

Zwarte Zee-eenden in de Noordzeekustzone benoorden de Wadden: verspreiding en aantallen in relatie tot voedsel en verstoring

Mardik F. Leopold, Rob van Bemmelen, Jack Perdon (1);
Martin Poot, Camiel Heunks, Daniël Beuker, Robert Jan Jonkvorst,
Job de Jong (2)
Rapportnummer C023/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Stichting La MER
Postbus 474
2800 AL Gouda

Publicatiedatum:

20 Februari 2013
Auteurs (1): Wageningen IMARES
Auteurs (2): Bureau Waardenburg, Culemborg

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

Postbus 68

1970 AB IJmuiden

Tel: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

Postbus 77

4400 AB Yerseke

Tel: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

Postbus 57

1780 AB Den Helder

Tel: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

Postbus 167

1790 AD Den Burg Texel

Tel: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

© 2012 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES 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.

A_4_3_1-V12.5

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	6
2. Doel.....	8
3. Kader.....	8
3.1 Onderzoeksvragen.....	9
4. Methoden.....	9
4.1 Vliegtuigtellingen.....	9
4.2 Benthosbemonstering.....	12
5. Resultaten.....	13
5.1 Eenden en scheepvaart.....	13
5.2.1. Eerste telling: Oktober 2011.....	14
5.2.2. Tweede telling: November 2011.....	15
5.2.3. Derde telling: December 2011.....	17
5.2.4. Vierde telling: Januari 2012 (de MWTL-midwintertelling).....	18
5.2.5. Vijfde telling: februari 2012.....	19
5.2.6. Zesde telling: maart 2012.....	21
5.2.7. Zevende telling: april 2012.....	23
5.3 Benthos.....	24
5.4 Statistische analyse.....	30
6. Discussie en conclusie.....	40
7. Vervolg onderzoek.....	42
8. Dankwoord.....	42
9. Kwaliteitsborging.....	43
10. Referenties.....	44

Samenvatting

In 2010 en 2011 zijn voor de kust van Terschelling en Ameland voor het laatst zandsuppleties uitgevoerd, noodzakelijk om de basiskustlijn te behouden in het kader van de kustverdediging. Kusterosie treedt vooral op bij Ameland, en nieuwe grootschalige suppleties (totaal 3 miljoen kubieke meter) zijn gepland voor 2014/15. Bij Schiermonnikoog is nooit gesuppleerd en dit is ook in de toekomst niet aan de orde. Zandsuppleties hebben een versturende werking, zowel op het bodemleven, dat lokaal wordt bedolven, en op verstoringgevoelige dieren zoals Zwarte Zee-eenden. Zwarte Zee-eenden vliegen op voor een naderend schip en herhaalde scheepsbewegingen zoals van een hopperzuiger die pendelt tussen wingebed en suppletiegebied, zullen de eenden herhaaldelijk verstoren. De mate van verstoring van een suppletie is echter niet goed bekend. Ook kunnen de eenden mogelijk tijdelijk zonder veel (energetische) problemen uitwijken naar naastgelegen delen van de Noordzeekustzone, bijvoorbeeld naar die van Terschelling of van Schiermonnikoog.

In de winter van 2011/2012 zijn aantallen en verspreiding van de Zwarte Zee-eenden boven Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog maandelijks in kaart gebracht. Éénmalig, in begin maart, werd ook het bodemleven bemonsterd om de voedselsituatie voor de eenden te leren kennen. Maandelijks werd ook verstoring (scheepvaart) vastgelegd, samen met het verspreidingspatroon van de eenden.

De winter 2011/2012 was een relatief goed jaar voor de Zwarte Zee-eend in Nederland. Voor het eerst sinds 2004 werden meer dan 50 000 eenden geteld in Nederland tijdens de reguliere MWTL midwintertelling, al werd het landelijk streefgetal van 68.500 vogels in januari nog niet gehaald. De vogels leken zich aanvankelijk bij Terschelling te vestigen (oktober/november) maar verschoven al in de loop van november op richting Schiermonnikoog. Schiermonnikoog, af en toe met uitlopers naar vooral oostelijk Ameland, bleef de rest van de winter de belangrijkste verblijfplaats van de eenden. Midden voor Ameland werden tijdens de meeste tellingen relatief weinig eenden gezien. Er was hier ook minder geschikt eten te vinden dan ten noorden van de oostpunt van het eiland, en er was tijdens enkele tellingen ook een vloot kotters actief. Over het hele studiegebied gezien leken de grootste concentraties eenden meestal niet in de buurt van concentraties vissersschepen te verblijven, maar een dergelijk verband was statistisch niet hard te maken.

Het ligt daarom voor de hand dat herhaaldelijke scheepsbewegingen binnen een kleine gebied de hier eventuele concentraties eenden na enige tijd uit dit gebied zal doen verdwijnen. Een heen en weer varende visserschip zou dit effect kunnen hebben, maar bijvoorbeeld ook een hopperzuiger die pendelt tussen een *offshore* zandwingebied en een *nearshore* suppletiegebied. Bij dit laatste moet nog wel worden aangetekend dat directe waarnemingen aan hopperzuigers nog niet zijn gedaan en dat een eventueel versturend effect van scheepvaart in het algemeen sterk zal samenhangen met de voedselsituatie voor de eenden: er kan alleen een sterk versturend effect optreden van heen en weer varende schepen als er ter plaatse veel eenden aanwezig zijn, aangetrokken door een gunstige voedselsituatie. Als voedsel in een zeer ruim gebied aanwezig is, kunnen de eenden vermoedelijk relatief makkelijk uitwijken naar een alternatief foerageergebied.

In deze studie werd over het algemeen geen bijzonder rooskleurige voedselsituatie gevonden. Maximale dichtheden van kleine *Ensis*, een vermoedelijk sub-optimale prooi, lagen (over 60 monsterpunten) overal onder de 150 per vierkante meter. In aanvulling op de *Ensis* was ook een aanzienlijke hoeveelheid Nonnetjes beschikbaar die een additionele voedselbron geweest kunnen zijn. Of de eenden daadwerkelijk de aanwezige *Ensis* aten en daarbij wellicht ook nog *Macoma* blijft echter ongewis omdat geen eenden konden worden verzameld voor maagonderzoek.

Hoewel het aanwezige voedsel weinig aantrekkelijk leek voor de eenden (kleine *Ensis*, geen bijzonder hoge dichtheden, geen *Spisula*, alleen veel Nonnetjes, een relatief kleine prooi-soort), zaten er in deze winter toch opvallend veel eenden. Er is geen reden te veronderstellen dat het relatief hoge aantal eenden (vergeleken met enkele jaren ervoor) moet worden toegeschreven aan een algemene (mondiale) populatietoename. Dit kan echter ook niet worden uitgesloten, bij gebrek aan jaarlijkse, Europa-dekkende populatieschattingen. Voor Nederland als geheel bleven de aantallen onder het gewenste (landelijke) streefgetal van 68 500 vogels, maar voor de kustzone benoorden de wadden was de toestand rooskleuriger. Voor dit gebied geldt een doelstelling van 51 000 Zwarte Zee-eenden (http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/gebieden/007/n2k_007_db_hvn_noordzeekustzone.pdf) en deze werd bijna gehaald. De bestudeerde kustzone was allerm minst vrij van verstoring: tijdens sommige tellingen waren er zelfs "vlootjes" garnalenvissers actief. Hoewel de eenden dergelijke concentraties schepen wel enigszins zullen hebben gemeden, werden ze niet uit het hele gebied verdreven en hadden ze blijkbaar voldoende uitwijkmogelijkheden. In dit perspectief moet wellicht ook een toekomstige zandsuppletie worden gezien: de eenden kunnen uitwijken indien in een ruimer gebied min of meer gelijke voedselomstandigheden kunnen worden benut.

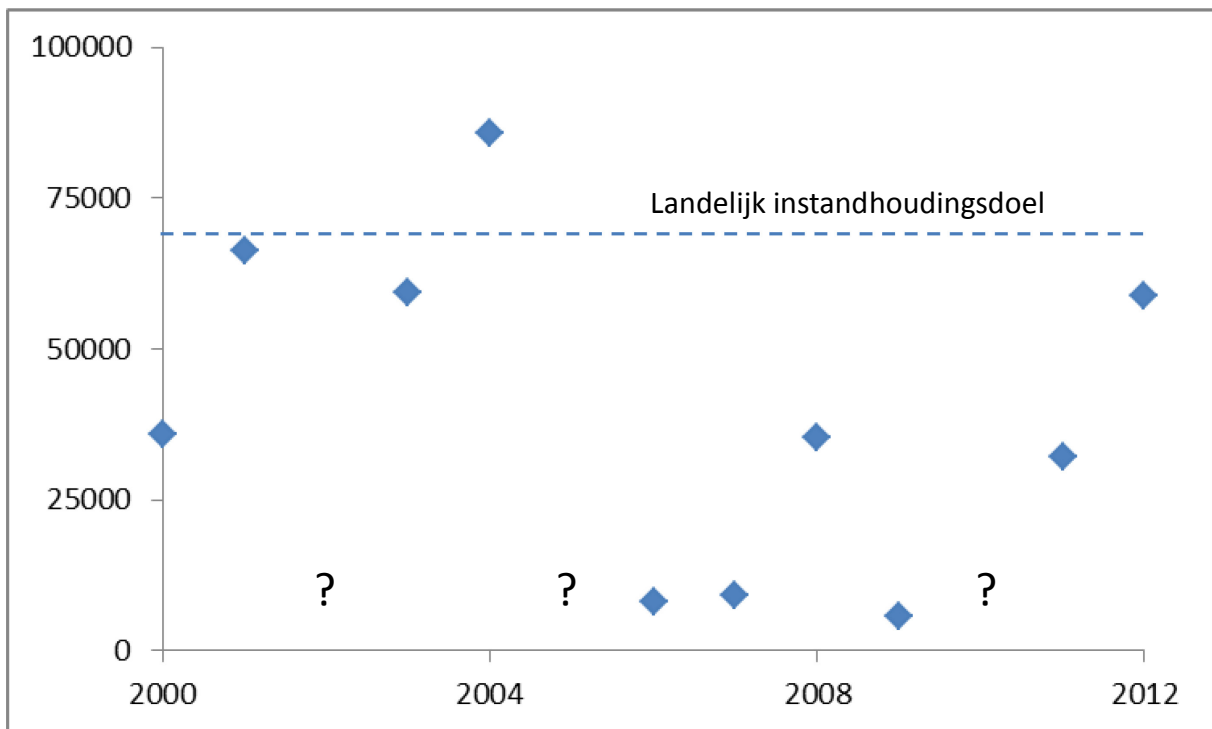
1. Inleiding

De Zwarte Zee-eend is een belangrijk fauna-element van de Nederlandse kustwateren, met name van de ondiepe (<20 m diepe) Noordzeekustzones van Voordelta, Hollandse kustboog en benoorden de Waddeneilanden. De soort kan in zeer grote aantallen aanwezig zijn in het niet-broedseizoen, oplopend tot boven de 100 000, maar reconstructies van de aantallen die ons land bezoeken hebben laten zien dat deze aan grote schommelingen onderhevig zijn (Leopold et al. 1995; Baptist & Leopold 2009; Leopold 2010; Arts 2012). De aantalswisselingen kunnen mondiaal of lokaal worden gestuurd. Mondiaal kan dat zijn doordat de totale populatieomvang wisselt of doordat meer of minder eenden de Oostzee, de Deens/Duitse Waddenzee of bijvoorbeeld Britse wateren verkiezen boven de Nederlandse kustwateren. Lokale oorzaken zijn wel gezocht in een wisselend voedselaanbod (Leopold et al. 1995, 1998), in verstoring dan wel habitatdegradatie door zandsuppleties (Leopold & Baptist 2007; Baptist & Leopold 2009) of door verstoring door visserij op de voedselgronden van de eenden (Leopold 1993; Dirksen et al. 2005). Vast staat dat deze eenden voor hun voedselaanbod afhankelijk zijn van rijke banken met geschikte prooidieren (in de regel tweekleppige schelpdieren). De eenden moeten dagelijks honderden tot (tien)duizenden van deze schelpdieren consumeren, die duikend naar de zeebodem moeten worden gevonden, uitgegraven, ingeslikt, gekraakt en verteerd (Leopold et al. 1998). De marges lijken daarbij smal voor de eenden, omdat per etmaal veel prooien moeten worden gegeten, tegen hoge (duik)kosten in metersdiep water en bij winterse temperaturen. Het prooiaanbod moet daarom vermoedelijk rijk en voorspelbaar zijn, gelegen in water dat niet te diep is en op een locatie met weinig verstoring zodat weinig energie besteed hoeft te worden aan vluchten voor gevaar.

Geschikte prooien zijn min of meer ronde, gladde tweekleppigen in hoge dichtheden, die in banken dicht onder de kust in relatief ondiep water voorkomen. De soort *Spisula subtruncata* (Halfgeknotte strandschelp) was in een recent verleden het stapelvoedsel van de eenden in Nederland, maar andere tweekleppigen: *Mytilus edulis* (mossel), *Cerastoderma edule* (kokkel), *Donax vittatus* (zaagje) *Macoma balthica* (Nonnetje), *Tellina spec.* (platschelpen) en *Abra spec.* (Leopold et al. 1995; Fox 2003) zijn vermoedelijk ook geschikt. De afgelopen 10-15 jaar is echter geen van deze alternatieve prooisoorten in voldoende mate aanwezig geweest om een wezenlijke bijdrage aan het dieet van de eenden in Nederland te kunnen leveren. Van *Spisula subtruncata* is bekend dat de soort langjarig kan bloeien, maar ook decennia lang in veel lagere dichtheden kan voorkomen (Oosterbaan 1989, 1991; Gmelig Meyling, & de Bruyne 1994, 2004) en de Zwarte Zee-eend lijkt met deze *ups and downs* mee te bewegen (Leopold et al. 1995).

Min of meer samenvallend met de neergang van *Spisula subtruncata*, kreeg de exoot *Ensis directus* (Amerikaanse Zwaardschede) voet aan de grond in de Nederlandse kustwateren en thans is in deze soort het merendeel van de biomassa aan tweekleppigen in de Noordzeekustzone vastgelegd (Goudswaard et al. 2011). Nul- en eenjarige *Ensis* kan door Zwarte Zee-eenden worden gegeten (Leopold et al. 2007, 2008, 2010; Tulp et al. 2010, De Mesel et al. 2011). De eenden kunnen *Ensis* eten tot een lengte van circa 10 cm, maar hebben een voorkeur voor *Ensis* met schelp lengtes tussen ongeveer 4 en 8 cm; kleinere zijn waarschijnlijk te weinig profijtelijk en grotere te gevaarlijk om in te slikken (Tulp et al. 2010). De lengte verdeling van *Ensis* is jaar tot jaar verschillend. Houziaux et al. (2011) stelden echter vast dat de meest voorkomende schelp lengtes van *Ensis directus* langs de Nederlandse en Belgische kust ligt bij 11-12 cm. Massale broedval kan echter ook optreden, waarbij er dan grote aantallen kleine exemplaren kunnen voorkomen (Goudswaard et al. 2011). Een groot deel van het totale bestand aan *Ensis* is dus voor de Zwarte Zee-eend ongeschikt als voedsel. Toch heeft de opkomst van *Ensis* in de Nederlandse kustzone er vermoedelijk voor gezorgd dat maximaal enkele tienduizenden eenden konden blijven overwinteren in Nederland, in het recente "post-*Spisula* tijdperk" (Leopold 2010; Arts 2012 en

conform Ens et al. 2006). De aantallen Zwarte Zee-eenden in Nederland staan echter onder druk. De landelijke instandhoudingsdoelstelling voor Natura 2000 luidt: "Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 68 500 vogels (januari-aantallen). Deze "januari-aantallen" worden vastgesteld tijdens een jaarlijkse vliegtuigtelling, uitgevoerd in het kader van het MWTL programma (Monitoring Waterstaatkundige Toestand van het Land) van Rijkswaterstaat. Sinds het jaar 2000 is dit aantal nog maar één maal (in 2004) gehaald (Figuur 1) en was het gemiddelde getelde aantal net minder dan 40 000 (Arts 2012). Voor de Noordzeekustzone specifiek geldt een doelstelling van 51 000 Zwarte Zee-eenden.



Figuur 1. Landelijke midwinteraantallen Zwarte Zee-eenden in Nederland, geteld door Rijkswaterstaat tijdens de jaarlijkse MWTL vliegtuigtelling (Arts 2012).

Omdat de aantallen eenden al geruime tijd onder de landelijke instandhoudingsdoelstelling liggen, krijgen activiteiten die mogelijk bijdragen aan deze situatie extra aandacht. Voor (onder meer) de Noordzeekustzone tussen Bergen (NH) en de Nederlands/Duitse grens is in 2012 het zogeheten VIBEG-akkoord (Visserij In Beschermde Gebieden) gesloten, tussen het Ministerie van EL&I, Stichting de Noordzee, Natuurmonumenten, WNF, Waddenvereniging, Productschap Vis, Vissersbond en VisNed. Hiermee worden de effecten van bodem-beroerende visserijen in stappen teruggedrongen zodat het habitat voor schelpdieren en zee-eenden zich kan herstellen. Een andere, potentieel grote speler in deze kustzone is de kustverdediging middels grootschalige zandsuppleties. Deze zijn bewezen schadelijk voor schelpdierbanken (indien uitgevoerd bovenop deze banken: van Dalfsen & Essink 1997, of wanneer het benodigde zand wordt gewonnen op een schelpenbank; Figuur 2), al is de relatie suppleties-*Spisula* bestand niet duidelijk, vermoedelijk omdat de suppleties in de regel juist niet op *Spisula*banken worden uitgevoerd, maar dicht bij de kustlijn (Leopold & Baptist 2007; Baptist & Leopold 2009) en omdat het benodigde zand buiten de -20 m dieptelijn moet worden gewonnen waar *Spisula* schaars of afwezig is.



Figuur 2. Strandsuppletie bij Schoorl in 2001, bestaande uit een laag zand en grote hoeveelheden *Spisula subtruncata*, kennelijk gewonnen op een *Spisulabank* voor de kust. Foto's: Arnold Gronert.

Hoewel de relatie suppleties-habitatkwaliteit (voor zee-eenden) niet duidelijk is, kan suppletiewerk-invoering wel degelijk de eenden verstoren en weghouden van een profijtelijke foerageerlocatie. Bij zandwinning voor kustsuppleties wordt de vracht naar de kust gebracht. Hierbij bestaat het risico dat Zwarte Zee-eenden verstoord worden. Zwarte Zee-eenden vliegen al op grote afstanden op voor naderende schepen (Offringa & Leopold 1991; Kaiser et al. 2006; Krijgsveld et al. 2008; Schwemmer et al. 2011), een eigenschap die rijke, maar frequent verstoorde voedselbronnen wellicht minder toegankelijk voor hen maakt (Houziaux et al. 2011; de Mesel et al. 2011;). In de huidige situatie, met jaarlijks minder overwinterende Zwarte Zee-eenden dan er volgens het Instandhoudingsdoel zouden moeten (kunnen) zijn, is extra druk op de eenden ongewenst. Dit geldt ook voor scheepvaart, of dit nu vissersschepen zijn in de kustzone of schepen die zand winnen en suppleren. Binnen de Noordzeekustzone, een Natura-2000 gebied, dient verstoring zoveel mogelijk te worden voorkomen. Bij zandsuppleties, hoezeer ook noodzakelijk voor de kustverdediging, zouden mitigerende maatregelen wenselijk kunnen zijn. Men kan hierbij denken aan suppleren buiten het 'eenden-seizoen', dat loopt van oktober tot april.

2. Doel

Zowel de Natuurbeschermingswet en de Flora-en Faunawet is gericht op het behoud van een gunstige staat van instandhouding van de Zwarte Zee-eend. Omdat zee-eenden afhankelijk zijn van lokale schelpdierbestanden en erg gevoelig zijn voor verstoring, zijn effecten van scheepvaart op de fitness van de betrokken individuen niet uit te sluiten. Eventuele effecten kunnen geminimaliseerd worden door de eenden te mijden. Visserij zou concentraties eenden kunnen mijden (maar dit is niet vastgelegd in het recente VIBEG akkoord); bij zandwinning en -suppletie zou de timing van werkzaamheden wellicht zodanig gekozen kunnen worden dat concentraties Zwarte Zee-eenden in tijd en ruimte zo veel mogelijk worden gemeden. Hiervoor is kennis nodig van de aantallen en verspreiding van Zwarte Zee-eenden, en van hun verspreiding in relatie tot voedsel en verstoring. In het MER voor zandwinning in 2008-2012 werd gesteld dat de kennis redelijk gedefinieerd is voor de Voordelta, maar niet voor de Noordzeekustzone. Het doel van deze studie is te voorzien in deze kennisleemte.

3. Kader

Bij Ameland treedt erosie op van het kustfundament. Om deze erosie te compenseren, wordt bij Ameland periodiek gesuppleerd, voor het laatst in 2010 en 2011. Naar verwachting is tussen 2013 en 2017 een aanzienlijke aanvulling nodig van 12 000 000 m³, om te voldoen aan het huidige kustbeleid ten aanzien van het onderhouden van de basiskustlijn (Van Duin et al. 2012). Bij zowel Terschelling als bij Schiermonnikoog zijn dergelijke suppleties voorlopig niet aan de orde (http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Toelichting%20suppletieprogramma%202012-2015_tcm174-311907.pdf).

In de hele kustzone voor de kust van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog, hebben in het recente verleden grote groepen zee-eenden overwinterd; het hele gebied is te beschouwen als het kerngebied van de verspreiding van de Zwarte Zee-eend in Nederland. Centraal in dit gebied, bij Ameland, zijn en zullen grootschalige suppleties worden uitgevoerd. De kustzone aan weerszijden, voor Terschelling en voor Schiermonnikoog kan als referentiegebied dienen: hier wordt niet gesuppleerd. Hierbij moet nog worden aangetekend dat bij Terschelling in het verleden wél, en bij Schiermonnikoog niet is gesuppleerd.

3.1 Onderzoeksvragen

De vragen die in dit rapport worden beantwoord zijn:

1. Welke aantallen Zwarte Zee-eenden overwinterden in 2011/2012 in de Noordzeekustzone van Terschelling tot en met Schiermonnikoog? Hoe verhouden deze aantallen zich tot die in heel Nederland en de totale flyway populatie?
2. Wat was het voedselaanbod voor de eenden in de winter van 2011/2012 en hoe hangt dit samen met de verspreiding van de eenden binnen het studiegebied?
3. Welke verstoringbronnen waren zichtbaar tijdens de (vliegtuig)tellingen waarmee aantal en verspreiding van de eenden werd vastgesteld en in hoeverre beïnvloedt verstoring de lokale aanwezigheid van de eenden?

4. Methoden

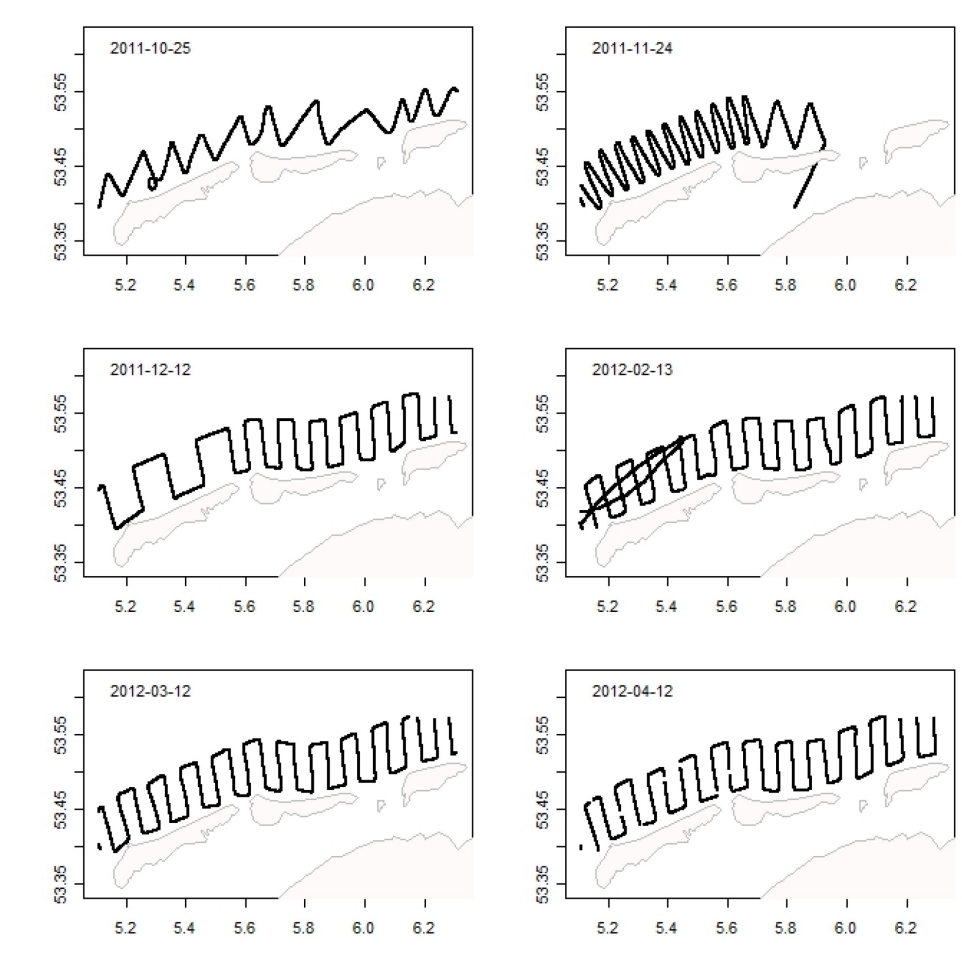
Voor dit onderzoek is veldwerk gedaan van oktober 2011 tot en met april 2012. Het veldwerk valt in twee delen uiteen: een maandelijkse vliegtuigtelling en een eenmalige opname van het voedselaanbod, door een benthosurvey. De verkregen resultaten zijn zo veel mogelijk in onderlinge samenhang geanalyseerd.

4.1 Vliegtuigtellingen

Binnen de Noordzeekustzone is het primaire onderzoeksgebied beperkt tot de strook vanaf de kust tot de -20 m dieptelijn, voor het kustgedeelte Terschelling-Ameland-Schiermonnikoog. Zo mogelijk zijn ook andere kustgedeelten meegenomen, *en route* tussen het primaire studiegebied in het vliegveld vanwaar werd geopereerd. Binnen dit project zijn zes tellingen uitgevoerd, alle met een eenmotorig vliegtuig van Zeeland Air, de Cessna F172M Skyhawk (PH-ADE). Dit vliegtuig heeft de vleugels boven de romp, zodat de tellers uit de zijraampjes (platte ramen, dus geen 'bubblewindows') naar beneden kunnen kijken zonder dat ze hierbij gehinderd worden door de vleugels. Er werd gevlogen op 75 m hoogte, waarbij de hele kustzone van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog volgens een zigzag of kustdwars raaienpatroon, steeds lopend van de kust tot aan de -20m dieptelijn, werd afgezocht. Het vliegtuig heeft als thuisbasis vliegveld Midden Zeeland. Dit was ook een enkele keer het vertrekpunt voor de tellers, in verband met het omzeilen van mistige weersomstandigheden, maar doorgaans werd gevlogen vanaf vliegveld Lelystad. De tellingen werden uitgevoerd door steeds twee personen, aan iedere zijde van het vliegtuig één. Tijdens de vlucht zochten de tellers elk aan hun eigen kant naar Zwarte Zee-eenden, in principe in een strook die zich uitstreckte van zo dicht mogelijk direct onder het vliegtuig tot aan de horizon, maar de tellers concentreerden zich op een strook van circa 500 m breed. Naast eenden zijn tijdens de tellingen ook alle waargenomen schepen geregistreerd, uitgesplitst naar "viskotter", "zeilboot", "speedboot", en "overige schepen". Voor alle waargenomen vogels en schepen zijn de posities bepaald. Op basis daarvan is een afstand zee-eendengroep en dichtstbijzijnde schip bepaald. Voor de eenden is met een ondergrond (GIS) ook bepaald op welke waterdiepte ze zaten.

De gevlogen transecten waren niet iedere maand hetzelfde, maar door voortschrijdend inzicht, variaties en daglengte en onverwachte weersomstandigheden waren er in dit opzicht verschillen tussen de surveys (Figuur 3).

Nadere gegevens van de verschillende uitgevoerde tellingen zijn samengevat in Tabel 1. Hierin is ook opgenomen: de reguliere MWTL telling, waarvan de gegevens voor dit project beschikbaar zijn gesteld.



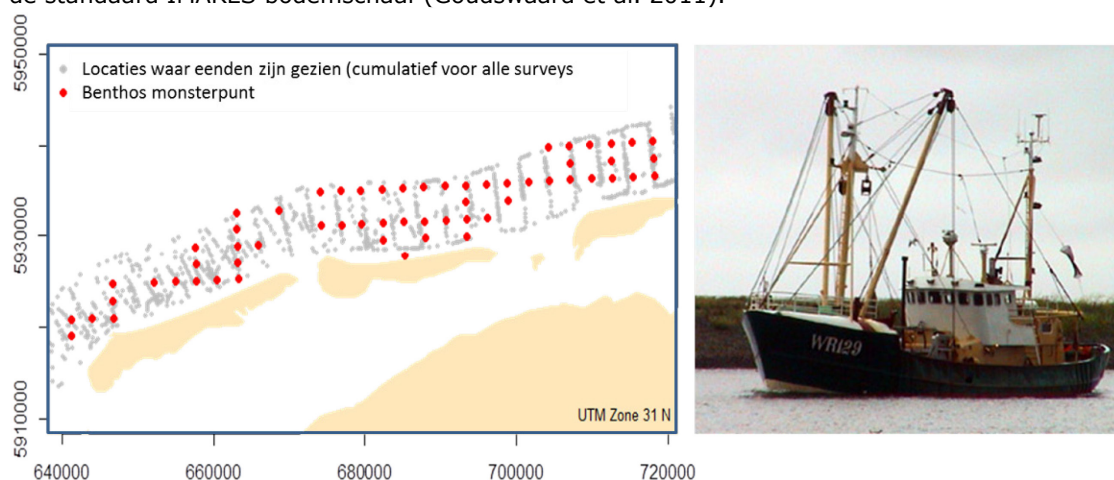
Figuur 3. De gevlogen routes tijdens de zes eenden-surveys die voor dit project werden uitgevoerd door Bureau Waardenburg. De MWTL vlucht had een andere route: een enkele kust-parallelle lijn (zie hiervoor Figuur 9).

#	Datum	Tellers	Bft	Temp	Bewolking	Zicht	Opmerkingen
1	25-okt-2011	Martin Poot & Camiel Heunks	3-5	12	8/8	5 km	
2	24-nov-2011	Martin Poot & Daniël Beuker	2-3	13	6/8	4-10	Gemist: Schiermonnikoog waar volgens een scheeps-telling op 6 november 10-15.000 eenden zaten.
3	12-dec-2011	Camiel Heunks & Daniël Beuker	3	4	4/8	10	
4	14/15-jan-2012	MWTL : Pim Wolf & Sander Lilipaly (DPM)	2-3	6	4/8	15	Integrale telling Noordzee en Waddenzee door DPM
5	13-feb-2012	Camiel Heunks & Daniël Beuker	2	0	8/8	2-10	eerste dag na vorstperiode. Waddenzee vol ijs.
6	12-mrt-2012	Martin Poot & Camiel Heunks	2	0	8/8	2-10	
7	12-apr-2012	Martin Poot & Robert Jan Jonkvorst	1	15	4/8-8/8	>20	

Tabel 1. *Overzicht van de tel-omstandigheden: voor alle zeven tellingen waarover hier wordt gerapporteerd worden de datum, de tellers, en de weersomstandigheden gegeven. De surveys in maart en april zijn uitgevoerd (en dus gefinancierd) in het kader van referentiemetingen voor de monitoring van zee-eenden in de Voordelta, voor de monitoring van de effectiviteit van de natuurcompensatie in de Voordelta voor het aanleggen van de Tweede Maasvlakte (uitgevoerd door Bureau Waardenburg en IMARES, in opdracht van Deltares, met als initiatiefnemer en financier Rijkswaterstaat Waterdienst). De tellers verschilden per survey, maar de personele bezetting werd zoveel mogelijk gelijk gehouden en alle tellers hadden ruime ervaring met dit type eenden-tellingen.*

4.2 Benthosbemonstering

Op 5, 6 en 7 maart 2012 is het macro-zoobenthos benoorden de eilanden Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog bemonsterd met een bodemschaaf. Een deel van de gridpunten, die jaarlijks worden gebruikt voor de voorjaarsbemonstering van schelpdieren in de Nederlandse kustzone (Goudswaard et al. 2011), is voor deze bemonstering gebruikt. Het gaat hierbij om de monsterpunten benoorden de genoemde eilanden, tussen de kust en de -20 m dieptelijn (de strook waar ook de eenden zijn geteld; Figuur 4). Een aantal geplande punten ten noorden van Terschelling kon door slecht weer, hoge golven en ondieptes niet worden bereikt, maar desondanks kon het hele studiegebied worden bemonsterd. Voor deze bemonstering is een garnalenkotter (de WR 129 "Grietje Hendrika" van Firma J. Bakker & Zn. uit Den Oever) gehuurd, die voor deze survey opereerde vanuit Lauwersoog. Het gebruikte monstertuig was de standaard IMARES bodemschaaf (Goudswaard et al. 2011).



Figuur 4. Benthos-bemonsteringslocaties tegen de achtergrond van de eendentellingen. Inzet rechts: de WR 129 "Grietje Hendrika".

De gebruikte bodemschaaf bestaat uit een kooi die aan de onderzijde is voorzien van een mes van 10 cm breed en een diepte van 10 cm. De kooi wordt op iedere monsterlocatie langzaam over de bodem getrokken, over een afstand van ongeveer 150 meter. Hierbij wordt het mes door de bodem getrokken en komen zand en bodemdieren in zijn spoor in de kooi terecht, die fungeert als zeef (maaswijdte 0.5 cm). Het bemonsterde bodem-oppervlak per locatie beslaat daardoor $\pm 15 \text{ m}^2$. Per vangst zijn alle levende organismen gedetermineerd en geteld; bij zeer grote vangsten gebeurde dit aan de hand van een deel-monster. Per soort zijn alle exemplaren aan boord gewogen (versgewicht, op 0.1 g nauwkeurig). Voor een aantal soorten is dit in twee of meer grootteklassen gedaan. Nonnetjes (*Macoma*) zijn ingedeeld naar formaat in groot en klein waarbij de grens op 15 mm wordt aangehouden. Voor strandschelpen (*Spisula*) en zaagjes (*Donax*) werden meerjarige en 1-jarige (jaarklasse 2011) individuen onderscheiden. Mosselen werden onderscheiden in "zaad" (<1.5 cm), "halfwas" (1.5 tot 4.5 cm) en "volwassen" (>4.5 cm) mosselen. Voor kokkels wordt standaard eenzelfde type indeling gebruikt maar bij deze survey werden alleen 1-jarige kokkels gevonden.

Van *Ensis* worden bij bemonsteringen met de bodemschaaf meestal alleen de topjes gevonden. De breedtes van deze topjes werd opgemeten; hieruit werd later de schelpenlengte bepaald (uit een bekende lengte-breedte regressie) en vervolgens ook het versgewicht (uit een bekende lengte-gewicht relatie). Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen grote en kleine mesheften waarbij de grens tussen groot en klein gelegd werd bij een schelpenlengte van 10 cm: het maximum dat een Zwarte Zee-eend nog zou kunnen eten (Leopold et al. 2008; Buijtelaar & Pruijscher 2011). Dit is tevens de wettelijke minimummaat voor mesheften in de visserij (EU regeling 850/98, Annex XII).

5. Resultaten

5.1 Eenden en scheepvaart

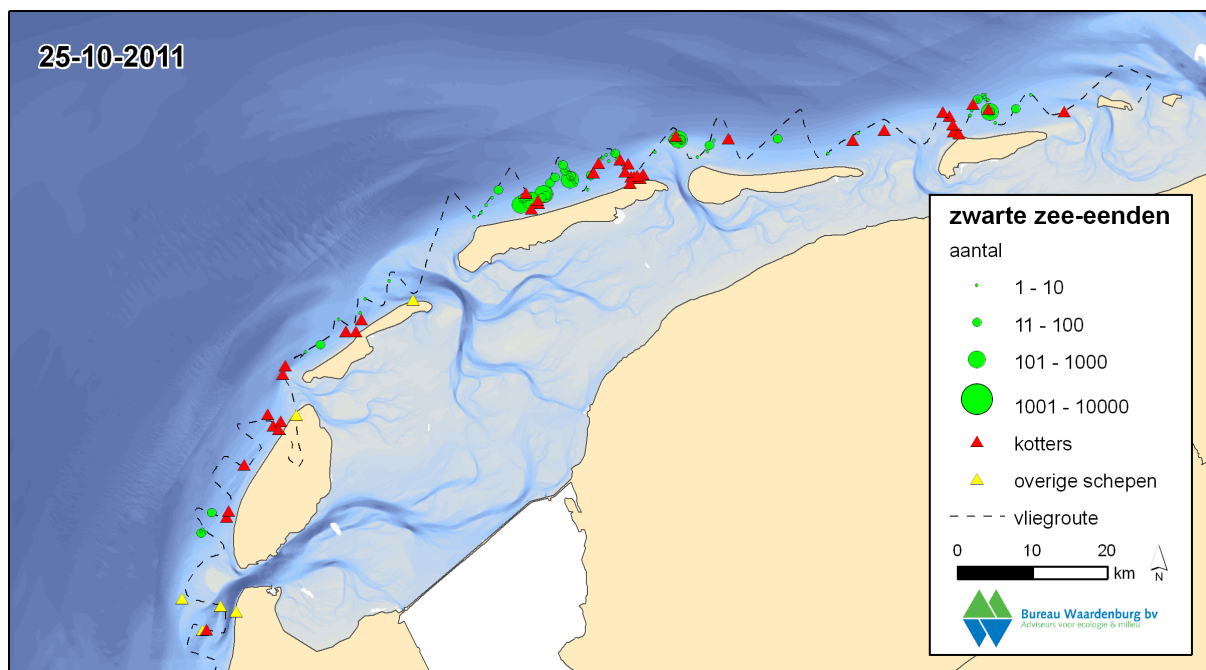
Tijdens de verschillende vliegtuigtellingen zijn zowel de aanwezige Zwarte Zee-eenden, als alle schepen geteld. De meeste waargenomen schepen in het studiegebied waren kleine viskotters (Eurokotters of garnalenkotters: 82% van alle waargenomen schepen). Hopperzuigers werden wel gezien, maar alleen voor de Hollandse kust en niet ten noorden van Terschelling, Ameland of Schiermonnikoog (Tabel 2). Er was weinig visserij tijdens de midwinter tellingen in januari en februari. De januari telling werd in een weekend afgewerkt en het ligt voor de hand dat er dan niet of in ieder geval minder werd gevist. De tellingen in februari en maart vonden plaats op een maandag (2, respectievelijk 9 kotters gezien), evenals die in december (23 kotters). Alle andere tellingen vielen midden in de week, op dinsdag (oktober) en op donderdag (november en april). De meeste kotters werden binnen het onderzoeksgebied gezien terwijl relatief veel van de andere scheepvaart zich net benoorden het daadwerkelijke telgebied bevond, in de doorgaande scheepvaartroute net buiten de -20 m.

	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mrt	April	Totaal
Kotter	14	10	23	0	2	9	17	75
Zeilboot	0	0	0	0	0	0	4	4
Speedboot	0	0	0	0	0	0	1	1
Overig	0	1	2	0	0	4	4	11

Tabel 2. Aantallen schepen, gezien uit het vliegtuig tijdens de zeven surveys, uitgesplitst naar type.

5.2.1. Eerste telling: oktober 2011

In het begin van het winterseizoen werden ruim 2 900 Zwarte Zee-eenden in de kustzone van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog gezien (Figuur 5). De eenden zaten erg verspreid in kleine groepjes (groepsgrootte variërend van enkele tientallen tot maximaal 360 vogels).



Figuur 5. Verspreiding van eenden en schepen in oktober 2011.

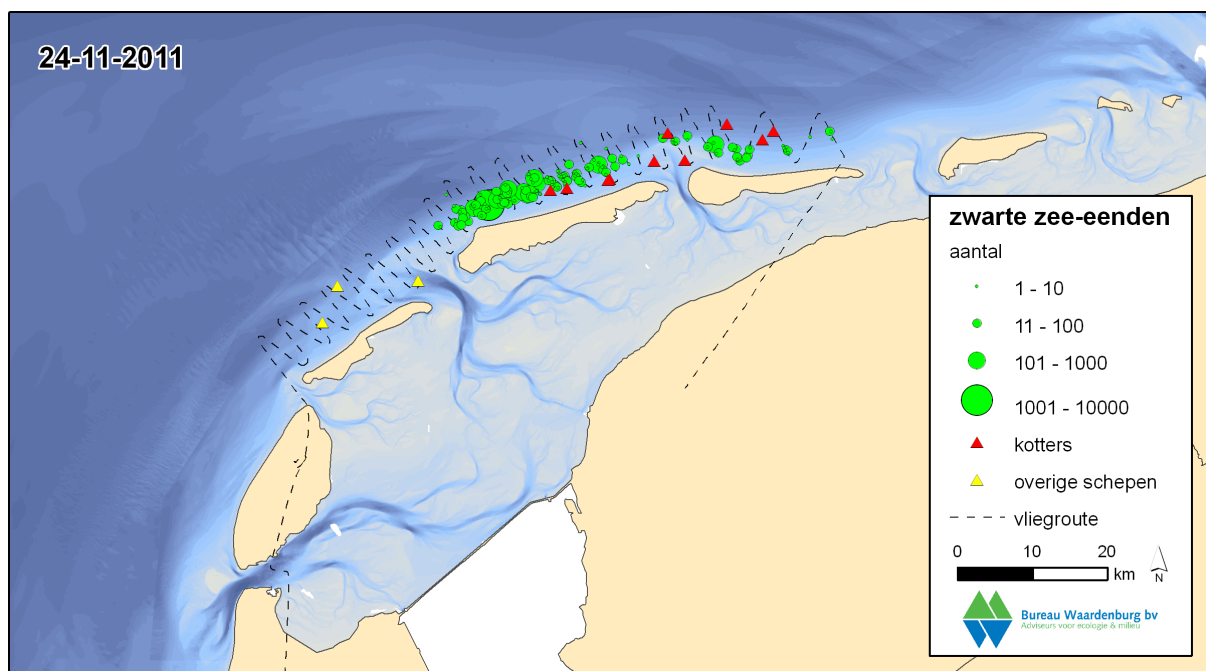
De vogels bleven bij nadering van het vliegtuig relatief lang (onverstoord) zitten. Dit hing waarschijnlijk samen met de weersomstandigheden (harde wind). De grootste concentratie bevond zich ten noorden van Terschelling. Hier visten ook vier kotters. Concentraties kotters bevonden zich ten noorden van de oostpunt van Terschelling en de westpunt van Schiermonnikoog; op deze beide locaties zaten geen eenden.

5.2.2. Tweede telling: november 2011

Binnen het studiegebied werden 8 146 Zwarte Zee-eenden waargenomen. De grootste concentratie bevond zich ten noorden van de westelijke helft van Terschelling. Ten noorden van de oostelijke helft van Terschelling en ten noorden van Ameland zaten minder eenden, terwijl er juist meer kotters actief waren (Figuur 6). De kuststrook ten noorden van Schiermonnikoog kon tijdens deze telling niet meer worden bereikt. Hier bevond zich eerder deze maand (zie intermezzo 1) een groep zwarte zee-eenden van circa 10.000 vogels, maar het is niet bekend of die er ook zaten tijdens de vliegtuigtelling.

Weinig eenden bleven op het water zitten, maar verplaatsingen beperkten zich tot afstanden die kleiner waren dan de afstanden tussen de waarneemzones langs de kustdwarse transecten. We zijn er daarom redelijk van overtuigd dat er hierdoor geen of weinig dubbeltellingen hebben plaatsgevonden.

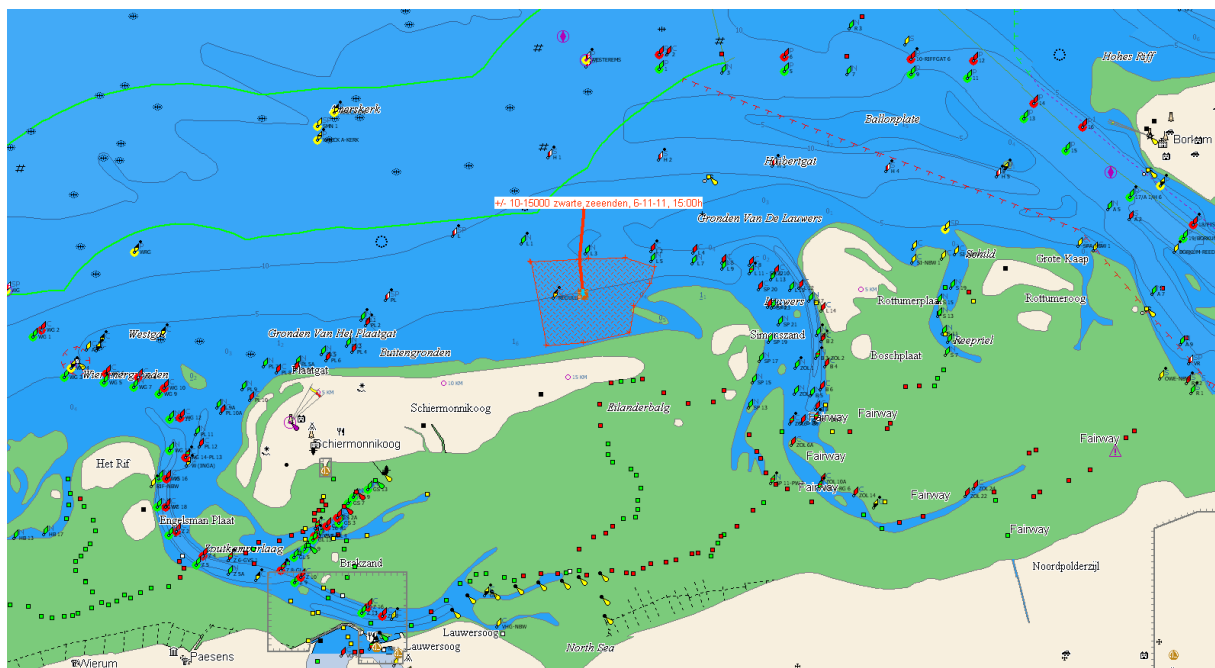
De kuststrook ten noorden van Schiermonnikoog kon tijdens deze telling niet meer worden bereikt. Hier bevond zich ruim twee weken voor de vliegtuigtellen (zie Aanvulling-november) een groep zwarte zee-eenden van circa 10 000 vogels. Het is echter niet duidelijk of dit dezelfde groep vogels was die vanuit het vliegtuig bij Terschelling/Ameland werd gezien, of dat dit een tweede groep eenden betrof.



Figuur 6. Verspreiding van eenden en schepen in november 2011. NB: deze telling moest bij de oostpunt van Ameland worden afgebroken.

Aanvulling november: waarnemingen vanaf het EL&I schip "de Krukel"

Aanvullende informatie werd ontvangen van Arjen Dijkstra, medewerker wadden en opvarende van het MS "Krukel" (Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie Directie Regionale Zaken, vestiging noord). Op 6 november 2011 was dit schip door een grote groep pleisterende Zwarte Zee-eenden gevaren, benoorden de oostpunt van Schiermonnikoog. De bemanning heeft de locatie van de eenden in kaart gezet (Figuur 7) en het totale aantal geschat toen de eenden voor het naderende schip opvlogen (cf. de methode van Offringa & Leopold 1991). Men schatte dit aantal op circa 10 000 exemplaren waarbij mogelijk nog vogels zijn gemist die op het water bleven zitten.

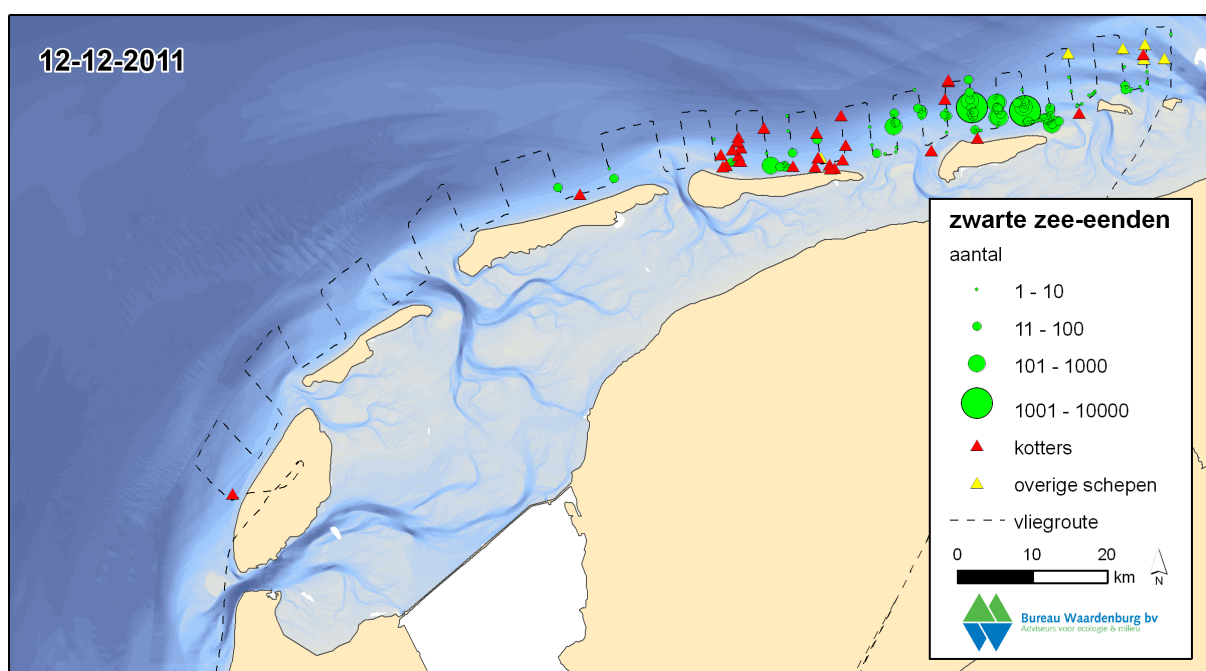


Figuur 7. Een grote groep eenden bij de oostpunt van Schiermonnikoog, in kaart gebracht door de bemanning van de Krukel, op 6 november 2011.

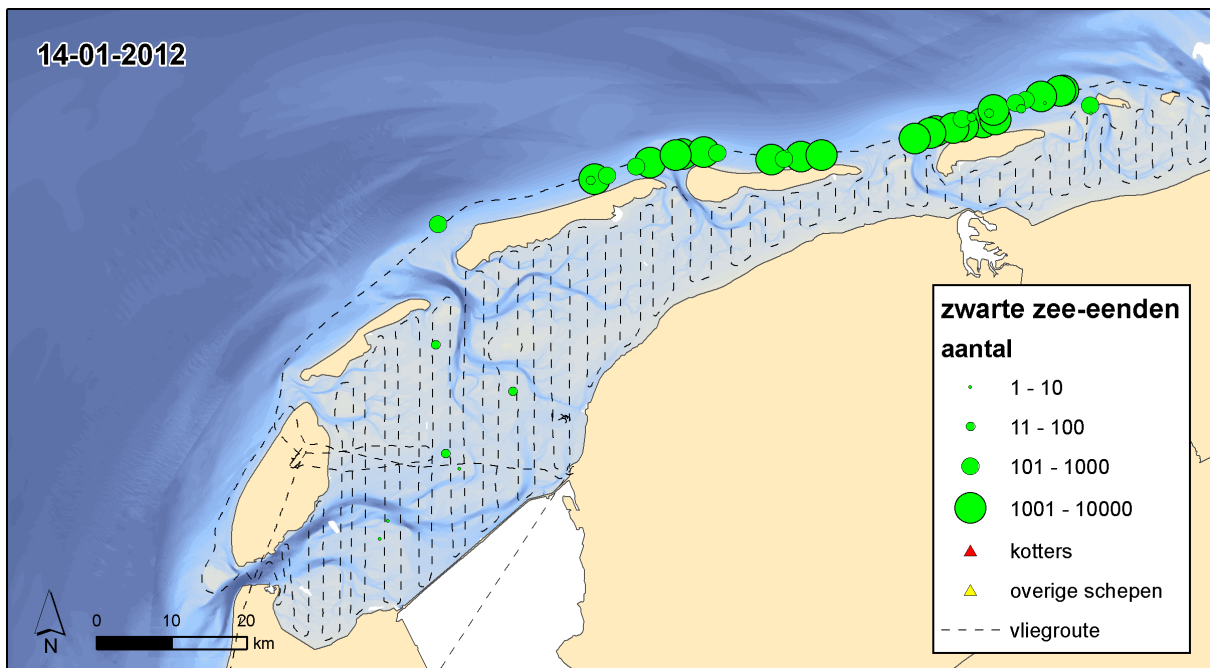
5.2.3. Derde telling: december 2011

Binnen het studiegebied werden in totaal 8 870 Zwarte Zee-eenden waargenomen. Dit is vergelijkbaar met het aantal dat in november vanuit het vliegtuig werd geteld (8 146), wat suggereert dat de aanvullende scheepstelling bij Schiermonnikoog in feite een dubbeltelling was, van een groep eenden die beurtelings bij Terschelling/Ameland en Schiermonnikoog zat. Nu, in december, zat de hoofdmacht van de eenden ten noorden van Schiermonnikoog (Figuur 8). Hier verbleven op een afstand van c. 5 kilometer uit de kust ruim 7 300 Zwarte Zee-eenden. Vanaf Ameland in westelijke richting nam het aantal Zwarte Zee-eenden snel af.

Rondom de concentratie eenden boven Schiermonnikoog waren enkele kotters actief. Twee vloten kotters visten benoorden Ameland, waar zich slechts enkele eenden, tussen beide vloten in, bevonden. Boven Terschelling zaten vrijwel geen eenden en viste slechts één kotter (Figuur 8).



Figuur 8. Verspreiding van eenden en schepen in december 2011.



Figuur 9. Verspreiding van eenden en schepen in januari 2012 tijdens de reguliere midwintertelling van Delta Project Management. Schepen werden niet gezien, maar mogelijk was de registratie hiervan minder rigoreus dan tijdens de andere tellingen.

5.2.4. Vierde telling: januari 2012 (de MWTL-midwintertelling)

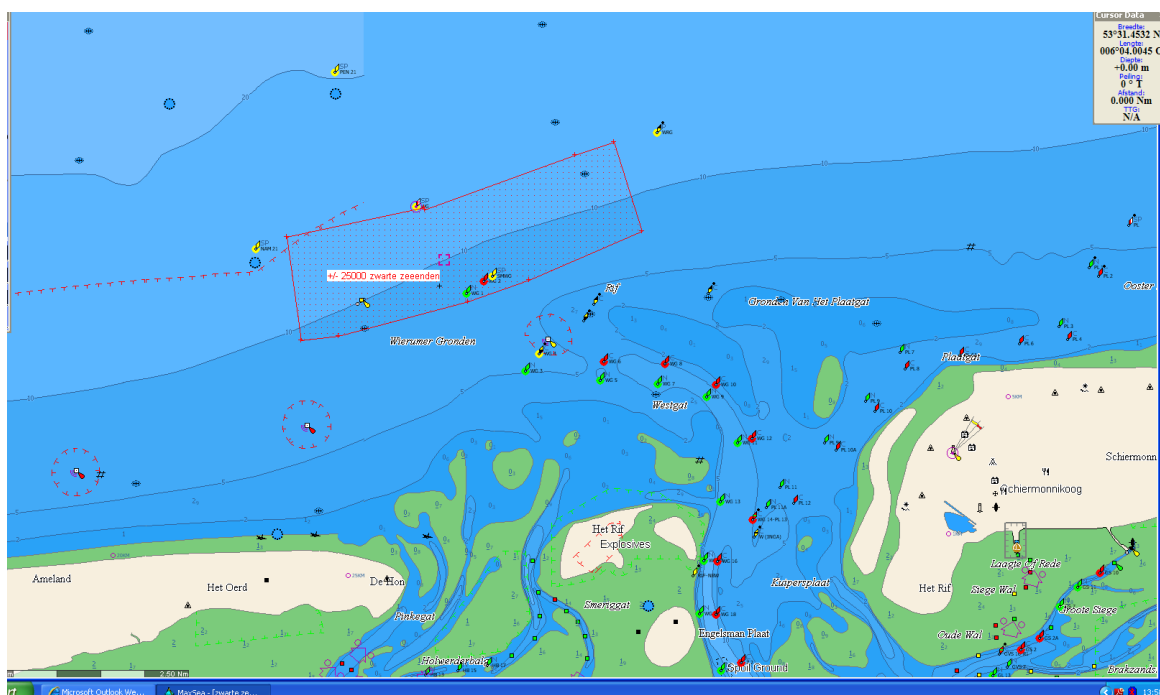
In het weekend van 14/15 januari 2012 is door Delta Project Management (DPM) langs de hele Nederlandse kust, inclusief Voordelta en Waddenzee geteld. Er werd langs de Noordzeekust een enkel kustparallel transect geteld, onder zeer goede omstandigheden. Ten noorden van Schiermonnikoog/Rottumeroog (39 000), Ameland (14 900) en Terschelling (3 900) werden grote aantallen eenden geteld (Figuur 9).

Er waren echter, volgens de tellers, met zekerheid geen kotters actief, wellicht omdat de telling in het weekend plaatsvond, en er werd tijdens de telling ook geen enkel ander potentieel verstoring vaarverkeer gezien. De voorkeur van de eenden voor de kustzone van Schiermonnikoog is dus niet beïnvloed door verstoring door visserij.

5.2.5. Vijfde telling: februari 2012

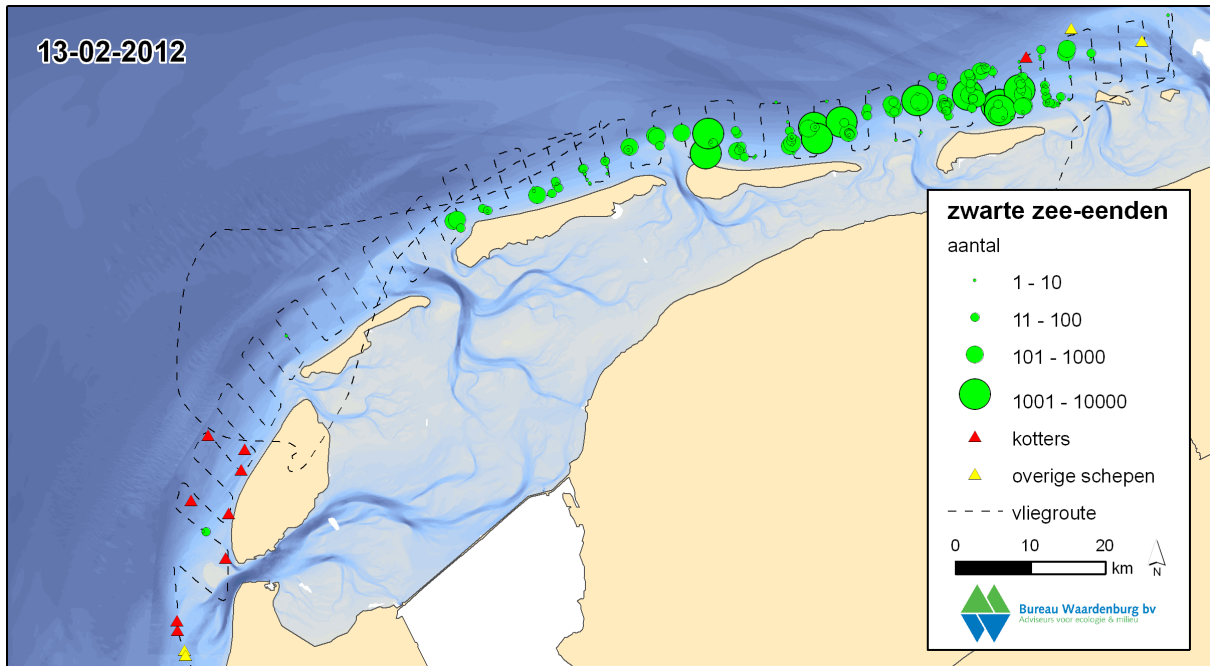
Aanvulling februari: waarnemingen vanaf het EL&I schip "de Krukel"

Voorafgaand aan de vliegtuigtelling van 13 februari, ontvingen wij opnieuw informatie van Arjen Dijkstra, van de Krukel. Op die dag was het schip door een grote groep pleisterende Zwarte Zee-eenden gevaren, benoorden het zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog. De bemanning schatte de groep op 25 000 exemplaren maar gaf aan dat de omstandigheden om te tellen moeilijk waren vanwege de ruwe zee. De zone waarin de vogels met name zaten was net buiten de 10 meterlijn op ongeveer 13 meter water (Figuur 10).



Figuur 10. Een grote groep eenden bij de oostpunt van Ameland, in kaart gebracht door de bemanning van de Krukel, op 2 februari 2012.

Tijdens de vliegtuigtelling van het hele studiegebied, op 13 februari, werd een langgerekt lint van in totaal 36 853 Zwarte Zee-eenden geteld dat zich uitstrekte vanaf Schiermonnikoog tot west-Terschelling, met lagere aantallen benoorden het midden van Ameland en in de hele kustzone van Terschelling (Figuur 11). De kern van de verspreiding lag nog steeds in de kustzone boven Schiermonnikoog. Hier werden tot op ca. 10 kilometer uit de kust relatief grote aantallen Zwarte Zee-eenden aangetroffen. Een tweede concentratie bevond zich echter noordoost van Ameland, op dezelfde plaats waar ook anderhalve week eerder een grote groep werd gezien vanaf de Krukkel (aanvulling hierboven). Potentieel verstorende schepen werden tijdens deze telling niet in de buurt van de eenden gezien (Figuur 11).

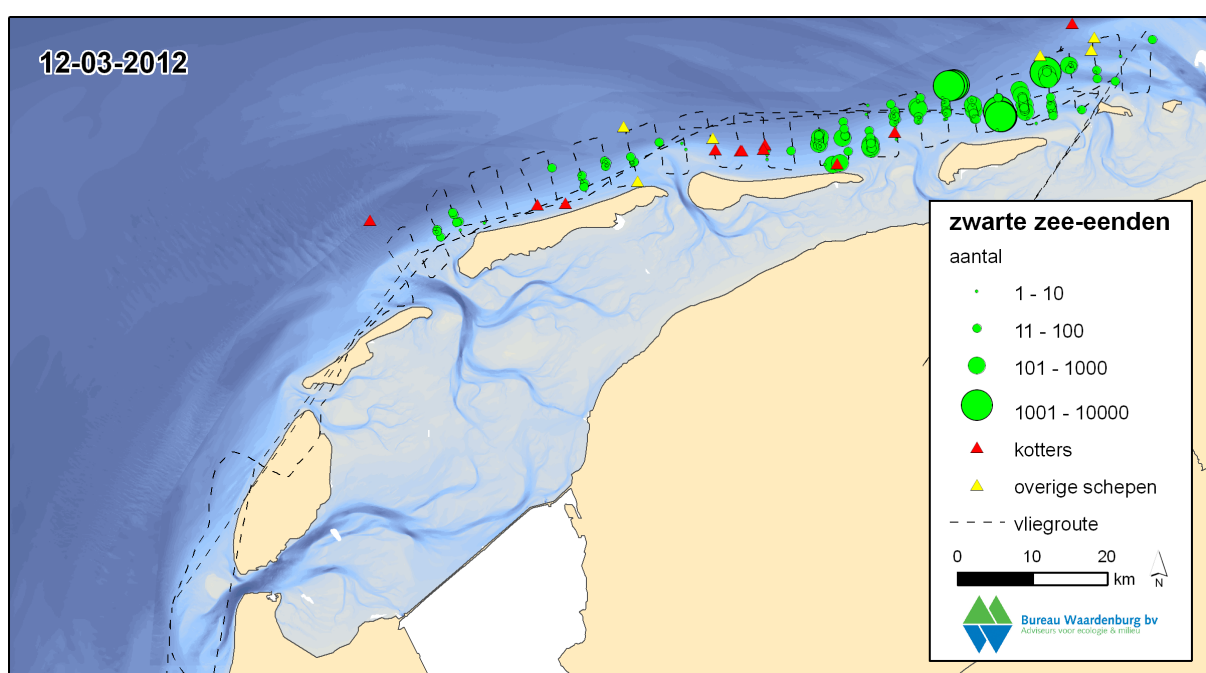


Figuur 11. Verspreiding van eenden en schepen in februari 2012.

5.2.6. Zesde telling: maart 2012

In het studiegebied werden in totaal 32 705 Zwarte Zee-eenden geteld. De werkelijke aantallen liggen hoger, want vooral ten noorden van Schiermonnikoog was de verspreiding erg diffuus. Hierdoor was een volledige, integrale, telling vanaf de transecten niet goed mogelijk. De kern van de verspreiding lag in de kustzone boven Schiermonnikoog. Hier werden tot op ca. 10 kilometer uit de kust grote aantallen eenden aangetroffen. Het belang van het gebied ten noordoosten van Ameland was afgenomen in vergelijking met de situatie in februari. Verder westelijk nam het aantal Zwarte Zee-eenden snel af en zaten nog slechts wat groepjes eenden van enkele tientallen tot enkele honderden op 2-5 kilometer uit de kust.

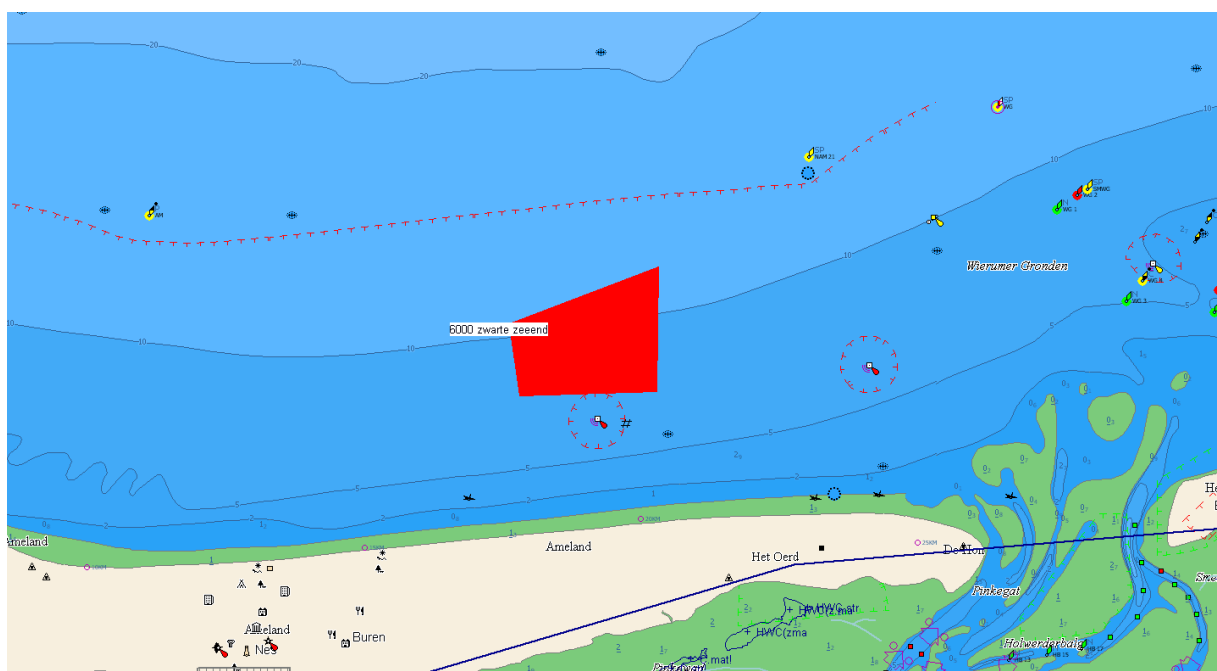
Rond het zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog waren twee kotters actief; de meeste eenden zaten verder oostelijk. Boven westelijk Ameland lag een klein vlootje te vissen (geen eenden ter plaatse) en boven midden-Terschelling was ook enige visserij (en hier zaten evenmin eenden: Figuur 12).



Figuur 12. Verspreiding van eenden en schepen in maart 2012.

Aanvulling maart: waarnemingen vanaf het EL&I schip "de Krukel"

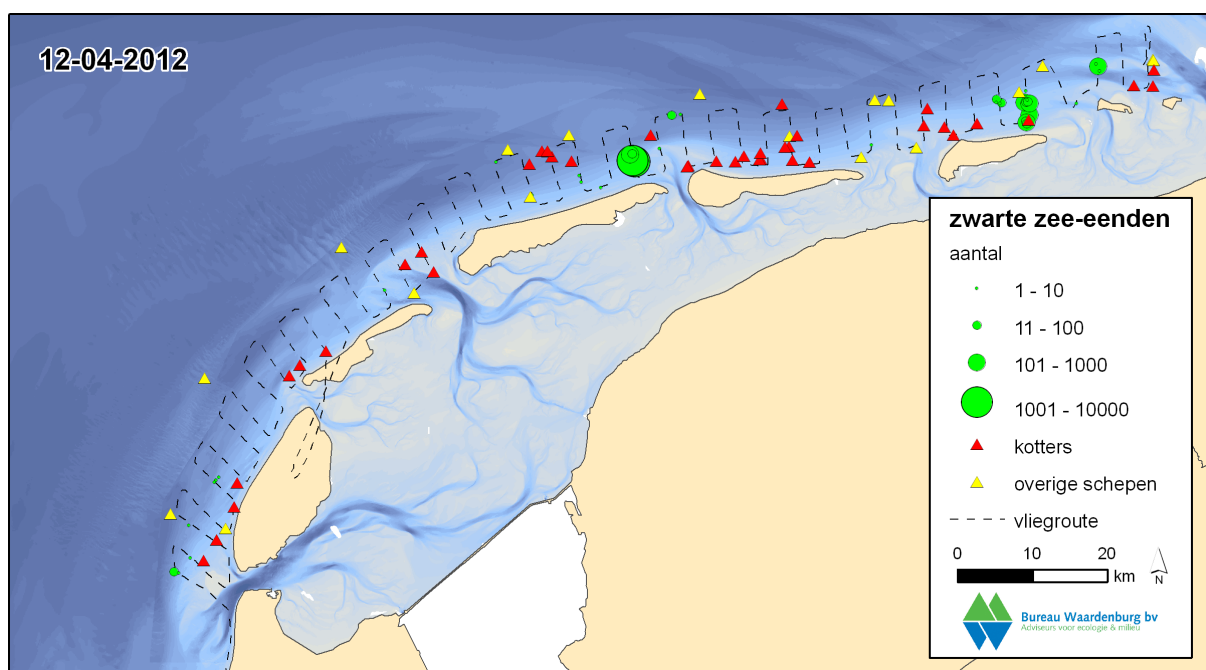
Drie dagen na de vliegtuigtelling van 12 maart werd opnieuw een deel van de eenden binnen het studiegebied geteld vanaf de Krukel. Noordoost van Ameland, nabij de boorlocatie Ameland Oost-2 werden circa 6000 Zwarte Zee-eenden geteld. Direct na de telling heeft de bemanning ter plaatse enkele bodemhappen met de van Veenhapper gedaan. In deze monsters vond men vooral zand- en schelpkokerwormen. Vervolgens werden met de mosselkor met fijnmazig netwerk enkele slepen gedaan. Hiermee werd *Ensis directus* gevangen (tot 8cm), garnalen, zeesterren, een enkele slangster, grondels, en zandkokerwormen. Figuur 13 laat de locatie zien waar de eenden werden geteld. De waterdiepte was daar 12 tot 13 meter.



Figuur 13. Een grote groep eenden bij de oostpunt van Ameland, in kaart gebracht door de bemanning van de Krukel, op 15 maart 2012.

5.2.7. Zevende telling: april 2012

In het studiegebied werden nog slechts 4 567 Zwarte Zee-eenden waargenomen: de sterke daling van de aantallen in vergelijking met een maand eerder markeert het einde van het winterseizoen. De resterende eenden zaten in twee discrete groepen, boven oostelijk Schiermonnikoog en boven de oostzijde van Terschelling. Er was veel scheepvaartverkeer, met name van vissende kotters. De eenden zaten geconcentreerd op twee plekken met relatief weinig kotters: bij de oostpunt van Ameland en bij de oostpunt Schiermonnikoog, tot Rottum. Er waren echter ook gedeelten van de kustzone waar zowel eenden als schepen ontbraken (Figuur 14).



Figuur 14. Verspreiding van eenden en schepen in april 2012.

Conclusies aantalsontwikkeling

De reguliere midwintertelling leverde voor heel Nederland een totaal aantal op van 59 000 Zwarte Zee-eenden. Dit was een beduidend hoger aantal dan is vastgesteld in voorgaande winters tijdens vergelijkbare tellingen. Het zwaartepunt van de verspreiding bevond zich in het studiegebied ten noorden van Schiermonnikoog/Rottumeroog (39 000), Ameland (14 900) en Terschelling (3 900). Binnen het studiegebied bevond zich dus ten tijde van de midwintertelling 98% van "de Nederlandse populatie".

Ondanks het hogere aantal in 2012 in vergelijking met voorgaande jaren, lag het totaal voor Nederland nog onder het landelijke instandhoudingsdoel van 68.500 vogels in januari.

De meest recente aantalschatting voor heel Europa bedraagt $\pm 1\,500\,000$ exemplaren (Poot et al. 2012). De 59 000 vogels die in Nederland werden geteld tijdens de midwintertelling maakten hier 3.9% van uit.

5.3 Benthos

Met de bodemschaaf werden op 5, 6 en 7 maart 2012 in totaal 60 monsters genomen, die elk circa 15 m² zeebodem besloegen en die direct aan boord werden uitgezocht. Er werden in totaal 25 soorten macro-benthos aangetroffen, die, mede afhankelijk van hun formaat werden ingedeeld in "voedsel", "mogelijk voedsel" en "vermoedelijk geen voedsel, dan wel onbelangrijk" (Tabel 3).

Voedsel	Wetenschappelijk	Soort	Totaal aantal opgevist	Opgeviste biomassa (grammen)	Max g/m ²	stations
ja	<i>Ensis directus</i>	Amerikaanse zwaardschede-klein	17088	549176	34099.35	31
ja	<i>Macoma baltica</i>	Nonnetje >15 mm	38023	27642	264.91	39
ja	<i>Donax vittatus</i>	Zaagje	254	749	10.53	31
ja	<i>Spisula subtruncata</i>	Halfgeknotte strandschelp-volwassen	174	620	10.71	25
ja	<i>Chamelea striatula</i>	Venuschelp	171	416	6.82	20
ja	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel-halfwas	10	87	4.37	4
ja	<i>Cerastoderma edule</i>	Kokkel (1-jarig)	38	18	0.54	9
ja	<i>Mytilus edulis</i>	Mosselzaad	4	3	0.10	3
mogelijk	<i>Macoma baltica</i>	Nonnetje 5-15 mm	22895	10784	227.72	41
mogelijk	<i>Tellina fabula</i>	Rechtsgestreepte plaatschelp	3949	1406	14.43	38
mogelijk	<i>Ophiura ophiura</i>	Gewone slangster	1397	1066	21.47	43
mogelijk	<i>Diogenes pugilator</i>	Kleine heremietkreeft	267	Niet gewogen	?	25
mogelijk	<i>Pagurus bernhardus</i>	Heremietkreeft	92	Niet gewogen	?	20
mogelijk	<i>Tellina tenuis</i>	Tere plaatschelp	268	161	2.34	19
mogelijk	<i>Abra alba</i>	Witte dunschaal	442	118	2.11	24
mogelijk	<i>Ophiura albida</i>	Kleine slangster	19	12	0.41	5
nee/onbelangrijk	<i>Ensis directus</i>	Amerikaanse zwaardschede-groot	749	11968	211.76	53
nee/onbelangrijk	<i>Asterias rubens</i>	Gewone zeester	92	1668	28.13	18
nee/onbelangrijk	<i>Sagartia troglodytes</i>	Slibanemoon	532	720	17.43	21
nee/onbelangrijk	<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrab (groot)	42	644	6.90	16
nee/onbelangrijk	<i>Liocarcinus holsatus</i>	Gewone zwemkrab	191	623	9.30	42
nee/onbelangrijk	<i>Astropecten irregularis</i>	Kleine kamster	15	280	14.89	3
nee/onbelangrijk	<i>Mytilus edulis</i>	Mossel-volwassen	3	97	6.46	1
nee/onbelangrijk	<i>Mactra stultorum</i>	Grote strandschelp	3	Fragmenten	?	3
nee/onbelangrijk	<i>Lutraria lutraria</i>	Otterschelp	4	Fragmenten	?	2
nee/onbelangrijk	<i>Corystes cassivelaunus</i>	Helmkrab	11	60	0.81	8
nee/onbelangrijk	<i>Liocarcinus arcuatus</i>	Gewimperde zwemkrab	6	26	0.72	4
nee/onbelangrijk	<i>Liocarcinus depurator</i>	Blauwpootzwemkrab	1	3	0.20	1
nee/onbelangrijk	<i>Portunus latipes</i>	Breedpootkrab	1	<1	0.01	1
nee/onbelangrijk	<i>Spisula subtruncata</i>	Halfgeknotte strandschelp-broed	1	<1	0.01	1

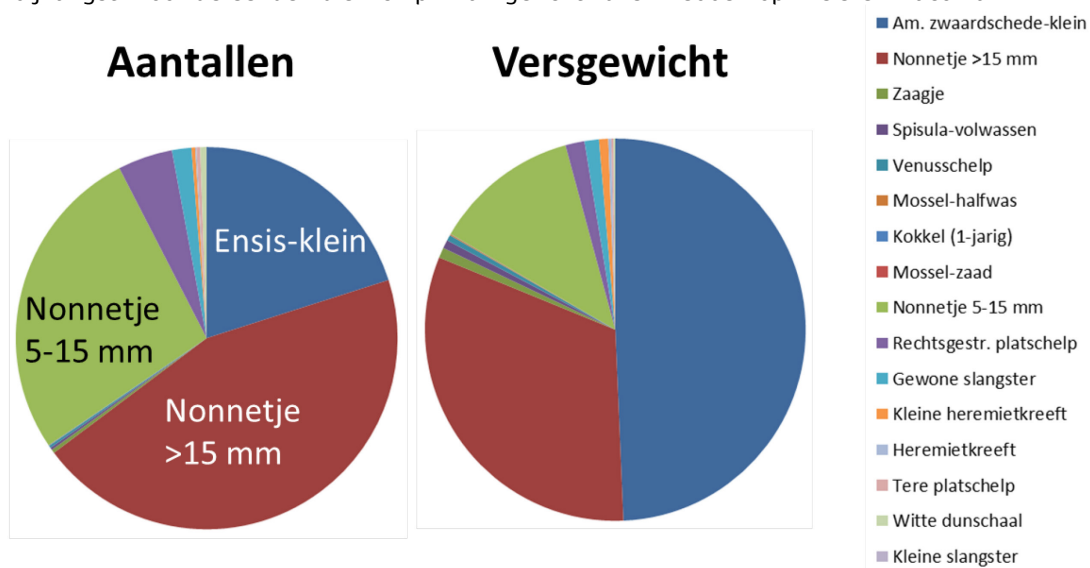
Tabel 3. Het macrozoobenthos in het studiegebied: de belangrijkste voedsel-soorten in **vet**.

Dieetonderzoek Zwarte Zee-eenden (samengevat door Fox et al. 2003, en verder aangevuld door Evert 2004, Le Maho et al. 2006, en Tulp et al. 2010) heeft aangetoond dat van de gevonden macrobenthos soorten er acht met zekerheid of grote waarschijnlijkheid geschikt zijn als voedsel: *Spisula subtruncata* en alle andere tweekleppigen die ongeveer dezelfde vorm en grootte hebben: *Donax*, *Chamelea*, *Mytilus*, *Cerastoderma* en (de grotere) *Macoma*. *Ensis directus* is ook een bewezen voedselbron voor zee-eenden. Van een aantal kleinere tweekleppigen wordt vermoed dat ze, indien ze massaal voorkomen in fijn zand (met een flink verschil tussen de zandkorrelgrootte en de grootte van de prooien), ook geschikt zouden kunnen zijn: *Tellina's*, *Abra* (van Steen 1978; Degraer et al. 1999; Kaiser et al. 2006), en zo ook de kleinere exemplaren van de soorten waarvan de grotere exemplaren zeker geschikt zijn. Waar de grens tussen geschikte en ongeschikte grootte voor de diverse soorten ligt, is niet bekend en deze zal ook afhangen van de lokale dichtheid.

Een aantal andere soorten is mogelijk ook geschikt als voedsel. Heremietkreeften, in een schelp (slakkenhuis) van een grootte die ongeveer overeenkomt met die van bijvoorbeeld een geprefereerde *Spisula* (2-3.5 cm lang) en kleine *Echinocardium* lijken ook geschikt. Slangsterren, hoewel van een heel andere vorm dan tweekleppigen, zijn als voedsel relatief frequent gevonden in (faeces van) Eidereenden in de Voordelta (Leopold et al. 2008) en zijn dus mogelijk ook geschikt voedsel voor Zwarte Zee-eenden.

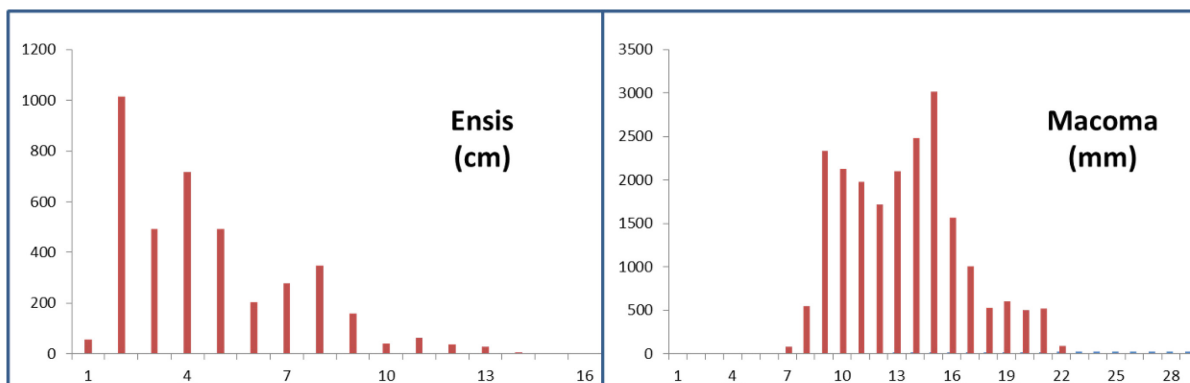
Grote prooien zijn ongeschikt omdat ze niet in zijn geheel kunnen worden ingeslikt door de eenden. Hiermee vallen de grotere zwaardscheden, mosselen, strandschelpen en otterschelpen af, evenals grotere krabben en zeesterren. Tenslotte zijn alle soorten of grootteklassen die in heel lage dichtheden voorkomen niet relevant.

Als we dan naar de samenstelling van het macrozoobenthos kijken, tegen de overwegingen hierboven, dan was *Macoma* de meest talrijke prooi (circa de helft van alle gevangen prooien) terwijl *Ensis* de hoogste biomassa had (circa de helft van de totale prooi-biomassa; Figuur 15). Beide soorten zijn geschikte prooien, zij het minder geschikt dan een aantal andere tweekleppigen die wat groter zijn dan zelfs de "grote" *Macoma*, en geschikter van vorm dan *Ensis*. Deze soorten (*Spisula*, *Donax*, *Chamelea*, *Mytilus*, *Cerastoderma*) kwamen echter allemaal in te lage dichtheden voor om zeer relevant te zijn (Tabel 3). Wel zullen alle geschikte prooien vermoedelijk ook zijn gegeten, al was het maar als "bijvangst" voor de eenden die zich primair gericht zullen hebben op *Ensis* en *Macoma*.



Figuur 15. Relatieve voorkomens van de verschillende potentiële prooien in aantallen en versgewichten. Zie Tabel 3 voor de hier niet nader aangeduide soorten.

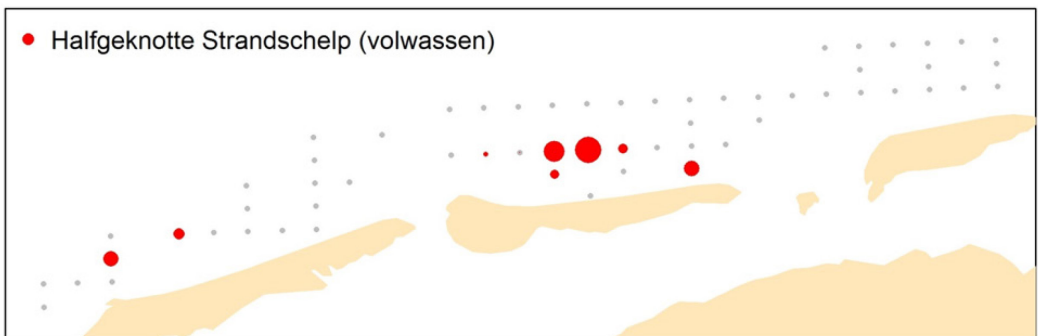
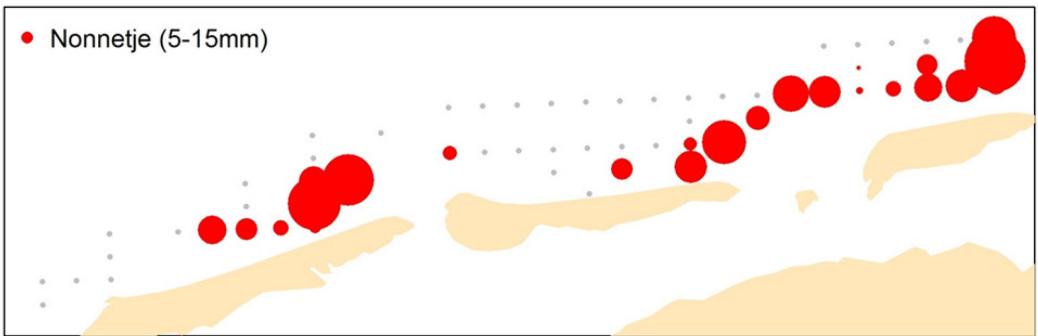
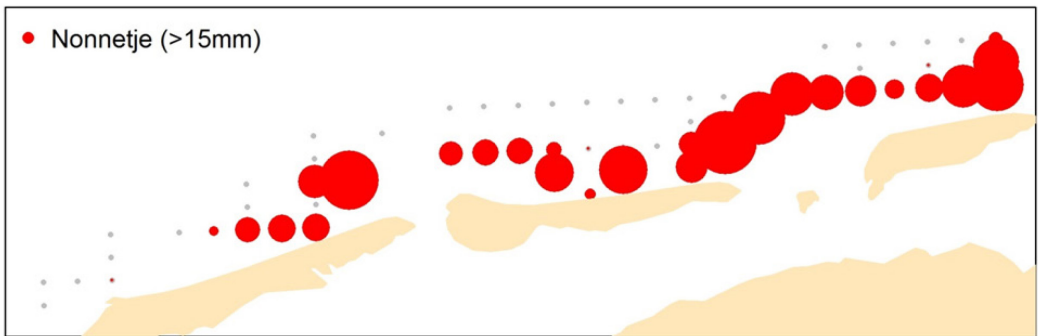
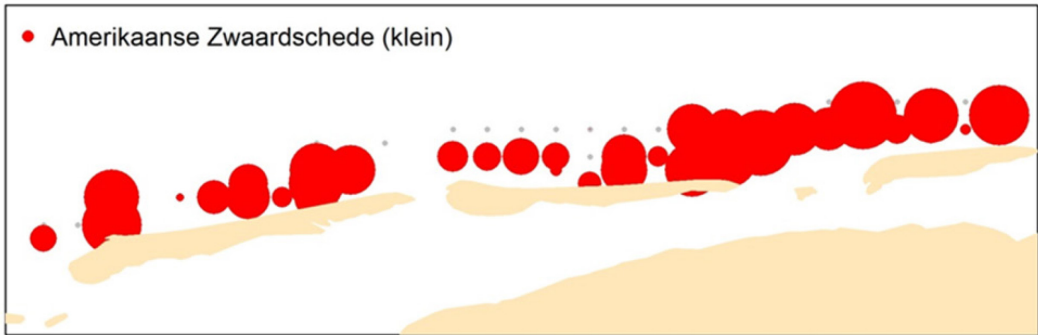
Aan de hand van de gemeten breedtes van de toppen van *Ensis* is nagegaan hoe de grootteverdeling van deze soort was (omgerekend naar schelpenlengte, Figuur 16a). Er werden relatief veel zeer kleine (slecht gegroeide?) individuen gevonden van rond de 2 cm lengte, een tweede groep van rond de 4-5 cm en een derde groep van rond de 8 cm. Grotere exemplaren waren zeldzaam. Zonder onderzoek aan maaginhouden is het speculatie of de eenden selectief waren ten aanzien van de grootte van de *Ensis*. *Ensis* van rond de 2 cm lengte lijkt een (te) kleine prooi, maar hier staat tegenover dat deze lengteklasse wel talrijk aanwezig was. De eenden hebben zich wellicht gericht op schelpen met lengtes tussen de 3 en 5 cm (cf. Leopold et al. 2010): per stuk veel profijtlijker dan de *Ensis* van 2 cm lengte, en nóg talrijker, maar kunnen zich ook hebben gericht op de grotere (7-9 cm) klasse. Met name dat laatste maakt veel verschil voor de inschatting hoeveel biomassa er voor de eenden beschikbaar was. De relatie tussen schelpenlengte en vleesinhoud verloopt nagenoeg volgens een derde macht: iets grotere dieren hebben een veel grotere vleesinhoud. Wel of niet eten van de 7-9 cm klasse maakt daarom veel uit voor de hoeveelheid beschikbaar voedsel, maar ook zonder deze klasse was circa 75% van de biomassa aan "kleine" *Ensis* beschikbaar voor de eenden. Met 17 088 opgeviste kleine *Ensis* op 60 stations van circa 15 m² bemonsterd oppervlakte, en een fractie van 75% hiervan beschikbaar voor de eenden, was de gemiddelde dichtheid aan eetbare *Ensis* boven Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog, circa $0.75 \cdot 17088 / (60 \cdot 15) / \text{m}^2$, ofwel 14 *Ensis*/m². Lokaal waren de dichtheden echter tot 10 keer hoger dan dit gemiddelde.

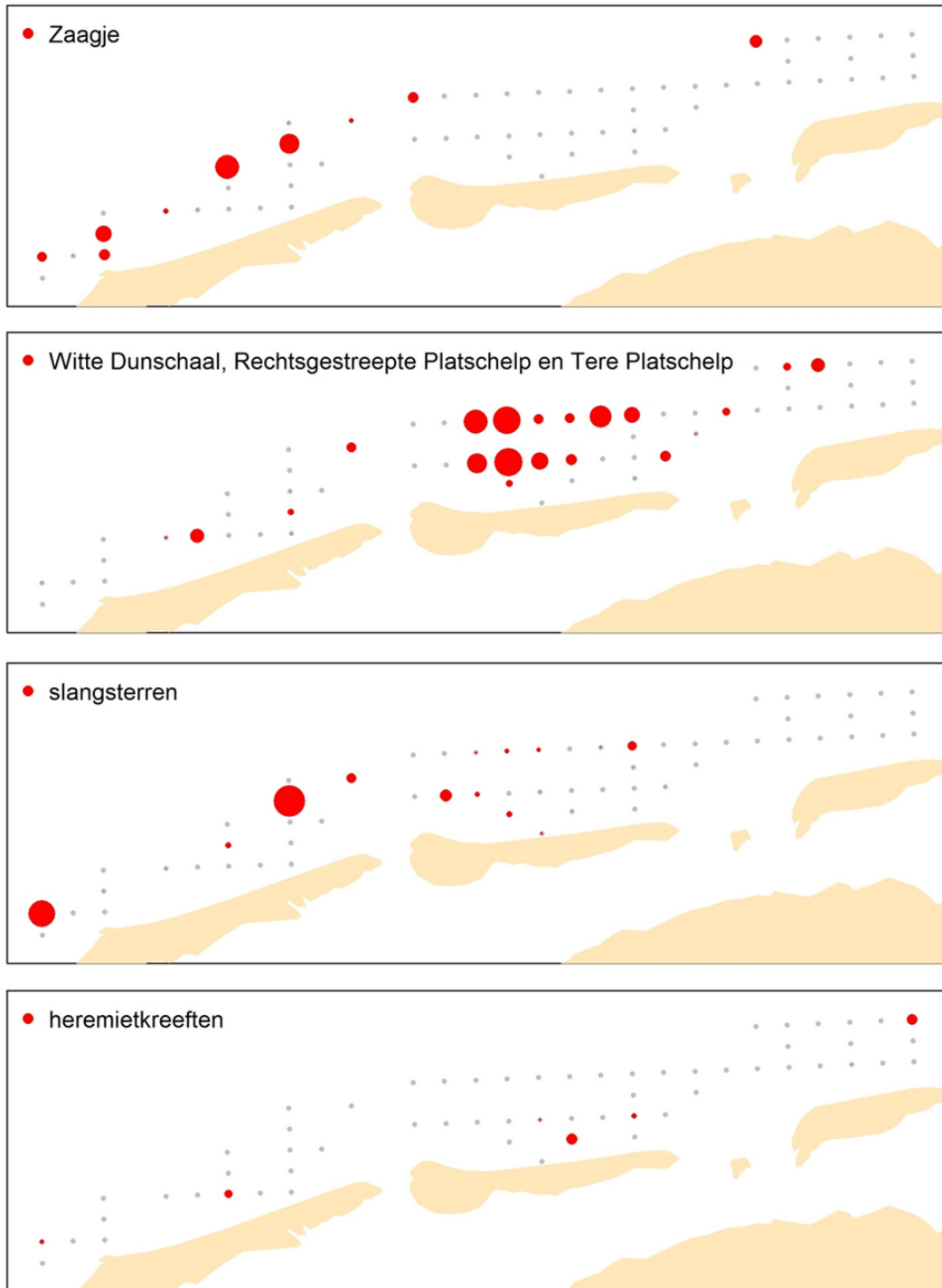


Figuur 16a (links). Gereconstrueerde verdeling van de schelpenlengtes van *Ensis* (cm) in de bodemschaafmonsters, bepaald aan de hand van de breedtes van de topjes van deze schelpdieren.

Figuur 16b (rechts). De lengteverdeling van *Macoma* (NB: lengtes *Macoma* in mm).

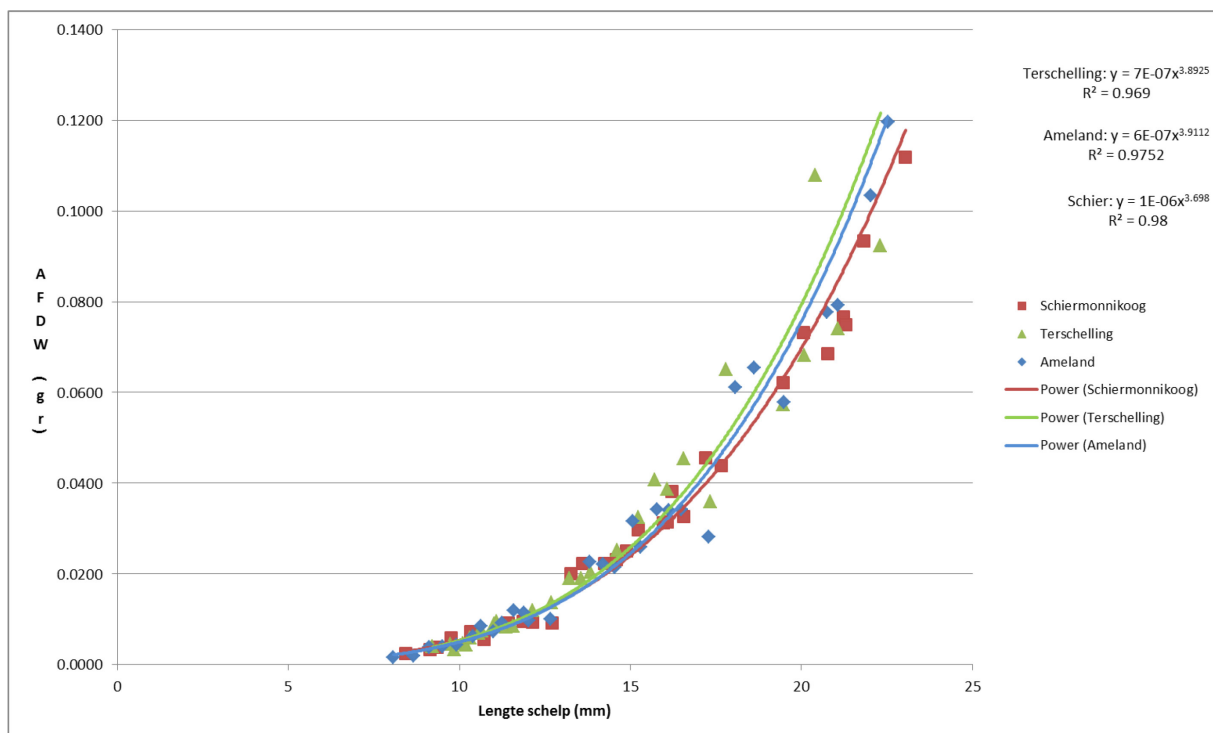
De lengtes van nonnetjes (*Macoma*) werden direct gemeten. Bij deze soort was er veel minder breuk waardoor er veel meer gemeten konden worden (Figuur 16b). Ook bij het Nonnetje waren er meerdere lengte- (leeftijds)klassen aanwezig: een groep van rond de 9 mm lengte, een van rond de 15 mm en een kleine groep oude, grote individuen van 17-22 mm lengte. De verdeling van de verschillende soorten (of groepen van prooien) is weergegeven in Figuur 17. Om de verschillende kaarten goed te kunnen vergelijken, is steeds dezelfde schaalverdeling gebruikt. De punten geven steeds het versgewicht aan prooien weer, per monsterpunt, uitgedrukt in gram per vierkante meter (inclusief schelp). Alleen in het geval van de heremietkreeften is niet het versgewicht, maar het aantal per vierkante meter gegeven. Uit de verspreidingskaarten blijkt de dominantie van *Ensis* en *Macoma*. Deze twee soorten hebben bovendien een vrijwel gelijke verspreiding, met de hoogste biomassa's boven het zeegat tussen Ameland en Schiermonnikoog en boven de oostelijke helft van Schiermonnikoog. Een derde piek ligt boven oostelijk Terschelling, en (alleen voor *Ensis*) ook boven westelijk Terschelling. Midden-boven zowel Terschelling als Ameland zijn de biomassa's relatief laag. De overige soorten voegen weinig toe. Meest opvallend is de mix van *Spisula*, *Abra* en *Tellina* boven Ameland, deels overigens op vrij diep water.





Figuur 17. De verspreiding (in grammen versgewicht per vierkante meter) van waarschijnlijke en mogelijke prooien van de Zwarte Zee-eend in het studiegebied. De schaalverdeling (stipgrootte) is logaritmisch en (behalve voor de heremietkreeften) steeds dezelfde om de verschillende prooien goed te kunnen vergelijken. Achtereenvolgens: Ensis-klein (grootste stip: 396.88 g/m²), Macoma-groot (max 264.91), Macoma-klein (max 227.72), Spisula (max 10.71), Donax (max 10.54), Abra plus Tellina (max samen 15.55), Amphiura's (max samen 21.47) en heremietkreeften (samen max 3 exemplaren/m²).

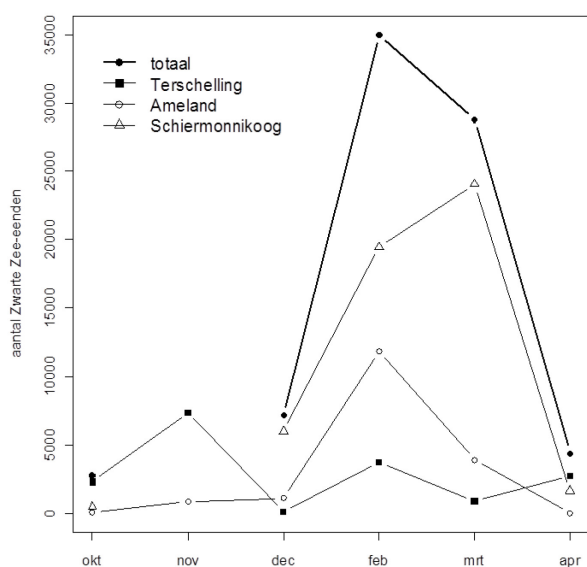
Van *Ensis* konden onvoldoende complete dieren worden verzameld om uitspraken te kunnen doen over eventuele verschillen in kwaliteit (schelpenlengte versus vleesinhoud) voor verschillende deelgebieden binnen het onderzoeksgebied. Voor de andere talrijke en dus mogelijk belangrijke prooi-soort, het Nonnetje, was dit wel mogelijk (Figuur 18). De vergelijking van de lengte-gewicht relaties voor Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog laat zien dat bij de grotere exemplaren, de vleesinhoud bij Schiermonnikoog iets achterblijft in vergelijking met de situatie ten noorden van Ameland en Terschelling. De gewichten aan AFDW per schelp zijn voor Nonnetjes kleiner dan 15 mm vrijwel gelijk voor de drie locaties (Figuur 18).



Figuur 18. De relaties tussen schelpenlengte (X-as) en vleesinhoud (in gram asvrij drooggewicht) voor *Macoma*, voor de kustzones voor de drie eilanden binnen het studiegebied.

5.4 Statistische analyse

Het aantal eenden in het studiegebied vertoonde aanzienlijke variatie, zowel in totale aantallen per survey, als in de ruimtelijke verspreiding binnen het gebied. De variatie van de totale aantallen in de tijd is gegeven in Figuur 19. Hierin zijn alleen de gegevens meegenomen van de tellingen uitgevoerd door Bureau Waardenburg, omdat tijdens deze tellingen het hele gebied werd gedekt door middel van een zigzag- of een blokpatroon (Figuur 3) De reguliere midwintertelling van Rijkswaterstaat volgde een ander vliegprotocol (kust-parallel, Figuur 9) en blijft in Figuur 19 buiten beschouwing. We merken wel op dat tijdens deze midwintertelling de hoogste totaalaantallen werden aangetroffen.

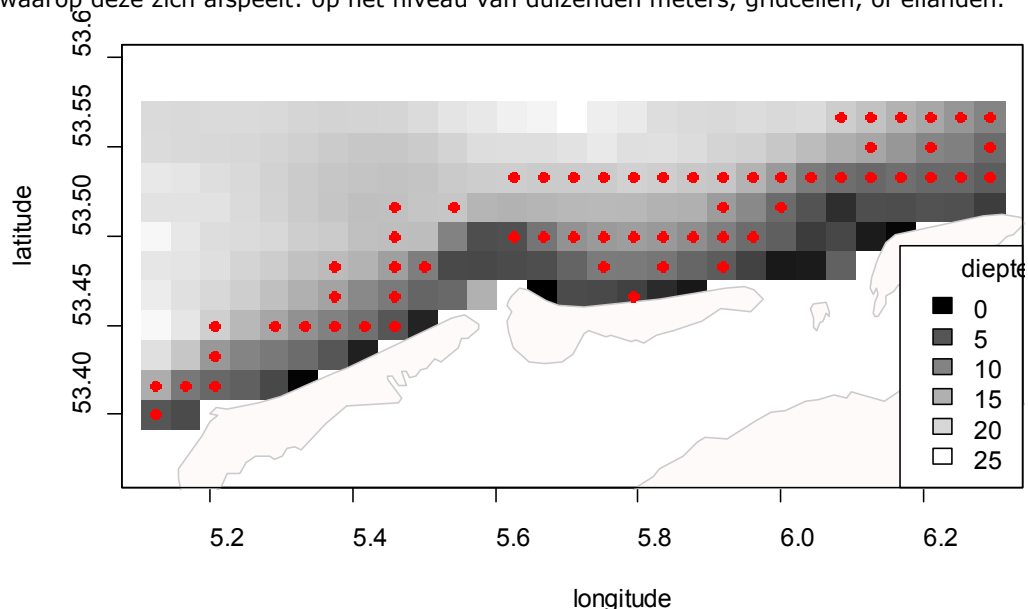


Figuur 19. Seizoenspatroon van Zwarte Zee-eenden boven Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog op grond van de zes tellingen uitgevoerd door Bureau Waardenburg en de midwintertelling van DPM. Schiermonnikoog werd in november niet geteld – daarom is er voor die telling ook geen totaal gegeven.

De verplaatsingen binnen het gebied waren aanzienlijk. De eenden kunnen hebben gereageerd op drie (ons bekende) variabelen: voedselaanbod, diepte en verstoring door scheepvaart. Hierbij moeten we diepte en voedselaanbod constant veronderstellen (voor beide variabelen is slechts één meting beschikbaar).

Voor de statistische analyse gaan we ervan uit dat binnen het totale studiegebied de eenden op de zes momenten van tellen vrij konden kiezen waar ze zouden gaan zitten, en dat ze dit deden op basis van verschillen in voedselaanbod, diepte en de mate van verstoring. Hierbij veronderstellen we dus voedselaanbod en diepte constant en verstoring variabel. Omdat de resolutie van de benthosdata vrij sterk verschilde van die van de data voor diepte enerzijds en die van de tellingen van eenden en schepen anderzijds, was de meest voor de hand liggende manier om de data samen te brengen in een grid waarin de benthos-monsterlocaties als middelpunten van cellen worden genomen, waarna het aantal waargenomen eenden en schepen per vak konden worden uitgerekend. Aan iedere gridcel werd een gemiddelde waarde voor diepte toegekend (Figuur 20).

Van de eenden nemen we aan dat hun aanwezigheid per gridcel steeds correct is vastgesteld en dat deze de resultante is van hun respons op voedsel, diepte en verstoring. *A priori* is hierbij een probleem, namelijk dat de werkelijke respons ten aanzien van verstoring niet bekend is, evenmin als de schaal waarop deze zich afspeelt: op het niveau van duizenden meters, gridcellen, of eilanden.



Figuur 20. Het gebruikte grid voor de analyse, met daarin aangegeven de diepte per gridcel en de cellen die wel (rode punten) en die niet werden bemonsterd op benthos.

De analyse is vervolgens als volgt opgezet: We stellen ons eerst de vraag wat de 'optimale' verspreiding van de eenden zou zijn in afwezigheid van schepen. In de analyse wordt deze alleen bepaald door voedsel en diepte. Vervolgens is de vraag hoe verstoring door scheepvaart deze verspreiding zou kunnen beïnvloeden. Hierbij veronderstellen we geen effect van maand, of van de totale aantallen eenden die aanwezig zijn.

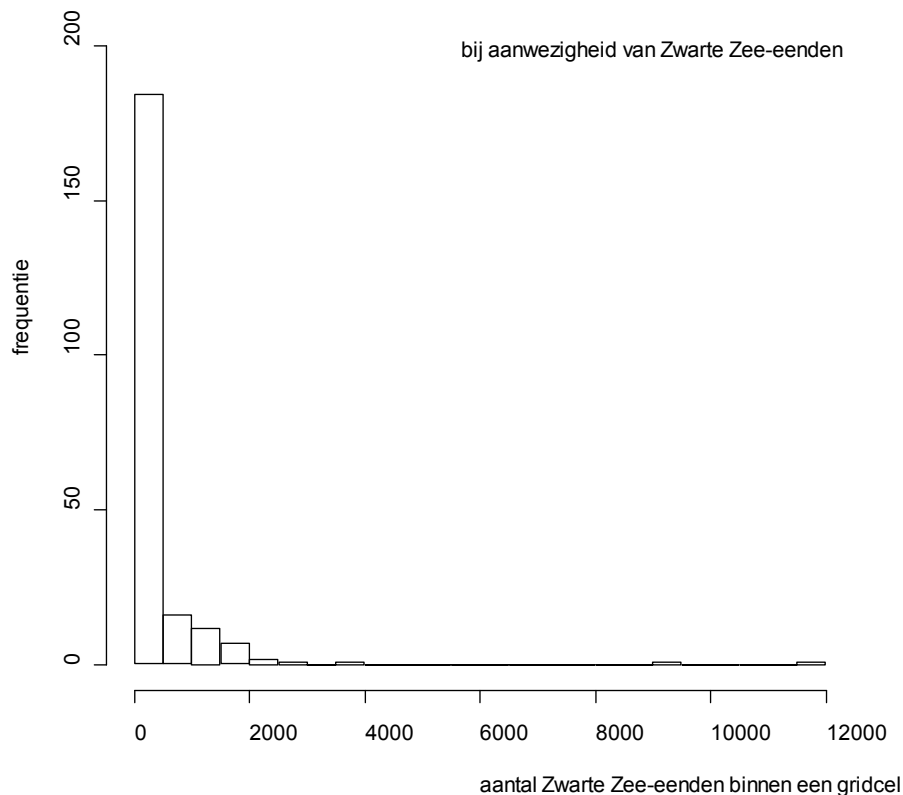
Voor het beantwoorden van de eerste vraag zijn alleen de data geschikt van surveys waarbij schepen (zo goed als) afwezig waren uit het gebied, en waarbij het gebied met voldoende ruimtelijke dekking werd afgezocht. Dat was slechts in één survey het geval: die van 13 februari 2012. De MWTL midwintersurvey van januari werd volgens een ander stramien uitgevoerd en hoewel het gevonden verspreidingspatroon voor die survey sterk lijkt op dat van februari (eveneens in afwezigheid van scheepvaart) kunnen deze resultaten niet in de analyse worden meegenomen. Dit maakt dat er eigenlijk geen goede statistische test gedaan kan worden om de tweede vraag op te lossen: er is immers niets bekend over de variatie in de verspreiding van de eenden zonder verstoring. Het enige dat gedaan kan worden is een test waarin het verband tussen het aantal eenden en het aantal schepen onderzocht wordt, maar zelfs als hier een

significant effect wordt gevonden, is dat geen bewijs voor vermijding door de aanwezigheid van schepen: het kan immers een resultaat zijn van een geografische scheiding van de meest geprefereerde gebieden en gebieden met schepen.

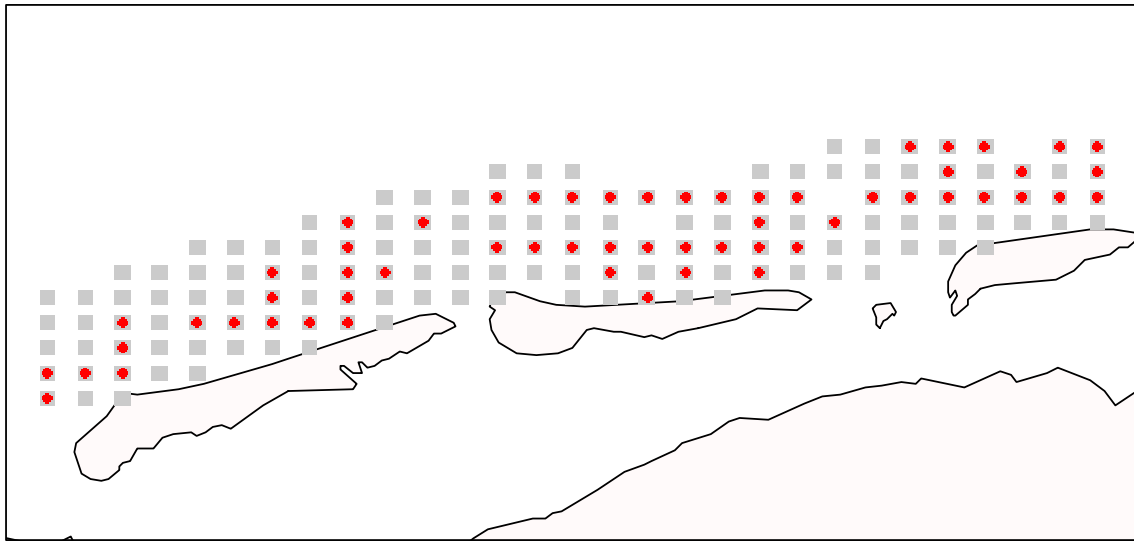
Een probleem van de tellingen van de eenden, is dat de aantallen grote spreiding hebben (Figuur 21) en dat er op het niveau van gridcellen veel nullen zijn (65%, Tabel 4) en cellen met lage aantallen. Figuur 22 laat het verschil in dekking zien tussen de benthos survey en de eendentellingen in de twee maanden met de hoogste aantallen (binnen de zes tellingen van Bureau Waardenburg).

Survey	2011			2012		
	25/10	24/11	12/12	13/2	12/3	12/4
Aantal gridcellen met waarnemingsinspanning	72	87	107	133	129	127
Aantal gridcellen zonder Zwarte Zee-eenden	40	46	71	80	80	113
Percentage gridcellen zonder eenden	56	53	66	60	62	89

Tabel 4. Per survey het aantal gridcellen met waarnemingsinspanning en met nultellingen, en het percentage nultellingen.



Figuur 21. De spreiding van het aantal Zwarte Zee-eenden per gridcel, indien aanwezig (gesommeerd voor de zes surveys in de analyse).



Figuur 22. Gridcellen met waarnemingsinspanning tijdens de vliegtuigtellingen in februari (grijs) en met benthosbemonstering (rode stippen).

In Figuur 23 is te zien dat in de data van februari er geen duidelijke, lineaire patronen te zien zijn tussen biomassa van schelpdieren en van het aantal getelde Zwarte Zee-eenden in dezelfde gridcel en evenmin tussen de gridcel-diepte en de aantallen eenden. Een probleem bij elke statistische analyse is echter eventuele correlatie tussen co-variabelen. Indien aanwezig, 'competeren' gecorreleerde co-variabelen in het verklaren van de aanwezige variatie, wat kan leiden tot bijvoorbeeld ontorechte niet-significante uitkomsten. Anderzijds belemmert dit ook de interpretatie van de resultaten: men kan een eventueel significant effect niet toewijzen aan een van de correlerende co-variabelen – ze representeren immers dezelfde patronen.

Er bleken significante correlaties te zijn tussen de biomassa van schelpdieren onderling (Figuur 24) en tussen de biomassa van schelpdieren en diepte (Figuur 25). Daarom werden alle relevant geachte schelpdierbiomassa's opgeteld (categorie 'ja' in Tabel 3). Deze nieuwe variabele correleerde ook met diepte ($R^2: 0.204$; $p < 0.001$). Om toch informatie over voedselbeschikbaarheid mee te nemen in de analyse worden twee modellen gefit: één met diepte en één met voedselbeschikbaarheid.

Waarschijnlijk als gevolg van de grote spreiding in de aantallen Zwarte Zee-eenden (Figuur 19), laten modellen waarbij een Poisson distributie voor de response variabele wordt aangenomen overdispersie zien. Daarom werd voor beide modellen aangenomen dat het aantal Zwarte Zee-eenden een negatief binomiale verdeling volgde,

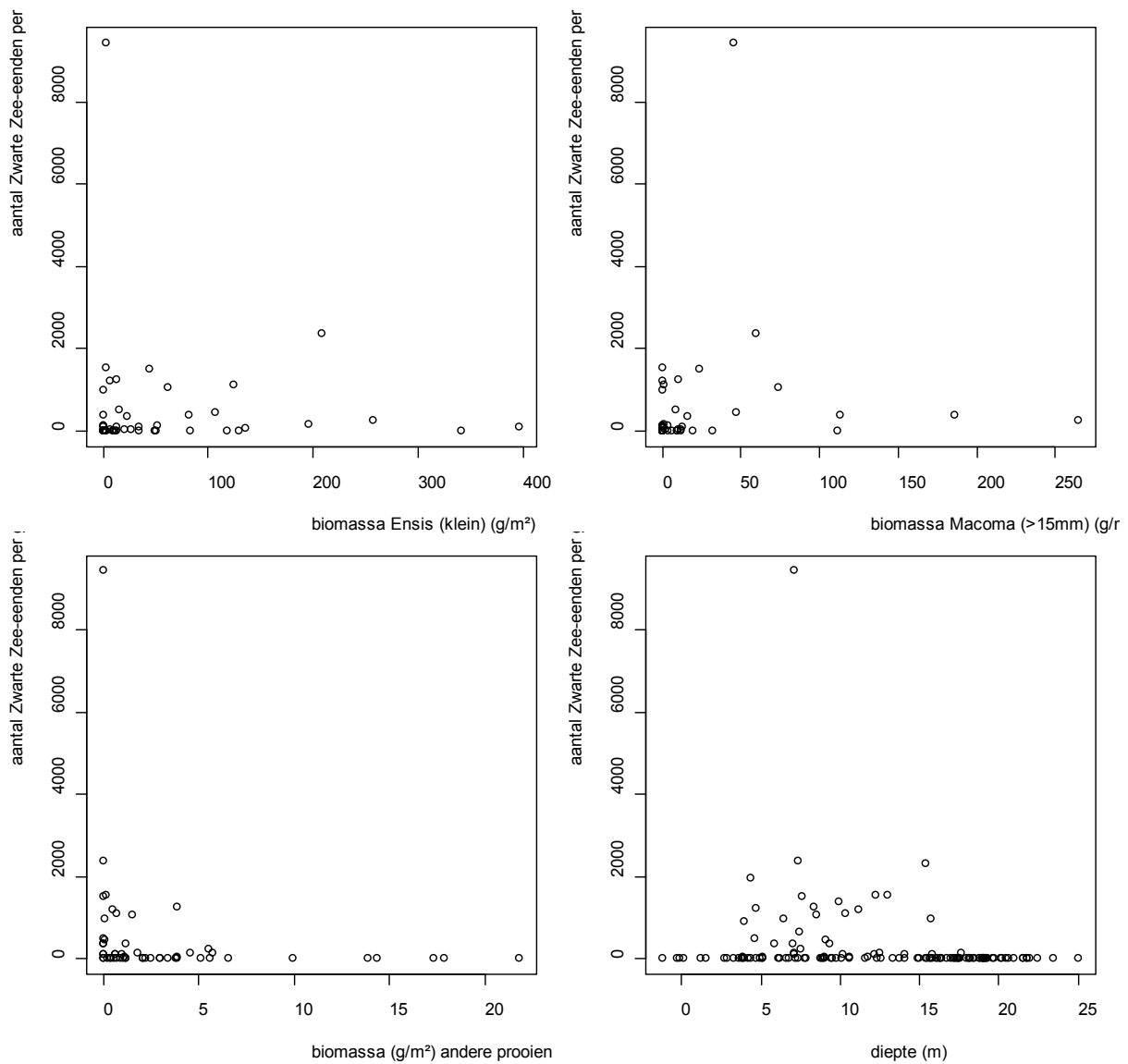
$$Y_i \sim NB(\mu, \theta)$$

wat resulteert in een *Negative Binomial Generalised Additive Model* (NB GAM) Vervolgens werden twee modellen gefit, met smoothers (*thin plate regression splines*) voor diepte of log biomassa van prooi-soorten.

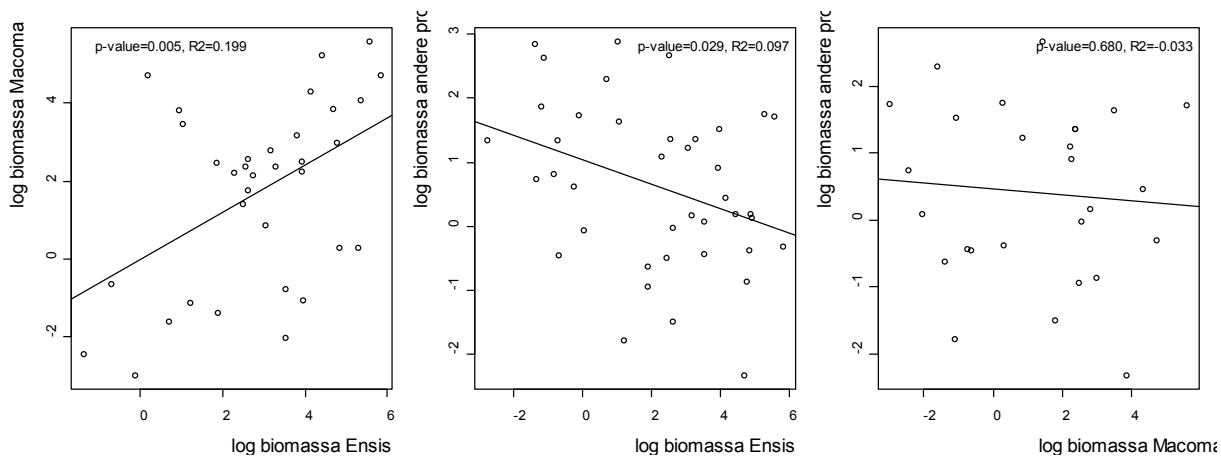
$$Y_i \sim s(\text{longitude}) + s(\text{depth}) \tag{1}$$

$$Y_i \sim s(\text{longitude}) + s(\log(\text{prooi})) \tag{2}$$

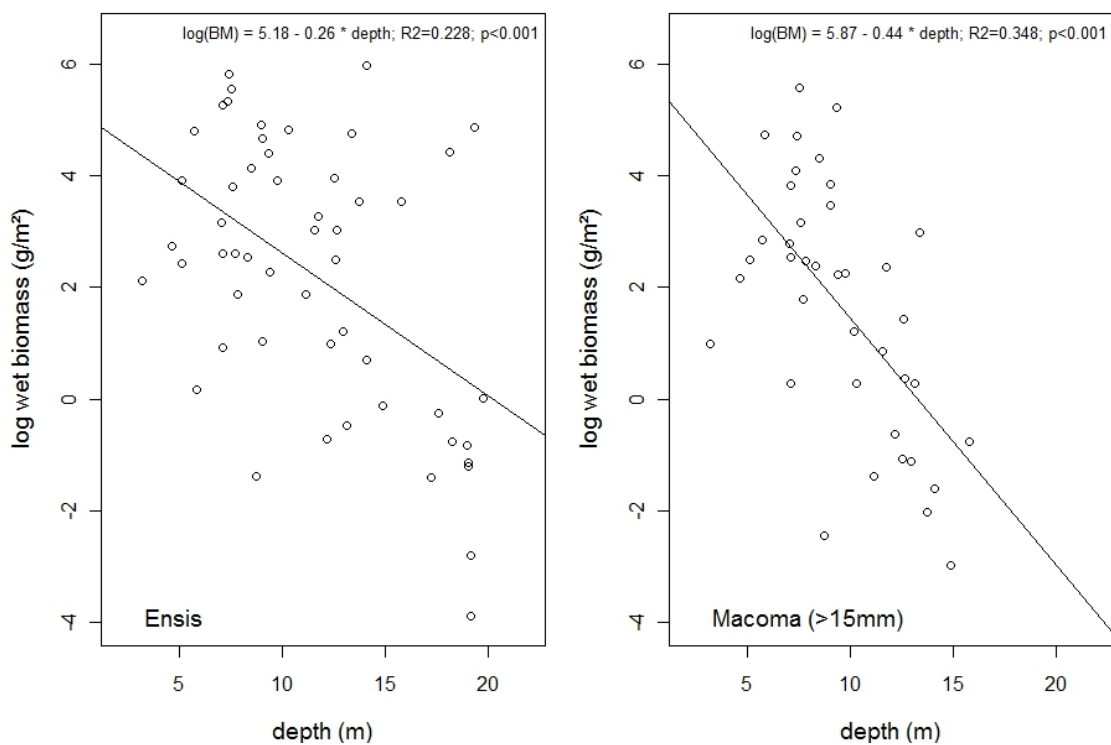
Zoals te verwachten was op grond van de correlatie tussen diepte en voedselbeschikbaarheid, zijn zowel diepte als voedselbeschikbaarheid significant (Tabel 5). Dit maakt het onmogelijk om een uitspraak te doen over welke van de twee (het meest) leidend is.



Figuur 23. Relatie tussen schelpdier biomassa's en het aantal Zee-eenden in dezelfde gridcel, en tussen de diepte en het aantal Zwarte Zee-eenden.



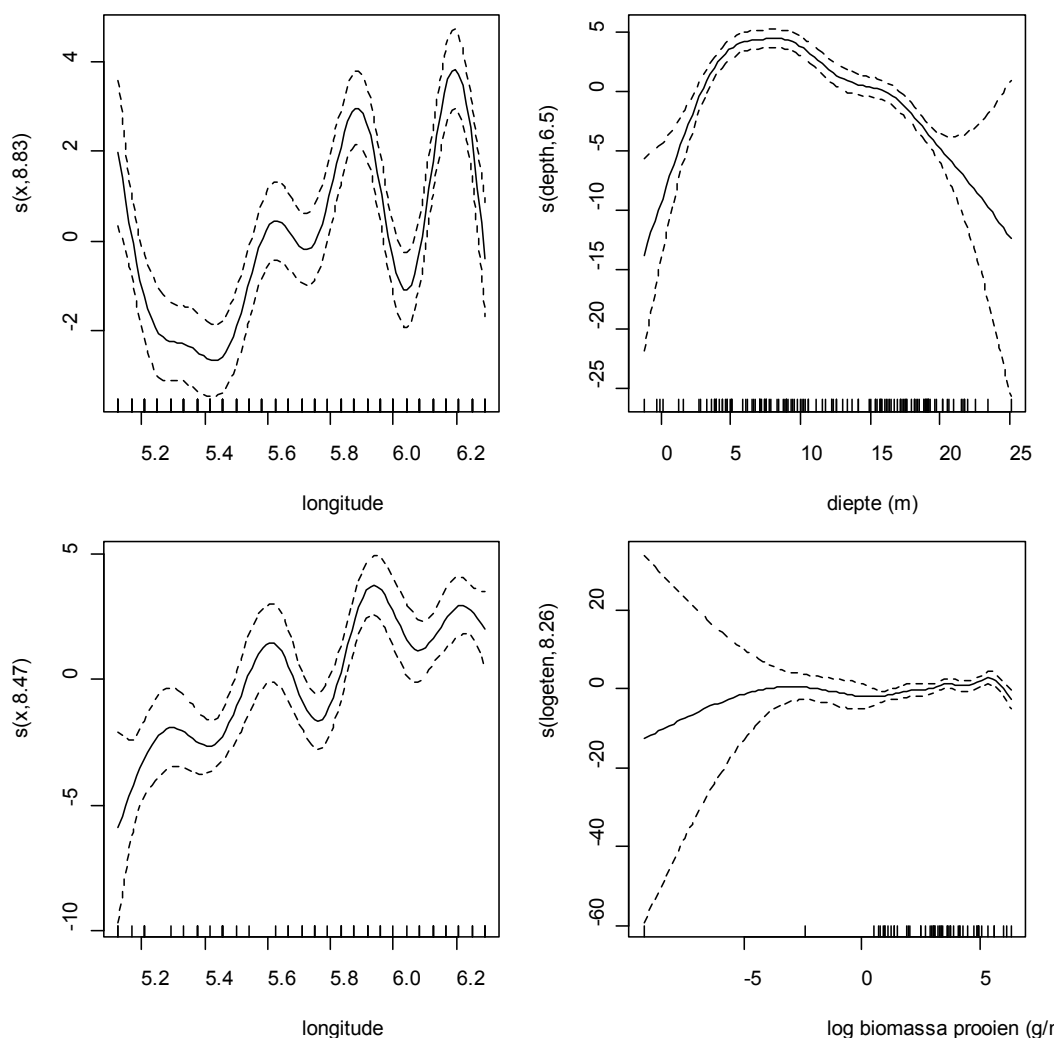
Figuur 24. Correlatie tussen de log van de biomassa per gridcel voor *Ensis*, *Macoma* en overige prooien. Ondanks de grote hoeveelheid variatie, zijn de eerste twee correlaties significant.



Figuur 25. relatie tussen diepte en de biomassa van de twee belangrijkste schelpdieren: (kleine) Amerikaanse Zwaardschede (links) en (grote) Nonnetjes (rechts).

Tabel 5. Resultaten van een NB GAM van 13 februari 2012 – één model met longitude en diepte en een ander model met longitude en log biomassa van de prooisorten. Theta, een maat voor de spreiding in een negatief binomiale verdeling, was 0.5.

model	Variabele	edf	Ref.df	Chi.sq	p-value	
diepte	s(longitude)	8.83	8.99	165.50	<0.001	***
	s(diepte)	6.498	7.406	291.50	<0.001	***
eten	s(longitude)	8.47	8.913	109.83	<0.001	***
	s(log biomasa)	8.263	8.836	39.45	<0.001	***



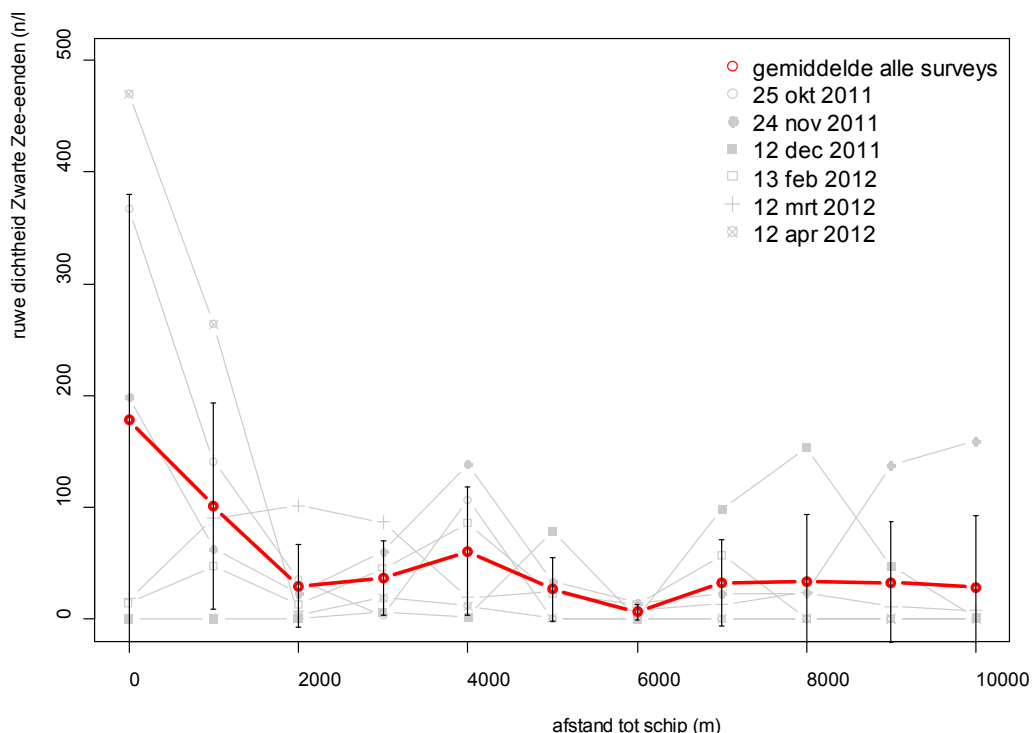
Figuur 26. Smoothers voor de twee NB GAMs voor de survey van 13 februari 2012. De bovenste twee figuren laten de smoothers voor longitude en diepte zien van het eerste model; de onderste figuren de smoother en log van de biomassa van de belangrijkste prooisorten van het tweede model. Zie tabel 5 voor significantie. De y-assen zijn op de schaal van de lineaire predictor (de lineaire functie van de effecten van de co-variabelen); de link tussen de response variabele (het aantal eenden) en de lineaire predictor is een log functie. De exponent van de lineaire predictor geeft dus het aantal eenden. Op de schaal van de lineaire predictor zijn de patronen duidelijker te visualiseren. De streepjes op de x-as representeren de samples.

5.3 Verstoring door scheepvaart?

Mogelijke verstoring van scheepvaart zou zich op verschillende schalen kunnen manifesteren. We hebben dit daarom op drie niveaus onderzocht: op enkele duizenden meters, op niveau van gridcellen en per eiland.

5.5.1 Kleine schaal

Omdat tijdens de vliegtuigtellingen die voor dit project werden uitgevoerd, de locatie van de eenden op het water werd bepaald, samen met de positie van waargenomen schepen, kon achteraf voor iedere groep eenden de afstand tot het dichtstbijzijnde schip worden bepaald. Binnen concentrische ringen rondom een schip, neemt het oppervlak kwadratisch toe met de afstand tot het schip. Daarmee neemt ook het aantal zee-eenden, maar niet hun dichtheid, bij een gelijke dichtheid in elke afstandsband vanaf het schip in theorie kwadratisch toe. Indien er geen verstoring zou plaatsvinden zou verwacht mogen worden dat er geen relatie is tussen de dichtheid zee-eenden en de afstand tot het schip. Een positief verband (hoe groter de afstand, des te hoger de dichtheid zee-eenden) wijst op verstoring, terwijl een negatief verband (hoe groter de afstand, des te lager de dichtheid zee-eenden), op aantrekking van het schip zou wijzen, of een verhoogde detectie door opvliegen. In Figuur 27 wordt dit geïllustreerd voor afstanden tot 10km van een schip. Op grotere afstanden verwachten we geen korte-termijn verstoring meer te vinden en bovendien komen op dergelijke afstanden andere problemen om de hoek kijken, zoals dat hierbij plaatsen moeten worden uitgesloten waar sowieso geen eenden zitten, etc.. In de figuur is te zien dat de dichtheid zee-eenden in het algemeen niet verandert met afstand tot het schip. Alleen op afstanden van minder dan 2 km wijkt dit af van het niveau op grotere afstanden.



Figuur 27. De gemeten dichtheden zee-eenden als functie van de afstand tot het dichtstbijvarende schip, voor zes surveys afzonderlijk.

Er is hierin echter flink verschil tussen de surveys, en het effect is daarom niet significant ($t = 1.464$; $p = 0.149$). Tijdens drie surveys werden er lagere dichtheden dicht bij het schip vastgesteld; tijdens de overige drie surveys juist hogere. Mogelijk kunnen de verhoogde dichtheden verklaard worden door voor het schip opvliegende vogels, die hierdoor gemakkelijker te detecteren zijn dan zwemmende vogels, of doordat deze vogels door een ander schip, iets verderop, werden verstoord en over het schip werden gejaagd dat op het moment van tellen het dichtst bij de waargenomen eenden voer.

5.5.2 Gridcel-niveau

Onderstaand *Negative Binomial Generalized Additived Model* (NB GAM) werd gefit op gegevens per gridcel:

$$Y_i \sim NB(\mu, \theta)$$

$$Y_i \sim s(\text{longitude}, \text{diepte}, \text{by}=\text{survey}) + B_1 * N_{\text{schepen}} + B_2 * \text{Survey}$$

Dit model schat een ruimtelijk patroon per survey op grond van een twee-dimensionale smoother (een *tensor product smoother*) en kijkt vervolgens of het aantal schepen een negatieve of positieve invloed heeft op dit ruimtelijke patroon. Alle smoothers waren significant (dat wil zeggen: verschiden van een plat vlak), maar het effect van schepen was niet significant ($p = 0.697$).

Tabel 7. Resultaten van een NB GAM voor het effect van schepen op het niveau van gridcellen.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-11.4658	3.05758	-3.750	0.000177	***
N_{schepen}	-0.0888	0.22779	-0.390	0.696613	
Survey: 2011-11-24	8.3889	4.70107	1.784	0.074349	.
Survey: 2011-12-12	-17.1996	15.70466	-1.095	0.273433	
Survey: 2012-02-13	9.0589	3.91919	2.311	0.020810	*
Survey: 2012-03-12	11.1725	3.09948	3.605	0.000313	***
Survey: 2012-04-12	-42.6991	25.45529	-1.677	0.093461	.

5.5.3 Eiland-niveau

Een manier om te testen of eenden bij de aanwezigheid van schepen kiezen voor het eiland met de minste schepen, is om per survey het aantal schepen en zee-eenden tegen elkaar uit te zetten (Figuur 28). De verwachting is dan dat binnen een survey een negatief verband is tussen het aantal eenden en het aantal schepen. Hoe 'hoog' die regressielijnen liggen kan daarbij verschillen: er is immers een duidelijk seizoenspatroon in de totale aantallen.

Om te testen of binnen een survey het aantal Zwarte Zee-eenden Y per survey i een negatief verband liet zien met het aantal schepen N_{schepen} werd het volgende model gefit:

$$Y_i \sim NB(\mu, \theta)$$

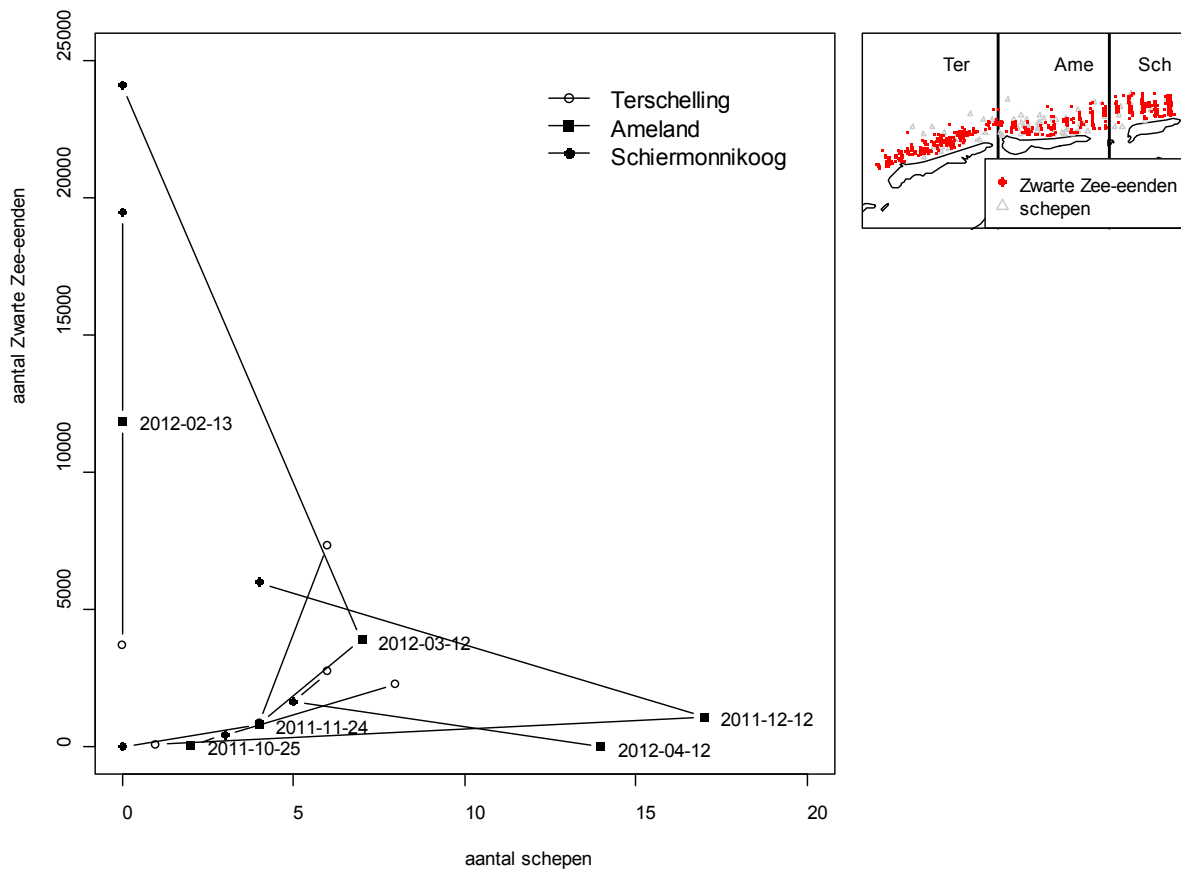
$$Y_i \sim B_1 * N_{\text{schepen}} + B_2 * \text{Survey}$$

Deze *Negative Binomial Generalized Linear Model* (NB GLM) laat een negatief coëfficiënt zien, maar deze is niet significant ($p = 0.301$), zie tabel 6.

Deze benadering gaat ervan uit dat het een gesloten systeem is: de eenden kunnen zich tijdens een survey verdelen over de drie eilanden, maar niet daarbuiten. Dit is natuurlijk niet conform de werkelijkheid, waarin eenden ook naar verder gelegen gebieden zouden kunnen verkassen, bijvoorbeeld naar Duitse wateren.

Tabel 6. Resultaten van het GLM NB voor het effect van schepen op het niveau van eilanden.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	7.42164	0.79693	9.313	<0.0001
Aantal schepen	-0.0828	0.08009	-1.034	0.3012
Survey : 2011-11-24	1.37209	1.13542	1.208	0.2269
Survey : 2011-12-12	0.93678	1.04254	0.899	0.3689
Survey : 2012-02-13	1.94305	1.07215	1.812	0.0699
Survey : 2012-03-12	1.85973	1.01584	1.831	0.0671
Survey : 2012-04-12	0.32591	1.06393	0.306	0.7594



Figuur 28. Relatie tussen aantal schepen ten noorden van Terschelling, Ameland en Schiermonnikoog en het aantal daar getelde Zwarte Zee-eenden, *per survey*. Het kaartje rechtsboven laat de grenzen tussen deze drie regio's zien (verticale lijnen tussen de eilanden) en waarnemingen van Zwarte Zee-eenden en schepen.

6. Discussie en conclusie

De winter 2011/2012 was een relatief goed jaar voor de Zwarte Zee-eend in Nederland. Voor het eerst sinds 2004 werden meer dan 50 000 eenden geteld tijdens de reguliere MWTL midwintertelling, al werd het (landelijke) streefgetal van 68 500 vogels in januari nog niet gehaald. De vogels leken zich aanvankelijk bij Terschelling te vestigen (oktober/november) maar verschoven al in de loop van november op richting Schiermonnikoog. Hier werd op 6 november 2011 voor het eerst (vanaf een schip) een grote groep pleisterende Zwarte Zee-eenden aangetroffen. Schiermonnikoog, af en toe met uitlopers naar Ameland, bleef de rest van de winter de belangrijkste verblijfplaats van de eenden. De kaartbeelden suggereren, dat de grootste concentraties eenden vaak niet in de buurt van concentraties vissersschepen zaten. Een modelberekening van de cumulatieve effecten van het voedselaanbod, waterdiepte en verstoring door scheepvaart liep echter stuk op de grote heterogeniteit in de dataset en een aantal onzekerheden, met name de vluchtafstand van de eenden in relatie met de gridcelgrootte (opgelegd door het benthosgrid: 2.7 km brede cellen), de reactietijd en de respons op meerdere schepen op verschillende locaties in het gebied en welk deel van het hele prooiaanbod daadwerkelijk door de eenden werd benut. Daarbij waren diepte en prooiaanbod (van de veronderstelde twee belangrijkste soorten/groottes) onderling sterk gecorreleerd. De conclusie moet dus zijn, dat hoewel er enkele kaartbeelden zijn die suggereren dat eenden schepen mijden, hiervoor vooralsnog geen statistisch bewijs te leveren is. Er zijn te veel variabelen in het spel en te veel onzekerheden om met een synoptische (correlatieve) studie als deze de gestelde vraag te kunnen beantwoorden.

Er zijn echter wel aanwijzingen dat vooral een vloot vissersschepen een versturende werking heeft. Concentraties kotters gingen nooit samen met concentraties eenden (kaartbeelden). Een enkele kotter werd echter wel eens door groepen eenden op korte afstanden getolereerd. Vermijding van schepen door eenden werd ook gevonden in andere Zwarte Zee-eenden studies: die Dirksen et al. (2005) in de kustzone van Ameland, die van Kaiser et al. (2006) in Liverpool Bay, en die van Schwemmer et al. (2011) iets verder oostelijk dan ons studiegebied, in de Duitse Bocht.

Zelfs een enkele garnalenkotter kan echter al een grote groep eenden doen wegvliegen van een door hen geprefereerde schelpdierenbank (Dirksen et al. 2005). Het ligt daarom voor de hand dat herhaaldelijke scheepsbewegingen, dus ook een hopperzuiger die pendelt tussen een *offshore* zandwingebied en een *nearshore* suppletiegebied, eventuele concentraties eenden in haar pad herhaaldelijk verstoort, en na enige tijd uit de omgeving van het werkgebied zou kunnen doen verdwijnen. Hierbij moet vooralsnog worden aangetekend dat directe waarnemingen aan hopperzuigers nog niet zijn gedaan en dat een eventueel verstrend effect sterk zal samenhangen met de voedselsituatie voor de eenden ter plaatse en in de omgeving van het suppletiewerk.

In deze studie werd geen bijzonder rooskleurige voedselsituatie gevonden. Maximale dichtheden van kleine *Ensis*, een vermoedelijk suboptimale prooi, lagen (over 60 monsterpunten) overal onder de 150 per vierkante meter. Deze maximale dichtheid ligt onder de gemiddelde dichtheid van ruim 160 per vierkante meter die werd gevonden in een studie bij Noordwijk (Leopold et al. 2010). Hier streek een groep van een paar honderd eenden neer in november 2009, maar deze vogels vertrokken hier weer na een paar weken. Gezien het prooiaanbod ter plaatse en de vondst van (veel) *Ensis* in de maag van een vogel die daar dood op het strand werd gevonden, nemen we aan dat de eenden toen daadwerkelijk op *Ensis* foerageerden (Leopold et al. 2010). De diepte waarop de *Ensis* (vooral) voorkwam verschilde weinig tussen beide studies en bedroeg 5-10 meter. Verschillen met de situatie in Noordwijk waren er echter wel: de gegeten *Ensis* bij Noordwijk was gemiddeld 4-5 cm lang en bij deze lengte moest een eend er per dag ruim 2000 eten. Boven de Waddeneilanden, in deze studie, was *Ensis* beschikbaar in

deze klasse, maar ook in iets grotere formaten (Figuur 16a). Daarnaast was ook een aanzienlijke hoeveelheid Nonnetjes beschikbaar die een additionele voedselbron geweest kunnen zijn. Of de eenden daadwerkelijk de iets grotere *Ensis* (7-9 cm) aten en daarbij wellicht ook nog *Macoma* (en zo ja, van welke grootte dan), blijft echter ongewis omdat geen eenden konden worden verzameld voor maagonderzoek.

De verschillen in beschikbaar voedsel tussen de drie eilanden lijken tamelijk marginaal (Figuur 17). Geschikt voedsel (kleine *Ensis* en grote *Macoma*) was bij alle drie de eilanden te vinden, steeds vooral ten noorden van de oostpunt. De eenden hadden ook de neiging zich te concentreren bij deze oostpunten (zie de pieken in voorkomen ter hoogte van respectievelijk 2.65, 5.9 en 6.2 OL in Figuur 26, linksboven).

De kustzone van Ameland heeft bijzondere belangstelling. Er is hier chronische kust(fundament)erosie, wat herhaaldelijke zandsuppleties noodzakelijk maakt voor het behouden van de basiskustlijn ten behoeve van de kustverdediging. Het winnen, vervoeren en suppleren van zand is een activiteit die aanwezige eenden kan verstoren. Waarnemingen van het (niet) samen voorkomen van concentraties schepen en eenden in deze en andere studies lijken deze hypothese te ondersteunen. In de winter van 2011/2012 hadden de eenden relatief weinig reden om specifiek ten noorden van Ameland domicilie te kiezen: er was hier niet opvallend méér voedsel beschikbaar bij ten noorden van de andere eilanden en er was op sommige momenten een relatief intensieve visserij gaande. Ook de kustzone van Terschelling was, na een eerste aarzelende vestiging aan het begin van de winter, weinig populair bij de eenden (maar voor grote delen van de kustzone van Terschelling was ook weinige voedsel beschikbaar). De kustzone van Schiermonnikoog had daarentegen relatief veel voedsel en meestal relatief weinig verstoring. Of het feit dat de eenden hier de meeste tijd doorbrachten alleen samenhangt met het voorkomen van relatief veel voedsel ter plaatse, en weinig visserij, of dat er ook nog een effect zou kunnen zijn van het feit dat hier in eerdere jaren niet, en bij Ameland en Terschelling wel is gesuppleerd, blijft ongewis

7. Vervolg onderzoek

De vraag blijft wat de populatie aan Zwarte Zee-eenden stuurt. Is dat voedselbeschikbaarheid, verstoring, of een combinatie van beide? De directe relatie tussen het voorkomen van eenden en hun voedselbronnen blijkt lastig te leggen. Dieetonderzoek is nodig, waaruit kan blijken wat de eenden daadwerkelijk aan voedsel opnemen, zodat de relatie voedsel-eenden veel scherper gesteld zou kunnen worden. Een fijner grid aan benthos-bemonsteringsstation zou deze relatie vervolgens ook scherper kunnen stellen. De invloed van verstoring, bovenop de relatie met voedsel, kon niet goed worden vastgesteld. Een experimentele aanpak, dus directe waarnemingen aan een verstorend schip, zouden vermoedelijk sneller resultaat kunnen opleveren ten aanzien van de directe verstoring. Echter als het alleen deze aanpak is, ontbreekt het grotere plaatje. Gegeven de gevonden onzekerheden is een doorvertaling van vermoede verstoring van vissersschepen naar veronderstelde verstoring door hopperzuigers, vooralsnog speculatief. Ook hiervoor geldt, dat directe waarnemingen vanaf, of aan schepen betrokken bij toekomstige zandwinning en suppletie, vermoedelijk een goede en efficiënte aanvulling zouden kunnen zijn om de mate van verstoring in kaart te brengen, gekoppeld aan gebiedsdekkende benaderingen.

Een andere, en zeker ook kansrijke onderzoeksopzet zou zijn om meer direct de situatie met en zonder visserij te vergelijken. In de huidige studie werden de eenden en de schepen iedere maand geteld. Dit had als voordeel dat het hele winterseizoen werd bestreken, maar als nadeel dat tijd een complicerende factor was en bovendien dat de aanwezigheid van scheepvaart toevallig was. Onze resultaten laten echter zien dat de kans op "geen visserij" hoog is in het weekend (conform, uiteraard, aan wat bekend is van de visserij in Nederland). Dat geeft echter de mogelijkheid om paarsgewijs, met en zonder visserij, de eenden te tellen, liefst geconcentreerd in de maanden met de hoogste aantallen eenden. In deze opzet zou dan afwisselend in het weekend (zonder visserij) en midden in de week (met visserij) gevlogen en geteld moeten worden. Het aantal van zes vluchten (dit rapport) zou dan in drie weken geconcentreerd kunnen worden, midden in de winter rond de MWTL-telling als er veel eenden in het gebied verwacht mogen worden. Dat zou dan drie paren waarnemingen opleveren, met en zonder visserij, binnen een kort tijdsbestek, als de totale aantallen eenden, én het voedselaanbod min of meer constant zijn. Op deze wijze zou de hoeveelheid variatie in de data aanzienlijk worden teruggebracht, wat een analyse van het effect van verstoring door visserij, bovenop het effect van ruimtelijke verschillen in voedselaanbod, aanzienlijk zou vergemakkelijken.

8. Dankwoord

De studie werd verricht op verzoek van Stichting La MER in Gouda. Marcel Rozemeijer verzorgde de contacten tussen Stichting La MER, Rijkswaterstaat en IMARES. De vliegtuigtellingen die speciaal voor dit project werden uitgevoerd werden gedaan door teams van Bureau Waardenburg. We kregen ook de beschikking over de telgegevens van de reguliere MWTL midwintertelling en de medewerking vanuit Project Mainport Rotterdam (PMR), waarvoor we Rijkswaterstaat, Delta Project Management en haar tellers Pim Wolf & Sander Lilipaly graag bedanken, evenals de piloot op alle vluchten, Jaap de Visser van Zeeland Air. De benthosurvey werd uitgevoerd door Jack Perdon en Arnold Bakker van IMARES, met een schip dat op korte termijn kon worden ingezet door de Firma J.J. Bakker in den Oever. We bedanken hen allen voor een plezierige samenwerking.

9. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

10. Referenties

- Arts F.A. 2012. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2012. Rapport RSW Waterdienst BM 12.18.
- Baptist M.J. & Leopold M.F. 2009. The effects of shoreface nourishments on *Spisula* and scoters in The Netherlands. *Marine Environmental Research* 68: 1-11.
- Brinkman, A.G., B.J. Ens & R. Kats, 2003. Modelling the energy budget and prey choice of eider ducks. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 839.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L. & Thomas L. 2001. Introduction to Distance Sampling, Vol. Oxford University Press, Oxford.
- Buijtelaar K. & Pruisscher P. 2011. Common Scoters (*Melanitta nigra*) on an *Ensis directus* diet. The dietary restraints of Common Scoters feeding on *Ensis directus*, and an improved *Ensis* shell length reconstruction model from fragments found in Common Scoter stomachs and intestines. Research report Van Hall-Larenstein & Wageningen IMARES
- Van Dalfsen J.A. & Essink K. 1997. RIACON - Risk Analysis of Coastal Nourishment Techniques, National Evaluation Report (The Netherlands). Report RIKZ-97.022.
- Degraer S., Vincx M., Meire P. & Offringa H. The macrozoobenthos of an important wintering area of the Common Scoter *Melanitta nigra*. *J. Mar. Ass. UK* 79: 243-251
- Dirksen S., Witte R.H. & Leopold M.F. 2005. Nocturnal movements and flight altitudes of Common Scoters *Melanitta nigra*. Rapport 05-062 Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- van Duin C.F., Gotjé W., Jaspers C.J. & Kreft M. 2007. MER Winning suppletiezand Noordzee 2008 t/m 2012. Grontmij 13/99080995/CD, revisie D1. http://news.eia.nl/bibliotheek_detail.aspx?id=121868
- van Duin C.F., Vrij Peerdeman M., Jaspers C.J., Bu-cholc A.M., Wessels S.C. & Roodzand S.J. 2012. MER winning suppletiezand Noordzee 2013 t/m 2017. Grontmij GM-0052992 revisie D1
- Ens B.J., Kats R.K.H. & Camphuysen C.J. 2006. Waarom zijn Eiders niet massaal gestorven in de winter van 2005/2006? *Limosa* 79: 95-106.
- Evert U. 2004. Nahrungsökologie von Meereseenten in der Pommerschen Bucht. Diplomarbeit, Institut für Meereskunde & Institut für Polarökologie, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Fox A.D. 2003. Diet and habitat use of scoters *Melanitta* in the Western Palearctic - a brief overview. *Wildfowl* 54: 163-182.
- Gmelig Meyling A. W. & De Bruyne R.H. 1994. Zicht op zee: waarnemingen van veranderingen in de nabije kustzone door strandmonitoring met strandwachten. Tech. Rep. 79 p., Stichting Anemoon.
- Gmelig Meyling A.W. & de Bruyne R.H. 2004. Trends bepalen uit aanspoelingsignalen. Lange termijn veranderingen in populaties tweekleppigen (*Bivalvia*) voor de kust van de Waddeneilanden en Noord- en Zuid-Holland, onderzocht aan de hand van op het strand aangespoelde exemplaren. Stichting ANEMOON, Heemstede.
- Goudswaard P.C., Perdon K.J., Jol J., Kesterloo J.J., van Zweeden C. & Troost K. 2011. Schelpdieren in de Nederlandse kustwateren. Bestandsopname 2011. IMARES rapport C094/11.
- Houziaux J.-S., Craeymeersch J., Merckx B., Kerckhof F., Van Lancker V., Courtens W., Stienen E., Rabaut M., Perdon J., Goudswaard P.C., Van Hoey G., Vigin L., Hostens K., Vincx M. & Degraer S. 2012. 'EnSIS' - Ecosystem Sensitivity to Invasive Species. Final Report, Belgian Science Policy, Brussels: Research Programme Science for a Sustainable Development.

- Kaiser M.J., Galanidi M., Showler D.A., Elliott A.J., Caldow R.W.G., Rees E.I.S., Stillman R.A. & Sutherland W.J. 2006. Distribution and behaviour of Common Scoter *Melanitta nigra* relative to prey resources and environmental parameters. *Ibis* 148S1: 110-128.
- Krijgsveld K.L., Smits R.R. & van der Winden J. 2008. Verstoringsgevoeligheid van vogels. Update literatuurstudie naar de reacties van vogels op recreatie. Rapport Bureau Waardenburg 08-173 en Vogelbescherming Nederland.
- Leopold M.F. 1993. Spisula's, zeeëenden en kokkelvisser: een nieuw milieuprobleem op de Noordzee. *Sula* 7: 24-28.
- Leopold M. 2010. Zwarte Zee-eenden: nomaden op zee. *Tussen Duin & Dijk* 10(4): 10-13.
- Leopold M.F. & Baptist M.J. 2007. De effecten van onderwaterzandsuppleties op het habitat van de Kustzee, *Spisula* en enkele beschermde soorten zeevogels. Wageningen IMARES rapport C014/07.
- Leopold M.F. & Wolf P. 2003. Zee-eenden eten ook *Ensis*. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 4(3): 5.
- Leopold M.F., Baptist H.J.M., Wolf P.A. & Offringa H. 1995. De Zwarte Zeeëend *Melanitta nigra* in Nederland. *Limosa* 68: 49-64.
- Leopold M.F., van der Land M.A. & Welleman H.C. 1998. *Spisula* en zee-eenden in de strenge winter van 1995/96 in Nederland. Beon-rapport 98-6.
- Leopold M.F., Spannenburg P.C., Verdaat H.J.P. & Kats R.K.H. 2007. Identification and size estimation of *Spisula subtruncata* and *Ensis americanus* from shell fragments in stomachs and faeces of Common Eiders *Somateria mollissima* and Common Scoters *Melanitta nigra*. Ch 4 in: R.K.H. Kats. Common Eiders *Somateria mollissima* in the Netherlands. The rise and fall of breeding and wintering populations in relation to the stocks of shellfish. PhD Univ. Groningen, pp 63-85.
- Leopold M.F., van Stralen M. & De Vlas J. 2008. Zee-eenden en schelpdiervisserij in de Voordelta. Wageningen IMARES rapport C008/08.
- Leopold M.F., Verdaat H., Spierenburg P. & van Dijk J. 2010. Zee-eendenvoedsel op een recente zandsuppletie bij Noordwijk. IMARES Rapport C021/10.
- de Mesel I., Craeymeersch J., Schellekens T., van Zweeden C., Wijsman J., Leopold M., Dijkman E. & Cronin K. 2011. Kansencarten voor schelpdieren op basis van abiotiek en hun relatie tot het voorkomen van zwarte zee-eenden. IMARES Rapport C042/11.
- Le Maho P., Pasco P.-Y. & Provost S. 2006. Consommation de la macro-faune invertébrée benthique par les oiseaux d'eau en Baie du Mont-Saint-Michel. *Alauda* 74: 23-36.
- Offringa H. & Leopold M.F. 1991. Het tellen van Zwarte Zeeëenden *Melanitta nigra* voor de Nederlandse kust. *Sula* 5: 154-157.
- Oosterbaan A.F.F. 1989. Veranderingen in de Hollandse kustfauna. Wetenschappelijke Mededeling KNNV nr. 193.
- Oosterbaan A. 1991. De grote vijf van de Hollandse kust. *Natura* 88: 86-87.
- Poot M.J.M., Fijn R.C., Jonkvorst R.J., Heunks C., De Jong J., Van Horssen P.W. 2011. Aerial surveys of seabirds in the Dutch North Sea May 2010 - April 2011. Seabird distribution in relation to future offshore wind farms. Rapport 10-235 Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Poot M.J.M., Fijn R.C., Heunks C., de Jong J., van Horssen P.W., Japink M., Stienen E.W.M., Courtens W., Vanermen N., Verstraete H., Leopold M.F., Pruijscher P., Buijtelaar K., Wolf P.A., Hoekstein M.S.J., Lilipaly S.J., van Rijn S., Phillipson J., Hijne K. & van Eerden M.R. 2012 (in prep.). Jaarrapportage 2012 van het onderdeel 'Vogels', monitoring ten behoeve van Project Mainport Rotterdam.

- Buijtelaar K. & Pruisscher P. 2011. Common Scoters (*Melanitta nigra*) on an *Ensis directus* diet. The dietary restraints of Common Scoters feeding on *Ensis directus*, and an improved *Ensis* shell length reconstruction model from fragments found in Common Scoter stomachs and intestines. Research report, Van Hall-Larenstein & Wageningen IMARES
- Schwemmer P., Mendel B., Sonntag N., Dierschke V. & Garthe S. 2011. Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: implications for marine conservation and spatial planning. *Ecological Applications* 21: 1851–1860.
- Skov H., Durinck J., Erichsen A., Kloster R.M., M/ohlenberg F. & Leonard S.B. 2008. Horns Rev II offshore wind farm food basis for common scoter. Baseline studies 2007-2008. Report commissioned by DONG energy, Orbicon/DHI/Marine Observers.
- Van Steen E. 1978. Het macrobenthos van een overwinteringsgebied van *Melanitta nigra* (Linnaeus, 1758) voor de Belgische kust. Ongepubl. Rpt. Rijksuniversiteit van Gent, 1977/78.
- Thomas L., Laake J.L., Rexstad E., Strindberg S., Marques F.F.C., Buckland S.T., Borchers D.L., Anderson D.R., Burnham K.P., Burt M.L., Hedley S.L., Pollard J.H., Bishop J.R.B. & Marques T.A. 2009 Distance 6.0. Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK (<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>).
- Tulp I., Craeymeersch J., Leopold M., van Damme C., Fey F. & Verdaat H. 2010. The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90: 116-128.
- Wolf P.A. & Meininger P.L. 2004. Zeeën van zee-eenden bij de Brouwersdam. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 5(2): 1-2.

Verantwoording

Rapportnummer: C023/13
Projectnummer: 4306120201

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Steve Geelhoed
Onderzoeker



Handtekening:

Datum: 04-02-2013

Akkoord: Jakob Asjes
Afdelingshoofd Ecologie



Handtekening:

Datum: 04-02-2013