



---

# Nieuw monitoringsmeetnet kwelders Ameland-Oost

Jaarrapportage veldwerk 2019

Auteur(s): Marinka E.B. van Puijenbroek & Cor Sonneveld

Wageningen University &  
Research rapport C022/20

---

# Nieuw monitoringsmeetnet kwelders Ameland-Oost

Jaarrapportage veldwerk 2019

Auteur(s): Marinka E.B. van Puijenbroek & Cor Sonneveld



Wageningen Marine Research  
Den Helder, maart 2020

---

VERTROUWELIJK    nee

Wageningen Marine Research rapport C022/20

Keywords: kwelder, monitoring, bodemdaling, sedimentatie, vegetatie, Natura2000, Waddenzee.

---

Keywords: kwelder, monitoring, bodemdaling, sedimentatie, vegetatie, Natura2000, Waddenzee.

Opdrachtgever: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.  
T.a.v.: Dr. J. Jansen (contactpersoon)  
Postbus 28000  
9400 HH Assen

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/517954>  
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Foto omslag: Marinka van Puijenbroek

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut  
binnen de rechtspersoon Stichting  
Wageningen Research, hierbij  
vertegenwoordigd door Dr. M.C.Th.  
Scholten, Algemeen directeur

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.

A\_4\_3\_1 V30 (2020)

---

# Inhoud

## Inhoud3

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Achtergrond	5
1.2 Kennisvragen	6
1.3 Doel rapportage	7
<b>2 Methoden</b>	<b>8</b>
2.1 Oud monitoringsnetwerk	8
2.2 Meetpunten 'nieuw' monitoringsnetwerk	8
2.3 Opslibbing	10
2.3.1 Sedimentatie-Erosie-Balk(SEB)-meting	10
2.3.2 Maaiveldhoogtes	10
2.3.3 Kleidikte	10
2.3.4 Tegelmeting	10
2.4 Vegetatie	11
2.4.1 PQ's (Puntmetingen)	11
2.4.2 Vegetatiekaarten (Vlakdekkend)	12
2.5 Overig	12
<b>3 Resultaten</b>	<b>13</b>
3.1 Deelgebieden	13
3.2 Opslibbing	15
3.3 Kleidikte meting Hon	16
3.4 Vegetatie Permanente kwadranten	17
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>19</b>
4.1 Conclusies	19
4.2 Aanbevelingen en aandachtspunten	20
<b>5 Kwaliteitsborging</b>	<b>21</b>
<b>Literatuur</b>	<b>22</b>
<b>Bijlage 1 Locaties vaste PQ's NLR</b>	<b>24</b>
<b>Bijlage 2 Locaties vaste PQ's HON</b>	<b>25</b>

---

# Samenvatting

Dit rapport is een update van de vorige jaarrapportage (Duin et al. 2018), waaruit de meer algemene teksten deels zijn overgenomen.

Op het Waddeneiland Ameland vindt sinds 1988 bodemdaling plaats als gevolg van gaswinning. Vanaf 1993 vindt er langlopende monitoring plaats naar de mogelijke effecten van de bodemdaling op Ameland-Oost. Een van de conclusies van de laatste integrale rapportage was dat de permanent kwadraten niet geheel representatief waren voor de hele kwelder, en daarom is er in 2019 een nieuw monitoringsplan opgesteld. Onderdeel zijn 80 permanente kwadraten (PQ's) verspreidt over Neerlands Reid en de Hon waarin in 2019 de eerste vegetatieopnames zijn gemaakt en opslibbingsmetingen met de Sedimentatie-Erosiebalk uitgevoerd. Het 'oude' monitoringsnetwerk is voor de laatste keer volledig opgenomen in 2018, maar een aantal PQ's zijn wel meegenomen in het nieuwe monitoringsnetwerk in 2019.

Dit is het eerste jaar dat de nieuwe PQ's gemeten zijn en opslibbingsresultaten kunnen pas berekend worden na de volgende meting in 2020. In de voorliggende rapportage wordt het nieuwe monitoringsplan geïntroduceerd. Daarnaast worden de laatste gegevens van de opslibbing van het 'oude' monitoringsnetwerk voor het jaar 2018 gepresenteerd en de opslibbingsresultaten van 2019 van de 'oude' PQ's die in het nieuwe monitoringsnetwerk zijn opgenomen.

Gebaseerd op de metingen uitgevoerd in 2019 van het oude en nieuwe meetnet kunnen we de volgende conclusies trekken:

- De opslibbing in 2018 – 2019 was binnen de range van normale waarden voor een eilandkwelder en de sedimentatie volgde het normale patroon met de hoogste waarden aan de wadrand van de kwelder en op de oeverwallen.
- In het nieuwe monitoringsnetwerk is op plekken waar regressie (22 PQ's) heeft plaatsgevonden, vooral middenkwelder veranderd in lage kwelder (14 PQ's). Er vond meer regressie van vegetatie plaats op het Neerlands Reid (18 PQ's) dan op de Hon (4 PQ's).
- In kwelderdelen waar tussen 1993 en 2014 regressie van de vegetatie naar lage kwelder heeft plaatsgevonden is de bedekking van kale grond hoger dan in kwelderdelen waar lage kwelder al langer stabiel voorkomt. Een toename aan kale grond slijt minder snel op of erodeert en dat kan tot verdere regressie van de vegetatie leiden.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Eind 1986 is de gaswinning op Ameland-Oost gestart. In opdracht van de NAM is toen door een samenwerkingsverband van diverse kennis instituten een voorspelling gemaakt van de mogelijke effecten van de bodemdaling op Ameland-Oost en de omliggende wadplaten (Dankers et al. 1987). Op basis daarvan is eind 1988 begonnen met monitoring van een uitgebreide reeks abiotische en biotische parameters om zowel de bodemdaling als eventuele effecten daarvan op morfologie en flora en fauna te volgen in de tijd.

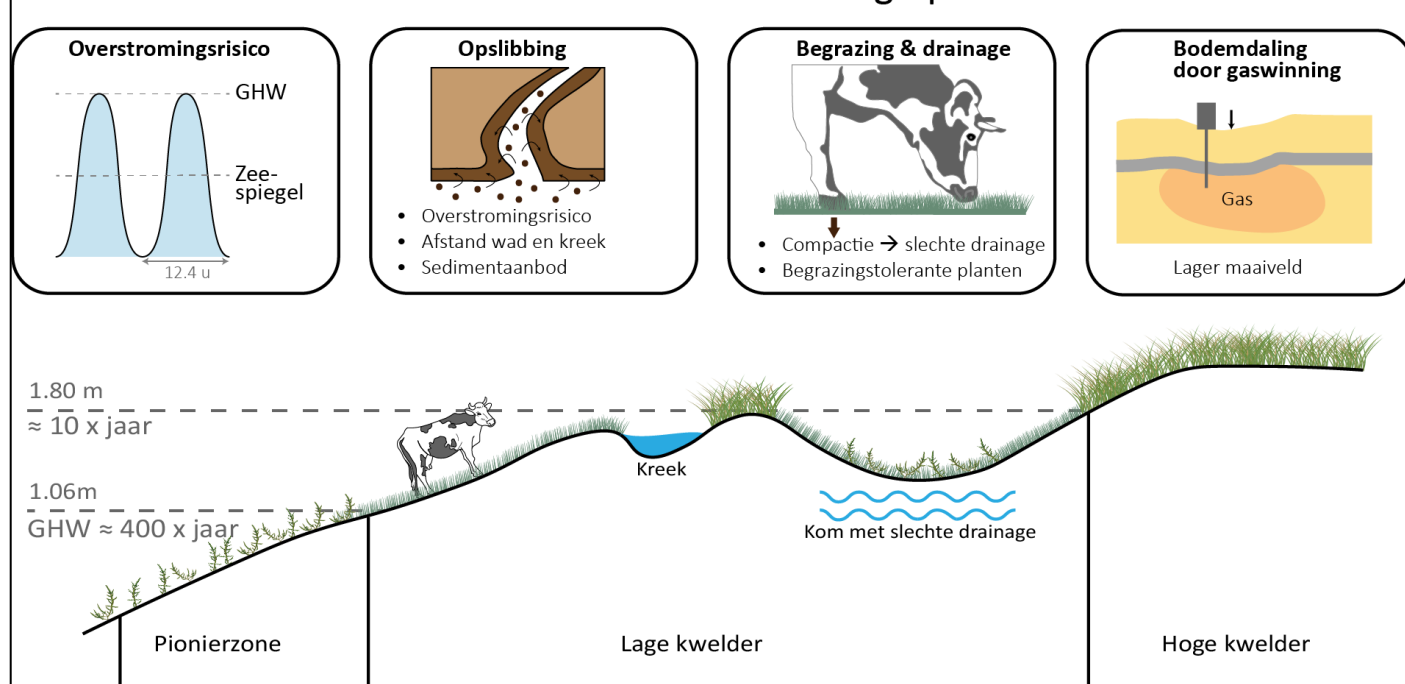
Kwelders zijn zeer dynamisch systemen waarbij de samenstelling van de kweldervegetatie en de opslibbingssnelheid afhankelijk zijn van de inundatiefrequentie (het aantal keer dat het gebied onder water staat). Op haar beurt wordt de inundatiefrequentie bepaald door de hoogte van het maaiveld (figuur 1.1). Door bodemdaling neemt de hoogte van het maaiveld af wat consequenties kan hebben voor zowel de vegetatiesamenstelling als de opslibbingssnelheid. De terugkoppeling tussen hoogteligging en opslibbingssnelheid kan er echter voor zorgen dat, wanneer sedimentbeschikbaarheid en transportcapaciteit voldoende zijn, de opslibbing de bodemdaling compenseert.

Op Oost-Ameland bestaat de kwelder uit twee delen: het oudere, beweide Neerlands Reid (ook wel 'De Vennoot' genoemd) ten westen van het duincomplex Oerd, en de jongere, onbeweide Hon ten oosten daarvan. Omdat de bodemdaling de vorm van een schotel heeft (Piening et al. 2017), varieert de mate van bodemdaling over het gebied. Begin 2017, het moment van de laatste waterpassing, was op Neerlands Reid de bodemdaling sinds 1986, de start van de gaswinning, 5 - 25 cm (gemiddeld 7 mm/jaar) en op De Hon 23 - 35 cm (gemiddeld 10 mm/jaar) (Piening 2017). Dichter bij de gaswinlocatie is de bodemdaling hoger.

In 1986 is een eerste voorspelling van de mogelijke veranderingen in de opslibbing en vegetatie op Ameland gemaakt. Deze effectenvoorspelling ging uit van de typische zonering van de kwelder, en nam aan dat een hoogteverandering rechtstreeks leidt tot een verandering van de kweldervegetatie. De prognose was toen (Dankers et al. 1987):

- Op Neerlands Reid zou door achterblijvende opslibbing t.o.v. de bodemdaling de vegetatiesamenstelling over een aanzienlijk oppervlakte verschuiven naar soorten die bij een hogere overstromingsfrequentie horen. Dit zou in sommige gevallen zelfs tot een algehele verschuiving naar een lagergelegen vegetatiezone kunnen leiden ('zonehypothese'). Het totale kwelderoppervlak zou gelijk blijven.
- Op De Hon zouden de vegetatiezones langzaam richting duinen gaan opschuiven. Een deel van de lage kwelder zou overgaan in wad. Daarnaast zouden op de Hon ook grote natuurlijke veranderingen plaats gaan vinden horend bij de ontwikkeling van een eilandstaart (de Groot et al. 2017).

## Factoren van kwelderontwikkeling op Ameland



**Figuur 1.1** Een infographic over verschillende factoren die een effect kunnen hebben op de kwelderontwikkeling. De kweldervegetatiesamenstelling wordt voornamelijk bepaald door de overstromingsfrequentie. Opslibbing zorgt voor een hoger maaiveld en daardoor zal de overstromingsfrequentie omlaaggaan. Begrazing en veranderingen in drainage kunnen leiden tot de begroeiing van plantensoorten die meer resistent zijn tegen begrazing of aangepast zijn aan een betere of slechtere drainage. Door bodemdaling daalt het maaiveld wat een effect kan hebben op de overstromingsfrequentie, opslibbing, drainage en de kweldervegetatie.

Op basis van deze verwachtingen is ten behoeve van de monitoring een meetnet ingericht in 1986, dat in de loop van de jaren op basis van voortschrijdend inzicht is aangepast. Over de resultaten is jaarlijks aan de Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (bodemdalingscommissie) gerapporteerd, en elke vijf tot zes jaar is een uitgebreide integrale rapportage opgesteld. De meest recente evaluatie is van Elschot et al. (2017). Deze evaluatie heeft geleid tot een bijstelling van de zonehypothese omdat niet uitsluitend een negatieve opslibbingsbalans bepalend is voor het veroorzaken van regressie van de vegetatie (nog los van eventueel geldende grenswaarden voor maaiveld daling die overschreden moeten zijn om tot een verandering in de vegetatie te leiden). Het is de combinatie van netto-daling van het maaiveld, lage initiële maaiveldhoogte én slechtere drainage die lijkt te resulteren in regressie van de vegetatie, wat zich vooral op de middenkwelder lijkt voor te doen.

## 1.2 Kennisvragen

Na de laatste integrale rapportage (Elschot et al. 2017) heeft de bodemdalingscommissie nieuwe onderzoeksvragen opgesteld die in de nieuwe integrale rapportage (2023) zullen worden behandeld:

- Wat is het effect van bodemdaling op de inundatiefrequentie, en welk effect heeft inundatiefrequentie op de kweldervegetatie?
- Wat is het effect van bodemdaling op de erosie van de onbeschermden kwelderrand op de Hon? (Deze onderzoeksvraag wordt uitgevoerd door Wageningen Environmental Research).
- Wat is het effect van bodemdaling op de drainage, en wat is het effect van drainage op de kweldervegetatie?
- Neemt het komvolume toe door de bodemdaling, en heeft die eventuele toename in komvolume een effect op de vegetatie?

Daarnaast gelden er aanvullende doelstellingen vanuit de effectenanalyse/passende beoordeling wijziging gaswinning Ameland. Veranderingen in areaal en kwaliteit van de drie habitattypen H1310A

---

(Zilte pionierbegroeiing (Zeekraal)), H1320A (Slijkgrasvelden) en H1330A (Schorren en zilte graslanden (buitendijks)) zullen worden beschreven in den nieuwe integrale rapportage. Door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is het volgende voorgeschreven: *"In de praktijk houdt dit in dat de vegetatietypen gebruikt in de lopende monitoring, gekoppeld moeten worden aan de habitattypen die worden beïnvloed door bodemdaling. Zodoende kunnen veranderingen in de ligging en oppervlakte van de habitattypen én de plantengemeenschappen die karakteristiek zijn voor de habitattypen worden gevolgd en onderzocht op een relatie met bodemdaling."* *"Bij de voornoemde habitattypen (...) gaat het om een kwantitatieve beoordeling van het (sub)type (i.c. de oppervlakte) en een kwalitatieve beoordeling op het niveau van relevante plantengemeenschappen zoals deze in het profieldocument zijn beschreven voor de betreffende habitattypen"* (Braaksma 2014).

Bij de laatste evaluatie (Elschot et al. 2017) is vastgesteld dat het tot en met 2018 gebruikte meetnet bestaande uit twee meettraaien [één meetraai met 24 permanente kwadraten (PQ's) op de begraasde kwelder Neerlands Reid en één meetraai met 14 PQ's op de onbegraasde kwelder De Hon] niet representatief is voor alle kwelders op Ameland-Oost. Er is onvoldoende data om de toekomstige vegetatieontwikkeling van de kwelders te kunnen voorspellen. Uit de vlakdekkende analyses van de zesjaarlijkse vegetatiekarteringen is gebleken dat op verschillende delen van de kwelder regressie van de vegetatie plaatsvindt. In het oude meetnet lagen daar maar enkele PQ's, waardoor de veranderingen in vegetatie niet eenduidig uit de gegevens naar voren kwam (Elschot et al. 2017). In overleg met de bodemdalingscommissie is een nieuw monitoringsplan geschreven in 2019. Het doel is om de representativiteit van het meetnet voor alle kwelders op Ameland-Oost te verbeteren door een hogere spreiding over de gehele kwelder en om rekening te houden met de effectbepaling van bodemdaling op de N2000-instandhoudingsdoelstellingen van de drie kwelderhabitattypen: H1310A, H1320A en H1330A.

## 1.3 Doel rapportage

Het doel van deze rapportage is eventuele effecten van bodemdaling door gaswinning waar te nemen zodat passende maatregelen genomen kunnen worden, mocht dit nodig zijn. In 2017 is de meest recente integrale rapportage uitgebracht (Elschot et al. 2017) waarin is geconcludeerd dat het huidige meetnet niet geheel representatief is voor de kwelder op Ameland-Oost. Daarom is in 2019 door de bodemdalingscommissie ervoor gekozen om een nieuw monitoringsplan op te stellen. In de voorliggende jaarrapportage zal dit nieuwe monitoringsplan worden geïntroduceerd en de resultaten van de eerste veldmeting in 2019 gepresenteerd. Ook worden de laatste metingen over de opslibbing van het 'oude' meetnet in 2018 gepresenteerd.

Een uitgebreide analyse van de data en het vaststellen van eventuele trends zal plaatsvinden in het volgende evaluatierapport in 2023.

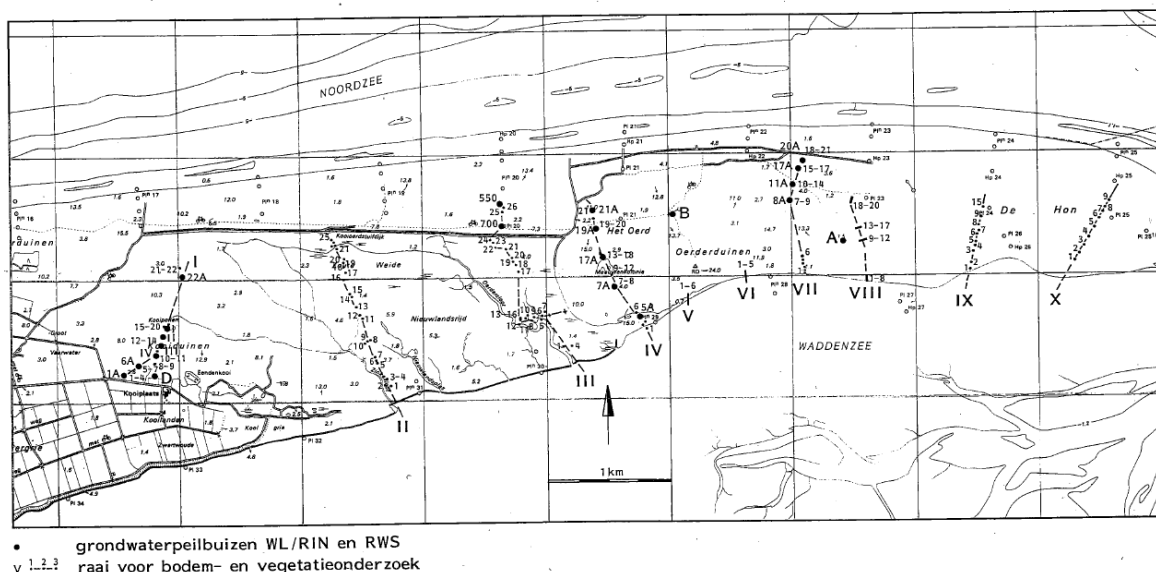


## 2 Methoden

### 2.1 Oud monitoringsnetwerk

In 1986 is er een monitoringsnetwerk opgezet met 10 meetraaien die de kwelder en duinen van Ameland-Oost bevatten (figuur 2.1). In 1986 is van de PQ's in deze meetraaien de vegetatie en kleidikte gemeten. De vegetatie en opslibbing is nog gemeten in de PQ's van de meetraaien 3,4,5, 7 en 9 in 1989, 1991, 1993, 1995 en 1997. Vanaf het jaar 2000 wordt de opslibbing en vegetatie alleen nog gemeten in meetraai 3 (Neerlands Reid) en meetraai 9 (de Hon).

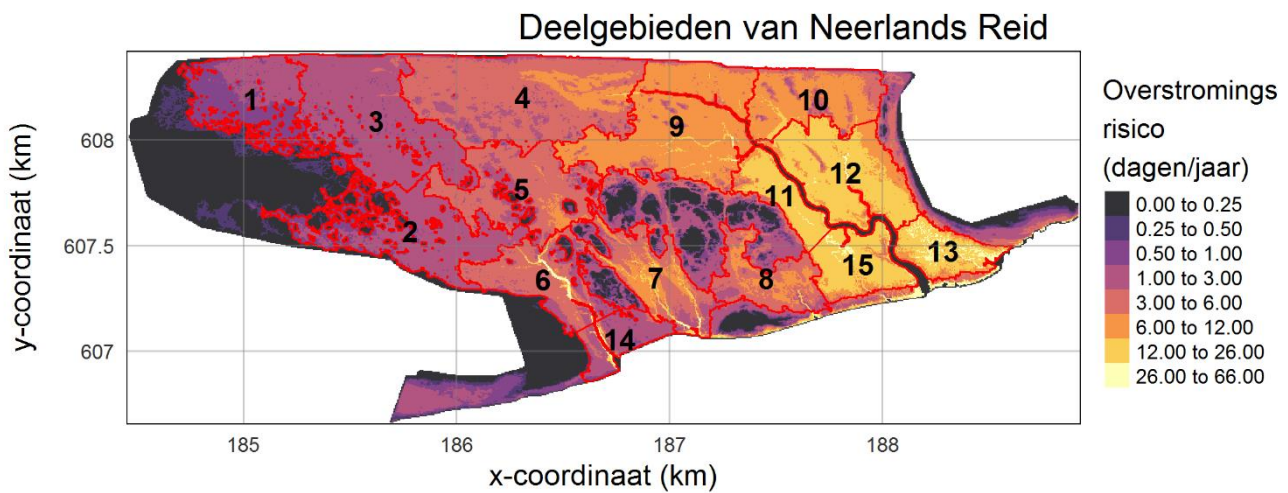
Het Neerlands Reid word beweide met schapen, koeien en paarden en de begrazingsdruk varieert binnen het Neerlands Reid (Elschot et al. 2017). Meetraai 3 bevindt zich in het gebied dat voornamelijk door koeien wordt begraasd en heeft een iets lagere begrazingsdruk. Op de Hon vindt geen beweiding plaats.



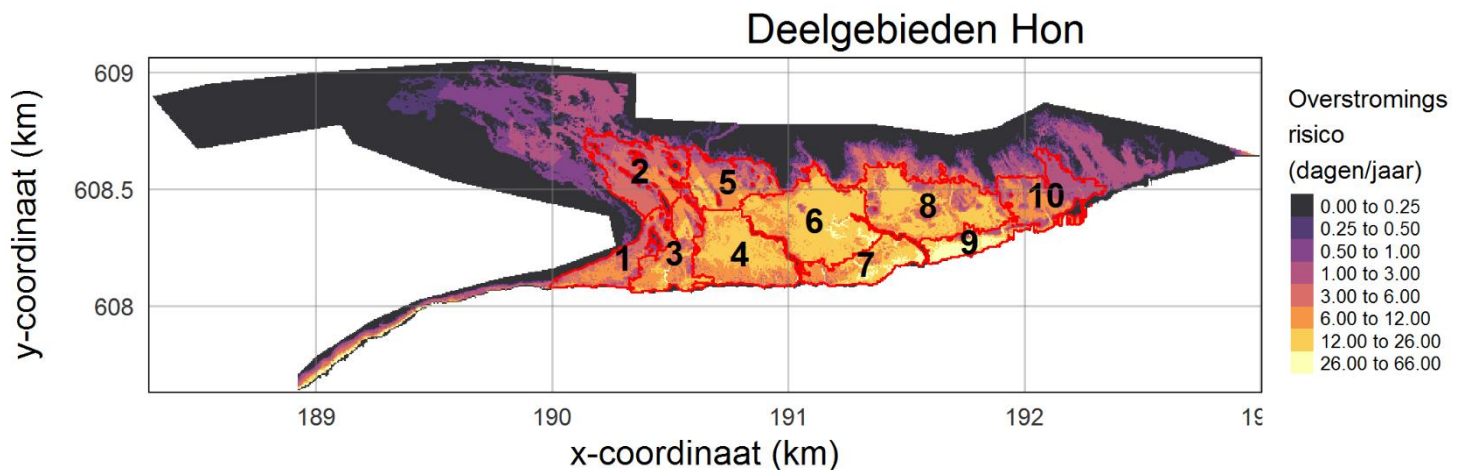
**Figuur 2.1.** Oorspronkelijke meetraaien voor maaiveldhoogte en vegetatie in kwelder en duinen van Ameland uit 1986 (Dankers et al. 1987). Uiteindelijk werd vanaf 1998 tot 2018 worden in het kader van de kweldermonitoring alleen nog metingen verricht in raai III (3) en IX (9).

### 2.2 Meetpunten 'nieuw' monitoringsnetwerk

Het nieuwe monitoringsmeetnet heeft meer PQ's en deze liggen verspreid over de gehele kwelder. Daardoor heeft het een goede dekking over het hele gebied. Om een goede spreiding van de overstromingsfrequentie voor de PQ's te hebben, zijn de kwelders opgesplitst in deelgebieden op basis van overstromingsfrequentie (figuur 2.2 & 2.3). Binnen de deelgebieden zullen dan een aantal PQ's worden geselecteerd. Voor Neerlands Reid en de Hon zijn er respectievelijk 15 en 10 deelgebieden. De gegevens over de overstromingsfrequentie komen uit het sedimentatie model van Bert Brinkman (2017), waar naast de maaiveldhoogte als belangrijkste factor ook de stroomsnelheid van het water en de invloed van de krekken zijn meegenomen. Gebieden die minder dan eens elke twee jaar worden overstroomd zijn zeer waarschijnlijk geen kwelders en daarom niet meegenomen, dat is de reden waarom sommige deelgebieden gaten hebben. Daarnaast is het duingebied in het midden van Neerlands Reid niet meegenomen.



**Figuur 2.2** Locatie van de deelgebieden op Neerlands Reid, met de overstromingsrisico (dagen/jaar). De nummers geven het deelgebied nummer aan.



**Figuur 2.3** Locatie van de deelgebieden op de Hon, met de overstromingsrisico (dagen/jaar). De nummers geven het deelgebied nummer aan.

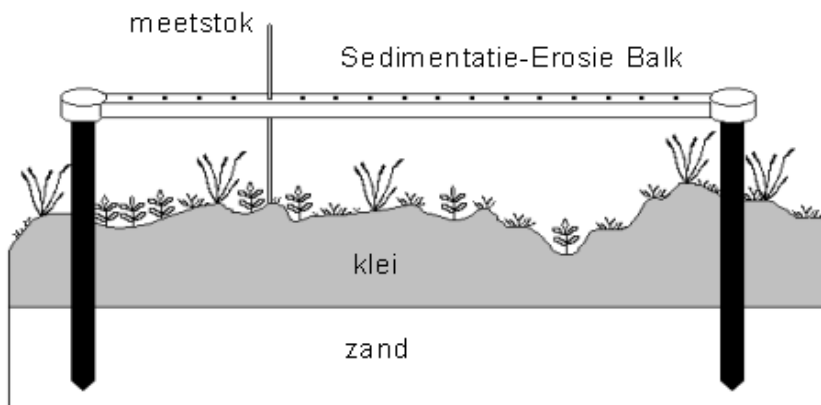
In totaal zijn er 80 PQ's zijn voor de hele kwelder op Ameland. In deze PQ's zullen elk jaar de opslibbing en eens in de twee jaar de vegetatiesamenstelling worden gemeten. Daarnaast worden er ook eens per 2 jaar 60 variabele kwadraten VQ's verdeeld over de deelgebieden, waar eenmalig de kleidikte, maaiveldhoogte en vegetatiesamenstelling zullen worden gemeten. Een VQ wordt in principe dus slechts éénmaal opgenomen. De locatie van de PQ's en VQ's zijn evenwichtig verspreid over alle deelgebieden met elk deelgebied heeft 8 tot 9 PQ's en VQ's in totaal. In elk deelgebied zijn gemiddeld 3 vaste permanente kwadraten (PQ's) geplaatst (bijlage 1 & 2). Er is gekozen om in de deelgebieden PQ's zo te plaatsen dat kwelderdelen waar regressie en successie van de vegetatie mee worden genomen. Er is geprobeerd om zoveel mogelijk PQ's uit het 'oude' meetnet uit 1986 op te nemen in het nieuwe monitoringsmeetnet.

In 2019 zijn 62 x 2 SEB-palen geplaatst bij de nieuwe PQ's en daarna zijn van de 80 PQ's de opslibbing, vegetatie samenstelling, kleidikte en maaiveldhoogte gemeten. 18 'oude' PQ's van meetraai 3 en 9 zijn in het nieuwe monitoringsmeetnet opgenomen, en daarnaast nog 17 PQ's van de 'oude' meettraaien 2, 7 en 8. Er zijn 45 nieuwe PQ's gekozen.

## 2.3 Opslibbing

### 2.3.1 Sedimentatie-Erosie-Balk(SEB)-meting

De opslibbing wordt jaarlijks gemeten met de Sedimentatie-Erosie-Balk methode (Figuur 2.4, Nolte et al. 2013). Deze metingen zijn begonnen voor de 'oude' PQ's in 1993 (Neerlands Reid) en 1995 (de Hon). De nieuwe PQ's zijn in 2019 geplaatst en voor het eerst gemeten. Bij elk PQ staan twee stevige kunststof palen (doorsnee 7,5 cm) tot in de zandondergrond, die als referentiepunten dienen. Een draagbare aluminium balk (de SEB) wordt op de palen gelegd, en de afstand tussen de bodem en de bovenkant van de balk (en daarmee de koppen van de palen) wordt gemeten op 17 vaste punten tussen de beide palen. Deze meting geeft het nettoresultaat van de opslibbing van nieuw sediment en de compactie van de gehele kleilaag, inclusief organisch materiaal. Overigens wordt de bodemdaling zelf hier *niet* direct mee gemeten, omdat de palen mee zakken met de bodemdaling. De opslibbing werd voorheen altijd twee keer per jaar gemeten in maart en september. Aangezien voor modelberekening vooral de opslibbing per jaar wordt gebruikt, is er besloten om vanaf 2019 de opslibbing alleen nog jaarlijks in september te meten. Aangezien er van het nieuwe meetnet nog geen opslibbingssnelheid kan worden berekend, wordt de opslibbing data gebruikt van 2018 en de opslibbing in 2019 van de PQ's van de 'oude' meettraaien 3 en 9 die zijn opgenomen in het nieuwe meetnet.



**Figuur 2.4.** Principe van een SEB-meting: De Sedimentatie-Erosie Balk (SEB) wordt op twee SEB-palen gelegd die permanent in het veld staan. Met een meetstok wordt vervolgens de afstand van de bovenkant van de SEB tot de bodem gemeten op 17 vaste punten (van Wijnen and Bakker 1999).

### 2.3.2 Maaiveldhoogtes

Met het plaatsen van het nieuwe SEB palen, zijn van alle vaste PQ's van het nieuwe meetnet de hoogte van de SEB-palen gemeten, waarmee de maaiveldhoogte kan worden berekend.

### 2.3.3 Kleidikte

Bij elke PQ van het nieuwe meetnet is de kleidikte gemeten. Deze dikte geeft een ruwe schatting in de jaarlijkse opslibbing vanaf begin van het ontstaan van de kwelder. Daarnaast is er in maart 2020 een meetcampagne uitgevoerd om de kleidikte van de Hon te bepalen voor een vlakdekkend grid.

### 2.3.4 Tegelmeting

Naast de opslibbingmetingen met behulp van de SEB wordt bij een aantal PQ's de opslibbing ook gemeten door middel van een sedimentatieplaat, ook wel tegelmethode genoemd. Op Neerlands Reid

---

liggen de platen op transect 3 naast de PQ's 3.01, 3.04, 3.07, 3.17, 3.21 en 3.23 en op De Hon liggen ze naast de PQ's 9.04, 9.06 en 9.08. Ze worden jaarlijks gemeten door het Natuurcentrum Ameland (NCA). In het nieuwe meetnet zijn alleen 3.23 en 9.08 niet meegenomen als PQ's, voor opslibbingsgegevens van deze twee PQ's zullen voortaan de tegelmetingen worden gebruikt.

Hierbij wordt de dikte van de sedimentlaag boven een in 1989 op circa 20 cm diepte ingegraven RVS-plaat of tegel gemeten). Deze meting geeft een indicatie van de bruto hoeveelheid sediment die er bijkomt, zonder dat de autocompactie van de diepere kleilaag onder de tegel wordt meegenomen (Nolte et al. 2013). Deze data zal worden verwerkt in de volgende rapportage samen met de opslibbingsdata van het nieuwe monitoringsmeetnet.

## 2.4 Vegetatie

### 2.4.1 PQ's (Puntmetingen)

Voor de 80 vaste PQ's (2 x 2 m<sup>2</sup>) wordt er eens per twee jaar de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten bepaald. In het andere jaar zal er van 60 VQ's eenmalig een vegetatieopname worden uitgevoerd. Dit wordt altijd gedaan aan het eind van de zomer. Voorheen werd dit gedaan volgens de '4<sup>e</sup> Bosstatistiek' opnameschaal (Hennekens 2009), maar vanaf 2019 wordt dat gedaan met de Londo opnameschaal (Londo 1976). Er is niet veel verschil tussen deze twee opnameschalen, de Londo opnameschaal is iets nauwkeuriger. Ook de hoogte van de vegetatie, mate van begrazing (konijnen/hazen/ganzen en beweidingstype en intensiteit) wordt genoteerd en er wordt een grove inschatting gemaakt van de drainage.

De vegetatie is gemonitord op 7 – 10 oktober 2019. Dit was redelijk laat in het seizoen en daardoor waren sommige plantensoorten al afgestorven, dat ging vooral om kortarig zeekraal (*Salicornia europaea*) en zilte rus (*Juncus gerardii*). Deze soorten zijn wel meegenomen in de totale levende bedekking omdat het duidelijk was dat deze soorten in het groeiseizoen wel aanwezig waren. Verder was de kwelders vrij nat, waarschijnlijk deels door het vele regen die vlak daarvoor was gevallen. Vooral op de Hon waren er diepe plassen (15 cm diep).

De PQ-gegevens worden volgens de SALT97 typologie geïnterpreteerd<sup>1</sup>, waarmee ook automatisch een kwelderzone (pionierzone, lage kwelder, middenkwelder, etc.) aan elk PQ wordt toegewezen. Van de PQ's in het oude meetnet (PQ's van transecten 2,3,7,8,9) is van de vegetatieopnames van de voorgaande jaren bepaald of er successie of regressie heeft plaatsgevonden. Successie, ook wel veroudering genoemd, wil zeggen dat de vegetatie is veranderd volgens de standaardreeks van autonome ontwikkeling van pionierzone – lage kwelder – middenkwelder – hoge kwelder, of binnen een kwelderzone naar een volgende fase (met name een toename van zeekweek (*Elytrigia atherica*). Regressie is een verandering in de omgekeerde richting, dat wil zeggen naar een lagere zone, en wordt daarom ook wel verjonging genoemd. Waar mogelijk wordt de oorzaak van de waargenomen verandering aangegeven.

Meer dan de helft van de PQ's (45) zijn in 2019 voor het eerst gemeten en daar is niet van bekend wat de vegetatie was voor de gaswinning startte in 1988. Om toch informatie over de vegetatieontwikkeling te hebben, zijn de vegetatiekaarten van Rijkswaterstaat gebruikt om te bepalen of er successie of regressie heeft plaatsgevonden tussen 1993 – 2014. Voor deze rapportage is geanalyseerd in welke kwelderzonering regressie voorkomt en de bedekking van zeekraal en kale grond in PQ's met regressie en niet.

De vegetatieopnames worden vervolgens ingedeeld in Natura 2000-habitattypen op basis van de SALT-vertaaltabel v1.35 van RWS. De typen op de overgang tussen duin en kwelder (R-typen in SALT97) kunnen op basis van de beschikbare vertaaltabellen (RWS-vertaaltabel v1.36, 2016) niet ondubbelzinnig

---

<sup>1</sup> Intussen is ook de nieuwe SALT2008-typologie beschikbaar, maar om de reeks vanaf 1986 consequent te houden wordt in dit geval nog steeds SALT97 gebruikt. Een nieuwe classificatie kan namelijk tot schijnbare veranderingen in vegetatietype leiden die er in de werkelijkheid niet zijn.

---

aan één habitatype worden toegedeeld en zijn daarom samengenomen als H1330A/H0000 (hoge kwelder en duinvoet).

#### 2.4.2 Vegetatiekaarten (Vlakdekkend)

Circa elke zes jaar wordt door Rijkswaterstaat een vlakdekkende vegetatiekaart gemaakt in het kader van de VEGWAD-monitoring. Eind 2016 is de VEGWAD-vegetatiekaart 2014 van Ameland beschikbaar gekomen. Deze is uitgebreid vergeleken met de kaart uit 1993 op veranderingen in areaal en samenstelling van de vegetatie in de meest recente integrale rapportage (Elschot et al. 2017).

### 2.5 Overig

Waterstanden van station Nes (Ameland) komen van Waterbase ([live.waterbase.nl](https://live.waterbase.nl)) van Rijkswaterstaat. De gemeten waterstanden bij Nes geven echter slechts een indicatie van de overstroming van de kwelder: door de lokale waterstroming en topografie (kreken en kwelderoppervlak) kunnen de werkelijke waterstanden op Neerlands Reid en De Hon afwijken. Van het overstromingsfrequentiemodel van Brinkman et al. (2017) is de nauwkeurigheid onbekend. Daarom zijn er in de winter van 2019, 50 drukmeters geplaatst bij PQ's, ongeveer 2 per deelgebied (bijlage 1 & 2), waardoor we de inundatiefrequentie en -duur kunnen bepalen. Meer informatie over de overstromingsfrequenties en -duur zal in de volgende rapportage komen.

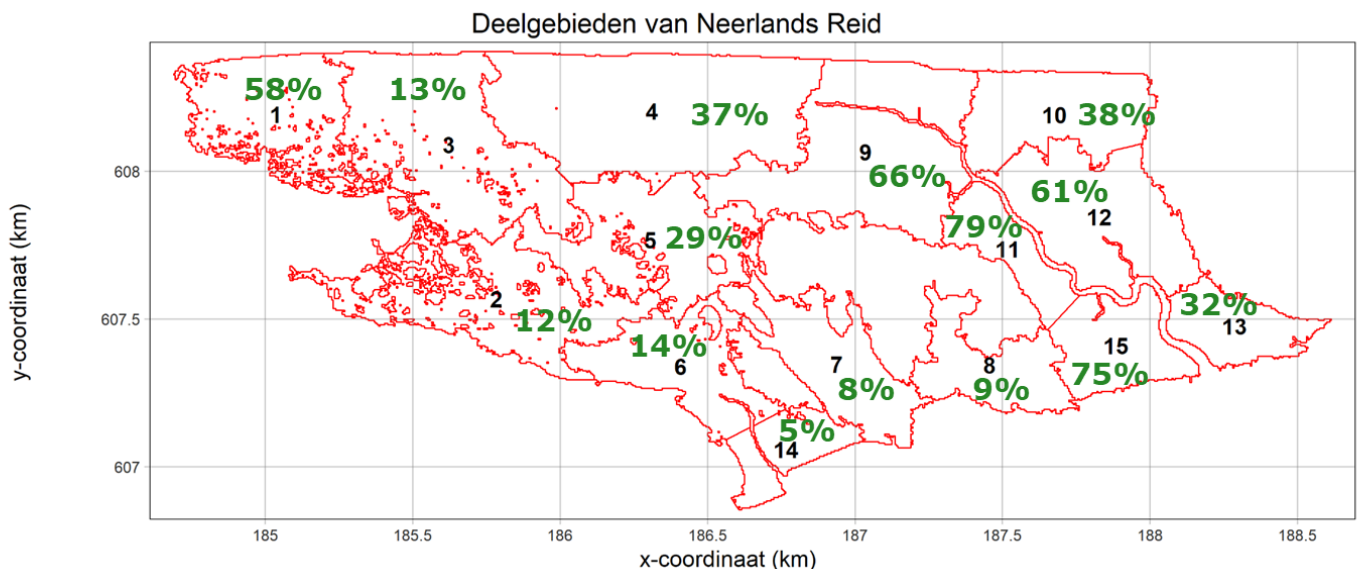
Gegevens van neerslag (station Nes, Ameland) en verdamping (station Lauwersoog) worden door Deltares geleverd op basis van gegevens van het KNMI. Het neerslagtekort of -overschot voor het groeiseizoen wordt bepaald door de potentiële verdamping van maart tot en met augustus af te trekken van de neerslag in diezelfde periode. Deze gegevens zullen worden behandeld in de integrale rapportage.

Over de begrazingsdruk door vee en ganzen op Neerlands Reid wordt door het Natuurcentrum Ameland gerapporteerd. De beweidingsgegevens zullen in de integrale rapportage worden behandeld.

## 3 Resultaten

### 3.1 Deelgebieden

De deelgebieden verschillen naast de overstromingsfrequentie ook in de vegetatiesamenstelling. Op het Neerlands Reid kunnen de deelgebieden in drie clusters opgedeeld worden aan de hand van de aanwezige kwelderzoneringen (tabel 3.1). Op het Neerlands Reid hebben de deelgebieden 1, 2 en 3 vooral vegetatie typerend voor een hoge en brakke kwelder, deze deelgebieden ondervinden de minste bodemdaling (0 - 5 cm) en liggen ver van de wadrand. Er vindt in deze deelgebieden wel regressie van de vegetatie plaats (figuur 3.1), wat waarschijnlijk verklaard kan worden door veranderingen in begrazingstype en/of intensiteit. Deelgebieden 4, 5, 6, 7, 8 en 14 hebben vooral een mix van midden, hoge en brakke kwelder. Deze deelgebieden ondervinden een gemiddelde bodemdaling (9 – 14 cm) en de begrazingsdruk is hoog. Het oppervlak van het gebied waar regressie heeft plaatsgevonden is beperkt. Deelgebieden 9, 10, 11, 12, 13 en 15 hebben vooral een mix van lage kwelder en middenkwelder. In deze gebieden is de bodemdaling het hoogste in vergelijking tot de andere deelgebieden op het Neerlands Reid (18-23 cm) en is de begrazingsdruk gemiddeld tot hoog (persoonlijke veldobservaties). In deze deelgebieden heeft relatief veel regressie plaatsgevonden.

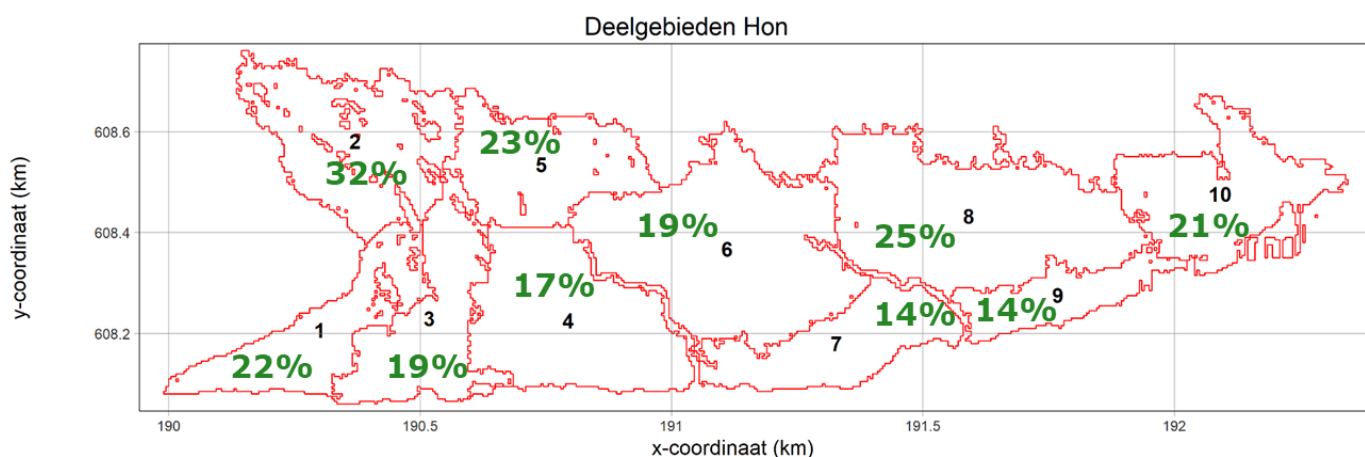


**Figuur 3.1** Percentage van het kwelderoppervlak van een deelgebied waar regressie heeft plaatsgevonden tussen 1993 – 2014 op Neerlands Reid. De cijfers geven het nummer aan van het deelgebied.

**Tabel 3.1** Overzicht van de deelgebieden, de cumulatieve bodemdaling voor de periode 1986-2017 en de voornaamste kwelderzoneringen die in het deelgebied voorkomen.

Deelgebied	Gebied	Bodemdaling (cm)	Kwelderzonering
1	NLR	5.4	Hoge en brakke kwelder
2	NLR	7.1	Hoge en brakke kwelder
3	NLR	7.4	Hoge en brakke kwelder, rietmoeras
4	NLR	12.1	Midden, hoge en brakke kwelder
5	NLR	11.3	Midden, hoge en brakke kwelder
6	NLR	10.4	Midden, hoge en brakke kwelder
7	NLR	11.4	Midden, hoge en brakke kwelder
8	NLR	14.1	Midden, hoge en brakke kwelder
9	NLR	18.2	Lage en middenkwelder
10	NLR	23.3	Lage en middenkwelder
11	NLR	17.1	Lage en middenkwelder
12	NLR	21.0	Lage en middenkwelder
13	NLR	20.7	Lage en middenkwelder
14	NLR	9.3	Midden, hoge en brakke kwelder
15	NLR	18.1	Lage kwelder
1	HON	33.2	Middenkwelder met zeekweek
2	HON	36.4	Middenkwelder met zeekweek en rietmoeras
3	HON	34.4	Middenkwelder met zeekweek
4	HON	31.9	Lage kwelder, middenkwelder met zeekweek
5	HON	33.9	Lage kwelder, zeekweek dominant, hoge kwelder en rietmoeras
6	HON	31.5	Lage kwelder en zeekweek dominant
7	HON	29.2	Lage kwelder en zeekweek dominant
8	HON	29.7	Lage kwelder, zeekweek dominant
9	HON	25.9	Pionier en lage kwelder
10	HON	24.6	Lage kwelder en zeekweek dominant

Op de Hon komt in alle deelgebieden middenkwelder gedomineerd door zeekweek voor. Dit is een gevolg van autonome successie van de vegetatie aangezien zeekweek een climaxsoort is van de midden en hoge kwelder. Ondanks dat de bodemdaling op de Hon (24 – 26 cm) hoger is dan op Neerlands Reid (0-25 cm) is er minder regressie van de vegetatie (figuur 3.2). Wat verder opvalt is dat in de deelgebieden (5, 6 en 8) ook nog lage kweldervegetatie voorkomt. Dit zou kunnen komen door de ontwikkeling van een kom, waar plekken ontstaan met slechte drainage en waar dan lage kweldervegetatie gaat groeien. De oppervlakte waar regressie plaatsvindt verschilt niet veel tussen de deelgebieden.



**Figuur 3.2** Percentage van de oppervlakte van een deelgebied waar regressie heeft plaatsgevonden tussen 1993 – 2014 op de Hon. De cijfers het nummer aan van het deelgebied.

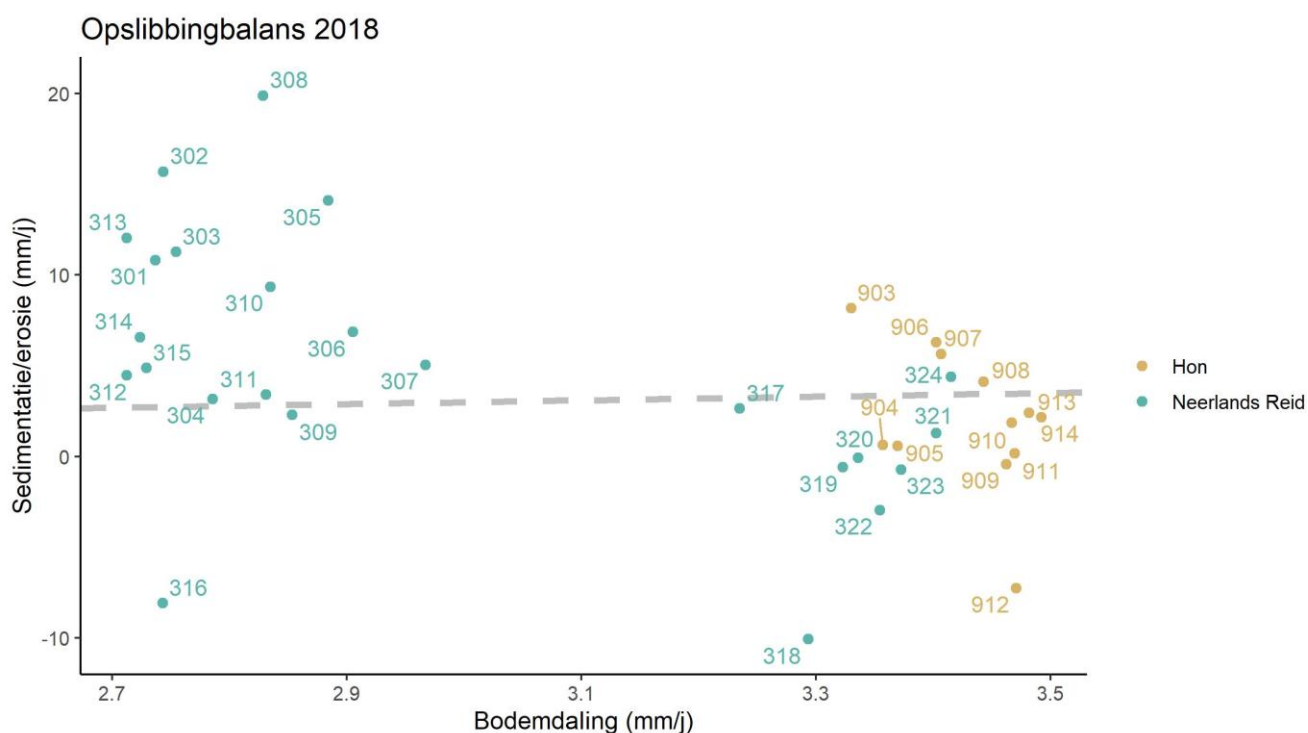
## 3.2 Opslibbing

De SEB-metingen zijn uitgevoerd in de periode 7 – 10 oktober 2019. Voor de PQ's in het nieuwe monitoringsnetwerk was dit de eerste keer dat er SEB-metingen zijn gedaan, daarom kan de opslibbingssnelheid nog niet bepaald worden. Na de meting in 2020 kan de opslibbingssnelheid worden bepaald en gerelateerd aan de afstand tot wad en kreek. Deze resultaten zullen worden gepresenteerd in de monitoringsrapportage van 2021.

Voor de PQ's van het oude meetnet die zijn opgenomen in het nieuwe meetnet (meetraai 3 en 9) is er weinig veranderd in de opslibbing. De opslibbing is vergelijkbaar met de voorgaande jaren (van Duin and Sonneveld 2018). Het ruimtelijk beeld is dat de opslibbing afneemt met toenemende afstand van de sedimentbron (wad en/of kreek).

In 2018 is voor het oude meetnet nog volledig de opslibbing gemeten. Als de opslibbing van 2018 ten opzichte van de bodemdaling in 2018 wordt geanalyseerd dan zijn er duidelijk PQ's die meer opslibben dan de bodemdaling en PQ's die minder opslibben dan de bodemdaling (figuur 3.3). De PQ's met een hoge opslibbing bevinden zich dichtbij een wadrand of kreek, terwijl PQ's met een lage opslibbing in de kommen kunnen bevinden. De jaarlijkse bodemdaling neemt geleidelijk af, daardoor kunnen meer PQ's de bodemdaling bijhouden dan in eerdere jaren.

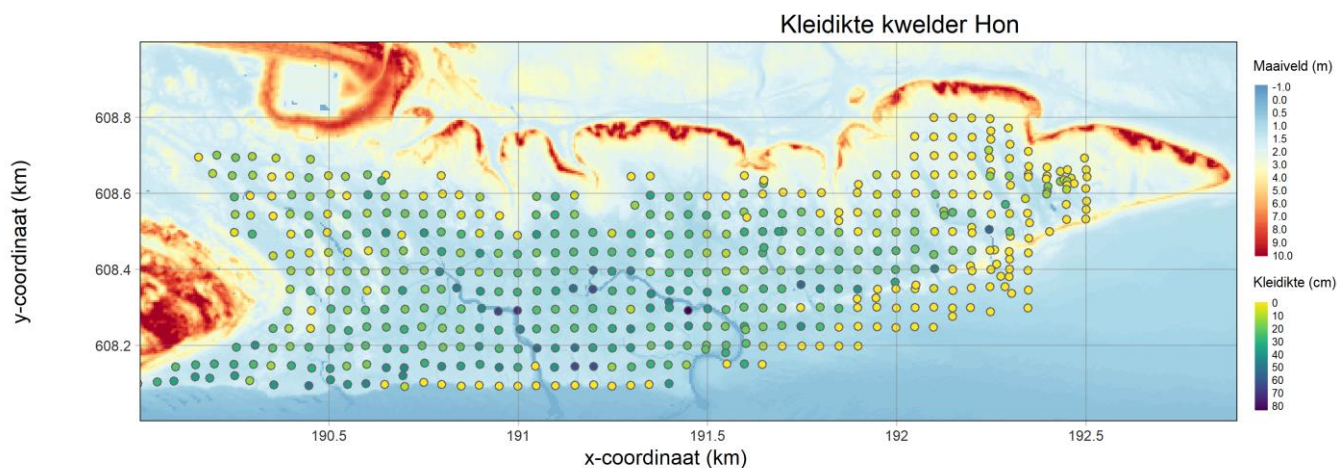




**Figuur 3.3** De sedimentatie of erosie (mm/j) ten opzichte van de bodemdaling (mm/j) voor het Neerlands Reid en de Hon in het jaar 2018. De bodemdaling weergegeven voor 2018 is geëxtrapoleerd van de bodemdaling in de voorgaande jaren. PQ's boven de grijze gestreepte lijn hebben een hogere opslibbing dan de jaarlijkse bodemdaling en voor deze plekken stijgt het maaiveld, bij PQ's onder de grijze lijn daalt het maaiveld. In deze grafiek is geen rekening gehouden van de GHW-stijging van 1 mm per jaar.

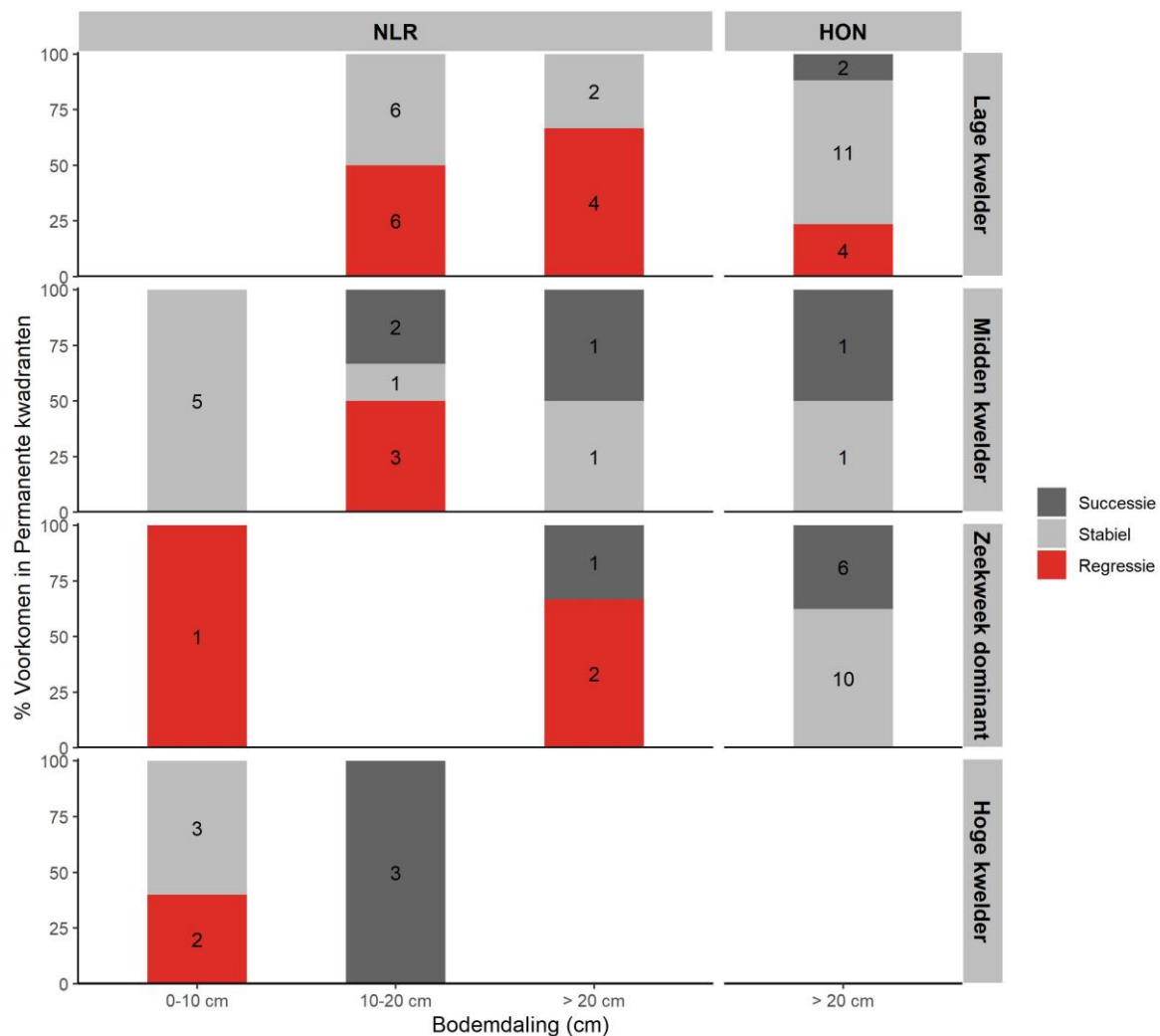
### 3.3 Kleidikte meting Hon

De Kleidikte meting is uitgevoerd op 5 maart en er zijn voor 521 punten de kleidikte gemeten, ongeveer elke 50 meter een punt (figuur 3.4). Dit is gemeten met een betonprikkers of guts. Er zijn op de Hon een aantal grote plassen met veel organisch materiaal, op die plekken was het lastiger om de kleidikte te meten, op deze plekken is de onnauwkeurigheid hoger. De voorlopige resultaten laten zien dat het meeste klei is afgezet aan de rand van het wad en de kreken (figuur 3.4). De kleidiktes zullen verder worden geanalyseerd in de volgende jaarrapportage.



**Figuur 3.4** Kleidikte voor een grid van 50x50 m voor de kwelder de Hon, geprojecteerd op AHN3.

### 3.4 Vegetatie Permanente kwadranten

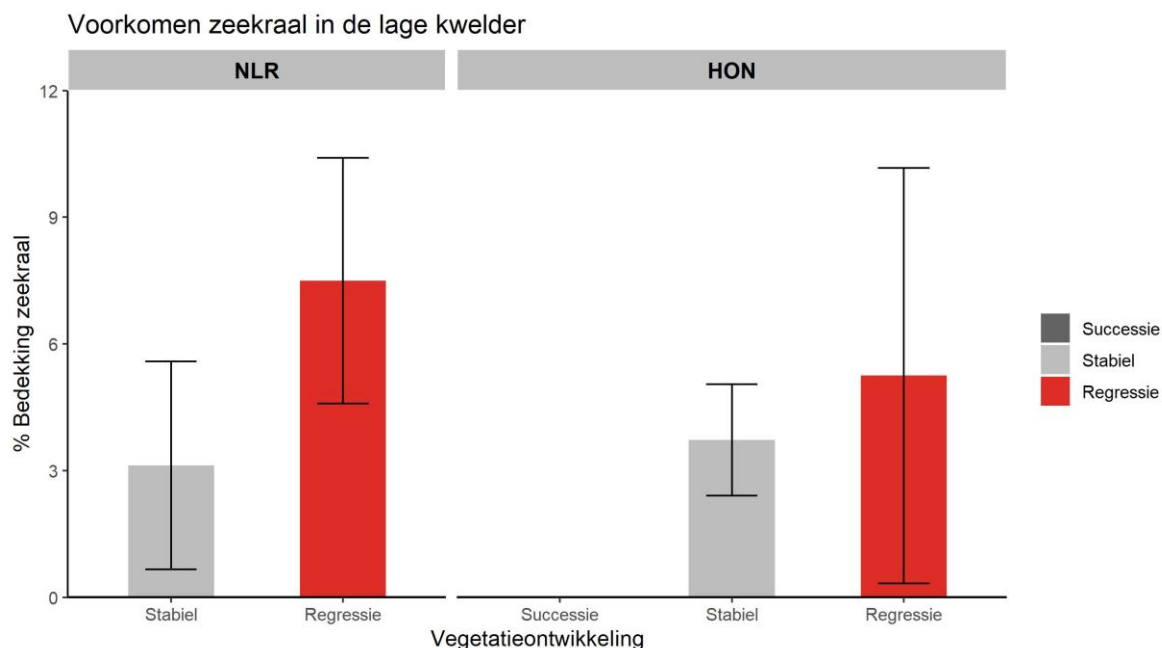


**Figuur 3.5** Het percentage van permanente kwadranten (PQ's) waar er successie, regressie of de vegetatie stabiel was in de periode van 1993 – 2014 voor verschillende bodemdalingsklassen. Onderscheid is gemaakt tussen de twee verschillende gebieden Neerlands Reid en de Hon en de verschillende kwelderzoneringen gebaseerd op de vegetatie opname in 2019. De cijfers geven het aantal PQ's aan.

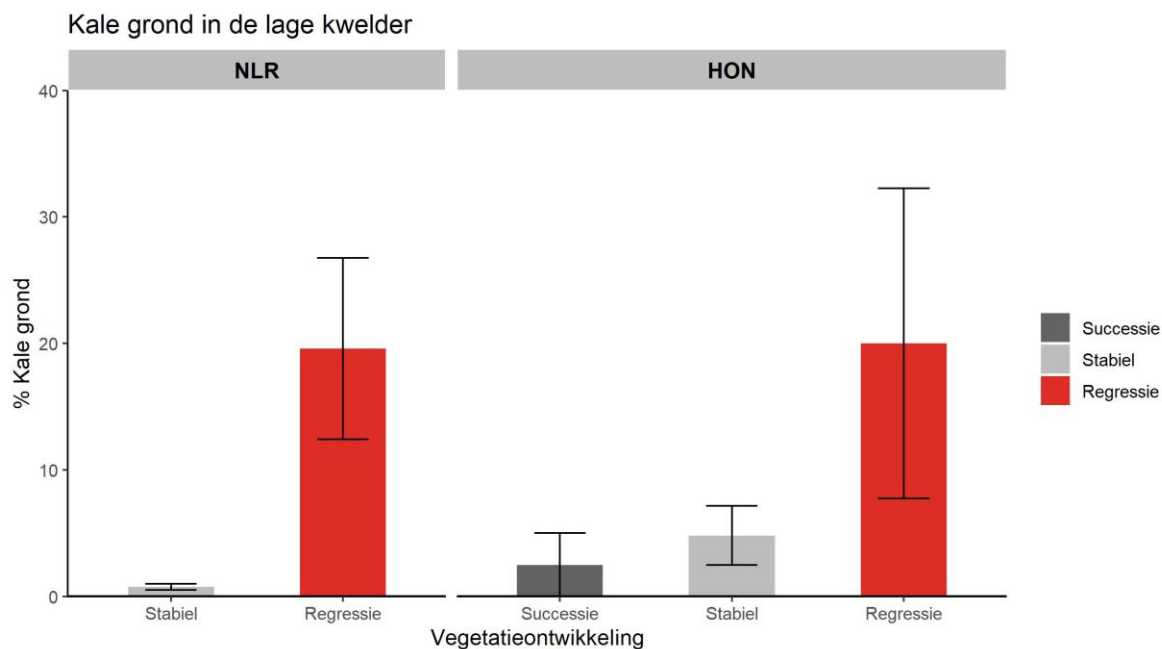
Op het Neerlands Reid zijn de PQ's die regressie vertonen vooral PQ's die eerst een bedekking hadden met voornamelijk midden-kweldersoorten en nu een bedekking van lage kweldersoorten (figuur 3.5). Daarnaast zijn er ook PQ's met duinvegetatie en hoge kweldervegetatie naar midden-kweldervegetatie veranderd. Regressie vond voornamelijk plaats op delen waar minimaal 10 cm bodemdaling heeft plaatsgevonden (0 -10 cm: 11 PQ's – 3 met regressie en >10 cm: 32 PQ's – 15 met regressie). Op de Hon is het percentage van PQ's met regressie veel minder en de PQ's waar regressie plaatsvond zijn met een dominante bedekking van de climaxsoorten zeekweek (*Elytrigia atherica*) en/of riet (*Phragmites australis*) veranderd naar een bedekking met lage kweldersoorten.

Bij de vastelandskwelders in Friesland en Groningen is er op natte plekken met slechte drainage en eventueel vertrapping door vee een toename van lage kwelder met pioniersoorten (Dijkema et al. 2013). Om te onderzoeken of er ook een toename is van pioniersoorten op locaties waar regressie heeft plaats gevonden op Ameland, is in meer detail naar de bedekking van zeekraal en kale bodem in lage kweldervegetatie gekeken. Een soort die erg indicatief is voor de abiotische omstandigheden is zeekraal. Deze pionier domineert de pionierzone grenzend aan het wad en kan goed tegen vernatting en overstromingen. Daarnaast is het een eenjarige soort en komt het alleen op plekken waar de omstandigheden goed zijn voor kieming. Zeekraal kan in de lage kwelder voorkomen, maar heeft een

lagere bedekking doordat het een slechte concurrent is voor licht en nutriënten ten opzichte van andere kweldersoorten typerend voor de lage kwelder (Ellison 1987). Verder geeft een kale bodem de vestigingskans van soorten weer. Ondanks dat de gemiddelde bedekking van zeekraal hoger is in PQ's met regressie in vergelijking met PQ's zonder regressie, is er geen significant verschil (figuur 3.6, vegetatieontwikkeling:  $F_{2,30}=1.02$ ,  $p = 0.37$ ). PQ's waar regressie heeft plaatsgevonden hebben wel een significant groter oppervlakte aan kale grond in vergelijking met PQ's die stabiel zijn gebleven (figuur 3.7,  $F_{2,30} = 4.91$ ,  $p = 0.014$ ).



**Figuur 3.6** De bedekking van zeekraal (*S. europaea* + *S. procumbens*) op de lage kwelder voor PQ's waar regressie heeft plaatsgevonden voor Neerlands Reid (NLR) en de Hon (HON).



**Figuur 3.7** Het percentage kale grond op de lage kwelder voor PQ's waar regressie of successie heeft plaatsgevonden. Het percentage kale grond is veel hoger in de PQ's waar regressie heeft plaatsgevonden in beide gebieden: Neerlands Reid (NLR) en de Hon (HON).

---

## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

In 2019 is een nieuw monitoringsplan opgezet en daarom is de opzet van deze jaarrapportage ook anders dan voorgaande jaren. In deze jaarrapportage is vooral aandacht besteedt aan de indeling van de kwelders in deelgebieden en aan de vegetatieveranderingen in de PQ's gebaseerd op vlakdekkende analyses met VEGWAD-vegetatiekaarten. De eerste resultaten van het nieuwe monitoringsnetwerk lijken overeen te komen met de resultaten van de vegetatiekaarten uit de integrale rapportage (Elschot et al. 2017), daarnaast zijn er meer PQ's waar regressie plaats vond waardoor de vegetatie van die PQ's in meer detail kan worden geanalyseerd.

#### *Nieuw monitoringsmeetnet*

Neerlands Reid en de Hon zijn opgedeeld in respectievelijk 15 en 10 deelgebieden aan de hand van de overstromingsfrequentie. Het Neerlands Reid is homogeen in maaiveldhoogte en daardoor waren de deelgebieden makkelijk in te delen. In het Neerlands Reid is er ook duidelijk een onderscheid te maken tussen de verschillende deelgebieden. In deelgebieden met meer bodemdaling lijkt er meer regressie te hebben plaatsgevonden. Maar deze gebieden hebben ook een vrij hoge begrazingdruk, waardoor het lastig is conclusies te trekken. Waarschijnlijk wordt de vegetatieontwikkeling bepaald door een combinatie van bodemdaling en begrazing.

De Hon is veel heterogener in maaiveldhoogte en daardoor was het lastiger om het te verdelen in verschillende deelgebieden. Op de Hon is er in alle deelgebieden een mix van lage kweldervegetatie met middenkwelder waar zeekweek dominant is. In vergelijking met het Neerlands Reid vindt er veel minder regressie plaats op de Hon dan op Neerlands Reid, ondanks dat er meer bodemdaling is. Dit komt waarschijnlijk doordat De Hon onbeweid is en vertrapping door vee is op Neerlandsreid waarschijnlijk een van de factoren wat regressie van de vegetatie tot gevolg kan hebben.

#### *Opslibbing*

Van de nieuwe PQ's zijn er in 2019 nog geen gegevens beschikbaar over de opslibbing, in de rapportage van 2020 zullen de opslibbing van nieuwe het nieuwe meetnet worden besproken. De opslibbing van de PQ's in het oude meetnet in 2018 en 2019 was binnen de range van normale waarden voor een eilandkwelder en de sedimentatie volgde het normale patroon met de hoogste waarden aan de wadrand van de kwelder en op de oeverwallen en geen tot nauwelijks opslibbing in PQ's verder weg gelegen van een sedimentbron.

#### *Vegetatie*

Op het Neerlands Reid is voornamelijk de middenkwelder veranderd in de lage kwelder, terwijl op de Hon plekken waar zeekweek dominant lijken te zijn veranderd in lage kweldervegetatie. Bij voorgaande rapportages kwam al naar voren dat het voorkomen van regressie verschillende oorzaken een rol kan hebben:

- Opslibbingstekort, waardoor het maaiveld daalt en de overstromingsrisico toeneemt.
- Beweiding, waardoor de vegetatie verjongt. Vertrapping, compactie en vernatting zijn hierbij aanvullende factoren die regressie kunnen veroorzaken.
- Slechte drainage waardoor vernatting kan optreden en vegetatie afsterft of minder vitaal wordt. Verminderde drainage kan een natuurlijke oorzaak hebben, maar ook bodemdaling kan er een rol bij spelen.

Zeer waarschijnlijk is het een combinatie van factoren dat bepaald of er regressie van vegetatie plaatsvindt, zo kan begrazing de stress van een verhoogde overstromingsfrequentie en vernatting versterken door compactie van de bodem. Dat zou verklaren waarom er op het Neerlands Reid meer regressie is dan op de Hon.

---

Uit de voorgaande integrale rapportage bleek al dat er niet een geleidelijke overgang is in een ander vegetatietype als het maaiveld daalt. Het kan zijn dat er een plotselinge overgang plaatsvindt naar een heel ander vegetatietype of zelfs naar kale grond (Scheffer et al. 2001). In de PQ's waar regressie heeft plaatsgevonden is de bedekking van pioniersoorten niet hoger, maar die PQ's hebben wel meer kale grond. Op deze kale plekken vindt waarschijnlijk minder opslibbing plaats en misschien zelfs erosie, wat weer leidt tot meer maaiveldafval wat het effect van bodemdaling versterkt. Een plotselinge overgang van vegetatie naar kale grond is wel gevonden voor de kwelderrand (van de Koppel et al. 2005), maar het is niet bekend of dat ook verder van de kwelderrand voorkomt. Nu is de bedekking van kale grond in plekken met regressie rond de 20%, dus zeker niet alle vegetatie is verdwenen, maar het geeft wel aan dat vegetatie er moeilijker kan vestigen. Nu zijn er 35 PQ's op de lage kwelder, waarvan bij 14 PQ's regressie heeft plaatsgevonden. Met de eenmalige VQ's die de komende jaren worden gemeten zou de relatie tussen bedekking kale grond en regressie van vegetatie nog kunnen veranderen.

#### *Natura 2000*

Op basis van de RWS-vegetatiekaart uit 2014 voldoet de kwaliteit van de habitattypen aan de kwaliteitseisen binnen Natura 2000 (Elschot et al. 2017). De PQ's zijn puntmetingen en niet geschikt om N2000- instandhoudingsdoelen te toetsen. In de volgende integrale rapportage wordt dit opnieuw getoetst met de nieuwste vegetatiekaart van 2020.

## 4.2 Aanbevelingen en aandachtspunten

In 2019 is gestart met het nieuwe monitoringsnetwerk en daarom zijn er nog geen aanbevelingen. In de komende jaarrapportage van 2020 zal extra aandacht worden besteed aan de opslibbing van de nieuwe PQ's en de overstromingsfrequentie op de kwelder. Extra aandacht zal ook worden besteed aan mogelijke effecten van vernatting door slechte drainage op de vegetatie, aangezien dat een van de belangrijkste factoren is die het voorkomen van kwelderplanten bepaald (Davy et al. 2011).

---

## 5 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

---

# Literatuur

- Braaksma, S. D. 2014. Bijlage; Monitoringsprogramma gaswinning Ameland. Page *in* Directie Regio en Ruimtelijke Economie, editor. Directoraat-generaal Natuur & Regio.
- Brinkman, A. G., A. V. de Groot, and J. T. van der Wal. 2017. Bodemdaling en opslibbing op de kwelders van Ameland, een modelstudie.
- Dankers, N., K. S. Dijkema, G. Londo, and P. A. Slim. 1987. De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. RIN-rapport 87/14. Texel.
- Davy, A. J., M. J. H. Brown, H. L. Mossman, and A. Grant. 2011. Colonization of a newly developing salt marsh: disentangling independent effects of elevation and redox potential on halophytes. *Journal of Ecology* 99:1350–1357.
- Dijkema, K. S., W. E. van Duin, E. M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, and J. J. Jongsma. 2013. Friese en Groninger kwelderwerken. Wageningen.
- van Duin, W. E., and C. Sonneveld. 2018. Opslibbing en vegetatie kwelder Ameland-Oost.
- Ellison, A. M. 1987. Effects of competition, disturbance, and herbivory on *Salicornia europaea*. *Ecology* 68:576–586.
- Elschot, K., A. de Groot, C. Sonneveld, J. T. van der Wal, P. de Vries, A. G. Brinkman, W. van Duin, W. Molenaar, J. Krol, A. T. Kuiters, D. de Vries, R. M. A. Wegman, P. A. Slim, E. C. Koppenaal, and J. de Vlas. 2017. Ontwikkeling kwelder Ameland-Oost: Evaluatie bodemdalingsonderzoek 1986–2016. Pages 185–328 *in* J. de Vlas, editor. Monitoring effecten van bodemdaling op Oost-Ameland.
- de Groot, A. V., A. P. Oost, R. M. Veeneklaas, E. J. Lammerts, W. E. van Duin, and B. K. van Wesenbeeck. 2017. Tales of island tails: biogeomorphic development and management of barrier islands. *Journal of Coastal Conservation* 21:409–419.
- Hennekens, S. 2009. Protocol “Vegetatieopname.” Wageningen.
- van de Koppel, J., D. van der Wal, J. P. Bakker, and P. M. J. Herman. 2005. Self-organization and vegetation collapse in salt marsh ecosystems. *The American naturalist* 165:E1–E12.
- Londo, G. 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* 33:61–64.
- Nolte, S., E. C. Koppenaal, P. Esselink, K. S. Dijkema, M. Schuerch, A. V. De Groot, J. P. Bakker, and S. Temmerman. 2013. Measuring sedimentation in tidal marshes: A review on methods and their applicability in biogeomorphological studies. *Journal of Coastal Conservation* 17:301–325.
- Piening, H. 2017. Excel utility to compute spatially correlated deformation estimates for Ameland (version 2017). NAM, Assen.
- Piening, H., W. van der Veen, and R. van Eijs. 2017. Bodemdaling. Pages 9–25 *in* J. de Vlas, editor. Monitoring effecten van bodemdaling op Oost-Ameland.
- Scheffer, M., S. Carpenter, J. A. Foley, C. Folke, and B. Walker. 2001, October 11. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature Publishing Group*.
- van Wijnen, H. J., and J. P. Bakker. 1999. Nitrogen and Phosphorus Limitation in a Coastal Barrier Salt Marsh: The Implications for Vegetation Succession. *Journal of Ecology* 87:265–272.

---

# Verantwoording

Rapport C022/20

Projectnummer: 4312100083

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: Kelly Elschot  
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 16 maart 2020

Akkoord: Jakob Asjes  
Manager integratie

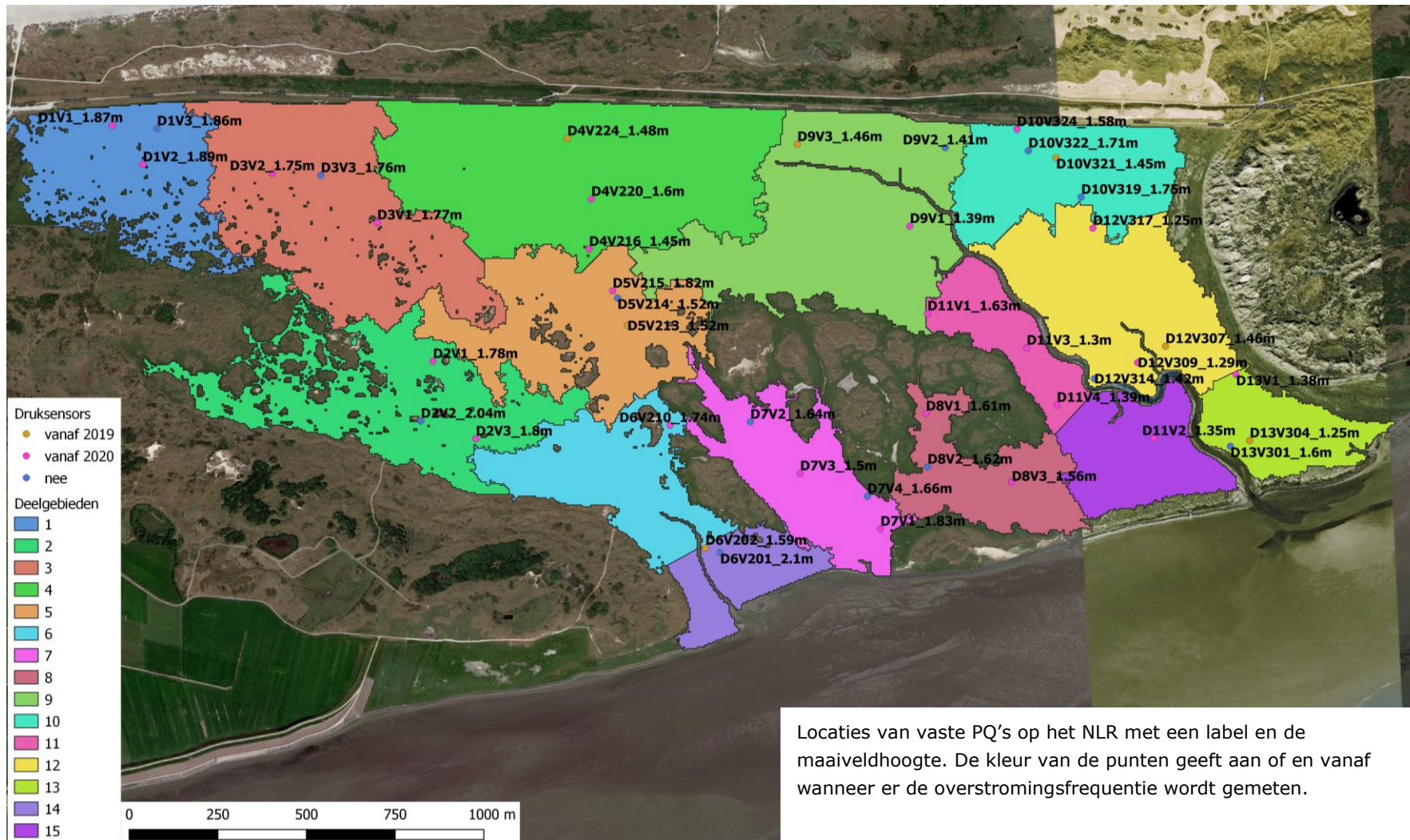
Handtekening:



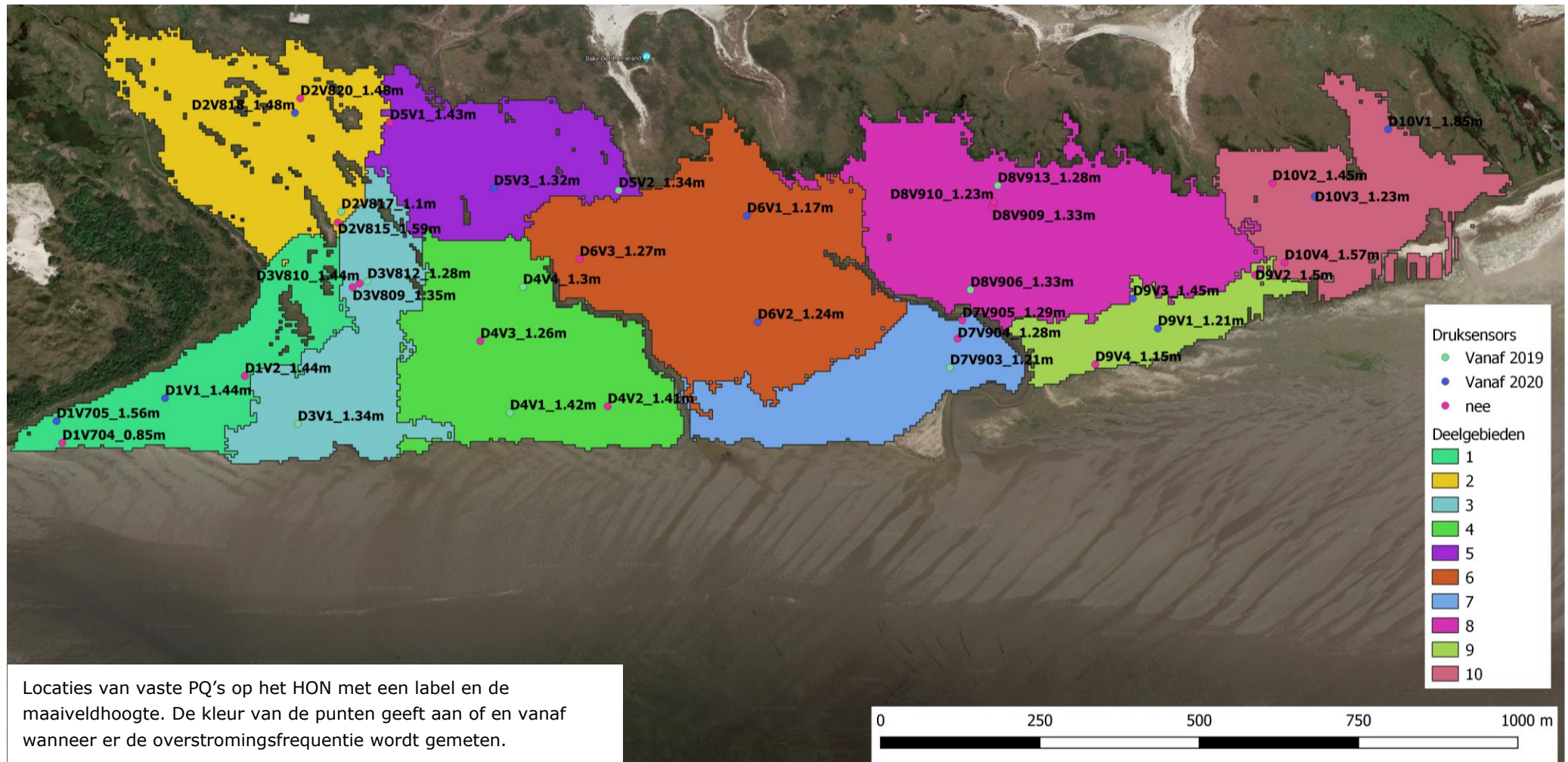
Datum: 16 maart 2020



## Bijlage 1 Locaties vaste PQ's NLR



## Bijlage 2 Locaties vaste PQ's HON



---

Wageningen Marine Research  
T: +31 (0)317 48 09 00  
E: [marine-research@wur.nl](mailto:marine-research@wur.nl)  
[www.wur.nl/marine-research](http://www.wur.nl/marine-research)

Bezoekers adres:

- 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.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'

---