

HET ZESDE ZINTUIG VAN DE KANOET: ‘VOELEN OP AFSTAND’

Een bepaald soort trekvogels, kanoeten, heeft een eigen ecologische niche weten te vinden. Zij voeden zich door op de randen van wadplaten op ingenieuze wijze onder het zand verborgen schelpdieren te detecteren. Door gebruik te maken van de structuur van waterig zand kunnen zij op afstand voelen waar zich een potentiële prooi bevindt.

Vijfentwintig jaar geleden, toen ik als fysisch oceanograaf op het het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) onderzoek deed aan onderwatergolven, vroeg mijn collega, marien bioloog Theunis Piersma, mij een raadselachtige waarneming te verklaren. Ik voelde mij zowel vereerd alsook een beetje in de rol van Sherlock Holmes gedrongen, met dat verschil dat het hier geen whodunit maar een *whatsdunit* betrof. Zijn vraag was namelijk: wat is het mechanisme dat een strandloper, de kanoet, gebruikt voor het detecteren van zijn prooi? Samen met zijn onderzoeksgroep bestudeert Theunis alle facetten van deze lange-afstandtrekvoegel, niet alleen zijn jaarlijkse migratie

(zomerverblijf op Wrangel, ten noorden van Siberië, via tussenstops in lente en herfst in de Waddenzee, overwintering in Mauretanië [1]), maar meer nog de aparte ecologische niche die deze vogelsoort weet in te nemen [2]. Immers, kanoeten zoeken hun voedsel op een nogal specifieke plaats, namelijk onzichtbaar verborgen in zacht, waterig sediment (zie figuur 1). Dus op en rond de vloedlijn, maar niet, zo liet het onderzoek van Theunis en collega's zien, in droog zand, noch in een volledig met water bedekte bodem.

Door vier kanoeten in een kooi te houden, in een setting vergelijkbaar met die in het veld – dus met een wadplaat en getijbeweging, en met zacht waterig zand, met een gemiddelde

korrelgrootte van 0,18 mm – kon met grote precisie de merkwaardige wijze worden vastgesteld waarop zij hun verborgen prooien, nonnetjes, opsponen. Deze weekdieren zijn een soort tweekleppige slakken van gemiddeld 1 cm diameter doorsnede. De kanoet weet ze met zijn gespierde maag te kraken om zich via zijn ontlasting van de resten te ontdoen. Maar hoe vindt de kanoet zo'n nonnetje? Hij prikt met zijn circa 3,5 cm lange snavel gedurende een seconde een keer of tien tot een diepte van ongeveer 0,5 cm in het sediment, om vervolgens in een andere richting tot dieptes gelijk aan de lengte van de snavel een nonnetje op te duiken.

Welk mechanisme kan verantwoordelijk zijn voor deze verbluffende

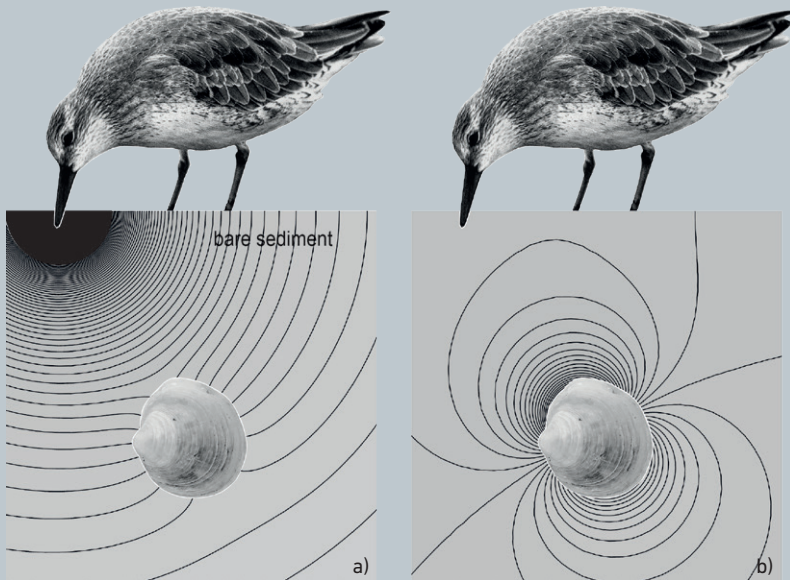


Figuur 1. Kanoeten foeragerend op waterig sediment. Foto: Jan van de Kam.

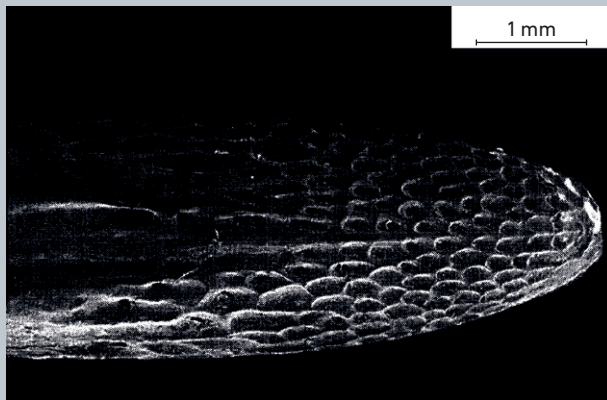
manier van voedseldetectie? Onderzoek dat Theunis' groep hiervoor uitvoerde door weekdieren op diepte onder een volstrekt vlakke (waterige) zandbodem te verstoppert, leerde dat kanoeten geen zichtbare aanwijzingen nodig hebben. Sterker, kanoeten wisten in beloningsexperimenten emmers, gevuld met waterig sediment met of zonder prooi, te onderscheiden, zelfs als de prooi op onbereikbare dieptes van 5 cm geplaatst was. Opmerkelijkwijswisten kanoeten in plaats van nonnetjes ook stenen die op eenzelfde diepte waren verstopt te detecteren, zodat het gebruik van geur, smaak of vibraties van de prooi konden worden uitgesloten. Wanneer het sediment echter droog was of volledig onder water stond, wisten kanoeten prooien (of stenen) absoluut niet te vinden. De serie snelle ondiepe prikken die de kanoet in het zoekproces uitvoert doet denken aan de detectiemethode die vleurmuizen door middel van echolocatie hanteren. Maar voor

akoestische detectie van een object op een afstand van 3 cm met behulp van geluid, dat met een snelheid van zeg 1500 m/s door het natte zand loopt, is een geluidsbron met een frequentie van 50 kHz nodig. Dat is veel hoger dan de waargenomen frequentie van prikken. Dus wat is hier aan de hand? Hier vroeg ik mij af wat de betekenis kon zijn van het waterige sediment waar deze vogels gebruik van lijken te maken. En ik herinnerde mij van wandelingen langs deloedlijn dat wanneer je je voet op waterig sediment zet er twee dingen gebeuren. In eerste instantie komt rond je voet droog zand omhoog, maar zo'n 0,15 seconde later wordt dit gevolgd door zeewater dat het droge zand indringt. Kennelijk moet het waterig sediment gezien worden als een combinatie van een rigide (zand)matrix, een rooster van zandkorrels met ertussen ruimtes waar water in gedreven kan worden. De zandkorrels staan in contact met elkaar en kunnen kennelijk instantaan op drukverandering reageren, terwijl

het onsamendrukbare interstitiële water door de tussenruimtes, de poriën, moet worden gedreven. Dit is een laminairstromingsproces waar, vanwege wrijving met de zandkorrels, tijd mee is gemoeid. Deze reactie van waterig sediment op druk is ook al vastgesteld door Minnaert, die de bewuste responstijd heeft gemeten [3]. Zou dit gegeven een rol kunnen spelen in de detectiemethode die kanoeten gebruiken? Misschien wel wanneer we de ondiepe herhaalde prikkjes kunnen zien als een locale verstoring van de zandkorrelmatrix. Dit is een initieel tamelijk labiele stapeling, vanwege de tegendruk door het daartussen aanwezige water, en vanwege het langzame bezinkingsproces waarin het zand gedurende de eb fase is neergedwarreld. Echter wanneer zandkorrels als gevolg van het prikken een paar keer achter elkaar worden opgewoeld, om vervolgens meteen weer in een compactere pakking terug te vallen, zal de druk nabij het oppervlak rond de snavel in stapjes worden



Figuur 2. Schets (niet op schaal) van (a) door aanwezigheid van een nonnetje verstoorde hemisferische drukopbouw en (b) het verschil met het onverstoorte hemisferische drukveld dat de kanoet met zijn gevoelige snavel zou moeten detecteren. Bron: [7].



Figuur 3. Elektronenmicroscopiebeeld van het oppervlak van de benige punt van het bovendee van de kanoetsnavel die de veelheid aan putjes laat zien waarin de druksensoren liggen, met een breedte en lengte van 0,1 respectievelijk 0,3 mm. Uit [5].

opgevoerd alvorens deze zich kan ontladen door water te verplaatsen: het waterig sediment wordt als het ware lokaal 'opgepompt'. Deze zich opbouwende hemisferische drukpuls zal zich onder het oppervlak, rond een 'obstakel' (weekdier of steen), moeten aanpassen opdat daar de drukgradiënt steeds loodrecht op het oppervlak staat, zodat er geen water het object instroomt. Het vermoeden is dat de

daardoor optredende vervorming in de hemisferische drukverdeling op zijn beurt voelbaar zou kunnen zijn op de snavel, althans als de kanoetsnavel (nota bene tijdens het prikken!) daar gevoelig genoeg voor is (zie figuur 2). Er is ook een tegenovergestelde zienswijze mogelijk, namelijk één waarin wordt aangenomen dat het gedurende de ebfase neergedwarrelde sediment zich juist in de dichtste pakking heeft

afgezet [4]. In deze visie zal iedere verstoring van de zandstapelingsleiding dat het zand na beroering minder compact wordt achtergelaten (dilateert). Dit leidt tot grotere poriën, zodat er aan het zandoppervlak water ontbreekt om deze meteen op te vullen. Capillaire werking zuigt vervolgens water uit ondergelegen poriën aan, maar dit leidt daar dan juist tot een drukverlaging. Kortom, hier bouwt zich bij een aantal maal prikken een steeds grotere onderdruk op. Het water dat hierdoor vanuit verderop gelegen poriën aangezogen wordt zal de aanwezigheid van 'obstakels' moeten vermijden, alweer leidend tot een verstoring van het symmetrische drukpatroon.

Deze hypothese nodigde ons uit om eens goed naar de kanoetsnavel te kijken [5]. Uit microscopisch onderzoek (figuur 3) bleek dat deze inderdaad bezaaid is met zo'n 5000 druksensoren (*Herbst corpuscles*) – veel meer dan gebruikelijk in snavels van de meeste andere vogelsoorten. Aangezien deze druksensoren rondom de snavel zitten, is het voorstelbaar dat de kanoet in zijn jeugd (de trainingsfase) geleerd heeft om zelfgeïnduceerde drukfluctuaties te elimineren en tevens om te zoeken naar symmetriebrekende drukverdelingen, die de kanoet, zo kun je speculeren, zijn richtingsbepaling verschaft.

De kanoet blijkt niet helemaal uniek te zijn met zijn gevoelige snavel. Ook de kiwi uit Nieuw-Zeeland en de ibis uit Madagaskar kennen een overvloed aan druksensoren [6]. Voor deze vogelsoorten wordt echter gespeculeerd dat ze hun sensoren gebruiken voor de detectie van prooien die, door te vibreren, zichzelf verraden. De kiwi en ibis zouden dus niet zelf ook nog eens de bron van de drukverstoring zijn, zoals in het geval van de kanoet. Dat het detectiemechanisme niet werkt in droog zand is verklaarbaar doordat lucht samendrukbaar is en daarmee veel sneller in staat is om op een herstapelings van de zandmatrix te kunnen reageren, te snel om enig effect van verborgen prooien of stenen te kunnen verraden. Ook in zand dat volledig onder water staat zal het



Figuur 4. Kanoet. Foto: Wikimedia - Chuck Homler d/b/a Focus On Wildlife.

mechanisme niet kunnen werken omdat daar het zand bijna tot drijfzand verworpen is. Hierin verliezen de zandkristallen het contact met elkaar, waardoor de poriën ertussen zo groot geworden zijn dat ze nog nauwelijks weerstand bieden aan stromend water. Hierdoor zal de drukopbouw, nodig voor het in beeld krijgen van de verstoring van een verborgen obstakel, opnieuw niet kunnen plaatsvinden. Hoewel de hierboven beschreven hypothese soms als verklaring gezien wordt voor het 'op afstand voelen' moet eerlijkheidshalve gesteld worden dat een experimenteel-fysische toets (en een meer kwantitatief fysisch model) nog ontbreekt. Zo'n experiment hoeft echter niet heel ingewikkeld te zijn. Een waterig sediment kan gemaakt worden door te starten met een laag (wad)zand met een korrelgrootte van 0,18 mm. Door daarboven een laagje water met daarin door turbulentie opgewoeld sediment aan te brengen en vervolgens de waterstand langzaam te verlagen (het

afvallend getij simulerend) zal het in oplossing zwevende zand in een vrij labiele pakking neerzakken. In deze natte wadplaat kunnen de trillingen veroorzaakt door het snelle ondiepe prikken van de kanoet met een decoupeerzaag worden nagebootst. Met een aantal druksensoren zou de respons, de hemisferische drukopbouw, even later gevolgd door de ontlading (stroming), en in het bijzonder de verstoring van deze drukopbouw door een onder het zandoppervlak aanwezig obstakel (figuur 2), wellicht gemeten kunnen worden. Vooral nog wacht deze proef op een enthousiaste onderzoeker!

Leo Maas heeft tot 2016 dertig jaar als fysisch oceanograaf op het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) gewerkt. Namens het NIOZ was hij vanaf 2007 als bijzonder hoogleraar aangesteld bij het Instituut voor Marien en Atmosferisch onderzoek (IMAU) aan de Universiteit Utrecht alwaar hij van 2016-2021 heeft gewerkt en waaraan hij vanaf 2021 als gastonderzoeker verbonden is. L.R.M.Maas@uu.nl

REFERENTIES

- 1 T. Piersma, *De ontdekking van Europa. De eerste kanoeten op het wad, de eerste terpen op de kwelder*. In: *Geveulgelde geschiedenis van Nederland: de Nederlanders en hun vogels*, Editors: Jan Luiten van Zanden, Helena Čordašev en Erik de Bruin (2022).
- 2 T. Piersma, R. Hoekstra, A. Dekinga, A. Koolhaas, P. Wolf, P. Battley en P. Wiersma, *Scale and intensity of intertidal habitat use by knots *Calidris canutus* in the western Wadden Sea in relation to food, friends and foes*, *Netherlands Journal of Sea Research* **31** (4), 331-357 (1993).
- 3 M.G.J. Minnaert, *De Natuurkunde van 't Vrije Veld deel 3, vijfde Editie uit 1996* (1954).
- 4 O. Reynolds, LVII. *On the dilatancy of media composed of rigid particles in contact. With experimental illustrations*, *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* **20** (127), 469-481 (1885).
- 5 T. Piersma, R.V. Aelst, K. Kurk, H. Berkhoudt en L.R.M. Maas, *A new pressure sensory mechanism for prey detection in birds: the use of principles of seabed dynamics?*, *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, **265** (1404), 1377-1383 (1998).
- 6 S.J. Cunningham, I. Castro, T. Jensen en M.A. Potter, *Remote touch prey-detection by Madagascar crested ibises *Lophotis cristata urschi**, *Journal of Avian Biology*, **41**(3), 350-353 (2010).
- 7 J. de Fouw, T. van der Heide, T. Oudman, L.R.M. Maas, T. Piersma en J.A. van Gils, *Structurally complex sea grass obstructs the sixth sense of a specialized avian molluscivore*, *Animal Behaviour* **115**, 55-67 (2016).