



Mosdiertjes op het strand van Nederland

Bronnen, soorten en
handelingsperspectieven

Quickscan



waddenacademie

Mosdiertjes op het strand van Nederland

Bronnen, soorten en
handelingsperspectieven

Quickscan

Januari 2023

R.W. Nauta
A. Gittenberger
J. Claassen
C.M.J. Philippart

Colofon

Auteurs

R.W. Nauta¹, A. Gittenberger², J. Claassen³ & C.M.J. Philippart⁴

¹Wageningen Marine Research, Ankerplaats 1, 1781 AG Den Helder;

²GiMaRIS, Rijkswaterstaatweg 75, 2171 AK Sassenheim;

³Rijkswaterstaat – WMCN LCM, Zuiderwagenplein 2, 8224 AD Lelystad;

⁴Waddenacademie, Ruiterskwartier 121a, 8911 BS Leeuwarden.

Uitgevoerd in opdracht van Gemeente Ameland en Gemeente Katwijk.

Grafisch ontwerp

BW H ontwerpers

Foto omslag

Jan Spoelstra

ISBN

978-94-90289-69-0

Quickscan 2023-01

Gepubliceerd door Waddenacademie

© Waddenacademie januari 2023

Referentie

Nauta, R. W. et al., 2023. Mosdiertjes op het strand van Nederland: bronnen, soorten en handelingsperspectieven, quickscan 2023-01, Waddenacademie, Leeuwarden.

Contactpersoon

Klaas Deen

Secretaris Waddenacademie

T 058 233 90 31

E klaas.deen@waddenacademie.nl

www.waddenacademie.nl

De basisfinanciering van de Waddenacademie is afkomstig van het Waddenfonds.

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	4
2	Soortkenmerken en levenswijze	5
3	Voorkomen & verspreiding	6
4	Soortdeterminatie	8
5	Herleiden van bronnen	12
6	Handelingsperspectieven	16
7	Discussie en conclusie	18
8	Referenties	20

1. INLEIDING

Sinds het begin van 2020 is in Nederland een nog vrij onbekend ecologisch fenomeen waargenomen wat tot grote overlast zorgt in verschillende kustgemeenten, namelijk de massale stranding van mosdiertjes, tot op heden gedetermineerd als de soort *Electra pilosa*, het harig mosdiertje. De strandingen leiden vooral tot hinder in de recreatiesector, omdat het strand moeilijk begaanbaar wordt en in de zomerperiode leidt tot stankoverlast. Beide met als consequentie dat bezoekers van het strand wegblijven of bepaalde delen vermijden. Dit deed zich voor op meerdere plekken langs de Nederlandse kust, inclusief de Waddeneilanden, maar in het bijzonder op Ameland en bij Katwijk aan Zee. Daarom zullen deze twee locaties tevens als casussen worden gebruikt in dit rapport. Het massaal aanspoelen van de mosdiertjes werd ten tijde van de eerste strandingen beleefd als een bijzonder fenomeen, kreeg enige media-aandacht, maar door de lokaalheid van de problematiek kreeg het weinig (wetenschappelijke) aandacht. Daar overheen kwam in maart 2020 het begin van de COVID-19 crisis wat leidde tot een verminderde aandacht voor de problematiek, maar ook verminderde probleemervaring doordat de aantallen recreanten beperkt werd hierdoor.

Hetgeen dat aanspoelde waren, zoals geschreven, mosdiertjes. Deze diertjes lijken, zoals de naam doet vermoeden, op mos. Dit komt doordat de diertjes koloniën vormen die, in het geval van *E. pilosa*, als takjes groeien en zo een plant-achtige vorm krijgen. Deze takjes zijn opgebouwd uit individuele 'huisjes' waarin een enkele individu leeft. Hetgeen dat aanspoelt zijn deze doorgaans lege huisjes van organisch, dierlijk materiaal wat begint te rotten op het strand met stankoverlast tot gevolg.

De massale strandingen zijn zeer uniek, maar wel eerder in de geschiedenis van Nederland voorgekomen. Ook in het buitenland zijn enkele meldingen van massale strandingen van mosdiertjes bekend. In de jaren 1965 en 1966 werden massale hoeveelheden aangetroffen op het strand van het Duitse waddeneiland Norderney, en met name in 1966, ook in Nederland. Toen ging het eveneens om het harig mosdiertje (Prigge 1967,

Cadée 2018). Dit zet dan ook meteen vragen bij de oorzaak van deze massale bloei. Want waar momenteel sterk gewezen wordt door de media naar windmolenparken en klimaatverandering, zijn dit factoren waarvan grofweg 60 jaar geleden nog geen sprake kon zijn.

Meer recent zijn massale bloei en strandingen van de mosdiersoorten *Arboscuspis bellula* en *Membraniporopsis tubigera* waargenomen, zoals gerapporteerd door Gordon et al. (2006), later verder onderzocht door Gappa et al. (2009), Ramalho & Diehl (2007) en Rörig et al. (2016). Zij omschrijven dat de soorten rond de millenniumwisseling in zowel Brazilië als Nieuw-Zeeland werden ontdekt alwaar deze op beide locaties problemen veroorzaakten voor ondermeer het toerisme op de stranden en de visserij waar het de netten liet dichtslaan. Gappa et al. (2009) rapporteert daarbij dat sinds 2002 en tot het jaar van publiceren (2009) mosdiertjes meerdere keren massaal aanspoelde op stranden aan de kust over een gebied dat zich uitstrekt over enkele tientallen kilometers, zelfs tot in Uruguay.

Waar recent onderzoek naar deze plaag zich vooral gefocust heeft op de verspreiding van de grote massa's mosdiertjes en de problematiek die deze grote massa's veroorzaken in de visserij (Nauta et al. 2022) zullen we in dit onderzoek meer specifiek ingaan op een drietal onderzoeksvragen:

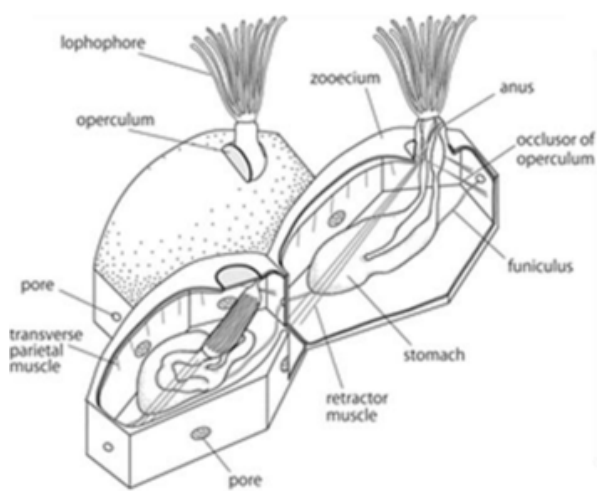
- i. Waar komen de grote massa's aan mosdiertjes die aanspoelen op Ameland en Katwijk aan Zee vandaan?
- ii. Gaat het inderdaad om *Electra pilosa* of is er mogelijk sprake van een andere soort (zoals een cryptische soort die er erg op lijkt, of een ondersoort die genetisch verschilt van de 'moedersoort')?
- iii. Wat zijn de handelingsperspectieven hoe om te gaan met deze massale strandingen?

Deze vraagstukken zullen in de hier opvolgende hoofdstukken behandeld worden om te komen tot een generieke conclusie.

2. SOORTKENMERKEN EN LEVENSWIJZE

Mosdierpjes, ook wel bryozoa of ectoprocta genaamd, zijn een groep (stam)dieren bestaande uit enkele honderden soorten. De stam is onder te verdelen in drie klassen, waarbij de meeste mariene soorten die vandaag de dag nog voorkomen behoren tot de klasse Gymnolaemata. Binnen deze klasse onderscheiden we 22 genera, waaronder de familie Electridae (Stach 1937), waartoe ook *Electra pilosa* behoort. Naast *E. pilosa* kent het genus nog 37 nauwverwante soorten (Bock 2022).

Mosdierpjes filteren hun voedsel uit het water met behulp van de trilharen op hun tentakelkrans (lofofoor). Hun voedsel bestaat daarbij primair uit plankton en organisch materiaal. Deze tentakelkrans steekt uit de opening van het 'huisje', het zooecium, en kan ingetrokken worden bij (potentieel) gevaar. De opening kan daarbij worden afgesloten met een 'klepje', het operculum. Een versimpelde tekening is in figuur 2.1 weergegeven.



Figuur 2.1: Opbouw en anatomie van enkele in kolonie levende zoïden (Blanco 2021).

Individuele van *E. pilosa* zijn te herkennen aan hun relatief lange stekels. Deze stekels geven de kolonie een harig uiterlijk, waar de soort respectievelijk haar naam aan dankt. De soort kent twee basale groeivormen: plat en driedimensionaal. Bij de platte, korstvormige vorm groeit de soort op het oppervlak van ondermeer zeewiersoorten, zoals *Fucus vesiculosus* (blaaswier) en *Laminaria digitata* (Vingerwier). De driedimensionale vorm groeit rechtstandig en kan op verschillende wijzen ontstaan. Zo kan de soort zich door simpelweg ruimtegebrek rechtstandig uitgroeien waarbij een nieuw gevormd 'huisje' dwars op de bestaande platte kolonie groeit. Of de soort vestigt zich op een verticale ondergrond welke nadien sterft en vergaet, zoals gebeurt wanneer een kolonie zich vestigt op een hydroïdpoliep (neteldier). Het zijn dan ook deze verticale kolonies die door omstandigheden (o.a. harde stroming of storm) af kunnen breken. Na het afbreken kunnen de koloniën doorgroeien, maar wanneer de mosdierpjes stranden is het relatief snel afgelopen en sterven ze.

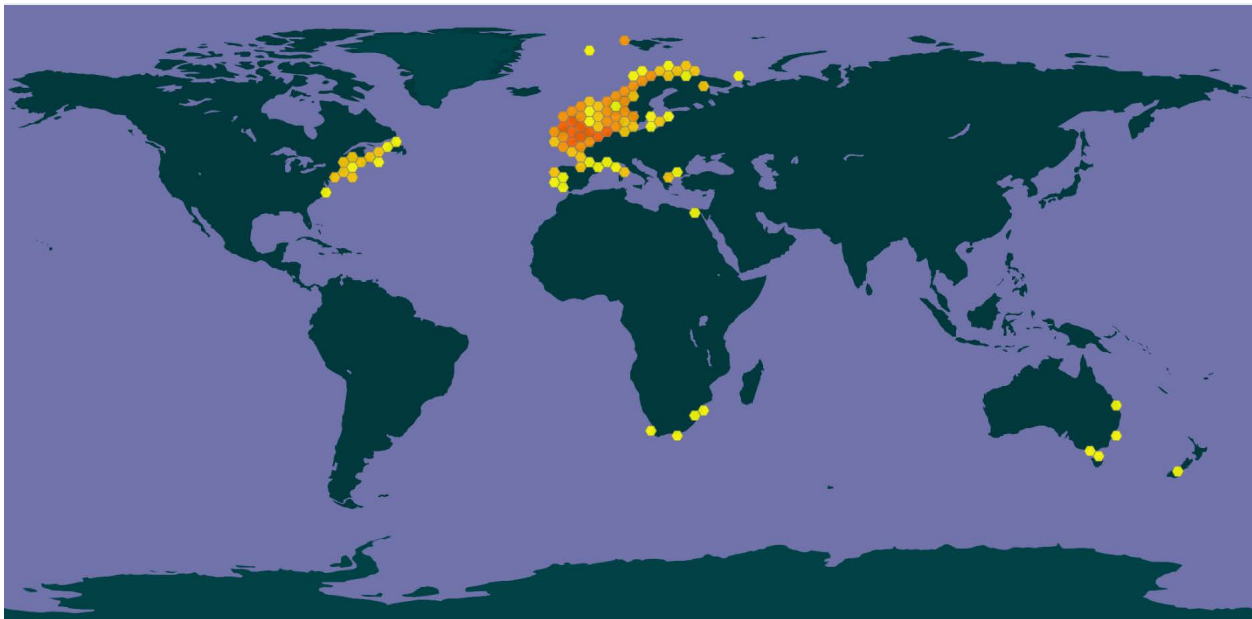
Een kolonie ontstaat nadat een enkel individu zich hecht op een substraat. Dit individu, de ancestrula, groeit daarna vegetatief door. Een kolonie bestaat dan ook uitsluitend uit klonen van deze zogenaamde ancestrula. De mosdierpjes zijn hermafrodit, maar in het geval van *E. pilosa* wel tweehuizig. Dit houdt in dat er in één kolonie dus zowel mannelijke als vrouwelijke zoïden voorkomen welke respectievelijk zaad- en eicellen produceren. Deze cellen worden losgelaten in de waterkolom en worden door de lofoforen van de vrouwelijke zoïden opgevangen. Vervolgens vindt de bevruchting inwendig plaats en ontwikkelt zich een larve. Deze worden vervolgens wederom losgelaten in de waterkolom om zich te kunnen verspreiden. Waar bij sommige soorten de larven slechts etmalen tot slechts enkele uren kunnen overleven, kunnen larven van *E. pilosa* tot enkele weken overleven. Dit maakt dan ook dat de soort bijzonder goed nieuwe leefgebieden kan koloniseren over een groot gebied (Tyler-Walters 2005).

3. VOORKOMEN & VERSPREIDING

Van *Electra pilosa* wordt in de literatuur aangenomen dat het een kosmopolitische soort betreft, wat inhoudt dat de soort over de gehele wereld voorkomt (zie figuur 3.1). Wel is de soort het meest algemeen aan de Europese Atlantische kust, waar ook de Noordzee toe behoort. De soort is dus inheems voor Nederland en is ook één van de meest algemene soorten (Van Moorsel 2014). In tegenstelling tot de wereldwijde verspreiding zien we de massale strandingen alleen in Nederland gebeuren en historisch eenmaal in Duitsland.

Om een beter beeld te krijgen van de verspreiding, en in het bijzonder de verspreiding van de grote massa's, is door Nauta et al. (2022) een onderscheid gemaakt tussen drie type bronnen aan informatie.

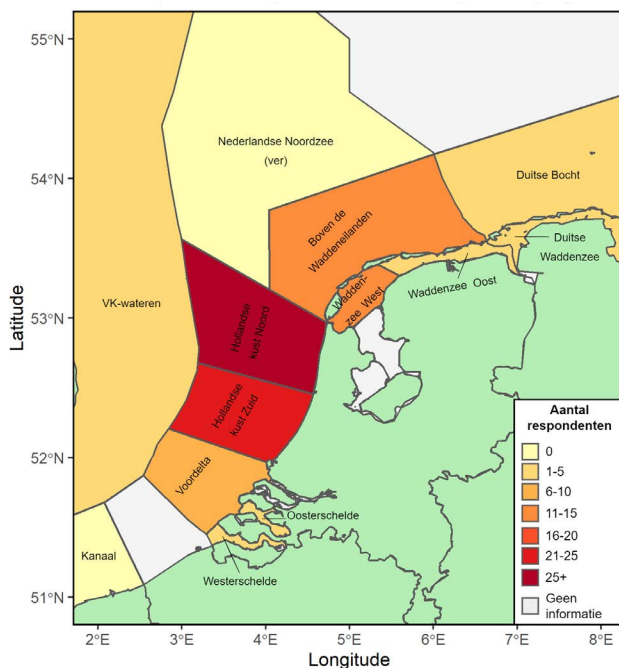
De eerste hiervan is de informatie verkregen uit de visserijsector, een sector met bijzonder veel ervaring op zee en daarmee een waardevolle bron aan kwalitatieve informatie. De tweede bron is meer kwantitatief en is de informatie verkregen uit de verschillende visserij-surveys van Wageningen Marine Research (WMR). Zij voeren jaarlijkse surveys uit om bestandopnames te doen van de soorten in de Noordzee waarbij ze sinds 2021 ook *E. pilosa* hebben meegenomen. De laatste bron is die vanuit de (vrijwillige) strandwerkgroepen waarbij door de KNNV (Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging) en Stichting Anemoon informatie wordt verzameld en strandvondsten worden bijgehouden.



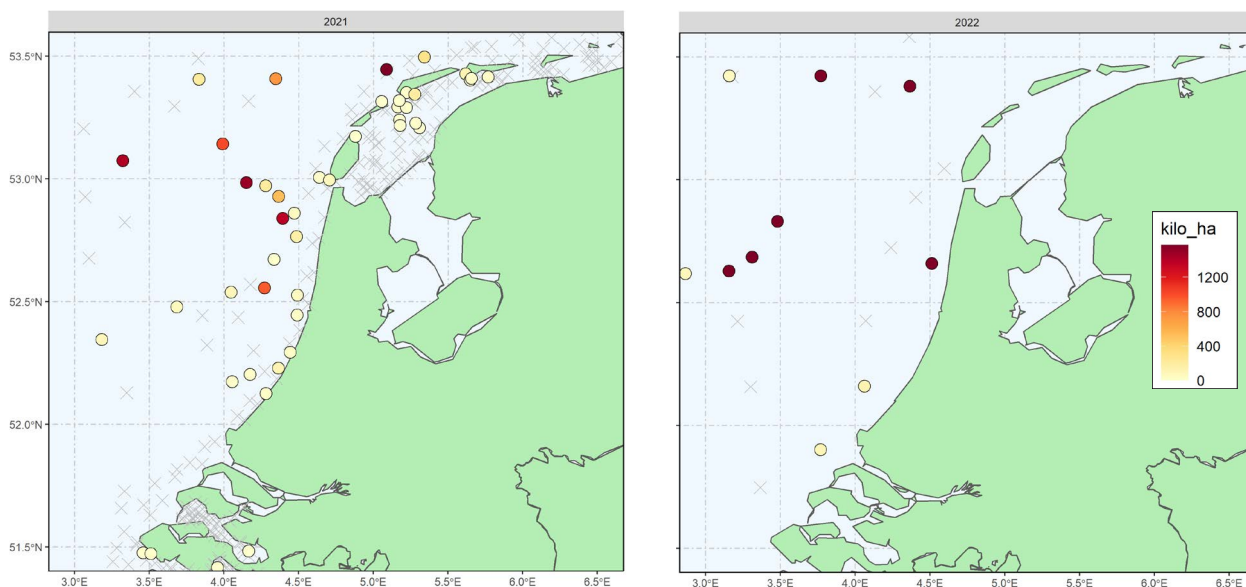
Figuur 3.1: Verspreiding van *E. pilosa* over de wereld waarbij de donkerte van de kleuren indicatief is voor de mate van voorkomen (Global Biodiversity Information Facility, www.gbif.org).

Visserijsector – Voor de verspreiding kunnen we kijken naar de stranden, het litorale deel van de kust. Voor de visserij is echter het sublitorale, het deel dat permanent onderwater ligt, de plek waar hinder van de mosdiertjes ondervonden wordt. Deze hinder concentreert zich vooral in het donkerrood gekleurde gebied voor de kust tussen Hoek van Holland en Den Helder (zie figuur 3.2).

Visserijsurveys – De verspreiding van de mosdiertjes op basis van de hinder voor de visserij, wordt grotendeels onderschreven door de data vergaard in de verschillende surveys uitgevoerd door Wageningen Marine Research (WMR). De surveys zijn opgesteld om bestandmetingen te doen van de verschillende organismen in de Noordzee, met een bijzondere focus op de soorten die commercieel interessant zijn. Daarbij is in 2021 en 2022 ook bijgehouden wanneer en in welke mate. Dit is weergegeven in figuur 3.3, daarbij is de kleur wederom indicatief voor de mate waarin de mosdiertjes werden aangetroffen. De lichtgrijze kruisen geven de locaties weer waar bemonsterd is, maar geen mosdiertjes zijn aangetroffen. Er zijn geen duidelijke patronen aangetroffen door Nauta et al. (2022) en de verspreiding lijkt bijzonder lokaal en patchy (fragmentarisch). Het vermoeden is daarbij dat er ophoping plaatsvindt in lagergelegen delen van de bodem, echter is hier geen onderbouwning voor vanuit de vergaarde data.



Figuur 3.2: Verspreiding van de ondervonden hinder door mosdiertjes per deelgebied (Nauta et al. 2022).



Figuur 3.3: Waargenomen hoeveelheden aan mosdiertjes tijdens verschillende surveys uitgevoerd door WMR in respectievelijk 2021 en in 2022. Grijs X = bemonsterd maar geen mosdiertjes in de vangst, Cirkels = mosdiertjes in de vangst met in kleur aangegeven hoeveelheden. Het verschil aan meegenomen monsters is het gevolg dat dit is op basis van de tussentijdse opname van de meetresultaten in 2022. Een verschil is zichtbaar in de verspreiding en hoeveelheden aangetroffen tussen de twee surveys. (Nauta et al. 2022)

4. SOORTDETERMINATIE

De orde van mosdiertjes, Bryozoa, is een orde die tot op heden in Nederland onderbelicht is gebleven. Dit omdat het slechts een relatief kleine en onopvallende rol speelt in het mariene ecosysteem dat wij hier hebben. In andere systemen is de rol een stuk prominenter en speelt het ondermeer een rol in rifvorming, zoals in de Middellandse Zee (Giampaoletti et al., 2020). Doordat de groep zo onderbelicht is, is er ook beperkte kennis en expertise op het gebied van soortdeterminatie. Op basis van morfologische eigenschappen is bepaald dat het bij de massastrandings op de Nederlandse kust om *Electra pilosa* gaat. Echter, de mate waarin nu de rechtstandige groeivorm wordt aangetroffen is exceptioneel. Ook de massaliteit is relatief uniek en heeft de vraag doen rijzen of het daadwerkelijk om *E. pilosa* gaat, of dat er mogelijk sprake is van een andere (onder)soort die eventueel niet inheems is. De massale bloei is daarin een medebepalende factor aan deze hypothese. Dergelijke massale fenomenen worden in sommige gevallen waargenomen bij de (onbedoelde) introductie van niet inheemse organismen (exoten). Doordat een soort, bedoeld of onbedoeld, wordt geïntroduceerd in een nieuw systeem is het vaak niet onderhevig aan enige vorm van predatie en/of infectie doordat lokale organismen simpelweg niet aangepast zijn aan deze nieuwe soort. Over verloop van tijd past doorgaans een systeem zich doorgaans aan en komen er natuurlijk drukfactoren die de soort verhinderen om massaal te groeien. Dit alles was aanleiding om een DNA-analyse uit te voeren om uitsluitsel te krijgen of het mogelijk gaat om een niet inheemse (onder)soort.

Zoals beschreven kunnen binnen de soort *E. pilosa* kolonies sterk van elkaar verschillen in hun morfologie. Hierbij zijn sommige kolonies korstvormend, terwijl andere kolonies omhoog beginnen te groeien, soms over andere soorten heen. Er is ook een zeer grote variatie bekend tussen kolonies als het gaat om de stekels die deze mosdiertjes rondom hun openingen hebben waaruit de mosdiertjes hun voedsel vangen. Bij een groep met soorten, waarbinnen zo'n grote variatie aan mogelijke vormen bestaat, is het lastig om te bepalen welke morfologische kenmerken betrouwbaar gebruikt kunnen worden om nauwverwante soorten

uit elkaar te halen. Bij dergelijke soorten kunnen DNA-analyses duidelijkheid geven.

Aan de hand van DNA-onderzoek is vast te stellen of kolonies die naast elkaar voorkomen, maar er verschillend uitzien, tot dezelfde soort behoren of dat het twee verschillende soorten zijn. Zo is bij *E. pilosa* te verwachten, als het om dezelfde soort gaat, dat kolonies die relatief dicht bij elkaar verzameld zijn (bijvoorbeeld binnen de Waddenzee), meer met elkaar voortplanten en daarom genetisch meer op elkaar lijken, dan kolonies die ver bij elkaar vandaan leven (bijvoorbeeld uit de Waddenzee in relatie tot Zuid-Ierland). Als het om twee soorten blijkt te gaan, dan verwacht je dat de kolonie uit Zuid-Ierland genetisch sterker lijkt op een kolonie uit de Waddenzee van dezelfde soort, dan twee *E. pilosa* kolonies uit de Waddenzee die tot twee verschillende soorten behoren.

Om dit te onderzoeken zijn in 2021, en vooral in 2022, tijdens verschillende GiMaRIS expedities in NW Europa *E. pilosa* kolonies verzameld. Dit betreft kolonies aangespoeld op het Noordzeestrand en de jachthaven van Ameland, kolonies verzameld langs de rest van de Nederlandse kust, en individuen verzameld in zowel Denemarken als Ierland. Vervolgens zijn van de kolonies die morfologisch op *E. pilosa* leken, maar ook van kolonies van nauwverwante soorten uit de familie Electridae, drie verschillende stukjes DNA, *markers* genoemd, in meer detail onderzocht: COI, 12S en 16S. Voor deze methodiek is gekozen, omdat in de literatuur deze markers al vaker zijn onderzocht voor *E. pilosa* kolonies. De *E. pilosa* DNA-sequenties die uit die studies beschikbaar zijn (Fuchs et al., 2009; Orr et al. 2020; Waeschenbach et al., 2012) konden hierdoor vergeleken worden met de DNA-sequenties in de huidige studie.

In totaal konden zo kolonies, gedetermineerd voor 37 locaties, met elkaar vergeleken worden (Fig. 4.1). Zonder enige twijfel kon hierbij op basis van de moleculaire analyses worden vastgesteld dat er in feite twee verschillende soorten mosdiertjes in NW Europa voorkomen waarvan de individuen beide op grond van hun uiterlijke kenmerken tot nu

toe zijn gedetermineerd als *E. pilosa*. De genetische variatie die binnen deze twee soorten kon worden vastgesteld bij alle drie de genetische *markers* die onderzocht zijn was slechts 1-2%. Dit geldt ook voor de kolonies die ver van elkaar vandaan verzameld werden, bijvoorbeeld in Ierland en in de Oostzee. Het DNA tussen de twee soorten verschilt bij alle drie de *markers* voor ongeveer 20% van elkaar. Omdat de variatie binnen de soorten (1-2%) veel kleiner is dan die tussen de soorten (ca. 20%) kan geconcludeerd worden dat deze twee soorten *E. pilosa* naast elkaar in dezelfde gebieden voorkomen, maar niet met elkaar voortplanten.

Voor het gemak zullen we het binnen dit rapport hebben over de soort *E. pilosa* Bleed_1172, en *E. pilosa* Bleed_819. Dit zijn de namen van twee individuen waarvan onder andere het totale mitochondriale genoom werd geanalyseerd in de studie van Orr et al. (2020). Het is Orr et al. (2020) alleen niet opgevallen dat de DNA-sequenties van deze twee individuen zo sterk van elkaar verschillen. Dit komt vermoedelijk omdat het in hun analyses zustersoorten betroffen, die genetisch meer op elkaar leken dan de andere mosdiertjes in hun studie, welke over het algemeen uit andere mosdierfamilies kwamen.



Figuur 4.1: Verspreiding van de twee soorten *E. pilosa* Bleed1172 en *E. pilosa* Bleed819 in Europa (links) en in Nederland (rechts) op basis van materiaal verzameld in 2021 & 2022 en determinatie d.m.v. moleculaire analyses. (GiMaRIS)

Waar het gaat om de oorsprong van de mosdiertjes die bij Ameland en Katwijk aan Zee aanspoelen, is het duidelijk dat het gaat om de soort *E. pilosa* Bleed_819. Dit betreft zowel de soort die op het Noordzeestrand van Buren werd aangetroffen, als de soort die aan de Waddenzee-kant op een drijvende steiger bij Ballumerbocht werd verzameld. In de Waddenhaven van Ameland is specifiek gezocht, maar werden geen mosdiertjes gevonden. Wat opvalt is dat de soort langs de volledige Nederlandse kust al voorkomt. Gezien de plekken waar deze

soort in 2021 en 2022 (groeïend op een vaste ondergrond) werd vastgesteld, lijkt het duidelijk dat *E. pilosa* Bleed_819 een soort betreft die van de volle stroming houdt en niet van meer beschut gelegen locaties, zoals bijvoorbeeld in een jachthaven. Bij eerdere inventarisaties door GiMaRIS (sinds 2006) werd *E. pilosa* vaak juist op beschut gelegen plekken in bijvoorbeeld de Grevelingen, de Oosterschelde en vergelijkbare wateren aangetroffen. Op deze locaties werden tijdens het veldwerk in 2022 echter geen kolonies van *E. pilosa* meer gevonden.

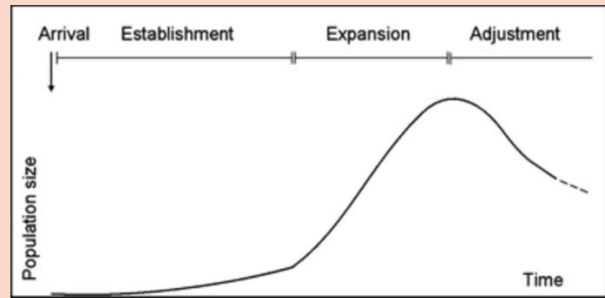
Gezien het feit dat het nu duidelijk is dat er twee soorten *E. pilosa* in NW Europa zijn, blijft het onduidelijk wat de exacte oorsprong is van de mosdiertjes op het strand van Ameland en Katwijk aan Zee. Een hypothese, die nog verder uitgezocht zou kunnen worden, is dat de “oorspronkelijke” *E. pilosa* soort in NW Europa *E. pilosa* Bleed_1172 betreft, een soort die juist op meer beschutte plekken voorkomt en geen problemen veroorzaakt. De soort op het strand bij Ameland, *E. pilosa* Bleed_819, zou in dat geval een exoot kunnen betreffen, mogelijk van de Atlantische kust van Amerika die zich in recentere jaren in Europa begint uit te breiden. Deze hypothese wordt enigszins ondersteund door het feit dat relatief recente DNA-sequenties van *E. pilosa* in Europa vooral de soort *E. pilosa* Bleed_819 blijken te betreffen en dat de twee *E. pilosa* sequenties van voor het jaar 2000 in Europa, de inmiddels hier “zeldzamere” *E. pilosa* Bleed_1172 zijn. Het feit dat de enige DNA-sequentie van een *E. pilosa* kolonie van de Amerikaanse kust *E. pilosa* Bleed_819

betreft, ondersteunt dit verder. Om deze hypothese beter te kunnen testen zouden *E. pilosa* kolonies nodig zijn die in een verder verleden langs de Nederlandse kust verzameld zijn en nog in collecties liggen.

Los van *E. pilosa*, werden binnen de huidige studie waarbij ook kolonies van andere soorten uit de familie Electridae werden onderzocht, een Amerikaanse soort *Conopeum* aangetroffen die vermoedelijk nieuw voor Europa is, en een soort *Electra* waarvan de identiteit niet kon worden bepaald maar waarvan het wel duidelijk is dat deze genetisch voor 100% overeenkomt met een kolonie verzameld in de jachthaven van San Francisco. Deze twee soorten werden niet op Ameland gevonden, maar elders langs de Nederlandse kust. Zo lijken binnen deze groep van mosdiertjes meerdere exoten voor te komen, die zich langs de Nederland kust onopgemerkt hebben weten te vestigen.

Box 1. Ontwikkelingen in invasieve soorten

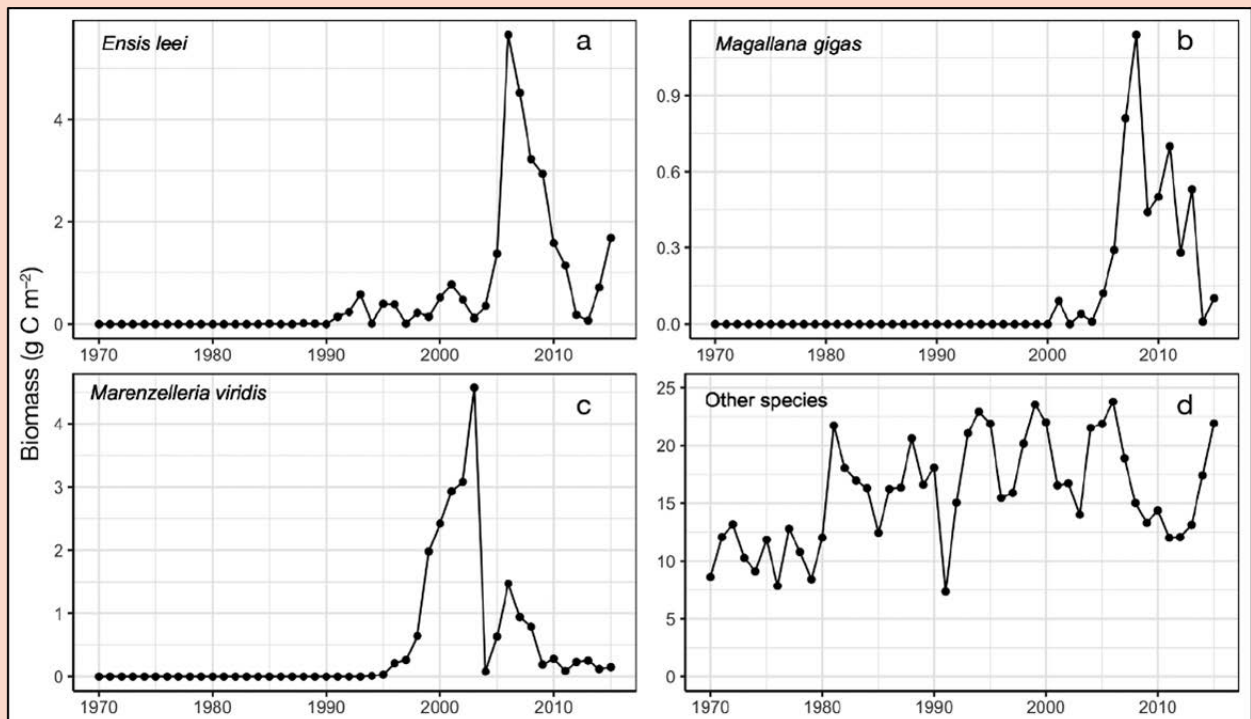
Invasies van mariene soorten in voedselwebben aan de kust komen over de hele wereld veel voor en kunnen leiden tot grote veranderingen in kustsystemen. Dit soort invasies volgen vaak een bepaald patroon: na de introductie van één of meer individuen volgt daarna een kleine populatie van volledig reproductieve individuen waarmee de binnendringende soort zich vestigt in zijn nieuwe omgeving. Vervolgens kan dit resulteren in een exponentiële toename van het nieuwe lokale bestand, gevolgd door een fase van aanpassing met een afname in aantallen en biomassa (Figuur B1.1). Tijdens die aanpassingsfase kan het lokale bestand stabiliseren, sterk fluctueren of dalen tot verwaarloosbare aantallen (Reise et al., 2017). Gedurende de afgelopen eeuw hebben zich ten minste 90 niet-inheemse (uitheemse) soorten in de trilaterale Waddenzee gevestigd. Daarvan is ongeveer 12% opzettelijk geïntroduceerd, en alle andere soorten hebben het gebied bereikt vanuit aangrenzende havens of schelpdierculturen (Wolff 2005, Buschbaum et al. 2012, Gittenberger et al. 2017). Onder die invasieve soorten bevinden zich twee soorten schelpdieren, de Amerikaanse zwaardschede *Ensis leei* en de



Figuur B1.1. De ontwikkeling van een invasieve soort, waarbij een soort na aankomst enige tijd 'onder de radar' kan blijven, zich vervolgens langzaam verder verspreidt en meer of minder permanent vestigt, hierna zich snel kan uitbreiden waarna, na het bereiken van een piek, de soort zich aanpast aan de lokale omstandigheden (Reise et al. 2017).

Japanse oester *Magallana gigas*, en een worm, de Gewone groenworm *Marenzelleria viridis*. Ook deze soorten laten de gebruikelijke langjarige ontwikkeling zien met pieken tussen 2000 en 2010, waarna hun biomassa weer sterk afnam (zie Figuur B1.2).

Samengevat, voor invasieve soorten valt te verwachten dat zij na het bereiken van een piek weer in aantallen afnemen maar het is slecht te voorspellen hoe groot die afname dan zal zijn.



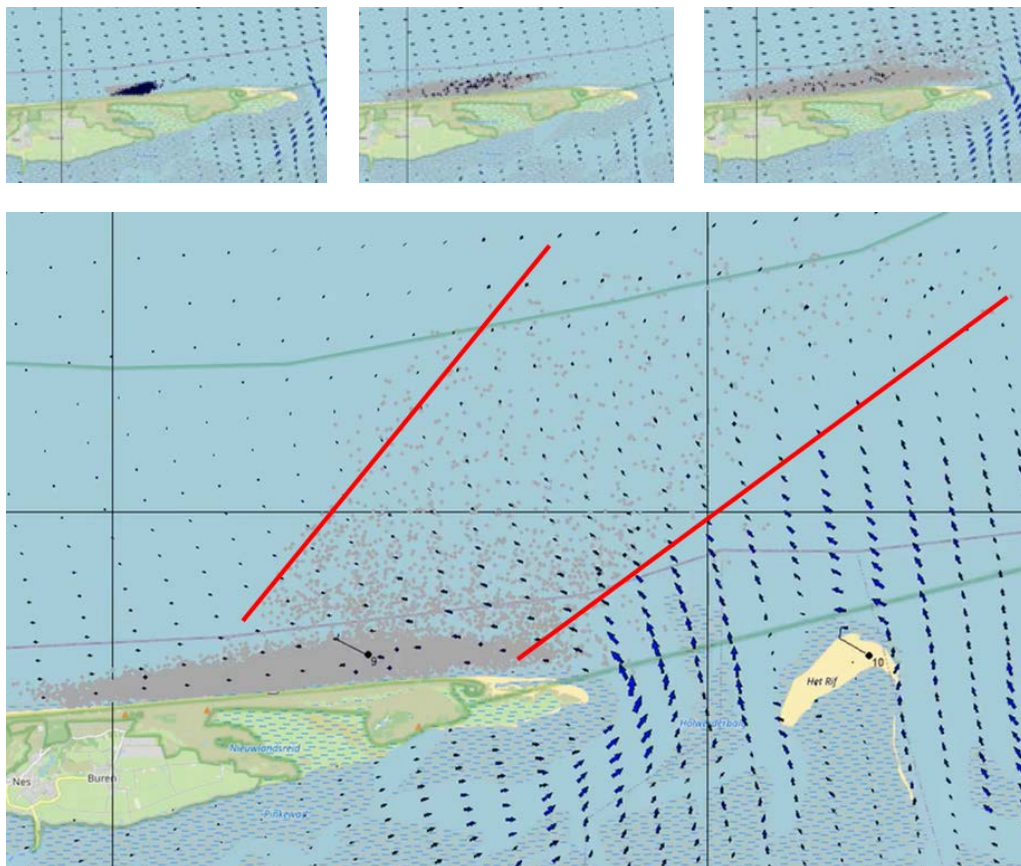
Figuur B1.2. De ontwikkeling in biomassa (gC m⁻²) van de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis leei*), de Japanse oester (*Magallana gigas*) en de gewone groenworm (*Marenzelleria viridis*) tussen 1970 en 2015 op de wadplaten van het Balgzand (Jung et al. 2020).

5. HERLEIDEN VAN BRONNEN

Transportmodellen

Groot vraagstuk is waar deze diertjes nu vandaan komen. Om hier mogelijk een beeld van te krijgen zijn er runs gedaan middels het model van het Rijkswaterstaat (Watermanagement Centrum Nederland, Landelijke Coördinatiecommissie Milieuverontreiniging Water). Dit model wordt doorgaans gebruikt om op basis van stroming en wind te kunnen herleiden waar grote verontreinigingen vandaan komen, maar ook naar toe gaan. Het model is toegepast voor de kustzone van Ameland.

Het model heeft een periode van 14 dagen gesimuleerd om aan de hand van waterstroming de oorsprong van de massa's te kunnen herleiden met als startdatum 26/6/2022 (een dag waarop een massastranding van mosdiertjes op Ameland plaatsvond). De simulatie laat een beweging zien die in de eerste dagen die vooral voor de kust zijn en daar een oost-westelijke, heen en weergaande beweging laten zien. Op het einde van de 14-daagse periode zien we dat het gebied waar het vandaan komt, weergegeven in onderstaande afbeelding (figuur 5.1) als licht grijze stippen, zich uitspreidt naar het noordoosten.



Figuur 5.1. Enkele screenshots uit de gedane model run van het terugleiden van de oorsprong van de massa's mosdiertjes. Startdatum was 26/6/2022 en de run liep voor 14 dagen (dus betrof de periode teruglopend van 26 tot 12 juni 2022). In de eerste dagen (afbeelding links boven) zien we vooral een oost-west georiënteerde, heen en weer gaande beweging. Na enkele dagen zien we de massa verder verspreid voorkomen in het noordoosten, aangegeven in de lichtgrijze stippen en geflankeerd door de rode lijnen, wat aangeeft dat dit de mogelijke richting is van waaruit de massa's richting Ameland zijn gekomen. (Rijkswaterstaat WMCN LCM)

Uit de runs kunnen we ook extraheren dat de massa aan mosdiertjes traag over de bodem beweegt. Hierdoor zijn de mosdiertjes minder afhankelijk van wind en golfstromingen, en met name onderhevig aan de stromingen nabij de bodem van de zee. Dit maakt dat het huidige model geen uitsluitsel kan geven van de route die de mosdiertjes hebben afgelegd omdat het model slechts matig deze onderste laag kan modelleren. Oorzaak hiervan ligt in het gegeven dat het model doorgaans gebruikt wordt voor de waterbewegingen van het gros van de massa, de waterkolom zelf, en niet de onderste meter. Het gegeven dat de onderstroming bepalend is voor de route die de massa aflegt maakt dat het een traag verplaatsingsproces is, waarbij de kans aannemelijk is dat de massa al enkele weken eerder los is geslagen. Dat maakt tevens dat het aannemelijk is dat de mosdiertjes zich ook als een massa gedragen, in plaats van dat het over een groot oppervlakte wordt verspreid. Deze bevinding is overeenkomstig met de bevindingen van Nauta et al. (2022), waarbij in de visserij ook zeer lokaal grote massa's mosdiertjes werden gevonden. Omdat de nauwkeurigheid zeer beperkt is gebleken en er geen gedegen aannames gedaan konden worden over de oorsprong van de massa's zijn er geen modelruns uitgevoerd voor de kust nabij Katwijk.

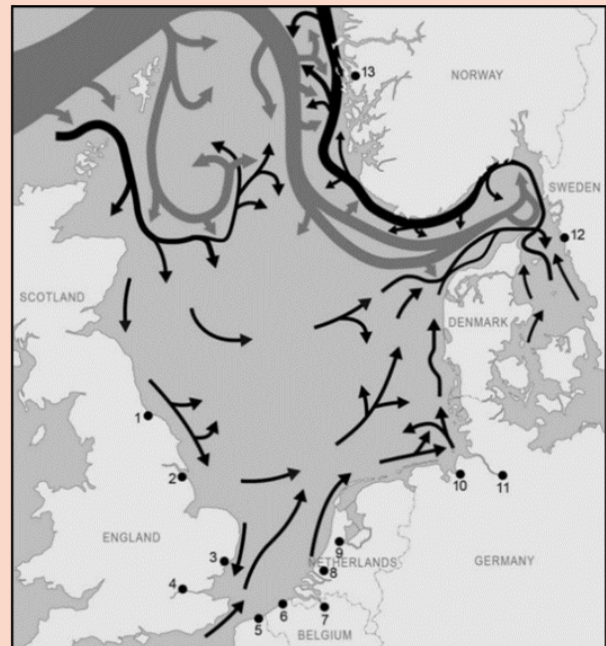
In het geval van de casus van Ameland is de richting van stroming enigszins overeenkomstig met de eb stroming. Maar is ook erg onderhevig aan de complexe stroming die veroorzaakt wordt door het vol- en leeglopen van de Waddenzee. Voor de casus rondom Katwijk aan Zee is dit minder complex, maar is er door de beperkingen van het model nog steeds niet duidelijk terug te herleiden waar de massa's aan mosdiertjes vandaan komen. Generiek kunnen we voor Katwijk zeggen dat deze uit een westelijke richting komen. Deze richting wordt onderschreven wanneer we in ogenschouw nemen dat de meeste op zee aangetroffen massa's ten noordwesten van Katwijk aangetroffen zijn.

Algemene stromingspatronen

Meer algemene stromingspatronen laten boven Ameland een gebied zien dat wordt gekenmerkt door aanvoer van water van beide kanten tijdens bepaalde momenten in de getijdencyclus (zie Box 2). Dit zou kunnen betekenen dat materiaal (zoals mosdiertjes) zowel vanuit het oosten als vanuit het westen afkomstig kan zijn (Fig. B2.2), en ook dat het zich dan voor de kust van Ameland kan ophopen. Deze gedachte (van aanvoer van beide kanten, gevolgd door lokale ophoping) wordt versterkt door het feit dat zich boven Ameland ook een ondiepte aanwezig is die duidt op een aanvoer en lokale ophoping van sediment (Fig. B2.3) en een zeer consistente locatie voor het voorkomen van de Halfgeknotte strandschelp (Fig. B2.4).

BOX 2. Stromingen in de Noordzee

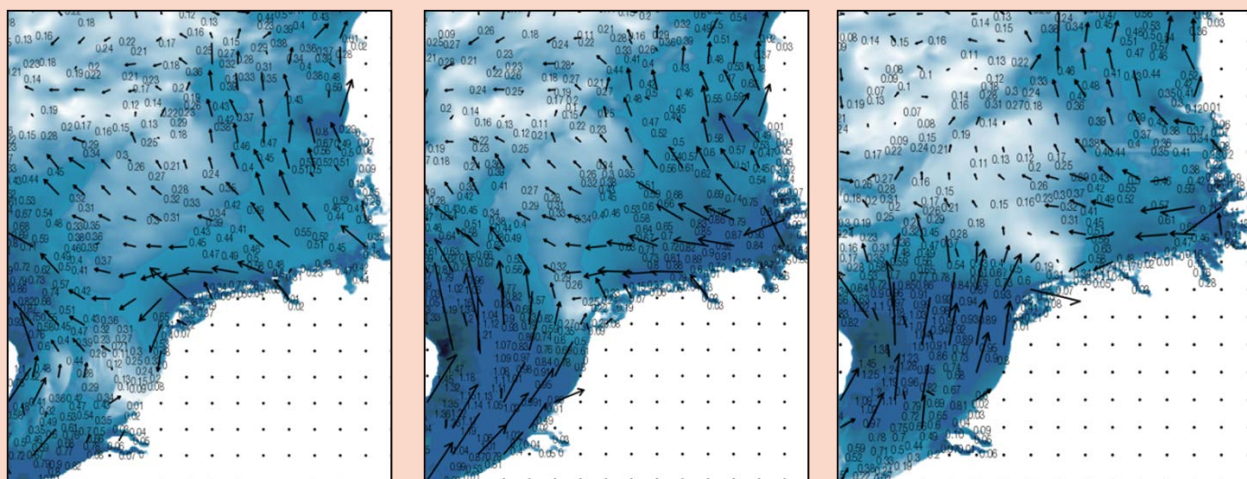
De snelheid en richting van de stromingen langs de Hollandse kust en boven de Nederlandse Waddeneilanden worden bepaald door getijdestromen, luchtdruk en wind. In het algemeen duurt de vloedstroom (noordwestwaarts) langs onze kust langer dan de ebstroom (zuidoostwaarts), wat een gevolg is van een uitloper van de warme golfstroom die vanuit Het Kanaal door de Noordzee naar het noorden stroomt. Naast de instroom via Het Kanaal stroomt er ook extra zeewater langs de kust van Schotland binnen, waardoor het water in de Noordzee als het ware tegen de klok indraait (zie zwarte pijlen in Figuur B2.1). De diepe Noorse Geul kent een eigen dynamiek, waarbij het water langs de bodem de Noordzee instroomt (zie grijze pijlen in Figuur B2.1).



Figuur B2.1. De linksdraaiende reststroom in de Noordzee (zwart) en de diepe waterstroom uit de Atlantische Oceaan (grijs) onder meer via de Noorse Geul (Turrell 1992). De pijlbreedte geeft de omvang van het volumetransport aan.

Op de website www.waterkaart.net zijn actuele gegevens te vinden over stromingen in de Noordzee, waarbij rekening is gehouden met de invloed van de wind. Een zuidelijke wind zal de vloedstroom (richting het noorden) versterken en een noordelijke wind de ebstroom. Op dit detailniveau is goed te zien hoe groot op eenzelfde moment de verschillen tussen de stroomrichtingen en snelheden in de Noordzee zijn. Er zijn momenten in een getijdencyclus waarop de stromingen langs onze kust als het ware tegen elkaar in (zie Figuur B2.2a) of juist van elkaar af (zie Figuur B2.2b) kunnen lopen. Als dat

gebeurt, dan is de stroomsnelheid op die locatie veel lager dan aan weerszijden ervan. Langs onze kust leek dit verschijnsel vooral tussen Katwijk (18 december, rond 6:00) en Ameland (18 december, rond 10:00) voor te komen (zie Figuur B2.2).

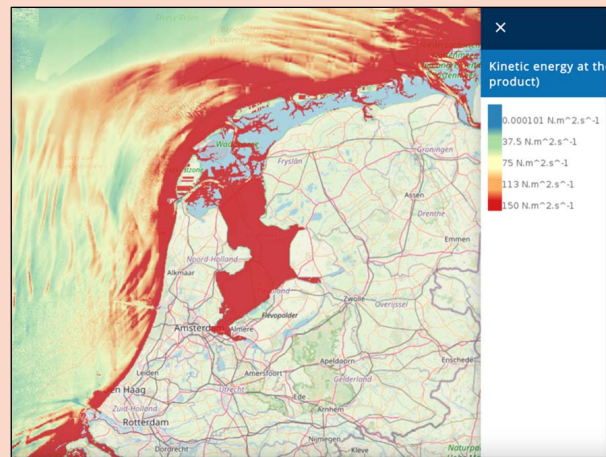


Figuur B2.2. Verwachte stroomsnelheden voor het zuidwestelijke deel van de Noordzee op 18 december 2022 (waterkaart.net) om 6:00 (links), 8:00 (midden) en 10:00 uur (rechts) lokale tijd. De zwarte pijlen geven de stroomrichting aan, en de lengte van de pijlen en de achtergrondkleuren de stroomsnelheid (hoe donkerder, hoe harder het stroomt). De stroomsnelheid is weergegeven in knopen, waarbij 1 knoop gelijkstaat aan een stroomsnelheid van 1,852 km per uur.

Lichte deeltjes die maar net iets zwaarder zijn dan zeewater worden over het algemeen opgewerveld van de zeebodem als het hard stroomt, en zakken weer naar de bodem als de stroming minder snel wordt.

Het is opvallend dat Ameland een 'hotspot' is voor zowel het voorkomen van mosdiertjes op het strand als voor Halfgeknotte strandschelpen (*Spisula subtruncata*) in de Noordzeekustzone (zie Figuur B2.3). Deze schelpdieren brengen de eerste weken van hun leven als larve in het water door, tot ze ongeveer 0.5 mm groot zijn, hun zwemvermogen verliezen en vervolgens naar de zeebodem zakken. De observatie uit 2021 is geen incidenteel verschijnsel: de Halfgeknotte strandschelp kwam hier in de afgelopen 27 jaar (1995-2021) altijd voor en werd hier het vaakst (meer dan 10x in 27 jaar) in hoge dichtheden (> 100 per m^2) gemeten t.o.v. andere locaties in het meetgebied in de Nederlandse Noordzeekustzone (Jim de Fouw et al., in voorbereiding).

Samengevat, de combinatie van een lokale demping van stroomsnelheden boven Ameland met wateraanvoer uit zowel oostelijke als westelijke richting tijdens een specifieke fase van het getij zou mogelijk kunnen leiden tot een lokale concentratie van mosdiertjes in de Noordzeekustzone. Die lokale concentratie in zee zou vervolgens als bron kunnen dienen voor de grote hoeveelheden op het strand. Op basis van stromingspatronen zou voor Noordwijk en Katwijk eenzelfde proces een rol kunnen spelen, maar op basis van de verspreiding van de Halfgeknotte strandschelp zou er dan ook net ten noorden van IJmuiden sprake moeten zijn van hoge dichtheden aan mosdiertjes.



Figuur B2.3. Boven: Golfenergie (als een indicator voor diepte, hoe ondieper hoe meer energie) langs de Nederlandse kust (<https://www.emodnet-seabedhabitats.eu/access-data/launch-map-viewer/>). Onder: Dichtheden (levende exemplaren per m^2) van de Halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) zoals door Wageningen Marine Research langs de Nederlandse kust in het voorjaar van 2021 in kaart gebracht (https://shiny.wur.nl/Schelpdiermonitor_Kust/).

6. HANDELINGSPERSPECTIEVEN

Dat de massale bloei in zee en strandingen van mosdiertjes op het strand tot problemen en overlast leiden is evident. Hoe om te gaan met de massale strandingen is echter, mede door de uniciteit van het fenomeen, beperkt onderzocht. Tot op heden zijn de getroffen gemeentes er in zekere mate gelijk mee omgegaan; De grote massa's werden opgescheept en elders gedeponerd, eventueel bedekt met zand, of men heeft ze laten liggen. De keuze voor welke van de twee aanpakken gekozen wordt is met name gestuurd door de aan- of afwezigheid van recreatieve activiteiten en de nabijheid van bebouwing. Zo spoelde op de zuidpunt van Texel, de Hors, substantiële hoeveelheden mosdiertjes aan. Hier is de keuze gemaakt om dit niet op te ruimen omdat het niet expliciet werd ervaren als hinderlijk of tot overlast leidde. Deze keuze werd mede bepaald doordat dit gebied niet uitzonderlijk druk bezocht wordt, geen nabijgelegen bebouwing en/of commerciële activiteiten zijn.

Op de stranden van Ameland en Katwijk ligt dit anders. Hier is bebouwing nabij en worden de stranden druk bezocht door zowel lokale inwoners als toeristen. Hinder is daarmee dus substantieel en in het geval van Katwijk kan dit zelfs leiden tot vervaarlijke situaties zoals te zien was in de media. Het is in deze gebieden dus zaak goed om te gaan met de massa om vervaarlijke situaties te voorkomen, maar ook om de stankoverlast te beperken. Een persoonlijk gesprek met de lokale loonwerker verantwoordelijk voor het verwijderen van de grote massa's op het strand van Katwijk, Dhr Schaddé van Dooren, gaf een goed inzicht in de geschiktheid van de gekozen aanpak aldaar. De situatie in Katwijk is dat het materiaal vooral aanspoelt in de monding van de Oude Rijn en het direct naastgelegen strandgedeelte in noordelijke richting. Hier hoopt het materiaal zich op en vormt het een dik pakket wat relatief gemakkelijk op te scheppen is met een shovel. Dit werd dan ook gedaan door de gecontracteerde loonwerker. Het materiaal werd vervolgens enkele honderden meters verder op tegen de duinen aan gedeponerd alwaar het kon degraderen. De loonwerker liet daarbij weten dat doorgaans binnen een dag de dikte van het pakket wel tot 50% kon slinken en inklinken. Het materiaal was niet uitzonderlijk geurend, behalve wanneer de toplaag werd doorbroken door bijvoorbeeld het te

betreden. Dan kwam een weeïge geur van verrotting naar boven, een geur die doet denken aan een actieve vismarkt aan het einde van de dag waar de zon stevig op heeft staan branden. De bult mosdiertjes werd later na het seizoen uitgespreid over het strand alwaar het verder degradeerde en geen hinder meer gaf. Het lijkt dat deze aanpak relatief simpel doch effectief is om mee om te gaan in vooral drukbezochte gebieden. Uit het veldbezoek kwam wel een mogelijk verbeterpunt naar voren van deze aanpak. De dikke gedeponerde pakketten waren gemakkelijk en vrij toegankelijk zonder enige indicatie van mogelijke risico's. Omdat men er diep in weg kan zakken is het mogelijk raadzaam om het gebied waar het depot staat in zekere mate af te zetten en borden te plaatsen om bezoekers te waarschuwen. Dit in het bijzonder voor de aantrekkingskracht die het heeft op spelende kinderen omdat net als met de massa's op het strand men zeer diep kan wegzakken met gelijkwaardige risico's tot gevolg.

Gebieden alwaar bezoekersaantallen lager zijn en ook minder menselijke activiteiten zijn is het laten liggen van het materiaal de meest aantrekkelijke oplossing. Het materiaal degradeert over verloop van enkele weken tot maanden waarna het zich vermengt met het zand. Tevens is het zeer waarschijnlijk dat een deel van de aangespoelde massa's terug de zee in geraken door gunstige wind en tij, of juist ver op het strand worden geblazen alwaar ze ook degraderen of onder een laag (stuif)zand verdwijnen.

Opvallend en noemenswaardig feit was de aanwezigheid van de stank op het strand van Katwijk. Hier werd een geur van waterstofsulfide (rotte eieren) waargenomen door onderzoekers (Nauta et al. 2022). Dit duidt op een anoxisch (zuurstofloos) rottingsproces van organisch materiaal. De verdere veldverkenning leerde dat deze stank afkomstig was uit de watermassa op het strand wat een restant was van de uitmonding de Oude Rijn. Dit water, relatief brak, was één tot meerdere meters diep. Met het inkomen-de tij werd door de zee hier mosdiertjes in gedeponeerd waarna door de droogte deze in het stilstaande water begonnen te rotten. Door de hoge temperaturen en de uitzonderlijk hoge hoeveelheden biomassa leidde dit tot zuurstofloosheid van het water en daarmee de ontwikkeling van waterstofsulfide. Het werd



door de aanwezige onderzoekers dan ook aangewezen als de bron van de grootste stankoverlast op die locatie. Het werd door de loonwerker, verantwoordelijk voor het verwijderen van de massa's en zelf woonachtig nabij, onderschreven dat het met name deze geur de hinder gaf.

Dat waterstofsulfide kan ontstaan is daarbij ook een samenloop van omstandigheden doordat het waterschap de spuisluizen dicht hield om zo om te kunnen gaan met de heersende droogteproblematiek. Het legen van deze watermassa kan bijdragen aan het reduceren van stank. Dit zou specifiek voor deze locatie kunnen door het open graven van de afvoer richting zee, óf door het leeg te pompen. Andere opties zou kunnen zijn om het water te beluchten middels het gebruik van luchtpompen en/of compressoren óf, als de waterstanden het toestaan, om het geheel door te spoelen met water uit de rivier.

De aanpak om het materiaal te verwijderen en elders te deponeren is ook de aanpak die beschreven wordt voor de situatie in Brazilië (Gappa et al. 2009). Het strand alwaar de mosdiertjes massaal aanspoelden was een gebied met veel recreatie en toerisme. De massa's aan mosdiertjes werden aldaar opgescheept en gedeponerd in landfills, gegraven gaten in het land waarna het afgedekt wordt met zand. Omdat het over substantiële hoeveelheden gaat wordt geopperd dat er mogelijke toepassingen zijn voor de biomassa aan mosdiertjes. Zo bestaan ze ondermeer uit verschillende organische en anorganische componenten die mogelijk gebruikt zouden kunnen worden als bron voor lipide productie, of als (organische) meststof (Rörig et al. 2016). Echter zijn er geen daadwerkelijke proeven mee gedaan om dit te testen of dit inderdaad technisch en/of economisch haalbaar is.

Figuur 6.1. Mosdiertjes massaal op het strand van Katwijk [A] enkele decimeters onder het oppervlak van de massa ontstaat zuurstofloosheid [B]. Hierdoor begint anaerobe rotting waarbij waterstofsulfide vrijkomt wat giftig is in hoge concentraties, herkenbaar aan de rotte-eierenlucht. Groot materieel wordt ingezet om de mosdiertjes weg te halen [C] en naar het lokale 'depot' te brengen, een enkele honderden meters verderop tegen de rand van de duinen [D]. Het depot wordt opgebouwd tot ~2m hoogte waarna het uit zichzelf inklinkt doordat vocht verdampst en in de grond trekt. De geur aldaar is daar enigszins muf, maar beperkt. (Foto's: Wageningen Marine Research)

7. DISCUSSIE EN CONCLUSIE

- i. Waar komen de grote massa's aan mosdiertjes vandaan die aanspoelen op Ameland en Katwijk aan Zee?
- ii. Gaat het inderdaad om *E. pilosa* of is er sprake van een andere mogelijk cryptische of ondersoort?

Het moge duidelijk zijn dat de massale strandingen van mosdiertjes vrij uniek zijn voor de hele wereld. Maar, gelijk als met de zeldzame meldingen van gelijksoortige fenomenen, is niet te achterhalen wat de oorzaak noch de oorsprong is van de massa's. Verspreiding van de mosdiertjes op zee laat geen eenduidig patroon zien. Wel is te zien dat de mosdiertjes in een westelijke richting verplaatsen wanneer we de jaren 2021 en 2022 met elkaar vergelijken. Model-runs van RWS geven eveneens geen duidelijke oorsprong van de massa's op de stranden. Wel hebben we een indicatieve richting vast kunnen stellen waarbij voor Ameland het met name uit het noordoosten komt, en voor Katwijk de oorsprong westelijk lijkt te zijn. Daarnaast is het zeer aannemelijk dat de massa's onderhevig zijn aan de diepe stromingen nabij de bodem. Verplaatsing zal dan ook relatief traag zijn, maar ook zullen massa's niet uit elkaar getrokken worden. Dit laatste gegeven wordt onderschreven door de bevindingen in de visserij alwaar vaak zeer lokaal mosdiertjes aangetroffen werden met soms zelfs verschil tussen bakboord en stuurboord net.

Mogelijkheid daarbij blijft ook dat door de samenloop van omstandigheden de resterende stromingen van de Noordzee op beide locaties zodanig waren dat hier de massa's ophoopten en uiteindelijk aanspoelden. Deze werkhypothese is niet getest en kan een mogelijke verklaring zijn voor het aanspoelen van de mosdiertjes op deze specifieke locaties, maar wijst nog een nadrukkelijke oorsprong aan. De soms genoemde oorsprong van windmolenparken lijkt echter discutabel, zoals ook door Nauta et al. (2022) is omschreven, omdat daar geen uitzonderlijke hoeveelheden zijn waargenomen maar ook doordat een soortgelijk fenomeen enkele decennia eerder heeft plaatsgevonden voordat er sprake was van windmolenparken.

De DNA-analyses in de huidige studie tonen overtuigend aan dat er in Europa twee aparte soorten mosdiertjes voorkomen die aan de hand van hun morfologie in het verleden beiden gedetermineerd werden als *E. pilosa*. Van een van deze twee zijn alleen kolonies van Europa bekend, terwijl van de ander ook kolonies bekend zijn van bijvoorbeeld de Amerikaanse kust. Deze laatste soort lijkt zich nu langs de volledige Nederlandse kust te hebben gevestigd en de problemen te veroorzaken. Hoewel verder onderzoek, vooral gebaseerd op historisch verzameld materiaal (indien nog aanwezig in collecties) nodig is om dit te bevestigen, zijn er meerdere aanwijzingen dat deze soort een langs de Europese kust ingevoerde exoot betreft. Welk van de twee soorten de "echte" *Electra pilosa* betreft blijft onzeker aangezien deze soort oorspronkelijk door Linnaeus is beschreven in 1767 vanuit de "Noordelijke zeeën" (Linné, 1767: p. 1301), waarbij er geen onderscheid wordt gemaakt tussen de Europese en Amerikaanse noordelijke kuststreken. In een dergelijk situatie spreekt met van het soortencomplex *Electra pilosa*, waarbinnen in ieder geval twee verschillende cryptische (moeilijk van elkaar te onderscheiden) soorten voorkomen. Het in 2022 vaststellen van nog twee andere soorten mosdieren uit dezelfde familie, de Electridae, waarvan één zeker een voor Nederland nog onbekende Amerikaanse exoot betreft en de ander mogelijk een exoot betreft (genetisch identiek aan een kolonie in San Francisco), geeft aan dat er meerdere mosdier-soorten onopgemerkt langs onze kusten zijn geïntroduceerd. Deze twee soorten werden niet in Ameland aangetroffen, maar elders langs de Nederlandse kust, en zullen in de desbetreffende studies in meer detail beschreven worden.

- iii. Wat zijn de handelingsperspectieven om om te gaan met deze massale strandingen?

Gordon et al. (2006) schrijft dat na enkele jaren de massale bloei van *M. tubigera*, een ander soort mosdiertje waar gelijksoortige hinder van ondervonden werd, verdween en daarmee eveneens de problematiek die het met zich meebracht. In Brazilië wordt een periode van bijna een decennium gerapporteerd dat ze hinder hebben van de mosdiertjes. Zoals eerder omschreven wordt in het geval van exoten vaak een patroon gezien van massale bloei, door de afwezigheid van predatoren, welke na verloop van tijd weer afneemt (Box 1). In dit specifieke geval is het lastig om dit te kunnen zeggen en te verwachten. De kans is namelijk groot dat de invasie ergens na de eeuwwisseling heeft plaatsgevonden en zich al meerdere jaren heeft gevestigd waardoor een dergelijk patroon niet waarschijnlijk is. Het zou een mogelijkheid kunnen zijn dat omgevingsfactoren nu gunstig waren dat dit alsnog heeft kunnen gebeuren, waarbij in de jaren 2017-2018 de aantallen substantieel, maar onopvallend zijn toegenomen en in 2019 hebben kunnen leiden tot een massale bloei welke in de jaren erna doorebde. Echter, dit is zeer suggestief en niet afdoende onderbouwd om hier met zekerheid een conclusie over te trekken.

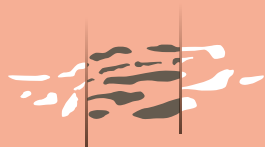
Dit maakt het dus onduidelijk of er in de toekomst nog steeds mosdiertjes in deze hoeveelheden aan zullen spoelen. Op de kortere termijn is de huidige aanpak een zeer effectieve, doch arbeidsintensieve aanpak. Ook is het de overweging waard om te

kijken naar de mogelijkheid om de mosdiertjes weg te vissen en aan te landen. Dit voorkomt overlast op het strand en biedt daarmee een mogelijke verlichting voor de recreatieve sector. Echter is de haalbaarheid onbekend, als ook de ecologische impact. Zo zijn er bijvoorbeeld bijzonder hoge aantallen aan getroffen van de Zuiderzeeschijfslak (*Corambla obscura*) (pers. comm. R. Dekker, Texel). Deze zeenaaktslak werd lang gedacht zeer zeldzaam tot mogelijk uitgestorven te zijn in Nederland, maar mogelijk door de minimale omvang van slechts één of enkele millimeters over het hoofd werd gezien. De aanwezigheid van deze slak is een indicatie dat de mosdiertjes ook een ecologische functie vervullen, weghalen in het natuurlijk systeem zou hier een invloed op kunnen hebben.

Voor de langere termijn kan er overwogen worden om te kijken naar toepassingsmogelijkheden van deze biomassa. Zo bestaat het materiaal voor een aanzienlijk deel uit chitine. Deze polysacharide wordt ondermeer gebruikt als bodemsupplement in de agricultuur, zo verbetert het de groei en resistentie van gewassen en verlaagt het bij ondermeer aardbeien de infectiegraad van de meeldauwschimmel. Daarnaast kan het omgezet worden tot chitosan, een grondstof voor andere producten zoals verf, coatings, bioplastics en waterzuivering. De overdaad aan mosdiertjes zou mogelijk in bestaande productie- en verwerkingslijnen geïmplementeerd kunnen worden zoals dat nu ook door verwerking van de schalen van garnalen gebeurt.

REFERENTIES

- Blanco, A.** (2021). Harig mosdiertje op MZI's. Wageningen Marine Research. Helpdesk Mosselweek 2021-01.
- Bock, P.** (2022). World List of Bryozoa. Electridae Stach, 1937 (1851). Accessed through: World Register of Marine Species.
- Buschbaum, C.,** Lackschewitz, D. and Reise, K. (2012). Nonnative macrobenthos in the Wadden Sea ecosystem', *Ocean & Coastal Management* 68, 89–101.
- Cadée, G.C.,** 2018. Een eerdere invasie van bryozoënkolonies op het strand. *Het Zeepaard* 78, 75–77.
- Fuchs, J.,** Obst, M., and Sundberg, P. (2009) The first comprehensive molecular phylogeny of Bryozoa (Ectoprocta) based on combined analyses of nuclear and mitochondrial genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* (52): 225–233.
- Gappa, J.L.,** Carranza, A., Gianuca, N.M., Scarabino, F., (2010). *Membraniporopsis tubigera*, an invasive bryozoan in sandy beaches of southern Brazil and Uruguay. *Biological Invasions*, 12, 977–982.
- Giampaolletti J.,** Cardone F., Corriero G., Gravina M. F., and Nicoletti L. (2020). Sharing and Distinction in Biodiversity and Ecological Role of Bryozoans in Mediterranean Mesophotic Bioconstructions. *Frontiers in Marine Science* Vol.7. DOI:10.3389/fmars.2020.581292
- Gittenberger, A.,** Rensing, M. and Wesdorp, K. H. (2017). Non-indigenous marine species in the Netherlands, Technical Report GiMaRIS rapport 2017-13, 39 pp.
- Gordon, D.P.,** Ramalho, R.V., Taylor, P.D., 2006. An unreported invasive bryozoan that can affect livelihoods – *Membraniporopsis tubigera* in New Zealand and Brazil. *B. Mar. Sci.*, 78, 331–344
- Jung, A. S.,** van der Veer, H. W., Philippart, C. J., Waser, A. M., Ens, B. J., de Jonge, V. N., and Schückel, U. (2020). Impacts of macrozoobenthic invasions on a temperate coastal food web. *Marine Ecology Progress Series*, 653, 19–39.
- Linné, C. A.** 1767. *Systema Naturae*. Tom. I. Pars II. Edition Duodecima Reformata. Holmiae, Impensis Direct. LAUR. SALVII
- Nauta, R.W.,** Van de Pol, L., Jak, R.G., De Boois, I.J. en Molenaar, P. (2022). Mosdiertjes Problematiek in Nederlandse kustwateren. Wageningen Marine Research. Rapport C048/22. DOI: 10.18174/576514
- Orr, R.J.S.,** Sannum, M. M., Boessenkool, S., Di Martino, E., Gordon D.P., Mello H., Obst, M., Ramsfjell, M.H., Smith A.M., and Liow, L.H. (2020). Molecular phylogeny of historical micro-1 invertebrate specimens using de novo sequence assembly. *bioRxiv preprint* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.30.015669>
- Prigge, H.** (1967). Über eine Massenanspülung kugelförmiger *Electra pilosa* kolonien an der Küsten den südlichen Nordsee in den Jahren 1965–1966. *Abhandlung und verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg*. NF XI. P63–78.
- Ramalho, L.V.** and Diehl, F.L. (2007). Primeiro registro do briozoário *Membraniporopsis tubigera* (Osburn, 1940) (Cheilostromatida) em Balneário Comburú, SC, Brasil. In: XII Congresso Larino-Americano de ciências do mar. Anais do XII congresso Latino-ameriacano de Ciências do mar, Florianópolis, 2007.
- Reise, K.,** Buschbaum, C., Büttger, H., Rick, J. and Wegner, K. M. (2017). Invasion trajectory of Pacific oysters in the northern Wadden Sea. *Marine Biology* 164, 68.
- Rörig, L.R.,** Ottonelli, M., Itokazu, A.G., Maraschin, M., Lins, J.V.H., Abreu, P.C.V., Rojo de Almeida, M.T., Ramlov, F., D'Oca M., Ramalho, L.V., Diehl, F.L., Horta Júnior, P.A., and Filho, J.P., (2017). Blooms of bryozoans and epibenthic diatoms in an urbanized sandy beach (Balneário Comború – SC– Brazil): dynamics, possible causes and biomass characterization. *Brazilian Journal of Oceanography* 65, p678–694.
- Turrell, W. R.** (1992). New hypotheses concerning the circulation of the northern North Sea and its relation to North Sea fish stock recruitment. *ICES Journal of Marine Sciences* 49:107–123.
- Tyler-Walters, H.** (2005). *Electra pilosa* Thorny sea mat. In: Tyler-Walters H. and Hiscock K. *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews*, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [cited 07-12-2022]. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1694>
- Waeschenbach, A.,** Taylor, P.D., and Littlewood, D.T.J. (2012). A molecular phylogeny of bryozoans. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62, 718–735.
- Wolf, W. J.** (2005). Non-indigenous marine and estuarine species in the Netherlands. *Zoologische Mededelingen Leiden* 79, 1–116.



waddenacademie