

In deze rubriek worden resultaten van lopende projecten gepresenteerd. Omdat het om bevindingen uit lopend onderzoek gaat, kunnen de uitkomsten nog voorlopig van aard zijn.



Laagwatersverspreiding van steltlopers in de Waddenzee

Foeragerende Kanoeten bij laag water in de westelijke Waddenzee, 17 september 2010 (foto: Jan van de Kam). *Feeding Red Knot during low tide in the western part of the Wadden Sea.*

Piet J. van den Hout & Theunis Piersma

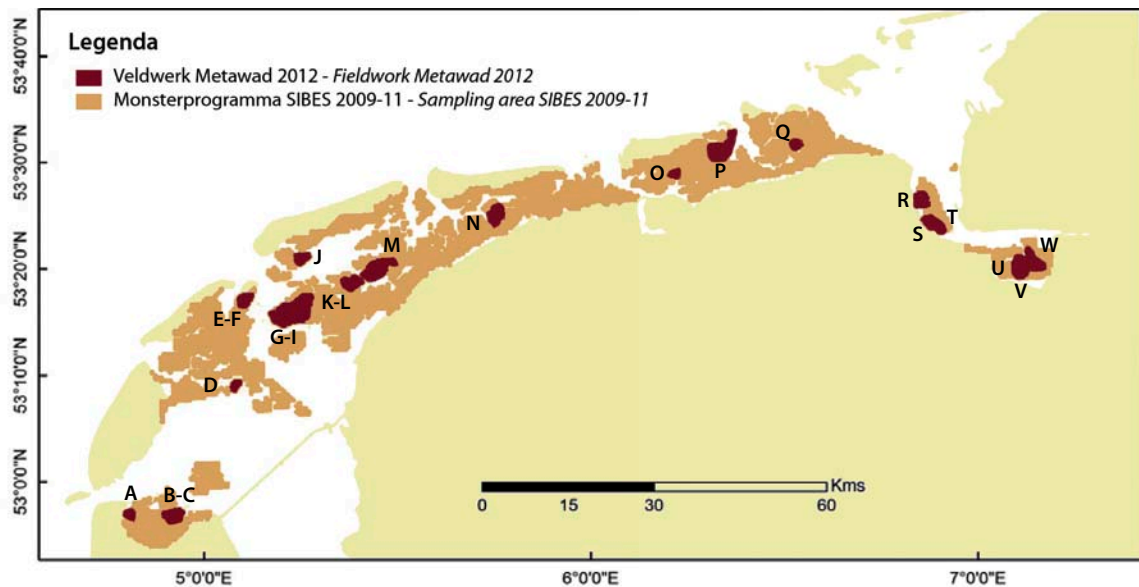
In 2011 ging door het Waddenfonds gefinancierde project Metawad van start. Het uitgangspunt van dit project is om, in het licht van voorgenomen herstelmaatregelen ten behoeve van het waddenecosysteem (Programma Rijke Waddenzee; Programmateam 2010), te onderzoeken op welke manier de populatieveranderingen van trekkende wadvogels worden gestuurd door de omstandigheden op het wad. Dit willen we bereiken door verschillen in overleving te meten tussen individuen die zich op verschillende plaatsen in de Waddenzee ophouden. Daarbij verwachten we dat overlevingsverschillen worden voorafgegaan door verschillen in gedragsindicatoren zoals foerageersucces, die op hun beurt weer worden gestuurd door voedsel, de eigen dichtheid en verspreiding van de vogels (met aspecten van samenwerking en concurrentie), en predatiegevaar.

Dit soort vragen kunnen we natuurlijk niet aan alle wadvogelsoorten onderzoeken. Daarom onderzoeken we ze binnen Metawad aan vijf soorten langeafstandstrekkingen die ieder model staan voor een combinatie van voedselspecialisatie en trekstrategie: de Rotgans *Branta bernicla* (grazer op kwelder en zeegras), Lepelaar *Platalea leucorodia* ('alleseter' in poeltjes en geulen), Rosse Grutto *Limosa lapponica* (wormspecialist op weidse wadplaten), Kanoet *Calidris canutus* (schelpdierspecialist op weidse wadplaten) en Drieteenstrandloper *Calidris alba* (wormen- en kreeftjeseter op zandig wad en strand).

Steltlopers worden doorgaans geteld op hoogwatervluchtplaatsen waar ze samenkomen wanneer de voedselgebieden niet beschikbaar zijn (Rappoldt *et al.* 1985; Ens *et al.* 1993; Koffijberg 2003; van Roomen *et al.* 2012). Door simultaan de verschillende hoogwatervluchtplaatsen te tellen krijgen we wel

een goede indicatie van het aantalsverloop in een gebied, maar geen goed beeld van de ruimtelijke verspreiding van de vogels over hun foerageergebieden. Het combineren van hoogwatergetallen met schattingen van de gebieden waarover deze wadvogels zich met laagwater al foeragerend verspreiden (Ens *et al.* 1993; Quaintenne *et al.* 2011), brengt ons niet veel verder. Dit komt door de veelheid aan aannames over de bewegingen van de vogels tussen hoogwatervluchtplaats en voedselgebied die daarvoor nodig zijn.

Om beter zicht te krijgen op de waddenzeebrede verspreiding van wadvogels hebben we het eerste seizoen van project Metawad besteed aan het met laagwater in kaart brengen van een groter aantal wadvogelsoorten. Deze tellingen fungeren als achtergrondschets van de verspreiding van wadvogels in de Waddenzee, waarmee de meer gedetailleerde waarnemingen (onder an-



Figuur 1. Locaties van de platen (in rood) waar de vogelverspreiding in kaart is gebracht. De wadplaten die in het kader van SIBES zijn bemonsterd op benthos zijn weergegeven in oranje. Dat betreft minstens 95% van de platen die bij een gemiddeld laagwater droogvallen. A= Balgzand-West, B= Amsteldiep-West, C= Amsteldiep-Oost, D= Oude Vlie, E-F= Richel, G-K= Griend, L= Oude Zuid-Meep, M= Oost-Meep, N= Piet Scheveplaat, O= Brakzand, P= Simonszand, Q-R= Groningerwad, S= Hond, T= Paap, U-W= Dollard. Locations of mudflats (in red) where bird distributions were mapped, and mudflats (in orange, and comprising at least 95% of all mudflats) were benthos sampling took place in the same season.

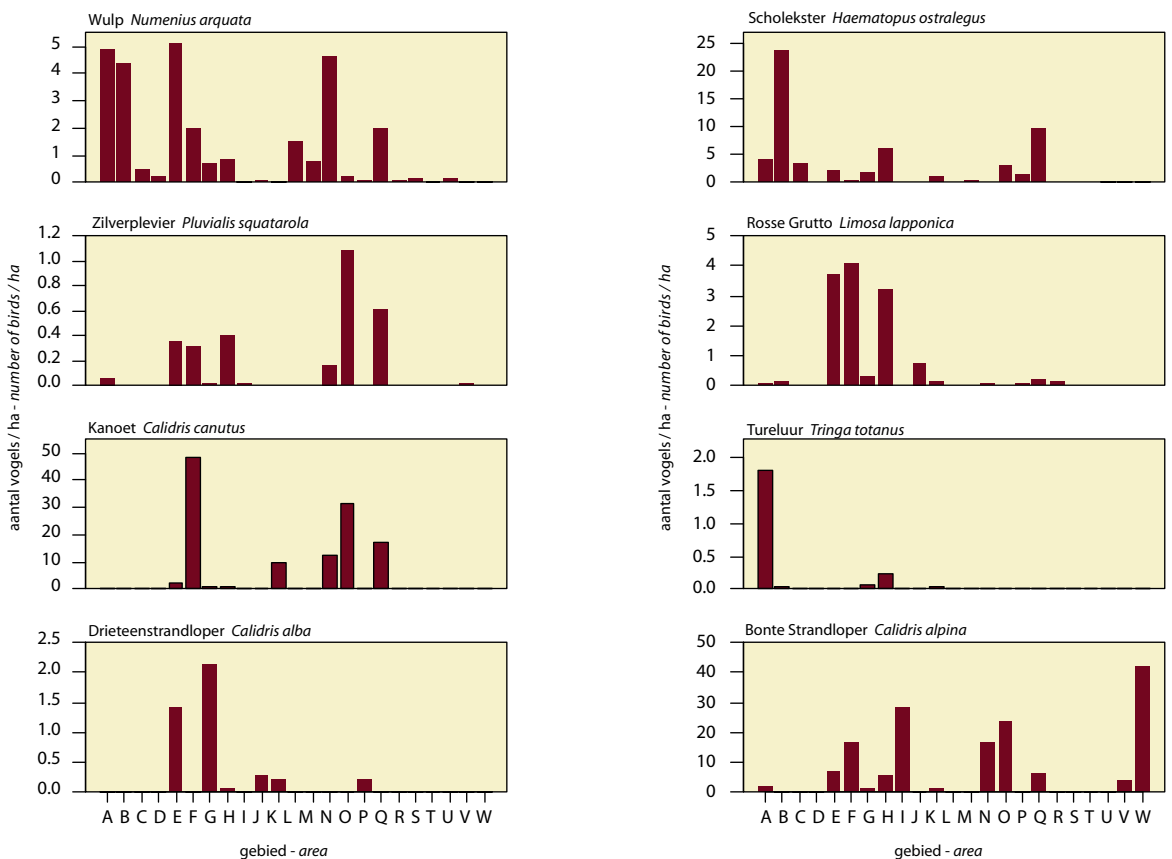
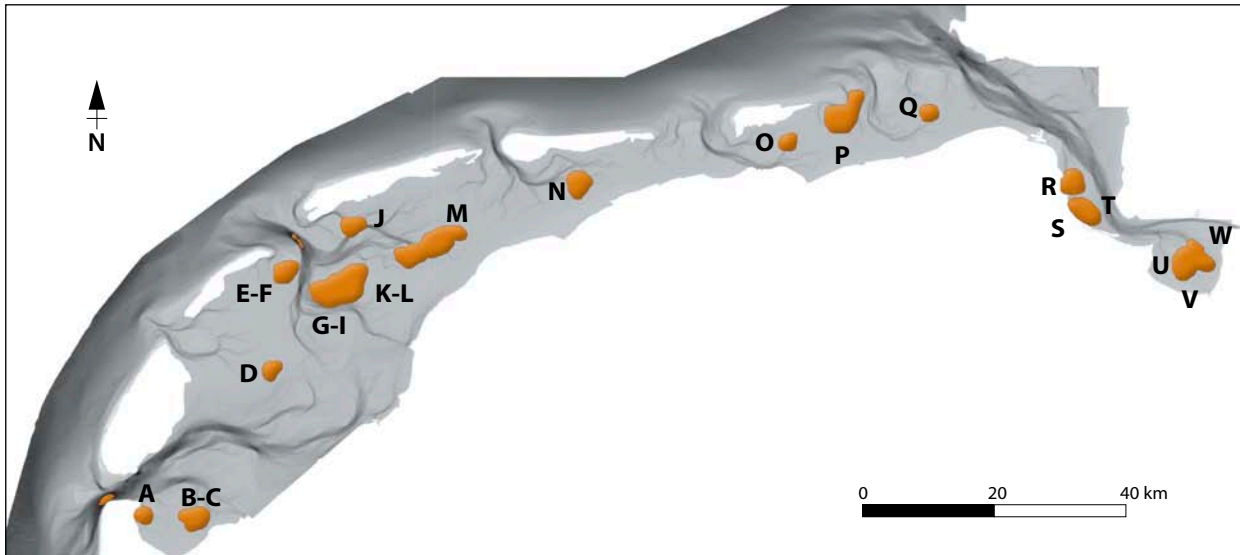
dere met behulp van telemetrie) aan primaire onderzoeksoorten in breder perspectief kunnen worden geplaatst. In het bijzonder wilden we weten: (a) in welke dichtheden de soorten over de Nederlandse Waddenzee zijn verspreid, (b) in hoeverre ze meer solitair dan wel in groepen voorkomen, en (c) in hoeverre dichtheid en verspreiding van soorten aansluiten bij die van voedselbronnen (gegevens over benthos worden verzameld in het kader van het project SIBES, *Synoptic Benthic Survey of the Wadden Sea*; Compton *et al.* 2013). We gebruikten een directe methode voor het beschrijven van de laagwaterverspreiding van wadvogels, het intekenen en tellen van groepen, een methode die eerder op het wad rond Griend werd uitgevoerd voor één soort, de Kanoet (Piersma *et al.* 1995). Net als Folmer *et al.* (2010) brachten wij wadvogels over een zo groot mogelijk deel van de Waddenzee in kaart, met als belangrijkste verschil dat wij er naar streefden om de bezochte platen in hun geheel te karteren.

METHODE

Van 16 augustus tot 29 september 2011 brachten wij, in een aantal gebieden verspreid in de Nederlandse Waddenzee, bij laagwater de verspreiding van wadvogelsoorten in kaart (figuur 1). Hier beperken wij ons tot de acht talrijkste soorten: Wulp *Numenius arquata*, Scholekster *Haematopus ostralegus*, Rosse Grutto, Zilverplevier *Pluvialis squatarola*, Kanoet, Tureluur *Tringa totanus*, Drieteenstrandloper en Bonte Strandloper *Calidris alpina*. De waarnemingen vonden plaats tijdens 23 sessies, elk binnen twee uren voor en na laag water. In deze tijd worden steltlopers het minst in hun bewegingsvrijheid belemmerd door het getij. Wij konden de waarnemingen uitvoeren vanaf het NIOZ-onderzoeksschip *MS Navicula* dat van oost naar west de Waddenzee doorkruiste. De te karteren gebieden werden op de vooravond van de telling gekozen, zonder voorkennis over vogelaantallen en soorten. De gebieden lagen op wisselende afstanden van hoogwatervluchtplaatsen, en van eilanden en het vasteland. Minder goed bereikbare platen bereikten we per rubberboot.

Met het oog op verschillen in omstandigheden, waaronder grootte van de wadplaat, het weer, zicht, en de ingeschatte kans op verstoring van de vogels bij betreding van een wadplaat, werden 13 gebieden te voet gekarteerd en 10 vanaf het schip. Afhankelijk van de condities en de grootte van de wadplaat werden per getijperiode grotere of kleinere gebieden bemonsterd. De 23 telgebieden (8674 ha in totaal, 7.2% van het totale oppervlak aan droogvallende wadplaten in de Waddenzee), liepen in oppervlakte uiteen van 24 1077 ha (gemiddeld 377 ha, $SD=329$ ha; figuren 1 en 2). Omdat de vogeldichtheid meestal sterk varieert van plek tot plek (van de Kam *et al.* 1999) hebben we ernaar gestreefd om zoveel mogelijk de gehele wadplaat in de kartering te betrekken. De uitgestrekte wadplaten rond Griend en bij Richel werden in verschillende sessies bemonsterd. Het gegeven dat alle waarnemingen door één waarnemer (PJvdH) werden verricht, zal de onderlinge vergelijkbaarheid sterk hebben bevorderd.

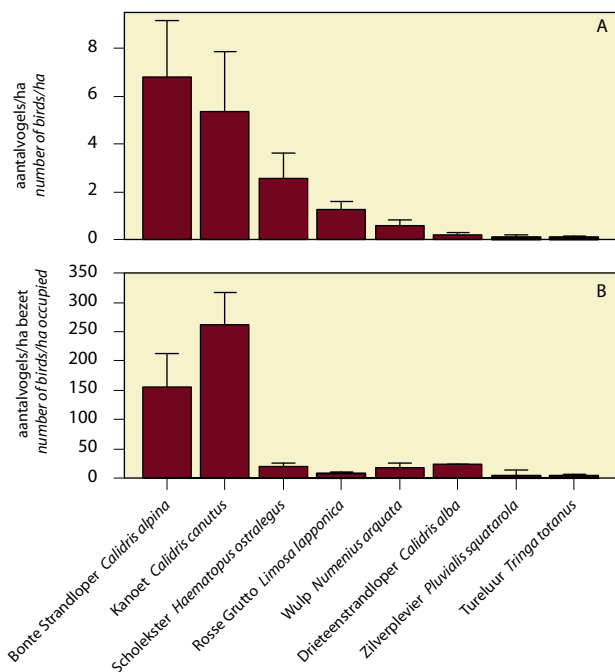
Alle wadvogels, al dan niet actief foeragerend, werden gekarteerd. De posities van de individuen en groepen werden bepaald op basis van richting



Figuur 2. Dichtheid (aantal vogels per ha) van acht soorten steltlopers in alle gekarteerde gebieden in de Nederlandse Waddenzee. De 23 gebieden (A-W; zie de kaart boven de figuur) zijn gerangschikt van west naar oost. Let op de ongelijke schalen van de y-assen. *Density (birds/ha) of eight species of shorebirds in all counted areas in the Dutch Wadden Sea. Sites A-W (see map above the figure) are ordered from west to east. Note the different scales of the y-axes.*

en afstand ten opzichte van de waarnemer. De positie van de waarnemer werd bepaald met behulp van GPS (Global Positioning System) en de richting waarin de vogel(s) zaten met een kompas. De afstand tot de vogel(s) werd geschat met een telescoopvizier. Met behulp van de daarin aangebrachte schaalverdeling werd op de plaats waar de vogel werd aangetroffen de afstand tot de

horizon afgelezen. Deze kon op basis van een eerder uitgevoerde kalibratie worden herleid naar afstand tot de vogel (Folmer *et al.* 2010). Ter aanvulling van deze methode (bijvoorbeeld wanneer de horizon werd onderbroken, of wanneer het landschap erg geaccidenteerd was) werd, om de plaats nader te bepalen, gebruik gemaakt van landschapskenmerken zoals geultjes en



Figuur 3. Gemiddelde dichtheid (aantal vogels per hectare; A) en mate van aggregatie (aantal vogels per bezette hectare; B) in de Waddenzee per soort. Average density (birds/ha; A) and level of aggregation (no. of birds per site divided by proportion of area occupied; B) per species in the Wadden Sea.

bakens waarvan de positie via de kaart bekend was.

Voor de statistische analyse werden de gebieden opgedeeld in vakken van 100x100 m (1 ha). Per vak werd de dichtheid (aantal vogels per ha) berekend. De mate waarin vogels zich bij elkaar voegen (samenklonteren, aggregeren) werd berekend door de dichtheid per onderzocht gebied te delen door de proportie van vakken die door vogels waren bezet. Gebieden waar door een bepaalde soort minder dan 1% van de vakken waren bezet werden uitgesloten van deze analyse (zie ook Folmer *et al.* 2010). Tenzij anders vermeld wordt de variatie in de getallen uitgedrukt als standaardfout van het gemiddelde.

RESULTATEN

Geen van de soorten was homogeen over de Waddenzee verspreid (figuur 2); alle werden in sommige telgebieden niet of nauwelijks aangetroffen. Waar

Wulpen, Scholeksters, Rosse Grutto's, Tureluurs en Drieteenstrandlopers hun hoogste dichtheden in de westelijke Waddenzee bereikten, deden Zilverplevieren (en in mindere mate Bonte Strandlopers) dat in de oostelijke Waddenzee. Met een gemiddelde van 6.8 ± 2.3 individuen per ha kwamen Bonte Strandlopers het meest algemeen voor, gevolgd door Kanoeten (5.4 ± 2.5) en op enige afstand Scholeksters met 2.5 ± 1.1 vogels/ha (figuur 3).

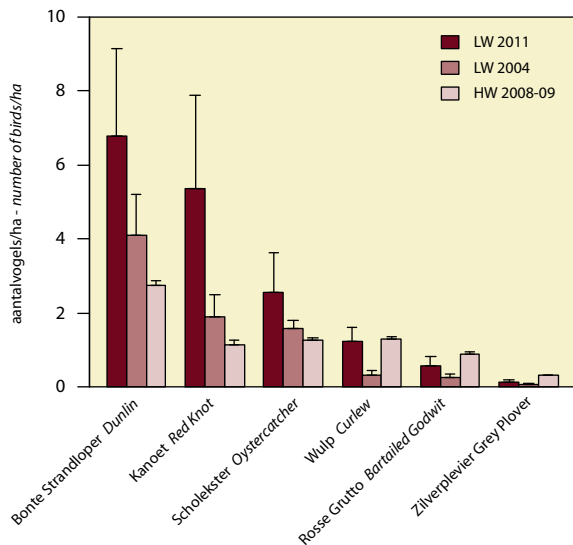
Dit patroon verandert als we ons beperken tot dichtheden in door de soorten bezette hectareblokken. Kanoet liet de hoogste mate van aggregatie zien (261 ± 56 individuen per bezette ha), gevolgd door Bonte Strandloper (155 ± 57), en op enige afstand door Drieteenstrandloper (23 ± 10), Scholekster (20 ± 6) en Rosse Grutto (17 ± 9 individuen per bezette ha). De aggregatiedichtheid van de overige soorten kwam niet uit boven 10 vogels per ha.

DISCUSSIE

In het meest oostelijke deel van de Nederlandse Waddenzee zijn dichtheden van de meeste soorten laag, maar Bonte Strandlopers en Zilverplevieren vormen op dit patroon een uitzondering (figuur 2). Eerder stelden Ens *et al.* (1993) vast dat Bonte Strandlopers het meeste voorkomen in het oostelijk deel van de Waddenzee. Voor Rosse Grutto's is dat patroon juist omgekeerd: zij lijken de voorkeur te geven aan de meer zandige delen van de westelijke Waddenzee (Ens *et al.* 1993). We moeten overigens bedenken dat die voorkeuren per seizoen kunnen verschillen; de metingen van Ens *et al.* (1993) werden in hartje winter uitgevoerd, de onze in het najaar. Rosse Grutto's worden in mei doorgaans zowel in slikkige als zandige habitats aangetroffen, terwijl ze in het najaar en 's winters meer zandig wad prefereren (med. S. Duijns).

Om eerdere extrapolaties te belichten hebben we onze resultaten van vogeldichtheden vergeleken met hoogwatertellingen (Hornman *et al.* 2011) die we aan de hand van het beschikbare wadoppervlak bij laagwater hebben doorgerekend naar dichtheden. Deze gegevens zijn verzameld in dezelfde periode van het jaar (in augustus-september 2008-2009). Ook betrokken we de gegevens van Folmer *et al.* (2010) in de vergelijking. Hoewel de volgorde van talrijkheid van de verschillende soorten in de drie datasets vergelijkbaar is (figuur 4), zijn er aanmerkelijke verschillen die te maken kunnen hebben met tellingen die gedaan zijn in verschillende jaren. Wat betreft de Kanoeten, bijvoorbeeld, was 2011 een goed jaar, wat vast te maken had met de aanwezigheid van grote aantallen eerstejaars Kokkeltjes *Cerastoderma edule*, een teken van enig herstel van de negatieve effecten van mechanische visserij op kokkels (Kraan *et al.* 2007, 2009).

Of de verschillen in talrijkheid te maken hebben met een verschil in methode (Folmer *et al.* kozen voor kleinere



Figuur 4. Vergelijking van dichtheden uit onze laagwaterstudie ('LW 2011') met een andere laagwaterstudie (Folmer *et al.* 2010; 'LW 2004') en met tot laagwaterdichtheden herleide hoogwatertellingen (aantal vogels per soort uit Sovon-hoogwatertellingen in augustus-september 2008-2009 (Hornman *et al.* 2011), gedeeld door de oppervlakte droogliggend wad in de hele Nederlandse Waddenzee; 'HW 2008-09'). Aangezien het wadoppervlak vrij nauwkeurig bekend is konden de standaardfouten van de uit hoogwatertellingen afgeleide dichtheden worden benaderd op basis van de standaardfouten van de hoogwatertotalen (Rappoldt *et al.* 1985). Comparison of densities as calculated from our low tide counts ('LW 2011'), from a similar study (Folmer *et al.* 2010; 'LW 2004') and from high tide roost counts (August-September 2008-2009, Hornman *et al.* 2011) divided by the area of intertidal mudflats in the Dutch Wadden Sea ('HW 2008-09'). As the area of intertidal mudflats is rather precisely known, standard errors of densities were based on standard errors of high tide counts, taken from Rappoldt *et al.* (1985).

steekproeven; wij streefden ernaar zo veel mogelijk oppervlakte per plaat te karteren) valt moeilijk te zeggen. In elk geval ligt het niet aan de grootte van de vakken op basis waarvan de analyse werd gedaan. Onze grotere vakken (1 ha, tegen 0.25 ha bij Folmer *et al.* 2010) zouden eerder tot een lagere schatting van dichtheid leiden (een kleinere kans op dubbelstellingen vanwege minder randeffecten), terwijl onze dichtheden in het algemeen juist hoger zijn. Zowel in de analyse van Folmer *et al.* (2010) als hier laten Kanoeten en Bonte Strandlopers een aanzienlijk sterkere aggregatie zien dan de andere onderzochte soorten. Dat bij ons de aantallen per bezette hectare over het algemeen groter waren – bij Bonte strandlopers en Kanoeten zelfs ongeveer tien maal zo groot – kan moeilijk alleen aan variatie tussen jaren worden toegeschreven. Het kan gedeeltelijk zijn te wijten aan een verschil in methode, waarbij wij groepen minder gemakkelijk hebben gemist door het streven gehele wadplaten te tellen. Bovendien valt, vooral in de vergelijking met dichtheden op basis van de hoogwatertellingen, niet uit te sluiten dat niet alle typen wadplaten (bijvoorbeeld de platen dicht bij de eilanden en de vastelandskust) evenredig in onze tellingen zijn vertegenwoordigd.

Vooraf Kanoeten komen op slechts weinig plaatsen, maar wel in hele hoge dichtheden voor. In ons studiejaar leek dat vooral te worden gestuurd door het genoemde rijke aanbod van eerstejaars Kokkeltjes. Het valt te verwachten dat de mate waarin de vogels gegroepeerd hun voedsel zoeken gevolgen zal kunnen hebben voor de mate waarin hun verspreiding op het voedsel is afgestemd. Het foerageren van Kanoeten heeft wat dat betreft overeenkomsten met dat van ganzen: voedselplekken worden groepsgewijs bezocht waarbij andere mogelijk geschikte plekken op dat moment onbenut blijven (Bos *et al.* 2004). Voor een beter inzicht in de draagkracht van een gebied voor vogels willen we weten hoe soorten die groepsgewijs optrekken zich in de tijd over voedselplekken verdelen, hoe dat samenhangt met de dichtheid en kwaliteit van het voedsel en met de aanwezigheid van soortgenoten (Folmer *et al.* 2012).

Als vervolgstap zullen we nu gaan zoeken naar de relaties tussen de verspreiding van de wadvogelsoorten en de verspreiding van hun voedsel in de wadbodem (Compton *et al.* 2013). Vanuit de aanname dat vogels hun gedrag optimaliseren, kunnen we voor de best bestudeerde soorten, zelfs rekening houdend met hun eigen-

schappen zoals gewicht, maag grootte en activiteitenpatroon, voorspellingen maken van hun verspreiding (Quaintance *et al.* 2011). We hopen deze beelden te koppelen aan de overleving van met kleurringen gemerkte individuen die verschillende keuzes maken (van Gils *et al.* 2006a,b). Op deze wijze hopen we veel beter grip te krijgen op de dynamische relaties tussen wadvogels en hun voedsel en veiligheid, als basis voor een inhoudelijk onderbouwd beheer van hun leefgebieden.

LITERATUUR

- Bos D., J. van de Koppel & F.J. Weissing 2004. Dark-bellied Brent Geese aggregate to cope with increased levels of primary production. *Oikos* 107: 485-496.
- Compton T. J., S. Holthuijsen, A. Koolhaas, A. Dekinga, J. ten Horn, J. Smith, Y. Galema, M. Brugge, D. van der Wal, J. van der Meer, H.W. van der Veer & T. Piersma 2013. Distinctly variable mudscapes: distribution gradients of intertidal macrofauna across the Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research in druk*.
- Brugge D. van der Wal, J. van der Meer, H.W. van der Veer & T. Piersma. Distinctly variable mudscapes: distribution gradients of intertidal macrofauna across the Dutch Wadden Sea. Aangeboden aan *Journal of Sea Research*.
- Ens B. J., G.J.M. Wintermans & C.J. Smit 1993. Verspreiding van overwinterende wadvogels in de Nederlandse Waddenzee. *Limosa* 66: 137-144.
- Folmer E.O., H. Olf & T. Piersma 2010. How well

- do food distributions predict spatial distributions of shorebirds with different degrees of self-organization? *Journal of Animal Ecology* 79: 747-756.
- Folmer E.O., H. Olff & T. Piersma 2012 The spatial distribution of flocking foragers: disentangling the effects of food availability, interference and conspecific attraction by means of spatial autoregressive modelling. *Oikos* 121: 551-561.
- van Gils J.A., B. Spaans, A. Dekinga & T. Piersma 2006a. Foraging in a tidally structured environment by red knots *Calidris canutus*: Ideal, but not free. *Ecology* 87: 1189-1202.
- van Gils J.A., T. Piersma, A. Dekinga, B. Spaans & C. Kraan 2006b. Shellfish-dredging pushes a flexible avian top predator out of a protected marine ecosystem. *PLoS Biology* 4: 2399-2404.
- Hornman M., F. Hustings, K. Koffijberg, E. van Winden, SOVON Ganzen- en Zwanenwerkgroep & L. Soldaat 2011. *Watervogels in Nederland in 2008/2009*. SOVON-monitoringrapport 2011-03, SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. Waterdienst-rapport BM 10.24.
- van de Kam J., B. Ens, T. Piersma & L. Zwarts 1999. *Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels*. Schuyt & Co, Haarlem.
- Koffijberg K. 2003. High Tide Roosts in the Wadden Sea: A review of bird distribution, protection regimes and potential sources of anthropogenic disturbance. Report of the Wadden Sea Plan Project 34. Wadden Sea Ecosystem Report 16, Wilhemshaven.
- Kraan C., T. Piersma, A. Dekinga, A. Koolhaas & J. van der Meer 2007. Dredging for edible cockles (*Cerastoderma edule*) on intertidal flats: short-term consequences of fisher patch-choice decisions for target and non-target benthic fauna. *ICES Journal of Marine Science* 64: 1735-1742.
- Kraan C., J.A. van Gils, B. Spaans, A. Dekinga, A.I. Bijleveld, M. van Roomen, R. Kleefstra & T. Piersma 2009. Landscape-scale experiment demonstrates that Wadden Sea intertidal flats are used to capacity by molluscivore migrant shorebirds. *Journal of Animal Ecology* 78: 1259-1268.
- Piersma T., J.A. van Gils, P. de Goeij & J. van der Meer 1995. Hollings functional response model as a tool to link the food-finding mechanism of a probing shorebird with its spatial distribution. *Journal of Animal Ecology* 64: 493-504.
- Programmateam 2010. *Naar een Rijke Waddenzee – Programmaplan voor Natuurherstel in de Waddenzee*. 28 Januari 2010 aangeboden aan de Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).
- Quaintenne G., J.A. van Gils, P. Bocher, A. Dekinga & T. Piersma 2011. Scaling up ideals to freedom: are densities of red knots across western Europe consistent with ideal free distribution? *Proceedings of the Royal Society B* 278: 2728-2736.
- Rappoldt C., M. Kersten & C. Smit 1985. Errors in large-scale shorebird counts. *Ardea* 73: 13-24.
- van Roomen M. van, K. Laursen, C. van Turnhout, E. van Winden, J. Blew, K. Eskildsen, K. Günther, B. Hälterlein, R. Kleefstra, P. Potel, S. Schrader, G. Luerssen & B.J. Ens 2012. Signals from the Wadden sea: Population declines dominate among waterbirds depending on intertidal mudflats. *Ocean & Coastal Management*, 68: 79-88.

Piet J. van den Hout & Theunis Piersma, Koninklijk Nederlands Instituut voor Zeeonderzoek (NIOZ), Postbus 59, 1790 AB Den Burg, Texel; piet.van.den.hout@nioz.nl; theunis.piersma@nioz.nl

Low-tide distribution of shorebirds in the Wadden Sea

Metawad is a five-year research project funded by Waddenfonds that started in 2011. One of its aims is to investigate how population changes of migrating shorebirds are driven by changes in the conditions in their main feeding habitat, intertidal mudflats. We investigate how differences in survival may be preceded by differences in behavioural indicators related to foraging, which in turn may be driven by factors like food, forager density and distribution, and predation danger. Metawad focuses on five long-distance migrant species differing in feeding habits and migration routines: Brent Goose *Branta bernicla*, Eurasian Spoonbill *Platalea leucorodia*, Bar-tailed Godwit *Limosa lapponica*, Red Knot *Calidris canutus* and Sanderling *Calidris alba*.

To put the data on these target species in a wider context, we started off by mapping the low tide distribution of a

wider array of shorebird species in the Dutch Wadden Sea, with the aim to link this (at a later stage) to available food stocks, which are monitored throughout the Dutch Wadden Sea (Fig.1). Here we focus on the eight most numerous species: Curlew *Numenius arquata*, Oystercatcher *Haematopus ostralegus*, Bar-tailed Godwit, Grey Plover *Pluvialis squatarola*, Red Knot, Redshank *Tringa totanus*, Sanderling and Dunlin *Calidris alpina*. The eastern parts of the Wadden Sea supported the lowest densities of all species except Grey Plover and Dunlin (Fig. 2). Overall, Dunlin was most abundant, followed by Red Knot and Oystercatcher (Fig. 3). Packing densities, however, were highest in Red Knot, followed closely by Dunlin, and then by Sanderling, Oystercatcher and Bar-tailed Godwit (Fig. 3). It is discussed why in Red Knots and Dunlin packing densities were much higher than in a

similar study on low tide distribution mapping (but from another year), and than densities estimated from high tide counts (also from another year). For instance, the high packing densities in our study may be related to a substantial spat fall of Cockle *Cerastoderma edule* in 2011. In further steps we will examine the relationships between the distributions of birds and their food stocks. Assuming that birds optimize their behaviour, for the best studied bird species, individual characteristics like body weight, gizzard size, and activity pattern, can serve as predictors of their distribution. We aim to link these features to survival of marked birds in order to better understand the complex relationship between population dynamics of shorebirds and the state of the habitats they live in.