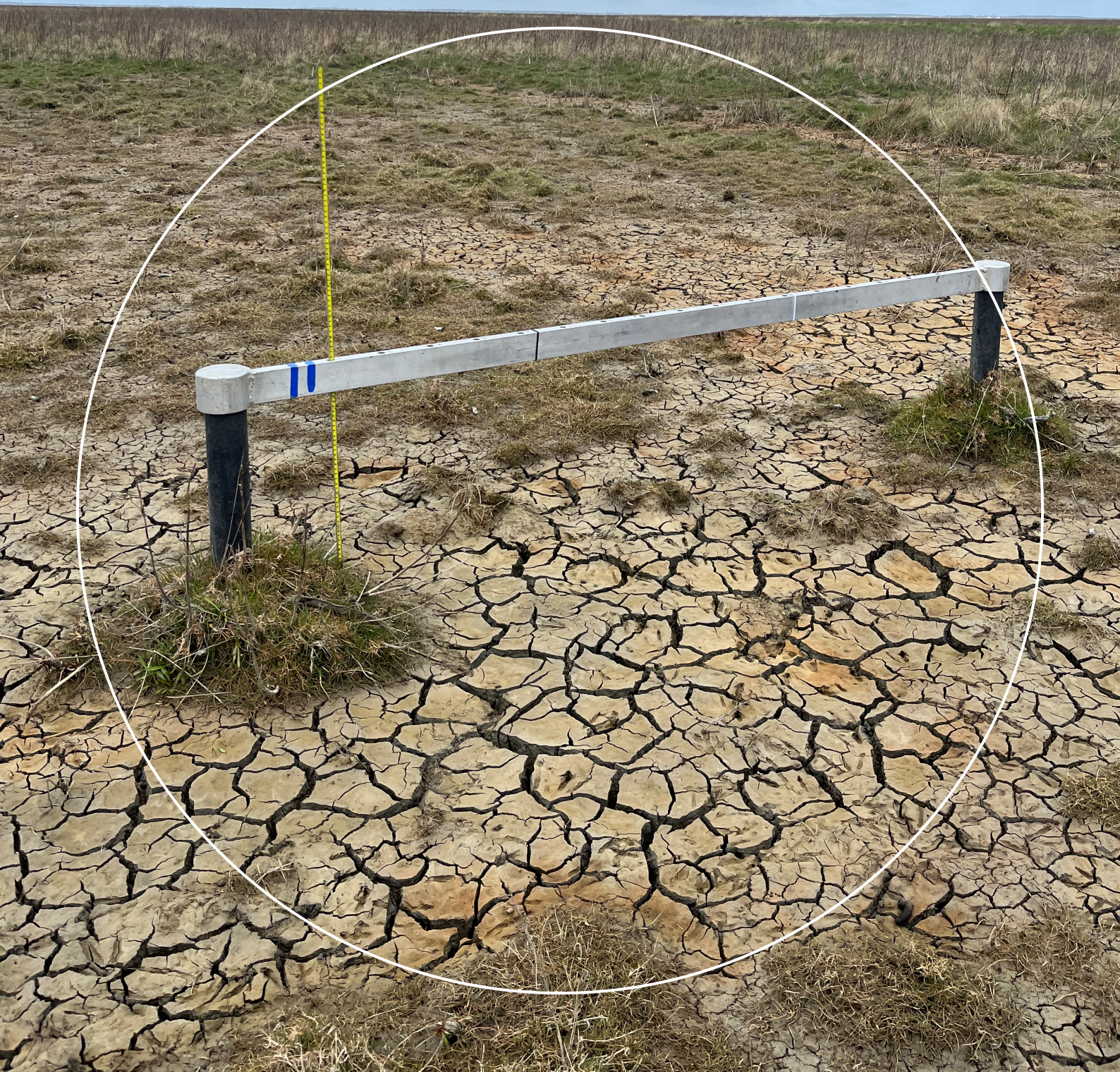


Sedimentatie metingen kwelders Waddenzee

M.E.B van Puijenbroek & M. Baptist



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Sedimentatie metingen kwelders Waddenzee

Auteur(s): Marinka van Puijenbroek & Martin Baptist

Wageningen Marine Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur in het kader van het Beleidsondersteunend Onderzoek, project Gebiedsspecifieke Ondersteuning Grote Wateren (projectnummer BO-43-118-005).

Wageningen Marine Research
Den Helder, juni 2025

Wageningen Marine Research rapport: C039/25

Keywords: Kwelders, Sedimentatie, monitoring

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur
T.a.v.: Wim Schoorlemmer
Bezuidenhoutseweg 73
2595 AC Den Haag

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/694522>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Fee Smulders

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut binnen de
rechtspersoon Stichting Wageningen Research,
hierbij vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt
worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 Methodes van sedimentatie monitoring	7
2.1 GPS transecten	7
2.2 Drone metingen	7
2.3 Sedimentatie-erosie balk metingen	7
2.4 Sedimentatieplaat	8
3 Monitoringsmeetnetten	9
3.1 RWS Vastelands meetvakken	9
3.2 SEB meetnet	9
4 Sedimentatie metingen	10
4.1 Westelijke Waddenzee	10
4.1.1 Balgzand en Wieringen kwelders	10
4.1.2 De Schorren	10
4.1.3 De Karhoek in De Mokbaai	11
4.1.4 Vlieland	12
4.1.5 Griend	12
4.2 Oostelijke Waddenzee	13
4.2.1 Vastelandskwelders Friesland + Groningen	13
4.2.2 Oostelijke Waddeneilanden	18
4.3 Eems-Dollard Estuarium	22
4.3.1 Marconi	22
4.3.2 Dollard	23
5 Conclusies	25
6 Kwaliteitsborging	27
Literatuur	28
Verantwoording	31

Samenvatting

Kwelders zijn buitendijkse natuurgebieden met zoutminnende vegetatie en spelen een belangrijke rol als leefgebied voor onder andere vogels en vissen, in koolstofopslag en als kustbescherming. In de Waddenzee en het Eems-Dollardgebied ligt ongeveer 9.000 hectare aan kwelders. Deze gebieden vallen onder bescherming van Natura 2000 en UNESCO. Voor het voortbestaan van kwelders is voldoende sedimentatie cruciaal, zodat ze kunnen meegroeien met de zeespiegelstijging.

De sedimentatiesnelheid verschilt per locatie, onder andere door variatie in sedimentaanbod, ontstaansgeschiedenis en beheer. Daarnaast heeft de afstand tot de sedimentbron ook effect op de sedimentatie, waardoor het meetnet voor de monitoring van de sedimentatie een goede verspreiding over de kwelder moet hebben. Huidige meetnetten zijn vaak niet optimaal verspreid. Dit rapport geeft daarom een overzicht van de meetmethodes en -locaties van de kwelders in de Waddenzee, en doet aanbevelingen om het monitoringsnetwerk te verbeteren.

Een goed sedimentatiemetnet moet representatief zijn voor de volledige kwelder en rekening houden met verschillen in ligging, hoogte, type kwelder en beheer. De verdeling van meetpunten moet bestand zijn tegen veranderingen in vegetatie en kwelderoppervlak op lange termijn. De sedimentatie-erosie balk methode is bij uitstek geschikt om gedetailleerde sedimentatiemetingen uit te voeren.

Daarnaast is het essentieel om beheermaatregelen, vooral begrazing, goed te documenteren, aangezien die de sedimentatie sterk kunnen beïnvloeden. Ook het meten van bodemdichtheid kan waardevolle inzichten geven in de erosiebestendigheid van kwelders.

Specifieke aanbevelingen per regio

- **Westelijke Waddenzee:** Sedimentatie wordt gemonitord op eilandkwelders, maar niet op de vastelandskwelders in Noord-Holland. Omdat sedimentatiesnelheden tussen eilandkwelders en vastelandskwelders aanzienlijk kunnen verschillen, is uitbreiding van monitoring hier noodzakelijk.
- **Oostelijke Waddenzee vastelandskwelders:** De combinatie van het Rijkswaterstaat-metnet en het Sedimentatie Erosiebalk-metnet biedt een redelijk goed beeld van sedimentatieprocessen in dit gebied.
- **Oostelijke Waddenzee Waddeneilanden:** Alleen Ameland beschikt over een goed meetnet. Door bodemdaling als gevolg van gaswinning geeft dit echter geen representatief beeld van natuurlijke sedimentatie. Uitbreiding op Schiermonnikoog of Terschelling is wenselijk, zeker gezien de lage opslibbing en de impact van zeespiegelstijging. Voor Terschelling is een nulmeting belangrijk in verband met de geplande aanleg van een washover.
- **Eems-Dollard:** Het estuarium staat onder druk door verhoogde troebelheid. Stimulering van kweldervorming kan helpen door extra slibinvang. Aanbevolen wordt om de kwaliteit en kwantiteit van de metingen te verhogen om sedimentatie te kunnen relateren aan factoren als getij, vegetatie en beheer.

1 Inleiding

Kwelders zijn buitendijkse gebieden die regelmatig overstromen en waar unieke plantensoorten groeien die zijn aangepast aan een zout milieu. Naast hun functie als leefgebied voor karakteristieke planten, zijn kwelders van groot belang als rust-, broed- en foerageergebied voor een breed scala aan kustvogels (van Roomen et al., 2022). Bovendien dienen ze als kraamkamer voor verschillende vissoorten (Whitfield, 2017).

Kwelders hebben niet alleen een ecologische waarde, maar dragen ook bij aan klimaatmitigatie door koolstofopslag (Burden et al., 2013; Elschot et al., 2015; Hoefsloot et al., 2020) en kustbescherming door het dempen van golfenergie.

In de Waddenzee en de Eems-Dollard is ongeveer 9.000 hectare aan kwelders te vinden (Elschot et al., 2024, figuur 1). Deze gebieden worden beschermd onder de Vogel- en Habitatrichtlijn en maken deel uit van het Natura 2000-gebied de Waddenzee. Samen met de Duitse en Deense delen vormt de Waddenzee een aaneengesloten intergetijdengebied van circa 900.000 hectare. Het gebied heeft de status van UNESCO-Werelderfgoed en is het grootste Natura 2000-gebied van Nederland.



Figuur 1. Kwelderareaal Noord Nederland.

Voor kwelders zijn specifieke doelstellingen vastgesteld binnen Natura 2000, Kaderrichtlijn Water, Unesco werelderfgoed en afspraken binnen de trilaterale Waddenzee. Deze doelstellingen richten zich met name op het behoud en de uitbreiding van het kwelderareaal, de samenstelling van vegetatietypen binnen het Natura 2000-gebied, en populaties van specifieke vogelsoorten, waaronder het aantal broedparen en de populatie foeragerende vogels.

Voor het behoud van de kwaliteit van kwelders is het cruciaal om hun toekomstperspectief te evalueren. Dit perspectief wordt grotendeels bepaald door sedimentatieprocessen (Fitzgerald & Hughes, 2019). Sedimentatie vindt plaats wanneer slib in het water bezinkt tijdens de inundatie van de kwelder. De mate van sedimentatie ("opslibbing") beïnvloedt hoe een kwelder zich ontwikkelt: als de sedimentatie de zeespiegelstijging niet kan

bijhouden, zal de kwelder langzaam 'verdrinken'. Bij een hoge sedimentatiesnelheid treedt daarentegen versneld vegetatiesuccessie op, wat kan leiden tot een soortenarme climaxvegetatie (Olf et al., 1997).

Met het oog op de verwachte zeespiegelstijging is het essentieel om te bepalen in hoeverre kwelders voldoende opslibbing hebben om deze stijging te compenseren. Vegetatieveranderingen kunnen ook een indicatie geven van sedimentatie, maar deze veranderingen zijn sterk afhankelijk van beheer en reageren vaak vertraagd op omgevingsveranderingen (van Puijenbroek et al., 2024). Daarnaast wijst een recente studie erop dat het verdrinken van kwelders eerder negatieve gevolgen heeft voor de overstromingsrisico's van broedvogelnesten dan voor de vegetatiestructuur van de kwelder zelf (van de Pol et al., 2024).

Op diverse locaties in de Waddenzee wordt de sedimentatie van kwelders gemeten (Elschot et al., 2020; Esselink, 2023; Smit, 2024; van Duin, 2024; van Puijenbroek et al., 2024). De Waddenzee en het Eems-Dollard-estuarium vormen een dynamisch systeem, waardoor de sedimentatiesnelheid per komberging varieert (Colina Alonso et al., 2024). De Waddenzee wordt doorgaans onderverdeeld in de oostelijke en westelijke Waddenzee en het Eems-Dollard-estuarium. Voor kwelders is daarnaast het onderscheid tussen vastelandskwelders en eilandkwelders van belang. Vastelandskwelders bevatten doorgaans meer slib en kennen een hogere sedimentatiesnelheid dan eilandkwelders, die zandiger van aard zijn en een lagere sedimentatiesnelheid hebben (Elschot et al., 2020; Folmer et al., 2023).

De ontstaanswijze van deze kwelders speelt ook een rol. Vastelandskwelders in Friesland en Groningen zijn grotendeels gevormd door de aanleg van rijshoutendammen, die de golfslag verminderen en sedimentatie bevorderen (Elschot et al., 2020). Eilandkwelders zijn daarentegen vaak ontstaan door de aanleg van stuifdijken, die voor beschutting zorgen en zo de ontwikkeling van kwelders mogelijk maken (Groot et al., 2016).

Daarnaast heeft beheer een directe invloed op sedimentatieprocessen. Beweiding, bijvoorbeeld, kan via vertrapping leiden tot een afname van de sedimentatiesnelheid (Elschot et al., 2023; Marin-Diaz et al., 2021). Deze variaties in sedimentdynamiek, ontstaansgeschiedenis en beheer bepalen mede de capaciteit van kwelders om met de zeespiegelstijging mee te groeien. Daarom is het noodzakelijk om sedimentatiemetingen uit te voeren op verschillende typen kwelders binnen het Waddenzeegebied.

Naast de verschillen in sedimentatie tussen kwelders, bestaan er ook variaties in sedimentatie binnen een kwelder. Over het algemeen neemt de sedimentatiesnelheid af naarmate een locatie verder van de sedimentbron ligt (Elschot et al., 2023; van Dobben et al., 2022). Gebieden die verder verwijderd zijn van de kwelderrand en/of kreken hebben doorgaans een veel lagere sedimentatie dan gebieden dicht bij de kwelderrand of kreken.

Voor het bepalen van een representatieve gemiddelde sedimentatiesnelheid in een kweldergebied is een goede ruimtelijke spreiding van sedimentatiemetingen essentieel. De huidige meetpunten voor sedimentatie zijn vaak een voortvloeisel van eerdere onderzoeksprojecten. Na afronding van deze projecten zijn de meetpunten opgenomen in het jaarlijkse sedimentatiemeetnet. Omdat deze meetpunten oorspronkelijk zijn opgezet met een specifieke onderzoeksvraag in gedachten, is het mogelijk dat ze niet optimaal ruimtelijk verdeeld zijn. Hierdoor kan de gemiddelde sedimentatie die wordt gemeten, een vertekend beeld geven van de werkelijke sedimentatie in het gebied.

Het doel van dit rapport is om een overzicht te geven van de locaties waar sedimentatie op de kwelders in de Waddenzee wordt gemonitord. Eerst zullen we een overzicht geven van de gebruikte methodes in Nederland voor het meten van sedimentatie op de kwelder. Daarna een overzicht van de monitoringsmeetnetten en een overzicht van de monitoringslocaties. Tot slot doen we aanbevelingen voor het verbeteren van het monitoringsmeetnet.

2 Methodes van sedimentatie monitoring

Monitoring van hoogteontwikkeling kan op verschillende manieren worden uitgevoerd (Nolte et al., 2013). In Nederland wordt de sedimentatie voornamelijk gemeten door transecten te meten met een nauwkeurige gps en sedimentatie te meten met een sedimentatie-erosie balk of een sedimentatieplaat. Daarnaast worden drones ook gebruikt om kwelders te monitoren. Hieronder worden de methodes verder uitgelegd.

2.1 GPS transecten

Een D-GPS bepaalt de maaiveldhoogte door een combinatie van satellieten en een referentieontvanger. Door transecten met een nauwkeurige D-GPS herhaaldelijk in te meten, kan er een verschil in maaiveldhoogte worden berekend. Met deze methode kan in relatief weinig tijd veel punten worden gemeten. Voor deze metingen is het wel belangrijk om precies hetzelfde transect te meten, aangezien de hoogteverschillen binnen een kwelder mogelijk groter kunnen zijn dan de sedimentatie binnen de meetperiode. Verder heeft de D-GPS een onnauwkeurigheid van ongeveer 2 cm, waardoor deze methode alleen kan worden gebruikt om de sedimentatie over lange termijn van meerdere jaren te meten. Met deze sedimentatiemeting is het daarom ook moeilijk om de sedimentatie te relateren aan de inundatiefrequentie en hoogte.

2.2 Drone metingen

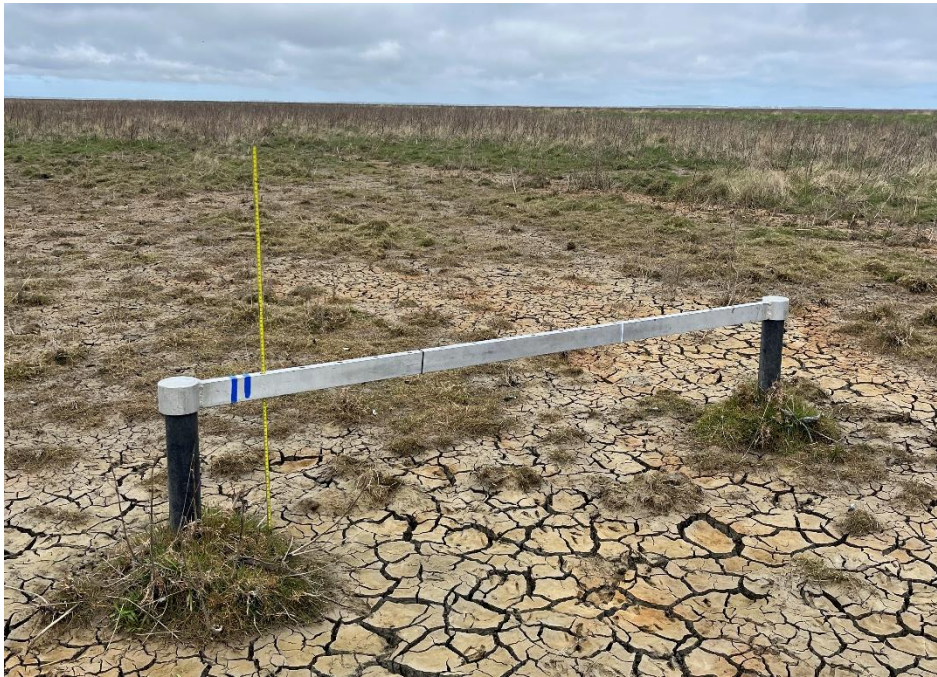
Met een drone kan een hoogtemodel worden genereerd van de hele kwelder doormiddel van stereofotografie of LiDAR, door dat te herhalen over tijd kan een verschilkaart worden berekend. Met deze methode kan in een relatief korte tijd een groot gebied worden gemonitord. De nauwkeurigheid van de hoogtekaart is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de controle punten die zijn ingemeten door de D-GPS, en zal waarschijnlijk ongeveer 2 cm zijn. Het voornaamste nadeel van een hoogtemodel is dat het hoogtemodel vaak vegetatie mee neemt in de hoogte, waardoor de maaiveldhoogte wel tussen de 5 – 60 cm kan afwijken. Door middel van veldkalibratie kan deze ruis worden gecorrigeerd. Vanwege deze afwijkingen is een hoogtemodel vooral geschikt om sedimentatie op de kwelders tussen langere perioden, zoals 5 tot 10 jaar, te monitoren.

2.3 Sedimentatie-erosie balk metingen

Een sedimentatie-erosie balk (SEB) punt is een vaste plek waar de sedimentatie wordt gemeten. Voor ieder SEB-meetpunt zijn twee palen permanent in de bodem aangebracht tot een diepte van de stabiele zandlaag onder de klei bodem en waterpas gesteld (Nolte et al. 2013). Van elke paal is de hoogte ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP) ingemeten. Bij iedere meting wordt een 2 m lange aluminiumbalk met 17 gaten op de palen geplaatst (figuur 2). Vervolgens wordt van elk van deze 17 punten de afstand tussen balk en maaiveld bepaald (met een nauwkeurigheid van 1.5 mm). Door het herhaaldelijk inmeten van de afstand tussen de balk en maaiveld kan de sedimentatie worden berekend. Aangezien de SEB metingen zeer nauwkeurig zijn kan de opslibbing vaker worden gemeten en daarmee ook worden bepaald in hoeverre de opslibbing over de seizoenen verschilt.

Deze methode is bruikbaar om op lange en korte termijn de sedimentatie te monitoren, waardoor gedetailleerde analyse naar het effect van inundatiefrequentie, inundatiehoogte en de inklinking door uitdroging van de bodem kunnen worden onderzocht. Het enige nadeel van SEB palen is dat vee ze kan gebruiken om tegen aan te schuren, waardoor er extra vertrapping kan plaatsvinden bij de palen. Dit kan worden tegengegaan door de palen maar kort boven de grond te laten uitsteken. Daarnaast kunnen de meetpunten dichtbij de paal niet worden meegenomen in de analyse omdat de palen zelf een effect kunnen hebben op de sedimentatie.

Om deze sedimentatie te relateren aan vegetatie wordt er naast hoogtemetingen ook de vegetatie opgenomen in Permanente kwadraten (PQ's) van 2x2 of 2x1 meter. Deze PQ's liggen een halve tot een hele meter naast de SEB balk in oostelijke richting. In de PQ's wordt de gemiddelde hoogte van de vegetatie (in de staat van opname), bedekking van grassen en aanwezigheid van kale grond bepaald. Vervolgens worden alle aanwezige soorten opgenomen en de bedekking gescoord volgens de Londo schaal. Additionele factoren die van invloed kunnen zijn op hoogte- en vegetatieontwikkeling worden bij elk PQ gescoord. Dit betreft de mate van drainage, de mate van betreding door grazers, en intensiteit van begrazing.



Figuur 2. SEB balk met meetstokje.

2.4 Sedimentatieplaat

Een sedimentatieplaat van 30x30 cm wordt geplaatst onder de wortels van vegetatie. De sedimentatie kan worden gemeten door herhaaldelijk over tijd te meten hoever een pin in de grond gaat totdat het de plaat raakt. Deze methode geeft een indicatie van de hoeveelheid sediment die er ieder jaar bijkomt, zonder dat de autocompactie van de diepere kleilaag onder de tegel wordt meegenomen. Daarbij kan deze methode worden gebruikt in gebieden met veel vee, vooral als het vee wordt aangetrokken tot de palen die nodig zijn voor de SEB-methode. Met deze methode is het ook mogelijk om de lange en korte termijn sedimentatie te meten, daarnaast kan het ook worden gerelateerd aan inundatiefrequentie en inundatiehoogte. Doordat met deze methode de autocompactie van de diepere kleilaag onder de tegel niet wordt meegenomen, kan het effect van verdroging van de kleilaag niet goed worden bepaald.

3 Monitoringsmeetnetten

Er zijn twee monitoringsmeetnetten: de vastelandskwelders meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS) en het SEB-meetnet van WMR. Daarnaast zijn er een aantal kwelders waar de sedimentatie door terreinbeherende organisaties of onderzoekers worden opgemeten. Deze monitoring zal ook worden meegenomen in het overzicht.

3.1 RWS Vastelands meetvakken

Vanaf 1960 is door RWS een monitoringsnetwerk opgezet dat bestaat uit 25 meetvakken, verspreid over de Friese en Groninger kwelderwerken. Elk meetvak omvat drie bezinkvelden, waarbij elk bezinkveld een afmeting heeft van 400 x 400 m en is onderverdeeld in 16 pandjes (subvakken) van elk 100 x 100 m. De hoogtemetingen worden uitgevoerd met een D-GPS in transecten van 400 m, parallel aan de dijk, en in het midden van elk pandje van 1 hectare. In het verleden werd de maaiveldhoogte eens in de vier jaar gemeten. Vanaf 2013 vindt deze meting eens in de drie jaar plaats. De metingen worden uitgevoerd door een aannemer, maar het is waarschijnlijk dat de exacte locatie van de transecten niet consistent blijft. Hoewel de hoogtemetingen een goed overzicht bieden van de gemiddelde hoogteontwikkeling van de kwelder, zijn ze niet nauwkeurig genoeg om verbanden te leggen met parameters zoals inundatiefrequentie, inundatiehoogte of bodemverdroging.

3.2 SEB meetnet

Het SEB meetnet wordt vanaf 1993 door WMR gebruikt om de hoogteontwikkeling van de kwelder te monitoren via vaste meetpunten. De metingen vinden jaarlijks of halfjaarlijks plaats, waarbij altijd in het najaar (augustus/september) wordt gemeten. Bij halfjaarlijkse meetfrequentie wordt er daarnaast ook in het voorjaar (maart) gemeten. Voor specifieke projecten, zoals Slibmotor (bij Westhoek en Zwarte Haan) en Marconi (Delfzijl), is er frequenter gemeten, tot wel zes keer per jaar. Het huidige SEB meetnet bestrijkt zowel de kwelders op het vasteland van Friesland en Groningen als die op (sommige) Waddeneilanden en heeft in totaal 325 meetpunten.

4 Sedimentatie metingen

Hieronder volgt overzicht van alle kwelders in de Waddenzee en in hoeverre de sedimentatie wordt gemonitord. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de westelijke en oostelijke Waddenzee en het Eems-Dollard-estuarium, evenals tussen de vastelandskwelders en de eilandkwelders. Op de eilandkwelders komt kweldervegetatie ook voor op de groene stranden (Elschot et al., 2024). Vanwege de sterke dynamiek van deze gebieden en de invloed van de Noordzee (van Puijenbroek et al., 2021) worden de groene stranden echter buiten beschouwing gelaten.

4.1 Westelijke Waddenzee

In de westelijke Waddenzee is het oppervlakte aan kwelders relatief beperkt. De kweldergebieden zijn de vastelandskwelders bij het Balgzand en Wieringen in Noord Holland, de Mokbaai en de Schorren op Texel en de Kroonspolders op Vlieland.

4.1.1 Balgzand en Wieringen kwelders

Bij Balgzand en Wieringen zijn de afgelopen decennia meerdere kleine kwelders ontstaan langs de dijk. Deze kwelders zijn deels natuurlijk ontstaan (Kooihoekschor) en deels ontstaan door het ophogen van het wad met grond van dijkverhoging. Door het verlanden van het Balgzand neemt het kwelderoppervlakte nog steeds toe. Er wordt geen sedimentatie gemeten op deze kwelders.

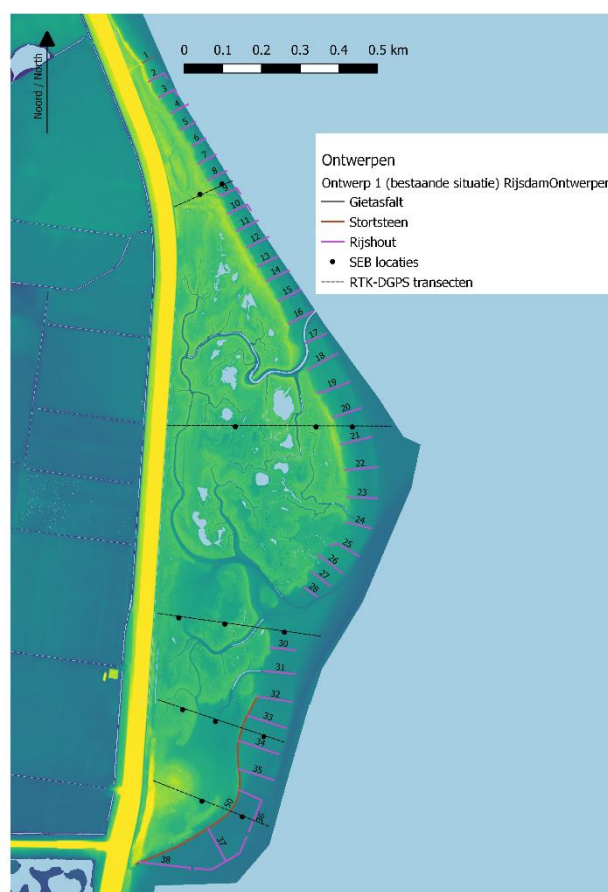
Ontstaansgeschiedenis kwelder	Natuurlijk en semi natuurlijk
Leeftijd kwelder	Rond 1988
Omvang kwelder (ha)	94
Gemiddeld opslibbing (cm / j)	Onbekend, niet gemeten
Beheer kwelder	Voornamelijk onbegraasd, ongedraineerd, strekdammen ter vermindering erosie.

4.1.2 De Schorren

Het kweldergebied De Schorren bevindt zich aan de noordoostkust van Texel en beslaat ongeveer 75 hectare. Hoewel er enige onduidelijkheid bestaat over het ontstaan van De Schorren, is het gebied te beschouwen als een nagenoeg natuurlijke kwelder met een rijk gevarieerde morfologie van meanderende kreken omzoomd door oeverwallen met daarachter laaggelegen komgebieden. Het voortbestaan van De Schorren staat echter onder druk door lage opslibbing in combinatie met erosie van de kwelderrand, wat resulteert in een afname van het kwelderoppervlak. In de twintigste eeuw is de omvang van De Schorren al met meer dan de helft verminderd (Esselink et al., 2022). Om het gebied op de lange termijn te behouden zijn er tussen 1978 en 1985 een stenen dam en rijshouten dammen geplaatst. Vanwege weinig onderhoud van deze dammen zijn de rijshoutendammen in 2023 hersteld.

Tot 2023 was er geen SEB-meetnet aanwezig geweest, wat leidde tot een gebrek aan inzicht in de hoogteontwikkeling van deze kwelder. Om dit te verbeteren, hebben WMR en PUCCIMAR een voorstel uitgewerkt voor een SEB-meetnet. Hiermee kan de opslibbing op De Schorren nauwlettend worden gemonitord en kan tevens het effect van het herstel van de rijshoutdammen worden geanalyseerd. Het meetnet omvat vijf transecten met in totaal 13 meetpunten (figuur 3). In 2024 is dit meetnet voor het eerst ingemeten door Natuurmonumenten.

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Natuurlijk
Leeftijd kwelder	1850 - 1900
Omvang kwelder (ha)	75
Gemiddeld opslibbing (cm / j)	Onbekend, meetnet net gestart
Beheer kwelder	Onbegraasd, ongedraineerd, strekdammen ter vermindering erosie.
Aantal meetpunten SEB	13
Aantal transecten SEB	5
Gemeten periode	Eerste meting 2024
Organisatie monitoring	Natuurmonumenten

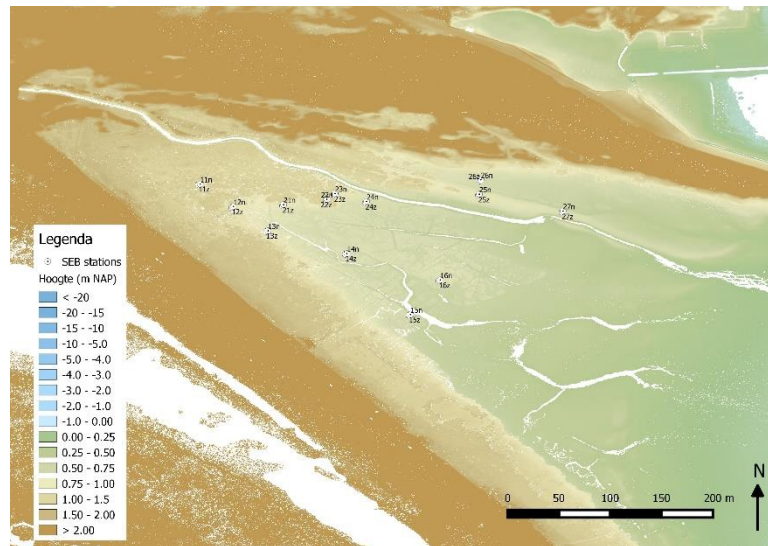


Figuur 3. SEB meetnet op De Schorren – Texel.

4.1.3 De Karhoek in De Mokbaai

Aan de zuidkant van Texel ligt de kleine kwelder De Karhoek in De Mokbaai. De Karhoek is een kwelder die wordt ingeklemd tussen de wadplaat en de dijkkring. Naast De Mokbaai zit het oefenterrein van de defensie waarop kwelder het Puntje is gelegen. Voor de haven van Defensie in De Mokbaai wordt een deel van het gebied gebaggerd om voldoende diepgang te garanderen. Het verwijderde sediment wordt gestort in het Marsdiep. Als gevolg hiervan is er weinig sedimentatie op de kwelder en neemt het kwelderoppervlakte af (Baptist et al., 2016). Het SEB-meetnet in de Karhoek werd in 2018 opgezet door WMR en wordt nu gemonitord door Cor Smit (zelfstandige), waarmee een gemiddelde opslibbing is 0,21 cm/jaar is gemeten (Smit, 2024, figuur 4).

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Natuurlijk
Leeftijd kwelder	1850 - 1900
Omvang kwelder (ha)	19
Gemiddeld opslibbing (mm / j)	21
Beheer kwelder	Geen beheer, de Mokbaai wordt wel gebaggerd voor defensie
Aantal meetpunten SEB	13
Aantal transecten SEB	-
Gemeten periode	2018 – heden (jaarlijks gemeten)
Organisatie monitoring	Cor Smit (zelfstandige) – opgeslagen in de WMR SEB-database



Figuur 4. SEB meetnet Texel – Mokbaai.

4.1.4 Vlieland

Op Vlieland komt kweldervegetatie voor in de Kroon's Polders, vier smalle polders die tussen 1920 en 1925 zijn aangelegd voor de landbouw. Door de te zoute en natte grond, bleek landbouw echter niet mogelijk. Sinds de jaren zestig worden de polders beheerd door Staatsbosbeheer en is het nu een natuurgebied. In 1996 werd een doorbraak gerealiseerd in de derde polder, samen met een verbinding tussen de derde en vierde polder, waardoor bij hoge vloed zout water kan instromen. Daarna is in 2017 de tweede polder ontpolderd. In de Kroon's Polders is tussen 2002 en 2008 de sedimentatie gemonitord met de SEB-methode na het realiseren van de doorbraak door Peter Esselink (Esselink, 2006). De sedimentatie was toen gemiddeld 7.3 mm/j (Elschot et al., 2024).

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Ontpoldering
Leeftijd kwelder	1996 (polder 3 & 4) – 2017 (polder 2)
Omvang kwelder (ha)	19
Gemiddeld opslibbing (mm / j)	7.3
Beheer kwelder	Geen beheer
Aantal meetpunten SEB	16
Aantal transecten	-
Gemeten periode	2002 - 2008
Organisatie monitoring	Peter Esselink (Koeman & Bijkerk, Puccimar)

4.1.5 Griend

Het eiland Griend is dynamisch qua vorm en grootte. Door de aanzienlijke afname in oppervlakte de laatste decennia, vond in 2016 een grote herstelmaatregel plaats waarbij zand en schelpen werden aangebracht aan de westzijde van het eiland om bescherming tegen stormen te bieden. Dit eiland is het meest effectief te

monitoren door het volgen van de totale oppervlakte over tijd, wat kan worden gedaan met behulp van VEGWAD-vegetatiekaarten van Rijkswaterstaat. Deze methode is echter niet geschikt om de opslibbing van kwelders te meten.

4.2 Oostelijke Waddenzee

De oostelijke Waddenzee heeft een groot oppervlakte van kwelders. De vastelandskwelders zullen eerst worden behandeld en daarna de eilandkwelders.

4.2.1 Vastelandskwelders Friesland + Groningen

De vastelandskwelders in Friesland zijn voornamelijk ontstaan door landaanwinningswerken. In de eerste helft van de 20^{ste} eeuw waren er plannen om de hele Waddenzee in te polderen. Als onderdeel daarvan werd actief sedimentatie bevorderd aan de Friese en Groningse vastelandskust. Hiervoor werden bezinkvelden gecreëerd met rijshoutendammen, die de golfslag verminderen en daardoor de sedimentatie bevorderen. Zodra de kwelder voldoende was opgehoogd, werden er greppels gegraven voor drainage en werd vee ingezet.

De ontwikkeling van de vastelandskwelders begon in 1960, en het kwelderoppervlakte neemt nog steeds toe. Vanaf 1980 zijn de kwelders geen landbouwgebieden meer, maar hebben de bestemming natuurgebieden gekregen en zijn nu Natura 2000-gebied. Vanuit de historie worden de meeste kwelders beweide, maar er zijn ook wel een aantal gebieden onbeweid. Sinds 1960 worden deze kwelders gemonitord met behulp van de RWS meetvakken.

Vanwege de toename van kwelderoppervlakte en hoge sedimentatie is besloten om de dammen flexibel te onderhouden. De dammen van het buitenste bezinkveld worden niet meer onderhouden en ook op sommige plekken in Friesland en Groningen worden de dammen van het tweede bezinkveld niet meer onderhouden. Omdat ze nu een natuurbestemming hebben, is het onderhoud aan de greppels grotendeels gestopt, hoewel boeren op sommige kwelders nog wel incidenteel onderhoud uitvoeren. De hoofdafwateringen worden wel regelmatig gebaggerd.

Naast de kwelders die oorspronkelijk via landaanwinning zijn ontwikkeld, zijn er ook nog een paar andere kwelders. De kwelders in Friesland bij Westhoek en Zwarte Haan zijn op natuurlijke wijze ontstaan en de kwelder bij Paezemerlannen is een voormalige zomerpolder. Deze kwelders zullen afzonderlijk worden behandeld.

4.2.1.1 Westhoek

Tussen Koehoal en Westhoek ligt een natuurlijke kwelder aan de Friese kust, ten noorden van het plaatsje Westhoek. Het betreft een relatief jonge kwelder, waarbij de eerste kweldervegetatie zich vestigde in 1996. Tussen 2010 en 2015 was er gestage groei in het centrale deel van de kwelder, waarna deze groei stabiliseerde (Baptist et al., 2019). De groei aan de randen (noord- en zuidkant) kwam enkele jaren later op gang.

De kwelder bij Westhoek was onderdeel van het Ecoshape project Slibmotor. In dit project werd baggerspecie uit de haven van Harlingen gestort in de geul dichtbij de kwelder, zodat dit door de stroming zou worden verspreid naar de kwelder om deze uit te breiden. Tracer- en modelstudies lieten zien dat het baggerspecie richting de kwelder werd verspreid, maar de natuurlijke sedimentdynamiek was sterker dan het effect van het verspreide baggerspecie en de extra sliblaag erodeerde weer (Baptist et al., 2019).

Het SEB-meetnet is in 2015 gestart met 22 meetpunten, verdeeld over 10 transecten (figuur 5). In 2016 is er bij elk transect extra meetpunten geplaatst op het wad, waardoor het totaal aantal SEB-meetpunten is verhoogd naar 32. Deze meetpunten hebben een goede verspreiding over de gehele kwelder en bevatten ook alle verschillende vegetatietypes die aanwezig zijn op de kwelder.

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Natuurlijk
Leeftijd kwelder	Eerste aangroei in 1996
Omvang kwelder (ha)	18.7
Gemiddeld opslibbing (mm / j)	19
Beheer kwelder	Geen beheer
Aantal meetpunten SEB	32
Aantal transecten SEB	10
Gemeten periode	2015 – heden (jaarlijks gemeten)
Organisatie monitoring	Wageningen Marine Research

4.2.1.2 Zwarte haan

Ten oosten van Westhoek ligt de kwelder de Zwarte Haan, met een ontstaansgeschiedenis vergelijkbaar met die van Westhoek. Beide kwelders zijn op natuurlijke wijze gevormd in de luwte van de zeedijk en worden tot op heden niet begraasd.

Het SEB-metnet op de kwelder de Zwarte Haan is aangelegd in 2016 als een controlelocatie voor de kwelder bij Westhoek, die onderdeel was van het Ecoshape project Slibmotor. Terwijl de kwelder bij Westhoek werd gevoed met slib afkomstig van Harlingen, werd er bij de Zwarte Haan geen additioneel slib aangevoerd. Het SEB meetnet op de kwelder bij Zwarte Haan is relatief klein en omvat slechts 15 meetpunten, verdeeld over vier transecten (figuur 5).

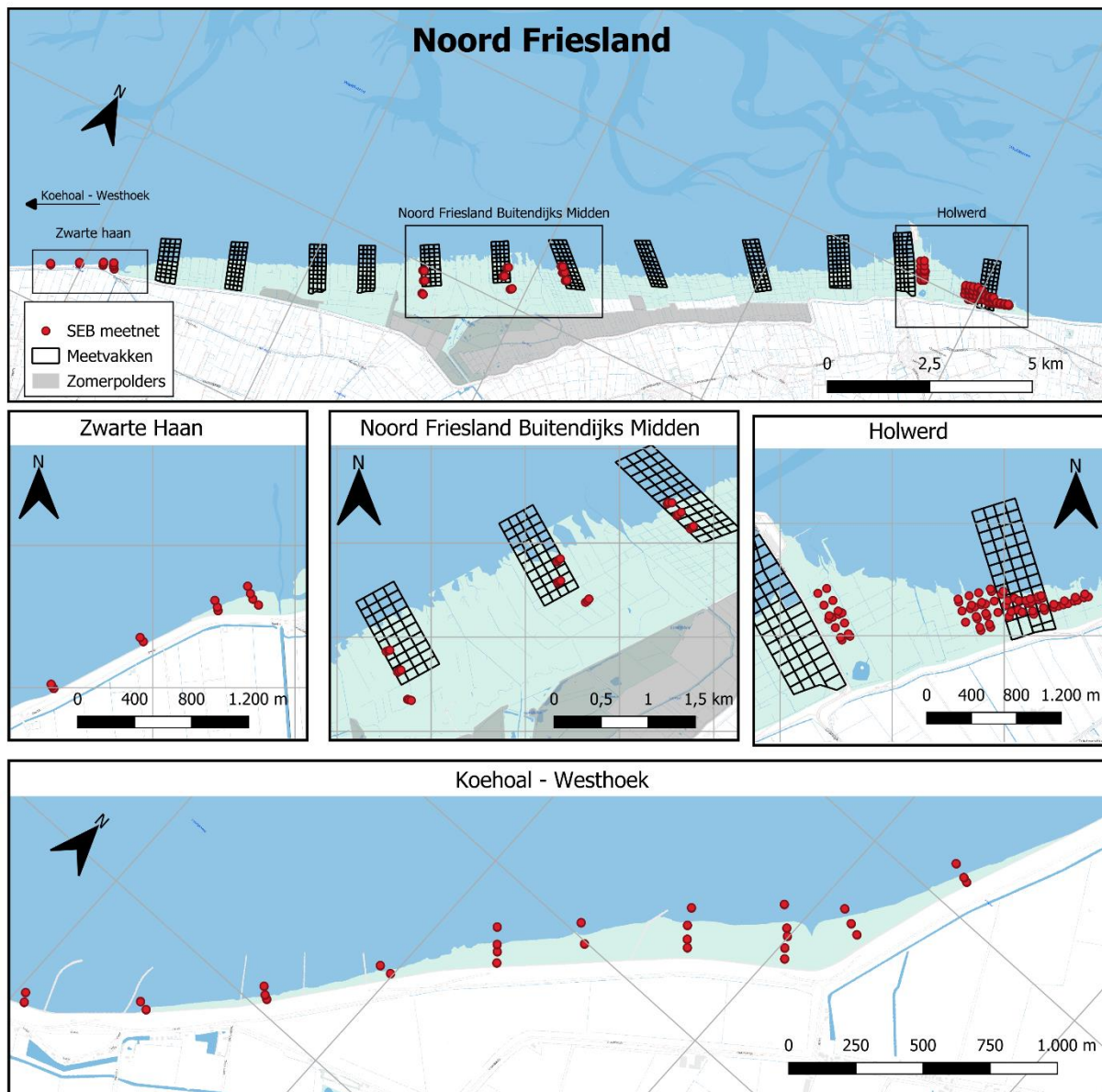
Ontstaansgeschiedenis kwelder	Natuurlijk
Leeftijd kwelder	1992
Omvang kwelder (ha)	17.6
Gemiddeld opslibbing (mm / j)	17
Beheer kwelder	Geen beheer
Aantal meetpunten	15
Aantal transecten	4
Gemeten periode	2016 – heden (jaarlijks gemeten)
Organisatie monitoring	Wageningen Marine Research

4.2.1.3 Landaanwinningswerken Friesland: Noard-Fryslân Bûtendyks

Noard- Fryslân Bûtendyks is een van de grootste aaneengesloten kwelders in Nederland, deze kwelder tussen Zwarte Haan en Ternaard is ontstaan door de landaanwinningswerken. Het grootste gedeelte van de kwelder wordt begraasd door koeien, paarden en schapen, waarbij de begrazingsintensiteit varieert per kweldergebied.

In Noard-Fryslân Bûtendyks bevinden zich verschillende zomerpolders. Om het kwelderoppervlakte te vergroten, zijn de zomerdijken doorgestoken om getij-uitwisseling mogelijk te maken in de zomerpolders. De verkweldering Noorderleeg en Bildtpôlen heeft plaatsgevonden tussen 2001 en 2009, wat resulteerde in een toename van 168 hectare aan kwelders. Na tien jaar was het ontpolderde gebied gemiddeld opgehoogd met 7 mm per jaar, terwijl de natuurlijke referentiekwelder een gemiddelde ophoging van 11 mm/jaar had. Zonder begrazing had het ontpolderde gebied een ophoging van 17 mm/jaar gekend (Koppenaar et al., 2022).

In de zomer van 2021 is het project 'Terp van de Toekomst' uitgevoerd. Een deel van de kwelder werd afgegraven, en de grond werd gebruikt om een terp als kunstwerk te creëren. De eerste meetresultaten van de bodemhoogte tonen dat er gemiddeld enkele centimeters opslibbing plaatsvond. In eerste instantie verhogen vooral de randen van het afgegraven gebied, vermoedelijk door hoge opslibbing tijdens stormen (Hoefsloot et al., 2024). Over tijd vlakken gradiënten uit, wat waarschijnlijk getij gedreven is.



Figuur 5. Overzicht van het SEB meetnet en de meetvakken op de kwelders in de vastelandskust in Friesland.

Voor deze projecten is de hoogteontwikkeling gemonitord. De verkweldering van de zomerpolders uit 2001 is gevolgd met behulp van zes transecten met bezinkplaten, aangevuld met PQ's (Bakker et al., 2014). Voor het project 'Terp van de Toekomst' wordt de hoogteontwikkeling gemonitord doormiddel van drones, waarbij hoogtekarten worden vergeleken (Hoefsloot et al., 2024). De monitoring van de verkweldering van de zomerpolders is inmiddels gestopt, en het is onduidelijk hoe lang de monitoring van het project 'Terp van de Toekomst' nog zal doorgaan.

Noard-Fryslân Bûtendyks wordt op twee manieren permanent gemonitord. Er zijn 12 RWS meetvakken die worden gemonitord met de D-GPS en 97 permanente SEB-meetpunten van WMR (figuur 5). De SEB meetpunten bestaan uit drie transecten met elk negen meetpunten, in het midden van Noard-Fryslân Bûtendyks, deze zijn gestart in 2000. Daarnaast zijn er nog 70 SEB meetpunten ten oosten van de dam bij Holwerd. Deze zijn aangelegd vanwege een krekoproef die daar plaatsvond tussen 1997 – 2002 (van Duin & Dijkema, 2003). De vele meetpunten bij Holwerd bieden de mogelijkheid om op hoog detailniveau onderzoek te doen naar de verschillende factoren die sedimentatie beïnvloeden, zoals afstand tot de wadrand en het effect van beweiding (Elschot et al., 2023). Aangezien de Waddenzee steeds meer veranderingen zal ondergaan als gevolg van klimaatverandering, is het essentieel om deze SEB meetpunten continu te blijven monitoren.

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Landwinningswerken door rijshoutendammen
Leeftijd kwelder	~1960
Omvang kwelder (ha)	2538 ha (inclusief 840 ha zomerpolders)
Gemiddeld opslibbing (mm / j)	Noard- Fryslân Bûtendyks midden: 13.0 Holwerd: 12.9
Beheer kwelder	Beweid en onbeweide kwelder en plaatselijk drainage geulen onderhouden
Aantal meetpunten SEB meetnet	Noard- Fryslân Bûtendyks midden: 27 (3 transecten) Holwerd: 70 (14 transecten)
RWS Meetvakken (D-GPS transecten)	12
Gemeten periode	SEB-meetnet: Noard- Fryslân Bûtendyks midden: 2000 – heden Holwerd: 1998 – heden Twee jaarlijks gemeten RWS meetvakken: 1960 - heden
Organisatie monitoring	SEB meetnet: Wageningen Marine Research RWS meetvakken: Rijkswaterstaat

4.2.1.4 Peazemerlannen

Het buitendijks gelegen natuurterrein de Peazemerlannen ligt aan de Waddenzee in het noordoosten van de provincie Friesland. Binnen de Peazemerlannen zijn twee gebieden te onderscheiden: de zomerpolder en de kwelder, samen 200 ha groot. De kwelder is een voormalig zomerpolder waarbij de dijk in 1973 is doorgebroken. Dichter bij de dijk ligt een oudere zomerpolder die voornamelijk door schapen wordt begraaasd. De kwelder, gelegen in de voormalige noordelijke zomerpolder achter de doorgebroken bitumen dijk, is onbeweid. De kwelder kan verder worden onderverdeeld in oeverwallen, een lage kwelder, en kommen met secundaire pionierzone. Voorbij de gaten in de bitumen dijk ligt een primaire pionierzone, zeewaarts van de kwelder.

In 2023 is een opening gemaakt in de zomerpolder om de sedimentatie in de zomerpolder te verhogen. Daarnaast is koeienbegrazing gepland in een deel van de kwelder en zomerpolder. Voor deze koeien zijn aanpassingen doorgevoerd, waaronder de ophoging van de zomerdijk als ontsnappingsroute en de verbreding van een kreek om een duidelijke afscheiding te creëren.

In 1995/1996 zijn in de Peazemerlannen 30 SEB-meetpunten uitgezet om de ontwikkeling van de kwelder te monitoren. Door de autonome processen zoals opslibbing en vegetatiesuccessie raakten in de periode 1995-2007 vooral de meetpunten in de lagergelegen vegetatiezones ondervertegenwoordigd. Bij de start van de gaswinning in 2007 zijn daarom 18 extra SEB-meetpunten aangelegd, met een focus op de lagergelegen zones. Hierdoor steeg het totale aantal meetpunten op 48 (van Duin, 2024, figuur 6). Dit SEB-meetnet wordt gemeten en geanalyseerd door Artemisia onderzoek. Dit meetnet geeft een goed representatief beeld van de opslibbing op de kwelder.

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Landwinningswerken door rijshoutendammen
Leeftijd kwelder	1973 (doorbraak dijk)
Omvang kwelder (ha)	298 (inclusief 66 hectare zomerpolder)
Gemiddeld opslibbing (mm / j)	7 – 11
Beheer kwelder	Deels begraaasd, deels onbegraaasd.
Aantal meetpunten SEB	48
Aantal transecten SEB	-
Gemeten periode	1995 – heden (tweejaarlijks gemeten)
Organisatie monitoring	Artemisia kwelderonderzoek – Willem van Duin



Figuur 6. SEB meetnet Peazemerlannen (gele cijfers).

4.2.1.5 Groningen vastelandskwelder

De Groningen vastelandskwelder bevindt zich ten noorden van het gebied tussen de plaatsen Marnehuizen en Uithuizen. Oorspronkelijk werden deze Groningse kwelders intensief beweide, maar vanaf 2001 nam de beweidsintensiteit sterk af. Deze afname leidde tot een toename van climaxvegetatie, met name zeekweek. Om deze ontwikkelingen tegen te gaan, werd in de periode van 2011 – 2013 het Groninger Kwelderherstelplan uitgevoerd. Dit plan omvatte verschillende maatregelen om de beweiding te verbeteren. Door ophoging van ontwateringssystemen kon vee gemakkelijker de hogere delen van de kwelder bereiken tijdens overstromingen. Daarnaast werden bruggen aangelegd over de hoofdleidingen, waardoor grotere beweidingseenheden konden worden gevormd en vee zich eenvoudiger tussen de aangrenzende kwelders kon verplaatsen. Sinds de uitvoering van dit herstelplan is de beweidsintensiteit in Groningen kwelders weer toegenomen.

De sedimentatie in de Groningse vastelandskwelders wordt gemonitord met behulp van 13 RWS meetvakken waarbij transecten zijn ingemeten met een D-GPS en SEB-meetpunten. De SEB-meetpunten zijn geplaatst in twee verschillende kweldergebieden, die zijn genoemd naar de nabijgelegen polders: Julianapolder en negenboerenpolder. In Julianapolder wordt sinds 1998 de sedimentatie gemeten langs een transect met 19 SEB meetpunten, die zich uitstrekken van kwelder naar het wad (figuur 7). Deze kwelder wordt niet beweide.

Ontstaansgeschiedenis kwelder

Landwinningswerken door rijshoutendammen

Leeftijd kwelder

Vanaf 1960

Omvang kwelder (ha)

1.618 ha

Gemiddeld opslibbing (mm / j)

Julianapolder: 3.8

Negenboerenpolder: 7.6

Beheer kwelder

Julianapolder: Onbeweid

Negenboerenpolder: Beweid

Aantal meetpunten SEB

Julianapolder: 19 (1 transect)

Negenboerenpolder: 15 (1 transect)

RWS meetvakken

13

Gemeten periode

SEB-meetpunten:

Julianapolder: 1998 – heden

Negenboerenpolder: 1994 – heden

Beide tweejaarlijks gemeten

RWS meetvakken:

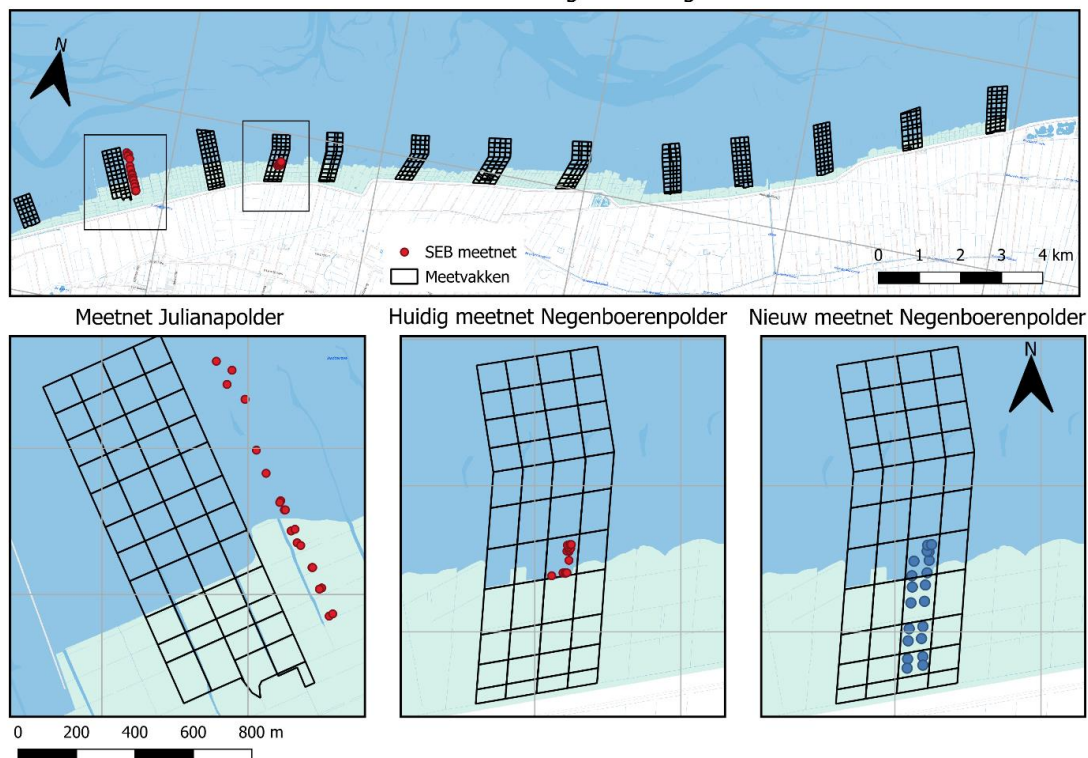
1960 – heden

Organisatie monitoring

SEB-meetpunten: Wageningen Marine Research

RWS meetvakken: Rijkswaterstaat

Sedimentatie metingen Groningen



Figuur 7. SEB meetnet en meetvakken op de kwelder bij de vastelandskust in Groningen.

In Negenboerenpolder bevindt zich een kort transect met 15 meetpunten, dat sinds 1994 wordt gemonitord. De meetpunten liggen dicht bij elkaar, wat resulteert in een sterke ruimtelijke correlatie tussen de punten. Bovendien wordt in dit meetnet slechts een relatief klein deel van de kwelder gemeten. Om de representativiteit van het meetnet te vergroten, wordt dit in 2025 uitgebreid (Figuur 7). Deze kwelder wordt deels begraaasd door paarden en schapen.

4.2.2 Oostelijke Waddeneilanden

4.2.2.1 Terschelling

De Boschplaat op Terschelling is ontstaan na de aanleg van de stuifdijk rond 1937. Na de aanleg ontwikkelde de vegetatie zich overal tegelijkertijd op de kwelder. In de loop der tijd heeft successie plaatsgevonden, waardoor een groot deel van de kwelder nu bestaat uit climaxvegetatie met zeekweek. Deze kwelder wordt niet beweide.

Aan de oostzijde van de Boschplaat gaat de kwelder echter verloren door erosie van de eilandstaart. Tussen 1996 en 2010 is de sedimentatie van de kwelder periodiek gemeten, maar dit gebeurde slechts op vijf SEB meetpunten, verspreid over twee locaties. Hierdoor kan geen representatief gemiddelde van de opslibbing voor de gehele kwelder op Terschelling worden berekend. Gezien de plannen om bij deze kwelder een washover te creëren, is het essentieel om de gemiddelde opslibbing van de kwelder nauwkeurig te monitoren. Dit zal inzicht bieden in de effecten van een washover op het gebied.

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Kwelder is ontstaan na de aanleg van een stuifdijk
Leeftijd kwelder	1937
Omvang kwelder (ha)	1294
Gemiddeld opslibbing (cm / j)	1.5
Beheer kwelder	Onbeheerd
Aantal meetpunten SEB	5 meetpunten – verdeeld over twee plekken
Gemeten periode	1996 – 2010 (2021) (jaarlijks)
Organisatie monitoring	Groningen university

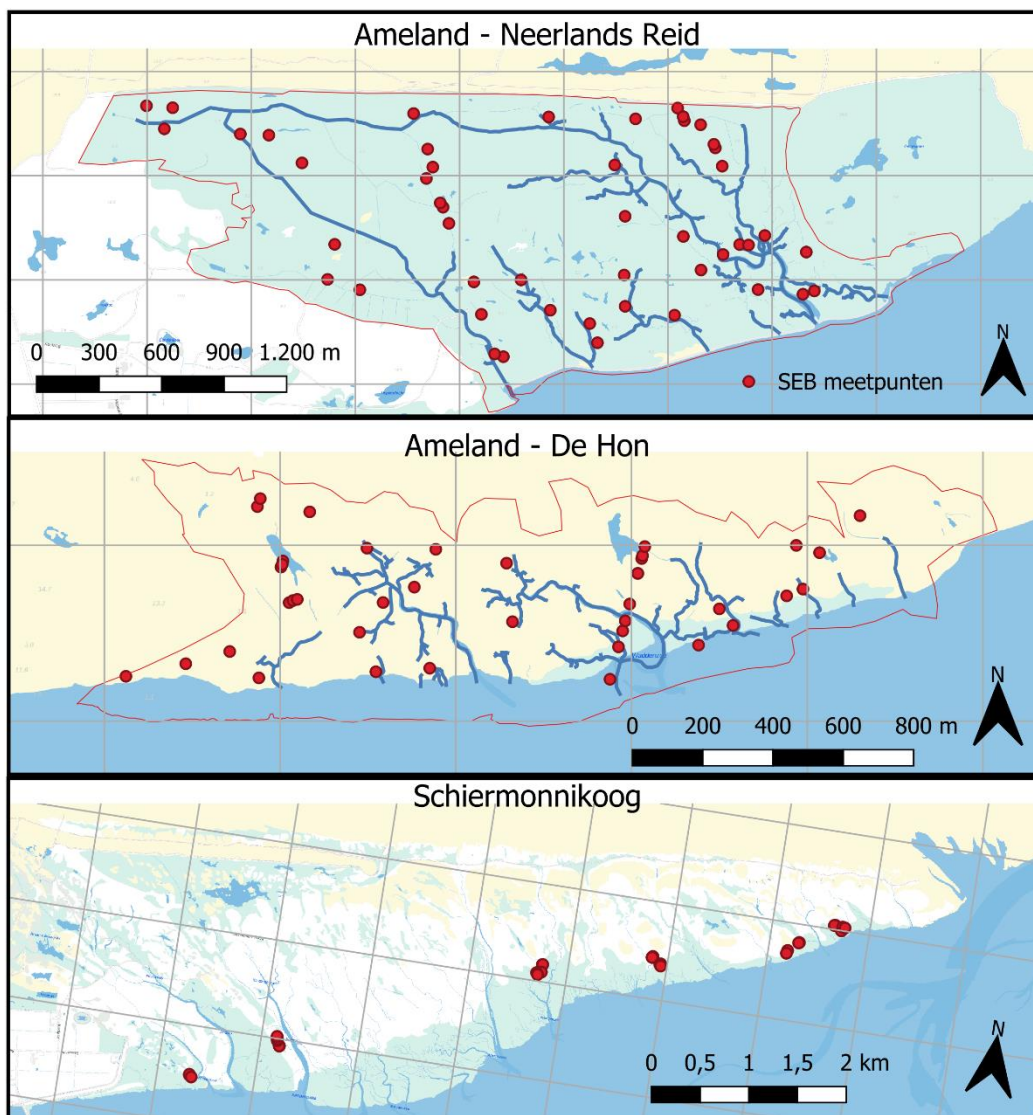
4.2.2.2 Ameland

Op Ameland bevinden zich twee kwelders: Neerlands Reid en De Hon. Het Neerlands Reid is ontstaan na de aanleg van een stuikdijk in 1893. Sinds de ontwikkeling wordt deze kwelder intensief beweide door koeien, paarden en schapen. Het gebied is eigendom van een vennootschap die het vooral als weidegrond gebruikt. De Hon is jonger en heeft zich op natuurlijke wijze ontwikkeld tussen 1950 en ongeveer 1990. Op deze kwelder heeft nooit beweiding plaatsgevonden.

Vanwege de gaswinning op Ameland, die in 1986 begon, wordt er sinds 1988 zowel de maaiveldhoogte als vegetatie op de kwelders gemonitord. In 1993 werd op het Neerlands Reid een sedimentatiemetnet aangelegd, bestaande uit 24 SEB-meetpunten langs een transect. In 1995 volgde De Hon met een transect van 14 SEB-meetpunten. Dit meetnet bleek echter ruimtelijk suboptimaal, doordat de meetpunten zich vooral concentreerden op de kreekruigen, terwijl lager gelegen komgebieden minder goed werden vertegenwoordigd. In 2019 is het meetnet herzien. Het vernieuwde meetnet omvat nu 80 SEB-meetpunten (Figuur 8), gelijkmatig verspreid over beide kwelders, wat een betere representatie van de sedimentatie in de kwelders mogelijk maakt.

Op Ameland leidt gaswinning tot diepe bodemdaling (NAM, 2023), die kan worden gecompenseerd door sedimentatie. Met het SEB-meetnet kan goed worden gemonitord of de sedimentatie voldoende is om de bodemdaling te compenseren. Uit onderzoek uitgevoerd sinds 1986 op de kwelders bij Ameland-Oost blijkt dat sedimentatie niet overal gelijk is. Gebieden die ver verwijderd zijn van een sedimentbron, zoals kommen, vertonen een lagere opslibbing. Deze gebieden kunnen de aanwezige diepe bodemdaling als gevolg van gaswinning niet volledig compenseren (van Puijenbroek et al., 2024). Dit onderzoek geeft inzicht in impact van versnelde zeespiegelstijging. De gegevens van het SEB-meetnet zijn daarom essentiële informatie voor het voorspellen van de ontwikkeling van andere kwelders in Noord-Nederland in relatie tot zeespiegelstijging.

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Neerlands Reid: gevormd na aanleg stuifdijk De Hon: natuurlijke ontwikkeling
Leeftijd kwelder	Neerlands Reid: 1895 De Hon: 1960 - 1990
Omvang kwelder (ha)	Neerlands Reid: 305 De Hon: 92
Gemiddelde opslibbing (mm / j)	Neerlands Reid: 1.3 (nieuw meetnet) De Hon: 5.2 (nieuw meetnet)
Beheer kwelder	Neerlands Reid: begraasd met runderen, paarden en schapen. Hon: onbeweid
Aantal meetpunten SEB	Neerlands Reid: nieuw meetnet: 45, oud meetnet: 24 De Hon: nieuw meetnet: 35, oud meetnet: 14
Gemeten periode	Oud meetnet: Neerlands Reid: 1993 – 2018 (tweejaarlijks) De Hon: 1995 – 2018 (tweejaarlijks) Nieuw meetnet De Hon & Neerlands Reid: 2019 – heden (jaarlijks)
Organisatie monitoring	Wageningen Marine Research



Figuur 8. SEB meetnet kwelders Ameland en Schiermonnikoog

4.2.2.3 Schiermonnikoog

De kwelder op Schiermonnikoog is de grootste aaneengesloten Waddeneilandkwelder in Nederland. Sinds 1809 heeft deze kwelder zich uitgebreid in de oostelijke en zuidelijke richting, resulterend in een chronosequentie: het westelijke deel is het oudste (ongeveer 200 jaar oud), terwijl het oostelijke deel pas ongeveer 20 jaar oud is (Bakker et al., 2023). In 1959 werd een stuifdijk aangelegd, waardoor 2/3 van de huidige kwelder werd afgesloten voor de Noordzee en kwelderontwikkeling ten zuiden van de stuifdijk werd gefaciliteerd. Deze dijk is niet onderhouden en is op verschillende plekken doorgebroken, wat heeft geleid tot de vorming van een overwash-complex. Het westelijke deel van de kwelders wordt op lage intensiteit beweid door koeien, terwijl de rest van de kwelder onbeweid is.

De SEB-meetpunten op Schiermonnikoog zijn opgezet door Rijksuniversiteit Groningen, en worden nu samen met Wageningen Marine Research gemonitord. De meetpunten zijn goed verspreid over de chronosequentie van de kwelder (figuur 8). Een beperking is echter dat meetpunten met dezelfde kwelderleeftijd dichtbij elkaar zijn geplaatst, waardoor er weinig variatie in de afstand tot de kwelderrand is. Waardoor de opslibbingsgegevens niet volledig representatief zijn voor de gehele kwelder en er hoge ruimtelijk correlatie is. Om een representatiever beeld te hebben van de sedimentatie op de kwelder zou dit meetnet moeten worden uitgebreid.

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Natuurlijk
Leeftijd kwelder	1809 – 1993
Omvang kwelder (ha)	1519
Gemiddeld opslibbing (mm / j)	2-4 (Elschot et al. 2015)
Beheer kwelder	Deel van de kwelder begraasd, groot deel niet.
Aantal meetpunten SEB	27 (verdeeld over 6 locaties op de kwelder)
Gemeten periode	1995 – heden (jaarlijks, soms een jaar overgeslagen)
Organisatie monitoring	University Groningen & Wageningen Marine Research

4.2.2.4 Rottumerplaat, Rottumeroog en Zuiderduin

Voor de eilanden Rottumerplaat, Rottumeroog en Zuiderduin, die zeer dynamisch zijn en jaarlijks meerdere meters verschuiven, zijn gedetailleerde sedimentatiemetingen minder informatief vanwege de snelle veranderingen. In plaats daarvan is het informatiever om het totale oppervlakte te monitoren van deze eilanden, dit geeft een nauwkeuriger beeld van de dynamische ontwikkelingen van deze eilanden. Dit wordt al uitgevoerd door middel van VEGWAD-vegetatiekaarten van Rijkswaterstaat.

4.3 Eems-Dollard Estuarium

De Eems-Dollard heeft vier verschillende kwelders: Marconi kwelder, kwelder bij de Oterdummerpier, de Punt van Reide en de Dollard kwelder. De Marconi kwelder is aangelegd met een Ecoshape project in 2018. De kwelder bij de Oterdummerpier (26 ha), is vrij klein en word beschermd door dijken waarop windmolens staan. De punt van Reide met 51 ha is de enige hallig-type kwelder in Nederland. Een hallige kwelder zijn voormalige vastelandskwelders die meestal door overvloedingen zijn afgesneden van het vastelands, deze kwelders worden beschermd door stenen dammen. Ondanks dat punt van Reide nog wel verbonden is met de vasteland wordt het door de stenen dammen nog wel beschouwd als enige hallige kwelder van Nederland. De Dollard kwelder is een vastelandskwelder die wordt beschermd met rijshoutendammen.

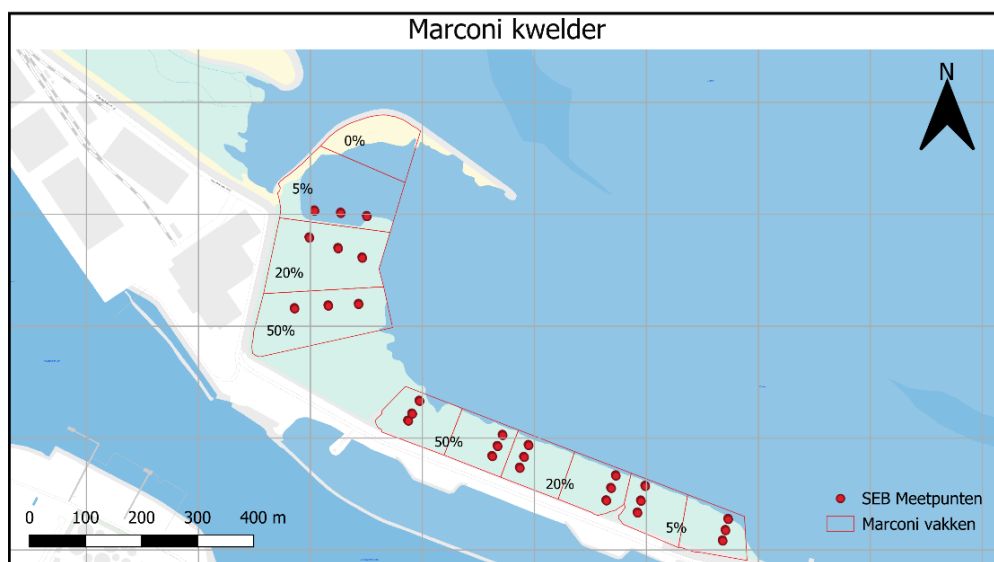
Op de Marconi kwelder en de Dollard kwelder wordt de sedimentatie gemeten. Monitoring van sedimentatie op de andere twee kwelders ontbreekt. In Duitsland komen meer hallige kwelders voor, waar uitgebreide monitoring plaatsvindt. Het kan zinvol zijn om de Duitse onderzoeken naar hallige kwelders te benutten voor de Punt van Reide.

4.3.1 Marconi

Marconi, gelegen in het havenstadje Delfzijl is de jongste kwelder in Nederland. Deze kwelder is aangelegd als een kunstmatige kwelder binnen het Ecoshape project Marconi, wat gericht was op het verkrijgen van inzichten in de aanleg en ontwikkeling van kwelders. Bij de aanleg van de Marconi kwelder zijn verschillende kweldervakken gevuld met zand, met variërende slibconcentraties van 5%, 20%, en 50%. Dit om te testen welk slibgehalte het meest geschikt is voor de ontwikkeling van een kwelder. Daarnaast is onderzocht of het wel of niet inzaaien van pioniervegetatie, zoals zeekraal, invloed heeft op de vegetatieontwikkeling van een kwelder (Baptist et al., 2021).

Sinds de aanleg in 2018 wordt de Marconi kwelder gemonitord op sedimentatie en vegetatie. In de jaren 2019, 2020 en 2021 werd deze monitoring meerdere keren per jaar uitgevoerd (tot zes keer), in de jaren daarna alleen in het najaar gemeten. Het meetnet in Marconi is relatief uitgebreid, met 9 transecten en in totaal 27 meetpunten (figuur 9).

Ontstaansgeschiedenis kwelder	Kunstmatig aangelegd
Leeftijd kwelder	2018
Omvang kwelder (ha)	10
Gemiddelde opslibbing (mm / j)	1.0
Beheer kwelder	Onbegraasd
Aantal meetpunten SEB	27 (9 transecten)
Gemeten periode	2018 – heden
Organisatie monitoring	Wageningen Marine Research



Figuur 9. SEB meetnet Marconi, de percentages geven aan per vak wat het kleigehalte in de bodem is.

4.3.2 Dollard

De Dollard kwelders zijn ontstaan door landaanwinningswerken, die met ingang van 1954 zijn stilgezet. Sindsdien is de omvang van de Dollard kwelders geleidelijk afgenomen (Esselink, 2000). De Dollard is deels in particulier bezit en deels in bezit van Groningen Landschap. Het particuliere deel van de kwelder wordt intensief beweide, waarbij de drainagegeulen regelmatig worden onderhouden. Het deel dat in bezit is van Groningen Landschap wordt extensief beweide. De rijshoutendammen worden niet meer onderhouden door Rijkswaterstaat.

In tegenstelling tot de meeste eerder genoemde gebieden, wordt de Dollard kwelder niet jaarlijks gemonitord. Maaiveldhoogtemetingen hebben plaatsgevonden in de volgende jaren: 1991/1992, 2002/2003, 2012 en 2022. Deze metingen werden uitgevoerd met behulp van een D-GPS door Puccimar (Peter Esselink), langs raaien met een totale lengte van bijna 10 kilometer, verdeeld over vier geselecteerde proefvakken (figuur 10). De resultaten van de hoogteontwikkeling zijn verwerkt in het rapport van Esselink et al. (2023). Door de beperkte frequentie van metingen is het niet mogelijk om de sedimentatie te relateren factoren als inundatiefrequentie, stormen, droogte en beweiding. Aanbevolen wordt de meetfrequentie te verhogen.

Ontstaansgeschiedenis kwelder

Leeftijd kwelder

Omvang kwelder (ha)

Gemiddeld opslibbing (mm / j)

Beheer kwelder

Aantal meetpunten

Aantal transecten

Gemeten periode

Organisatie monitoring

Landwinningswerken door rijshoutendammen

1937

687

1.0 - 4.4

Grotendeels begraasd – delen ook gedraineerd

Resolutie transect: 1 – 5 m tussen hoogtemeting

6

1991 – 2022 (1 keer per 10 jaar)

Puccimar – Peter Esselink



Figuur 10. Transecten voor hoogtemetingen in de Dollard. De transecten werden twee keer gelopen, vandaar de twee lijnen en er is ook dwars op het transect de hoogte gemeten.

5 Conclusies

Een optimaal sedimentatie meetnet in Nederland verstrekt informatie die essentieel is 1) voor de verschillende beleidskaders (N2000, KRW, Unesco werelderfgoed), 2) ter beantwoording van grote vraagstukken als bijv. de invloed van zeespiegelstijging op kwelders en 3) voor informatie over de effecten van beheer op de ontwikkeling van de kwelder.

Er zijn verschillende methodes om sedimentatie te meten. Met een D-GPS kan de maaiveldhoogte van transecten worden ingemeten, en met een drone kan een hoogtekaart worden gegenereerd en in een groot gebied veel data worden verzameld. Echter zijn deze methodes niet nauwkeurig genoeg om de jaarlijkse sedimentatiepatronen in kaart te brengen. Door de hoge nauwkeurigheid van de SEB-methode (1.5 mm), is deze methode het meest geschikt om gedetailleerd metingen te verkrijgen.

De ruimtelijke verdeling van een SEB meetnet per kwelder moet zo gekozen zijn dat het voldoende statistische power heeft om veranderingen te kunnen aantonen en het een representatieve set geeft van de gehele kwelder. Hierbij moet gedacht worden aan variatie in de afstand tot kreken, hoogte, kweldertype (lage of hoge kwelder) en verschillen in type beheer. De ruimtelijke verspreiding moet zo zijn uitgewerkt dat het bestand is tegen een zekere mate van successie en regressie van vegetatie en af- of toename in kwelderareaal op korte- of lange termijn.

Om effecten van beheer op sedimentatie goed te kunnen monitoren is het essentieel dat de verschillende beheeractiviteiten op de kwelder goed worden gemonitord. Vooral de begrazingsintensiteit heeft een aanzienlijk effect op de kwelderontwikkeling, maar wordt vaak niet goed gedocumenteerd door de beheerder.

Naast de monitoring van sedimentatie zijn er ook andere factoren die een indicator kunnen zijn voor de toekomstbestendigheid van kwelders. Zo kan de erosiebestendigheid van een kwelder worden bepaald door het meten van de bodemdichtheid (Stoorvogel et al., 2024). Het bepalen van de bodemdichtheid en de slibfractie van alle SEB-meetpunten kan een waardevolle dataset opleveren, waar deze bodemdichtheid kan worden gerelateerd aan kombergingsgebied, beheer en vegetatietype

Voor de gebieden zijn er nog specifieke aanbevelingspunten.

Westelijke Waddenzee

In de Westelijke Waddenzee wordt er sinds kort wel goed gemeten op de eilandkwelders, maar niet op de vastelandskwelders in Noord Holland. Voor dat gebied zou monitoring van de sedimentatie bijdrage aan het inschatten van de toekomstbestendigheid van deze kwelders. Het aandeel van kwelders in de Westelijke Waddenzee is vrij laag, dus het behoud van deze kwelders is daarom ook belangrijk.

Oostelijke Waddenzee

In de Oostelijke Waddenzee worden de Friese en Groningse vastelandskwelders uitgebreid gemonitord. Met de uitbreiding van het SEB-meetnet in Negenboerenpolder is er een redelijk goed beeld van de sedimentatie. De RWS meetvakken geven een algemeen beeld van de sedimentatiesnelheid en met het SEB-meetnet kan er meer in detail worden bepaald wat de sedimentatie beïnvloed.

Voor de Waddeneilanden in de Oostelijke Waddenzee, heeft alleen Ameland een goed dekkend meetnet van de sedimentatie. Ameland geeft alleen geen goed beeld van de natuurlijke sedimentatie op de Waddeneilanden, omdat er bodemdaling plaatsvindt. Het is daarom ook aan te raden om het meetnet van Schiermonnikoog of Terschelling uit te breiden. Zeker omdat deze eilanden een lage opslibbing hebben en daardoor het kwetsbaarst voor zeespiegelstijging. Er zijn plannen om op Terschelling een washover complex te creëren, er wordt aangenomen dat dit ook de opslibbing bevordert op Terschelling. Om dit te onderzoeken is een nul meting van de opslibbing op de kwelder essentieel.

Eems-Dollard

Het Eems-Dollard estuarium heeft last van een verhoogde troebelheid, waardoor het ecologisch functioneren van het estuarium de laatste decennia onder druk is komen te staan. Een oplossing voor deze troebelheid is de capaciteit voor slib invang langs de randen van het estuarium te verhogen. Dit kan worden gerealiseerd door extra kweldervorming te stimuleren. Om de effectiviteit van zulke projecten te voorspellen is het belangrijk om de natuurlijke sedimentatie op kwelders in het Dollard systeem te bepalen. In de Dollard is de sedimentatie ongeveer elke 10 jaar gemeten met een D-GPS. Met deze metingen heb je een algemeen beeld van de sedimentatie van de kwelders, maar door de beperkte frequentie van metingen is het niet mogelijk om de sedimentatie te relateren aan factoren als inundatiefrequentie, stormen, droogte, vegetatie en beheer. Voor dit gebied wordt aanbevolen om met de SEB methode sedimentatie te monitoren.

6 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Bakker, R., Bijkerk, W., & Esselink, P. (2014). Monitoring effecten van de verkweldering in de Bildtpollen 2009-2013. Eindrapport. A&W rapport.
- Bakker, J. P., Berg, M. P., Grootjans, A. P., Olff, H., Schrama, M., Reijers, V. C., & Van der Heide, T. (2023). Biogeomorphological aspects of a model barrier island and its surroundings - Interactions between abiotic conditions and biota shaping the tidal and terrestrial landscape: A synthesis. *Ocean & Coastal Management*, 239, 106624. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106624>
- Baptist, M. J., Dankers, P., Cleveringa, J., Sittoni, L., Willemsen, P., Van Puijenbroek, M. E. B., De Vries, B. M. L., Leuven, J., Coumou, L., & Kramer, H. (2021). Salt marsh construction as a nature-based solution in an estuarine social-ecological system. *Nature-Based Solutions*, 1, 100005.
- Baptist, M. J., de Groot, A. V., & van Duin, W. E. (2016). Contrasting biogeomorphic processes affecting salt-marsh development of the Mokbaai, Texel, The Netherlands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(9), 1241–1249. <https://doi.org/10.1002/esp.3949>
- Baptist, M. J., Gerkema, T., van Prooijen, B. C., van Maren, D. S., van Regteren, M., Schulz, K., Colosimo, I., Vroom, J., van Kessel, T., Grasmeijer, B., Willemsen, P., Elschot, K., de Groot, A. V., Cleveringa, J., van Eekelen, E. M. M., Schuurman, F., de Lange, H. J., & van Puijenbroek, M. E. B. (2019). Beneficial use of dredged sediment to enhance salt marsh development by applying a 'Mud Motor.' *Ecological Engineering*, 127, 312–323. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.11.019>
- Burden, A., Garbutt, R. A., Evans, C. D., Jones, D. L., & Cooper, D. M. (2013). Carbon sequestration and biogeochemical cycling in a saltmarsh subject to coastal managed realignment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 120, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.01.014>
- Colina Alonso, A., van Maren, D. S., Oost, A. P., Esselink, P., Lepper, R., Kösters, F., Bartholdy, J., Bijleveld, A. I., & Wang, Z. B. (2024). A mud budget of the Wadden Sea and its implications for sediment management. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01315-9>
- Elschot, K., Bakker, J. P., Temmerman, S., Van De Koppel, J., & Bouma, T. J. (2015). Ecosystem engineering by large grazers enhances carbon stocks in a tidal salt marsh. *Marine Ecology Progress Series*, 537, 9–21. <https://doi.org/10.3354/meps11447>
- Elschot, K., Baptist, M. J., & van Puijenbroek, M. E. B. (2023). Biocompacting livestock accelerate drowning of tidal salt marshes with sea level rise. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1129811>
- Elschot, K., Esselink, P., Jensen, K., Janinhoff-Verdaat, N., Paarup Thomsen, M., Padlat, M., Van der Wal, J. T., van Duin, W. E., Van Puijenbroek, M. E. B., Rupprecht, F., & Stock, M. (2024). Salt marshes. In *Wadden Sea Quality Status Report*. Eds.: Kloepper S. et al. Common Wadden Sea Secretariat.
- Elschot, K., van Puijenbroek, M. E. B., Lagendijk, D. D. G., Van der Wal, J. T., & Sonneveld, C. (2020). Lange-termijnontwikkeling van kwelders in de Waddenzee (1960-2018). (p. 100).
- Esselink, P. (2000). Nature management of coastal salt marshes—Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Univeristy of Groningen.
- Esselink, P. (2006). Hoogteontwikkeling van de Kroon's Polders (Vlieland)—Monitoring over de periode 2002—2006 door middel van sedimentatie-erosie-balk metingen (No. Rapport 2006-137). Bureau Koeman en Bijkerk.
- Esselink, P. (2023). De hoogte van de Dollardkwelders in 2022: Datarapport (No. 27; p. 39). PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies.

-
- Esselink, P., Van der Wal, J. T., & Van Puijenbroek, M. E. B. (2022). Onderzoek en ontwerpplan voor herstel strekdammen bij De Schorren, Texel (No. PUCCIMAR rapport 23). PUCCIMAR Ecologisch Onderzoek & Advies.
- Fitzgerald, D. M., & Hughes, Z. (2019). Marsh processes and their response to climate change and sea-level rise. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 47, 481–517.
<https://doi.org/10.1146/annurev-earth-082517-010255>
- Folmer, E. O., Bijleveld, A. I., Holthuisen, S., van der Meer, J., Piersma, T., & van der Veer, H. W. (2023). Space-time analyses of sediment composition reveals synchronized dynamics at all intertidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 285, 108308.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108308>
- Groot, A. V. de, Oost, A. P., Veeneklaas, R. M., Lammerts, E. J., Duin, W. E. van, & Wesenbeeck, B. K. van. (2016). Tales of island tails: Biogeomorphic development and management of barrier islands. *Journal of Coastal Conservation*, 21, 409–419. <https://doi.org/10.1007/s11852-016-0446-8>
- Hoefsloot, G., Haringa, J., & van Leeuwen, D. (2024). Monitoring vegetatie en opslibbing Terp fan de Takomst. Verslag meetjaar 2023. (No. Rapport 24-125). Waardenburg Ecology.
- Hoefsloot, G., van der Jagt, H. A., & van Duin, W. E. (2020). Blue Carbon in Nederlandse kwelders Kansen voor extra CO₂ vastlegging in kwelders (p. 75).
- Koppenaar, E. C., Esselink, P., van Duin, W. E., & Bakker, J. P. (2022). Temporal and Spatial Accretion Patterns and the Impact of Livestock Grazing in a Restored Coastal Salt Marsh. *Estuaries and Coasts*, 45(2), 510–522. <https://doi.org/10.1007/s12237-021-00963-w>
- Marin-Diaz, B., Govers, L. L., van der Wal, D., Olff, H., & Bouma, T. J. (2021). How grazing management can maximize erosion resistance of salt marshes. *Journal of Applied Ecology*, 58(7), 1533–1544.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.13888>
- NAM. (2023). Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen—Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2022 (pp. 1–69).
- Nolte, S., Koppenaar, E. C., Esselink, P., Dijkema, K. S., Schuerch, M., De Groot, A. V., Bakker, J. P., & Temmerman, S. (2013). Measuring sedimentation in tidal marshes: A review on methods and their applicability in biogeomorphological studies. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3), 301–325.
<https://doi.org/10.1007/s11852-013-0238-3>
- Olff, H., De Leeuw, J., Bakker, J. P., Platerink, R. J., & van Wijnen, H. J. (1997). Vegetation Succession and Herbivory in a Salt Marsh: Changes Induced by Sea Level Rise and Silt Deposition Along an Elevational Gradient. *Journal of Ecology*, 85(6), 799–814.
- Smit, C. (2024). Sedimentatie- en erosiemetingen op de kwelder van de Karhoek (Mokbaai, Texel) in 2024.
- van de Pol, M., Bailey, L. D., Frauendorf, M., Allen, A. M., van der Sluijs, M., Hijner, N., Brouwer, L., de Kroon, H., Jongejans, E., & Ens, B. J. (2024). Sea-level rise causes shorebird population collapse before habitats drown. *Nature Climate Change*, 14(8), 839–844. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02051-w>
- van Dobben, H. F., de Groot, A. V., & Bakker, J. P. (2022). Salt Marsh Accretion With and Without Deep Soil Subsidence as a Proxy for Sea-Level Rise. *Estuaries and Coasts*, 45, 1562–1582.
<https://doi.org/10.1007/s12237-021-01034-w>
- van Duin, W. E. (2024). Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en de referentiegebieden: Jaarrapport 2023. (Nos. 2024–01; p. 90). Artemisia-kwelderonderzoek.
- van Duin, W. E., & Dijkema, K. S. (2003). Proef met de onderhoudsarme ontwatering in de kwelderwerken: “De Kreekenproef”; Evaluatie 1997–2002 (No. Alterra-rapport 634; p. 138). Alterra.
- van Puijenbroek, M. E. B., Sonneveld, C., & Elschot, K. (2024). Ontwikkeling kwelders Oost-Ameland tijdens 35 jaar gaswinning (No. C015/24; p. 88). Wageningen University & Research.

-
- van Puijenbroek, M. E., van den Dool, R. T., Koppenaar, E. C., Smit, C., Berendse, F., Limpens, J., & Bakker, J. P. (2021). Green beach vegetation dynamics explained by embryo dune development. *Basic and Applied Ecology*, 56, 45–57.
- van Roomen, M., Agblonon, G., Citegetse, G., Crowe, O., Langendoen, T., Nagy, S., Schekkerman, H., & van Winden, E. (2022). East Atlantic Flyway. In S. Kloepper (Ed.), *Wadden Sea Quality Status Report*. Common Wadden Sea Secretariat. qsr.waddensea-worldheritage.org/reports/east-atlantic-flyway
- Whitfield, A. K. (2017). The role of seagrass meadows, mangrove forests, salt marshes and reed beds as nursery areas and food sources for fishes in estuaries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27(1), 75–110. <https://doi.org/10.1007/s11160-016-9454-x>

Verantwoording

Rapport: C039/25

Projectnummer: 4318100281

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research.

Akkoord: Dr. F.O.H. Smulders
Onderzoeker

Handtekening: 
Signed by:
5C717B3C2B23472...

Datum: 10 juni 2025

Akkoord: Dr. A.M. Mouissie
Business Manager Projecten

Handtekening: 
Signed by:
291E7A4CA7DB419...

Datum: 10 juni 2025

Wageningen Marine Research
T +31 (0)317 48 70 00
E marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekersadres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
