Altenburg & Wymenga ECOLOGISCH ONDERZOEK

A&W-rapport 1346

VOEDSEL VOOR WADVOGELS IN DE OOSTERSCHELDE: NAZOMER 2009

Uitgevoerd in opdracht

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat

Altenburg & Wymenga ECOLOGISCH ONDERZOEK

A&W-rapport 1346

VOEDSEL VOOR WADVOGELS IN DE OOSTERSCHELDE: NAZOMER 2009

L. Zwarts

Altenburg & Wymenga ECOLOGISCH ONDERZOEK BV
Feanwâlden
2009

Projectnummer	Projectleider	Status
1446ben.09	E. Wymenga	Eindrapport
Autorisatie	**Getekend**	**Datum**
goedgekeurd	E. Wymenga	10 November 2009

L. Zwarts **2009.**
Voedsel voor wadvogels in de Oosterschelde: nazomer 2009
A&W-rapport 1346
Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek, Feanwâlden.

De studie werd gefinancieerd door de
Waterdienst van Rijkswaterstaat.

Omslagfototo: Noordelijke Galgeplaat tijdens afgaand water. Juli 2009.

Foto's: Leo Zwarts

De studie werd uitgevoerd door
Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek
Postbus 32, 9269 ZR Feanwâlden
Tel. 0511 - 47 47 64, Fax 0511 - 47 27 40
e-mail: info@altwym.nl
web: www.altwym.nl

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek

Van de gegevens in dit rapport kan vrij gebruik worden
gemaakt, mits de bron wordt vermeld.

INHOUDSOPGAVE

1	**INLEIDING**	3
2	**WERKWIJZE**	5
	Onderzoeksgebieden	5
	Telvakken	9
	Bodemgesteldheid	22
	Bodemfauna	22
	Vogeldichtheid	24
	Prooikeuze	26
3	**RESULTATEN**	29
	Bodemgestelheid	29
	Voedsel	29
	Vogeldichtheid	32
	Prooikeuze	38
4	**DISCUSSIE**	41
	Voedsel	41
	Vogeldichtheid	47
	Vogels en hun voedsel in het intergetijdengebied	49
	Prooikeuze	50
	Benodigde foerageertijd	53
	Kennisleemten	58
5	**SAMENVATTING**	61
6	**LITERATUUR**	63
	BIJLAGEN	
	1. Bemonstering van wadpieren	65
	2. Bemonstering van strandkrab en garnaal	71
	3. Braakbalanalyse Wulp	73
	4. Basisgegevens onderzoekvakjes	75

1.INLEIDING

De Oosterschelde herbergt, volgens internationaal geaccepteerde normen, belangwekkende aantallen steltlopers die voor hun voedelvoorziening aangewezen zijn op de intergetijdengebieden. Doordat deze intergetijdengebieden eroderen en langzaam onder water verdwijnen, staan de Natura 2000-instandhoudingsdoelen in de Oosterschelde onder druk. Deze zogenaamde "zandhonger" heeft zeker op lange, maar waarschijnlijk ook al op de korte termijn, negatieve effecten op het voedselaanbod en foerageermogelijkheden van de steltlopers en meeuwen. De "Benthos-Vogelcampagne" van 2009 in de Oosterschelde is één van de in dit verband gestarte activiteiten ten behoeve van een natuurwetenschappelijke kennisbasis voor een bestuurlijk advies.

Dit rapport beschrijft hoe de, in de nazomer aanwezige, steltlopers en meeuwen de hoog- en laaggelegen slikken benutten en hoe de foerageerdichtheden varieert in de loop van de laagwaterperiode. Ook het voedselaanbod in relatie tot de hoogteligging wordt beschreven, evenals de prooikeuze. Aan de hand van deze gegevens is het effect van het lager worden van de platen op de foerageermogelijkheden nauwkeuriger aan te geven.

Het onderzoek heeft betrekking gehad op een korte veldperiode. Om het effect van de zandhonger op de voedselbeschikbaarheid voor steltlopers beter te kunnen voorspellen is aanvullend veldwerk noodzakelijk, ook in andere tijden van het jaar, met name in de overwinteringsperiode en tijdens de voorjaarstrek.

De keuze is gemaakt om specifiek deze gegevens te verzamelen omdat het met relatief weinig inspanning een goed inzicht geeft hoe de vogels het intergetijdengebied gebruiken en daardoor bij kan dragen aan de gedachtenvorming omtrent de maatregelen die nodig zijn om in de Oosterschelde de functie van de platen en slikken als voedselgebied voor de wadvogels in stand te houden.

De Oosterschelde hoeft zijn functie als pleisterplaats voor de steltlopers niet te verliezen, wanneer de bestaande slikken en platen worden verdedigd en/of voldoende zand wordt gesuppleerd, maar om dat efficiënt te doen, moeten we meer weten over de eisen die de wadvogels stellen aan hun habitat. Dit rapport geeft daartoe nog geen concrete richtlijnen, maar doet wel aanbevelingen welk onderzoek naar de wadvogel-voedsel-dynamiek met voorrang moet worden opgestart.

Dankzegging: Het rapport is gebaseerd op veldwerk dat tussen half juni en eind augustus 2009 zijn beslag heeft gehad. Dick de Jong (RWS Zeeland) introduceerde mij in het gebied en gaf veel achtergrondinformatie. Met Mark Hoekstein en Rob Strucker (DMP) werden vele tientallen uren doorgebracht in onze wadtoren; in die vele uren werden de aanwezige vogels in de vakken nauwgezet geteld. Die telvakken waren eerder, ondanks vele regen- en onweersbuien, uitgezet samen met Anne-Marie Blomert, Maria Zwarts, Jan-Peter Kooistra en Peter Kooistra. Anne-Marie en Maria hebben daarna het werk aan de bodemfauna voor hun rekening genomen. Anne-Marie heeft ook de braakballen geanalyseerd. De bemonstering van de bodemfauna werd uitgevoerd door Jasper van Belle (A&W), Vincent Breen (ATKB), Jan Graf (A&W), Pieter de Hoop (A&W), Jan-Peter Kooistra en Peter Kooistra (Kooivis, Tholen) en Daan Vreugdenhil (A&W). Jan-Peter Kooistra ontwierp en maakte, samen met een timmerman uit Tholen, een prachtige, opvouwbare wadhut. Peter Kooistra (Kooivis, Tholen) was onze schipper en veel meer dan dat. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Waterdienst van Rijkswaterstaat (WD). De begeleiding was in handen van Hans Drost (WD), samen met Dick de Jong (RWS Zeeland), John de Ronde (Deltares) en Eric van Zanten (RWS Zeeland) en Peter Meininger (RWS Zeeland). Zij voorzagen een eerdere versie van commentaar. Ik ben een ieder veel dank verschuldigd.

2. WERKWIJZE

Onderzoeksgebieden

Het onderzoek heeft zich geconcentreerd op vier plekken waar 36 vakjes zijn uitgezet. In deze 144 onderzoekvakjes werd bepaald:

(1) de hoogteligging,
(2) de bodemgesteldheid,
(3) het voedselaanbod,
(4) de vogeldichtheid en
(5) de voedselkeuze van de vogelsoorten.

Aanvullende metingen aan de voedselkeuze werden verricht op 6 andere plekken, waarvan de hoogteligging bekend was en de vogeldichtheid werd geschat. Daarnaast werd eenmalig langs een raai met 20 meetpunten tussen de hoog- en laagwaterlijn de dichtheid gemeten van garnalen en strandkrabben.

Fig. 1 geeft op een hoogtekaart de situering van die 10 plekken en van de raai. De telvakken liggen tussen -112 cm en +87 cm t.o.v. NAP, met de meeste vakken net onder NAP; de helft ligt tussen -73 cm en +27 cm. De hoogteligging is een biologisch weinigzeggende maat en moet worden omgezet in droogligtijd. De droogligtijd is af te leiden uit de hoogteligging (Tabel 1). De uitgezette vakjes lagen minimaal 22% en maximaal 73% droog. De Galgeplaat lag het laagst en de oostelijke plek op de Dortsman het hoogst, met Dortsman-west en Rattekaai er tussen in. Vergeleken met de drie andere plekken had de Rattekaai het grootste bereik, van heel laag tot heel hoog (Fig. 2).

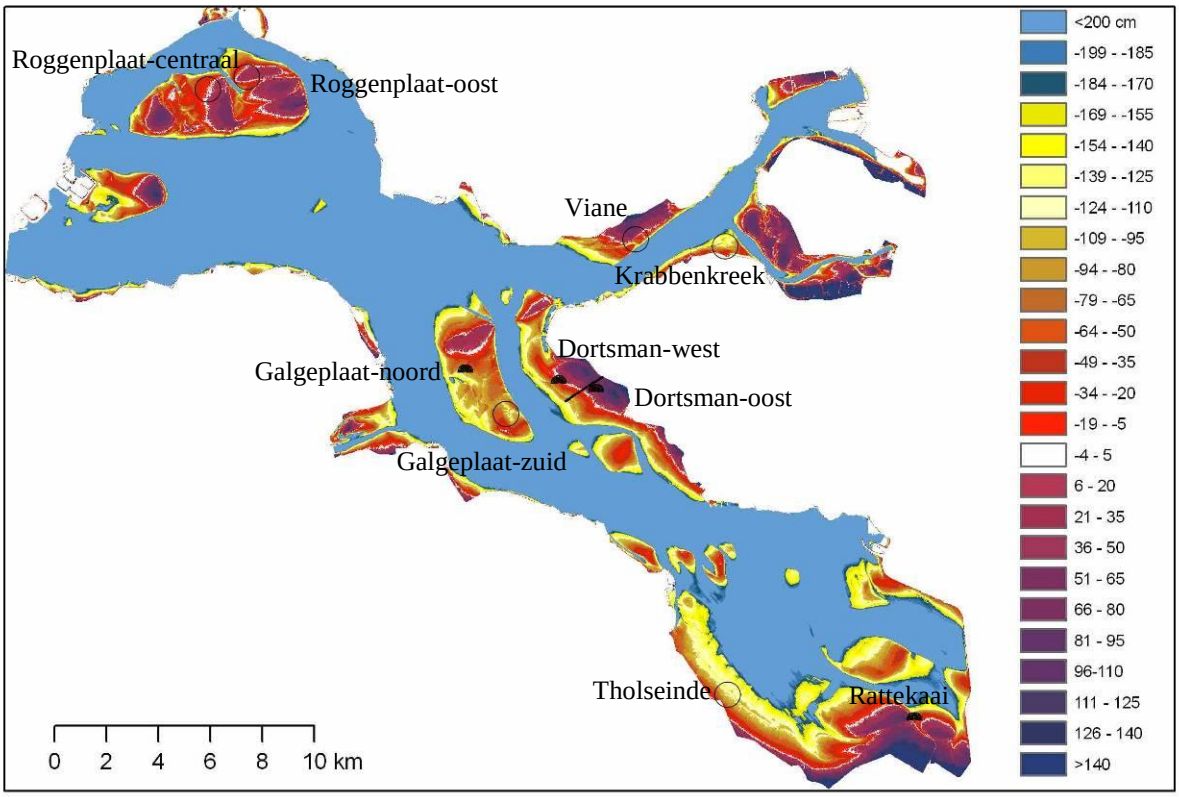


Fig. 1. De Oosterschelde: hoogtekaart van het intergetijdengebied met de tien onderzoeksgebieden, waarvan 4 met intensieve metingen (zwarte halve cirkel) en 6 met extensieve metingen (open cirkel). De zwarte lijn tussen beide Dortsmanplekken betreft een raai waar de epifauna is bemonsterd.

Tabel 1. *Verband tussen droogligtijd (y) en hoogteligging (x), zoals berekend m.b.v. de continue waterstandmetingen in Yerseke (1-1-2008 t/m 28-7-2009). Berekend over de gehele curve is de fit vrijwel perfect te beschrijven met een vijfdegraads polynoom. De fit is nog beter wanneer die wordt berekend voor het middelste deel van de grafiek; een derdegraads polynoom is dan voldoende.*

-230 cm t/m +298 cm $y = -3E\text{-}11x^5 + 5E\text{-}09x^4 + 9E\text{-}07x^3 - 0.0004x^2 + 0.2573x + 54.353$ $R^2 = 0.9992$ -100 cm t/m +100 cm $y = -0.0003x^2 + 0.2522x + 54.191$ $R^2 = 0.9999$

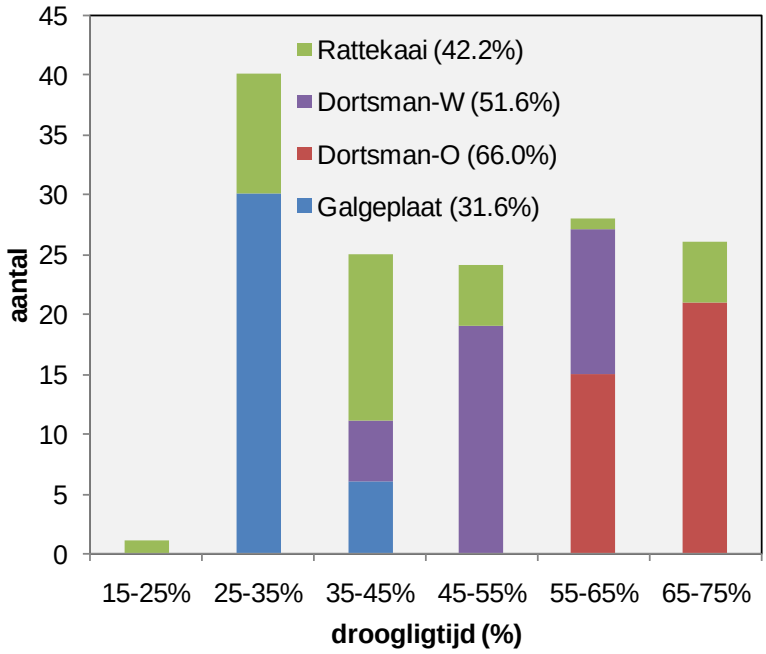


Fig. 2. *De frequentieverdeling van de droogligtijd in de 144 telvakken, opgesplitst voor de vier plekken. Tussen haakjes de gemiddelde droogligtijd van de vier plekken.*

Van de Oosterschelde is in 2001 door Rijkswaterstaat een ecotopenkaart gemaakt (Fig. 3). Het intergetijdengebied is wat droogligtijd betreft in drie categoriën ingedeeld: hoog, midden en laag. Vrijwel alle platen en slikken behoren tot de categorie 'midden'. Daarnaast is een tweedeling gemaakt naar de mate van dynamiek, zoals hoofdzakelijk bepaald door de stroomsnelheid, hoog- en laagdynamisch. Het intergetijdengebied is vrijwel geheel gekarakteriseerd als laagdynamisch. De 10 waarnemingsplekken liggen in deze dominante subcategorie (rose in Fig. 3): laagdynamisch en midden littoraal.

De vogels werden op twee plekken vanaf de dijk waargenomen (Krabbenkreek, 1.5 km west van Sint Annaland en Tholseinde, 5 km ZO van Yerseke). Op de acht andere plekken werden de vogels geobserveerd vanuit een schuilhut boven op een platte boot. De boot voer naar de waarnemingsplek tijdens hoogwater. De schuilhut werd opgebouwd ruim voordat de vogels arriveerden en weer afgebroken als de vogels waren vertrokken. In de tussentijd zorgden we ervoor dat de vogels op geen enkele wijze werden gestoord. Het feit dat Wulpen, de meeste schuwe wadvogels, tot op 20 en soms zelfs 10 m vanaf de boot voedsel zochten geeft aan dat de vogels ons nauwelijks uit de weg gingen.

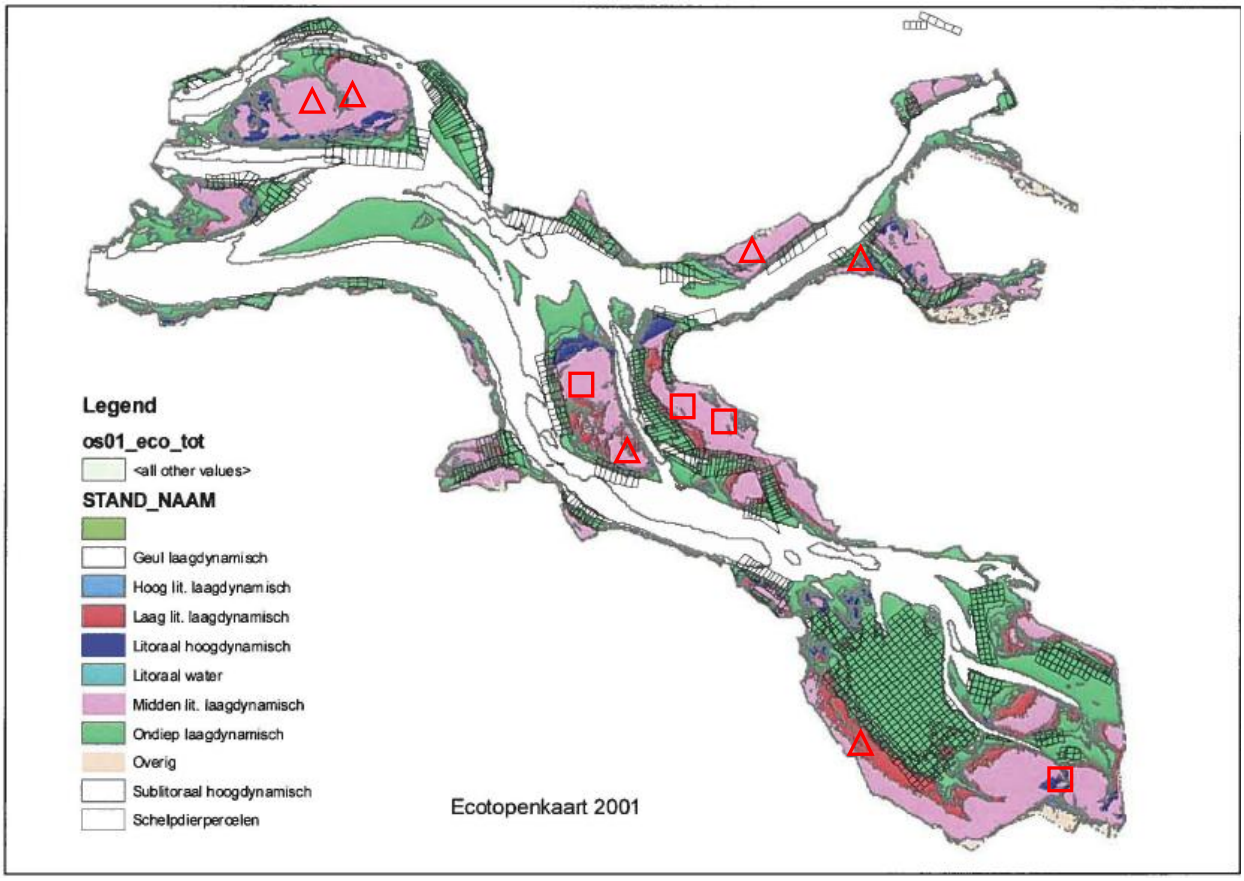


Fig. 3. Ecotopenkaart van de Oosterschelde met daarop aangegeven de 10 waarnemingsplekken, waarvan 4 met intensieve □ en 6 met extensieve △ metingen.

De boot en de uitvouwbare hut die gebruikt zijn om de vogelwaarnemingen te doen op acht plekken in de Oosterschelde.

Telvakken

Bij het tellen van de wadvogels in uitgezette telvakken moet van te voren rekening worden gehouden met een aantal voorwaarden en beperkingen:

- *Voldoende vogels.* Het uitgangspunt was dat per kwartier niet meer dan 150 vogels in de onderzoeksvakjes kunnen worden geteld en dat per vakje gemiddeld ten minste 50 vogels per laagwaterperiode moeten worden geteld. Uitgaande van minimaal 5 vogels per ha, één telling per kwartier en 25 tellingen per laagwaterperiode, zouden de telvakjes minstens 0.4 ha groot moeten zijn. Wanneer de vogels een hogere dichtheid zouden bereiken, lukt het niet meer om elk kwartier al die vogels te tellen en moet worden teruggeschakeld op een telling per half uur.
- *Minimale afstand i.v.m. verstoring vanaf de boot.* Om die reden werden geen vogels geteld binnen een straal van 25 m rondom de boot.
- *Maximale afstand waarbinnen de vogels nog te tellen zijn binnen de uitgezette vakken.* Hoewel steltlopers nog prima met een telescoop te tellen zijn op 500 m, lukt dat niet wanneer ze geteld moeten worden in afgebakende telvakken, omdat moeilijk te zien is of vogels in een vak op 250 of op 300 m afstand verblijven als gevolg van de perspectivische vertekening. Dit probleem kan worden opgelost door vanaf grotere hoogte waar te nemen. Werkend vanaf een kleine boot betekent dat echter een minder stabiel beeld. We hebben er voor gekozen om de waarnemingen te doen 4 m boven het slik en de vogels te tellen tot op 300 m afstand. Om de begrenzing van de vakken goed te kunnen zien, werden 3000 stokjes neergezet op een onderlinge afstand van 9 tot 10 m, met op de hoekpunten drie kruisgewijs geplaatste stokken. Er werd gebruik gemaakt van bamboestokjes van 100 cm lang en een diameter van 2-3 cm die 50 tot 60 cm diep in de bodem werden gedrukt. De helft van de stokken hadden we aan de bovenkant wit geverfd, de andere helft rood, zwart of blauw. Door voor de verschillende grenzen ook verschillende kleuren te gebruiken waren de diverse vakken vanuit de observatietoren goed te herkennen.

De achterlijn van de vakken op 100, 150, 200, 250 en 300 m (grenzen aangegeven met afwisselend witte en zwarte stokken en op de foto met witte en zwarte lijnen). De stokjes staan op een onderinge afstand van 9 tot 10 m, zodat altijd 2 stokjes tegelijk in het kijkerbeeld zichtbaar zijn. De foto laat de telvakjes zien op de Galgeplaat, vanaf het vaste waarnemingspunt, 4 m boven het slik.

- *Geen tegenlicht.* De telvakken liggen ten opzichte van de waarneminghut ten noorden van de oost-west-lijn om tegenlicht te voorkomen.

- *Vermijden van 'wybertjes'.* Wanneer de telvakjes in een vierkant grid zijn uitgezet, zijn vogels moeilijk te tellen in vakken waar scheef tegenaan wordt gekeken. Dit probleem is opgelost door de begrenzing straalsgewijs te laten verlopen (Fig. 4). Zoals de figuur laat zien, varieerde het oppervlak van de telvakken tusen 0.5 en 1.1 ha. Rondom een observatiehut werd in totaal 27.5 ha geteld, opgedeeld in 36 telvakken.

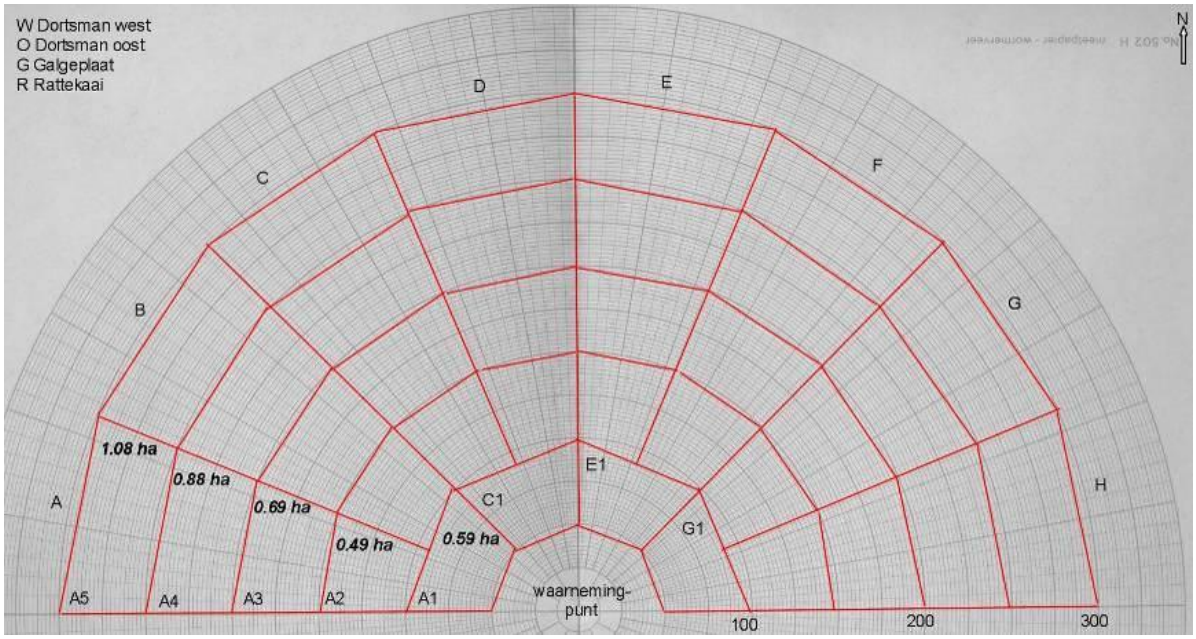


Fig. 4. *De 36 telvakken zoals die op de vier waarnemingsplekken zijn uitgezet. De vakken zijn genummerd van A t/m H (van links naar rechts) en van 1 t/m 5 (van dichtheid tot veraf). B1, D1, F1 en H1 bestaan niet; ze zijn samengevoegd met A1, C1, E1 en G1. De oppervlakte is gegeven voor de A-rij en is identiek voor de andere vakken. Op het waarnemingpunt werd een lange paal in de grond geslagen om tijdens hoogwater de plek te kunnen vinden en om op precies de goede plek voor anker te kunnen gaan.*

- *Geen heterogene veldjes.* Alle waarnemingsplekken werden van tevoren zodanig gekozen dat de veldjes zoveel mogelijk homogeen waren. De halve cirkel, zoals weergegeven in Fig. 4, werd op de hoogtekaart (Fig. 1) gelegd. De hoogtekaart geeft de hoogte per cm en heeft een resolutie van 30x30 m. In GIS werd van elk veldje de gemiddelde hoogte en de standaard-deviatie (sd) van de hoogte berekend; zie bijlage 4. Er werd zo lang met de vier plekken geschoven dat er waarnemingen beschikbaar kwamen voor de hele range van hoog- tot laaggelegen platen. De hoogteverschillen binnen de vakjes was gering, met een sd van meestal 4 tot 6 cm. Op de Rattekaai-plek hadden niet alle vakjes een homogene hoogte. De waarnemingen werden daar verricht in een gebied waar binnen een afstand van 200 m een hoogteverschil was van 196 cm. In acht telvakjes liep het hoogteverschil zelfs op tot een sd van meer dan 17 cm. Desgewenst kunnen de minst homogene veldjes buiten de analyse worden gehouden. De waarnemingsplekken werden, voordat de vakken werden uitgezet, eenmaal bezocht om na te gaan of er rekening moest worden gehouden met slenken of schelpenbanken die de homogeniteit van de telvakjes zou kunnen beïnvloeden. Dat bleek niet het geval. In het veld werd wèl besloten om de veldjes van Dortsman-oost 100 meter naar het noorden op te schuiven.

De vakken werden ingemeten met een GPS. De meetfout met een GPS is momenteel, incl. WAAS technologie, 2-3 m. Omdat de hoekpunten langs de straallijnen werden uitgelijnd vanuit het vaste waarnemingspunt (zie Fig. 4), zal de meetfout door uitmiddeling kleiner zijn. De oppervlakte van de telvakjes is daarmee voor ons doel nauwkeurig genoeg.

Op de volgende tien pagina's is van alle waarnemingplekken een hoogtekaart gegeven en een Google-beeld van exact hetzelfde gebied (Fig. 5 t/m 14). Alle kaarten hebben dezelfde schaal. De halve cirkel in de vier eerste kaartjes (de intensief gevolgde veldjes) heeft een straal van 300 m (Fig. 5 t/m 8). Voor de andere zes kaartjes is het waarnemingpunt gegeven en een lijn van 300 m in noordelijke richting, de straal waarbinnen alle metingen waren verricht (Fig. 9 t/m 14). Voor de globale ligging van de veldjes, zie de eerder gegeven kaarten (Fig. 1 en 3). Een foto is toegevoegd om een idee te geven van de situatie ter plekke.

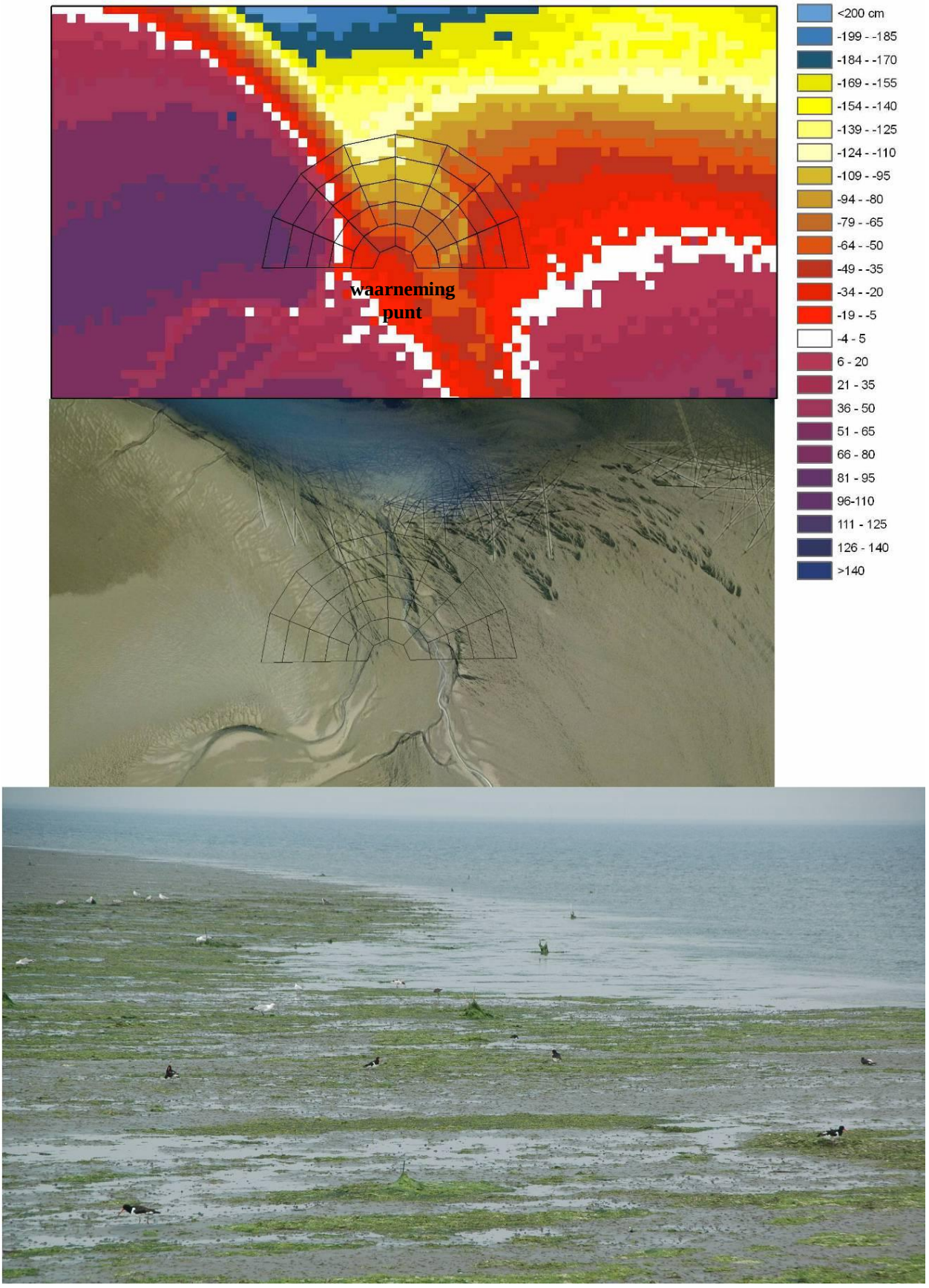


Fig. 5. Rattekaai, *met binnen 200 m een geleidelijk, maar wel opvallend groot verval van 2 m. Het substraat bevat veel veen. In de loop van augustus raakte een steeds groter deel van het slik bedekt met een dikke laag groen (en stinkend) wier. De strepen op het Google-beeld nabij de LW-lijn worden veroorzaakt door machinale wadpier-visserij.*

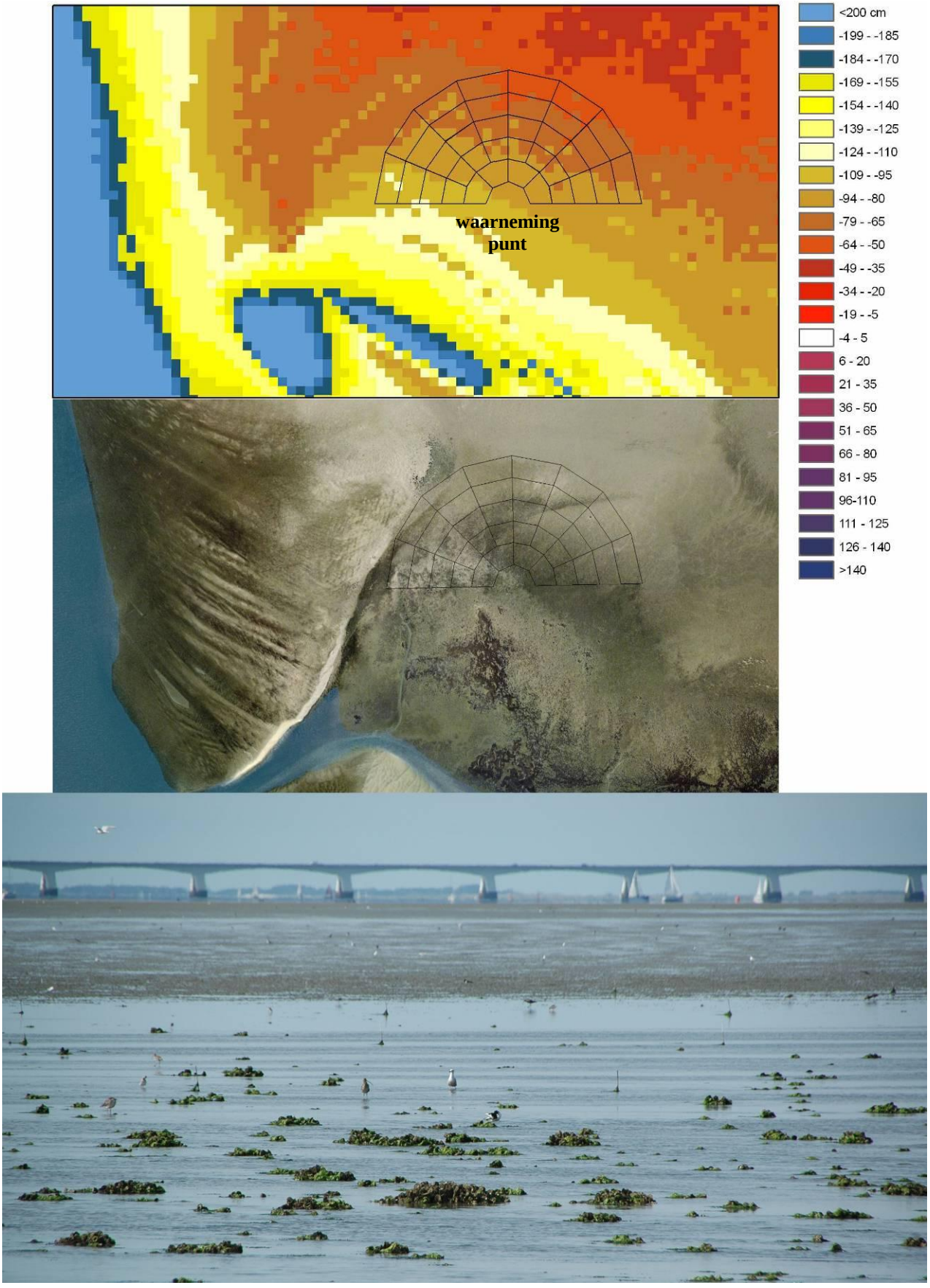


***Fig. 6. Galgeplaat-Noord**, op de overgang van een hoge zandkop naar lager gelegen slikken. Ondanks het rijke bodemleven (oesters, strandgapers en zandkokerwormen op de lage delen en wadpieren alom aanwezig), eten de meeste vogels in de nazomer vooral strandkrabben.*

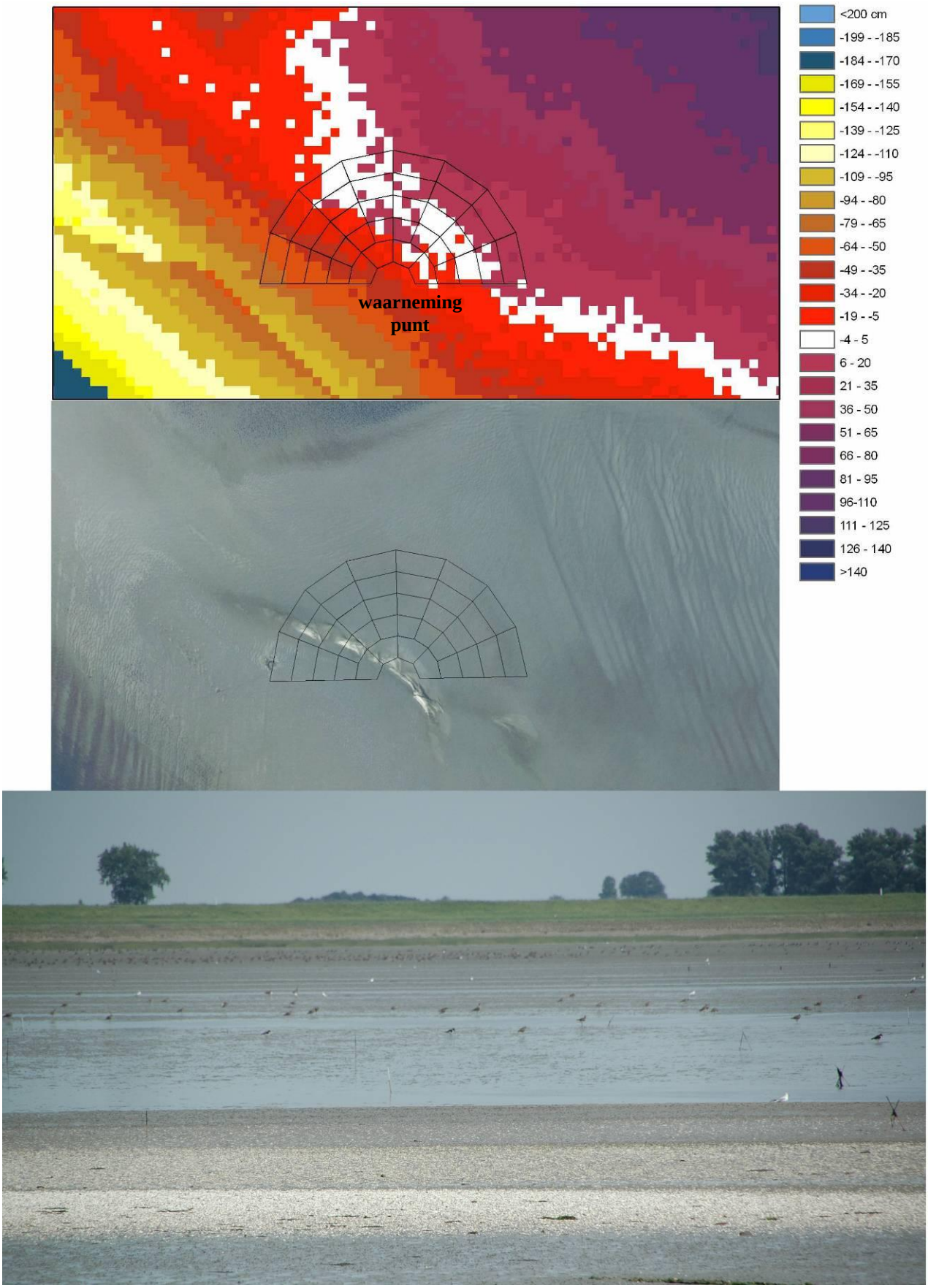


***Fig. 7. Dortsman-west**, een laaggelegen deel van de plaat, met een schelpenbank van NO naar ZW. In de nazomer staan de vogels vaak te rusten tijdens opkomend en afgaand water, terwijl er voedselgebied beschikbaar is. Tussen de ribbels (zie de N-Z-strepen op het Google beeld) blijft 1-3 cm water staan.*

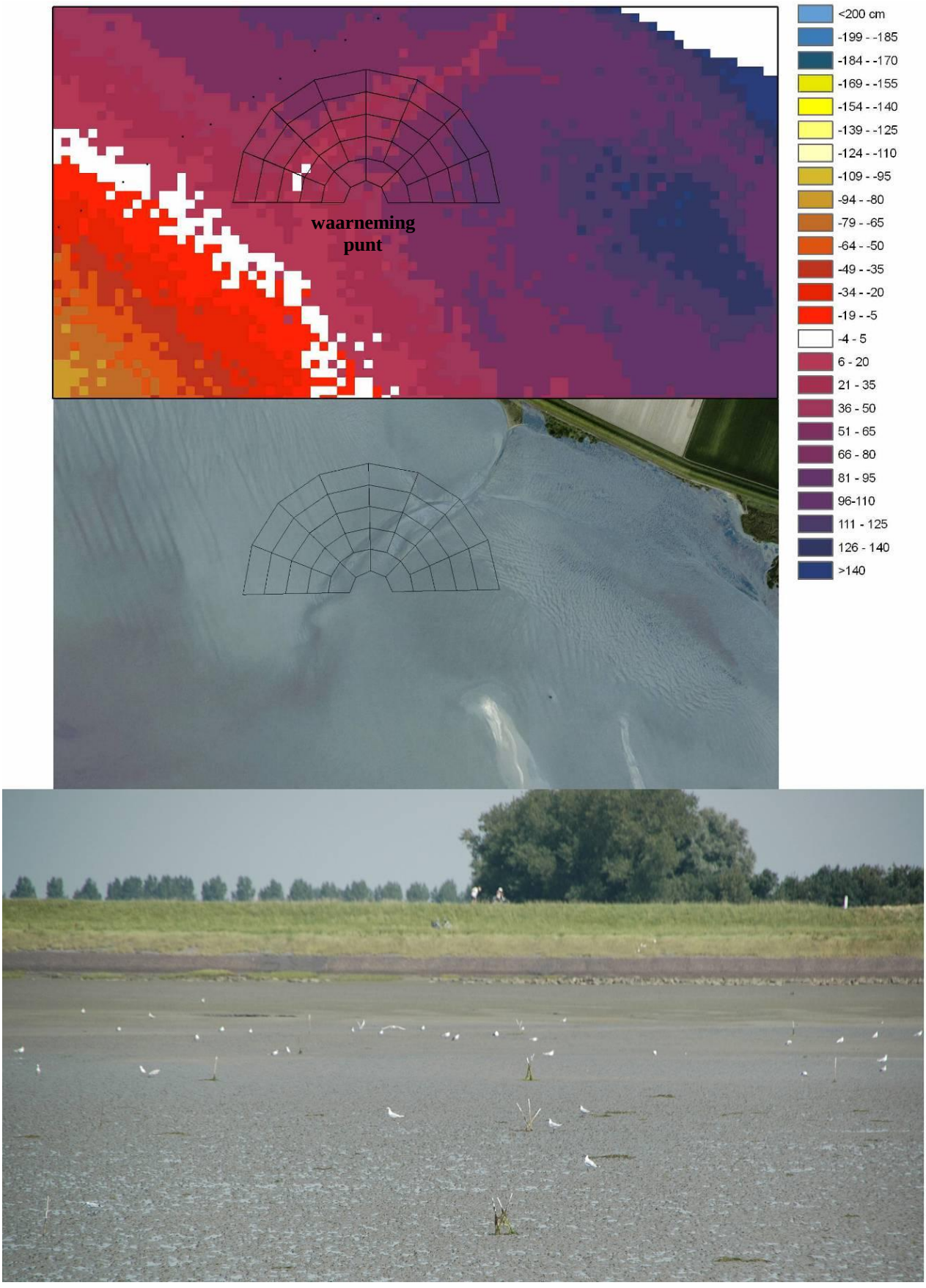


Fig. 8. Dortsman-oost, *een hooggelegen deel van de slikken waar tijdens laagwater weinig steltlopers blijven hangen, maar des te meer Kokmeeuwen die het volledig hebben gemunt op garnalen. De hoge slikken worden zó vaak verstoord dat de - in vergelijking met Kokmeeuwen - schuwe steltlopers er in de zomer weinig kans hebben om er te foerageren.*

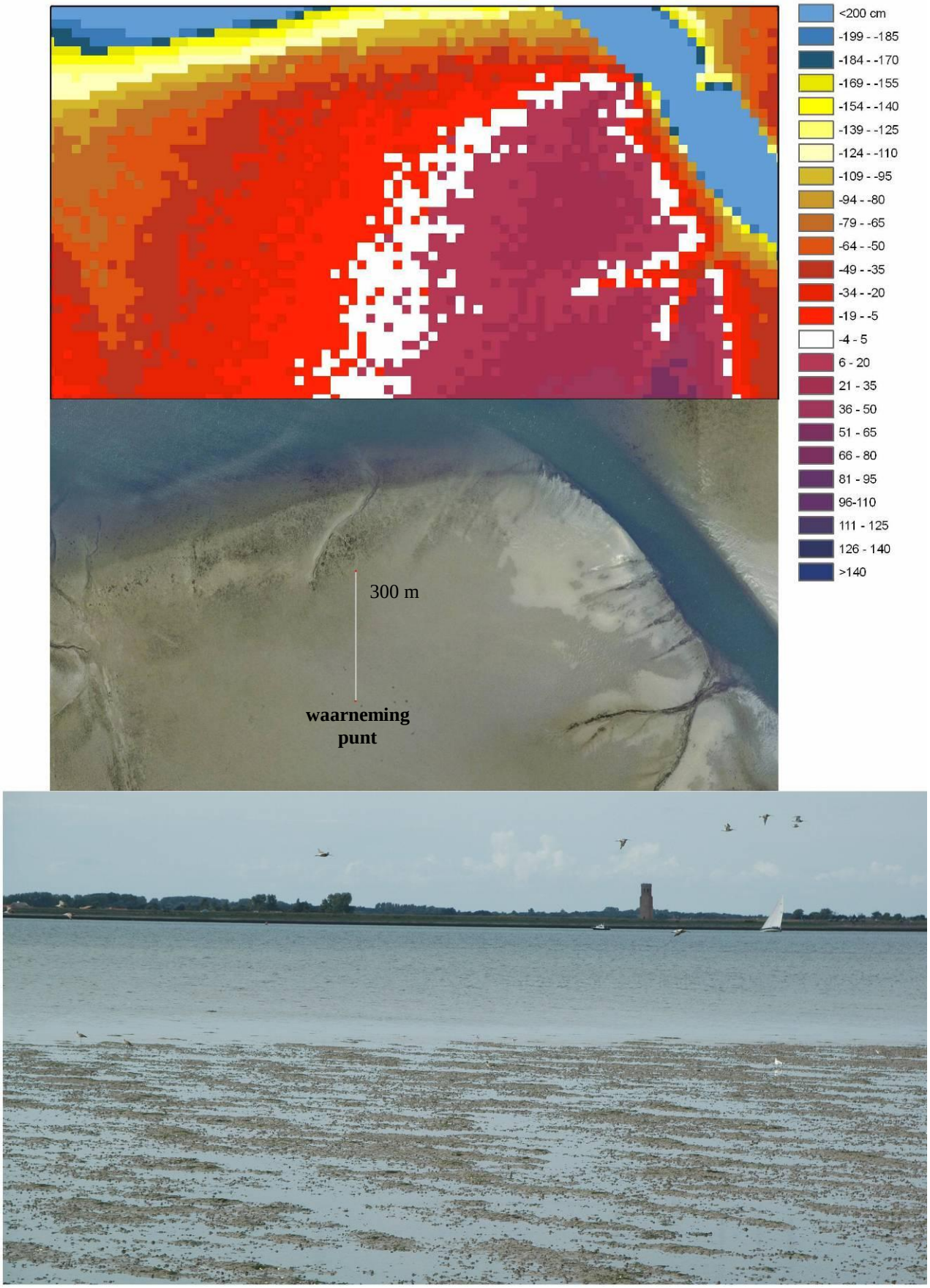


***Fig. 9. Roggenplaat-centraal**, een voedselrijke en vogelrijke plaat waar tijdens laagwater veel water bleef staan. De vele Scholeksters aten kokkels en andere vogelsoorten vooral krabben en garnalen. In de nazomer zijn vrijwel alle bonte, drieteen- en kanoetstrandlopers in de Oosterschelde op de Roggenplaat geconcentreerd.*

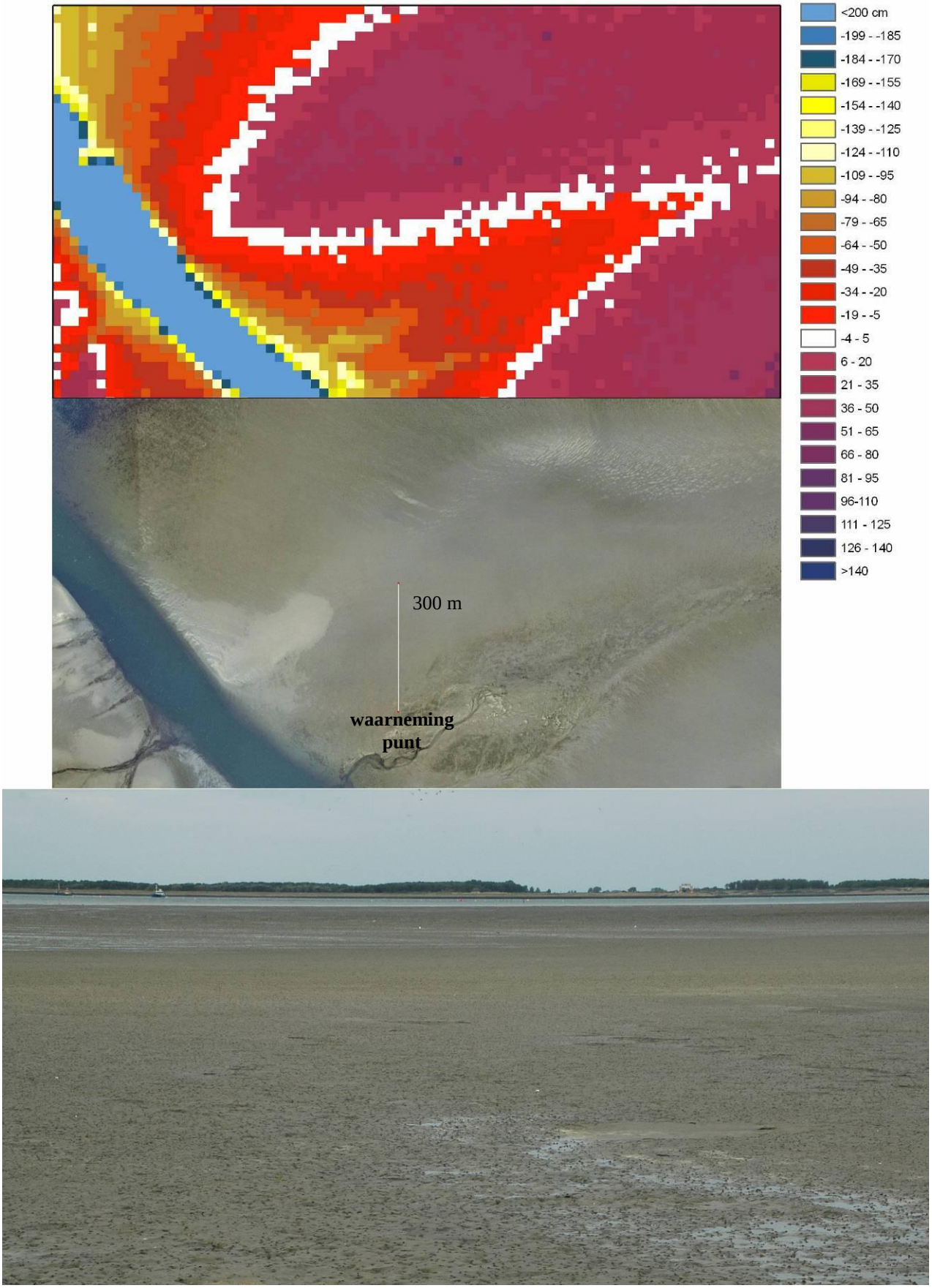


***Fig. 10. Roggeplaat-oost**, met opvallend vlak substraat, zonder ribbels en daardoor ook geen achterblijvend water met laagwater. Het gebied was heel vogelarm, ondanks de aanwezigheid van veel wadpieren.*

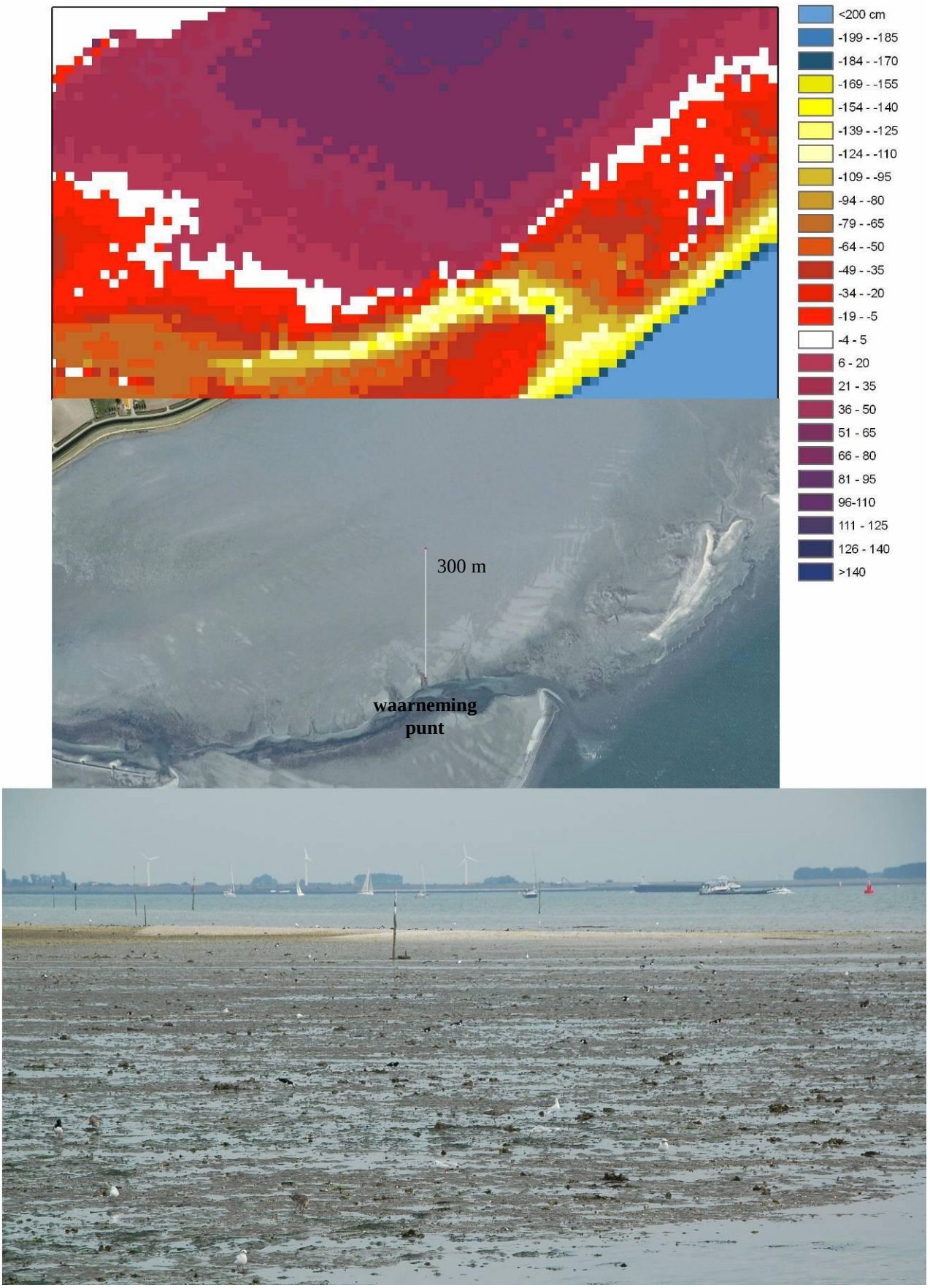


***Fig. 11. Slikken van Viane**, met schelpruggen langs de laagwaterlijn en Japanse oesters (in lage dichtheid) op de lage slikken. De hoge dichtheid van grote kokkels maakte het in de nazomer van 2009 tot een ideaal voedselgebied voor Scholeksters.*

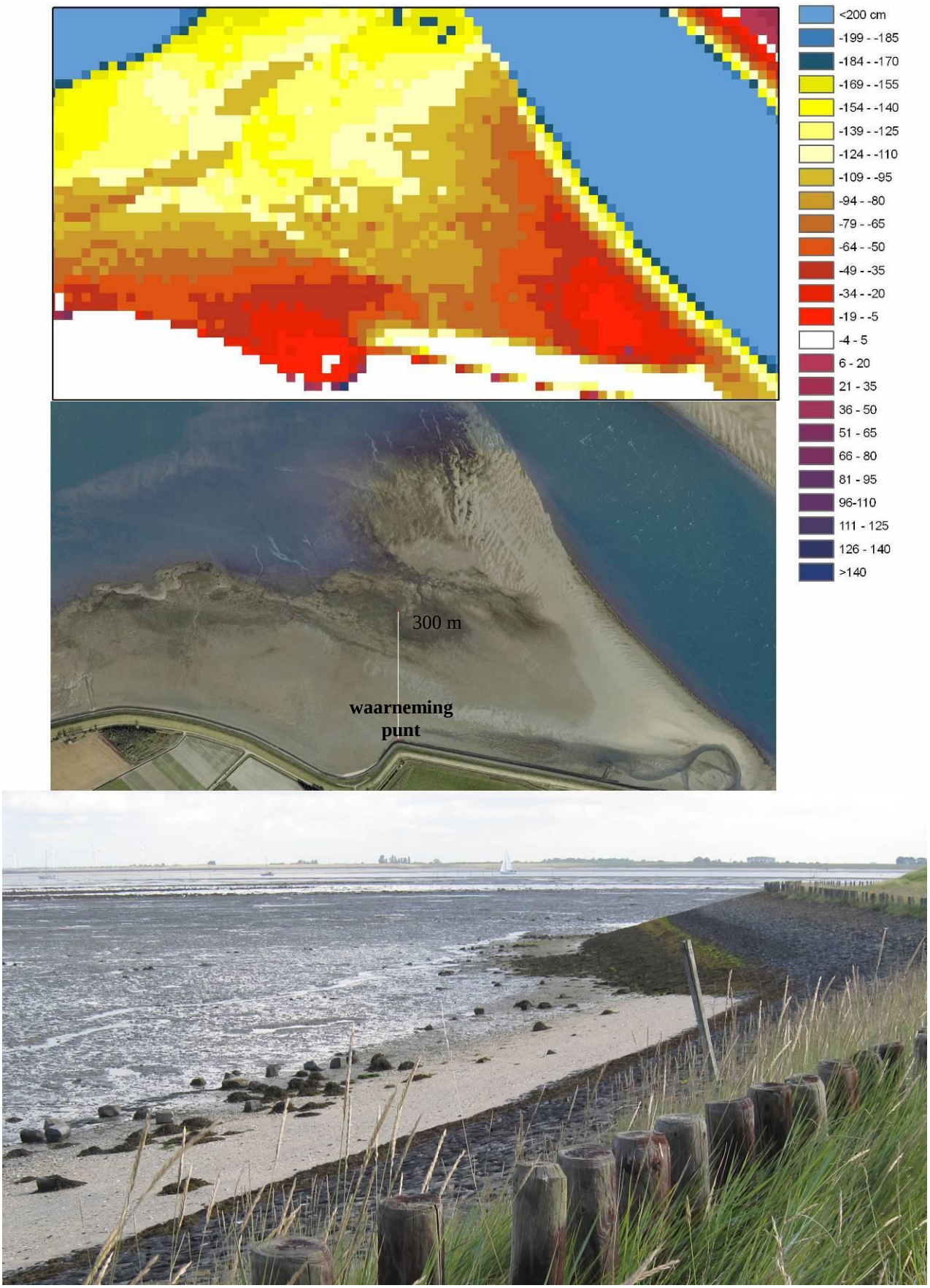


Fig. 12. Krabbenkreek, *1.5 km oosten van St Annaland, een voedselrijke slikplaat, met in de nazomer ook veel vogels, mits er geen verstoring is. In de nazomer is dat alleen het geval met slecht weer, en rond zonsopkomst en zonsondergang.*

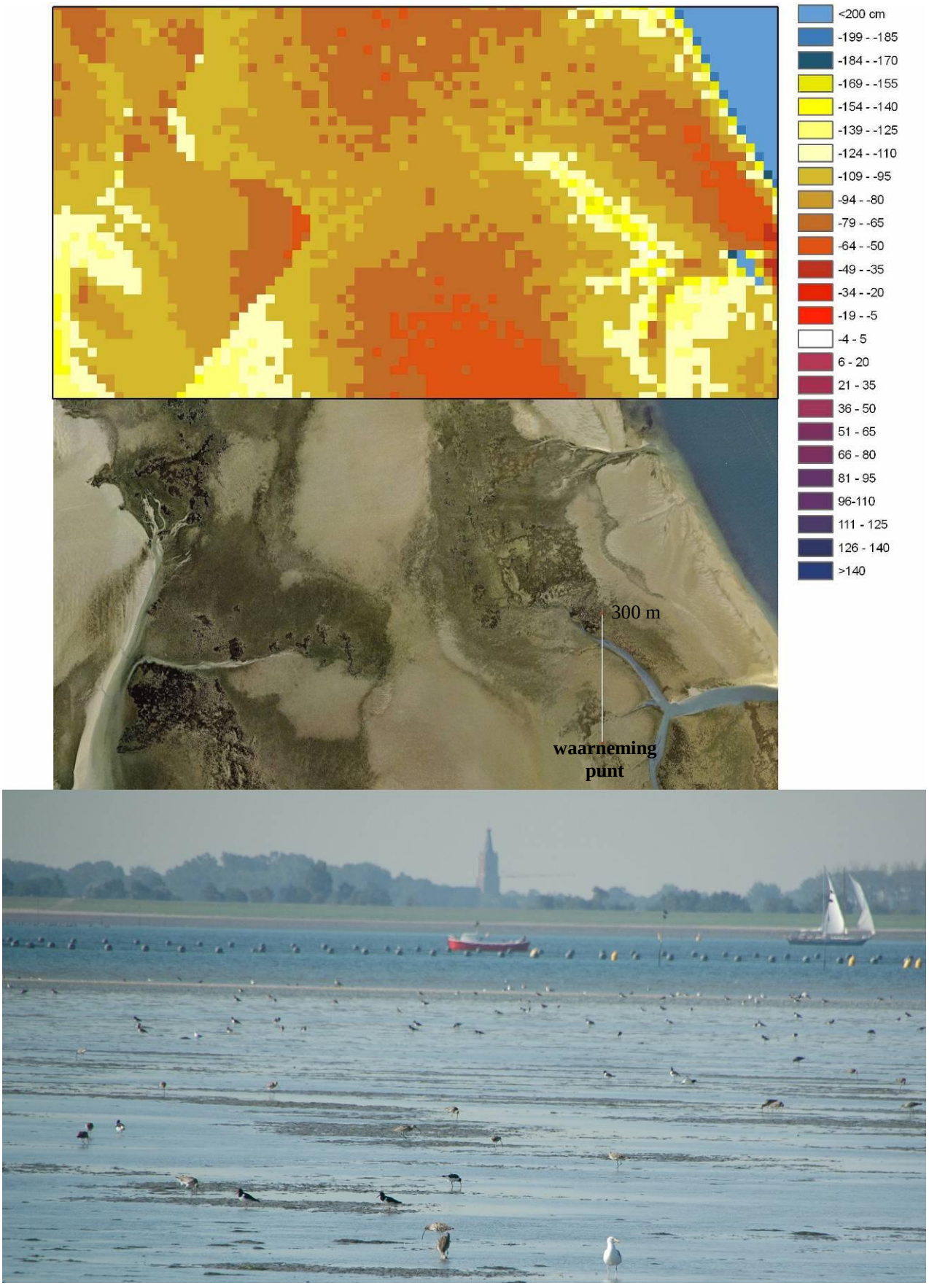


***Fig. 13. Galgeplaat-zuid**, een vogelrijke plaat met een grote afwisseling aan habitattypen (oesterbanken langs de laagwaterlijn, slenken, droge en vooral natte slikken). Op de achtergrond zijn de plastic tonnen zichtbaar die zijn uitgelegd t.b.v. de mosselcultuur.*

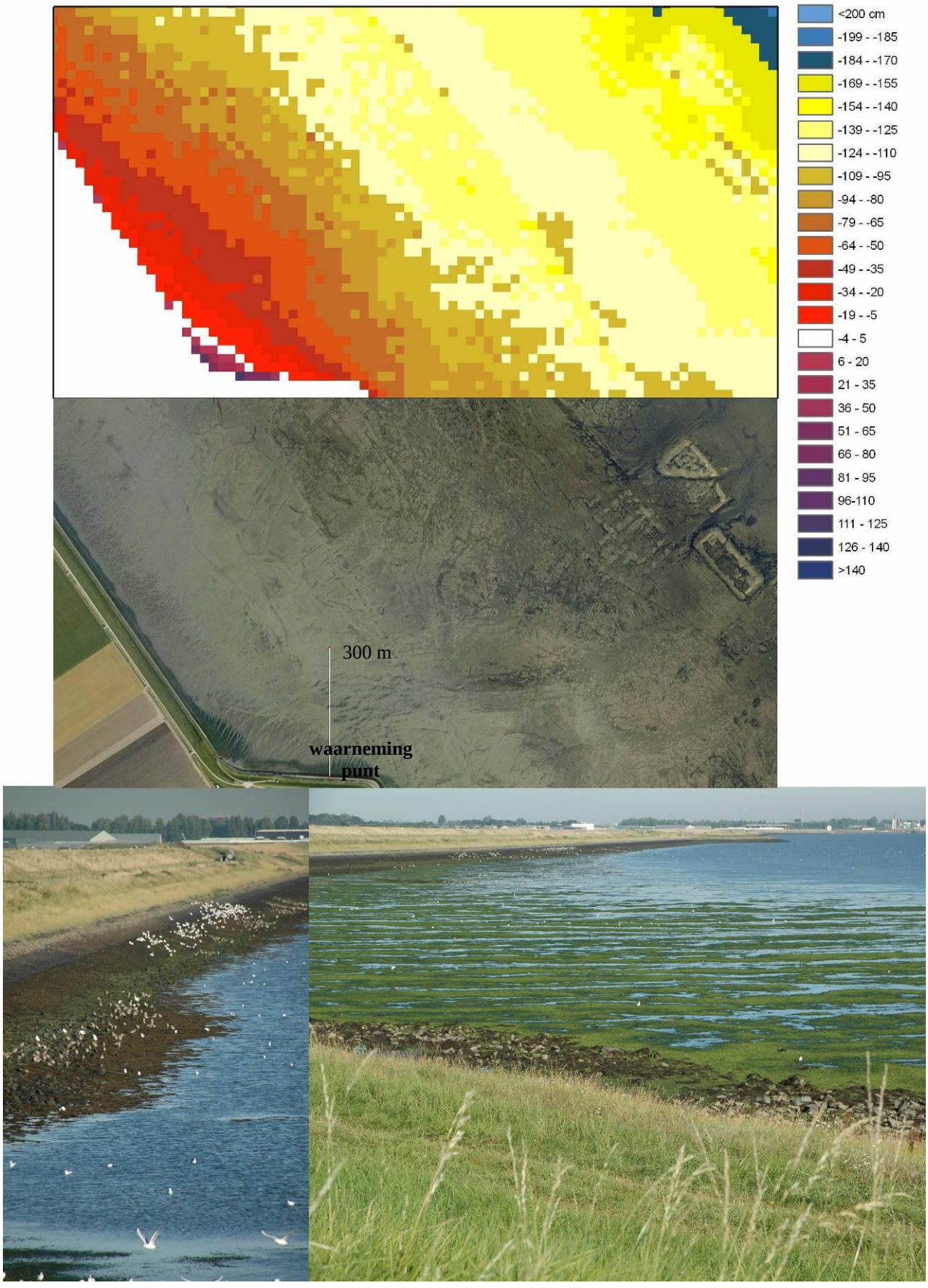


Fig. 14. Tholseinde*. De vogels die binnendijks hebben gerust, vliegen met afgaand water naar de dijkvoet (foto links) waar ze pas gaan voedselzoeken als ook de lager gelegen slikken beschikbaar komen. De slikken, grotendeels bedekt met groen wier, liggen slechts 5 uur droog. De vogels hebben hier daarom niet veel tijd om te foerageren.*

Bodemgesteldheid

Met een gutsboor (2 cm doorsnee) werden in alle 144 telvakken drie grondmonsters genomen van de bovenste 15 cm. Van deze monsters wordt het lutumgehalte bepaald in het grondlaboratorium BLGG in Oosterbeek.

Bodemfauna

Er werden per telvak vier monsters gestoken van 11.7 cm doorsnee (90 cm^2); de monstername was random maar wel ruimtelijk gestratificeerd. Alle monsters werden gestoken op 10 augustus (Dortsman-oost), 11 augustus (Dortsman-west), 12 augustus (Rattekaai) en 13 augustus (Galgeplaat).

Van zeven vakken hebben we geen gegevens. In vier vakken werd niet gemonsterd omdat de stokjes (herhaaldelijk) waren weggespoeld (in Dorstman-west A3, A4, A5, B5) en daardoor ook een deel van de vogeltellingen ontbraken, op Dortsman-oost gingen de resultaten verloren voor vak F3 en voor de Rattekaai voor vak D2 en E1. In de resterende 137 telvakken worden in totaal 548 monsters genomen.

Grote bodemdieren leven diep. Het zou daarom niet nodig zijn om het substraat dieper dan 15 cm uit te zeven omdat de dieplevende wadpieren, strand- en slijkgapers zo groot zijn dat ze eenvoudig uit het grondmonster zijn te halen. Het voordeel van deze methode is dat (1) de uitgezeefde monsters minder veenresten en fijn schelpmateriaal zullen bevatten, (2) de bodemdieren in betere staat worden aangevoerd (minder kapot gemalen) en (3) al met al het uitzoeken in het laboratorium sneller zal verlopen. Door de diepe bodemdieren wèl te verzamelen, kan toch de totale biomassa worden bepaald, waardoor de data beter te vergelijken zullen zijn met al eerder uitgevoerde bemonsteringen.

De bodemdieren werden ter plaatse uitgezeefd over een 1 mm-zeef en gekoeld bewaard in 1-literpotten met zeewater. De dieren werden binnen 24 uur uitgezocht, gedetermineerd en opgemeten.

De gebruikte roestvrije stalen monsterbuis (met een wrikstang van 60 cm) stak 40 cm diep. Op plekken waar het substraat redelijk schoon was (weinig veen of schelpenresten), werd het gehele monster (35 cm)

uitgezeefd, maar waar veel schelpen aanwezig waren (westelijk deel van plek Dortsman-west) of veen (oostelijk deel van plek Rattekaai), werd het monster gedeeld: bovenste helft uitgezeefd en onderste helft open gebroken boven een andere zeef om de grotere bodemdieren eruit te zoeken. In beide gevallen worden geen bodemdieren gemist (behalve de kleine wormen die dunner zijn dan 1 mm en daarom niet op de zeef achterblijven).

De uitgespoelde monsters werden, met wat zeewater, in genummerde plastic 1-literflessen opgeslagen. Tijdens het monsteren werd achter de waterlijn aangelopen. Tijdens het opkomen van het water werden de kratten met monsterflessen verzameld en naar het schip of de dijk afgevoerd.

De monsterflessen werden vervolgens opgeslagen in een koelkast en maximaal een dag na het verzamelen verwerkt. Alle dieren werden op naam gebracht. Van de schelpen werd de maximale lengte per mm bepaald en van de wormen de maximale lengte per cm (te bepalen wanneer de wormen kruipen in zeewater langs een lineaal); van de wadpieren werd de totale lichaamslengte gemeten als ook de lengte van het borststuk. Alle metingen weren verricht zoals beschreven in Zwarts (1988). Van kapotte wormen en schelpdieren werd de grootte gereconstrueerd; om dubbeltellingen te voorkomen werden kapotte dieren alleen meegeteld als er een kop (worm) of een top (schelp) aanwezig was. Alle dieren werden geteld; geen enkele soort was zo talrijk dat het nodig was om het aantal te schatten. Prooien die zo klein zijn dat ze geen prooi lijken te zijn voor de aanwezige wadvogels (kniksprietkreeft *Bathyporeia* en diverse kleine borstelwormen zoals *Polydora*, *Spio* en *Tharyx*) werden niet geteld (ook al omdat de meeste exemplaren door de 1-m-zeef zullen zijn gespoeld).

Tabel 2. Relatie tussen lengte (L) en asvrijdrooggewicht (AFDW). De functie is gegeven als AFDW= exp(ln(b)·L+a). Alle formules zijn gebaseerd op data die in de Waddenzee zijn verzameld. Voor mossel, kokkel, nonnetje, strandgaper werd de formule voor de maand augustus geselecteerd. Toelichting:
Opm. 1. Voor kleine wormen zijn geen aparte ijklijnen beschikbaar. Op basis van losse metingen zijn regressielijnen gereconstrueerd: een voor dunne wormen (Draadworm, Zandkokerworm) en een andere voor de iets dikkere Wapenworm. Voor de aangetroffen Slangpier Capitella capitata *en Gestippelde dieselstreinworm* Anaitides (=Phyllodoce) maculata *werd de formule voor de dunne wormen gebruikt.*
Opm. 2. Hoewel de zager groter en forser is dan de nauw verwante Zeeduizendpoot, is de relatie tussen lengte en gewicht ongeveer gelijk; vandaar dat dezelfde relatie is gebruikt voor de ene zager die is aangetroffen.

Ned. naam	Latijnse naam	a	b	Bron
Wadpier	*Arenicola marina*	1.198	2.334	Zwarts & Wanink 1993
Draadworm	*Heteromastus filiformis*	-2.500	2.300	Opm. 1
Zandzager	*Nephtys hombergi*	-0.18	2.017	Zwarts & Wanink 1993
Zeeduizendpoot	*Nereis diversicolor*	-0.900	2.208	Zwarts & Wanink 1993
Zager	*Nereis virens*	-0.900	2.208	Opm. 2
Wapenworm	*Scoloplos armiger*	-2.000	2.300	Opm. 2
Schelpkokerworm	*Lanice conchilega*	-2.500	2.300	Opm. 1
Gewone garnaal	*Crangon crangon*	-6.591	2.946	Zwarts 1988
Strandkrab	*Carcinus maenas*	-2.925	2.871	Zwarts & Wanink 1993
Wadslakje	*Hydrobia ulvae*	-5.497	3.500	Zwarts ongepubl.
Mossel	*Mytilus edulis*	-4.596	2.840	Zwarts 1991
Kokkel	*Cerastorderma edule*	-4.429	2.974	Zwarts 1991
Nonnetje	*Macoma balthica*	-4.759	3.063	Zwarts 1991
Platte Slijkgaper	*Scrobicularia plana*	-5.044	2.900	Zwarts 1991
Strandgaper	*Mya arenaria*	-5.793	3.153	Zwarts 1991

Om kosten te besparen, werd de biomassa *niet* bepaald door de verzamelde bodemdieren te drogen, te wegen en te verassen, maar werd de frequentieverdeling van de grootteklasses via standaard formules omgezet in vleesgewichten. Een uitvoerig onderzoek naar de variatie in conditie laat zien dat de verschillen weliswaar relatief groot kunnen zijn in de loop van het seizoen, maar dat de verschillen tussen de jaren klein zijn, zeker wanneer het gaat om de lichaamsconditie in de nazomer (Zwarts 1988, 1991; Zwarts & Wanink 1993). De biomassa werd bepaald door de lengtemetingen om te zetten in asvrije drooggewichten aan de hand van bestaande dubbel-log-regressielijnen (eerder bepaald voor de nazomer, dus in dezelfde periode, in de Waddenzee; Tabel 2).

De wadpier is in potentie een belangrijke prooi voor de vogels. Vandaar dat voor deze soorten een aparte bemonstering is uitgevoerd. Om de dichtheid van de wadpieren te meten werd het wadoppervlak met de bekende tandpastahoopjes gefotografeerd in een kwadrant van 56 bij 63 cm (oppervlak 1/3 m^2). In elk vakje werd op twee plekken een foto genomen. Grote en kleine pieren bleken gemengd voor te komen, afgaande op de diameter van de pierenhoopjes. Dit maakte een telling van het aantal hoopjes weinigzeggend. Er werd daarom besloten om te onderzoeken of de diameter van het "kakje" aan het oppervlak een goede voorspeller is van de grootte van de pier. Zoals beschreven in Bijlage 1, bleek dat inderdaad het geval te zijn, maar minder duidelijk als we hadden gehoopt.

Strandkrabben en garnalen trekken met opkomend water de platen op en trekken zich met afgaand water weer terug in de geulen. Dat doen niet alle krabben en garnalen. Een deel, vooral de kleine exemplaren, blijven met laagwater op de platen en vormen dan een belangrijke prooi voor de wadvogels. Bij de bemonstering van de bodemfauna worden beide prooien aangetroffen, maar omdat de dichtheid zo laag is, is een dichtheidsschatting weinig betrouwbaar. Vandaar dat een aparte bemonstering van de strandkrabben en garnalen werd uitgevoerd; zie Bijlage 2 voor een beschrijving van de methode en het resultaat.

Vogeldichtheid

De tellingen werden uitgevoerd vanaf een schuilhut, gemonteerd boven op een drooggevallen boot. We hadden altijd een Zeiss-telescoop (15-60 x 70 mm) bij ons, gemonteerd op stevig statief met een videokop, maar bleken die zelden nodig te hebben omdat de kleinere vogelsoorten (zoals Bonte Strandloper) niet aanwezig waren en wel aanwezige grote vogelsoorten met een 10x40 Zeiss of Leitz kijker prima konden worden geteld. De boot was al aanwezig voordat de vogels op de slikken verschenen om het verstoringseffect te minimaliseren. De in de vakken voedselzoekende vogels werden elk kwartier geteld vanaf het droogvallen tot het onderstromen. Op de Galgeplaat was de vogeldichtheid zo hoog dat er vaak om het halve uur werd geteld.

Vooral tijdens opkomend en afgaand water konden Scholeksters (zoals hier op de foto van de Sikken van Viane), Wulpen en Rosse grutto's zich al op het voedselgebied verzamelen in grote niet-actieve groepen. Deze rustende groepen vogels werden tijdens de vakjestelling buiten beschouwing gelaten.

Wadvogels foerageren als hun voedselgebied droog ligt en slapen met hoogwater als hun voedselgebied onder water is. Tijdens het foerageren poetsen vogels regelmatig hun veren, maken ruzie met andere vogels en staan ook nu en dan te rusten. Deze niet-foerageertijd bedraagt in de nazomer op het laagwaterfoerageergebied 10-20% bij kleine vogelsoorten en 20-30% bij grote vogelsoorten. Dat percentage is hoger tijdens afgaand en opkomend water. We hebben er voor gekozen om de foeragerende en niet-foeragerende vogels niet apart te tellen. Rustende vogels hebben de neiging om samen te klonteren. Als dit soort groepen meegeteld zouden worden, zouden we een onnodige fout introduceren in de foerageerdichtheid van de betreffende vakjes en dus ook het verspreidingspatroon meer ruis gaan vertonen. Dit soort groepen is daarom *niet* geteld.; we telden alleen de "losse" vogels en dat waren gemiddeld voor ongeveer 90% foeragerende vogels bij de grote soorten (Wulp, Scholekster) en ongeveer 95% bij de kleinere soorten (Rosse grutto, Kokmeeuw).

De laagwaterdichtheid werd berekend op basis van de 18 kwartier-tellingen (op Galgeplaat: negen half-uur tellingen) rondom laagwater (2 uur voor t/m 2 uur na laagwater). De predatiedruk van de vogels is bepaald door alle tellingen die zijn verricht tussen het droogvallen en het onderstromen te sommeren en om te zetten in vogeluren. De systematische telseries geven de mogelijkheid om de benutting van de hoge en lage platen in de loop van de laagwaterperiode te kwantificeren. De tellingen werden uitgevoerd in drie series: half juli, eind juli en begin augustus (Tabel 3). De telling van 15 juli op de Dortsman-oost werd gestaakt nadat alle vogels door een verstoring aan het begin van de telserie waren verjaagd. Op alle andere waarnemingsdagen op de Dortsman werd na menselijke verstoring de telreeks normaal voortgezet.

Prooikeuze

Om de voedselkeuze van de wadvogels te bepalen werden van zo veel mogelijk soorten de prooikeuze bepaald. Van een gevolgde vogel werd van de gegeten prooien de soort genoteerd en de grootte geschat en in de vier waarnemingsveldjes ook het vakje waar de vogel foerageerde. De prooigrootte werd omgezet in mg met de formules gegeven in Tabel 2. Het aantal gescoorde prooien per datum en plek is gegeven in Tabel 3. De prooikeuze voor man en vrouw Rosse grutto werd apart genoteerd, omdat die bleken te verschillen. Bij de selectie van de gevolgde vogels werd rekening gehouden met de verspreiding van de vogels. Wanneer bijv. vrijwel alle vogels in de waterlijn foerageerden en vrijwel niet een op het droge slik, werden ook relatief weinig vogels op het slik geprotokolleerd. Tijdens het waarnemen werd vaak al duidelijk waar welke prooien werd gegeten. Op het Tholseinde aten de Scholeksters langs de dijkvoet bijv. zeeduizendpoten en lager in de getijdezone vooral wadpieren. Ook in dit geval stond het aantal gevolgde dieren min of meer in verhouding tot het aantal dat langs de dijk en verder naar buiten voedsel zochten.

Afstand tot waar te zien was welke prooi werd gegeten, varieerde per prooisoort en per vogel. Op honderden meter afstand is te zien of een Scholekster kokkels eet of wadpieren, maar om er zeker van te zijn dat een Scholekster een kleine wadpier of een zeeduizendpoot eet, moet de vogel op minder dan 100 m afstand zijn. Kleinere vogelsoorten moeten nog dichterbij foerageren. Veel vogels aten garnalen en kleine strandkrabben, -prooien die zo snel naar binnen gaan dat ze nauwelijks te zien zijn. Andere kenmerken maakten het toch mogelijk om beide prooisoorten te onderscheiden. Ten eerste, zijn garnalen voor vogels moeilijker te hanteren dan krabben, omdat ze meer tegenstribbelen wanneer ze tijdens een aantal slikbewegingen langs de snavel richting keelgat worden getransporteerd; vogels raken daarbij regelmatig een garnaal kwijt en dat komt niet voor als een krabbetje wordt ingeslikt. Ten tweede, maken vogels die op krabben jagen een relatief slome indruk vergeleken met ganalenjagers. Ten derde, lopen garnaleneters vaak van plasje naar plasje en pakken vrijwel alle prooien uit ondiep water, terwijl krabbeneters die voorkeur niet vertonen. Gebruikmakend van dit soort subtiele verschillen in gedrag was het niet moeilijk om de prooikeuze van de vogels te kwantificeren.

De prooigrootte werd geschat en met de fomules gegeven in Tabel 2 omgezet in biomassa. De prooigrootte kon echter niet altijd worden bepaald. Voor kokkels en nonnetjes die door Scholeksters onder het oppervlak werden opengemaakt en leeggegeten, werd een gemiddeld gewicht ingevuld (142 en 36 mg, respectievelijk). Ook Wulpen aten strandgapers onder het oppervlak (grotendeels) leeg. De vleesconsumptie werd geschat aan de hand van een empirisch bepaalde relatie tussen de zgn. 'hannestijd' (vertaling van 'handling time') en opname: mg vlees = 13.5 x hannestijd in seconden (Ens & de Vries 1983). Voor kleine garnalen werd een lengte van 10 mm aangehouden (= 36 mg). Voor wadpieren waar geen lengteschatting werd bepaald, werd het gemiddelde gewicht ingevuld (282 mg). Hetzelfde gold voor een paar andere prooien, die overigens nauwelijks werden gegeten: schelpkokerworm (10 mg), draadworm (10 mg) en wapenworm (10 mg), zwaardschede (100 mg), platvis (200 mg) en Japanse oester (1000 mg).

Tabel 3. *Overzicht van het aantal velddagen besteed aan vogelwaarnemingen. De rode cellen betreffen de dagen dat vanaf afgaand tot opkomend water de vogels zijn geteld en de getallen in de diverse cellen het aantal geregisteerde prooien. Rat = Rattekaai, Ga-n = Galgeplaat-noord, Dor-w en Dor-o = Dortman west en oost, Rog-c en Rog-o = Roggeplaat centraal en oost, Via= Slikken van Viane, Krab = Krabbenkreek, Ga-z = Galgeplaat-zuid, Thol = Tholseinde.*

datum/plek	Rat	Ga-n	Dor-w	Dor-o	Rog-c	Rog-o	Via	Krab	Ga-z	Thol	som
14-7-2009	201										201
15-7-2009			58								38
16-7-2009		111									111
27-7-2009	132										132
28-7-2009				83							83
29-7-2009			236								236
31-7-2009		187									187
4-8-2009		131									131
5-8-2009			492								492
6-8-2009				80							80
7-8-2009	40										40
22-8-2009								418			418
23-8-2009										345	345
24-8-2009									348		348
26-8-2009					402						402
27-8-2009						238					238
28-8-2009							438				438
som	373	429	786	163	402	238	438	418	348	345	3940

Vanuit de observatiehutten waren de vogels met de telescoop uitstekend te observeren. Op de foto zijn Wulpen, Scholeksters, Rosse grutto's (mannetje rechts en vrouwtje links) en Kokmeeuwen te zien.

3. RESULTATEN

Bodemgesteldheid

In 142 van de 144 vakjes bleek het lutumgehalte minder te zijn dan 1%. In twee Rattekaai-vakjes was het 1%. In het intergetijdengebied van de Oosterschelde is slib daarom (vrijwel) afwezig, althans in de nazomer van 2009. Achteraf gezien was het beter geweest om niet het lutumgehalte (<2 μm), en ook niet afslibbare fractie (<16 μm), maar de zandkorrelverdeling te bepalen en de fractie fijn zand of de mediane korrelgrootte te relateren aan de verspreiding van de bodemdieren en de vogels.

Voedsel

Van 20 soorten bodemdieren werd dichtheid en biomassa bepaald (Tabel 4). Vijf soorten kwamen voor in een hoge dichtheid: draadworm, kokkel, schelpkokerworm, wadpier en wapenworm. De totale biomassa bedroeg 19.93 gram droog vlees (asvrij drooggewicht) per m^2, met de kokkel (6.65 gram/m^2), wadpier (4.76 gram/m^2), strandgaper (3.89 gram/m^2) en schelpkokerworm (1.82 gram/m^2) als de vier dominante soorten. De overige 16 soorten kwamen samen niet verder dan 2.81 gram/m^2. Wadslakjes die sommige jaren buitengewoon talrijk kunnen zijn in de Oosterschelde, werden nauwelijks aangetroffen. Slijkgarnaal *Corophium volutator/arenarium* werd in de vier waarnemingsveldjes niet aangetroffen, wel er buiten.

De meeste wadpieren waren relatief klein, 2 tot 5 cm lang (lengte borststuk); ze kwamen voor in een dichtheid van gemiddeld 74 per m^2; grote pieren van 7 of 8 cm waren schaars (< 5/m^2 gemiddeld). Grotere exemplaren van 9 of 10 cm werden zelfs helemaal niet gevonden. De wadpierpopulatie werd dus gedomineerd door jonge dieren. Dat was ook het geval bij de zeeduizendpoot waar de wormen 2 tot 8 cm lang waren (de meest 4-6 cm). Bij de andere soorten waren "broedjes" (dieren van maximaal een paar maanden oud) schaars of afwezig. De meeste nonnetjes waren minstens 1 jaar oud (11-17 mm). Bijna alle kokkels waren 25 tot 32 mm en 2-3 jaar oud. Alle strandgapers waren tussen 40 en 101 mm en minstens 3 jaar oud.

soort	n/m^2	g/m^2	mg
alikruik	0.2	0.01	50.8
slangpier	1.4	0.00	2.3
draadworm	51.9	0.52	9.9
gewone garnaal	3.9	0.03	8.5
Amerikaanse zwaardschede	0.2	0.04	200.0
kokkel	33.5	6.65	198.7
mossel	0.2	0.06	286.9
muiltje	0.2	0.23	1118.6
nonnetje	9.1	0.19	21.1
gestippelde dieseltreinworm	2.4	0.01	2.7
slijkschelp	0.8	0.13	154.1
strandgaper	1.8	3.89	2132.1
schelpkokerworm	109.1	1.82	16.7
strandkrab	3.9	0.27	70.8
wadpier	107.9	4.76	44.1
wadslak	62.5	0.04	0.6
wapenworm	170.8	0.57	3.3
zager	0.2	0.02	117.4
zandzager	8.1	0.27	33.5
zeeduizendpoot	30.2	0.42	14.0
TOTAAL/m^2	598.6	19.93	

Tabel 4. *De gemiddelde dichtheid en biomassa van de bodemdieren op de Dortsman, Galgeplaat en nabij de Rattekaai in augustus 2009. De gemiddelden zijn berekend voor 548 prikken van 1/111 m^2 (4 in 137 vakjes), in totaal 4.93 m^2. De laatste kolom geeft het gemiddelde individuele vleesgewicht (g/m^2 gedeeld door n/m^2).*

De biomassa verschilde sterk per waarnemingsveld (Fig. 15). De Galgeplaat was rijk met 36.73 g/m^2, vooral door de aanwezigheid van veel schelpkokerwormen, strandgapers en kokkels. De hoger gelegen plekken op de Dortsman waren armer door de afwezigheid van strandgaper en schelpkokerworm; kokkels en wadpieren waren wèl aanwezig. De Rattekaai was, afgezien van de wadpier, opvallend arm.

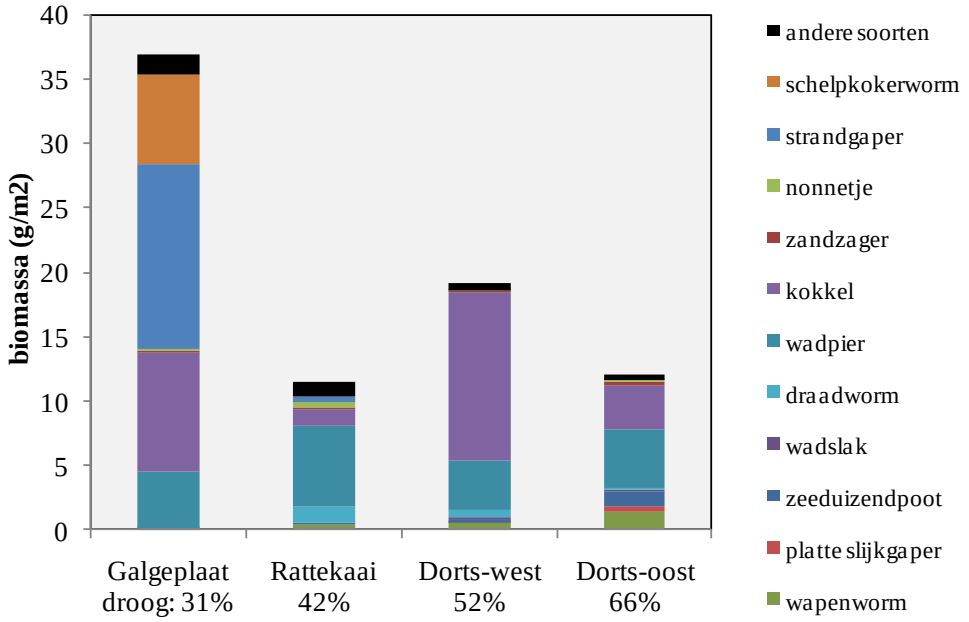


Fig. 15. De gemiddelde biomassa van 11 bodemdieren op de vier waarnemingsveldjes. De soorten zijn gerangschikt naar hun voorkomen vanaf de laag- naar de hoogwaterlijn (zie Fig. 16).

Wanneer de biomassa wordt uitgezet tegen de hoogteligging is duidelijk dat de hoogste biomassa wordt bereikt op de laag gelegen slikken (Fig. 16). De soorten zijn in Fig. 16 gestapeld naar hun voorkomen langs de getijdengradiënt. Wapenworm, platte slijkgaper, zeeduizendpoot en wadslak vonden we op de hoge slikken en schelpkokerworm en strandgaper op de lage platen. De kokkel bereikte de hoogste biomassa rond NAP, terwijl de wadpier vrijwel overal werd aangetroffen. Tabel 5 geeft de gemiddelde biomassa per hoogteligging apart voor de vier plekken. De Rattekaai blijkt over de hele linie opvallend arm.

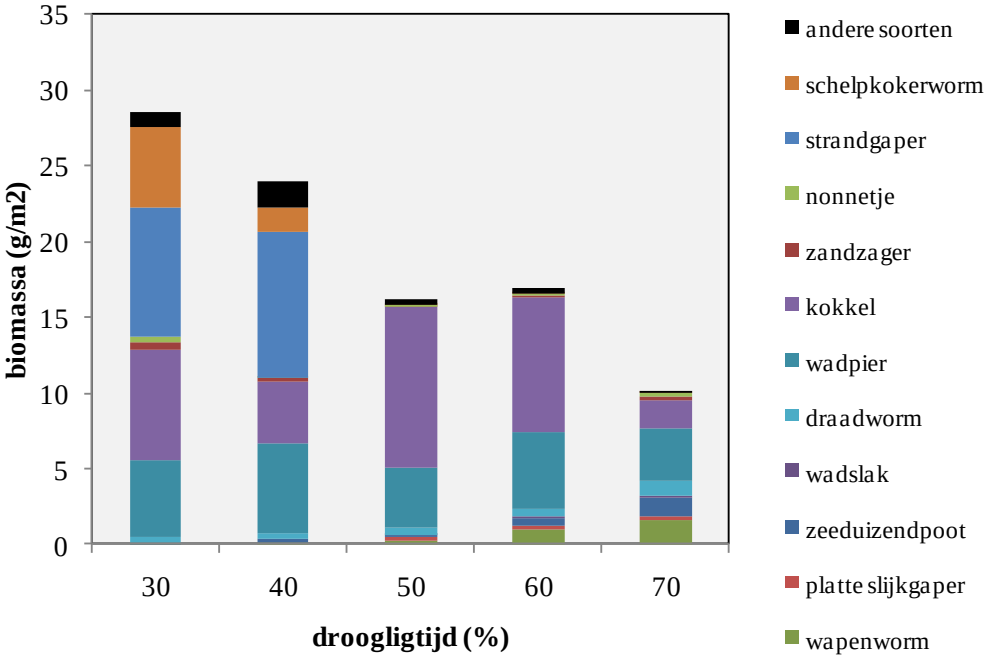


Fig. 16. De gemiddelde biomassa van 11 bodemdieren als functie van de droogligtijd. De soorten zijn gerangschikt naar hun voorkomen vanaf de laag- naar de hoogwaterlijn.

Tabel 5. De gemiddelde biomassa (g/m²) van de bodemdieren per droogligtijd, apart gegeven voor Dortsman-west (do-w) en oost (do-o), Galgeplaat (galg) en nabij de Rattekaai (rat); zelfde data als Tabel 4. De onderste regel geeft het aantal vakjes waar 4 monsters zijn genomen.

droogligtijd (%)	**20**	**30**			**40**				**50**			**60**				**70**		
plek	rat	galg	rat	x	galg	rat	do-w	x	rat	do-w	x	do-o	rat	do-w	x	do-o	rat	x
draadworm	0.56	0.03	1.06	0.29	0.00	0.60	0.28	0.39	1.11	0.36	0.52	0.11	0.83	0.90	0.48	0.17	4.45	1.02
kokkel	0.00	9.28	1.40	7.31	8.73	1.40	6.47	4.11	2.62	12.87	10.65	4.98	0.00	14.33	8.81	2.25	0.00	1.80
nonnetje	1.16	0.11	1.34	0.41	0.06	0.05	0.00	0.05	0.32	0.01	0.07	0.11	0.00	0.00	0.06	0.15	0.28	0.18
platte slijkgaper	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.15	0.61	0.00	0.00	0.33	0.23	0.00	0.18
schelpkokerworm	0.00	7.18	0.00	5.39	5.43	0.00	0.00	1.63	0.00	0.07	0.06	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00
strandgaper	0.00	11.36	0.00	8.52	29.59	1.24	0.00	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
wadpier	8.17	4.12	7.89	5.06	5.83	6.54	3.16	5.99	6.19	3.23	3.87	5.62	0.86	4.94	5.16	3.79	2.37	3.51
wadslak	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.06	0.04	0.00	0.17	0.09	0.05	0.00	0.04
wapenworm	0.09	0.01	0.05	0.02	0.02	0.22	0.36	0.17	0.04	0.38	0.30	1.19	0.33	0.67	0.93	1.63	1.67	1.63
zandzager	0.00	0.58	0.15	0.48	0.16	0.00	1.20	0.17	0.00	0.05	0.04	0.27	0.00	0.17	0.22	0.24	0.58	0.31
zeeduizendpoot	0.00	0.13	0.20	0.14	0.17	0.12	0.13	0.14	0.00	0.17	0.14	0.60	0.00	0.39	0.49	1.58	0.20	1.31
andere soorten	0.00	1.28	0.01	0.96	0.00	2.60	1.13	1.67	0.00	0.36	0.29	0.43	0.00	0.35	0.38	0.16	0.08	0.14
SOM	9.98	34.09	12.08	28.58	49.99	12.77	12.73	23.93	10.28	17.77	16.14	13.95	2.02	21.94	16.95	10.25	9.62	10.12
n	1	30	10	40	6	12	2	20	5	18	23	15	1	12	28	20	5	25

Van de 20 soorten die in Tabel 4 worden gegeven leven er 18 ingegraven in de bodem, maar dat geldt niet voor de garnaal en de strandkrab die aan het oppervlak blijft en zich zo nodig heel oppervlakkig ingraaft. Het is de vraag of de dichtheden en biomassa's die voor beide soorten worden gegeven niet (veel) te laag zijn. Vrijwel alle monsters zijn genomen toen de platen nog onder water waren. Het is goed voorstelbaar dat beide soorten voordat het monster wordt genomen al zijn weggezwommen. We kunnen dat nagaan door de dichtheid zoals bepaald met de steekbuis op beide Dortsman-plekken te vergelijken met de gemiddelde dichtheid zoals gemeten langs een raai (zie Bijlage 2). Met de steekbuis werden op de Dortsman 6.2 garnaal/m² en 5.38 strandkrab/m² aangetroffen en met de raai-meting 80.6 garnaal/m² en 9.51 strandkrab/m², dat is respectievelijk 13 en 1.8x hoger. De raai werd gemonsterd op 1 augustus en de beide plekken op de Dortsman op 10 en 11 augustus. Het kan zijn dat in die korte periode de garnalen en strandkrabben zijn afgenomen, maar het lijkt uitgesloten dat daarmee de enorme discrepantie kan worden verklaard. De in tabel opgegeven dichtheden en biomassa's zijn voor beide soorten dus veel te laag, maar ook als we uitgaan van dichtheden en biomassa's, zoals gemeten langs de raai, blijft de bijdrage van garnaal en krab zeer gering vergeleken met die van de algemene bodemdieren.

Vogeldichtheid

De vogeldichtheid werd op 10 plaatsen bepaald, maar op zes plekken betreft het een schatting. Van de vier vaste waarnemingsplekken werden de vakjestellingen geselecteerd van 2 uur voor tot 2 uur na laagwater en gemiddeld voor de 2 of 3 waarnemingdagen. De andere zes plekken werden een maal bezocht waarbij rondom laagwater alle vogels tot op ongeveer 300 m afstand werden geteld en op basis daarvan een dichtheid afgeleid. De relatieve soortsamenstelling is daardoor voor alle vakken nauwkeurig, maar de absolute dichtheid is voor zes plekken nauwkeurig op misschien 10-20%. Zoals te zien is in Fig. 16, varieerde de laagwaterdichtheid tussen 2 en 22 vogels per ha. Dit verschil is niet terug te voeren op een oost-west-gradiënt binnen de Oosterschelde, al zijn er in de nazomer in de monding van de Oosterschelde wel meer soorten aanwezig als in de centrale en het oostelijke deel. Zowel de hoogste als de laagste dichtheid werd gemeten op de Roggenplaat.

In de nazomer zijn de vogeldichtheden laag op slikken die vanaf de vastewal (zonder veel moeite) lopend door mensen zijn te bereiken. De beide plekken op de Dortsman werden zeer regelmatig verstoord, met als

gevolg een lage vogeldichtheid. De gekozen plek in de Krabbenkreek wordt overdag met laagwater zo intensief bezocht door toeristen dat er meestal nauwelijks vogels aanwezig zijn. Door 's ochtends heel vroeg te gaan waarnemen, lukte het om een serie waarnemingen te doen zonder menselijke verstoring, althans tot 1.5 uur na laagwater. Ook de telling van de Tholseinde werd 's ochtends vroeg verricht en was (daarom) zonder verstoring, hoewel gelijk na de laagwatertelling diverse toeristen de slikken opliepen en alle vogels verjoegen. Als al die verstoringen waren verdisconteerd in de dichtheidsmeting, dan zou de dichtheid, zoals gegeven in Fig. 16, voor de Krabbenkreek 5 tot 10 keer lager worden, en dat geldt mogelijk ook, zij het in veel geringere mate, ook voor de Tholseinde.

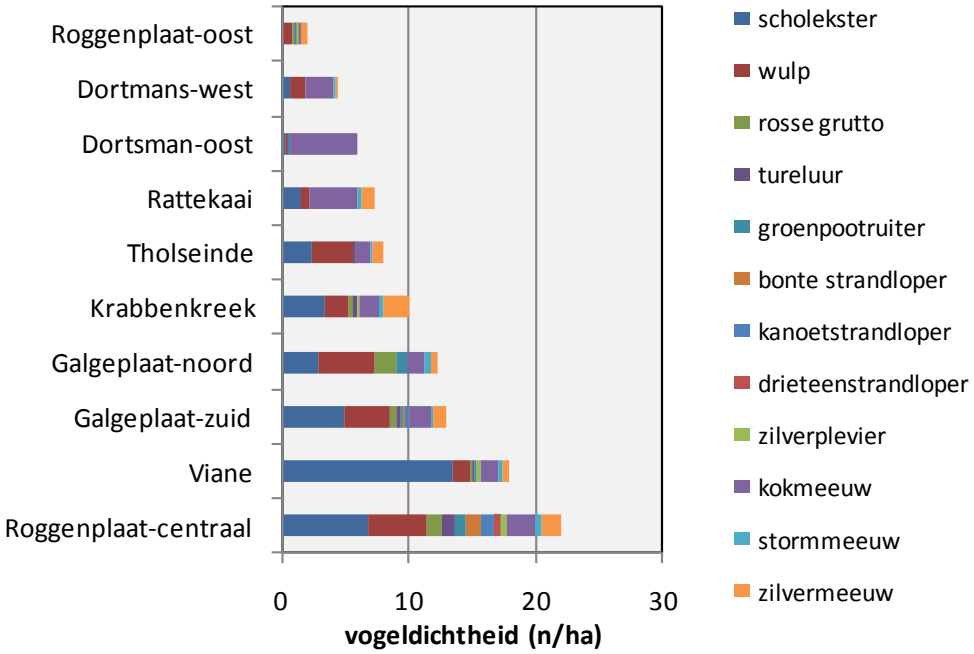


Fig. 16. De vogeldichtheid op tien locaties in de Oosterschelde; voor teldata zie Tabel 2 en voor de locaties en Fig. 1, 3 en 5-14.

De gemiddelde vogeldichtheid blijkt ook niet samen te hangen met de hoogteligging (Fig. 17), al lijken de laaggelegen plekken gemiddeld vogelrijker. Dat verband kunnen we echter beter in detail onderzoeken m.b.v. de vakjestellingen op de vier waarnemingsgebieden.

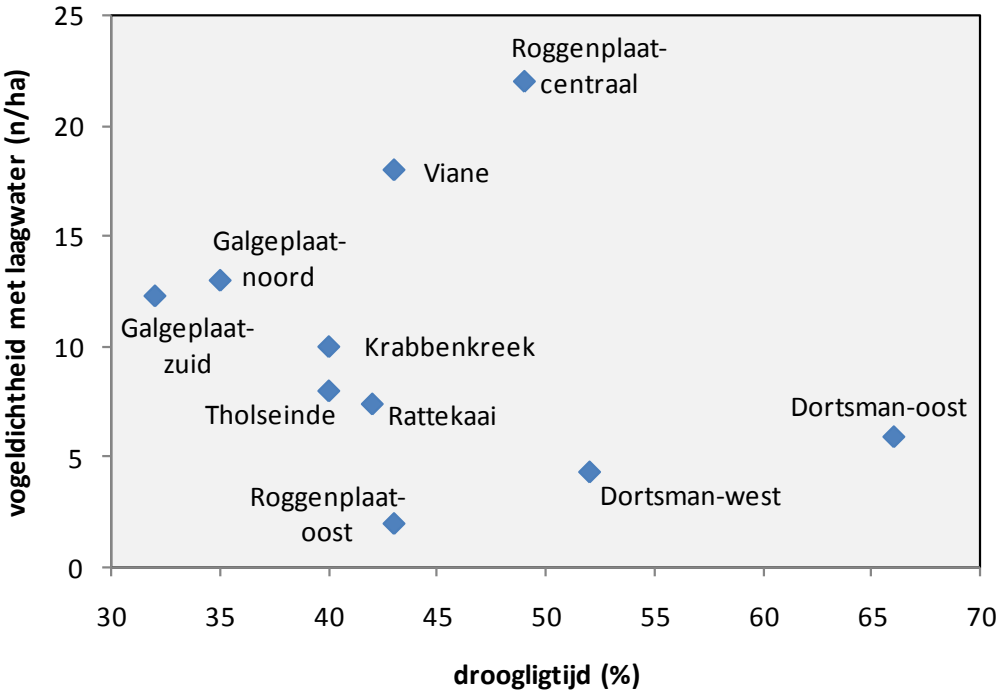


Fig. 17. De vogeldichtheid tijdens laagwater op tien locaties als functie van de droogligtijd; zelfde gegevens als Fig. 16.

In totaal werden 23 vogelsoorten foeragerend waargenomen in de telvakjes, maar slechts zes soorten werden regelmatig geteld: Kokmeeuw (7124 vogels geteld), Scholekster (6037 vogels), Wulp (4012), Zilvermeeuw (1665), Rosse grutto (793) en Stormmeeuw (434) . Tot de minder algemene bezoekers behoorden: Aalscholver (opkomend en afgaand water; 3 vogels), Bergeend (families met jonge vogels op de Rattekaai; 72 vogels), Lepelaar (op alle plekken, vooral echter op de Rattekaai; 71 vogels), Kleine zilverreiger (1 vogel op Rattekaai), Slechtvalk (sloeg Scholekster in een van de vakjes op de Rattekaai; 3 vogels), Steenloper (7), Regenwulp (alle plekken; 40), Zwarte ruiter (3), Tureluur (2), Groenpootruiter (opkomend en afgaand water; 283 vogels), Witgatje (1 vogel op Rattekaai), Bonte strandloper (2), Kanoet (2), Bontbek, (1) Zilverplevier (7), Visdief (opkomend en afgaand water; 37) en Grote mantelmeeuw (11).

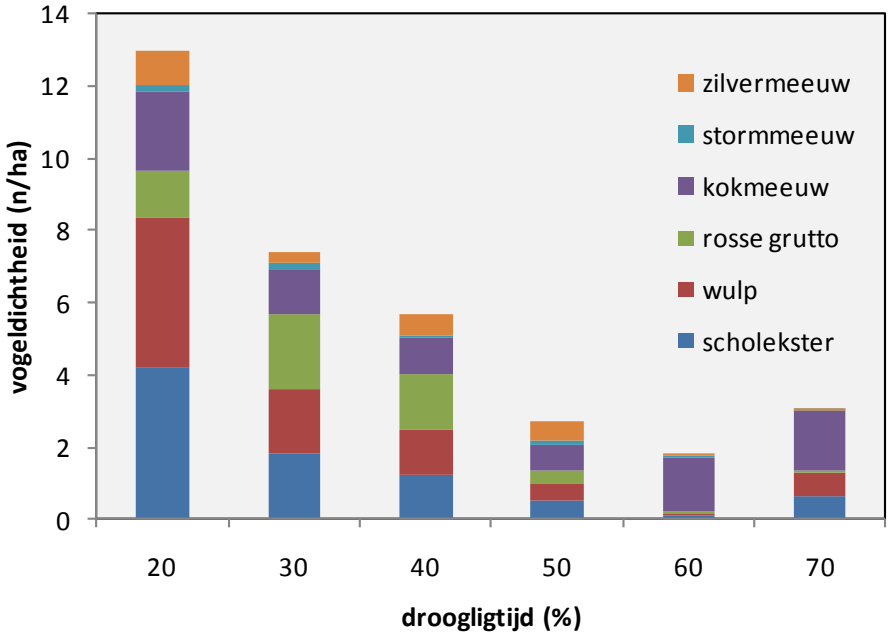


Fig. 18. De gemiddelde vogeldichtheid tijdens laagwater als functie van de droogligtijd. Een selectie is gemaakt van de tellingen die op de vier waarnemingsplekken zijn gedaan vanaf twee uur voor t/m 2 uur na laagwater.

De gemiddelde laagwaterdichtheid voor de zes algemeenste soorten is in Fig. 18 uitgezet tegen de droogligtijd. Alle soorten, behalve de Kokmeeuw, bereikten op de lage platen een hogere dichtheid. Boven NAP (>50% droog) ontbraken vrijwel Rosse grutto, Stormmeeuw en Zilvermeeuw. Omdat de vogels vanaf het droogvallen tot en met het onderstromen regelmatig werden geteld, is het mogelijk om de vogelbenutting over de gehele laagwaterperiode te berekenen. De benutting is uitgedrukt in vogeluren, zoals afgeleid uit het getelde aantal en de telperiode. Die telperiode varieert tussen 2.5 uur voor de laagste en 8.5 uur voor de hoogste telvakjes. Het aantal vogeluren is voor de laagste vakjes veel hoger dan voor de hogere vakjes (Fig. 19), maar het verschil is wel veel kleiner dan de laagwaterdichtheid (Fig. 18). Voor de afzonderlijke soorten bestond hetzelfde verschil, met uitzondering van de Kokmeeuw, die op vakjes met 70% droogligtijd de meeste vogeluren doorbrachten.

De geringe benutting van de hoge slikken is voor een deel te verklaren met menselijke verstoring. Dat probleem speelt niet op de Galgeplaat en de Rattekaai maar wel op de Dortsman. Vissers lopen daar met afgaand water achter de waterlijn aan om hun vislijnen te controleren en liepen daar kort voor het onderstromen weer heen om aas aan de lijnen te doen. Volgens een van de vissers, zijn er in totaal nog 10 mensen die daarvoor vergunning hebben op de Dortsman; ze zijn alleen in de zomermaanden actief. Samen zorgen ze er voor dat de vogels dan met opkomend en afgaand water weinig kans hebben om er voedsel te zoeken. Overdag lopen er in de zomer met laagwater vanaf de dijk nu en dan toeristen, soms te paard, vaker met dan zonder loslopende hond, de slikken op.

Vanuit de hut konden we dankzij de uitgezette vakjes goed zien wat de verstoringsafstand was: maximaal bij de relatief schuwe Wulp en Rosse grutto (300 m) en minimaal bij Kokmeeuw (100 m), met Scholekster daar tussen in. Waarschijnlijk hebben de vogels geleerd dat de Dortsman 's zomers geen rustig voedselgebied is, want alleen 's ochtends vroeg tijdens afgaand water en 's avonds laat met opkomend water hebben we grotere aantallen waargenomen.

Hoe zeer de Dortsman werd 'onderbenut' is te zien in Fig. 20, waar het gemiddeld aantal vogeluren voor de laaggelegen vakjes (40% droog) voor de Dortsman wordt vergeleken met de Rattekaai en Galgeplaat. De kokkelbank op Dortsman-west (zie Fig. 5) werd amper door Scholeksters bezocht en afgezien van Kokmeeuwen waren ook andere vogels nauwelijks aanwezig (Fig. 20 links). Wanneer de vakjes op de hogere slikken (60% droog) worden vergeleken (Fig. 20 rechts), dan blijkt de Dortsman opnieuw vogelarm, behalve voor de Kokmeeuw die op de Dortsman veel talrijker is dan op de Rattekaai.

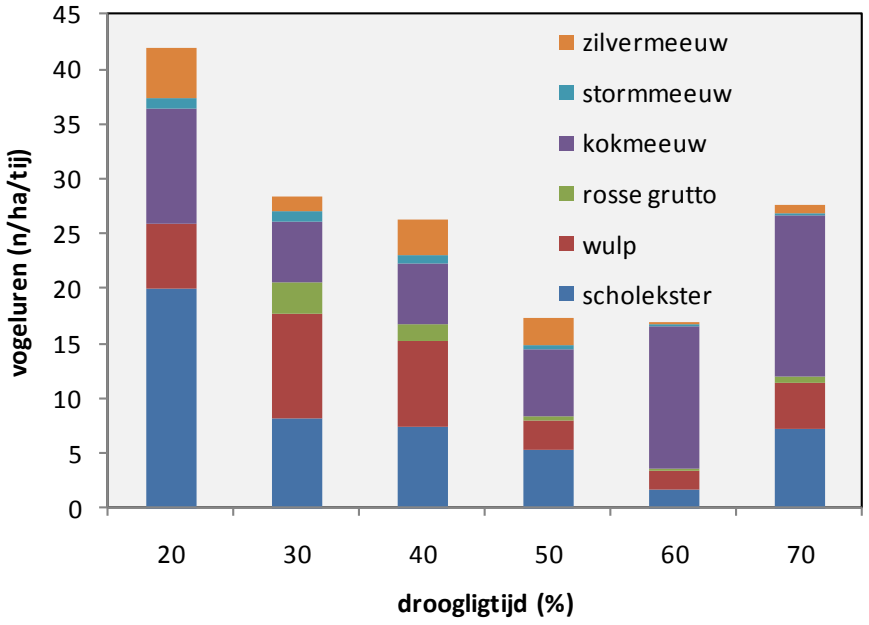


Fig. 19. De benutting van het voedselgebied, uitgedrukt als vogeluren/ha in de droogligperiode, gebaseerd op de tellingen die vanaf droogvallen tot onderstromen zijn verricht op de vier waarnemingsplekken. Er werd om het kwartier geteld, maar op de Galgeplaat vaak elk half uur.

Het aantal vogeluren is om te zetten in predatiedruk als bekend is hoeveel uren de vogelsoorten foerageren. De foerageertijd is af te leiden uit de tellingen wanneer de dichtheid wordt uitgezet tegen de tijd t.o.v. laagwater. Dit is gebeurd in Fig. 21, waar de dichtheid van Wulp, Scholekster en Kokmeeuw apart is gegeven voor vakjes met verschillende droogligtijd.

Wulpen laten zich amper zien in vakken met een droogligtijd van 60 en 70%. Ze verschijnen op de slikken als de vakken rond NAP (50%) maar vooral als de vakken rond 40% droogligtijd beschikbaar komen. Hetzelfde patroon zien we, in omgekeerde volgorde, met opkomend water. Wulpen zijn dus 5 uur per laagwaterperiode op het voedselgebied aanwezig.

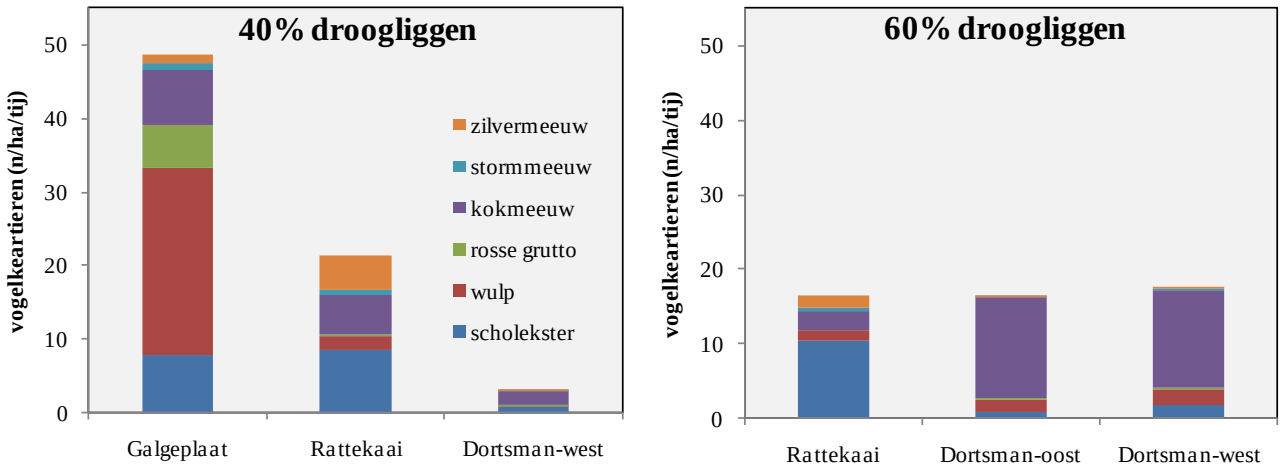


Fig. 20. De vogelbenutting (vogeluren/ha/tij) in telvakken die 40% droog liggen (links) en 60% droog liggen (rechts). De figuur geeft dezelfde gegevens als Fig. 19, maar nu apart gegeven voor de verschillende plekken.

Scholeksters zijn een uur eerder op het voedselgebied dan Wulpen, maar blijven tijdens opkomend water niet langer op het voedselgebied hangen. Hun foerageerperiode kan worden geschat op 6 uur. Tijdens opkomend water verzamelden de inactieve Scholeksters zich in grote groepen op het voedselgebied, of vlogen al naar voorverzamelplaatsen in de buurt van de uiteindelijke hoogwatervluchtplaats. Dit verklaart waarom er zo weinig foeragerende Scholeksters worden geteld na laagwater (Fig. 21).

Kokmeeuwen verschijnen 4 uur voor laagwater al massaal op de hoge slikken. Ze volgen daarna de laagwaterlijn tot het moment van laagwater, maar daarna komen ze, voordat het water de lage slikken begint te overspoelen al massaal terug naar de hoge slikken niet om daar te gaan rusten zoals de Scholeksters, om er te gaan foerageren. Vier uur na hoogwater vliegen de vogels weer terug naar de hoogwatervluchtplaatsen. Hun foerageertijd bedraagt daarom 8 uur.

Dortsman op 6 aug tijdens afgaand water in de vroege ochtend. Om 6.31 uur zijn de vogels nog massaal aanwezig (bovenste foto). Kort daarna verschijnen de eerste mensen op de droogvallende slikken. Alle steltlopers vliegen weg, maar de Kokmeeuwen blijven op 150 m afstand van de verstoringsbron.

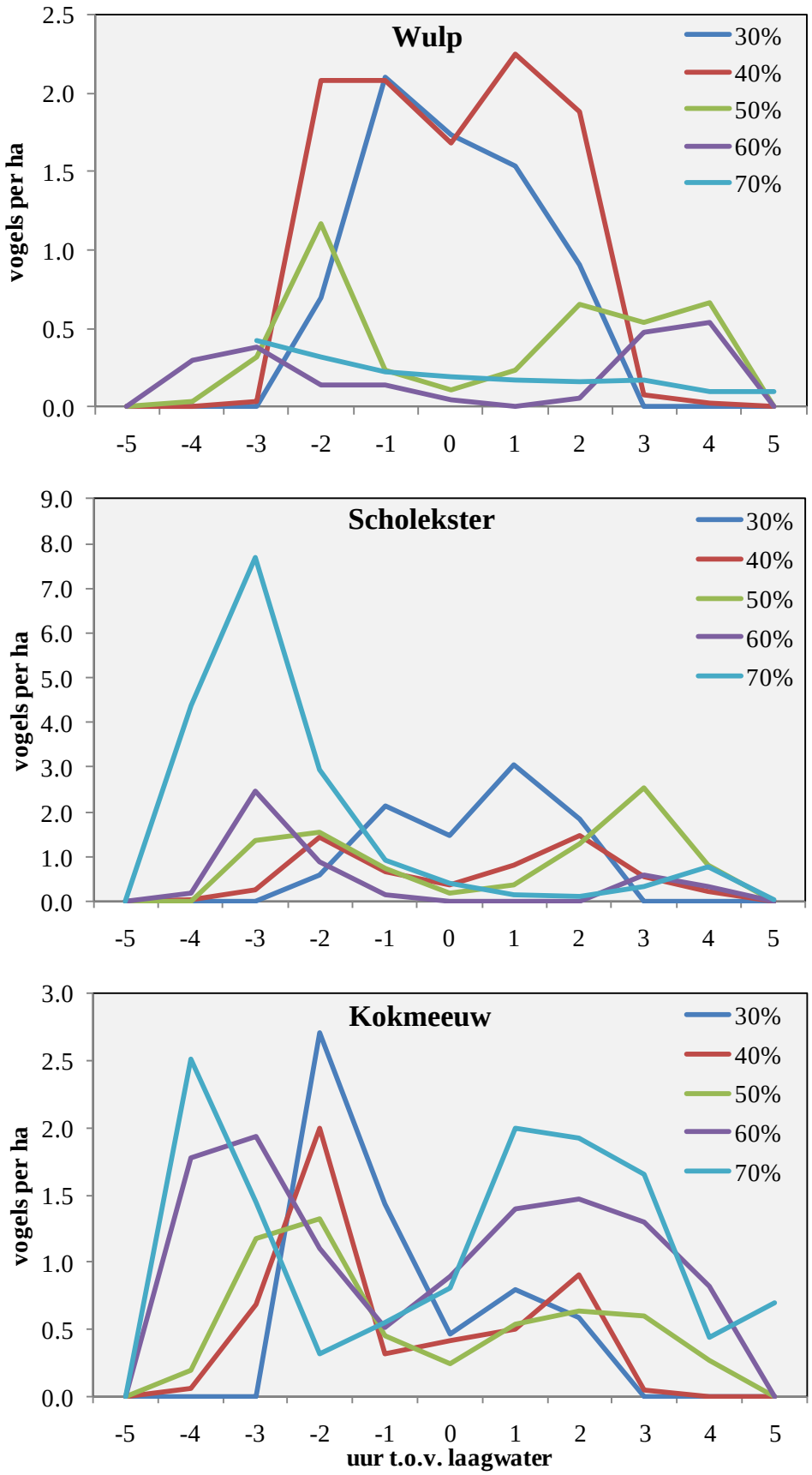


Fig. 21. De gemiddelde vogeldichtheid per ha in de loop van de laagwaterperiode, apart gegeven voor vakjes die liggen op 30% (40 telvakjes), 40% (20 vakjes), 50% (23 vakjes), 60% (28 vakjes) en 70% (25 vakjes). Elk punt in de grafiek is gebaseerd op gemiddeld 188 tellingen (minimaal 39, maximaal 420 tellingen). Een vakje met een drooglig-tijd van 20% en 8-12 tellingen is niet getoond.

Prooikeuze

Zoals Tabel 3 al liet zien, is gedurende 17 dagen en op 10 verschillende plekken het eten van in totaal 3940 prooien geregistreerd. De prooikeuze is bepaald bij 13 vogelsoorten. Fig. 21 geeft het dieet van deze 13 soorten, zoals bepaald in juli en augustus. De ene zandzager (gegeten door een Wulp) en de enkele kleinere wormen (schelpkokerworm, wapenworm en draadworm) zijn samengenomen in de categorie 'andere worm'. Niet weergegeven in Fig. 22, zijn drie prooisoorten: een zwaardschede gegeten door een Scholekster, een platvisje door een Scholekster en een door een Wulp, en 5 strandgapers door vrouwtjes Wulpen.

De belangrijkste conclusie is dat voor de meeste vogelsoorten het nazomermenu in de Oosterschelde hoofdzakelijk bestaat uit garnalen en krabben. De Scholekster is de enige soort die we niet op een van beide prooien hebben zien foerageren. De Scholekster heeft een vrij breed voedselspectrum; met de kokkel als hoofdvoedsel, maar daarnaast veel wadpieren en, in mindere mate, Japanse oesters, mossels, nonnetjes en zeeduizendpoten.

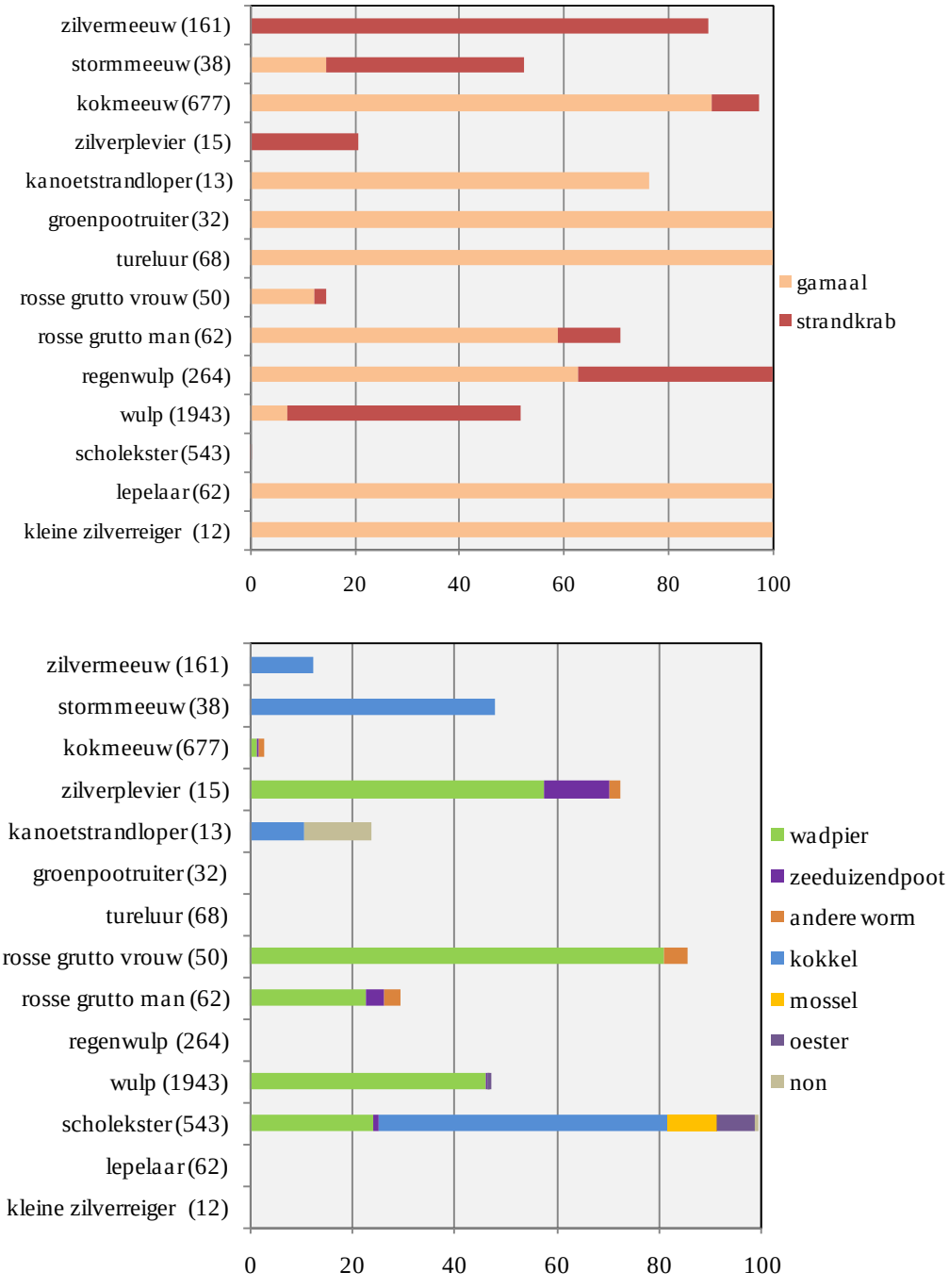


Fig. 22. Percentuele verdeling van de prooibiomassa voor de verschillende vogelsoorten. De gegevens van de Rosse grutto zijn opgesplitst voor man en vrouw. Tussen haakjes het aantal geregistreerde prooien. Bovenpaneel geeft de biomassa van de gegeten epifauna (krab en garnaal); het benedenpaneel de biomassa van de gegeten bodemdieren. Tabel 3 geeft een overzicht waar wanneer welke gegevens zijn verzameld.

Figuur 22 geeft het dieet voor de gehele waarnemingsperiode en alle tien pekken samen. Er zijn locale verschillen. Zilvermeeuwen aten overal grote strandkrabben, maar op de Krabbenkreek at een groep vogels kokkels van 15-20 mm (die met schelp en al werden ingeslikt). Scholeksters aten op de Galgeplaat, Slikken van Viane en Roggenplaat-centraal vooral kokkels en op de eerste twee plekken ook mossels (die zich hadden gevestigd op Japanse oesters (die daar ook nu en dan werden gegeten, vooral met opkomend water).

Er waren ook verschillen van dag op dag. Wulpen die wadpieren zochten, aten tussendoor ook strandkrabben. Hoeveel strandkrabben ze aten was afhankelijk van de bodemtemperatuur. Op zonnige en warme momenten werden relatief meer strandkrabben gegeten dan op koele en bewolkte uren, - een verschil dat ook werd gevonden in de Waddenzee (Bloksma *et al.* 1979) en te verklaren is met het verschijnsel dat strandkrabben gaan 'bellenblazen' bij een lager zuurstofgehalte (en hogere temperatuur) (Verwey 1978) en daardoor makkelijker zijn te detecteren door de foeragerende wadvogels.

Deze locale en korte-termijn verschillen maken het lastig om een eventuele seizoenstrend in het dieet aan te tonen. Wulpen aten in juli grote krabben van een jaar oud (ca 3 cm) en negeerden de jonge krabbetjes van ca. 0.5 cm die massaal aanwezig waren, maar eind augustus waren de krabben die dezelfde zomer waren geboren al zo groot (zie bijlage 3) dat ze massaal gegeten gingen worden.

Bij de Scholekster lijkt de wadpier in de loop van juli langzamerhand uit het dieet te verdwijnen (Fig. 23-rechts). Op de Rattekaai bestond 86% van het menu in juli uit wadpieren. In augustus hebben we daar geen protocollen gemaakt van Scholeksters, hoewel we zagen dat verschillende vogels kokkels waren gaan eten. Op de nabij gelegen Tholseinde bestond eind augustus het menu van de Scholeksters nog voor 31% uit wadpieren. Op de Roggenplaat-oost werd in dezelfde week op een uitgestrekt pierenwad nauwelijks Scholeksters gezien en die hadden een gemengd menu dat voor minder dan de helft bestond uit wadpieren. Ook op de Slikken van Viane lieten de Scholeksters toen het pierenwad links liggen en waren volledig geconcentreerd op de kokkelbank. Al met al lijkt het aannemelijk dat de wadpier in augustus een minder belangrijke prooi is als in juli, maar of de afname werkelijk zo groot is als Fig. 23 laat zien, valt te betwijfelen omdat in juli meer vogels zijn geprotocolleerd op het pierenwad en in augustus meer op diverse kokkelbanken.

Scholekster visueel jagend op kokkels die niet volledig zijn gesloten en daardoor geopend kunnen worden zonder dat de schelp behoeft te worden opengehakt. Overal aan het oppervlak liggen door Scholeksters open gesneden kokkels (ook op de foto zichtbaar), waarvan sommige nog vers geopend (met nog een restje vlees waar de sluitspier aan de schelp is gehecht). De Scholeksters op deze plek (Slikken van Viane) aten nu en dan Japanse oesters, vooral met opkomend water, maar concentreerden zich hoofdzakelijk op kokkels (en soms op mossels die zich op de oesters hadden gevestigd).

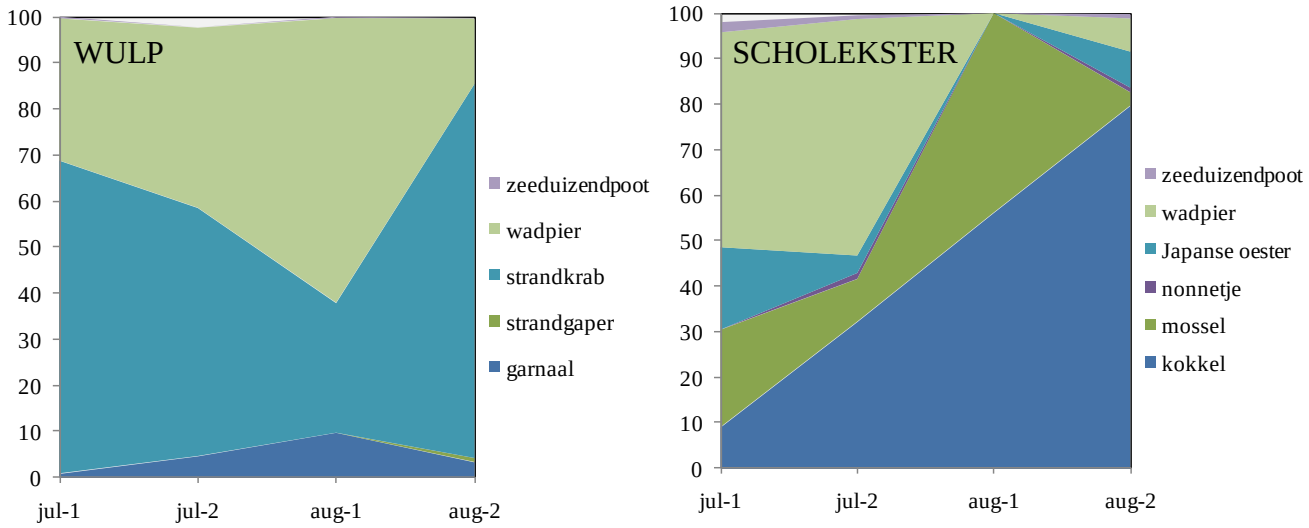


Fig. 23. *Het dieet van Wulp (links) en Scholekster (rechts) opgesplitst in halfmaandelijkse periodes. Dezelfde gegevens als Fig. 22.*

De veldmetingen aan de dieetkeuze kunnen worden geijkt aan de hand van braakbalanalyses. Op verschillende dagen werden om die reden op de hoogwatervluchtplaatsen braakballen verzameld. De resultaten van een eerste analyse van een aantal Wulpenbraakballen, gevonden in de Pieterspolder nabij het Tholseinde, worden gepresenteerd en besproken in Bijlage 3.

Hoewel de wadpier dominant aanwezig is in het intergetijdengebied van de Oosterschelde, blijkt het geen belangrijke prooi te zijn voor de steltlopers en meeuwen die daar voedselzoeken.

4. DISCUSSIE

Voedsel

Er zijn de afgelopen decennia, na Wolff (1973), verschillende publicaties, en vooral rapporten, verschenen over de benthos van de intergetijdenzone van de Oosterschelde. In het kader van INTERECOS zijn in augustus 1985 en 1989 de Roggenplaat, de Galgeplaat en de Krabbenkreek uitvoerig bemonsterd en is van elke monsterplaats de hoogteligging en de bodemgesteldheid bepaald. Er zijn toen 62 diersoorten aangetroffen, waarvan een aantal zeer zeldzaam. Meire *et al.* (1994) geeft een lijst met de gemiddelde dichtheid en biomassa van de 47 algemeenste soorten. Deze gegevens zijn overgenomen in Tabel 6, die ook het gemiddelde gewicht van elk prooidier geeft. Globaal genomen zijn het dezelfde soorten die in beide jaren talrijk zijn en een belangrijke bijdrage leveren aan de totale biomassa (Fig. 24). Toch zijn er ook frappante verschillen. In 1985 waren de platen in de Oosterschelde bezaaid met kokkelbroed (gemiddeld 5565 broedjes per m^2 van 4.6 mg per stuk, en een gemiddelde biomassa van 25.4 $g/m^{2)}$. Vier jaar later was de kokkeldichtheid 259 ex/m^2 met een gemiddeld gewicht van 297 mg en een biomassa van 77 g/m^2. Daarmee vergeleken was het kokkelbestand in 2009 bepaald mager te noemen, maar wel passend in de afnemende trend (Escaravage *et al.* 2003). Het bijschrift naast de panelen in Fig. 25 bevat lijstjes met de 10 soorten die het meeste bijdragen aan de biomassa, in de hoogste dichtheid voorkomen, het zwaarste zijn en het meest frequent worden aangetroffen.

- Twee soorten, kokkel en non, komen in alle vier lijstjes voor.
- Een soort, de wadpier, is een grote prooi, levert een belangrijke bijdrage aan de biomassa en komt ook frequent voor, maar niet in een hoge dichtheid.
- Twee soorten, wadslak en wapenworm, zijn talrijk, komen frequent voor en bereiken ook een redelijk hoge biomassa, maar hebben een laag individueel gewicht.
- Drie soorten, strandgaper, mossel en platte slijkgaper, leveren een belangrijke bijdrage aan de biomassa, zijn zwaar, maar komen niet frequent voor en bereiken ook geen hoge dichtheid.
- Drie soorten, slangpier, ringwormen (alle soorten samengenomen) en de schelpkokerworm, zijn weliswaar talrijk en algemeen voorkomend, maar hebben een laag gewicht en ook hun bijdrage aan de biomassa is niet substantieel.
- Een soort, de zandzager, is redelijk zwaar en komt algemeen voor, maar zijn dichtheid is laag en zijn bijdrage aan de biomassa klein.
- Een soort, de draadworm, levert een belangrijke bijdrage aan de biomassa, is ook talrijk, maar zijn individueel gewicht is klein en de soort heeft ook geen ruime verspreiding.

We kunnen hieruit concluderen dat slechts een klein aantal van de 62 aangetroffen soorten van belang zullen zijn als stapelvoedsel voor de wadvogels. Van de 24 soorten borstelwormen bijvoorbeeld zijn de meeste te klein om als voedsel te dienen voor de (meeste) steltlopers.

De data uit 1985 en 1989 zijn interessant om te vergelijken met die 2009, ook al werd er in verschillende gebieden gemonsterd. De afname van de kokkel is al genoemd. De Japanse oester, niet vermeld voor 1985 en 1989, is sindsdien sterk toegenomen en bereikte op de platen een gemiddelde biomassa van minstens een paar gram per m^2 (Escavarange *et al.* 2003, Schaub *et al.* 2003), hoewel nauwelijks voorkomend op onze waarnemingsplekken. Een ander opvallend verschil zien we bij de mossel die in 1985 en 1989 nog een gemiddelde biomassa bereikte van 6.5 en 7.3 g/m^2, maar nu vrijwel is verdwenen van de platen in de Oosterschelde; de soort, slechts een maal aangetroffen in onze bemonstering, kwam in 2009 in lage dichtheden voor op oesterbanken (die buiten onze waarnemingsgebieden lagen). Van het nonnetje werden in 1985 en 1989 nog 2 g/m^2 aangetroffen (met veel broed in 1985, waardoor de gemiddelde dichtheid zelfs opliep tot 727 non/m^2); wij troffen de soort in een lage dichtheid alleen aan op de Rattekaai. Het jaar 2009 was blijkbaar ook een slecht jaar voor de wadslak. In 1985 waren er extreem veel broedjes van de wadslak (14.000/m^2), maar ook in 1989 waren er nog altijd 1058/m^2. We vonden de soort alleen op de hoge delen van de Slikken van de Dortsman.

Tabel 6 en Fig. 25 (blz. 35-37). *De gemiddelde biomassa (g/m^2), dichtheid (n/m2), individueel gemiddeld gewicht (mg), en frequentie van voorkomen (% van de monsters waar de soort werd aangetroffen) in twee monsterprogramma's in augustus 1985 en augustus 1989. In beide jaren is de Roggenplaat, de Galgeplaat en de Krabbenkreek bemonsterd. De gegevens uit de tabel zijn in vier panelen met een logaritimische schaal uitgezet in Fig. 25. Omdat de*

dichtheid en de biomassa bij een paar soorten in het ene of het andere jaar 0 was, is bij de dichtheid en de biomassa 0.01 opgeteld. De legenda van de vier figuren geeft een lijstje van de tien soorten met de hoogste score (gemiddeld over beide monsterprogramma's).

Latijnse naam	Nederlandse naam	Biomassa (g/m2)		Dichtheid (n/m2)		Gewicht (mg)		Frequentie (%)	
		1985	1989	1985	1989	1985	1989	1985	1989
Ampharete acutifrons	(borstelworm)	0.0	0.0	14.0	1.3	1.9	2.3	5.9	1.6
Anaitides mucosa	gestippelde dieseltreinworm	0.1	0.1	164.5	60.4	0.7	1.1	57.0	42.6
Arenicola marina	wadpier	4.4	6.4	36.6	27.4	120.7	233.2	79.3	81.6
Aricidea sp.	(borstelworm)	0.0	0.0	5.7	0.1	0.7		2.2	0.6
Bathyporeia sp.	kniksprietkreeft	0.1	0.1	373.2	513.3	0.2	0.1	43.6	23.0
Capitella capitata	slangpier	0.1	0.0	1089.9	226.2	0.1	0.1	73.1	56.6
Carcinus maenas	strandkrab	0.3	0.1	42.7	5.5	6.7	18.9	35.7	7.3
Cerastoderma edule	kokkel	25.4	77.1	5565.2	259.5	4.6	297.2	86.2	66.6
Corophium sp.	slijkgarnaal	0.1	0.0	368.4	172.1	0.2	0.2	45.9	35.6
Crangon crangon	garnaal	0.1	0.1	63.9	14.0	1.2	8.9	40.9	14.6
Crepidula sp.	muiltje	0.0	0.0	0.4	1.3	2.5	7.7	0.3	1.6
Eteone sp.	(borstelworm)	0.1	0.0	114.0	37.0	0.5	0.5	62.6	30.6
Eumida sanguinea	(borstelworm)	0.0	0.0	0.6	6.8		0.4	0.9	3.3
Eurydice sp.	agaatpissebed	0.0	0.0	1.1	1.8		0.6	0.9	1.6
Gammerus sp.	vlokreeft	0.0	0.0	6.4	105.0	0.9	0.4	5.2	11.3
Harmothoe sp.	(zeerups)	0.0	0.0	0.9	1.8	5.6	1.1	0.6	2.3
Heteromastus filiformis	draadworm	0.7	0.4	1622.7	132.4	0.4	2.9	64.2	43.3
Hydrobia ulvae	wadslak	0.2	0.8	13998.9	1058.3	0.0	0.8	84.9	32.6
Lanice conchilega	schelpkokerworm	0.1	0.5	34.9	71.0	3.0	7.7	12.1	25.6
Lepidochitona cinerea	asgrauwe keverslak	0.0	0.0	8.1	1.8	3.2	1.1	5.2	1.3
Littorina littorea	alikruik	0.4	0.0	67.8	0.4	5.8	2.5	9.5	0.3
Macoma balthica	non	2.1	2.2	727.1	120.4	2.9	18.5	86.8	65.0
Magelona papillicornis	franjeworm	0.0	0.0	5.2	2.0	1.3	5.0	6.2	2.6
Malacoceros sp.	(borstelworm)	0.0	0.0	8.4	11.2	0.2	0.2	3.2	2.6
Melita sp.	(vlokreeft)	0.0	0.0	2.2	8.0	0.5	5.0	0.9	3.0
Microphthalmus sp.	(borstelworm)	0.0	0.0	1.5	17.4	1.3	0.1	2.2	10.6
Mya arenaria	strandgaper	1.1	0.3	17.3	2.5	65.4	108.4	31.1	5.0
Mysella bidentata	tweetandmossel	0.0	0.0	8.5	4.5	0.5	0.9	7.8	5.0
Mytilus edulis	mossel	6.5	7.3	55.7	5.5	116.4	1319.6	19.3	5.6
Nemertinae sp.	gemshoornworm	0.0	0.0	9.1	4.5	1.5	1.8	8.1	4.3
Nephtys sp.	zandzager	0.3	0.7	76.8	58.1	3.5	11.4	53.1	56.6
Nereis sp.	zeeduizendpoot	0.6	0.8	424.9	253.6	1.3	3.3	63.9	57.3
Oligochaeta	(ringworm)	0.4	0.2	3771.4	2790.5	0.1	0.1	78.0	69.6
Ophelia sp.	(borstelworm)	0.0	0.0	17.1	8.0	0.2	0.1	3.6	1.3
Polydora sp.	slikkokerworm	0.1	0.0	222.9	36.0	0.2	0.4	29.1	19.3
Pygospio elegans	zandkokerworm	0.3	0.1	2955.3	724.5	0.1	0.1	89.5	64.6
Retusa sp.	Oubliehoren	0.0	0.0	58.9	11.2	0.3	0.3	34.4	10.3
Scoloplos armiger	wapenworm	0.1	0.9	808.9	1357.2	0.1	0.7	90.4	87.3
Scolelepis sp.	(borstelworm)	0.0	0.0	30.5	1.8	0.8	6.7	8.1	2.0
Scrobicularia plana	slijkschelp	0.9	0.3	13.1	12.4	65.6	20.8	11.4	10.3
Spiophanes bombyx	(kokerworm)	0.0	0.0	57.3	30.8	0.7	0.7	17.3	16.6

Spio filiformis	(borstelworm)	0.0	0.1	157.5	662.2	0.1	0.1	31.8	57.3
Spisula sp.	strandschelp	0.0	0.0	9.7	0.2	0.3		3.6	0.3
Streptosyllis sp.	(borstelworm)	0.0	11.5	22.6	0.4	0.2		2.9	0.6
Latijnse naam	**Nederlandse naam**	**Biomassa (g/m2)**		**Dichtheid (n/m2)**		**Gewicht (mg)**		**Frequentie (%)**	
		1985	1989	1985	1989	1985	1989	1985	1989
Tellina sp.	tere platschelp	0.04	5.1	5.2	5.0	11.7	4.8	3.9	5.6
Tharyx marioni	(borstelworm)	0.21	1220.8	1623.3	818.3	0.2	0.2	60.3	47.0
Urothoe sp.	(vlokreeft)	0.0	40.8	37.9	43.6	0.3	0.3	14.4	17.3

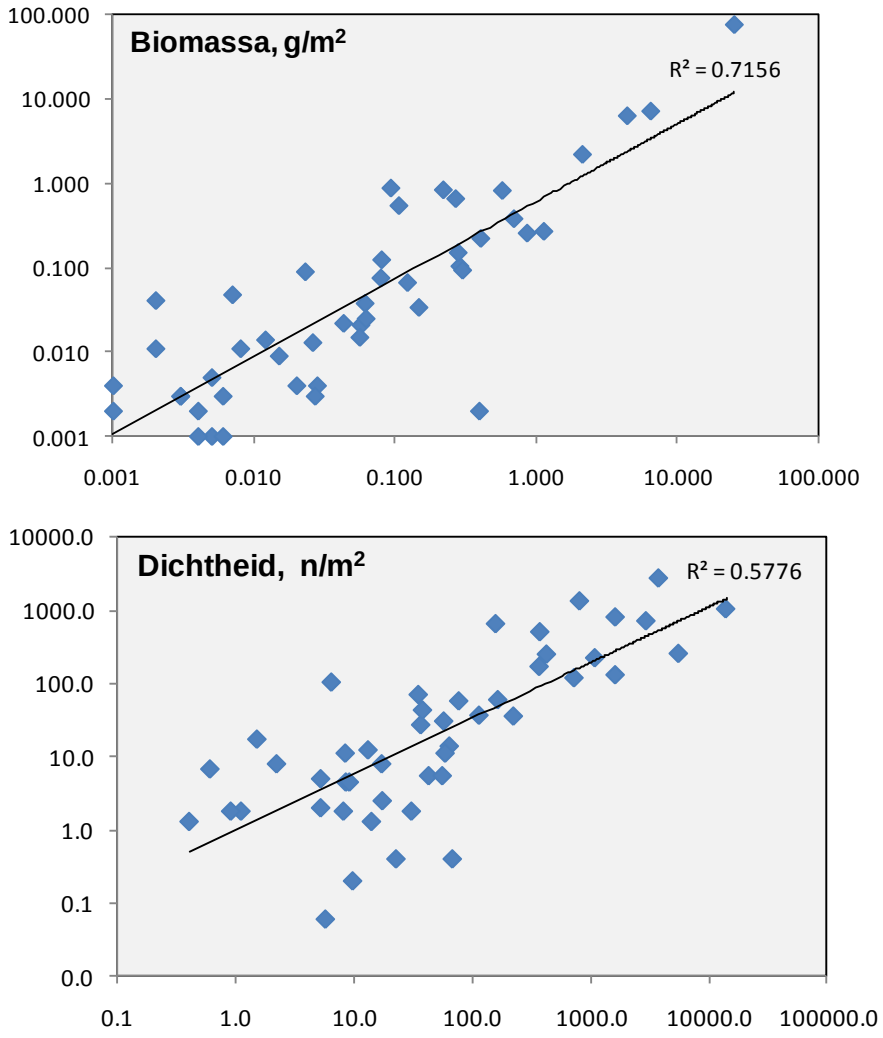
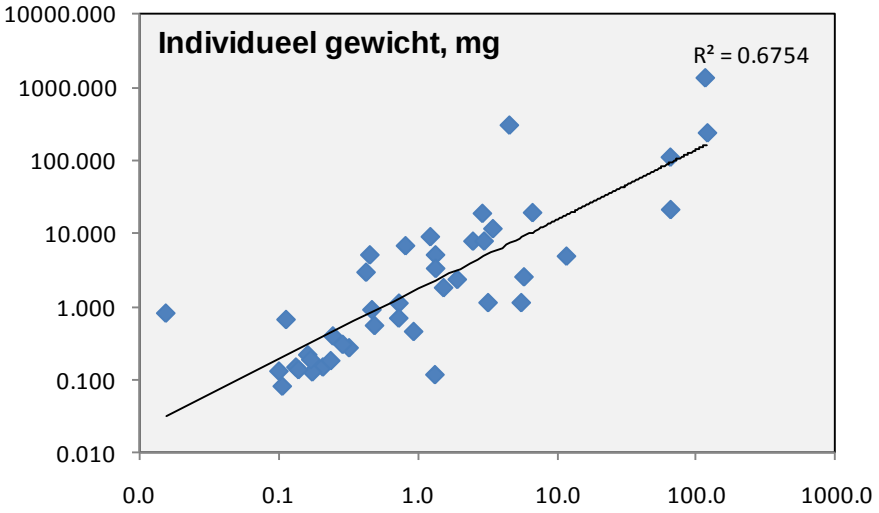


Fig. 25. Biomassa, dichtheid, individueel gewicht en voorkomen in 1989 (vertikaal) uitgezet tegen 1985 (horizontaal); gegevens uit Tabel 6. Beide schalen zijn logaritmisch.

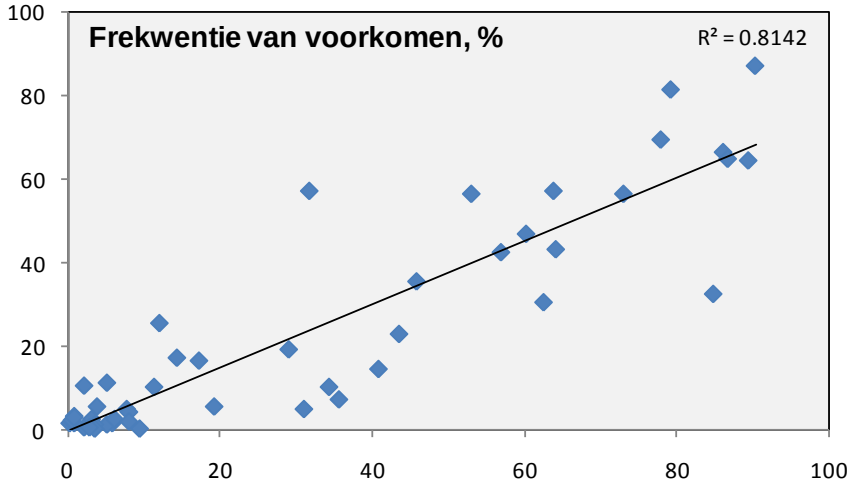
10 soorten met grootste bijdrage aan biomassa (gemiddeld >0.33 g/m^2) in 1985 en 1989:
Wadpier, kokkel, draadworm, wadslak, non, strandgaper, mossel, zandzager, zeeduizendpoot, wapenworm, slijkschelp.

10 talrijkste soorten (gemiddeld >423 ex/m^2) in 1985 en 1989:
kniksprietkreeft, slangpier, kokkel, draadworm, wadslak, non, Oligochaeta (ringwormen), zandkokerworm, wapenworm, *Spio filiformis* (borstelworm), *Tharyx marioni* (borstelworm).



10 zwaarste soorten (gemiddeld zwaarder dan >5.4 mg) in 1985 en 1989:
Wadpier, strandkrab, kokkel, schelpkokerworm, non, strandgaper, mossel, zandzager, slijkschelp, tere platschelp.

Fig. 25-vervolg



10 meest voorkomende soorten (voorkomend in >54% van de monsters) in 1985 en 1989:
wadpier, slangpier, kokkel, wadslak, non, zandzager, zeeduizendpoot, Oligochaeta (ringwormen), zandkokerworm, wapenworm.

Meire *et al.* (1994) laten zien dat er grote regionale verschillen waren, met de hoogste biomassa op Galgeplaat en Roggenplaat (in beide jaren variërend tussen 60 en 120 g/m^2), maar veel lagere waarden in de Krabbenkreek (30 en 40 g/m^2 in beide jaren). Escaravage *et al.* (2003) hebben recentere gegevens gebruikt om het voorkomen van de bodemdieren in de Oosterschelde te beschrijven. Hun analyse is gebaseerd op monsters die tusen 1994 en 2002 genomen zijn op de zuidelijke Roggenplaat, de Slikken van Viane en in de Kom. In elk van de drie deelgebieden is de kokkel dominant met 10 tot 26 g/m^2 (Tabel 7). De overige soorten nemen 13-17 g/m^2 voor hun rekening. De totale biomassa op de Slikken van Viane ligt in dezelfde orde van grootte als in 1985 en 1989. Een vergelijking tussen hun monsterresultaten (Tabel 7) met de onze (Tabel 4) laat opnieuw zien dat de meeste soorten, met uitzondering van de wadpier, relatief weinig voorkwamen op de onderzoeksplekken in 2009.

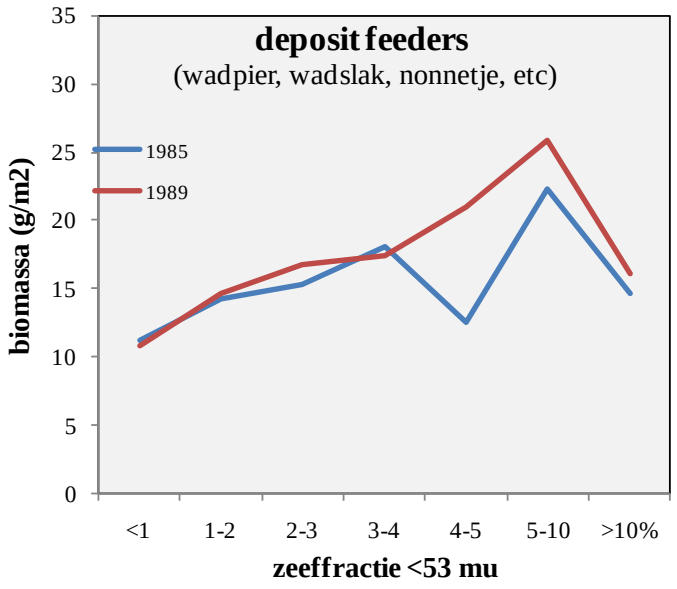
Tabel 7. *Gemiddelde biomassa (g/m^2) van de zes soorten die het meest bijdragen aan de biomassa in het intergetijdengebied voor drie locaties in de Oosterschelde in 1994-2002. De Monding betreft de zuidrand van de Roggenplaat, Keeten (vooral de Slikken van Viane) en de Kom (de slikken N en NW van de Rattekaai). Bron: Escaravange* et al. *(2003).*

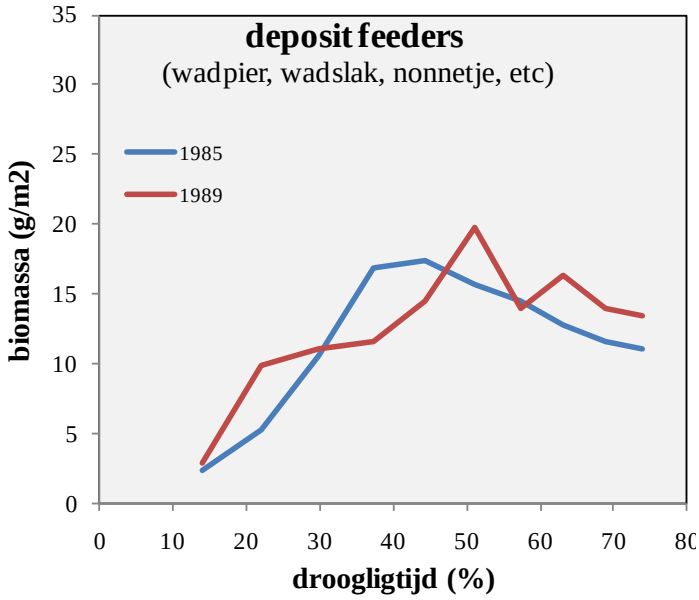
Monding		Keeten		Kom	
kokkel	11.1	kokkel	26.3	kokkel	10.0
wadpier	2.6	strandgaper	4.2	wadslak	9.0
zeeduizendpoot	1.9	wadslak	4.1	wadpier	3.8
platte slijkgaper	1.6	wadpier	2.5	strandgaper	0.6

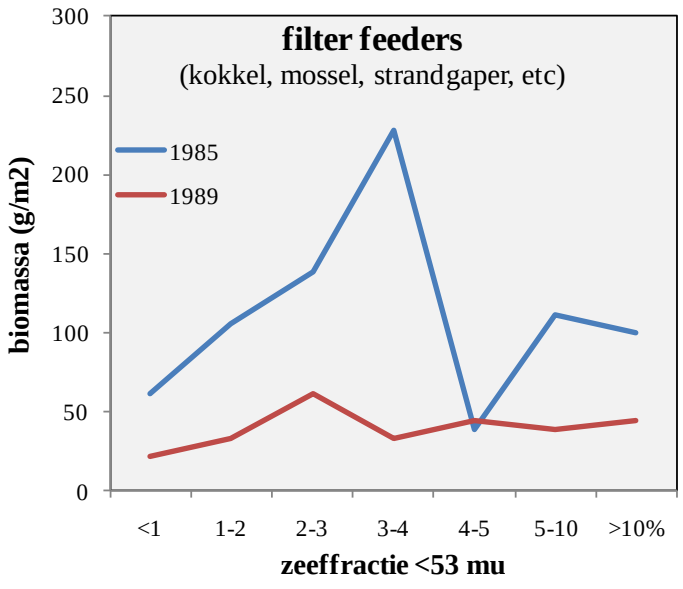
schelpkokerworm	1.4	alikruik	1.7	non	0.4
non	1.0	platte slijkgaper	0.8	zandzager	0.4
overig	4.9	overig	4.0	overig	1.2
som	24.5	som	43.6	som	25.4

Meire *et al.* (1994) geven ook de biomassa per hoogte en per bodemgesteldheid. De biomassa wordt echter niet per soort gegeven, maar gegroepeerd voor soorten die voedsel uit het water filteren en soorten die afhankelijk zijn van het voedsel dat ze in en op het substraat vinden. Hun gegevens zijn weergegeven in Fig. 26-links. Deposit-feeders zijn minder algemeen in substraat met grover zand. Fijn zand was toen vooral te vinden nabij mosselbanken als gevolg van de luwte die deze banken gaven en vooral dankzij de pseudofaeces die de mossels produceren. Het resultaat van dit verband moet daarom waarschijnlijk vooral aan deze omstandigheid worden toegeschreven (Dick de Jong, mond. med.). Bij filter feeders is er nauwelijks of geen verband met de zandfijnheid.

De monsters uit 1985 en 1989 laten ook zien dat deposit feeders nauwelijks voorkomen nabij de laagwaterlijn en de hoogste biomassa bereiken rondom NAP. Filter feeders hebben hun hoogste biomassa bij een droogligtijd van ca 30% (Fig. 26-rechts).







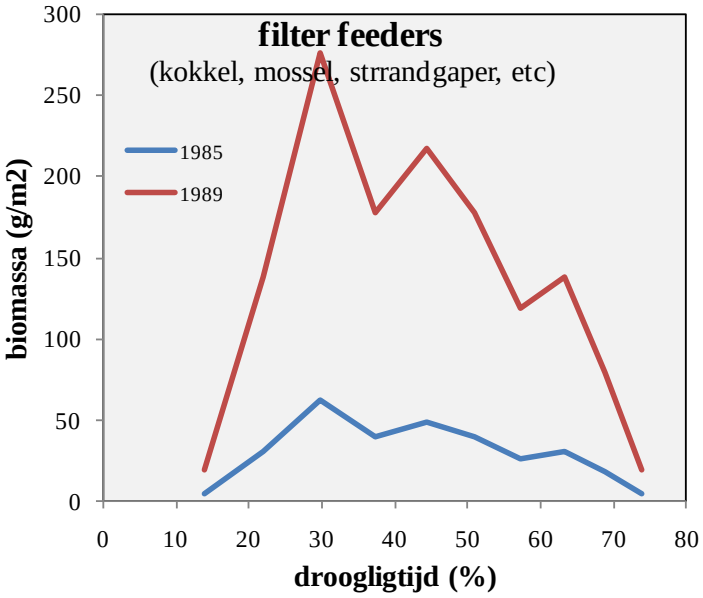


Fig. 26. *De gemiddelde biomassa in 1985 en 1989 als functie van de bodemgesteldheid (links) en de droogligtijd (rechts), apart gegeven voor deposit feeders, zoals wadpier, wadslak, non (boven), en filter feeders, zoals kokkel, mossel en strandgaper, die voedsel uit het bovenliggende water filteren (beneden). Alle originele data zijn te vinden in Meire* et al. *(1994). Zij geven de biomassa's per hoogte; dat is hier omgerekend naar droogligtijd.*

Met diverse statistische analyses laten Meire *et al.* zien dat alle factoren los van elkaar een rol spelen. Om de gegevens goed op waarde te kunnen schatten zouden de 300 monsters opgesplitst moeten worden in simpele kruistabellen om na te kunnen gaan in hoeverre het effect van de bodemgesteldheid mogelijk verdwijnt, wanneer de gemiddelde biomassa wordt opgesplitst naar droogligtijd en zandfijnheid. Op dezelfde wijze zou ook zijn na te gaan in welke mate het grote verschil tussen de Krabbenkreek enerzijds en de Roggenplaat plus Galgeplaat anderzijds is terug te voeren op verschil in bodemgesteldheid en (wellicht vooral) droogligtijd.

Ook Escaravage *et al.* (2003) relateren het voorkomen van de soorten aan de hoogteligging en de bodemgesteldheid. Ze maakten daarbij gebruik van logistische regressie-analyses waarbij het wel of niet voorkomen van een soort in een monster als maat werd genomen De Figuren 27 en 28 geven voor twee maal zes soorten een relatieve maat van hun voorkomen in relatie tot de hoogteligging en de bodemgesteldheid. Ook hier is het zinnig de bestaande data te heranalyseren om te weten te komen in hoeverre het voorkomen van soorten wordt bepaald door overstromingsduur/droogligtijd onafhankelijk van bodemgesteldheid en locatie binnen de Oosterschelde, enz. Hun statistische analyses geven wel enig inzicht in de mate waarin diverse factoren een rol spelen, maar niet de noodzakelijke basisgegevens, op basis waarvan kwantitatieve uitspraken kunnen worden gedaan.

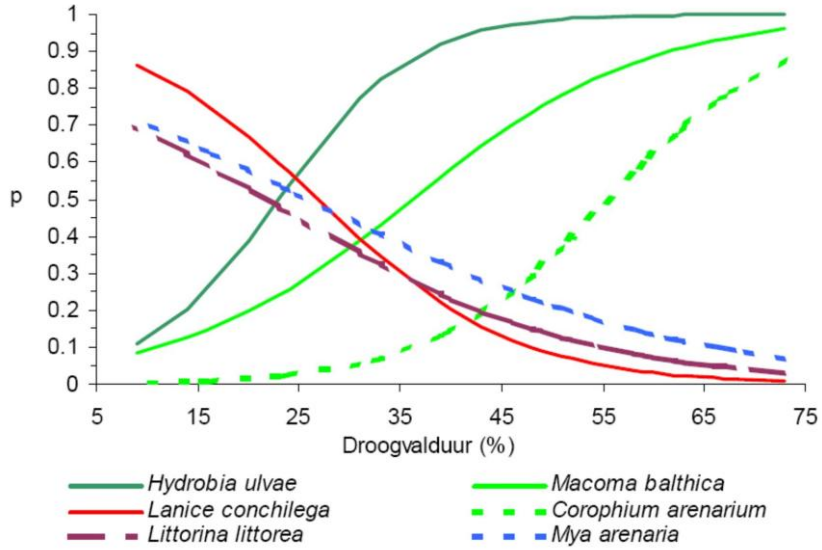


Fig. 27. *Relatief voorkomen van zes soorten in de Oosterschelde waarvan er drie laag in de getijdenzone voorkomen (schelpkokerworm, strandgaper en alikruik) en drie hoog (nonnetje, slijkgarnaal, wadslak). Bron: Escaravage* et al. *(2003).*

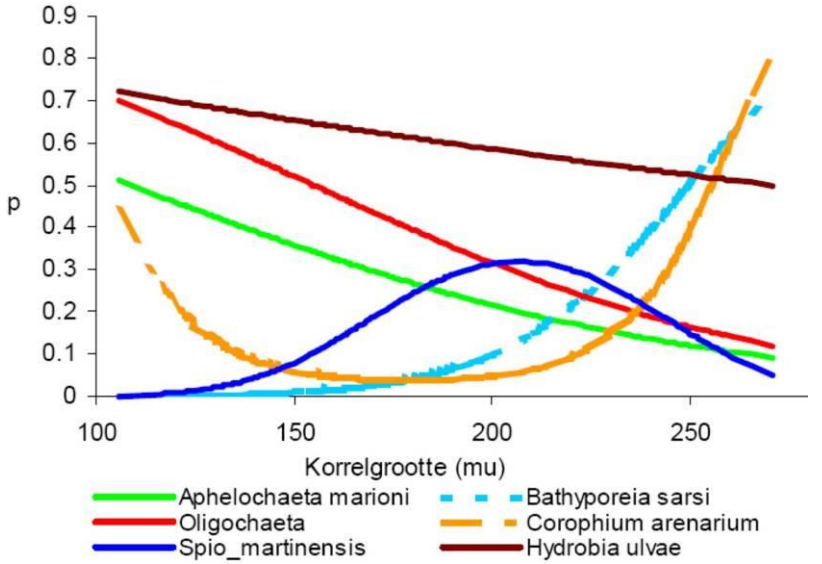


Fig. 28. *Relatief voorkomen van zes bodemdieren (ringwormen (samengenomen), twee borstelwormen, kniksprietkreeft slijkgarnaal en wadslak) als functie van de bodemgesteldheid. Bron: Escaravage* et al. *(2003).*

Vogeldichtheid

De vogeltellingen zijn uitgevoerd tussen half juli en eind augustus. Dat is de periode dat de meeste steltlopers vanuit hun broedgebied terugkeren naar de voedselgebieden langs de getijdenkusten. In de Oosterschelde verschijnen eerst de Scholeksters en Wulpen, daarna de Zilverplevieren, Rosse grutto's, Tureluurs, Groenpoten en Steenlopers en daarna de Kanoeten en Bonte Strandlopers (Fig. 29). In augustus zijn er gemiddeld 8 steltlopers per ha aanwezig, tegen 10-14 in de periode oktober-februari.

De verspreiding van de steltlopers in de Oosterschelde vertoont een nog steeds niet begrepen seizoensverschuiving. In de nazomer concentreren de steltlopers, met uitzondering van de Scholekster en de Wulp, zich elk jaar voor het grootste deel in de Monding (Roggenplaat) om pas later in het seizoen in het midden en oostelijk deel van de Oosterschelde te verschijnen. Prop (1999) speculeert dat dit mogelijk verklaard kan worden met timing van de rui en/of met strategische ligging. Steltlopers ruien in de nazomer en zouden dan een grotere behoefte hebben aan rust (en zich daarom concentreren op de Roggenplaat) en trekken vooral langs de kust (en zouden daarom een voorkeur hebben voor de monding van de Oosterschelde). Een derde verklaring – verschil in voedselaanbod- zou nader onderzocht moeten worden.

Er is in de Oosterschelde een tweede opvallende verschuiving gaande. De Scholeksters zijn sterk afgenomen, maar dat geldt vooral voor de winteraantallen. Ze nemen tegenwoordig al af na oktober (zie Fig. 29), terwijl vroeger de aantallen constant bleven tot het einde van de winterperiode. Zoals we nog zullen bespreken in de paragraaf 'prooikeuze' is er te weinig voedsel in de winter en speelt dat niet of minder een rol in de zomer en vroege herfst.

De gemiddelde laagwaterdichtheid in de 10 waarnemingsgebieden was 7.2 steltlopers/ha en 2.8 meeuwen/ha. Wanneer rekening wordt gehouden met de niet-representatieve dichtheidsmeting voor de Krabbenkreek en Tholseinde ('s ochtends vroeg zonder verstoring en daardoor veel vogels), komen we uit op gemiddeld ongeveer 6.5 steltlopers/ha. Dat ligt in dezelfde orde van grootte als gemiddeld voor juli-augustus, gerekend over de hele Oosterschelde (Fig. 29).

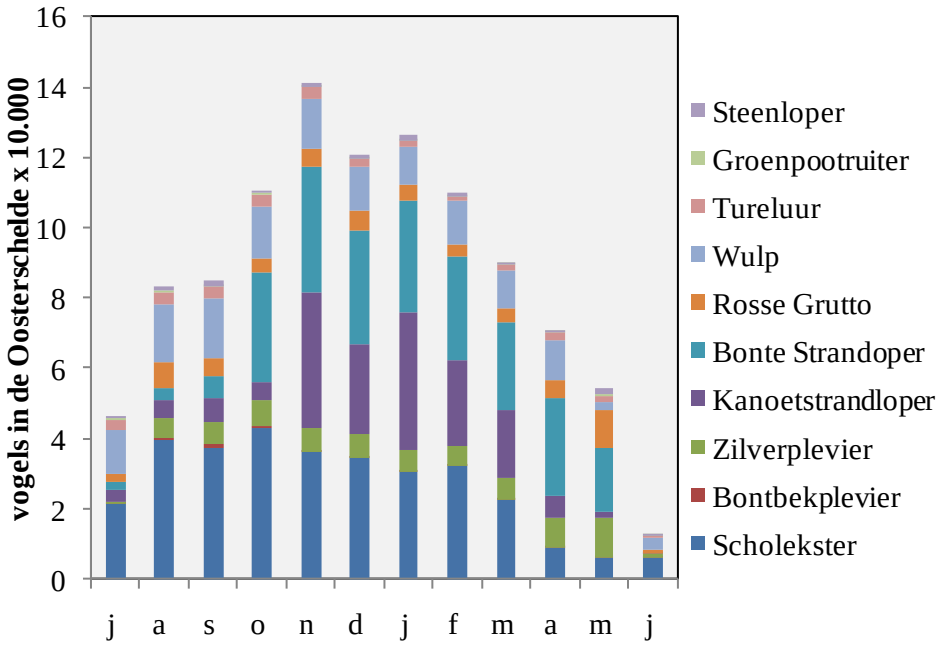


Fig. 29. Het seizoensverloop van de aantallen steltlopers in de Oosterschelde, geteld tijdens de maandelijkse tellingen tussen juli 2005 en juni 2006. Bron: Strucker et al. *(2007). De aantallen langs de y-as zijn gegeven als tienduizendtallen. Omdat het oppervlak van het intergetijdengebied in de Oosterschelde 11000 ha bedraagt, kan de grafiek ook (bijna) worden gelezen als aantal per ha intergetijdengebied.*

De vogeldichtheid tijdens laagwater is in sterke mate afhankelijk van de droogligtijd, met meer vogels op de lagere platen (Fig. 18). In de Waddenzee werd ook gevonden dat de laagwaterdichtheid maximaal is bij een droogligtijd van 30-40% en lager op de hogere en lagere delen van het wad (Fig. 30-boven). Misschien vertoont de vogeldichtheid in de Oosterschelde een zelfde klokvormig verband met de droogligtijd. Voor alle droogvalcategorieën waren minimaal 24 vakjes beschikbaar (Fig. 2), maar er was slechts 1 vakje met een droogligtijd van 20% (dus het hoge aantal daar werd aangetroffen was wellicht niet representatief).

Helaas kunnen we niet veel zeggen over de relatie tussen vogeldichtheid en bodemgesteldheid. In de Waddenzee is er een prachtig verband, met de meeste vogels in gebieden met 3-5% lutum en minder vogels

op het meer zandige en meer slibrijke wad (Fig. 30-beneden). Omdat de Waddenzee-metingen betrekking hebben op een groot aantal proefveldjes kunnen de gegevens worden opgesplitst, zodat het effect van hoogteligging en bodemgesteldheid onafhankelijk van elkaar kunnen worden geanalyseerd. Beide variabelen blijken inderdaad los van elkaar een rol spelen. De relatie tussen vogeldichtheid en bodemgesteldheid is bijv. niet identiek voor de hoog en laag gelegen zone (zie voor details Blomert 2002). Voor de Oosterschelde speelt dat waarschijnlijk allemaal niet omdat de verschillen in bodemgesteldheid veel kleiner zijn. We mogen wèl aannemen dat de vogeldichtheid op grofzandig (=voedselarme) substraat (veel) lager zal zijn dan op substraat met fijner zand.

Laagwatertellingen zijn eerder verricht in de Oosterschelde. Wijsman *et al.* (2007) deden in november en december 2006 vogeltellingen in 12 vakjes van gemiddeld 3.5 ha op en nabij Japanse oesterbanken op de Vondelingen(=Galge)plaat en in de Zandkreek. Ze vonden opvallend hoge dichtheden, met Bonte Strandloper, Scholekster en Wulp als de meest algemene soorten. Op de Japanse oesterbanken bereikten de meeste soorten een hogere dichtheid dan op de omringende slikken. Geene & Goedbloed (2007) deden in oktober 2007 laagwatertellingen op de Roggenplaat en Galgeplaat in 8 vakjes van 2.2 ha. Hun telvakken op de Roggeplaat, overeenkomend met onze plek 'Roggenplaat-centraal' (Fig. 9), waren erg vogelrijk (25-95 vogels per ha) met veel Scholeksters, Wulpen, Rosse grutto's, Zilverplevieren, Kanoet en Bonte strandlopers. Op de Galgeplaat waren 20-30 vogels per ha aanwezig, vooral Scholeksters en Wulpen.

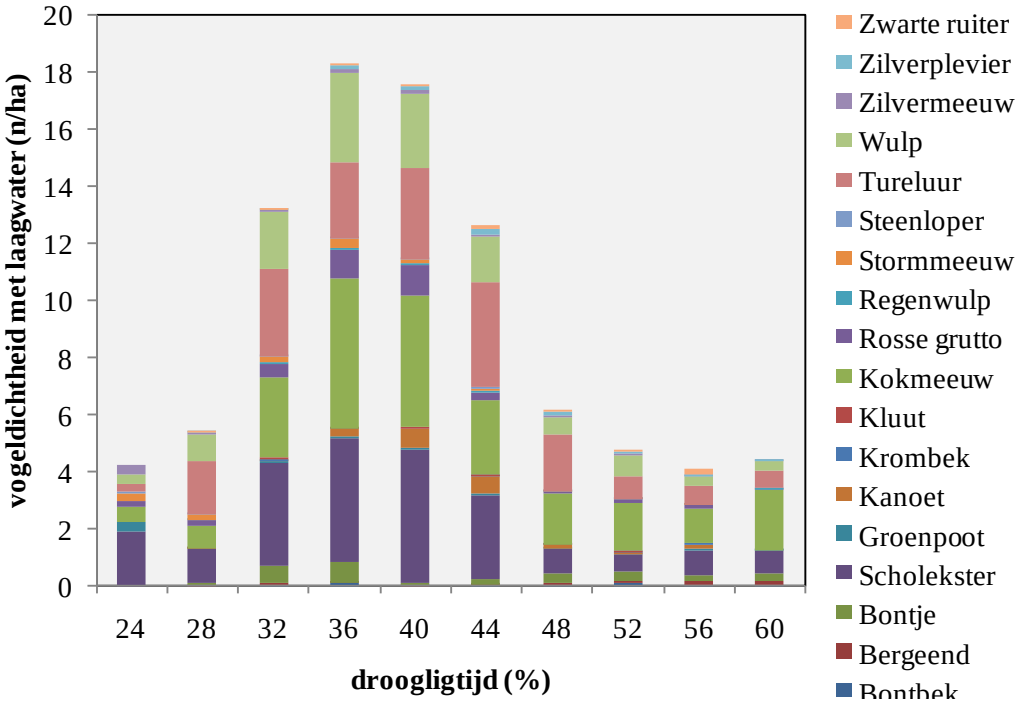
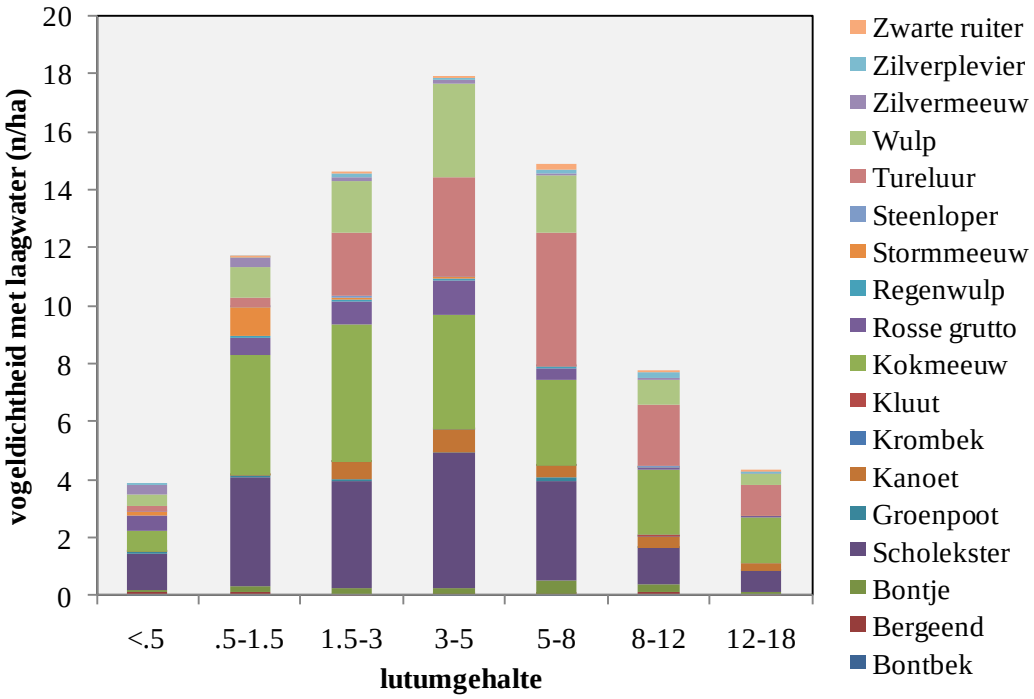


Fig. 30. *De vogeldichtheid tijdens laagwater (2 uur voor tot 2 uur na laagwater) in de Waddenzee als functie van de droogligtijd (boven) of bodemgesteldheid (lutumgehalte; beneden) in de periode 1 juli – 15 september (Zwarts ongepubliceerd). De gemiddelde vogeldichtheid is gebaseerd op laagwatertellingen verricht in 1557 meetveldjes van vrijwel altijd 0.1 ha, waar per vakje meestal ongeveer 50 tellingen zijn verricht.*



Vogels en hun voedsel in het intergetijdengebied

Als Wulpen alleen strandgapers hadden gegeten en Scholeksters alleen kokkels, dan was het verhaal heel simpel geweest. Beide prooien vinden we alleen laag in de intergetijdenzone (Fig. 16) en daarom foerageren beide vogelsoorten met laagwater alleen daar (Fig. 18). Maar beide soorten eten ook wadpieren (Fig. 22) die ook hoog binnen de getijdenzone wordt aangetroffen (Fig. 16). De vraag is dus waarom zijn ze daar zo schaars? Mogelijk kunnen ze genoeg voedsel vergaren op de laaggelegen voedselgebieden en kunnen ze de minder voedselrijke, hoge zone links laten liggen. Een alternatieve verklaring heeft weinig te maken met het voedselaanbod, maar alles met menselijke verstoring op de Dortsman (Fig. 20). Een andere verklaring is dat de vogels achter de waterlijn aanlopen met afgaand water en zich met opkomend water laten opdrijven (Fig. 21) en daarom met laagwater op de lage slikken talrijker zijn. Een vogelsoort onttrekt zich echter aan die regel: de Kokmeeuw. Waarom zijn er zo veel Kokmeeuwen die hoog in de getijdenzone foerageren? Daarvoor zijn twee verklaringen. Ten eerste zijn ze minder schuw dan steltlopers en hebben ze minder last van de verstoring op Dortsman. De tweede verklaring is dat hun voedsel, de garnaal (Fig. 16), hoog in de getijdenzone talrijker is dan laag in de getijdenzone (zie bijlage 2, hier samengevat in Fig. 31-links). Wanneer een selectie wordt gemaakt voor de telvakjes op de Dortsman is de dichtheid van de Kokmeeuw meer dan 2 Kokmeeuwen per ha waar het gebied 60 of 70% van de tijd droogligt, tegen bijna 0 vogels in de lage vakjes (Fig. 31-rechts).

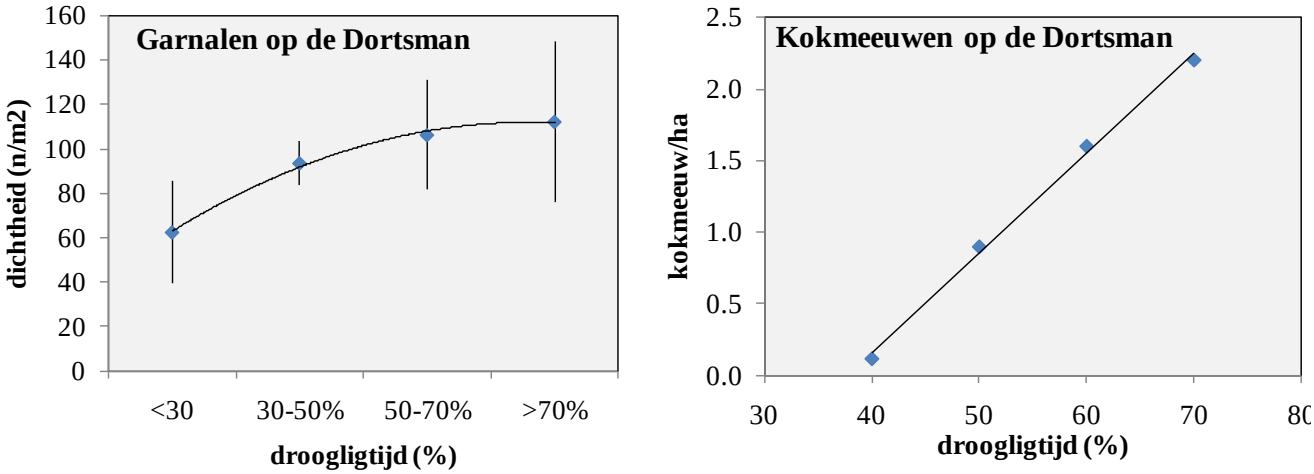


Fig. 31. De dichtheid van de garnalen per m2 op 1 augustus (links) en de foerageerdichtheid van de Kokmeeuwen per ha in juli, beide gemeten op de Dortsman. Voor de Garnalendichtheid, zie verder bijlage 2. De Kokmeeuwen-dichtheid is gebaseerd op de tellingen die zijn gedaan op de twee waarnemingsplekken op de Dortsman.

In dit geval is het eenvoudig om de predatiedruk uit te rekenen. Kokmeeuwen wegen 280 gram. Aangezien de voedselopname is af te leiden uit het lichaamsgewicht, weten we dat de vogel per dag 18.8 gram droog vlees moet eten. De meeste garnalen waren 7-12 mm lang (Fig. A-7). Uitgaande van een gemiddelde prooigrootte van 10 mm, zou elk gegeten garnaal 2 mg vlees opleveren. Dat betekent dat elke Kokmeeuw 9400 garnalen per dag zou moeten eten. De dichtheid van de Kokmeeuwen is 2 vogels per ha (Fig. 31-rechts), dus de vogels ontrekken per dag 2 garnalen per m^2. Er zijn gemiddeld 80 garnalen per m^2, dus van deze voedselvoorraad zou ongeveer 2.5% per dag worden weggegeten. Dat is nog meer omdat ook de Groenpoten, Regenwulpen, Wulpen garnalen eten, maar dat stelt niet veel voor omdat deze vogels op de Dortsman in juli en augustus niet veel voorkomen.

Een predatiedruk van 2.5% per dag is extreem hoog als we het vergelijken met de predatiedruk zoals die gemeten is bij wadvogels die op bodemdieren foerageren. Dat ligt meestal in de orde van grootte van 40% per jaar, dat wil zeggen 0.1% per dag. Kokmeeuwen zouden met de geconstateerde predatiedruk in staat zijn om binnen anderhalve maand alle garnalen op te eten. Het zou echter kunnen zijn dat er in de loop van juli nog steeds nieuwe aanwas is van jonge garnalen. Bovendien overschatten we de predatiedruk enigszins omdat meeuwen in deze maanden een deel van het voedsel binnendijks (kunnen) vergaren. Daardoor wordt de relatieve predatiedruk minder extreem, maar het blijft nog steeds heel erg hoog.

Prooikeuze

Bij de bespreking van Tabel 6 en Fig. 25 werd geconcludeerd dat de meeste bodemdiersoorten te klein zijn om als prooi te fungeren voor de aanwezige wadvogels. Deze bewering kan voor diverse soorten worden onderbouwd met veel literatuur, maar het kan ook in één enkele grafiek inzichtelijk worden gemaakt. Het metabolisme van organismen is logaritmisch gerelateerd aan het gewicht (exponent ¾.) De voedselopname per tijdseenheid bij wadvogels is ook een exponentiële functie van het lichaamsgewicht, maar de exponent is niet ¾ maar 1 (Fig. 32). De reden is dat, zoals nog wordt besproken in de volgende paragraaf, de dagelijkse foerageertijd negatief is gecorreleerd met het lichaamsgewicht (exponent -¼). Bovendien blijken grotere wadvogels minder prooien per tijdseenheid te eten dan kleine soorten (Fig. 33-boven). Als gevolg daarvan is de gemiddeld prooigewicht per vogelsoort niet evenredig met de gewicht van de vogelsoort. De kleinere vogelsoorten eten zelfs nog kleinere prooien dan, gegeven hun lichaamsgewicht, al verwacht mocht worden (Fig. 33-beneden). De resultaten die in deze figuur worden getoond hebben betrekking op een waddengebied in Mauritanië, de Banc d'Arguin.

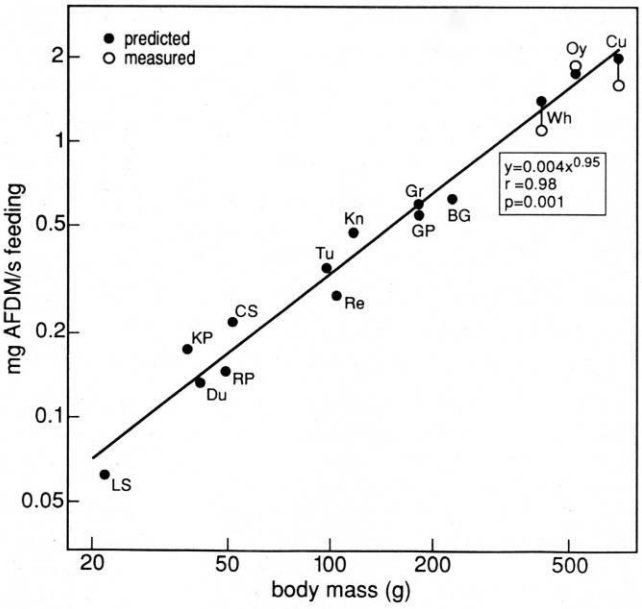


Fig. 32. De opname snelheid (mg droog vlees per sec tijdens het voedselzoeken) als functie van het lichaamsgewicht. Beide schalen zijn logaritmisch. De afkortingen hebben betrekking op de (Engelse) vogelnamen: LS = Kleine Strandloper, Du = Bonte Strandloper, Re = Tureluur, BG = Rosse grutto, Coy =Scholekster, Cu = Wulp. Bron: Zwarts et al. *1990a. De gemeten voedselopname bij Wulp, Scholekster en Regenwulp heeft betrekking op studies die zijn verricht op de Banc d'Arguin (Mauritanië).*

In dit waddengebied zijn grote prooien zeldzaam en kleine prooien zeer talrijk en eten de vogels daarom kleine prooien die ze in NW Europa negeren. De kleinste wadvogel die in NW Europa voorkomt is de Bonte strandloper. Deze soort eet prooien van ca 1.5 mg. Grotere vogels eten grotere prooien. Meestal eten Scholeksters prooien van 20 tot 800 mg. Wulpen eten zelfs nog grotere prooien van meestal 100 tot 300 mg. Daarmee blijven er voor deze grote wadvogels maar een paar soorten over uit de soortenlijst die gegeven is in Tabel 6.

De minimale prooigrootte kan ook op een andere manier worden geschat. Wadvogels die prooien stuk voor stuk op moeten pikken, blijken niet meer dan 1 prooi per seconde (kleine vogelsoorten) of 1 prooi per 2 seconde (grote vogelsoorten) in te kunnen slikken. Of prooien nog wel lonend zijn om opgepikt en ingeslikt te worden kunnen we nu uitrekenen, ervan uitgaande dat de opname tijdens het eten van de prooi minstens gelijk moet zijn aan de opnamesnelheid tijdens het voedselzoeken (zoeken + eten van prooien); zie Fig. 32.

Gebaseerd op alle beschikbare metingen, is berekend welke prooigrootte nog minimaal acceptabel is. Het minimale prooigewicht (mg) kan worden beschreven als functie van het lichaamsgewicht van de vogel (W, gram):

$mg = 0.012 \cdot W^{1.2}$ (Zwarts & Wanink 1993).

Volgens deze vergelijking zou een Bonte Strandloper nooit prooien kleiner dan 0.13 mg eten. Voor de Scholekster zou het minimum 2 mg zijn en voor een Wulp 3 mg. De kleinste prooi die ooit door een Scholekster gegeten is zien worden, betrof Kokkels van 8 mm groot die 3.3 mg vlees bevatten. Het ging in dit geval om vogels uit de Oosterschelde die in 1985, door het ontbreken van ander voedsel, volledig waren aangewezen op deze kokkelbroedjes (Meire 1996a) (en daarmee met veel moeite hun dagelijkse energiebehoefte konden dekken). De kleinste prooien die Wulpen eten, meestal tussendoor als ze naar andere, grote, prooien zoeken, wegen 5-10 mg (krabbenbroedjes of sifo's van platte slijkgaper). Zowel bij Scholekster als Wulp is de minimale prooi 2x zo groot als voorspeld bij een zoektijd van 0 seconde.

De conclusie die we hieruit kunnen trekken is dat grote wadvogelsoorten het merendeel van de kleine prooien die na een wadbemonstering op de 1-mm-zeef achterblijft volledig negeren, maar dat de kleinere soorten prooien eten van *c.* 1 mg. Wanneer die kleine prooien in zeer hoge dichtheid voorkomen (zodat de zoektijd per prooi erg klein kan worden) kunnen de prooien nog kleiner zijn. Dit vindt bevestiging in de gepubliceerde analyses van braakballen en maaginhouden van diverse steltlopers.

Nu de prooikeuze voor diverse soorten in juli en augustus 2009 is beschreven, dringt zich de vraag op in hoeverre de gegevens mogen worden geëxtrapoleerd naar andere seizoenen. In de Waddenzee is de prooikeuze van drie soorten uitvoerig bestudeerd: Scholekster, Wulp en Kanoet (samengevat in van de Kam *et al.* 1999). Uit deze studies kan de algemene conclusie worden getrokken dat voedselkeuze van jaar op jaar kan verschillen en dat er een hele duidelijke seizoensvariatie is. Geen enkele wadvogel kan het zich permitteren om afhankelijk te zijn van één, zelfs niet van twee prooisoorten. Daarvoor is de variatie in het prooiaanbod in het intergetijdengebied overal te groot.

Scholeksters hebben in de Waddenzee 's zomers een breder menu dan 's winters. 's Winters eten ze vooral kokkels en mossels, maar 's zomers ook zeeduizendpoten, wadpieren, nonnetjes en platte slijkgapers. Deze prooien verdwijnen uit het menu omdat ze zich dieper ingraven (non, slijkgaper) of minder vaak aan het oppervlak verschijnen (zeeduizendpoot, wadpier; prooien die wanneer ze zich onder in hun hol terugtrekken buiten bereik van de snavel blijven).

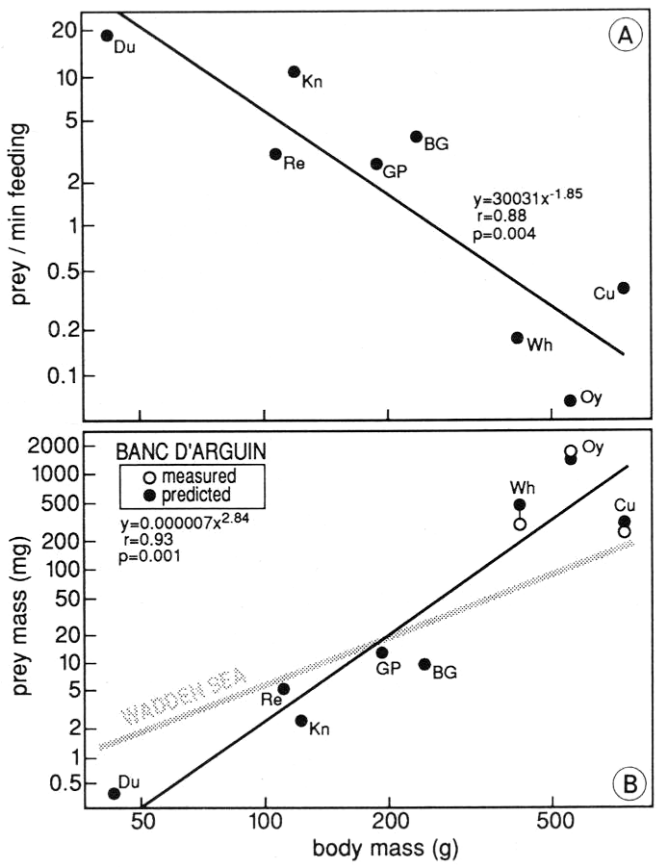


Fig. 33. (A) Aantal prooien gegeten per minuut als functie van het lichaamsgewicht bij diverse steltlopers. (B) Gemiddeld prooigewicht (mg droog vlees). De metingen werden verricht op de Banc d'Arguin, Mauritanië. De grijze lijn geeft de gemiddelden waarden voor de Waddenzee, maar die kunnen als representatief voor NW Europa worden beschouwd. Beide schalen zijn logaritmisch. De afkortingen hebben betrekking op de (Engelse) vogelnamen: Du = Bonte strandloper, Kn = Kanoet, Re = Tureluur, GP = Zilverplevier, BG = Rosse grutto, Wh = Regenwulp, Oy =Scholekster, Cu = Wulp. Bron: Zwarts et al. *1990a.*

Wulpen eten wanneer ze in juli in de Waddenzee aankomen massaal grote strandkrabben. Dat duurt niet langer dan een paar weken, in sommige jaren nog korter. In augustus en september zijn de jonge strandkrabbetjes groot genoeg geworden om als prooi te fungeren. Hetzelfde geldt voor garnalen die in veel mindere mate worden gegeten. Beide prooien verdwijnen in het begin van de herfst van het wad en dus ook uit het menu van de Wulp. In de nazomer eten de Wulpen al veel zeeduizendpoten, wadpieren en strandgapers. In de wintermaanden blijven zeeduizendpoten en strandgapers hun stapelvoedsel (in zoverre ze binnen het bereik blijven van hun snavel, d.w.z. 11-13 cm voor mannetjes en 14-16 cm voor vrouwtjes).

Voor Kanoeten zijn nonnetjes van 8-15 mm een ideale voedselbron. Ook hele jonge strandgapers, kokkels, mossels worden gegeten en als die er niet zijn (wat de laatste jaren meestal het geval is) worden ook wadslakjes gegeten.

Zoals blijkt uit de braakbalanalyses eten in de Waddenzee in de nazomer Zwarte ruiter en Groenpootruiter veel garnalen, kleine krabbetjes en grondeltjes. Ook Tureluurs eten garnalen en krabbetjes, maar daarnaast slijkgarnalen en zeeduizendpoten. Zwarte ruiter en Groenpoot zijn in de nazomer vanuit de Wadden-

zee al naar het warme zuiden vertrokken voordat hun prooien van de platen zijn verdwenen. Tureluurs, die in kleinere aantallen wel overwinteren in de Waddenzee, eten 's winters vooral wadslakjes en zeeduizendpoten.

In de Waddenzee foerageren in de nazomer verschillende vogelsoorten op krabben en garnalen, maar dat is in september afgelopen. Die veranderingen in het menu kunnen we ook begrijpen omdat we weten wanneer de epifauna van de platen verhuist naar de slenken. Ook de andere, eerder genomen seizoensveranderingen in het dieet kunnen we verklaren met de afnemende prooibeschikbaarheid: schelpen die zich dieper ingraven en wormen die minder vaak naar het oppervlak komen.

Mogen we aannemen dat ook bij de vogels in de Oosterschelde eenzelfde soort verschuiving plaats zal vinden in het menu? Voor de Oosterschelde weten we nog niet of de prooikeuze van de wadvogels in de loop van het seizoen verandert en ook niet hoe groot de seizoensvariatie is in de prooibeschikbaarheid. Aannemende dat, net zoals in de Waddenzee (Cadée 1976), ook in de Oosterschelde wadpieren 's winters (veel) minder actief zijn dan 's zomers, kunnen we verwachten dat de wadpier zal verdwijnen uit het menu. Maar mogelijk is dit soort seizoensvariatie afwezig of minder groot. Hetzelfde geldt voor de timing en de mate waarin krabben en garnalen van de platen verdwijnen. Waarschijnlijk worden dit soort processen gestuurd door zeewatertemperatuur (en daaraan gerelateerd voedselaanbod). Als dat zo is, zou de relatieve seizoensafname van het voedselaanbod in de Oosterschelde kleiner kunnen zijn dan in de Waddenzee en zou dat met de hogere zeewatertemperatuur, als gevolg van de klimaatverandering, nog minder kunnen worden. Zonder aanvullende veldmetingen, blijft dat echter ongewis.

Scholeksters in de Oosterschelde bleken in juli en augustus een vrij breed assortiment aan prooien te eten. In de Waddenzee is dat niet anders, maar blijven alleen mossels en kokkels over als winterprooien. Op de Slikken van Viane was dat ook zo (Meire 1996b). In de Oosterschelde is de mossel verdwenen en de kokkel afgenomen. Als ook in de Oosterschelde het dieet van de Scholekster zich in de winter versmalt, kan dit verklaren waarom de Scholeksteraantallen in de winter veel sterker is afgenomen dan in de nazomer en herfst en dat de laatste jaren de Scholeksters vanaf oktober uit de Oosterschelde beginnen weg te trekken. (Voor een recent overzicht waarom de Scholeksters overal zo sterk afnemen: zie Ens *et al.* 2009).

Benodigde foerageerperiode

Uit de vogeltellingen die in juli and augustus werd uitgevoerd werd de conclusie getrokken dat Wulpen 5 uur per laagwaterperiode foerageerden, Scholeksters 6 uur en Kokmeeuwen 8 uur. Helaas hadden we geen Bonte Strandlopers of andere kleine wadvogelsoorten in onze vakken, maar als die er waren geweest, hadden we een foerageerduur van misschien wel 9 uur kunnen verwachten. Grote vogels kunnen langer rusten omdat ze vergeleken met kleine soorten een groter deel van hun dagelijkse totale voedselconsumptie intern kunnen opslaan en dus ook meenemen naar de rustplaats. Met als gevolg dat ze toe kunnen met een kortere foerageertijd.

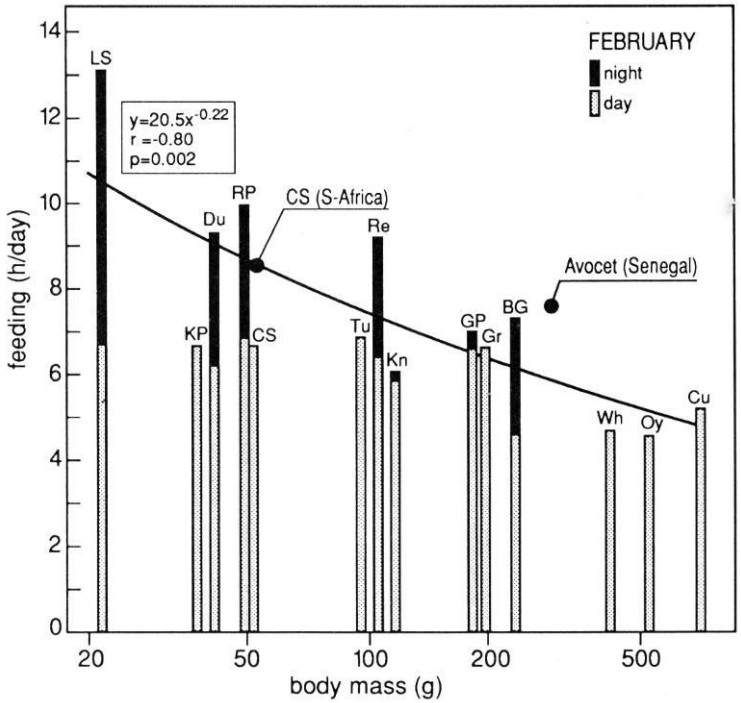


Fig. 34. Het aantal uren per etmaal dat steltlopers 's winters foerageren op de Banc d'Arguin uitgezet tegen (log) lichaamsgewicht. De foerageerduur is opgesplitst voor laagwaterperiodes overdag (witte staaf) en 's nachts (zwarte staaf). De afkortingen hebben betrekking op de (Engelse) vogelnamen: LS = Kleine strandloper, Du = Bonte strandloper, CS = Krombekje, Kn = Kanoet, Re = Tureluur, GP = Zilverplevier, BG = Rosse grutto, Wh = Regenwulp, Oy = Scholekster, Cu = Wulp. Bron: Zwarts et al. *1990b.*

Er zijn meerdere studies gedaan naar de duur van de foerageertijd bij wadvogels, maar in slechts twee studies werden die gegevens ook gedurende de nacht verzameld. Bij de steltlopers die op de Banc d'Arguin overwinteren werd gevonden dat de foerageertijd per dag varieerde tussen 5 uur bij grote soorten als Wulp en Regenwulp en 13 uur bij de kleinste soort, de Kleine strandloper (Fig. 34). De grote soorten foerageerden niet tijdens nachtelijk laagwater, maar de kleine soorten wel. De waarnemingen hadden betrekking op vogels die verkeerden in subtropische omstandigheden, dus in thermoneurale condities (dat wil zeggen omstandigheden waar de vogels geen extra energie behoeven uit te geven om zelf op temperatuur te blijven). Ze behoefden ook geen extra energie op te slaan om op te vetten. Later in het seizoen moeten de vogels wèl gaan opvetten om de terugreis te kunnen maken naar hun broedgebied. Hun gemiddelde gewichtstoename was tijdens het opvetten 1% per dag. Om dat te bereiken moesten ze hun dagelijkse voedselconsumptie met 25% verhogen.

Die 25% hogere voedselconsumptie bereikten de steltlopers op de Banc d'Arguin nauwelijks door hun opnamesnelheid te verhogen, maar vooral door langer te foerageren (Fig. 35). Diverse soorten gingen vooral 's nachts meer voedselzoeken. Zoals Fig. 35 laat zien neemt de totale foerageertijd per etmaal meer toe dan 25%. Blijkbaar is hun opnamesnelheid 's nachts lager dan overdag.

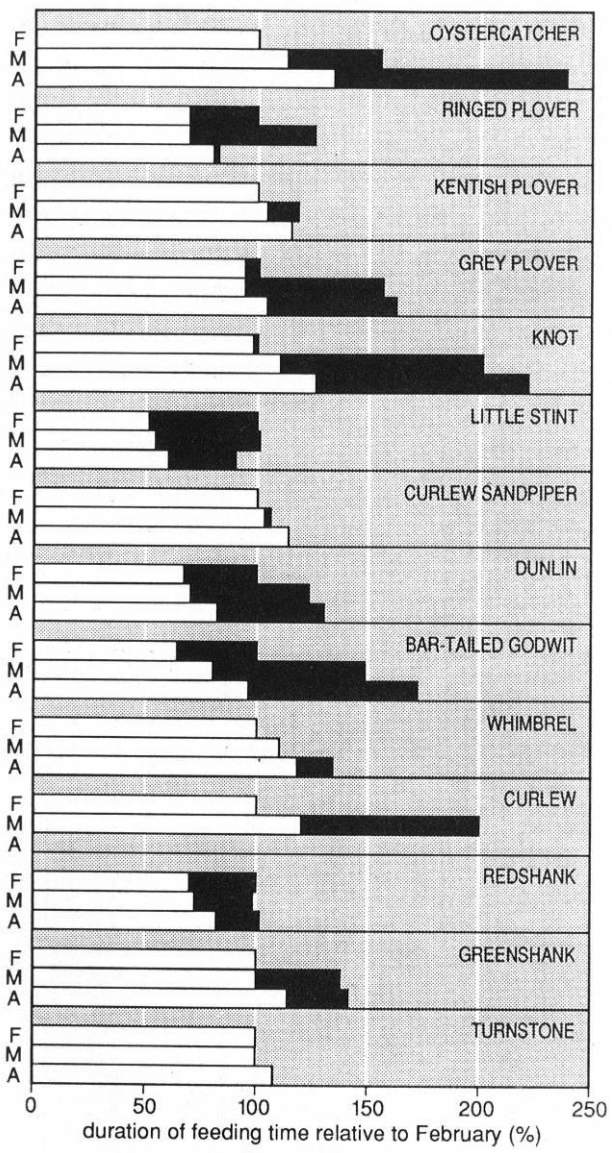


Fig. 35. *De duur van de foerageerperiode per etmaal bij 14 steltlopersoorten op de Banc d'Arguin in februari, maart en april, opgespitst voor dag (witte staaf) en nacht (zwarte staaf). De totale dagelijkse foerageerduur in februari is op 100 gesteld en de foerageerduur in maart en april is gegeven als % t.o.v. deze februari-waarde. In februari hebben de vogels een constant lichaamsgewicht, maar in maart en april zijn ze aan het opvetten (gewichttoename 1% per dag) en moet de voedselopname met 25% omhoog. Bron: Zwarts* et al. *1990b.*

Bij Wulpen in de Waddenzee werd zowel de dagelijkse voedselconsumptie als de tijdbesteding per 24 uur gemeten (Fig. 36). Wulpen kunnen hun energiebehoefte dekken met 400 grote zeeduizendpoten per dag. In augustus foerageren ze daarvoor 6 uur per etmaal, maar in november is dat toegenomen tot 10 uur per etmaal. De reden is dat de vogels door de kortere daglengte steeds meer 's nachts moeten gaan voedselzoeken. Maar omdat hun opnamesnelheid 's nachts 2x lager is dan overdag, moeten ze per dag meer uur besteden aan voedsel zoeken. Nog later in het seizoen, vanaf november, lukt het de Wulpen –vooral de mannetjes– niet langer om voldoende voedsel op het wad te vinden en beginnen ze ook met hoogwater in de weilanden naar regenwormen te zoeken.

Er is erg veel gepubliceerd over hoe vogels door de keuze van hun voedselgebied en van hun dieet hun opnamesnelheid maximaliseren en daardoor hun foerageertijd minimaliseren. Het blijkt dat vogels dit soort zaken goed kunnen afwegen. Ook ten aanzien van de tijdsbesteding geldt dat daarbij een optimale keuze kan worden gemaakt en wel door de foerageerperiode te beperken tot het moment waar hun voedselopname maximaal is. Steltlopers foerageren met laagwater en kunnen dat ´s nachts en overdag doen. Ze kunnen tijdens het opkomende en afgaande water voedselzoeken en ook met hoogwater.

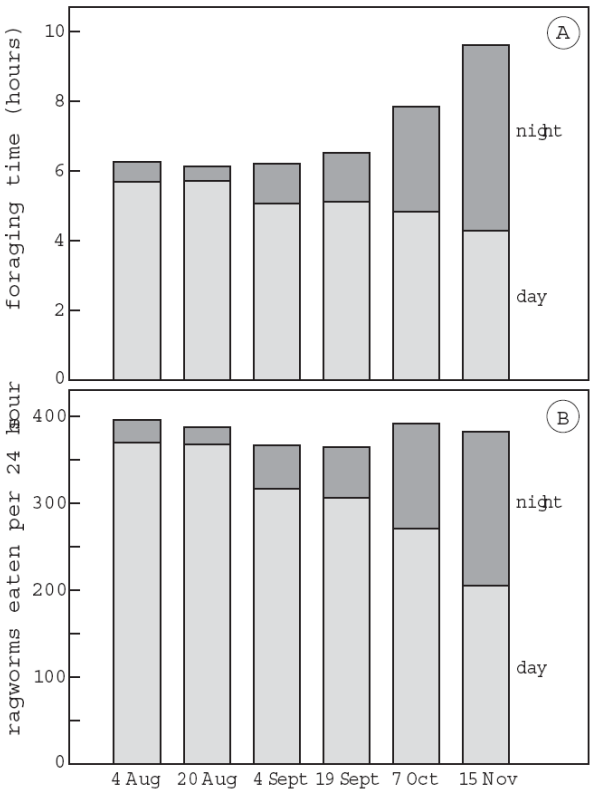


Fig. 36. (A) Foerageertijd van Wulpen langs de Friese kust (Waddenzee) per etmaal, opgesplitst voor dag en nacht, op 6 verschillende dagen tussen begin augustus en half november. (B) idem, maar nu uitgezet het aantal overdag en 's nachts gegeten zeeduizendpoten. Bron: van de Kam et al. *(1999).*

Het meeste voedsel voor de wadvogels is aanwezig in de getijdenzone beneden NAP (Fig. 20, 26). Daar foerageren ook de meeste vogels (Fig. 18, 19, 30). We kunnen gevoeglijk aannemen dat "laagwater–overdag" een optimale foerageerperiode is. Of "laagwater–'s nachts" op de tweede plaats komt, of "opkomend water–overdag"of afgaand water–overdag" weten we niet en zal ook per soort en per situatie verschillen. We weten wel dat de steltlopers in de nazomer de hoge slikken amper benutten, ook op de Rattekaai waar het effect van menselijke verstoring niet speelt, maar dat ze vanaf november tijdens opkomend water zich al foeragerend laten opdrijven tot nabij de hoogwaterlijn (Rob Strucker en Mark Hoekstein, mond. med.). Waarschijnlijk zijn deze hoge slikken sub-optimaal maar zijn de steltlopers 's winters gedwongen om ook daar te gaan foerageren door de lagere opnamesnelheid op het laagwatervoedselgebied en/of de hogere energiebehoefte.

De vraag "hoe lang moeten wadvogels foerageren om hun voedselbehoefte te dekken" is dus niet eenvoudig te beantwoorden. Wat weten we in ieder geval wel?

(1) De dagelijkse voedselbehoefte als functie van de lichaamsgrootte onder thermoneutrale condities is bekend.
(2) We weten hoeveel extra voedsel moet worden opgenomen om op te vetten.
(3) We weten ook hoeveel de energiebehoefte omhoog gaat als de temperatuur daalt. Bij een Steenloper (120 gram) gaat de levenskosten al omhoog als de omgevingstemperatuur daalt onder de 20°C, maar bij een Scholekster (500 gram) is dat pas het geval bij 5°C (Kersten & Piersma 1987). Bij kleinere vogelsoorten zijn de thermoregulatiekosten (=extra energieuitgaven om het lichaam op temperatuur te houden bij lagere omgevingstemperatuur) daarom veel hoger. Dat moet de belangrijkste reden zijn waarom zo veel kleine steltlopers langs de Afrikaanse kust overwinteren, en grote soorten als Wulp en Scholekster 's winters domineren langs de NW Europese kust. Toch zijn er ook in de Oosterschelde 's winters veel Bonte en Kanoetstrandlopers (Fig. 29). Op basis van (1), (2) 3en (3) kan de totale dagelijkse voedselbehoefte in de loop van het jaar globaal worden aangegeven.
(4) We weten dat de voedselopname wordt gelimiteerd door de verwerkingssnelheid. De opnamesnelheid bij de Scholekster is in 253 studies gemeten (Zwarts *et al.* 1996a). De opnamesnelheid blijkt te variëren tussen 1 en 5 mg per seconde als de foerageerperiode korter is dan 6 uur, maar dat daalt tot 1 à 2 mg per seconde als de foerageerperiode langer is dan tien uur. De verklaring is dat het voedsel niet sneller verwerkt kan worden en de vogels als ze sneller eten tegen een limiet aanlopen. Die limiet is voor de Scholekster precies

bekend: de vogel kan maximaal 12 gram droog vlees (80 gram nat vlees) intern opslaan en niet meer dan 0.66 mg/s verteren (Kersten & Visser 1996).

(5) Het voedselaanbod voor de Scholekster is in de zomermaanden zo groot dat de vogels altijd een hoge opnamesnelheid kunnen halen, waardoor de consumptie wordt beperkt door de verwerkingssnelheid. Daarentegen is het voedselaanbod 's winters vaak zo slecht dat de opnamesnelheid wordt beperkt door het voedselaanbod. De vogels kunnen niet sneller eten dan het schaarse beschikbare voedsel hen toestaat. Bij andere steltlopers is dat niet anders (hoewel kwantitatieve gegevens schaars zijn).

(6) De belangrijkste conclusie die we hieruit kunnen trekken is dat vogels tijd nodig hebben om voedsel te vinden en te verwerken. Hoeveel voedsel er ook beschikbaar is, een Scholekster zal na 6 uur foerageren nooit meer dan 25 gram voedsel op kunnen nemen, dat is 70% van wat de vogel dagelijks nodig heeft. Een Scholekster kan daarom (in een getijdensysteem met 2 tijen per etmaal) niet leven op basis van één laagwaterfoerageerperiode per etmaal (Zwarts *et al.* 1996b). Het WEBTICS-model is gebaseerd op deze wetmatigheid en ook toegepast op het zandhongerpobleem (Rappoldt *et al.* 2006).

(7) Hoewel de zandhonger als tijdgebrekprobleem is onderzocht voor de Scholekster, mogen we zonder meer aannemen dat het probleem eerder acuut zal zijn bij de kleinere steltlopersoorten: zij moeten langer foerageren, omdat ze relatief minder voedsel mee kunnen nemen naar de hoogwatervluchtplaats om daar te verteren en 's winters zullen ze bij een lagere temperatuur ook eerder te maken krijgen met een toename van hun thermoregulatiekosten. Het gaat zoals Fig. 29 laat zien om grote aantallen overwinteraars in de Oosterschelde: meer dan 30.000 Bonte Strandlopers en eenzelfde aantal Kanoetstrandlopers.

(8) Op basis van de verzamelde gegevens, zouden al globale richtlijnen kunnen worden geformuleerd aan welke eisen het intergetijdengebied zouden moeten voldoen, i.c. hoeveel de platen en slikken moeten worden opgehoogd om de wadvogels optimale foerageeromstandigheden te bieden en waar dat zou moeten gebeuren:

a. Suppleer waar de kans op menselijke verstoring minimaal is;
b. Suppleer zodra het areaal met een droogligtijd van 20-40% afneemt.
c. Suppleer waar geen hoog gelegen slikken in de buurt liggen.

Vogels kunnen niet voldoende voedsel vergaren als hun voedselgebied te kort beschikbaar is. Op zich is dat geen enkel bezwaar zolang de vogels in de nabijheid andere, hoger gelegen slikken kunnen benutten tijdens opkomend en afgaand water en zodoende hun dagelijkse voedselbehoefte kunnen dekken.

Twee voorbeelden. (1) De Galgeplaat ligt nu al erg laag, maar de vogels die overtijen op Tholen kunnen tijdens opkomend en afgaand water ook terecht op de hoger gelegen slikken van de Dortsman. Zolang dat het geval is, hoeft de erodering van de Galgeplaat nog geen negatieve implicaties te hebben voor de steltlopers. (2) de vogels die foerageren op de lage slikken nabij Tholseinde, vinden verder oostwaarts hogere slikken die – op dezelfde wijze als de Dortsman – supplementair (kunnen) zijn.

Het feit dat we tot dus ver nog geen afname zien van de kleinere steltlopersoorten in de Oosterschelde, suggereert dat er nog voldoende hoge slikken aanwezig zijn.

Omdat we nu al weten, dat de hogere slikken 's winters massaal worden gebruikt, zouden richtlijnen gebaseerd op metingen uit alleen de nazomer misleidend zijn. Bruikbare concrete richtlijnen kunnen daarom nog niet worden gegeven, zolang metingen uit andere perioden van het jaar ontbreken.

Kennisleemten

Van weinig grote watervogelgebieden is zo goed bekend hoe de aantallen vogels fluctueren als van het Deltagebied. De meetserie is ook uniek omdat de maandelijkse tellingen al zoveel jaren op dezelfde wijze worden uitgevoerd. Daar staat tegen over dat basale kennis over de voedselecologie van de betreffende watervogels vrijwel ontbreekt[1] en dat wreekt zich wanneer voorspellingen gedaan moeten worden hoe de vogels zullen reageren op de verlaging van de platen in de Oosterschelde door de 'zandhonger' en welke maatregelen nodig zijn om dit effect te niet te doen.

Welke optimale maatregelen zijn nodig om op een efficiënte wijze de betekenis van de Oosterschelde voor de steltlopers en meeuwen te preserveren? En welke kennis ontbreekt nog om daarbij goede richtlijnen te kunnen geven?

1. Hoeveel uur/etmaal moeten de wadvogels foerageren om hun energiebehoefte te dekken? We verwachten dat de dagelijkse foerageerperiode langer zal zijn bij de kleinere steltlopersoorten. Deze informatie is uiteraard essentieel voordat er richtlijnen kunnen worden gegeven hoeveel de platen moeten worden opgehoogd.
2. In hoeverre benutten de verschillende vogelsoorten de hoger gelegen voedselgebieden binnen de getijdenzone? Ook hier verwachten we dat de kleinere soorten de hogere slikken meer zullen gebruiken. Dit betekent in de praktijk dat de richtlijn gebaseerd zal moeten zijn op de eisen die kleinere vogelsoorten, zoals de talrijk aanwezige Kanoet- en Bonte strandlopers, stellen aan het habitat.
3. Zonder twijfel zal er een grote variatie zijn in benutting van de platen en slikken langs de hoogtegradiënt en zal ook de duur van de foerageerperiode variëren. De al genoemde verwerkingssnelheid stelt een maximum aan de voedselopname en daardoor ook een ondergrens aan de lengte van foerageerperiode, maar als de voedselopname laag is zullen de vogels langer moeten foerageren. Enige kennis van het voedselaanbod en de opnamesnelheid zal die variatie kunnen verklaren. In de richtlijnen moet daarom worden betrokken hoe vaak het voor zal komen dat de vogels op de slikken en platen in de Oosterschelde (te) weinig voedsel aan zullen treffen.
4. We verwachten dat de voedselopname 's winters lager zal zijn dan 's zomers en dat daarom vooral 's winters de vogels de kans lopen dat het voedselgebied te kort beschikbaar is om hun voedselbehoefte te dekken. Aanvullende metingen uit deze periode zijn daarom noodzakelijk.
5. De steltlopers die rond 1 mei uit Afrika aankomen (Zilverplevier, Rosse grutto) vertrekken een paar weken later naar hun Arctische broedgebied. In die tussenliggende periode zullen de vogels om op te vetten hun dagelijkse consumptie met naar schatting 30 to 50% verhogen. Ook bij deze vogels verwachten we dat ze vele uren per dag extra moeten voedselzoeken. (In de nazomer zijn er ook vogels die opvetten om naar Afrika te vertrekken, maar die kunnen niet apart worden onderzocht omdat de doortrek van deze trekvogels over een langere periode plaats vindt en opvettende en niet-opvettende vogels niet te onderscheiden zijn).

Welk veldwerk is nodig om deze vragen te beantwoorden?

1. Grote vogels kunnen worden gezenderd en met een GPS-signaal worden gevolgd en ingemeten. Op die wijze is in de loop van het jaar te volgen waar de vogels zich bevinden, en zou het tijdsbudget (wel/niet aanwezig op het voedselgebied) globaal, maar wel over het hele etmaal en het gehele jaar kunnen worden bepaald. Het probleem is echter dat elke peiling zo veel energie onttrekt aan de batterij dat dit niet frequent kan gebeuren. Voorlopig lijkt dit daarom nog geen begaanbare weg. Bovendien zijn we vooral geïnteresseerd in de kleinere vogelsoorten, - en die kunnen nog niet worden gezenderd.
2. Vogels kunnen worden uitgerust met een draagbare telefoon. Deze technologie is nog helemaal nieuw. Energiegebruik is laag maar de positiebepalingen via de GSM-masten zijn weinig betrouwbaar, dus ook dit lijkt nog niet optimaal.
3. Met video's vanaf hoge palen zou de foerageeractiviteit van alle vogelsoorten op verschillende plaatsen kunnen worden gemeten. Video camera's worden steeds beter (hogere resolutie, ook bij weinig licht nog

[1] Dankzij het werk van Patrick Meire is meer bekend over de voedselecologie van de Scholekster in de Oosterschelde. Daarnaast hebben verschillende studenten vanuit de Universiteit van Gent onderzoek gedaan (o.a. Bogaert 1982: rosse grutto) en hebben in de jaren 1980 een aantal studenten een onderwerp gedaan bij Rijkswaterstaat (o.a. Snoek 1984 (Scholekster – platte slijkgaper), Linders 1985 (Scholekster – mossel), de Jong 1986 (Zilverplevier – zeeduizendpoot), van Eekelen 1987 (Scholekster – kokkel), Verbiest 1988 (voedselbeschikbaarheid wadpier).

goede beeldkwaliteit, ingebouwde beeldstabilatoren, dus ook prima beeld bij trillingen) en ook steeds goedkoper. Te denken valt aan filmpjes van 1 of 2 minuten per kwartier vanaf droogvallen tot onderstromen om te kunnen bepalen hoeveel vogels van de aanwezige vogelsoorten wel en niet voedselzoeken. Binnen het videobeeld zouden met stokjes veldjes kunnen worden uitgezet, zodat de getelde aantallen kunnen worden omgezet in dichtheden. Als deze beelden kunnen worden overgeseind naar een PC, zouden de metingen efficiënt kunnen worden verwerkt. Nagegaan moet worden of het bereik van IR-camera's groot genoeg is om de nachtelijke foerageeractiviteit te kunnen meten.

4. Vanaf de boot en vanaf de dijk kunnen vogeltellingen worden verricht en prooikeuze worden bepaald, op dezelfde wijze als is gebeurd in de nazomer van 2009, maar dan voor andere perioden in het jaar.
5. De seizoensvariatie in de voedselkeuze kan ook worden onderzocht door systematisch braakballen te verzamelen op de hoogwatervluchtplaatsen bij soorten waar dit een goed beeld geeft van hun menu (Wulp, Tureluur). Bij de Kanoetstrandloper kunnen beter kakjes op het voedselgebied worden verzameld.
6. Het kost veel tijd om voedselecologische gegevens te verzamelen, maar als we helemaal niets weten over de prooikeuze en de seizoensvariatie in het beschikbare voedselaanbod, krijgt het onderzoek een hoog *black box*-gehalte met het risico dat allerlei variaties in de benutting van het intergetijdengebied niet kunnen worden geduid. Een mooi voorbeeld daarvan geeft de studie van Blomert & Meininger (1998). De wintersterfte onder de Scholeksters in de Oosterschelde bleek in een eerste analyse *niet* samen te hangen met de gestrengheid van de winter, zoals verwacht, maar nadat het voedselaanbod in de analyse werd betrokken, werd duidelijk dat alleen de combinatie van strenge winter met een gering voedselaanbod leidde tot grote mortaliteit (Blomert & Meininger 1998).
7. Voor de Oosterschelde is redelijk goed bekend waar de vogels van de diverse hoogwatervluchtplaatsen met laagwater foerageren. Het verdient aanbeveling om deze *functional units* beter in kaart te brengen en daarbij aan te geven welke slikken en platen tijdens opkomend en afgaand water worden benut. Het ligt voor de hand om bij elke zandsuppletie uit te gaan van deze *functional units*. Als we deze redenering volgen, zou een suppletie op een eroderende Roggeplaat (met weinig hoog gelegen slikken in de nabijheid) eerder urgent zijn dan op de Galgeplaat of in de Kom, waar nabij gelegen voedselgebieden met een lange droogligtijd nog ruim voorhanden zijn. Binnen DMP en de Directie Zeeland van RWS is de kennis aanwezig om deze *functional units* globaal aan te geven. Bij het veldwerk, zoals hier boven voorgesteld, kan aanvullende informatie worden verzameld over het terreingebruik.

Een van de palen vanaf waar videoregistratie van wadvogels mogelijk zou kunnen zijn.

Conclusie: Het verdient aanbeveling (video)-metingen aan – in volgorde van prioriteit -

- het terreingebruik, verspreiding en foerageeractiviteit, te combineren met
- beperkte veldwaarnemingen aan de prooikeuze en
- het voedselaanbod.

De aanvullende metingen zouden plaats moeten vinden in de wintermaanden en in de maand mei.

5. SAMENVATTING

De inter-getijdengebieden in de Oosterschelde eroderen langzaam maar zeker. Dit heeft op de langere termijn negatieve effecten op het voedselaanbod en de foerageermogelijkheden van de steltlopers en meeuwen die op deze slikken en platen voedselzoeken. Als gevolg daarvan staan de Natura 2000-instandhoudingsdoelen in de Oosterschelde onder druk. De Oosterschelde hoeft zijn functie als pleisterplaats voor de steltlopers niet te verliezen, wanneer de bestaande slikken en platen worden verdedigd en/of voldoende zand wordt gesuppleerd, maar om dat efficiënt te doen, moeten we meer weten over de eisen die de wadvogels stellen aan hun habitat.

Tussen half juli en eind augustus 2009 werden op tien plekken, en in detail in 144 onderzoekvakjes, het voorkomen van de steltlopers en meeuwen en ook van hun voedsel gerelateerd aan de hoogteligging (droogligtijd) en werd hun voedselkeuze vastgelegd. In de nazomer bleken de meeste vogelsoorten strandkrabben en garnalen te eten. De meeste Scholeksters aten echter Kokkels.

De meeste vogels werden aangetroffen op slikken die minder dan de helft van de tijd droogliggen, dus liggen beneden NAP. Een grote steltloper zoals de Wulp foerageerde van 3 uur voor tot 3 uur na laagwater en negeerde het hogere deel van de getijdenzone. De Scholekster foerageerde een uur langer. Kleinere soorten hebben een nog langere foerageertijd en maken tijdens opkomend en afgaand water ook gebruik van de hoger gelegen slikken. Op basis van dit onderzoek mag echter niet worden geconcludeerd dat de slikken en platen boven NAP gelegen minder belangrijk zijn. Metingen uit andere seizoenen ontbreken, maar zeer waarschijnlijk worden de hogere slikken 's winters tijdens afgaand en opkomend water meer gebruik dan 's zomers. Ten eerste is er minder voedsel voor de vogels beschikbaar en kost het dus meer tijd om voldoende voedsel te vergaren. Ten tweede moeten ze meer eten om de extra energie-uitgaven als gevolg van de lage temperatuur te kunnen dekken. Ook vogels die zich in de Oosterschelde voorbereiden voor een terugreis naar hun Arctische broedgebieden, hebben meer voedsel nodig om op te kunnen vetten. Ook zij zullen langer moeten voedselzoeken en daarom ook gebruik moeten maken van de hogere slikken.

Om een verantwoord advies te kunnen geven over de optimale wijze waarop de voedselgebied van deze wadvogels kan worden behouden, is het van belang om

- de benutting van de hoge en lage platen te meten bij vogels die overwinteren in de Oosterschelde en bij vogels die zich voorbereiden op de voorjaarstrek, - twee kritische perioden waar nu nog niets van bekend is.
- het onderzoek vooral te richten op de kleinere vogelsoorten met langere foerageertijden die (nu nog) talrijk voorkomen in de Oosterschelde (Kanoet- en Bonte strandloper). Deze soorten zullen bij een verdere erodering van de platen als eerste uit de Oosterschelde verdwijnen.
- gebruik te maken van video's op meetpalen om de foerageeractiviteit van alle aanwezige steltlopers en meeuwen op de hoge en lage platen en slikken gedurende de laagwaterperiode te kunnen monitoren.
- aanvullende metingen te doen aan de voedselkeuze en foerageeractiviteit vanaf een boot en vanaf de dijk.
- te beschrijven welke hoog en laaggelegen delen van het intergetijdengebied door de vogels die in verschillende delen van de Oosterschelde verblijven worden benut. Een suppletie op een eroderende plaat is eerder urgent wanneer de vogels die daar foerageren *niet* beschikken over in de nabijheid gelegen hogere slikken waar ze tijdens afgaand en opkomend water terecht kunnen.

6. LITERATUUR

Bloksma, J., B. Ens & R. de Vries (1979). Voedselecologie van de Wulp op het Friese wad. RIJP rapport. 269 pp.

Blomert A.M. (2002). De samenhang tussen bodemgesteldheid, droogligtijd en foerageerdichtheid van vogels binnen de intergetijdenzone. A&W rapport 330. 33 pp + bijlagen.

Blomert, A-M. & P.L. Meininger (1998). Watervogels in het Deltagebied: wintersterfte en draagkracht. RIKZ/CEES rapport. 58 pp.

Bogaert, P. (1988). Voedseloecologie van de Rosse Grutto (*Limosa lapponica* L. – Aves – Charadriiformes) op de Slikken van Vianen (Oosterschelde – NL). Studentenrapport Universiteit van Gent. 129 pp.

Brinkman, B., Mesters, E., Dijkman, E., Brenninkmeijer, A., Kersten, M. & Ens, B. (2003). Habitatgebruik van foeragerende wadvogels in de Westerschelde. Datarapport RIKZ-1267. Alterra-Texel; Altenburg & Wymenga. 204 pp.

Cadée, G.C. (1976). Sediment reworking by *Arenicola marina* on the tidal flats in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 10: 440-460.

van Eekelen, J. (1987). De beschikbaarheid van de kokkel als prooi voor de scholekster. RWS-DGW rapport. 87 pp.

Ens, B. & R. de Vries (1979). Voedseloecologie van de Wulp op het Friese wad, deel II. RIJP rapport. 205 pp.

Ens, B.J., Aarts,B., Oosterbeek, K., Roodbergen, M., Sierdsema, H., Slaterus, R. & Teunissen, W. (2009). Onderzoek naar de oorzaken van de dramatische achteruitgang van de Scholekster in Nederland. Limosa 82: 83-92.

Escaravage, V., T. Ysebaert, M. Bos & H. Humnmel (2003). Karakteristieken van het macrobenthos in de Oosterschelde in verband met actuele beheersvragen. NIOO rapport. 57 pp.

Geene, R. & J. Goedbloed (2007). Tellingen van watervogels tijdens laagwater op de Galgenplaat en de Roggenplaat (Oosterschelde) in oktober 2007. Habitat-advies rapport. 60 pp.

De Jong, B. (1986). Zilverplevier & zeeduizendpoot. RWS-DGW rapport. 36 pp. + bijlagen.

van de Kam, J., B. Ens, T. Piersma & L. Zwarts (1999). Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels. Schuyt & Co. 368 pp.

Kersten, M. & T. Piersma (1989). High levels of energy expenditure in shorebirds: metabolic adaptations to an energetically expensive way of life. Ardea 75: 175-187.

Kersten, M. & W. Visser (1996). The rate of food processing in Oystercatchers: food intake and energy expenditure constrained by a digestive bottleneck. Funct. Ecol. 10: 440-448.

Linders, A-M. (1985). Een inleidend onderzoek naar de relatie tussen de foeragerende scholekster (*Haematopus ostralegus*) en de getijdecyclus en het aanbod van mosselen. RWS-Deltadienst. 119 pp.

Meire, P.M. (1996a). Feeding behaviour of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* during a period of tidal manipulation. Ardea 84A: 509-524.

Meire, P.M. (1996b). Distribition of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* over a tidal flat in relation to their main prey, Cockles *Cerastoderma edule* and Mussels *Mytilus edulis*: did it change after a substantial habitat loss? Ardea 84A: 525-538.

Meire, P.M., J. Seys, J. Buijs & J. Coosen (1994). Spatial and temporal patterns of intertidal macrobenthic populations in the Oosterschelde: are they influenced by the construction of the storm surge barrier? Hydrobiologia 282/3: 157-182.

Prop, J. (1999). Variatie in dichtheid van vogels in het intergetijdengebied van de Delta. Koeman & Bijkerk rapport.

Rappoldt, C., M. Kersten, B.J. Ens (2006). Scholeksters en de droogvalduur van kokkels in de Oosterschelde. Ecocurves/SOVON rapport. 61 pp.

Roukema, B (1984). Exploitatie van Arenicola door de Wulp: het probleem van de prooibeschikbaarheid. RIJP rapport. 82 pp.

Schaub, B., T. Ysebert & H. Hummel (2003). Macrobenthos dynamiek, gekoppeld aan verandering in omgevingsvariabelen. NIOO rapport. 56 pp.

Snoek, M. (184). Platte Slijkgapers en Scholeksters. RWS-Deltadienst rapport. 70 pp + bijlagen.

Strucker, R., F.L. Arts, S. Lilipaly, C.M. Berrevoets & P.L. Meininger (2005). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2005/2006. RIKZ rapport. 106 pp.
Verbiest, G. (1988). Invloed van verschillende (omgevings--)factoren op de prooibeschikbaarheid van de wadpier (*Arenicola marina*) voor vogels. DWG Rapport 94 pp + bijlagen.
Verwey, J. (1978). De eenheid van milieu en organisme in de Waddenzee, een overzicht. Uitgave van Werkgroep Waddengebied.
Wijnhoven, S. & V. Escaravage (2008). Effecten van kokkelvisserij op de Slikken van de Dortsman (Oosterschelde). NIOO rapport. 51 pp.
Wijsman, J.J., M. Dubbelman & E. van Zanten (2007). Wegvisproef Japanse oesters in de Oosterschelde. Tussentijdse rapportage T3. Imares Rapport. 59 pp.
Wolff, W.J. (1973). The estuary as a habitat. Zool. Verh. Leiden 126: 1-242.
Zwarts, L. (1980). Habitat selection and competition in wading birds. In: C.J. Smit & W.J. Wolff (Eds.). Birds of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam: 271-279.
Zwarts, L. (1988). De bodemfauna van de Fries-Groningse Waddenkust. Flevobericht 294. RIJP. 195 pp.
Zwarts, L., A.M. Blomert, B.J. Ens, R. Hupkes & T.M. van Spanje (1990a). Why do waders reach high feeding densities on the intertidal flats of the Banc d'Arguin, Mauritania? Ardea 78: 39-52.
Zwarts, L., A.M. Blomert & R. Hupkes (1990b). Increase of feeding time in waders preparing their spring migration from the Banc d'Arguin, Mauritania. Ardea 78: 237-256.
Zwarts, L. (1991). Seasonal variation in body weight of the bivalves *Macoma balthica*, *Scrobicularia plana*, *Mya arenaria* and *Cerastodema edule* in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 28: 231-245.
Zwarts, L. & J.H. Wanink (1993). How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behaviour of tidal-flat invertebrates. Neth. J. Sea Res. 31: 441-476.
Zwarts, L., B.J. Ens, J.D. Goss-Custard, J.B. Hulscher & S.E.A. Le V. Dit Durell (1996a). Causes of variation in prey profitability and its consequences for the intake rate of the Oystercatcher *Haematopus ostralegus* Ardea 84A: 229-268.
Zwarts, L., B.J. Ens, J.D. Goss-Custard, J.B. Hulscher & M. Kersten (1996b). Why Oystercatchers *Haematopus ostralegus* cannot meet their daily energy requirements in a single low water feeding period. Ardea 84A: 269-290.

Dat Zilvermeeuwen een menu hadden dat voor vrijwel 100% bestond uit strandkrabben was geen verrassing, maar wel dat vrijwel alle andere wadvogels in juli en augustus in de Oosterschelde ook krabben (en garnalen) aten.

BIJLAGE 1: BEMONSTERING VAN WADPIEREN

Wadpieren leven in U-vormige buizen die tot 30 cm diep zijn. Om deze prooien niet missen bij een bemonstering van de wadfauna, is het noodzakelijk om een monsterbuis te gebruiken die 40 cm diep steekt. Het alternatief is om pierenhoopjes ("tandpastahoopjes") aan het oppervlak te tellen. Omdat de pieren in de zomer dagelijks defeceren is dat, in ieder geval in die maanden, een goede maat voor de aanwezigheid van de wormen (Cadée 1976, Roukema 1984, Verbiest 1988). Het zou nog mooier zijn als de pierenhoopjes een indicatie zouden geven van de grootteverdeling van de pieren.

Methode

Tussen 27 juli en 3 augustus 2009 werden in de Krabbenkreek, 1.5 km ten oosten van Sint Annaland, gerichte metingen aan de wadpieren verricht. Met een steekbuis (10.7 cm doorsnee en 40 cm lang) werd een monster uit de grond gewrikt, horizontaal neergelegd en vervolgens voorzichtig opengebroken. Daarmee werden de U-vormige buizen zichtbaar gemaakt en kon de diepte (dat is de afstand tussen het oppervlak en het diepste punt van de gang) worden opgemeten. De lengte en de breedte van de wadpier werd op standaard manier gemeten (Zwarts 1988). Met een schuifmaat werd de diameter van de gang en van het pierenhoopje gemeten.

De dichtheid van de wadpieren was zo groot dat het vaak lastig was om te zien welke gang bij welke pier hoorde. Het kostte dan ook de grootste moeite om enkele tientallen betrouwbare metingen te verkrijgen. Om de steekproef te vergroten werd voor kleine pieren een snellere methode gebruikt: met een riek werd het substraat opengebroken en werden langs de snijlijn de benodigde metingen verricht.

Nadat een monster was gestoken, werd het neergelegd en opengebroken om de diepte van het hol van de wadpier te kunnen meten.

Substraat vol met wadpieren, nadat het met een riek is opengewrikt. De pierenhoopjes aan het oppervlak zijn duidelijk zichtbaar, evenals de gangen langs de snijlijnen. Rechts beneden op de foto is van een grote pier, de brede en diepe gang te zien als ook de bijbehorende dikke defecaties aan het oppervlak.

Resultaat

Kleine wormen leven in gangen die 5 tot 10 cm diep zijn, grote wormen zitten 30 cm diep (Fig. A-1a en A-1b).

Grote pieren leven niet alleen in diepere holen, maar ook in bredere gangen. De relatie kan worden beschreven met een lineaire functie:

holdiameter = 0.9313 x wormbreedte – 0.4729
R^2=0.807, n=17

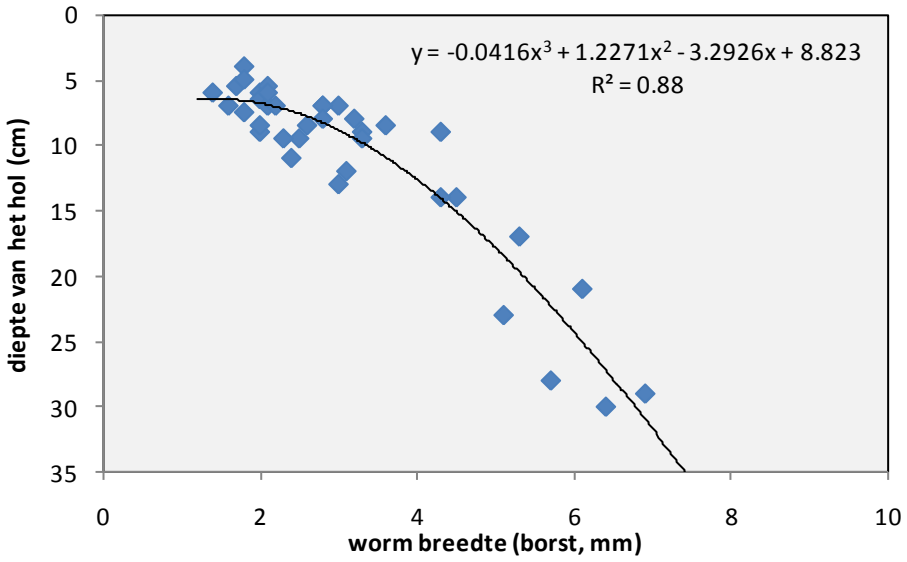


Fig. A-1a. *Het verband bij de wadpier tussen holdiepte en wormbreedte. N= 38.*

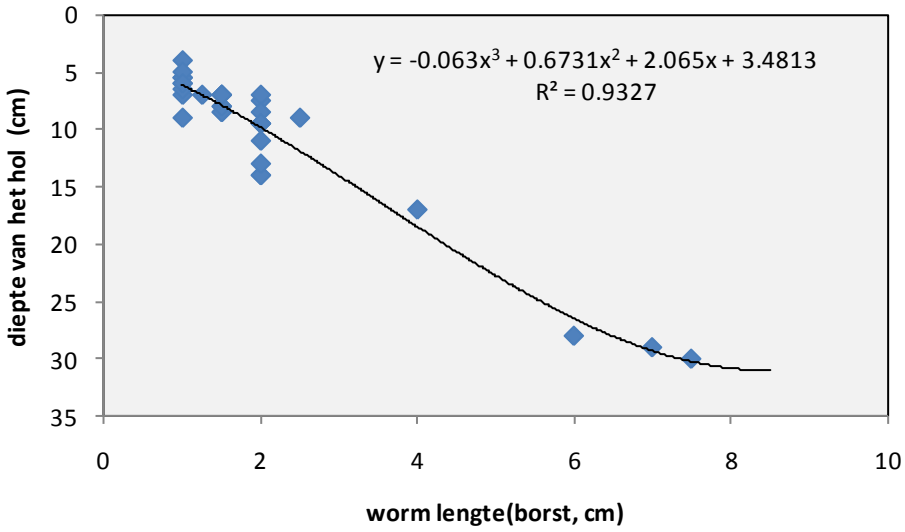


Fig. A-1b. Het verband bij de wadpier tussen holdiepte en lengte van het borststuk. N= 36.

Die nauwe relatie maakt het in het veld mogelijk om vast te stellen welke gang bij welke pier hoort. Bij dezelfde pier is eenvoudig te bepalen de doorsnee van de defecatie aan het oppervlak ('kakdiameter') en de diameter van de gang er direct onder. Het verband is heel nauw:

kakdiameter =0.669 x gangdiameter
R^2=0.905, n=47

Hoe nauwkeurig kunnen we nu door het opmeten van de kakdiameters de wormgrootte schatten? Fig. A2 laat zien dat er een nauw verband is. De wormbreedte is op 1-2 mm nauwkeurig te voorspellen en de lengte van het borststuk op een 0.5 cm voor kleine wormen maar helaas op ca 2 cm nauwkeurig voor de grote wormen. Dat de voorspelling voor de wormbreedte beter is dan voor de lengte van het borststuk is te verklaren met de meetnauwkeurigheid: zoals we zelf merkten bij herhaalde metingen, is de breedte nauwkeurig te bepalen, maar de lengte van het borststuk niet.

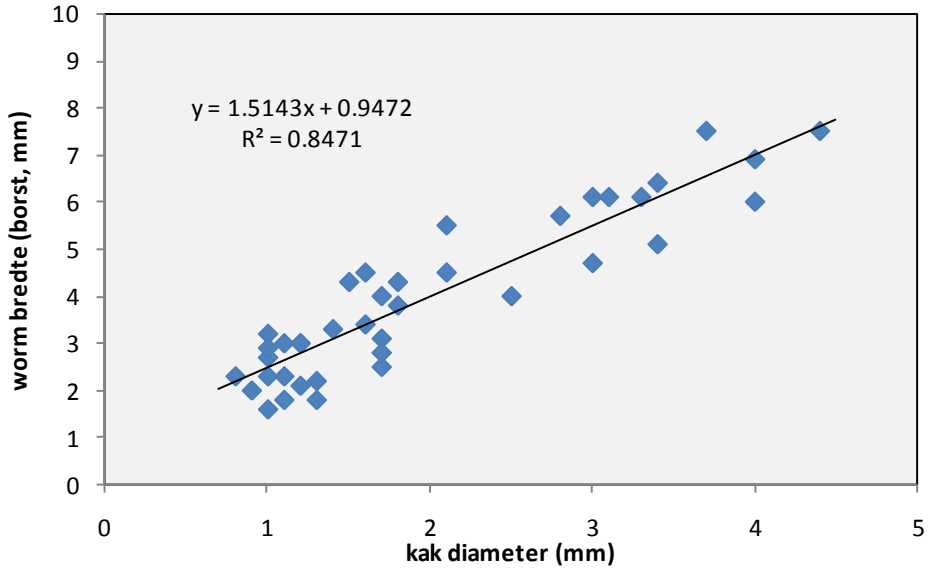


Fig. A-2a. Het verband bij de wadpier tussen de breedte van het borststuk en de diameter van het kakje. N= 40.

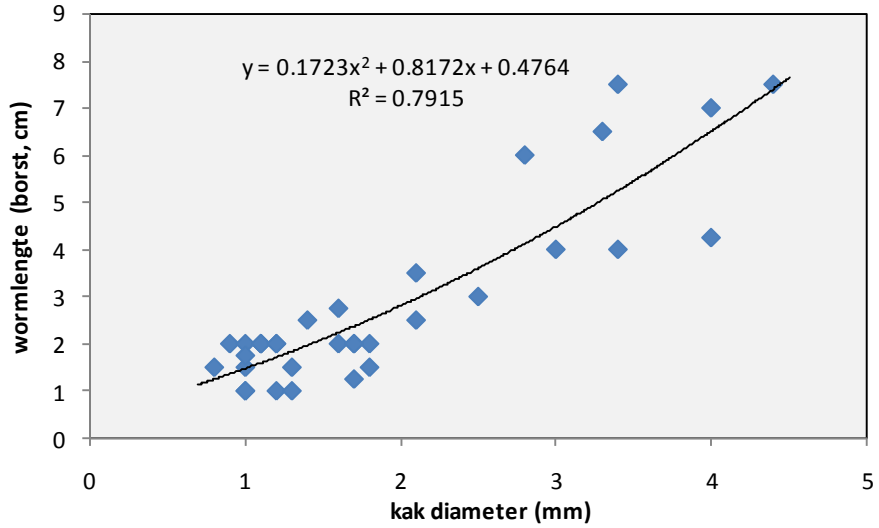


Fig. A-2b. Het verband bij de wadpier tussen de lengte van het borststuk en de diameter van de defecatie. N= 36.

Het verband tussen kakdiameter en wormgrootte is nauwkeurig genoeg om via het tellen en opmeten van de pierenhoopjes de dichtheid en de biomassa van de wadpier te bepalen.

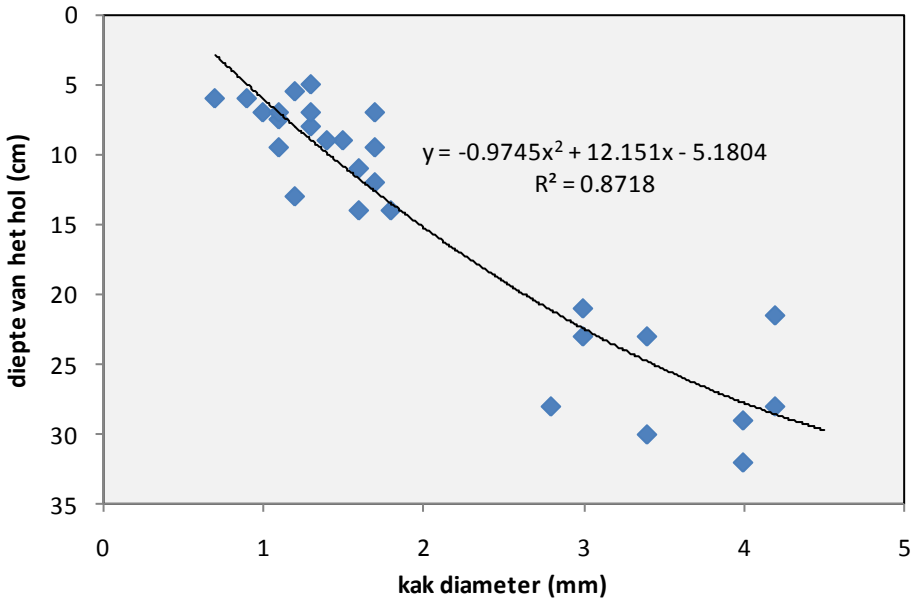


Fig. A-3. Het verband bij de wadpier tussen de diepte van zijn hol en de diameter van de defecatie. N=31.

De kakdiameters werden gemeten door een raamwerk van precies een derde m^2 (63.5 x 52.4 cm) neer te leggen en daarvan op standaard manier een foto te nemen. Over de foto werd daarna binnen Photoshop een fijn lijnraster gelegd, wat ons in staat stelde de diameters op het computerscherm per 0.235 mm af te lezen (zie Fig. A-4). M.b.v. de regressie-lijn uit Fig. A2-b werden de kakdiameters omgezet in wormlengtes. Kakjes dunner dan 2.1 mm (schaalwaarde 8 en kleiner; zie Fig. A-4) werden niet geteld.

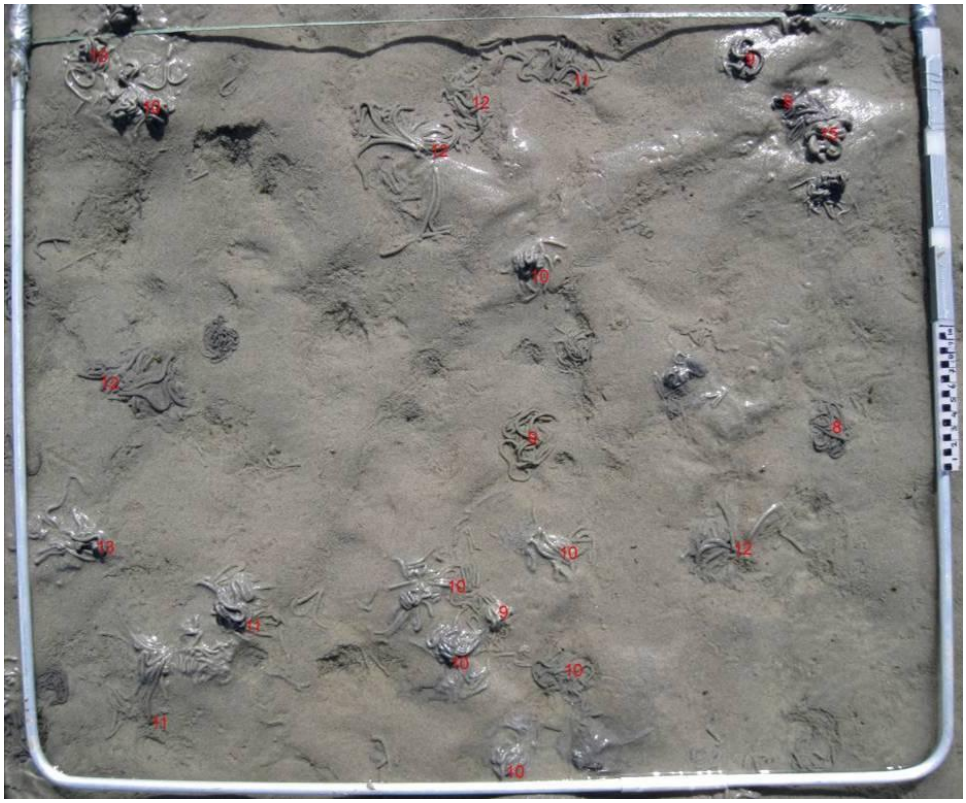
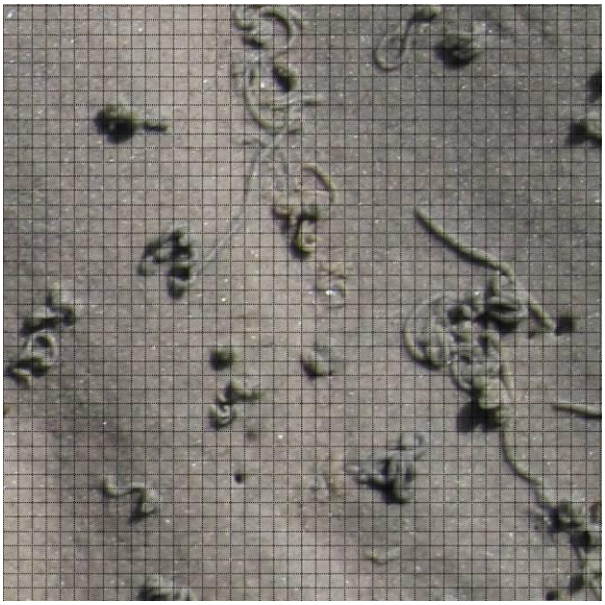
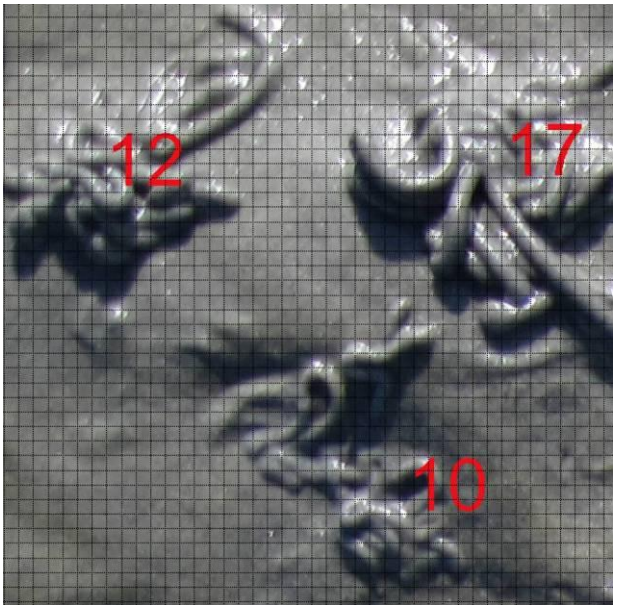


Fig. A-4. Een foto genomen van het pierenwad binnen een raam-werk van 63.5 x 52.4 cm, exact 1/3 m^2. De diameter van de kakjes werd opgemeten door binnen Photoshop een grid over de foto te leggen van 2.35 mm. Die waarde werd als 10 afgelezen en andere waarden relatief t.o.v. dit getal. Kleine kakjes (diameter met schaal-waarde 8 of kleiner) werden niet meegeteld. De twee kleine foto's tonen uitsnedes van 10 bij 10 cm met links alleen kleine pieren en rechts de kakjes van drie grote pieren.





Het meten van de pierenhoopjes bleek nogal bewerkelijk te zijn. We hadden van alle 144 vakjes 2 foto's genomen, maar zijn niet verder gekomen dan het analyseren van 187 van de 288 foto's. Op die foto's werden in totaal 2677 kakjes opgemeten. Dat levert een gemiddelde dichtheid van 43.62 (grote) pierenhoopjes per m^2 in de vier waarnemingsveldjes. De dichtheid bleek niet veel te verschillen per plek. Op de laaggelegen Galgeplaat waren de kleine pieren relatief minder talrijk dan elders en op de hooggelegen Doortsman-oost werden relatief de meeste kleine pieren gevonden. Deze resultaten kunnen worden vergeleken met de pieren die zijn bemonsterd met de steekbuis. In de steekmonsters werden in totaal 420 wadpieren gevonden. Ook hier werd gevonden dat de meeste pieren een borststuk hadden van 3 cm, dat pieren met een borststuk langer dan 5 cm relatief schaars waren, en dat de pieren op de Galgeplaat gemiddeld iets groter waren en op Dortsman-oost iets kleiner.

Een vergelijking van dichtheid, zoals gemeten met beide methoden, laat zien dat met de foto's een veel lagere dichtheid werd gemeten: gemiddeld slechts 43.62 pieren/m^2 via de foto's en 85.3 per m^2 via de steekbuis. Dat is twee keer lager. Met de foto's zijn de kleine pieren (onder de 3 cm) niet meegerekend. Als daarvoor wordt gecorrigeerd is de onderschatting nog altijd 40%. Wanneer onderscheid wordt gemaakt voor diverse grootteklassen, valt op dat bij de foto's pieren van 5 cm zeldzaam zijn en nog grotere pieren vrijwel ontbreken.

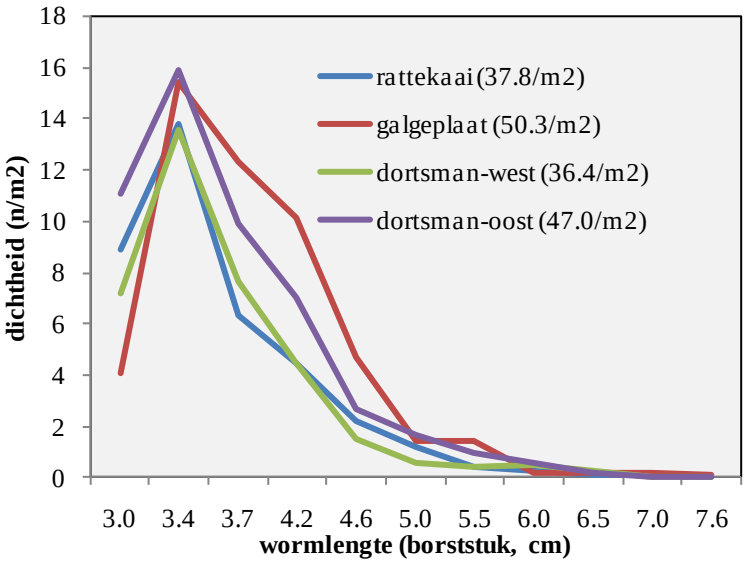


Fig. A-5. De dichtheid (n/m^2) per wormlengte (cm borststuk), zoals afgeleid uit de 187 foto's die zijn genomen op de vier onderzoeksplekken. Van de foto's zijn de kakjes dunner dan 2.1 mm niet opgemeten. Dat betekent dat pieren met een borststuk kleiner dan 3 cm niet zijn geteld. In totaal zijn 2677 kakjes opgemeten.

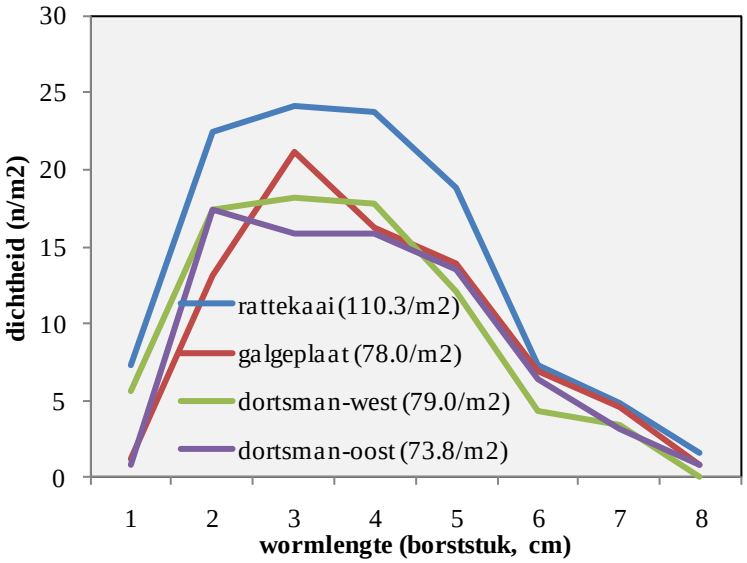


Fig. A-6. De dichtheid (n/m^2) per wormlengte (cm borststuk) in de faunamonsters die gestoken zijn op de vier onderzoeksplekken. In de monsters werden 420 wadpieren aangetroffen.

Discussie

De methode om de pierenpopulatie m.b.v. foto's te monitoren blijkt minder nauwkeurig te zijn als we hadden gehoopt. Dat geldt met name voor de regressie-vergelijking pierenhoopjes vs. pierenlengte (Fig. A-2b).

De methode is alleen in de zomermaanden te gebruiken. Roukema (1984) vond in de Waddenzee dat het aantal pierenhoopjes goed overeen kwam met het aantal (daarna opgegraven) wadpieren op 24-6, 3-7, 1-8 en 4-9, maar op 17-10 was het aantal pierenhoopjes 30% lager dan het aantal pieren. Onze resultaten suggereren dat een deel van dieren half augustus al niet meer elke laagwater actief zou zijn en dat dit vooral zou gelden voor de grootste wadpieren. Dit vereist nader onderzoek omdat Verbiest (1988) laat zien dat de pieren in de Oosterschelde in oktober nog actief zijn.

BIJLAGE 2: BEMONSTERING VAN STRANDKRAB EN GARNAAL

Inleiding

Om te voorkomen dat de dieplevende strandgapers en wadpieren worden gemist, wordt bij de bemonstering van de estuarine bodemfauna meestal een buis gebruikt die 30 tot 40 cm diep steekt. Standkrabben en garnalen die met laagwater op de platen achterblijven, graven zich heel ondiep in. Om de dichtheid van deze dieren te bepalen zou het voldoende zijn om de bovenste paar cm van het substraat uit te zeven. Deze methode werd gebruikt om op 1-8-2009 op Slikken van den Dortsman de dichtheid van strandkrab en garnaal apart te meten langs een raai tussen hoog- en laagwaterlijn.

Methode

Wij gebruikten een holle metalen ring van 8 cm hoog en met een diameter van 33 cm (oppervlakte 1/11.69 m^2). De ring werd in de grond gedrukt, waarna van boven af met een plat schepje het substraat eruit werd geschept en over een 1-mm-zeef in ruim zeewater werd uitgezeefd. Om de 100 stappen (90 m) werden random twee monsters genomen. In de monsters werd het deel van het monsteroppervlak bedekt met water geschat en daarna binnen het watergedeelte met een lineaaltje de waterdiepte gemeten. In totaal werden op 20 plekken 41 monsters genomen, op 19 plekken 2 monsters en op 1 plek 3; het extra monster op raaipunt 10 betrof een monster volledig bedekt met zeesla. Alle andere monsters hadden geen wier of zeesla.

De verzamelde krabben en garnalen werden ter plekke opgemeten: van de strandkrab de maximale schildbreedte en van de garnaal de lengte (van kop tot staart, zonder spriet).

Binnen de open ring (links) werd de waterbedekking en waterdiepte gemeten. Vervolgens werden de bovenste paar cm met de platte schep er uit geschept en over de 1-mm-zeef (rechts) uitgezeefd.

Resultaat

De meeste garnalen waren 7-12 mm lang en de meeste strandkrabben 5-7 mm (Fig. A-7). Garnalen kleiner dan 5 mm en krabben kleiner dan 4 mm werden niet aangetroffen. De uitgespoelde monsters waren helemaal schoon en het lijkt daarom onwaarschijnlijk de kleinere dieren over het hoofd zijn gezien. Het is echter mogelijk dat ze zijn gemist omdat ze door de 1-mm-zeef zijn gespoeld.

In totaal werden 33 krabben en 280 garnalen aangetroffen. Dat komt overeen met een gemiddelde dichtheid was 79.83 garnalen en 9.40 krabben per m^2. Garnalen concentreren zich met afgaand water in de waterplasjes die wat dieper zijn. De dichtheid van de garnaal was laag als er weinig water was (*i.e.* waterbedekking in de zeef minder dan 30% en de waterdiepte minder dan 15mm). Zo weinig water kwam overigens in slechts 8 van de 41 monsters voor.

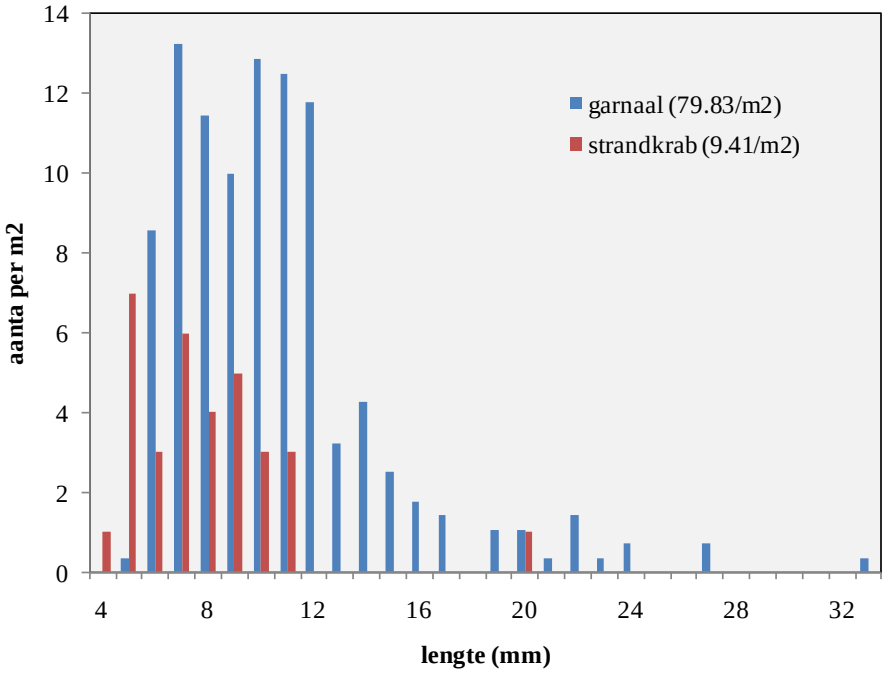


Fig. A-7. Dichtheid (n/m2) van strandkrab en garnaal op de Slikken van den Dortsman, apart gegeven per mm-klasse. Zie Fig. 1 voor de situering van de monsterplekken.

De garnalendichtheid op de slikken is variabel, maar neemt wel duidelijk af in de richting van de laagwaterlijn (en kortere droogligtijd), zeker wanneer de monsters aan de voet van dijk buiten beschouwing worden gelaten en de monsters waar tijdens laagwater nauwelijks water was achter gebleven (Fig. A-8).

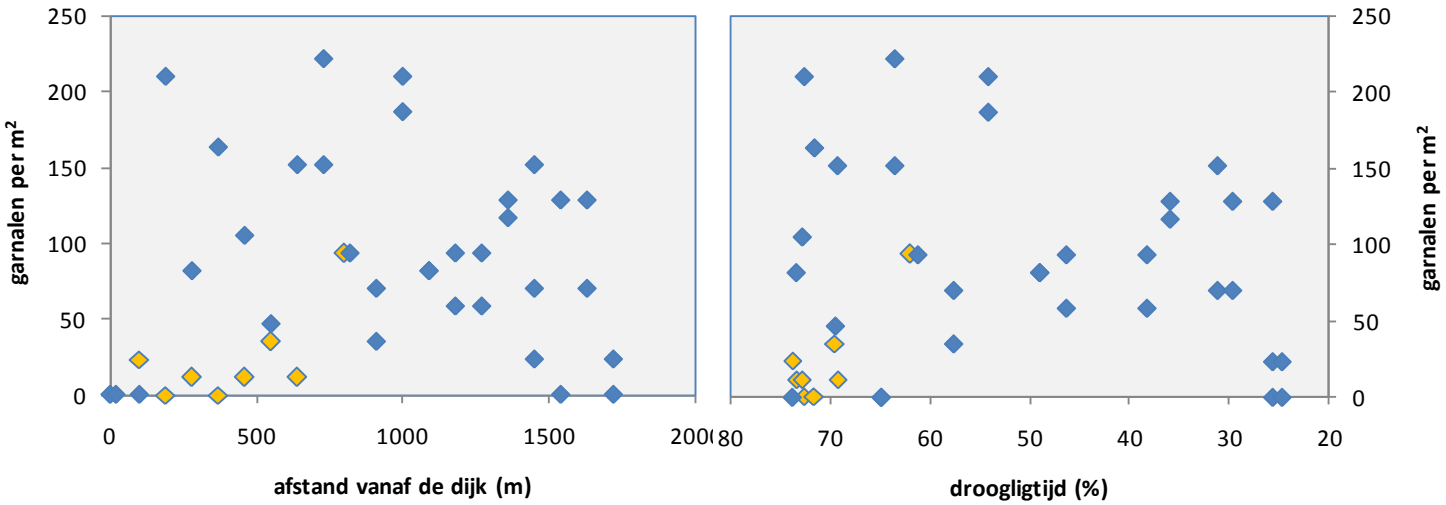


Fig. A-8. Garnalen per m2 gemeten langs een raai over de Slikken van den Dortsman vanaf de dijk naar de laagwater (links) en bij verschillende droogligtijd (rechts) tijdens laagwater op 1 augustus 2009. De 8 gele symbolen hebben betrekking op monsters met weinig water (<30% waterbedekking; <15 mm waterdiepte).

Discussie

De monstername was niet meer dan een eerste poging om de dichtheid van de epifauna te kwantificeren. We mogen tevreden zijn met het resultaat. De meetresultaten waren eenvoudig en snel te verzamelen. Zoals besproken op blz. 26 (zie Tabel 5) blijkt dat bij deze monstermethode véél meer garnalen en krabben te worden aangetroffen dan bij de gangbare biomassabemonstering. Als we deze raai niet hadden bemonsterd, hadden we voor de garnaal een dichtheid aangehouden die 13 maal lager was en waren we in de fout gegaan bij de discussie over de vogelpredatie op de garnaal (zie blz. 43).

BIJLAGE 3: BRAAKBAL ANALYSE WULP

Inleiding

De prooikeuze is gebaseerd op waarnemingen, waarbij het altijd de vraag is in hoeverre de determinatie van de prooien, maar vooral de grootteschattingen correct zijn. Analyes van faeces en braakballen kunnen daarbij uitsluitsel geven. Tijdens het veldwerk in juli en augustus 2009 hebben we meerdere malen tijdens hoogwater hoogwatervluchtplaatsen afgezocht in de hoop braakballen en vogelpoep te kunnen verzameld. De gegevens zijn nog niet uitgewerkt, behalve 6 braakballen van Wulpen die in Pieterpolder, op de hoogwatervluchtplaats nabij de Tholseinde op 23 augustus werden verzameld. De braakballen werden 's ochtends vroeg verzameld maar waren niet vers (en hadden dus niet betrekking op de laagwaterperiode van de voorafgaande nacht). Waarschijnlijk hadden de vogels zelfs die nacht helemaal niet gefoerageerd want bij de 25 braakballen die we vonden, was er niet een vers geproduceerd (herkenbaar aan een slijmlaagje aan het oppervlak).

Methode

De braakballen werden uitgeplozen op zoek naar herkenbare fragmenten van krabben (schaarpunten), zeeduizendpoten (kaken), wadpieren (borstelharen). De lengte van de tandenrij op de onbeweeglijke schaarhelft (mm) geeft een goede voorspelling van grootte van de krab carapax breedte (mm):

krabgrootte = exp (ln(schaar)*1.0111+1.71506).

Resultaat

In alle zes braakballen waren krabbenfragmenten dominant. In een braakbal werden ook kaken van zeeduizendpoten gevonden. In de zes braakballen werden geen borstelharen van wadpieren gevonden en geen fragmenten van garnalen.

70 schaarpunten uit vier braakballen werden opgemeten. De kleinste krab was 9.67 mm en de grootste 42.73 mm. 56% van de krabben was 16-24 mm. De grootteverdeling is weergegeven in Fig. A-9.

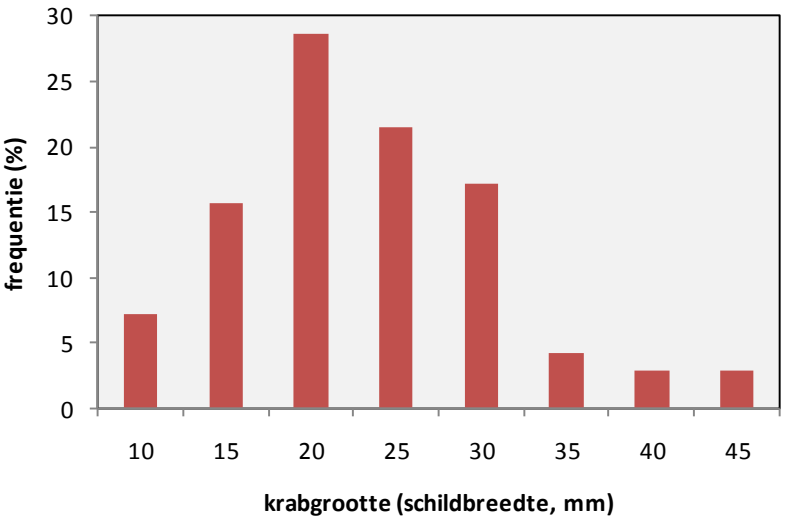


Fig. A-9. De grootteverdeling van strandkrabben gegeten door Wulpen nabij Tholseinde, zoals bepaald door het opmeten van 70 schaarpunten in 4 braakballen gevonden op 23-8-2009 op de nabije hoogwatervluchtplaats.

Discussie

De prooiselectie zoals bij Tholseinde waargenomen kan worden vergeleken met de uitkomsten van de braakbal-analyses. In het veld werden bij diverse Wulpen 192 prooien genoteerd: 136 strandkrabben, 43 garnalen, 10 wadpieren en 3 strandgapers. Er liepen een paar Wulpen niet ver van de dijk die zeeduizendpoten aten, maar daarvan werd geen prooi-opnames bepaald. In de 6 braakballen werden geen garnalen en wadpieren aangetroffen, maar wel in een braakbal zeeduizendpoten. De strandgapers die we ze zagen eten werden onder de grond leeggegeten en daarvan vinden we natuurlijk niets terug in de braakballen.

In de 6 braakballen werden geen garnalen gevonden, een soort die wel herkenbare fragment in de braakbal achterlaat. Toch heb ik een aantal Wulpen in slenken nabij de dijkvoet op garnalen zien vissen (en 43

garnalen zien inslikken). Het betrof slechts een enkel mannetje, dus het zou nodig zijn om een redelijk groot aantal braakballen te verzamelen voordat die ene garnalenbraakbal wordt gevonden.

In het veld werden de prooigroottes geschat. Van de 136 krabben, werden 122 krabben geschat op 15 mm, 9 op 20 mm, 2 op 25 mm, 2 op 30 mm en 1 op 35 mm. De braakbalanalyses laten zien dat krabgrootte is onderschat. De piek lag niet bij 15, maar bij 20 mm (Fig. A-9). Het verschil lijkt klein, maar het heeft een groot gevolg voor het gemiddelde prooigewicht, in het veld geschat op 173 mg, maar volgens de braakbal analyse 617 mg! Een onderschatting van welliefst 72%! Het kan echter zijn dat de veld- en braakbalgegevens wat dit betreft niet zonder meer vergeleken mogen worden. De veldgegevens werden verzameld vanaf de dijk tot op een maximale afstand van 300 meter, terwijl de vogels met laagwater voor een groot deel verder uit de kust foerageerden. We kunnen niet uitsluiten dat de krabben die lager in de getijdenzone worden gegeten groter zijn.

Een dieet bepalen op basis van alleen braakballen kan tot verkeerde conclusies leiden. In het geval van de Wulp wordt een hele belangrijke prooi als de strandgaper volledig gemist. Wanneer Wulpen geen krabben meer eten (of andere gepantserde prooien) en alleen strandgapers leegeten, gaan ze losse schelpkleppen eten als maalsteen. In de braakballen worden dan kokkels, mossels en nonnetjes gevonden. Dat zijn prooien die we Wulpen nooit hebben zien eten: Wulpen eten geen grote schelpdieren met schelp en al (behalve kleine strandgapers). De aanwezigheid van deze schelpdieren is wel een uitstekende indicatie dat we van doen hebben met een vogel die niets anders doet dan grote strandgapers leegeten (als er geen wadpieren-haren en kaken van zeeduizendpoten worden gevonden). Ook pure wormeneters eten losse kleppen, maar dan kan de werkelijke prooikeuze worden afgeleid uit de aanwezigheid van kaakjes (zeeduizendpoten) of borstelharen (wadpier).

Ondanks deze methodogische problemen, blijven braakballen een prachtig middel om de prooikeuze, zoals in het veld bepaald, te ijken. Zoals we zojuist zagen, heeft een kleine correctie al grote gevolgen, zeker als het de bedoeling is om de voedselconsumptie te schatten.

Bovendien geeft het de mogelijkheid om heel precies de prooigrootte-selectie te beschrijven voor diverse soorten. Zo werden langs de Friese kust eind juli 1978 braakballen gevonden van Tureluurs, Groenpoten, Wulpen en Zilvermeeuwen die in hetzelfde gebied hadden gefoerageerd. Tureluurs aten toen strandkrabben van meestal 5-7 mm (totale range 4-10 mm), Groenpoten 5-9 mm (range 5-19 mm), Wulpen 14-27 mm (range 10-39 mm) en Zilvermeeuwen 24-37 mm (range 15-52 mm). (Zwarts 1980).

Door op hoogwatervluchtplaatsen braakballen te zoeken in homogene vogelgroepen (zoals deze groep met 100% Wulpen), kan de prooikeuze en de selectie op prooigrootte voor specifieke wadvogelsoorten worden bepaald en veldgegevens worden geijkt.

BIJLAGE 4: BASISGEGEVENS ONDERZOEKVAKJES

Toelichting

plek	waarnemingsplek (zie Figuren 1, 3 en 5-8)
vak	naam van vakje (zie Fig. 4)
x, y	RD-coördinaten (meters) van linker benedenhoek van de veldjes.
opp	oppervlak in ha
ht-x	gemiddelde hoogte op gebruikte hoogtekaart (resolutie 30 x 30 m)
ht-sd	standaard deviatie van de hoogte
droog-x	gemiddelde droogligtijd, berekend met formule gegeven in Tabel 1.
se-lw	dichtheid/ha scholekster van 2 uur voor t/m 2 uur na laagwater
wu-lw	dichtheid/ha wulp van 2 uur voor t/m 2 uur na laagwater
rg-lw	dichtheid/ha rosse grutto van 2 uur voor t/m 2 uur na laagwater
km-lw	dichtheid/ha kokmeeuw van 2 uur voor t/m 2 uur na laagwater
sm-lw	dichtheid/ha stormmeeuw van 2 uur voor t/m 2 uur na laagwater
zm-lw	dichtheid/ha zilvermeeuw van 2 uur voor t/m 2 uur na laagwater
se-uur	vogeluren/tij scholekster over gehele droogligperiode (aantal * tijd)
wu-uur	vogeluren/tij wulp over gehele droogligperiode (aantal * tijd)
rg-uur	vogeluren/tij rosse grutto over gehele droogligperiode (aantal * tijd)
km-uur	vogeluren/tij kokmeeuw over gehele droogligperiode (aantal * tijd)
sm-uur	vogeluren/tij stormmeeuw over gehele droogligperiode (aantal * tijd)
zm-uur	vogeluren/tij zilvermeeuw over gehele droogligperiode (aantal * tijd)
slangpier	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Draadworm	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Garnaal	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Kokkel	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Mossel	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Nonnetje	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Dieseltreinw	gestippelde dieseltreinworm; biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Slijkgaper	platte slijkgaper; biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Strandgaper	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Schelpkokerw	Schelpkokerworm biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Strandkrab	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Wadpier	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Wadslak	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Wapenworm	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Zager	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Zandzager	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.
Zeeduizendpoot	biomassa (g/m^2); zie tabel 5.