lijkt dus aanzienlijk, maar , er lijkt voldoende voedsel voor deze zeehonden aanwezig ook wanneer de populatie zeehonden blijft groeien.

2.7.2.2 Nulstudie dieet bruinvissen (Oosterschelde versus Voordelta)

Publicatie: Van Dam et al. 2017.

Bruinvissen hebben vanwege hun geringe formaat en koude leefomgeving circa 10% van hun eigen lichaamsgewicht aan voedsel per dag nodig om te overleven. Bruinvissen eten vooral kleine vissen, in Nederland voornamelijk relatief magere grondels en kabeljauwachtigen. Dit dieet van magere vis wordt aangevuld met enkele soorten met een hogere calorische waarde, zoals haring, sprout, en zandspiering (Leopold 2015). Van bruinvissen die de Oosterschelde binnenzwemmen via de openingen in de Oosterscheldekering is bekend dat zij langere tijd (weken, maanden of zelfs jaren) in de Oosterschelde blijven en dus overleven op het lokale prooiaanbod. De visstand in de Oosterschelde is echter ongeveer tien keer lager dan in de aangrenzende Noordzee, wat de vragen oproept waarom bruinvissen niet terugzwemmen naar de Noordzee, of ze wel voldoende te eten kunnen vinden in de Oosterschelde en wat hier de belangrijkste prooi-soorten zijn. Daarom is in dit onderzoek gekeken wat het dieet van de bruinvissen in de Oosterschelde is, in vergelijking met het dieet van bruinvissen in de Voordelta (Hoek van Holland tot de Belgische kust). Er zijn in totaal 43 dode bruinvissen, gestrand tussen 2006 en 2015 in de Oosterschelde, onderzocht, waarvan er 37 (28 juveniele en 9 volwassen dieren) visresten in hun maag hadden. Uit dezelfde periode zijn 421 (276 juveniele en 56 volwassen dieren met prooiresten) gestrande bruinvissen uit de Voordelta onderzocht. De bruinvissen uit de Oosterschelde en de Voordelta hadden een overeenkomstige leeftijdssamenstelling, geslacht-verhouding, conditie en doodsoorzaken, maar vertoonden wel kleine verschillen in hun dieet.

Ondanks de relatief lage visstand in de Oosterschelde is er geen bewijs gevonden van massale verhongering onder de gestrande bruinvissen in deze voormalige zee-arm. Zowel in de Oosterschelde als in de Voordelta waren grondels en kabeljauwachtigen de belangrijkste prooien voor bruinvissen. Wel werden er verschillende soorten gegeten. In de Noordzee was wijting de favoriete kabeljauwachtige prooi; in de Oosterschelde waren dit bolken (steenbolk en/of dwergbolk). Sprout en zandspiering (vette vis) werden in de Oosterschelde nauwelijks gegeten, maar hier stonden wel een aantal estuariene soorten op het menu, zoals zwarte grondel als grote koornaarvis. Ook werden in de Oosterschelde relatief veel kleine inktvissen gegeten. Onze analyse laat zien dat bruinvissen die langere tijd in de Oosterschelde overleven hun dieet enigszins aanpassen om genoeg prooien van voldoende kwaliteit te kunnen vangen in deze relatief prooi-arme omgeving. Juveniele bruinvissen daarentegen, eten vooral magere en kleine prooien en zijn wellicht in competitie met volwassen bruinvissen.

2.7.3 Referenties

Brasseur S.M.J.M. 2017. Seals in motion. How movements drive population development of harbour seals and grey seals in the North Sea. PhD thesis, Wageningen University.

Van Dam S., Solé L., IJsseldijk L.L., Begeman L. & Leopold M.F. 2017. The semi-enclosed tidal bay Eastern Scheldt in the Netherlands: porpoise heaven or porpoise prison? *Lutra* 60: 5-18.

Leopold M.F. 2015. Eat or be eaten: porpoise diet studies. PhD thesis, Wageningen University.

Leopold M.F., Krauthoff A. & Roos M.M.H. (in prep.). Still a sea of plenty? Seals and soles in the south-eastern North Sea. (Marine Ecology Progress Series).

2.8 Synthese

Het OTP-monitoringprogramma is erop gericht de nodige kennis te genereren op basis waarvan een betere beoordeling kan plaatsvinden van risico's van mogelijkere optredende effecten van de getijdencentrale op de beschermde natuurwaarden en kenmerken van de Oosterschelde en Voordelta. Significante negatieve effecten worden door de vergunningverlener uitgesloten; de voorgeschreven monitoring dient om resterende risico's beter te kunnen beoordelen. Daarvoor is inzicht nodig in de effecten die de turbines mogelijk hebben op de waterverplaatsing door de Oosterscheldekering en daaruit voortvloeiende veranderingen in getijdenamplitude en zandhonger van de Oosterschelde, alsmede, vanuit oogpunt van veiligheid, effecten op de kering zelf en de bodem(bescherming) voor en achter de kering. Ook is inzicht nodig in de (on)mogelijkheden voor zeezoogdieren, te weten bruinvissen en zeehonden, om heen en weer te zwemmen tussen Noordzee en Oosterschelde en in de risico's voor botsingen met de turbines. In de OTP-monitoring wordt de huidige situatie, met turbines in de opening Roompot 8 van de Oosterscheldekering, vergeleken met die zonder turbines, de nul-situatie. Wanneer in de huidige situatie relevante veranderingen worden vastgesteld die niet kunnen worden toegeschreven aan de autonome ontwikkeling van het gebied en daarin aanwezige diersoorten, vraagt dat om een verklaring.

De monitoringverplichting ziet op twee mogelijke directe effecten van de getijdencentrale: versterken van het verschijnsel zandhonger en daarmee het eroderen van het intergetijdengebied, en de kans dat zeehonden in aanraking komen met een roterend turbineblad (verwonding of dood) of door de turbines ervan worden weerhouden de Oosterschelde binnen te zwemmen (barrièrewerking/habitat-verlies). Een indirect effect op zeehonden kan optreden wanneer de fysische veranderingen door zandhonger zo groot worden dat er sprake is van een substantieel areaalverlies bij zeehondenligplaatsen. In hoeverre de voorspelde (geringe) reductie van de getijde-amplitude door energie-onttrekking door de turbines bijdraagt aan de zandhonger van de Oosterschelde waardoor het areaal aan hoge zandplaatsen voor rustende zeehonden zou kunnen afnemen, is voornamelijk onbekend.

Voor de OTP-monitoring van de mogelijke effecten op zeezoogdieren wordt vooral gebruik gemaakt van data uit eerdere onderzoeksprojecten en reguliere meetprogramma's. De gegenereerde resultaten leveren 'puzzelstukjes' aan kennis op die naarmate er meer beschikbaar komen, uiteindelijk het gevraagde totaalbeeld kunnen opleveren. Gedrag van dieren tijdens het doorzwemmen van de kering wordt – zo mogelijk – nog gerelateerd aan de (veranderde) stromingsomstandigheden ter plaatse. In deze eerste fase van het project is echter alleen nog gekeken naar horizontale verplaatsingen van zeehonden door de kering. Met de beschikbare zenderdata zou ook naar zwemsnelheden (ook in vergelijking met stroomsnelheden) en naar de verticale verplaatsing gekeken kunnen worden, dus naar de duikdiepte tijdens passages van de kering. Dit zou een meer verdiepend inzicht kunnen geven in de manier waarop zeehonden de kering passeren. Denkbaar is dat zeehonden steeds of bij voorkeur met de getijdenstroom mee door de kering zwemmen, of alleen tijdens de kentering. Om dat te achterhalen zouden de zenderdata met getij-data gecorreleerd kunnen worden. (Voor bruinvissen is een dergelijke analyse, op basis van tracking data, niet mogelijk.) Wel zal hier, net als bij de zenderanalyse uit paragraaf 2.4 in dit rapport, in acht moeten worden genomen dat de zenderdata afkomstig zijn van een relatief klein aantal gezenderde dieren, met wellicht een grote individuele variatie.

De fysische monitoring, aan stroomsnelheden, getijdenamplitude en zandhonger vindt plaats door directe metingen te doen aan de stroming door opening Roompot 8, door het vergelijken van de langdurige trends in waterstandsvariatie tegen de 1 jaar aan waterstandsdata waarin de getijdeturbines zijn geïnstalleerd, en door modellering. Omdat de stromingsmeters nu anders zijn geplaatst dan bij eerdere metingen in de nulsituatie, blijkt een directe vergelijking moeilijk te maken. De metingen van het eerste jaar sinds de ingebruikname van de turbines zijn recent beschikbaar gekomen en de analyse van deze data is nog gaande. Hierdoor kunnen er op dit moment nog geen uitspraken worden gedaan over veranderingen in het getijdeverschil door de centrale. De metingen in Roompot 8 laten wel zien dat de turbulentiëgraad achter de dorpel van de kering en de turbines verdubbelt. Het snelheidstekort door de turbines is echter na acht tot tien turbinediameters is het snelheidstekort nauwelijks nog waarneembaar, maar de grootte van de turbulente structuren is beperkt.

Effecten van de veranderde stroming en turbulentie op bruinvissen en zeehonden zijn nog niet duidelijk (zie paragraaf 2.1). Deze dieren hebben de keuze uit 62 openingen in de kering om naar binnen of buiten te zwemmen. Een analyse van data van in het gebied gezenderde gewone en grijze zeehonden laat zien, dat zeehonden door alle delen van de kering en niet per se bij voorkeur door het noordelijke gedeelte zoals eerder werd vermoed. Voor de bruinvis zijn dergelijke data niet beschikbaar: bruinvissen worden in Nederland niet met zenders gevolgd. Zowel de beide soorten zeehonden als de bruinvis maken, sinds de afsluiting van de Oosterschelde, in toenemende mate gebruik van de Oosterschelde, maar de aantallen bruinvissen lijken recent gestabiliseerd. Zeehonden komen hier vermoedelijk voornamelijk om te rusten op hoog gelegen zandplaten, terwijl het onduidelijk is wat de reden is voor bruinvissen om de Oosterschelde te bezoeken. De voedselsituatie voor bruinvissen is in de Oosterschelde beduidend minder goed dan in de naastgelegen Noordzee en toch blijven bruinvissen, eenmaal binnen de Oosterschelde, hier vaak langere tijd (maanden tot jaren) en moeten dus ook lokaal aan hun voedsel zien te komen. De voedselkeuze van bruinvissen in de Oosterschelde laat, in vergelijking met die in de Noordzee, weinig verschillen zien. Wel is het aantal dood gevonden dieren in de Oosterschelde hoog in vergelijking met de geschatte populatiegrootte binnen de Oosterschelde, wat er op wijst dat er een netto-instroom moet zijn van dieren, via de Oosterscheldekering. Zeehonden en bruinvissen die dood zijn gevonden in de Oosterschelde of net daarbuiten zijn onderworpen aan pathologisch onderzoek. Hierbij zijn enkele dieren gevonden die zijn gestorven na een harde klap met een onbekend voorwerp. Dergelijk trauma is eerder echter ook wel aangetroffen bij dieren die elders in Nederland dood werden gevonden, in jaren voor de ingebruikname van de turbines in de Oosterscheldekering.

3 Kwaliteitsborging

Werkpakket 1.8 Proces-en kwaliteitsbewaking onderzoek naar omgevingseffecten; auteur: M. Scholl (WMR)

Binnen het OTP-project is afgesproken dat elke partner voor zijn scope gebruik zal maken van zijn in-huis-procedures met betrekking tot kwaliteitsborging. De betrokken kennisinstituten maken wel deel uit van het consortium maar hebben hierbinnen nadrukkelijk een onafhankelijke (wetenschappelijke) positie. Ter verduidelijking: WMR voert de coördinatie uit over het onderzoek naar omgevingseffecten maar is niet inhoudelijk verantwoordelijk voor de resultaten van de afzonderlijke hierbij betrokken kennisinstellingen. Als onderdeel van werkpakket 1.8 bewaakt WMR het proces rond alle natuur- en milieuonderzoek binnen het project en ziet toe op de borging van de kwaliteit van de rapportages.

Wageningen Marine Research zelf beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 187378-2015-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 september 2018. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V.

De onderdelen van de voorliggende jaarrapportage die door WMR zijn opgesteld, zijn op basis van de eigen ISO-procedures afzonderlijk aan een review onderworpen, uitgevoerd door een niet bij het OTP-project betrokken deskundige bij WMR (zie onder Verantwoording).

Verantwoording

Rapport C036/18

Projectnummer: 431 21000 29

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen overeenkomstig hetgeen vermeld staat in hoofdstuk 3. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research/director.

Akkoord: Dr. ir. T.P. Bult
Director

Handtekening: 

Datum: 31 mei 2018

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Visitors address

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 5, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research is the Netherlands research institute established to provide the scientific support that is essential for developing policies and innovation in respect of the marine environment, fishery activities, aquaculture and the maritime sector.

Wageningen University & Research is specialised in the domain of healthy food and living environment.

The Wageningen Marine Research vision:

‘To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.’

The Wageningen Marine Research mission

- To conduct research with the aim of acquiring knowledge and offering advice on the sustainable management and use of marine and coastal areas.
- Wageningen Marine Research is an independent, leading scientific research institute.

Wageningen Marine Research is part of the international knowledge organisation Wageningen UR (University & Research centre). Within Wageningen UR, nine specialised research institutes of Stichting Wageningen Research (a Foundation) have joined forces with Wageningen University to help answer the most important questions in the domain of healthy food and living environment.
