

Opslibbing en vegetatie kwelder Ameland-Oost; Jaarrapportage 2014

Alma V. de Groot, Jana Hemmen, Pepijn de Vries,
André Meijboom, Elze Dijkman...

Rapport C072/15



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprichtgever:

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Postbus 28000
9400 HH Assen

Publicatiedatum:

30 april 2015

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 167
1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V13.3

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1 Inleiding.....	5
1.1 Algemeen.....	5
1.2 Achtergrond.....	5
1.3 Doel jaarlijkse metingen.....	7
1.4 Doel rapportage.....	7
2 Methoden.....	8
2.1 Gebied en meetpunten (pq's).....	8
2.2 Opslibbingsbalans.....	9
2.2.1 SEB-meting.....	9
2.2.2 Maaiveldhoogtes.....	10
2.2.3 Tegelmeting.....	11
2.2.4 Kleidikte.....	11
2.3 Vegetatie-opnamen in pq's.....	12
2.3.1 Reguliere opnamen.....	12
2.3.2 Hermeting oude raaien.....	12
2.4 Overig.....	13
3 Resultaten.....	14
3.1 Waterstanden.....	14
3.2 Neerslag en verdamping.....	15
3.3 Opslibbing (SEB) en maaiveldhoogte.....	15
3.3.1 Opslibbing.....	15
3.3.2 Maaiveldhoogte.....	17
3.3.3 Algemene observaties geomorfologie.....	19
3.3.4 Kleidikte.....	20
3.4 Vegetatie.....	21
3.4.1 Ontwikkelingen in de pq's.....	21
3.4.2 Natura 2000 habitattypen.....	23
4 Discussie en conclusies.....	25
4.1 Algemeen beeld.....	25
4.2 Aanbevelingen.....	25
Referenties.....	26
Verantwoording.....	27
Bijlage A. Ligging van de meetraaien.....	28
Bijlage B. Cumulatieve netto opslibbing per SEB.....	30
Bijlage C. Ruimtelijke patronen in opslibbing.....	31
Bijlage D. Berekening maaiveld.....	32
Bijlage E. Maaiveld, bodemdaling en opslibbing.....	34

Samenvatting

In 2014 zijn op de kwelder van Ameland-Oost de opslibbing en vegetatieontwikkeling gemeten, als onderdeel van de lopende monitoring van de effecten van de bodemdaling door gaswinning. De meting vindt plaats op twee raaien, in totaal bestaande uit 38 permanente kwadraten (pq's).

De observaties over 2014 passen binnen de tot nu toe gemeten trends in maaiveldhoogte en vegetatieontwikkeling als gevolg van de bodemdaling op Ameland (Dijkema et al., 2011) en de natuurlijke variatie in opslibbing en vegetatieontwikkeling. De opslibbing was binnen de range van normale waarden.

De vegetatieontwikkeling heeft op een aantal plaatsen regressie of veranderingen binnen een zone laten zien. Het grootste deel daarvan is gerelateerd aan pq's die fluctueren tussen verschillende vegetatiezones of aan fluctuaties in beweidingsdruk en -type. Dat past binnen de natuurlijke jaar-op-jaar variatie van kweldervegetatie. De vegetatieopnamen representeren drie habitattypen, namelijk H1310A (Zilte pionierbegroeiing zeekraal), H1320 (Slijkgrasvelden) en H1330A (Schorren en zilte graslanden (buitendijks)). Voor zover het met de metingen op de pq's op zeer kleine schaal mogelijk is om er uitspraken over te doen, voldoet de kwaliteit van de habitattypen aan de (gegeven de omstandigheden) haalbare kwaliteitseisen. De in 2016 gereed te komen RWS vegetatiekaart moet uitwijzen of dat ook voor de ruimtelijke aspecten, i.e. de kwelder als geheel, geldt.

Door het gereedkomen van een nieuw bodemdalingsmodel van de NAM konden de maaiveldhoogtes tot en met 2013 worden berekend uit de SEB-metingen (Sedimentatie-Erosie Balk). Sinds de laatste gegevens van 2010 is de bodemdalingssnelheid gelijk gebleven. De opslibbingssnelheden op de pq's zijn ook gelijk gebleven, waardoor de trend in maaiveldontwikkeling ten opzichte van 2010 niet is veranderd. Op de meeste pq's daalt het maaiveld nog steeds, dat wil zeggen dat de opslibbing de bodemdaling daar niet bij kan houden. Alleen op locaties op de oeverwallen van eerste en tweede orde krekens is de opslibbing voldoende om ondanks de bodemdaling tot een stijgend maaiveld te leiden. Begin 2014 zijn alle SEB-palen nauwkeurig ingemeten ten opzichte van NAP. Vergelijking met eerdere inmetingen in combinatie met de SEB-metingen laat zien dat in de meeste gevallen de onzekerheden in maaiveldhoogte berekend uit het bodemdalingsmodel en de SEB-metingen binnen 3 cm liggen over een periode van 13 jaar.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Eind 1986 is de gaswinning op Ameland-Oost gestart. In opdracht van de NAM is toen door een samenwerkingsverband van diverse kennisinstituten een voorspelling gemaakt van de mogelijke effecten van de bodemdaling (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. Doel is eventuele effecten van bodemdaling door gaswinning waar te nemen zodat, indien noodzakelijk, passende maatregelen genomen kunnen worden. Op dit moment wordt de monitoring uitgevoerd volgens het plan voor bodemdalingsonderzoek op Ameland 2006 – 2020 (Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2006). Een onderdeel van dit plan vormt de monitoring van opslibbing en vegetatieontwikkeling op de kwelder van Ameland-Oost. Het voorliggende rapport betreft de jaarrapportage over 2014 van de monitoring op de kwelder.

1.2 Achtergrond

De samenstelling van de kweldervegetatie en de opslibbingssnelheid zijn onder andere afhankelijk van de inundatiefrequentie (de regelmaat waarin het gebied onder water staat), die op haar beurt in belangrijke mate wordt bepaald door de hoogte van het maaiveld. Aangezien de bodemdaling direct de hoogte van het maaiveld beïnvloedt, kan bodemdaling consequenties hebben voor zowel de vegetatiesamenstelling als de opslibbingssnelheid. De terugkoppeling tussen hoogteligging en sedimentatiesnelheid 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 Reid¹ ('Vennoot', op de topografische kaart als Nieuwlandsreid aangegeven) ten westen van het duincomplex Oerd, en de jongere, onbeweide Hon ten oosten daarvan. De bodemdaling is niet overal gelijk, maar heeft de vorm van een schotel (Ketelaar et al., 2011). Begin 2014 was op Neerlands Reid rond de Oerdsloot de bodemdaling sinds 1986 19 - 21 cm (gemiddeld 7 mm/jaar) en op het midden van De Hon 27 - 28 cm (gemiddeld 10 mm/jaar sinds 1986) (Piening, 2014). Dichter bij de gaswinlocatie was de bodemdaling hoger. De dalingsnelheid was het grootst begin jaren '90, en is inmiddels aan het afnemen.

In 1986 is een eerste voorspelling voor de veranderingen van 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 lageregelegen vegetatiezone kunnen leiden. 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.

¹ In de jaarvergadering van de begeleidingscommissie is afgesproken om de schrijfwijze Neerlands Reid aan te houden. Dit is de meest ver terug te traceren schrijfwijze, namelijk door Ameland Historie gevonden in een dissertatie uit 1939 "Maatschappij tot Onroerend Goederen op het Oosteinde, Oerd en Neerlands Reid, te Buren, gemeente Ameland, 1921", en de officiële schrijfwijze van de 'Vennoot': "Maatschappij tot exploitatie van onroerende goederen op het Oosteinde, Oerd en Neerlands Reid BV."

Op basis van deze verwachtingen is een meetnet ingericht, dat in de loop der jaren aangepast is op basis van voortschrijdend inzicht. Hierover is jaarlijks aan de begeleidingscommissie gerapporteerd, en elke circa vijf jaar is een uitgebreide rapportage verschenen (de meest recente daarvan Dijkema et al., 2011).

Uit de monitoring tot nu toe blijkt dat (Dijkema et al., 2011):

- De opslibbing is hoog op locaties dicht bij het wad en bij de kreken. De opslibbing is laag in de kommen, hoger op de kwelder en verder vanaf het wad. De afstand tot het wad of tot kreken (de bronnen van het sediment) blijkt minstens zo belangrijk te zijn voor de snelheid van opslibbing als de hoogteligging (consistent met Stoddart et al., 1989; Reed et al., 1999).
- Omdat opslibbing, hoogteligging en bodemdaling beide ruimtelijk variëren, is het effect op de kwelder niet overal gelijk. In de pionierzone en op de lage kwelder is de opslibbing (meer dan) voldoende om de bodemdaling te compenseren, maar op de midden en hoge kwelder kan de opslibbing de bodemdaling niet bijhouden.
- De bodemdaling op Ameland is groter dan wat op grond van de opslibbing voor een eilandkwelder verantwoord werd geacht. Toch zijn de gemeten effecten op de vegetatie tot nu toe klein: regressie door bodemdaling treedt zelden op (twee pq 's = 5% van de pq 's).
- Drainage is een sleutelfactor voor de ontwikkeling van de vegetatie, en leidt sneller tot veranderingen in vegetatie dan de maaiveldhoogte (Eysink et al., 2000; Dijkema et al., 2005). Regressie treedt direct op bij vernatting, b.v. door blokkering van een kreek, autonome kliferosie of vertrapping door vee.
- Op Neerlands Reid geven de vegetatiekaarten 1988 - 2009 enkele tientallen ha regressie, vooral in de buurt van de Oerdsloot. Die trend past in de oorspronkelijke voorspelling, maar wordt niet bevestigd door de analyse van de pq 's, waarin het algemene beeld voortgaande successie is. Het areaal vegetatie met Zeealsem is tussen 2003 en 2009 verdubbeld.
- Op De Hon geeft de reeks 1988 - 2009 ca. 10 ha regressie, vooral middenop De Hon. Dit effect wordt veroorzaakt door de combinatie van bodemdaling en lage opslibbing ver van de sedimentbron. Tegelijkertijd vindt 5 ha veroudering naar Zeekweek plaats, verzilt ca. 10 ha duinvallei bij de boorlocatie naar kwelder en groeit er ca. 8 ha nieuwe kwelder aan de wadkant aan. De nieuwe aanwas is een gevolg van hoge opslibbing, instuiving van zand en nieuwe kreekvorming.
- De eerder ingeschatte grenswaarde voor de opslibbingbalans van - 5 cm (Oost et al., 1998) blijkt een onderschatting te zijn van de veerkracht: in de periode 1986 - 2010 zijn pas effecten op de vegetatie opgetreden indien het maaiveld meer dan 10 - 15 cm onder de ondergrens van de betreffende vegetatiezone is gezakt. Daarom zijn in de rapportage van 2011 bij het interpreteren van de resultaten van de opslibbingbalans en de maaiveldhoogte nieuwe grenswaarden voor de zonehypothese gebruikt:
 - o De vegetatie verandert indien het maaiveld onder een grenswaarde van 10 - 15 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone zakt, ten opzichte van de ongestoorde situatie in 1986.
 - o Voor kommen wordt de nieuwe grenswaarde voor de maaiveldhoogte niet gebruikt, omdat de vegetatie-ontwikkeling in de kommen vooral afhangt van de drainage door kreken.

De prognose tot 2025 is dat, doordat de bodemdalingssnelheid verwacht wordt af te nemen, de vegetatie in de pionierzone en lage kwelder successie zal ondergaan.

1.3 Doel jaarlijkse metingen

De doelen van de lopende kweldermonitoring, zoals ze aan de Begeleidingscommissie worden gerapporteerd, zijn:

1. Bepalen van maaiveldhoogte door middel van het kwantificeren van de opslibbingbalans (bodemdaling + opslibbing). Deze wordt getoetst aan de streefwaarde en grenswaarde voor maaiveldddaling voor de vegetatiesamenstelling.
2. Kwantificeren van de vegetatieveranderingen (successierichting en kwelderareaal) en verklaren aan de hand van de opslibbingbalans, de ontwatering, de beweiding, de veranderingen in gemiddeld hoogwater (GHW) en de eventuele cumulatie van effecten veroorzaakt door deze factoren.
3. Voorstellen van eventuele beheermaatregelen.

Sinds 2014 gelden er aanvullende doelstellingen vanuit de Effectenanalyse/passende beoordeling wijziging gaswinning Ameland. De kweldermonitoring omvat de mogelijke effecten op de habitattypen H1310A (Zilte pionierbegroeiing zeekraal), H1320A (Slijkgrasvelden) en H1330A (Schorren en zilte graslanden (buitendijks)). "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). Metingen van inundatie, grondwaterstanden en tweejaarlijkse vlakdekkende vegetatie, zoals in de EZ tekst worden genoemd, worden wel voor de duinen en duinvallei uitgevoerd (separate opdracht Alterra), maar niet voor de kweldermonitoring. Ook is er voor de kweldermonitoring tot op heden geen jaarlijkse vergelijking met referentiegebieden.

De metingen worden jaarlijks uitgevoerd en gerapporteerd, om jaar-op-jaar veranderingen te kunnen detecteren en verklaren.

1.4 Doel rapportage

In het voorliggende rapport wordt een verslag gegeven van de activiteiten en de resultaten van 2014, voor zover door IMARES uitgevoerd. Een uitgebreide analyse van de data en het vaststellen van eventuele trends vindt elke vijf tot zes jaar plaats in evaluatierapportages.

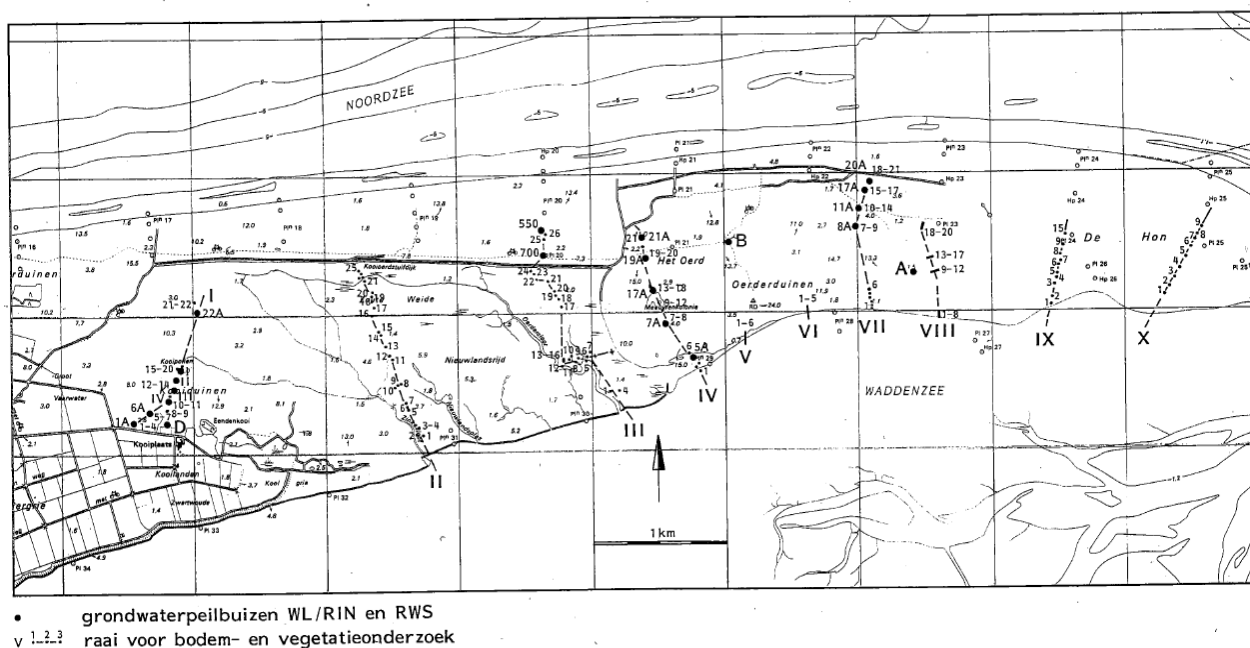
2 Methoden

2.1 Gebied en meetpunten (pq's)

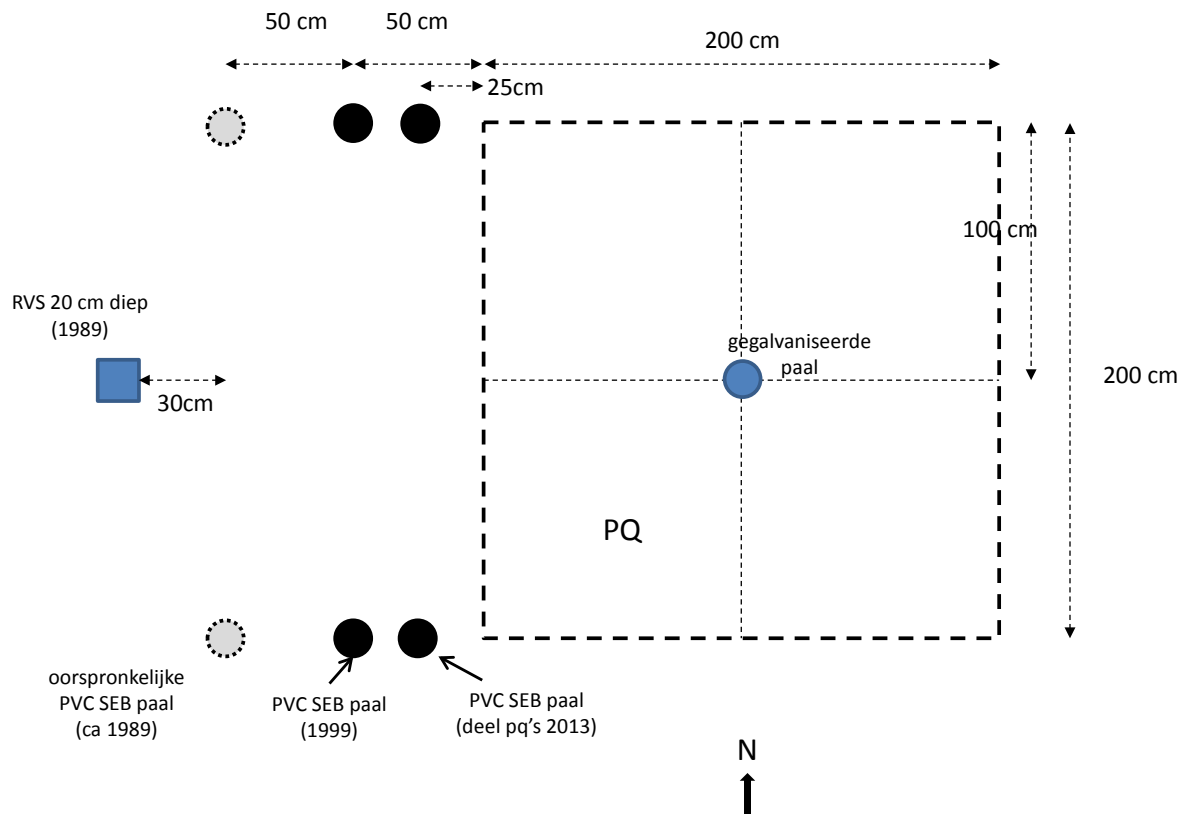
De monitoring van de kwelder bestaat uit het periodiek opnemen van proefvakken (pq's: vegetatie en sedimentatie) en vegetatiekaarten. In de pq's (permanente kwadraten, vastliggende proefvakjes van 2 m x 2 m) worden jaarlijks de opslibbing en de vegetatiesamenstelling gemeten. Gemiddeld elke zes jaar wordt door RWS een vlakdekkende vegetatiekaart gemaakt in het kader van de VEGWAD-monitoring. Tenslotte worden de kwelders op Oost-Ameland twee tot drie maal per jaar visueel geïnspecteerd tijdens de metingen. De methoden staan in detail uitgewerkt in Eysink et al., 2000, Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, (2006) en Dijkema et al., (2011).

De metingen worden uitgevoerd op alle 38 pq's in de transecten 3 en 9 (Figuur 1 en Bijlage A; De overige transecten worden niet meer opgenomen). Transect 3 bevat 24 pq's (301 t/m 324) en loopt over Neerlands Reid ten oosten van de Oerdsloot, waar voor Neerlands Reid de grootste veranderingen als gevolg van de gaswinning werden verwacht. Transect 9 bevat 14 pq's (901 t/m 914) en loopt midden over de Hon. Beide transecten lopen van lage naar hoge kwelder. De opbouw van de meetpunten is weergegeven in Figuur 2.

De metingen zijn uitgevoerd op 26 februari (Sedimentatie-Erosie Balk, verder SEB genoemd) en 1 t/m 5 september 214 (SEB en vegetatie).



Figuur 1. Meetpunten voor maaiveldhoogte en vegetatie op kwelder en duinen van Ameland uit 1986, uitgezet in raaien (Dankers et al., 1987). Raai III (3) en IX (9) worden nog op dit moment gemonitord binnen de kweldermonitoring. De raaien 3 en 9 staan in meer detail in Bijlage A.



Figuur 2. Ligging van de vegetatie-pq (grote vierkant van 2 m x 2 m) ten opzichte van de SEB palen. De SEB-palen zijn in de loop van de tijd vervangen. De palen en de pq liggen noord-zuid georiënteerd. De RVS plaat, waarmee ook opslibbing wordt gemeten, is slechts bij een deel van de pq's aanwezig.

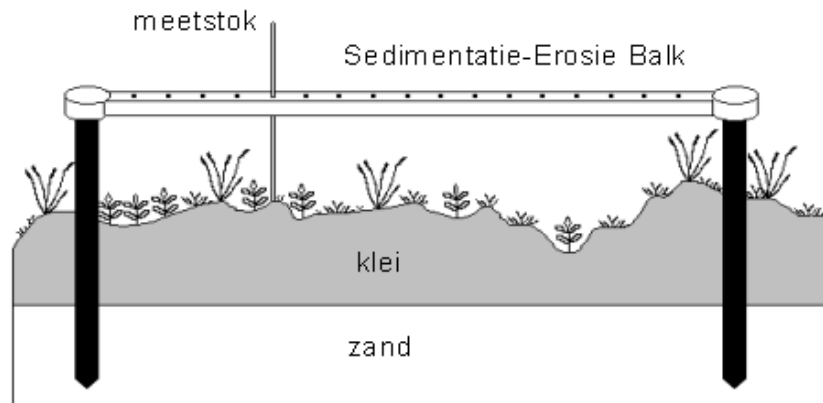
2.2 Opslibbingsbalans

2.2.1 SEB-meting

De opslibbing wordt gemeten met de SEB-methode (Sedimentatie-Erosie Balk, Figuur 3). Bij elke vegetatie-pq staan twee stevige kunststof palen (doorsnee 7 cm) tot in de zandondergrond, die als referentiepunten dienen. Een draagbare aluminium balk 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 twee maal per jaar gemeten op 17 punten tussen de beide palen (Figuur 3). De meetpunten beginnen op enige afstand van de palen, zodat eventuele invloed van de palen op de opslibbing minimaal is. Deze meting geeft het netto resultaat 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 SEB-meting wordt op Ameland twee maal per jaar uitgevoerd: in het vroege voorjaar wordt met name de winteropslibbing gemeten en in de nazomer met name de zomer-inklink. Deze laatste meting wordt voor de berekeningen van de hoogte van het maaiveld gebruikt (zie onder). Uit het begin van het monitoringprogramma op Ameland blijkt dat een meetfrequentie van minimaal twee maal per jaar nodig is om inzicht te krijgen in de processen achter de opslibbing, namelijk effect van stormen, klink, krimp en zwelling van de bodem. Dit inzicht is nodig om de effecten van de bodemdaling op de opslibbingsbalans betrouwbaar te kunnen kwantificeren. Daarnaast kunnen de resultaten vergeleken worden met andere locaties uit het SEB-metnet van IMARES in de Waddenzee, omdat daar een zelfde meetfrequentie en meetmoment wordt gehanteerd.

Elk meetpunt is op basis van de ligging in het veld geclassificeerd als zijnde oeverwal, kom, overgang, duinkopje of verstoord.

Eind 2013 zijn op locaties waar dat nodig was nieuwe palen geplaatst. Op De Hon was dit 901 (verdwenen door ijsgang), op Neerlands Reid zijn 301, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 310 en 319 vervangen. De nieuwe palen zijn 25 cm oostelijk van de eerdere palen neergezet. Bij het plaatsen zijn zowel de oude als de nieuwe palen ingemeten, waarmee per SEB een correctiefactor voor de nieuwe palen is berekend.



Figuur 3. Principe van een SEB meting: een met een meetstok wordt de afstand van de aluminium Sedimentatie-Erosie Balk tot de bodem gemeten. De SEB-balk wordt voor elke meting op twee SEB-palen gelegd die permanent in het veld staan.

2.2.2 Maaiveldhoogtes

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de pq's is in het begin van de monitoring direct met landmeetapparatuur op het midden van de pq bepaald. Sinds 1993 (de Hon 1995) wordt dit gedaan met behulp van jaarlijkse SEB-metingen, incidentele metingen van de hoogte van de SEB-palen ten opzichte van NAP en het bodemdalingsmodel GRIDS van de NAM (Piening, 2014)². Hiervoor worden altijd alleen de zomermetingen van de SEB gebruikt, om een zo stabiel mogelijke reeks te krijgen. In 2014 is een nieuwe versie van GRIDS beschikbaar gekomen die de bodemdaling met terugwerkende kracht van 1986 tot februari 2014 op elke locatie en tijdstip geeft, en die soms enkele centimeters kan afwijken van de vorige versies. Daarnaast zijn in februari 2014, voor het eerst sinds 2001, alle in gebruik zijnde SEB-palen nauwkeurig t.o.v. NAP ingemeten. Dit is uitgevoerd door Geomaat in opdracht van de NAM, als onderdeel van die waterpassing van de peilmerken die standaard elke drie jaar wordt gedaan. Vanwege deze nieuwe gegevens zijn de maaiveldhoogtes met terugwerkende kracht opnieuw berekend. Dit is gebeurd tot en met 2013, het laatste moment waarvoor de bodemdaling kon worden bepaald. Daarbij moesten enkele keuzes gemaakt worden voor welke berekening voor welk jaar toe te passen. In Bijlage D worden de berekening van de maaiveldhoogte en de gemaakte keuzes toegelicht. Uit deze berekeningen en de vergelijking van metingen van verschillende jaren wordt geschat dat de onzekerheid in de bepaling van de maaiveldhoogte tussen 2001 en 2014 in de orde van 2 tot 3 cm ligt.

² Disclaimer NAM: "The subsidence estimates are spatially correlated deformation estimates. These deformation estimates have been derived from height difference measurements (leveling, GPS) between benchmarks, mainly located onshore. Subsidence has been modeled as a continuous spatio-temporal phenomenon, and geodetic adjustment and testing techniques have been applied. An error margin of ~2 cm should be applied to account for the uncertainty in the spatially correlated deformation estimates and their difference with the benchmark movements. Additionally, the spatially correlated deformation estimates cannot unambiguously be interpreted as 'subsidence due to gas extraction', because of possible other deformation causes (e.g. a small shallow compaction component)."

De maaiveldhoogte is nu genomen als de hoogte van het maaiveld bepaald met de SEB, dus tussen de SEB-palen. Dit is afwijkend van eerdere berekeningen, waar elke keer terug werd gerekend naar de hoogte van het midden van het vegetatie-pq. In een aantal gevallen zit hier enkele cm verschil in vanwege de topografie (soms door vertrapping) van het kwelderoppervlak. Omdat de ijking van midden pq en locatie SEB uit 1993 stamt, wordt deze niet meer als actueel beschouwd en zelfs mogelijk als een bron van fouten. Daarom is elke keer voor de meest betrouwbare meting gekozen, namelijk de directe meting van het maaiveld in het midden van elk pq tot en met 1993, en afgeleid van de SEB-meting tussen 1994 en 2013.

2.2.3 Tegelmeting

Naast de SEB-metingen wordt in een aantal pq's de opslibbing ook gemeten door middel van een sedimentatieplaat, ook wel tegelmethode genoemd (Figuur 2). Deze metingen worden door het Natuurcentrum Ameland uitgevoerd door de hoeveelheid sediment boven een ondiep ingegraven tegel te meten. Deze meting geeft de bruto hoeveelheid sediment die er jaarlijks bijkomt, zonder de autocompactie van de diepere kleilaag onder de tegel (Nolte et al., 2013).

2.2.4 Kleidikte

Tijdens de ontwikkeling van een kwelder wordt een laag kweldersediment afgezet op een onderliggend zandpakket, namelijk de vroegere strandvlakte of wadplaat. In boringen is de overgang tussen zand en kleiige kwelderafzettingen meestal goed te zien, waarmee totale opslibbing van de kwelder sinds ontstaan kan worden gekwantificeerd (De Groot et al., 2011a; De Groot et al., 2011b). De kwelderafzettingen bestaan uit een mengsel van klei, silt en zand, maar worden voor het gemak meestal als kleilaag aangeduid.

Bij alle pq's is de dikte van de kleilaag gemeten aan vier zijden van het pq met een gutsje van ca. 55 cm lengte. Bij een aantal pq's bleek de kleidikte dikker dan 53 cm te zijn, zodat de werkelijke dikte van de kleilaag niet kon worden bepaald (in dat geval zijn maar twee metingen gedaan). Ook zijn zandlaagjes van minimaal 0.5 cm dikte geregistreerd, deze worden hier niet weergegeven maar als onderdeel van het kleipakket genomen. De data zijn vooral bedoeld voor het afzonderlijk te ontwikkelen sedimentatiemodel, maar ze geven ook een indruk van hoe veel sediment er sinds de ontwikkeling van de kwelder ter plaatse is afgezet. Daarnaast is de hoeveelheid autocompactie van het sediment, en daarmee de opslibbingsbalans, mede afhankelijk van de dikte van de kleilaag. De metingen worden hier voor de volledigheid gerapporteerd.

2.3 Vegetatie-opnamen in pq's

2.3.1 Reguliere opnamen

Eén keer per jaar, aan het eind van de zomer, wordt in alle pq's (2 x 2 m²) in de transecten 3 en 9 de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten opgenomen. Dit wordt gedaan volgens de '4^e Bosstatistiek' opnameschaal (Hennekens, 2009), waarin alle plantensoorten die voorkomen in de pq worden gescoord op bedekking. Ook de hoogte van de vegetatie, mate van begrazing (konijnen/hazen/ganzen en beweiding) en drainage worden genoteerd. De pq-gegevens worden volgens de SALT97 classificatie geïnterpreteerd³, tot op het niveau van soortengroepen. Vervolgens worden de pq's beoordeeld of ze successie of regressie hebben ondergaan ten opzichte van het voorafgaande jaar en de beginsituatie, of dat ze stabiel zijn. Successie, ook wel veroudering genoemd, wil zeggen dat de vegetatie is veranderd volgens de standaard reeks van ontwikkeling van pionierzone – lage kwelder – midden kwelder – hoge kwelder, of binnen een kwelderzone naar een volgende fase (bijvoorbeeld een toename van zeekweek). Regressie is een verandering in de omgekeerde richting en wordt daarom ook wel verjonging genoemd. Waar mogelijk wordt de oorzaak van de verandering aangegeven. Bij deze interpretatie worden beweidingsgegevens van Natuurcentrum Ameland gebruikt en gegevens over het neerslagoverschot en inundatiefrequentie (aangeleverd door Deltares).

De vegetatieopnamen 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 kunnen onder meerdere habitattypen vallen. Voor 2014 zijn dat de verstoorde 319 en de beweide 322 en 322, waarvan de vegetatiesamenstelling sterk reageert op jaarlijkse verschillen in lokale begrazingsdruk. Daarom zijn deze niet verder uitgewerkt. Bij de interpretatie is het belangrijk er rekening mee te houden dat de pq's een zeer kleine schaal vertegenwoordigen ten opzichte van de gehele Neerlands Reid en de Hon, en dat deze dus geen volledig oordeel kunnen geven over de kwaliteit van het hele gebied.

De geregelde en gedetailleerde vegetatieopnamen zijn noodzakelijk om de effecten van bodemdaling van die van beheermaatregelen en natuurlijke veranderingen te kunnen scheiden. Vanwege de huidige negatieve opslibbingbalans op een deel van de pq's worden alle vegetatieopnamen jaarlijks uitgevoerd. Dit is ook noodzakelijk omdat jaar-op-jaar fluctuaties in vegetatiesamenstelling vrij groot kunnen zijn door variaties in weersomstandigheden (temperatuur, neerslag, vorst, overstromingen door stormen).

2.3.2 Hermeting oude raaien

In 2014 zijn als onderdeel van een studentenonderzoek een aantal van de oude raaien weer opgenomen. Het doel hierbij was om in korte tijd een beeld te krijgen van de ontwikkeling op deze raaien, om daarmee te kunnen bepalen of het noodzakelijk is om het huidige aantal meetpunten uit te breiden. Deze vraag kan pas worden beantwoord als de opnames vergeleken worden met de meest recente vegetatiekaart, die in 2016 uitkomt. Ook kunnen de hoogtemetingen op de oude raaien gebruikt worden bij de ontwikkeling van het sedimentatiemodel, dat apart wordt gerapporteerd.

Op een deel van de oude raaien zijn vegetatie- en/of hoogtemetingen gedaan en in twee gevallen een SEB-meting. Welke metingen waar werden gedaan is gebaseerd op welke gegevens er al dan niet van de punten aanwezig waren, en of er markeringen bij stonden of niet. Alleen de pq's die op kwelder en lage duintjes lagen zijn opgenomen. De volgende opnamen zijn gedaan:

- Raai 2: hoogtemeting met RTK, drie dominante plantensoorten (201 t/m 225).
- Raai 4: hoogtemeting met RTK (402 t/m 406)

³ Intussen is ook de nieuwe SALT2008 classificatie 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.

- Raai 7: hoogtemeting met RTK (701 t/m 706), vegetatieopname zoals op raai 3 en 9 (704 t/m 706), SEB (704 en 705)
- Raai 8: hoogtemeting met RTK, drie dominante soorten (801 t/m 817).
- Raai 10 kon niet worden teruggevonden omdat de beschikbare coördinaten niet overeenkwamen met de beschrijvingen.

Deze hermetingen zijn beschreven in een stagerapport (Hemmen, 2014). Ze worden gebruikt voor het sedimentatiemodel en/of voor de vergelijking met de 2016 vegetatiekaart, en worden daarom hier verder niet behandeld.

2.4 Overig

Gegevens over de begrazingsdruk door vee en ganzen worden via het Natuurcentrum Ameland geleverd. Deze zijn voor 2014 nog niet beschikbaar.

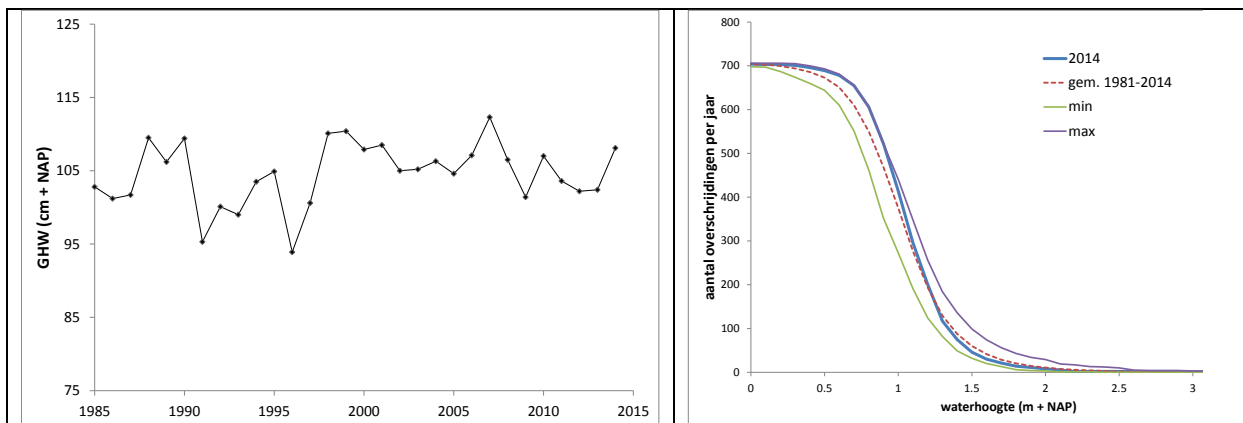
Gegevens van neerslag (Nes, Ameland) en verdamping (Lauwersoog) worden door Deltares geleverd op basis van gegevens van het KNMI. Het neerslagoverschot voor het groeiseizoen is bepaald door de potentiële verdamping van maart tot en met augustus af te trekken van de neerslag in diezelfde periode.

Waterstanden van station Nes (Ameland) komen van Waterbase (live.waterbase.nl) van Rijkswaterstaat. Overschrijdingskansen zijn door Deltares berekend. De gemeten waterstanden bij Nes geven slechts een algemene indruk van de overstroming van de kwelder: door de lokale waterstroming kan het werkelijke getij op Neerlands Reid en de Hon, en zelfs binnen beide kwelders, afwijken. Holwerd ontvangt ook water uit een ander zeegat dan de oostpunt van Ameland, en op het ondiepe gebied met veel bodemwrijving kan er flinke vertraging van de getijgolf optreden. Op de kwelder zelf zorgt de topografie van krekens en kwelderoppervlak voor verschillen in inundatiefrequentie. Hoe veel het totale effect is kan alleen gebaseerd worden op metingen op de kwelder zelf

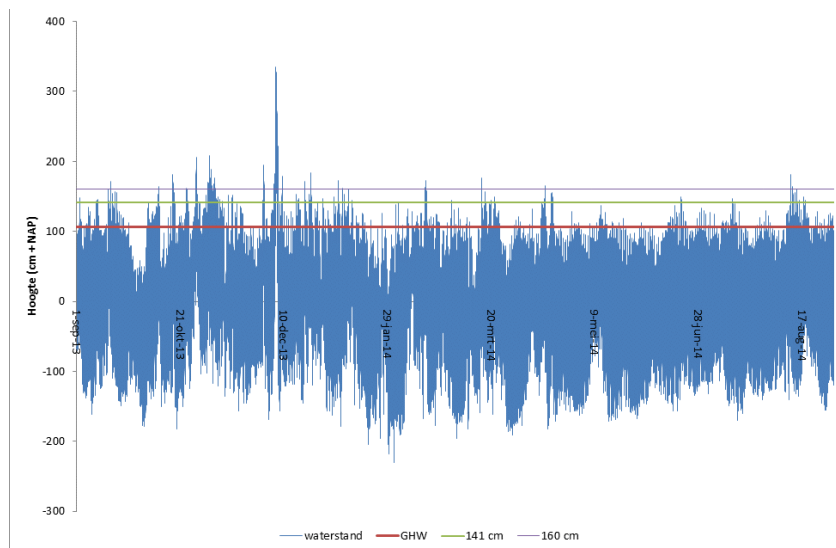
3 Resultaten

3.1 Waterstanden

Het gemiddeld hoog water van 2014 is hoger dan de afgelopen paar jaar, maar niet extreem (Figuur 4). Waterhoogtes tussen GHW (van +106 cm NAP) en +120 cm NAP kwamen vaker voor dan gemiddeld, waterhoogtes daarboven minder vaak dan gemiddeld (Figuur 4). De kwelder ligt tussen ongeveer GHW en +220 cm NAP, dus de lagere delen waren vaker dan gemiddeld overstroomd en de hogere delen minder. De lagere delen van de kwelder (tussen GHW en gemiddeld +141 cm NAP, Dijkema et al., 2011) zijn geregeld overstroomd geweest. De midden kwelder (met de ondergrens rond +141 cm NAP) is met name tijdens de herfst- en wintermaanden overstroomd geweest, en in augustus 2014 (Figuur 5). De hoge kwelder is circa 25 keer geheel of gedeeltelijk overstroomd geweest. Tijdens de Sinterklaasstorm van 5 en 6 december 2014 stond de hele kwelder onder water.



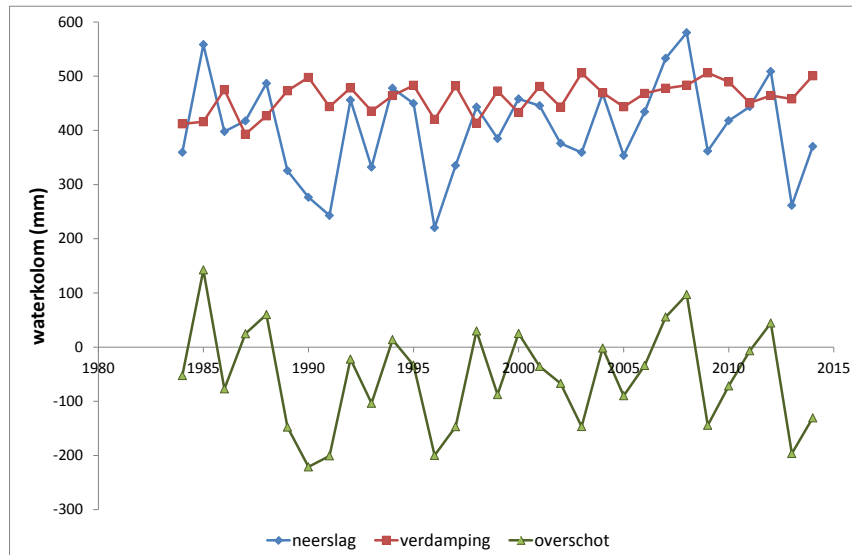
Figuur 4. Jaargemiddelde hoogwater van 1960-2014 op basis van RWS-data voor Nes en overschrijdingen van waterstanden.



Figuur 5. Gemeten waterstanden bij Nes (Ameland) van september 2013 tot september 2014, de tijd tussen de zomer-SEB-metingen van 2013 en 2014. Data: Waterbase Rijkswaterstaat. De rode lijn is Gemiddeld Hoogwater wat globaal de ondergrens van de kwelder is (+106 cm NAP), de groene lijn (+141 cm NAP) is de ondergrens van de midden kwelder, en de paarse lijn (+160 cm NAP) de ondergrens van de hoge kwelder.

3.2 Neerslag en verdamping

In 2014 was in het groeiseizoen (maart – augustus) de verdamping groter dan de neerslag, dat wil zeggen een neerslagtekort. Dit kan van invloed zijn op de mate van inklink (al is er voor Ameland tot nu toe geen relatie gevonden, De Groot et al., 2014) en de ontwikkeling van de vegetatie.



Figuur 6. Neerslag, verdamping en neerslagoverschot in het groeiseizoen (maart t/m augustus) vanaf 1984. Data: KNMI.

3.3 Opslibbing (SEB) en maaiveldhoogte

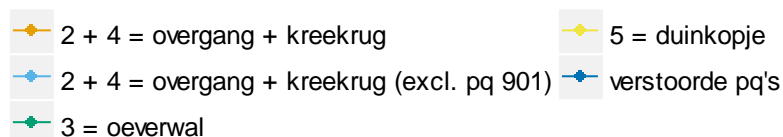
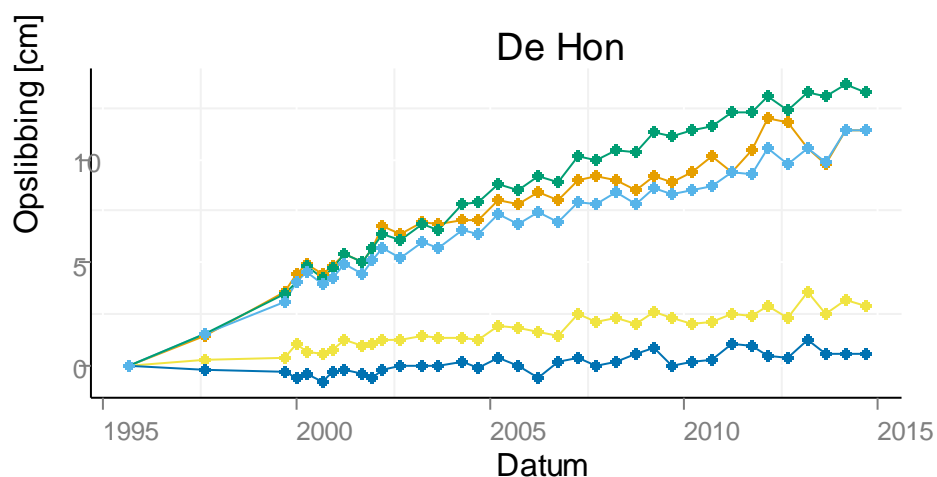
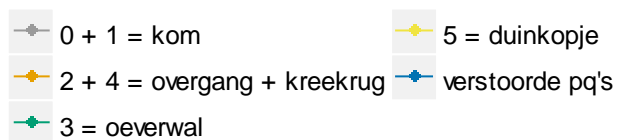
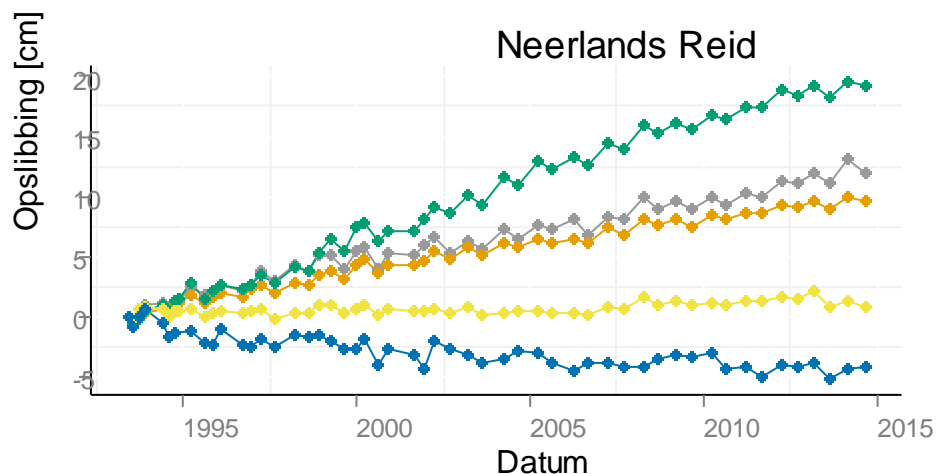
3.3.1 Opslibbing

Alle SEBs waren in 2014 in goede staat aanwezig. De cumulatieve netto opslibbing gemeten met de SEBs vertoont op de meeste plaatsen het normale patroon van opslibbing in de winter en enige klink in de zomer, waarbij er netto opslibbing is ten opzichte van het jaar ervoor (Figuur 7 en Bijlage B). De winteropslibbing was hoog vanwege een aantal stormvloed(en) (zie ook paragraaf 3.1): gemiddeld 0.5 cm op de Hon (zonder de pionierzone) en gemiddeld 1.2 cm op Neerlands Reid. In september was de netto opslibbing sinds de zomer van 2013 0.2 cm op de Hon (zonder pionierzone) en 0.7 cm op Neerlands Reid. Hoewel de bodem hard en uitgedroogd was, wat sterke klink zou kunnen veroorzaken, is er op de meeste plaatsen netto sediment bijgekomen. Alleen de duinkopjes op Neerlands Reid en de verstoorde pq's⁴ op de Hon hebben onvoldoende sediment gekregen om compactie van het sediment te compenseren. Relatieve verschillen in overstromingsfrequentie tussen hoge en lage kwelder (zie 3.1) zijn niet zichtbaar in opslibbingstrends van de betreffende pq's.

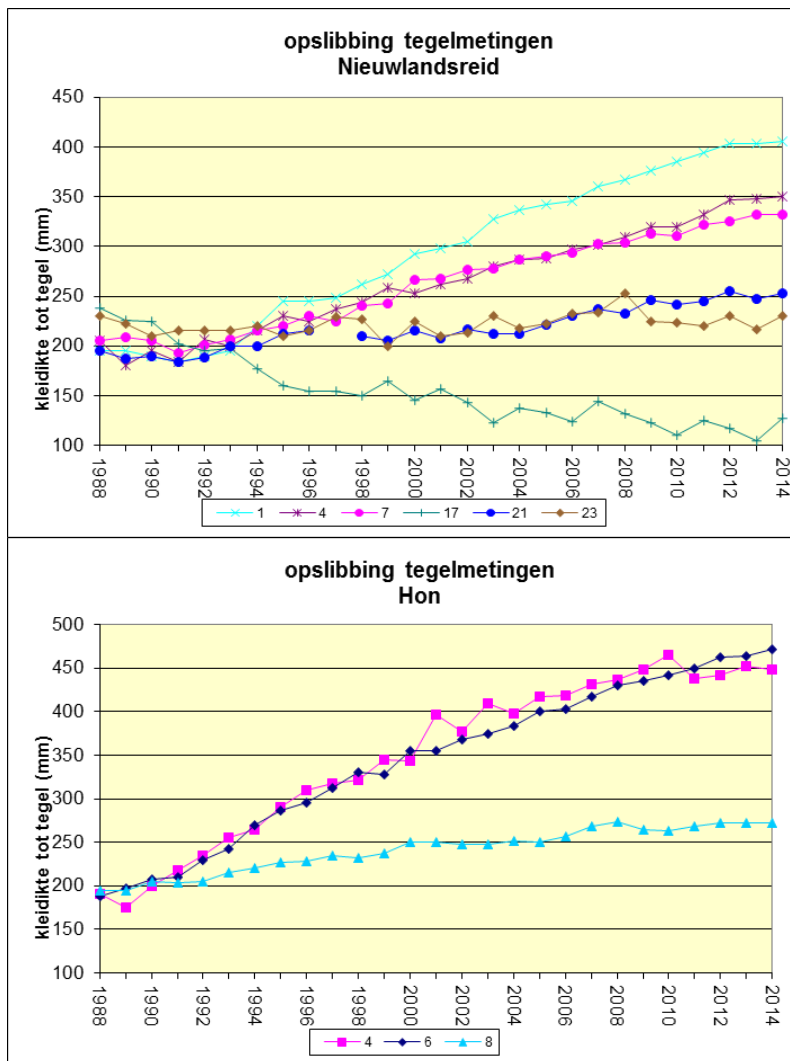
De tegelmetingen laten over het algemeen het zelfde patroon zien als de SEB-metingen (Figuur 8). Kleine afwijkingen tussen de twee methoden zoals hier gevonden zijn te verwachten, omdat de tegel en de SEB niet exact op dezelfde plek liggen, er door vegetatie altijd microtopografie aanwezig is, en omdat de plaat mee kan zakken als de bodem inklinkt (Nolte et al., 2013).

Het ruimtelijke beeld van de opslibbing langs de twee raaien is gegeven in Bijlage C. Dit beeld is de afgelopen jaren niet veranderd.

⁴ Een pq kan op verschillende manieren verstoord raken, bijvoorbeeld door ondergraving door een kreek, door vertrapping door vee, of door afdamming van een kreek zodat een meertje ontstaat.



Figuur 7. Cumulatieve netto opslibbing door de tijd voor Neerlands Reid (boven) en de Hon (onder) tot en met zomer 2014, op basis van de SEBs en niet gecorrigeerd voor bodemdaling. Vanwege het ontbreken van 901 in 2013 is bij de Hon ook een doorlopende serie van overgang-kreekrug gemaakt waar 901 (met bovengemiddelde opslibbingssnelheden) uit is gelaten.



Figuur 8. Opslibbing op tegels (platen). Op Neerlands Reid liggen de platen op transect 3 naast de pq's 301, 304, 307, 317, 321 en 322. Op de Hon zijn het pq's 904, 906 en 908 (data: Natuurcentrum Ameland).

3.3.2 Maaiveldhoogte

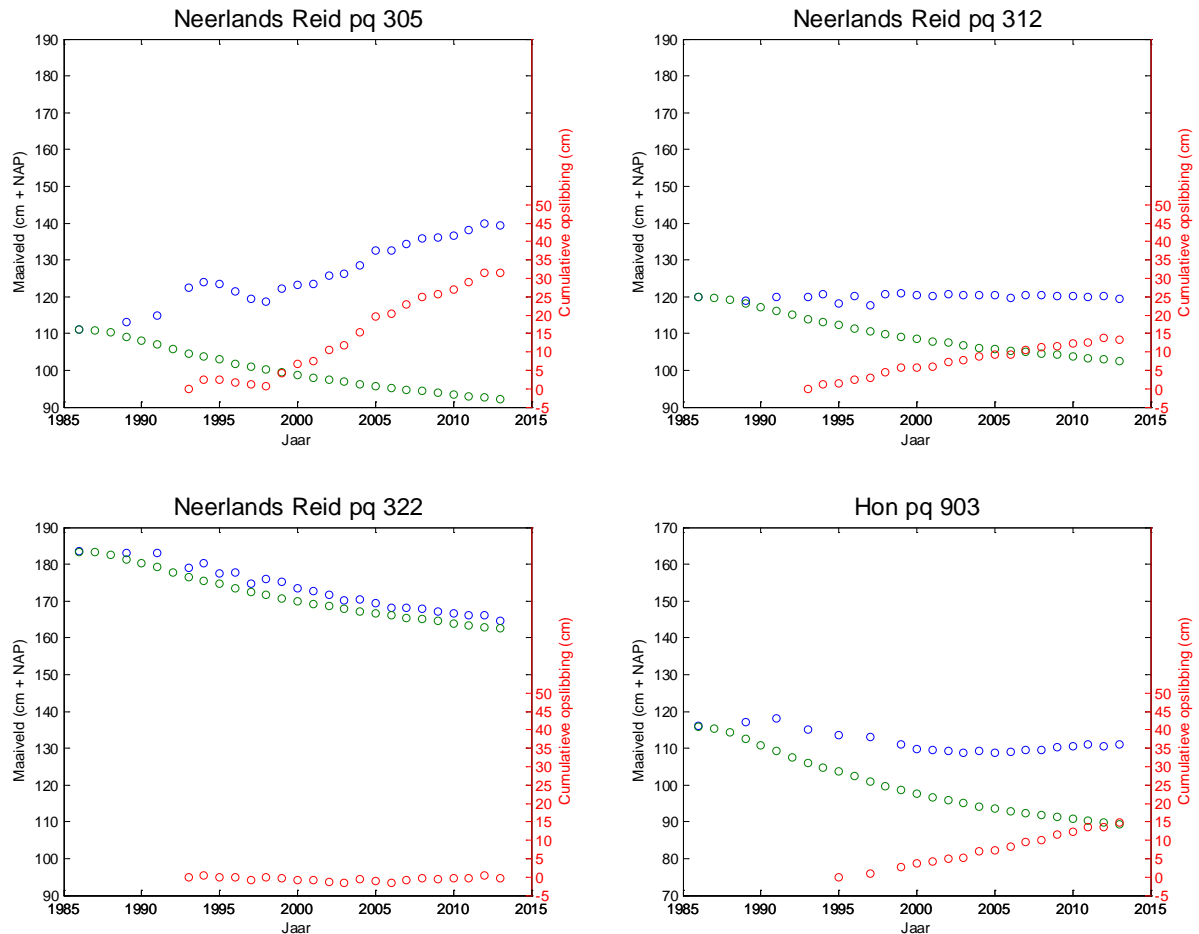
De ontwikkeling van de maaiveldhoogte is weergegeven voor een aantal pq's in Figuur 9 en voor alle pq's in Bijlage E. Bij de interpretatie is het van belang dat: 1) door het verschuiven van meetpunt rond 1993/1995 (van het midden van de pq naar de SEB-palen) daar soms een sprong in de meting is, en 2) de metingen tot 1993 een grotere onzekerheid hebben dan de SEB-metingen van na 1993. De getallen wijken soms af van eerdere rapportages (Dijkema et al., 2011) door veranderingen in berekeningsmethoden en bodemdalingsgegevens (zie ook Bijlage D).

Op Neerlands Reid stijgt het maaiveld in de pq's 301, 305, 308 en 310, wat betekent dat de opslibbing groter is dan de bodemdaling. Deze pq's liggen allemaal op een oeverwal, direct naast een kreek van eerste of tweede orde. De maaiveldhoogte blijft min of meer gelijk in de pq's 302, 303, 304, 306, 309, 312, 313 en 314, terwijl 307, 311, 314, 315 licht dalen. Deze liggen allemaal in de buurt van een kreek, maar net iets verder weg. Hoe groter de kreek, hoe breder de oeverwallen en hoe verder een pq van de kreek kan liggen om nog veel sediment te ontvangen. Het maaiveld daalt duidelijk in de pq's die noordelijker en hoger op Neerlands Reid liggen, verder weg van krekken: 317 tot en met 324.

Op de Hon zijn er geen pq's waar de maaiveldhoogte stijgt. Op 901, 903, 904 en 906 blijft het maaiveld min of meer stabiel, en op alle andere pq's daalt het maaiveld. De bodemdaling op De Hon is groter dan

op Neerlands Reid, wat een deel van het achterblijven verklaart. Daarnaast liggen de pq's op de Hon meer verspreid over de kwelder, zodat grote opslibbing naast een kreek minder vaak in de pq's voorkomt.

In veel gevallen is het maaiveld van 2013 duidelijk lager dan dat van 2012. Dit heeft waarschijnlijk te maken met sterke klink door uitdroging. Op basis van de SEB-gegevens is het vermoeden dat het maaiveld in 2014 weer het normale patroon volgt, maar omdat de bodemdalingsgegevens nog niet beschikbaar zijn, kan dit niet met zekerheid worden gezegd.



Figuur 9. Ontwikkeling van maaiveldhoogte (blauw, linker y-as), maaiveldhoogte zonder opslibbing (groen, linker y-as) en opslibbing (rood, rechter y-as) sinds 1986 voor een aantal voorbeeldlocaties: stijgend maaiveld in pq 305, gelijkblijvend maaiveld in pq 312, dalend maaiveld in pq 322, en pq 903 waar met afnemende bodemdalingssnelheid de maaiveldhoogte weer licht gaat stijgen. De volledige set figuren staat in Bijlage E.

3.3.3 Algemene observaties geomorfologie

In de winter van 2014 werd op Neerlands Reid veel uitschuring van kleinere kreek en opvulling van de Oerdsloot waargenomen. Wel is de Oerdsloot aan het eroderen in de buitenbochten met verse kliffen.

De afslag van de kwelderrand is in ieder geval tussen de Oerdblinkert en raai 9 doorgegaan. Pq 704 ligt nu op de kwelderrand en alle pq's 801 t/m 808 liggen nu op het wad (locaties raaien zie Figuur 1).

In de winter van 2013 was er een ophoping van zand langs de zuidostrand van de Hon ontstaan. Deze was in 2014 deels weer weg, maar er is een drempel overgebleven in een aantal kreek waar deze op het wad uitmondten (Figuur 10). Dit zou een effect kunnen hebben op de ontwatering en daarmee de vegetatieontwikkeling van het oostelijke deel van de Hon, die optelt bij de effecten van de bodemdaling. In dit deel van de Hon liggen geen pq's, zodat de zesjaarlijkse RWS vegetatiekartering moet uitwijzen of er veranderingen zijn opgetreden.

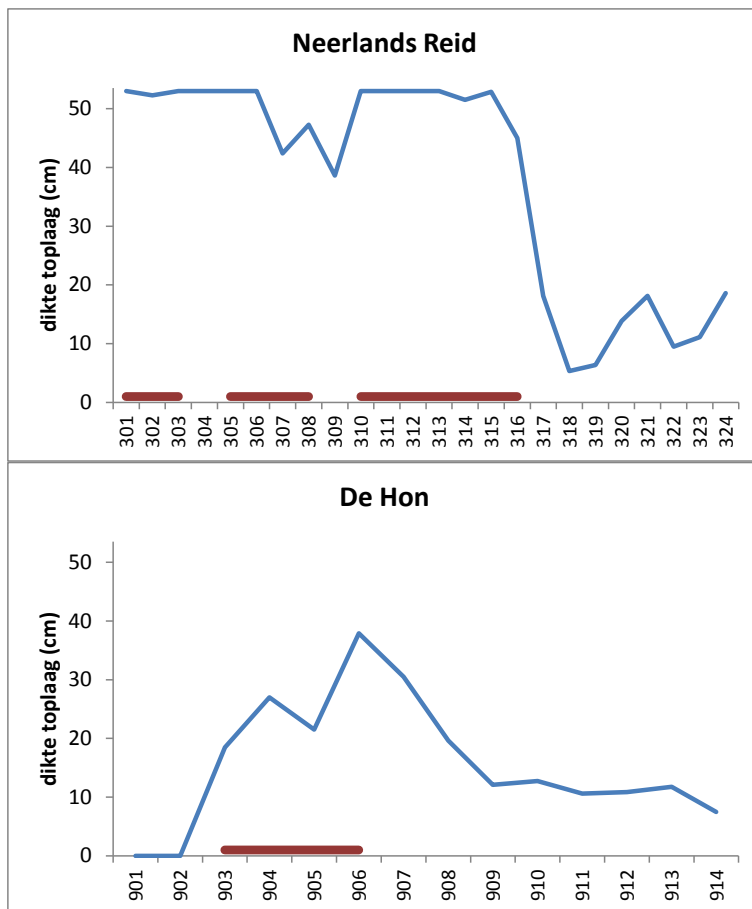


Figuur 10. Drempel in de uitstroomopening van een kreek op de oostzijde van de Hon.

3.3.4 Kleidikte

De samenstelling van het kweldersediment varieert tussen de pq's. Op de oeverwallen (Figuur 11) komen veel zand- en siltlaagjes voor en is het sediment gemiddeld zandiger dan op de rest van de kwelder. Op het beweide Neerlands Reid was de bodem sterk uitgedroogd, terwijl op de onbeweide Hon de bodem vochtig was. Dit kan eventuele verschillen in compactie verklaren.

De dikte van de laag kweldersediment ('toplaag' in Figuur 11) varieert op Neerlands Reid van circa 5 cm (in de hoger en verder van het wad gelegen pq's 318 en 319) tot meer dan 53 cm. De dikkere lagen zijn in veel gevallen gerelateerd aan oeverwallen. De kleilaag op de Hon is ook dicht bij het wad veel dunner dan die op Neerlands Reid. Dit komt omdat de Hon jonger is, en de kleilaag dus korter de tijd heeft gehad om op te bouwen. De relatie tussen kleidikte en oeverwallen is hier minder duidelijk.

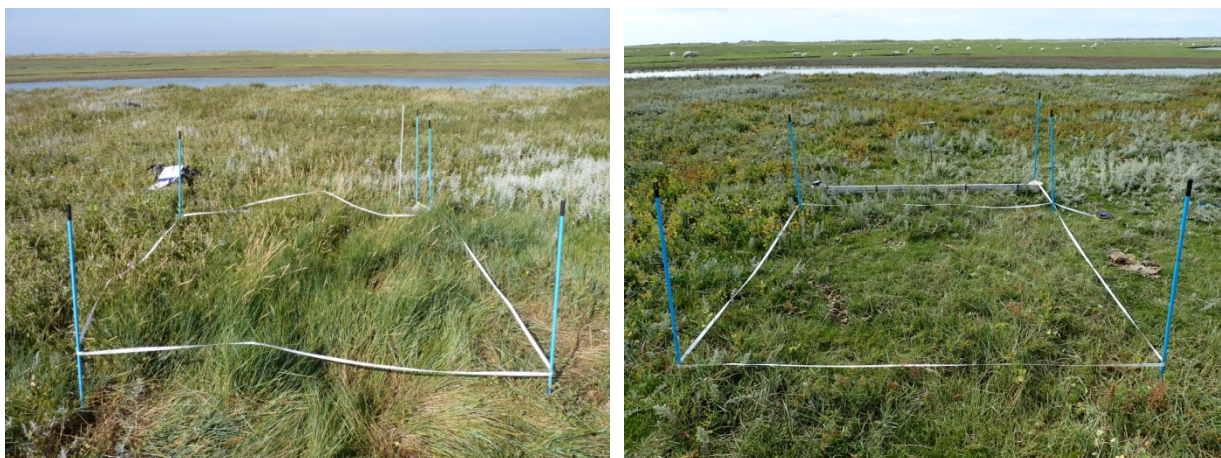


Figuur 11. Kleidikte ter plaatse van de pq's, gemiddeld over 4 waarnemingen per pq. Een waarde van 53 cm geeft de ondergrens van de dikte op die plaats aan: de guts was niet lang genoeg om de gehele bovenlaag te bemonsteren. De rode lijn onderin de grafiek geeft weer welke pq's op een oeverwal liggen.

3.4 Vegetatie

3.4.1 Ontwikkelingen in de pq's

Vijftien van de 38 pq's hebben tussen 2013 en 2014 een verandering ondergaan in SALT97 vegetatietype (Figuur 13 en Figuur 14). Dit past bij de natuurlijke dynamiek in kweldervegetatie. Al had 2014 geen extreem droog groeiseizoen (Figuur 6), de bodem van Neerlands Reid was tijdens de opnamen sterk uitgedroogd en de planten waren over het algemeen klein en vroeg uitgebloeid. Gewone zoutmelde (*Atriplex portulacoides*) was nog niet hersteld van afname door vorstschade in eerder jaren, en ook Spiesmelle (*Atriplex prostrata*), Melkkruid (*Glaux maritima*) en Rood zwenkgras (*Festuca rubra*) deden het minder goed dan andere jaren. Daarentegen waren Zulte (*Aster tripolium*) en Klein schorrenkruid (*Suaeda maritima*) beter ontwikkeld dan andere jaren, de laatste ook al in 2013. Verder volgde uit veldbezoek in oktober 2013 en februari 2014 de indruk dat Neerlands Reid ter plaatse van raai 3 vrij intensief en tot laat in het seizoen is beweid, gezien de sterke vertrapping. In 2014 werden de paarden ter hoogte van raai 3 eerder in het jaar ingeschaard dan in 2013, en waren al tijdens de opnameperiode aanwezig. Paarden en koeien hebben verschillende graas- en activiteitspatronen (Nolte, 2014). Sommige pq's waren daardoor voor het eerst sinds jaren weer kort afgegraasd (met name 311, 315 (Figuur 12), 316, 319 en 320), andere waren juist veel minder begraasd en vertrapt (323 en 324). Dit kan effect hebben op de verhouding tussen de plantensoorten op het pq.



Figuur 12. Voorbeeld van het effect van verschillen in begrazing op de vegetatie: pq 315 in 2013 (links) en in 2014 (rechts).

Drie pq's hebben **successie** ondergaan sinds 2013 (Figuur 13, Figuur 14):

- 301 door toename *E. atherica* ten koste van *F. rubra*, waarmee deze pq weer het zelfde type heeft als in 2012. Deze schommeling is mogelijk een effect van beweiding.
- 323 door afname van *E. atherica* in een soortenrijk pq, waarschijnlijk ook als gevolg van variaties in beweidingdruk.
- 907 door afname van *A. portulacoides* veranderd van lage naar middenkwelder.

Regressie vond plaats op vier pq's:

- 308, 310 en 906 door toename van *Suaeda maritima* ten koste van *A. portulacoides* en *A. prostrata*. Deze pq's zitten in de classificatie op de rand van midden en lage kwelder maar met veel pioniersoorten, en het toegekende vegetatietype is dus gevoelig voor jaarlijkse schommelingen in vegetatiebedekking.
- 307: de classificatie geeft regressie van midden naar lage kwelder, maar dit kan ook te maken hebben met het feit dat de zeer kort afgegraasde grassen moeilijk te onderscheiden zijn.

Veranderingen in de andere pq's zijn allemaal binnen de kwelderzone of hangen samen met het verstoord zijn (stagnerend water, vertrapping) van die pq's. Het algemene beeld van de ontwikkeling in de pq's door de loop van de tijd is nog steeds successie of een stabiele situatie (Figuur 13, Figuur 14).

	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324
1986	Pp	Qu	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jf	P	Qu	Ss5	Jfz	Pps	P	Pp	Pp	Jf	Jf	~	Rgv	Jf-r	Jf	Xy3*	Xy5r	Rm
1989	Pp	Qu	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jj	Pp-u	Qu	P	Jf	Ss3	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	~	Rgv	Jf-r	Jj*	Rgf	Xy5	Rm
1991	Pp	Qu	Pp	Qq3	Qq3	Pp	Jj	Qq3	Qu	Qu	Jfz	Ss3	P	Pp	Jfz	Pf*	Jj	~	Xy3	Jf	Jj	Rgf	Xy5	Rm
1993	Pp	Qu	Pf	Qq3	Qq3	Pp	Jf	Qq3	Qu	Qu	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Jf	Jj	~	Xy5	Jf	Jf	Rgf	Xy5	Rm
1995	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq0	Pp	Jf	Qq3	Qu	Qu	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Jf	Jj	~	Xy5	Jf	Jj	Rgf	Xy5	Rm
1997	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq0	Pp	Jf	Qq3	Qu	Pp-u	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Jf	Jj	~	Xy5	Xy3	Jj	Rgf	Xy5	Rm
2000	Pp	Pp	Jfz	Qq3	Qq3	Jfz	Jfz	Pp	*	Pp	Jfz	Qq3	P	Pp	Jf	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy3*
2001	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Pp	*	Pp	Jf	P	P	Pp	Xx5	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5r	Xy3*
2002	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq3	Pp-b	Jfz	Qu*	*	Pp	Jfz	Qu	Qu	Pp	Jf	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5r	Xy5r
2003	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jf	Pp	*	Pp	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5r	Xy5r
2004	Jfz	Qu	Jf	Qq3	Qu	Pp-u	Xx5	Pp	*	Qu*	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy5r
2005	Jfz	Pp-u	Jf	Qq3	Qu	Pp	Jf	Pp	*	Qu*	Jfz	P	Qu	Pp	Pp	Jf	Jj	*	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2006	Jfz	Qu*	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jf	Ph3*	Qq3	Ph5	Jf	P	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	P	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2007	Jfz	Qu*	Jf	Qq3	Qu	Pp-u	Jf	Ph5	Qq0	Ph5	Jf	Ph5	Ph3	P	Pp	Jf	Jj	P	Xy5	Xy3	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2008	Jfz	Qu*	Jf	Qu	Qu	Pp-u	Jfz	Ph5	*	Ph5	Jf	Ph5	Qu*	Qu*	Qu*	Qu*	Jj	*	Xy5	Xy3	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2009	Jf	Qu*	Jf	Qu	Pp-u	Pp-u	Jfz	Ph5	Qq0	Ph5	Jf	Ph5	Ph5	P	Qu*	Jfh	Jj	*	Xy3	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Rm
2010	Jf	Qu*	Jf	Qu	Pp-u	Pp	Jf	Ph3	Qu	Ph3	Jf	Ph5	Ph5	Jfh	Jfh	Jfh	Jj	*	R*	Xy5	Jj	Rgf	Xy3*	Jfm*
2011	Xy5	Ph3	Jf	Qu	Pp	Pp	Jf	Ph3	Qu	Ph3	Jf	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jfh	Jj	*	R*	Xy5	Jj	Rgf	Xy3*	Xy3
2012	Xy5	Ph3	Jf	Qq3	Pp	Pp	Jf	Ph5	Qu	Ph3	Jf	Ph5	Ph3	Ph3	Xy3	Jfh	Pp	*	R*	Xy5	Jj	Rg*	Xy3	Jfm*
2013	Xy3	P	Jf	P	Pp	Pp	Jf	Xx5	Qq3	Xx5	Jf	Ph3	Qq3	Jfz	Xy3	Jf	Pp	*	R*	Xy5	Jj	R*	Xy3	Jf
2014	Xy5	Qu	Jf	P	Pp	Pp	Pp	Qu	Qq3	Qu	Jfz	Ph3	Pp	Jfz	Xy3	Jf	Pp	~	Rg	Xy3	Jf	R*	Rgn	Jjm

- 42 hoge en brakke kwelder
- 41 hoge kwelder
- 33 midden kwelder met hoge-kweldersoorten
- 32 midden kwelder met *Elytrigia atherica* 32 *E. atherica* dominant
- 31 midden kwelder
- 21 lage kwelder
- 22 lage kwelder met pioniersoorten
- 12 pionierzone
- 11 pre-pionierzone
- kaal

Figuur 13. Overzicht van de vegetatietypen op de pq's op Neerlands Reid door de tijd. De codes zijn de SALT97-codes, de nummers in de legenda de codes van de zones zoals deze in SALT97 worden gebruikt.

	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914
1986	Qq3	Qq3	P	Pp	Jf	Pl3	Jf	Jf	Jf	Jf	Pl3	Jf	R*	Cr
1989	Qq0	Qq3	Pp	Pp	Jf	Pl3	Jf	Jfl	Jf	Jf	Pp-u	Jf	Jf	Cc*
1991	Qq0	Ss3	Pp	Ppl	Jfl	Pl3	Jf	Pp	Jf	Jf	P	Jfl	Jf	Cc*
1993	Qq0	Ss3	Pp	Pp-lu	Jf	Pl3	Jf	Pp	Jf	Jf	*	Jf	Jf	Xy3
1995	Qq0	Qq3	P	Ppl	Jf	Pl3	Jf	Ppl	Jf	Jfl	*	Jfl	Xy5	Xy5
1997	Qq0	Qq3	P	Qu*	Jf	Qu*	Qu	Qu*	Jf	Pp-lu	~	Jfl	Xy5	Xy5
2000	Qq3	Qq3	Pp-lu	Ph5	Jf	Ph5	Jfz	Ph3*	Jf	Jfl	Qq3	Jfl	Xy5	Xy5
2001	Qq3	Qu	Pl3	Ph5	Jf	Ph5	Jf	Ph3*	Jf	Jfl	Qq3	Jfl	Xy5	Xy5
2002	Qu	Qq3	Pl3	Ph5	Jfh	Ph3*	Qu*	Qu*	Jf	Jfl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy3
2003	~	Qq3	Pl3	Ph5	Jfh	Ph5	Xx5	Ph3*	Jf	Jfl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2004	Qq0	~	Ph3	Ph5	Xy5	Ph5	Qu*	Ph5	Jf	Jfl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2005	Qq3	Qu	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Xx5	Ph5	Jf	Jjl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2006	Qq3	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jjl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2007	Ss0	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jjl	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2008	Qq0	Qq0	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Jf	Jjl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5
2009	Ss0	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Jf	Jjl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2010	Ss3	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jjl	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2011	Ss3	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy5	Jjl	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2012	Ss3	Qu	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy5	Ppl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5
2013	#	Qq3	Ph5	Xy5	Xy5	Xx5	Ph5	Ph5	Xy5	Ppl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5
2014	Ss0	Qq3	Ph5	Xy5	Xy5	Qu	Jfh	Ph3	Xy5	Ppl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5

Figuur 14. Overzicht van de vegetatietypen op de pq's op de Hon door de tijd. Legenda zie Figuur 13

3.4.2 Natura 2000 habitattypen

De indeling van de pq's volgens de N2000 habitattypen is weergegeven in Figuur 15. Ze vallen onder H1310A (Zilte pionierbegroeiing zeekraal), H1320 (Slijkgrasvelden) en H1330A (Schorren en zilte graslanden (buitendijks)). Een deel van de vegetaties op de hoge kwelder en rand van de duinvoet (de SALT97 typen beginnend met R) kan onder verschillende habitattypen vallen. In die gevallen is het beter om naar de onderliggende vegetatietypen te kijken zoals in de vorige paragraaf is gedaan. In 2014 zijn een aantal pq's van H1330A naar H1310A veranderd (302, 308, 309, 310, 906). Dit zijn vegetaties die karakteristieken van meerdere kwelderzones vertonen (zie boven), en in de habitatindeling tot de pionierzone worden gerekend in plaats van tot de lage kwelder. Dit kunnen jaarlijkse schommelingen zijn, of het begin van regressie. Voortgaande monitoring moet dat uitwijzen.

	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324
1986	Pp	Qu	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jf	P	Qu	Ss5	Jfz	Pps	P	Pp	Pp	Jf	Jf	~	Rgv	Jf-r	Jf	Xy3*	Xy5r	Rm
1989	Pp	Qu	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jj	Pp-u	Qu	P	Jf	Ss3	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	~	Rgv	Jf-r	Jf*	Rgf	Xy5	Rm
1991	Pp	Qu	Pp	Qq3	Qq3	Pp	Jj	Qq3	Qu	Qu	Jfz	Ss3	P	Pp	Jfz	Pf*	Jj	~	Xy3	Jf	Jj	Rgf	Xy5	Rm
1993	Pp	Qu	Pf	Qq3	Qq3	Pp	Jf	Qq3	Qu	Qu	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Jf	Jj	~	Xy5	Jf	Jf	Rgf	Xy5	Rm
1995	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq0	Pp	Jf	Qq3	Qu	Qu	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Jf	Jj	~	Xy5	Jf	Jj	Rgf	Xy5	Rm
1997	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq0	Pp	Jf	Qq3	Qu	Pp-u	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Jf	Jj	~	Xy5	Xy3	Jj	Rgf	Xy5	Rm
2000	Pp	Pp	Jfz	Qq3	Qq3	Jfz	Jfz	Pp	*	Pp	Jfz	Qq3	P	Pp	Jf	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy3*
2001	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jfz	Pp	*	Pp	Jf	P	P	Pp	Xx5	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5r	Xy3*
2002	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq3	Pp-b	Jfz	Qu*	*	Pp	Jfz	Qu	Qu	Pp	Jf	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5r	Xy5r
2003	Pp	Pp-u	Jfz	Qq3	Qq3	Pp	Jf	Pp	*	Pp	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5r	Xy5r
2004	Jfz	Qu	Jf	Qq3	Qu	Pp-u	Xx5	Pp	*	Qu*	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	~	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy5r
2005	Jfz	Pp-u	Jf	Qq3	Qu	Pp	Jf	Pp	*	Qu*	Jfz	P	Qu	Pp	Pp	Jf	Jj	*	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2006	Jfz	Qu*	Jf	Qq3	Qq3	Pp	Jf	Ph3*	Qq3	Ph5	Jf	P	Qq3	Pp	Pp	Jf	Jj	P	Xy5	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2007	Jfz	Qu*	Jf	Qq3	Qu	Pp-u	Jf	Ph5	Qq0	Ph5	Jf	Ph5	Ph3	P	Pp	Jf	Jj	P	Xy5	Xy3	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2008	Jfz	Qu*	Jf	Qu	Qu	Pp-u	Jfz	Ph5	*	Ph5	Jf	Ph5	Qu*	Qu*	Qu*	Qu*	Jj	*	Xy5	Xy3	Jj	Rgf	Xy5	Xy5
2009	Jf	Qu*	Jf	Qu	Pp-u	Pp-u	Jfz	Ph5	Qq0	Ph5	Jf	Ph5	Ph5	P	Qu*	Jfh	Jj	*	Xy3	Xy5	Jj	Rgf	Xy5	Rm
2010	Jf	Qu*	Jf	Qu	Pp-u	Pp	Jf	Ph3	Qu	Ph3	Jf	Ph5	Ph5	Jfh	Jfh	Jfh	Jj	*	R*	Xy5	Jj	Rgf	Xy3*	Jfm*
2011	Xy5	Ph3	Jf	Qu	Pp	Pp	Jf	Ph3	Qu	Ph3	Jf	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jfh	Jj	*	R*	Xy5	Jj	Rgf	Xy3*	Xy3
2012	Xy5	Ph3	Jf	Qq3	Pp	Pp	Jf	Ph5	Qu	Ph3	Jf	Ph5	Ph3	Ph3	Xy3	Jfh	Pp	*	R*	Xy5	Jj	Rg*	Xy3	Jfm*
2013	Xy3	P	Jf	P	Pp	Pp	Jf	Xx5	Qq3	Xx5	Jf	Ph3	Qq3	Jfz	Xy3	Jf	Pp	*	R*	Xy5	Jj	R*	Xy3	Jf
2014	Xy5	Qu	Jf	P	Pp	Pp	Pp	Qu	Qq3	Qu	Jfz	Ph3	Pp	Jfz	Xy3	Jf	Pp	~	Rg	Xy3	Jf	R*	Rgn	Jjm

H1330/H0000	hoge kwelder/duinvoet
H1330a	Schorren en zilte graslanden buitendijks
H1320	Slijkgrasvelden
H1310a	Zilte pionierbegroeiingen
	rompgemeenschappen: niet toegekend

	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914
1986	Qq3	Qq3	P	Pp	Jf	Pl3	Jf	Jf	Jf	Jf	Pl3	Jf	R*	Cr
1989	Qq0	Qq3	Pp	Pp	Jf	Pl3	Jf	Jfl	Jf	Jf	Pp-u	Jf	Jf	Cc*
1991	Qq0	Ss3	Pp	Ppl	Jfl	Pl3	Jf	Pp	Jf	Jf	P	Jfl	Jf	Cc*
1993	Qq0	Ss3	Pp	Pplu	Jf	Pl3	Jf	Pp	Jf	Jf	*	Jf	Jf	Xy3
1995	Qq0	Qq3	P	Ppl	Jf	Pl3	Jf	Ppl	Jf	Jfl	*	Jfl	Xy5	Xy5
1997	Qq0	Qq3	P	Qu*	Jf	Qu*	Qu	Qu*	Jf	Pplu	~	Jfl	Xy5	Xy5
2000	Qq3	Qq3	Pplu	Ph5	Jf	Ph5	Jfz	Ph3*	Jf	Jfl	Qq3	Jfl	Xy5	Xy5
2001	Qq3	Qu	Pl3	Ph5	Jf	Ph5	Jf	Ph3*	Jf	Jfl	Qq3	Jfl	Xy5	Xy5
2002	Qu	Qq3	Pl3	Ph5	Jfh	Ph3*	Qu*	Qu*	Jf	Jfl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy3
2003	~	Qq3	Pl3	Ph5	Jfh	Ph5	Xx5	Ph3*	Jf	Jfl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2004	Qq0	~	Ph3	Ph5	Xy5	Ph5	Qu*	Ph5	Jf	Jfl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2005	Qq3	Qu	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Jf	Jjl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2006	Qq3	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jjl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2007	Ss0	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jjl	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2008	Qq0	Qq0	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Jf	Jjl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5
2009	Ss0	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Jf	Jjl	Qq0	Jfl	Xy5	Xy5
2010	Ss3	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy3	Jjl	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2011	Ss3	Qq3	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy5	Jjl	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2012	Ss3	Qu	Ph5	Ph5	Xy5	Ph5	Ph5	Ph5	Xy5	Ppl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5
2013	#	Qq3	Ph5	Xy5	Xy5	Xx5	Ph5	Ph5	Xy5	Ppl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5
2014	Ss0	Qq3	Ph5	Xy5	Xy5	Qu	Jfh	Ph3	Xy5	Ppl	Ss3	Jfl	Xy5	Xy5

Figuur 15. Indeling van pq's in N2000 habitattypen voor Neerlands Reid (boven) en de Hon (onder). Codes geven de SALT97 vegetatietypen weer, de kleuren de habitattypen.

Aan de kwaliteitseisen van de drie dominante habitattypen wordt voldaan, voor zover dat met de pq's kan worden vastgesteld (Tabel 1). Ook komen alle constante plantensoorten ruimschoots voor in de opnamen die een goede abiotische toestand en goede biotische structuur vertegenwoordigen van H1310_A en H1330_A. Klein slijkgras, karakteristiek voor H1320, komt mogelijk niet meer voor in Nederland en dus ook in op de pq's op Ameland.

Tabel 1. Kwaliteitseisen aan de drie dominant voorkomende habitattypen op Neerlands Reid en de Hon (overgenomen uit N2000 profielendocumenten⁵).

kwaliteitseis	aan voldaan?
H1310_A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	
Voorkomen constante soorten vaatplanten die indicatie zijn voor goede abiotische toestand en goede biotische structuur.	Ja.
Bedekking van meerjarige soorten < 10 %.	Ja, per definitie volgens onderliggende vegetatieclassificatie.
Op landschapsschaal in samenhang voorkomend met kwelders/schorren (H1330) en met open wad (H1140).	Ja
Optimale functionele omvang: vanaf honderden m ² .	Kan niet worden bepaald op basis van huidige opnamen, daar zijn kaarten voor nodig.
H1320 Slijkgrasvelden	
Voorkomen constante soorten vaatplanten die indicatie zijn voor goede abiotische toestand en goede biotische structuur.	Nee. De enige typische soort (Klein slijkgras) staat als ernstig bedreigd op de Rode Lijst en is mogelijk zelfs al verdwenen
Op landschapsschaal bij voorkeur voorkomend in samenhang met enerzijds Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) (H1310_A) en Schorren en zilte graslanden (buitendijks) (H1330) en anderzijds met Slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140_A).	Ja.
Optimale functionele omvang: vanaf honderden m ² .	Kan niet worden bepaald op basis van huidige opnamen, daar zijn kaarten voor nodig.
H1330_A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	
Voorkomen constante soorten vaatplanten die indicatie zijn voor goede abiotische toestand en goede biotische structuur.	Ja.
Op landschapsschaal een complete zonerings van lage kwelder (aansluitend op habitattypen H1310 en H1320) hoge kwelder en kwelderzoom (zo mogelijk aansluitend op duinhabitattypen); mogelijkheden voor deze zonerings doen zich vooral voor in landschappen van ten minste honderden ha - op kleinere oppervlakten hangen de mogelijkheden sterk af van de aard van het gebied.	Ja. (Hoge kwelder omvat in Salt97 maar een beperkt aantal typen en is daarmee schijnbaar ondervertegenwoordigd).
Met name binnen grote kweldergebieden: geen oververtegenwoordiging (> 40 %) of ondervertegenwoordiging (< 5 %) van een bepaalde kwelderzone of van een climaxvegetatie met Gewone zoutmelde, Zeekweek (oude naam: Strandkweek),- of Riet.	Kan niet worden bepaald op basis van huidige opnamen, daar zijn kaarten voor nodig.
Structuurvariatie onder invloed van begrazing (met name binnen grote kweldergebieden); van nature is er al een bepaalde invloed door de graasactiviteiten van de haas (constante typische soort) en van ganzen; begrazing met vee kan nodig zijn om de vegetatiesuccessie verder of langduriger te vertragen.	Ja. Begrazing op de Hon lijkt beperkt.
Optimale functionele omvang: vanaf tientallen hectares (subtype A).	Kan niet worden bepaald op basis van huidige opnamen, daar zijn kaarten voor nodig.

⁵ <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=habtypen&groep=0>, geraadpleegd april 2015.

4 Discussie en conclusies

4.1 Algemeen beeld

De observaties over 2014 passen binnen het algemene beeld van de effecten van de bodemdaling op Ameland (Dijkema et al., 2011) en de natuurlijke variatie in opslibbing en vegetatieontwikkeling:

- De opslibbing in 2014 was binnen de range van normale waarden.
- De vegetatieontwikkeling heeft op een aantal plaatsen regressie of veranderingen binnen een zone laten zien. Het grootste deel daarvan is gerelateerd aan pq's die fluctueren tussen verschillende zones of aan fluctuaties in beweidingsdruk en -type. Dat past binnen de natuurlijke jaar-op-jaar variatie van kweldervegetatie.

Voor zover het met de metingen op de pq's op zeer kleine schaal mogelijk is om er uitspraken over te doen, voldoet de kwaliteit van de habitattypen aan de (gegeven de omstandigheden) haalbare kwaliteitseisen binnen Natura 2000. De in 2016 gereed te komen RWS vegetatiekaart moet uitwijzen of dat ook voor de ruimtelijke aspecten geldt.

Door het gereedkomen van een nieuw bodemdalingsmodel van de NAM konden de maaiveldhoogtes tot 2013 worden berekend uit de SEB-metingen. Sinds de laatste gegevens van 2010 is de bodemdalingssnelheid niet veranderd en is het algemene beeld van de maaiveldontwikkeling op de pq's dus ook gelijk gebleven. Op de meeste pq's daalt het maaiveld nog steeds. Alleen op locaties op de oeverwallen van eerste en tweede orde kreken is de opslibbing voldoende om ondanks de bodemdaling tot een stijgend maaiveld te leiden.

Begin 2014 zijn daarnaast alle SEB-palen nauwkeurig ingemeten ten opzichte van NAP. Vergelijking met eerdere hoogtemetingen in combinatie met de SEB-metingen laat zien dat in de meeste gevallen de onzekerheden in maaiveldhoogte berekend uit bodemdalingsmodel en SEB-metingen binnen 3 cm liggen over een periode van 13 jaar.

Op de kwelder zijn ruimtelijke variaties groot: pq's 313, 314 en 315 liggen bijvoorbeeld vlak bij elkaar, maar laten een andere ontwikkeling zien. Daarom geven de twee beschreven monitoringraaien slechts een indicatie van wat er op de kwelder als geheel gebeurt. Daarnaast zijn op Neerlands Reid relatief veel pq's op oeverwallen gelegen, waar vaak hoge opslibbingssnelheden voorkomen. Daarmee wordt de sedimentatie ten opzichte van de gehele kwelder mogelijk overschat.

4.2 Aanbevelingen

Gezien de grote ruimtelijke variatie in kwelderontwikkeling, en omdat dat de ontwikkelingen in pq's en vegetatiekaarten niet altijd overeenkomen (Dijkema et al., 2011), zou het goed zijn om het aantal meetpunten verspreid over de kwelder uit te breiden. Dit kan gerealiseerd worden door oude raaien (Figuur 1) weer op te nemen in de monitoring: hiervan zijn gegevens uit 1986 beschikbaar van vegetatiesamenstelling en maaiveldhoogte (Dankers et al., 1987). Dit zou met een lagere frequentie kunnen gebeuren dan de twee huidige raaien, maar helpt niettemin om een representatiever beeld te krijgen van de gehele kwelder.

Naar aanleiding van de observaties in 2013 en 2014, blijven de volgende zaken de komende jaren aandachtspunten binnen de lopende monitoring:

- Of de ophoping van zand langs de zuidostrand van de Hon blijvend is en effect heeft op de ontwatering en vegetatieontwikkeling (zesjaarlijkse RWS vegetatiekartering);
- Of gewone zoutmelde weer op het niveau van 2012 terugkeert. Dit is in 2014 nog niet gebeurd;
- Of de kreekontwikkeling (achterwaartse insnijding) op de Hon verder doorzet.

Deze zaken zijn nodig om te bepalen welke vegetatieontwikkelingen door de bodemdaling en welke door andere factoren worden gestuurd.

Referenties

- Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2006. Monitoringsplan Ameland bodemdaling 2006-2020, 15 p pp.
- Braaksma, S.D., 2014. Bijlage; Monitoringsprogramma Gaswinning Ameland. In: Directoraat-generaal Natuur & Regio Directie Regio en Ruimtelijke Economie (Editor).
- Dankers, N., Dijkema, K.S., Londo, G., Slim, P.A., 1987. De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. RIN-rapport 87/14. RIN, Texel.
- De Groot, A.V., Van Duin, W.E., Brinkman, A.G., De Vries, P., 2014. Sedimentatiemodel kwelders Ameland Fase 1: ontwerp en haalbaarheid. IMARES rapport Rapport C025/14, IMARES Wageningen UR, IJmuiden etc.
- De Groot, A.V., Veeneklaas, R.M., Bakker, J.P., 2011a. Sand in the salt marsh: Contribution of high-energy conditions to salt-marsh accretion. *Marine Geology*, 282(3-4): 240-254.
- De Groot, A.V., Veeneklaas, R.M., Kuijper, D.P.J., Bakker, J.P., 2011b. Spatial patterns in accretion on barrier-island salt marshes. *Geomorphology*, 134(3-4): 280-296.
- Dijkema, K.S., Van Dobben, H.F., Koppenaar, E.C., Dijkman, E.M., Van Duin, W.E., 2011. Kweldervegetatie Ameland 1986-2010: effecten van bodemdaling en opslibbing op Neerlands Reid en De Hon. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (Editor), Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost.
- Dijkema, K.S., Van Duin, W.E., Van Dobben, H.F., 2005. Kweldervegetatie op Ameland: effecten van veranderingen in de maaiveldhoogte van Nieuwlandsrijd en De Hon, Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Ameland, pp. 97.
- Eysink, W.D., Dijkema, K.S., Van Dobben, H.F., Slim, P.A., Smit, C.J., De Vlas, J., Sanders, M.E., Wiertz, J., Schouwenberg, E.P.A.G., 2000. Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost : evaluatie na 13 jaar gaswinning, Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, Assen.
- Hemmen, J., 2014. Monitoring vegetation and sedimentation on the salt marshes of East Ameland; Representativeness of the current monitoring, IMARES, Hochschule Osnabrück, Den Burg, Osnabrück, 33 pp.
- Hennekens, S., 2009. Protocol 'Vegetatieopname', Alterra, Wageningen.
- Ketelaar, G., Van de Veen, W., Doornhof, W., 2011. Bodemdaling. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (Editor), Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost, pp. 10-27.
- Nolte, S., 2014. Grazing as a nature management tool-The effect of different livestock species and stocking densities on salt-marsh vegetation and accretion, PhD thesis. University of Groningen.
- 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): 301-325. 10.1007/s11852-013-0238-3.
- Oost, A.P., Ens, B.J., Brinkman, A.G., Dijkema, K.S., Eysink, W.D., Beukema, J.J., Gussinklo, H.J., Verboom, B.M.J., Verburgh, J.J., 1998. Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee, Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen.
- Piening, H., 2014. Excel utility to compute spatially correlated deformation estimates for Ameland (version 2014). NAM, Assen, pp. This Excel sheet contains a utility to compute spatially correlated deformation estimates at arbitrary points in time and at arbitrary locations.
- Reed, D., Spencer, T., Murray, A., French, J., Leonard, L., 1999. Marsh surface sediment deposition and the role of tidal creeks: Implications for created and managed coastal marshes. 5(1): 81-90. 10.1007/bf02802742.
- Stoddart, D.R., Reed, D.J., French, J.R., 1989. Understanding Salt-Marsh Accretion, Scolt Head Island, Norfolk, England. *Estuaries*, 12(4): 228-236.
- Temmerman, S., Govers, G., Wartel, S., Meire, P., 2003. Spatial and temporal factors controlling short-term sedimentation in a salt and freshwater tidal marsh, Scheldt estuary, Belgium, SW Netherlands. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28(7): 739-755.

Verantwoording

Rapport C072/15

Projectnummer: 4306124801

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Frouke Fey
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 30 april 2015

Akkoord: Jakob Asjes
Afdelingshoofd

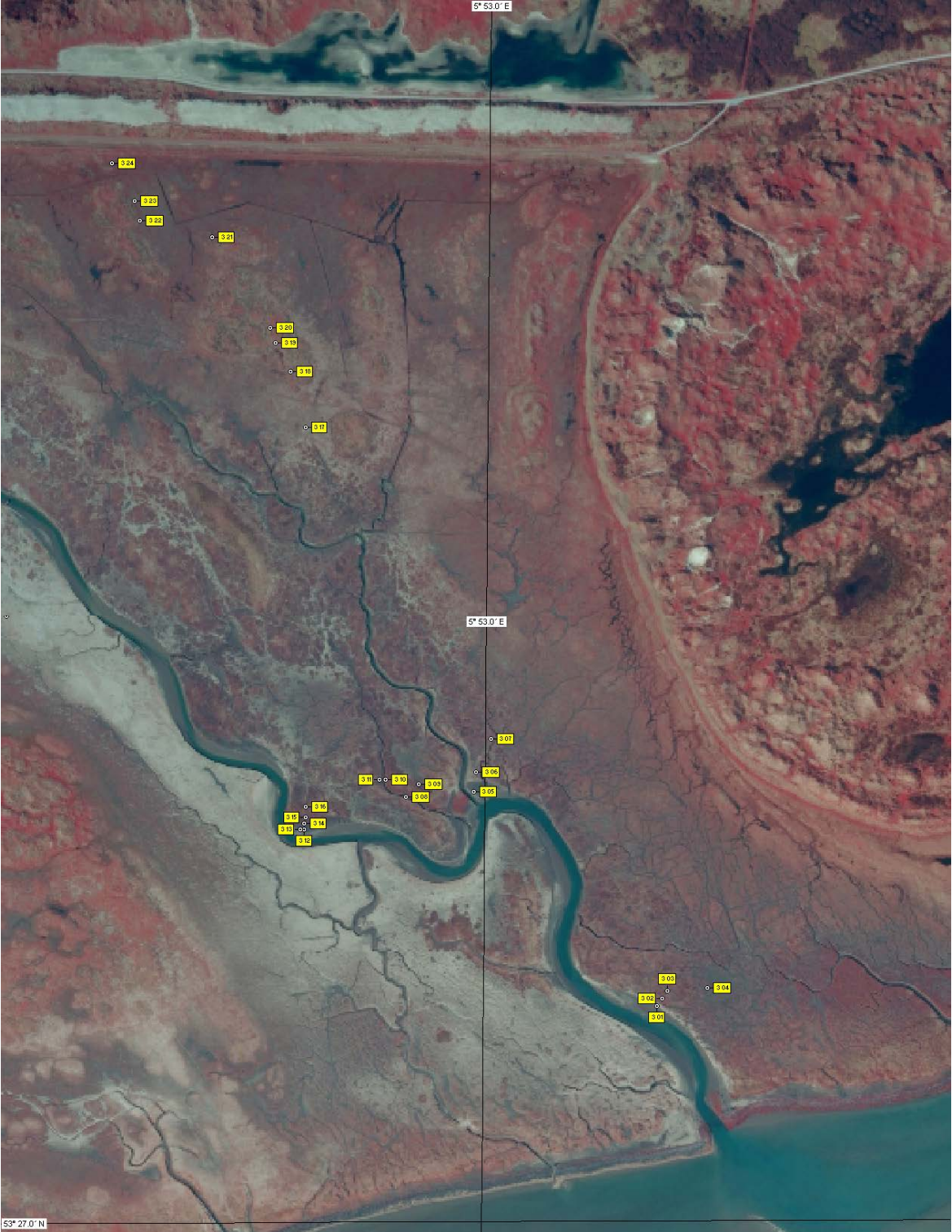
Handtekening:



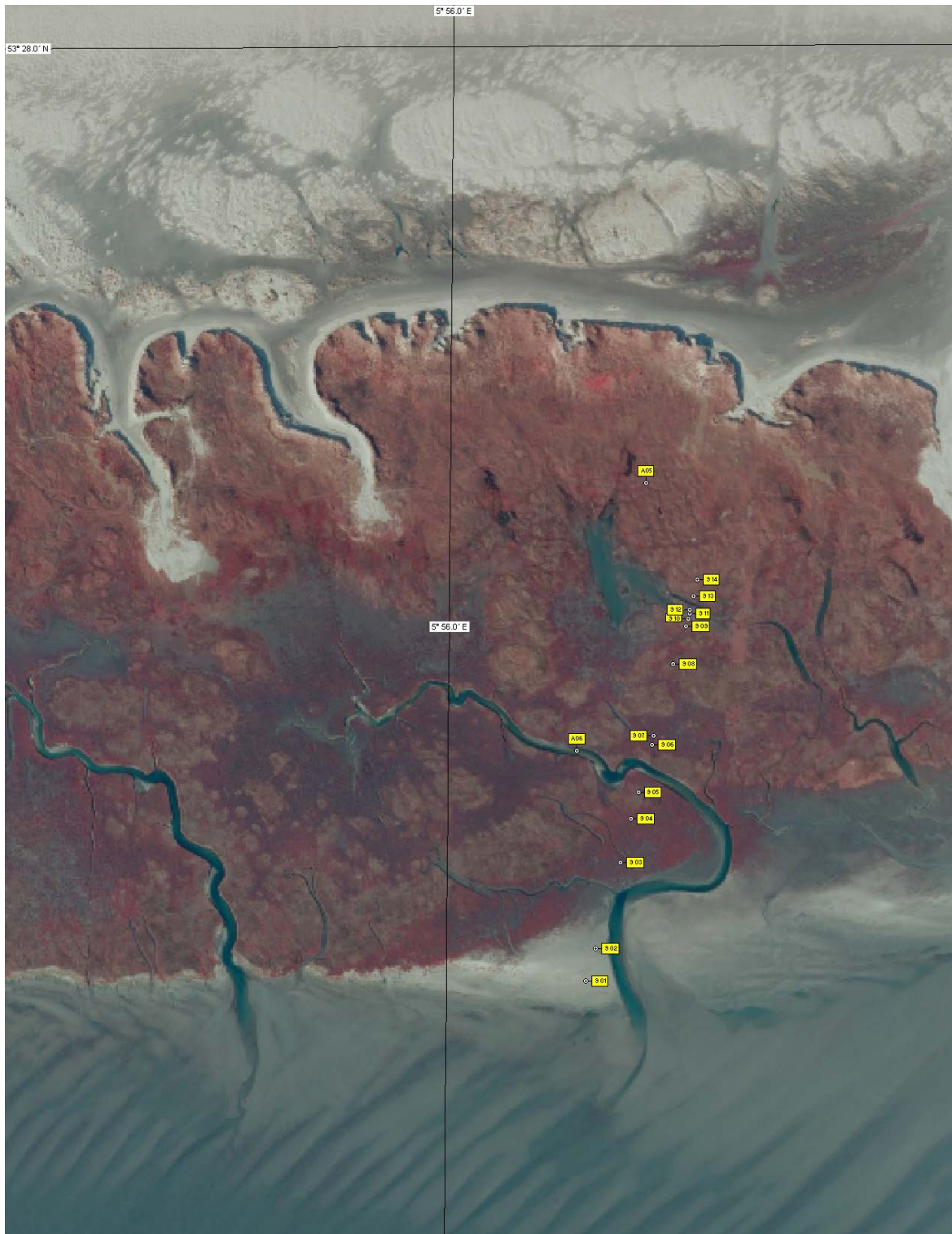
Datum: 30 april 2015

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V.

Bijlage A. Ligging van de meetraaien.

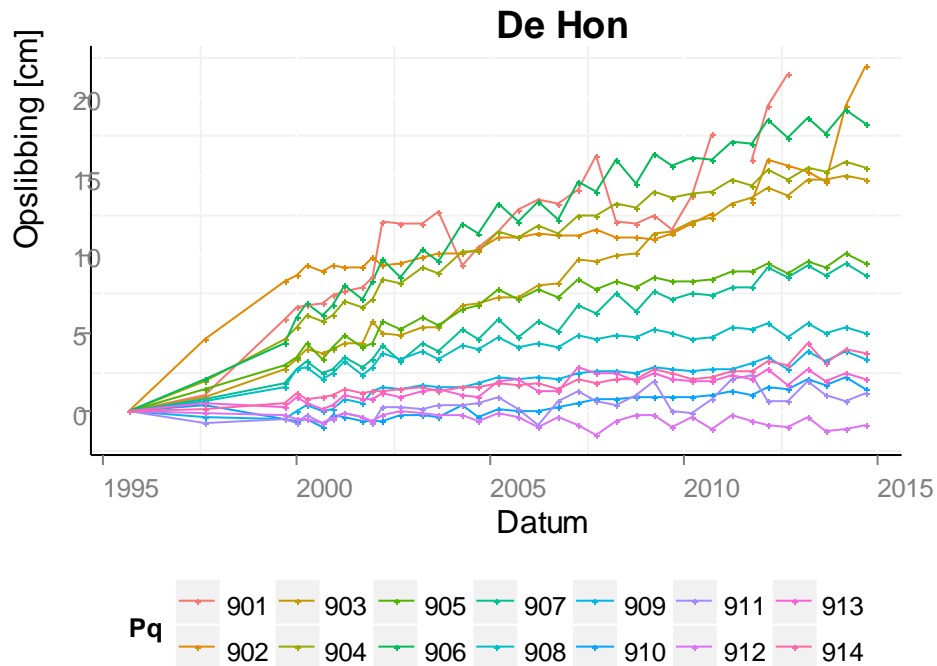
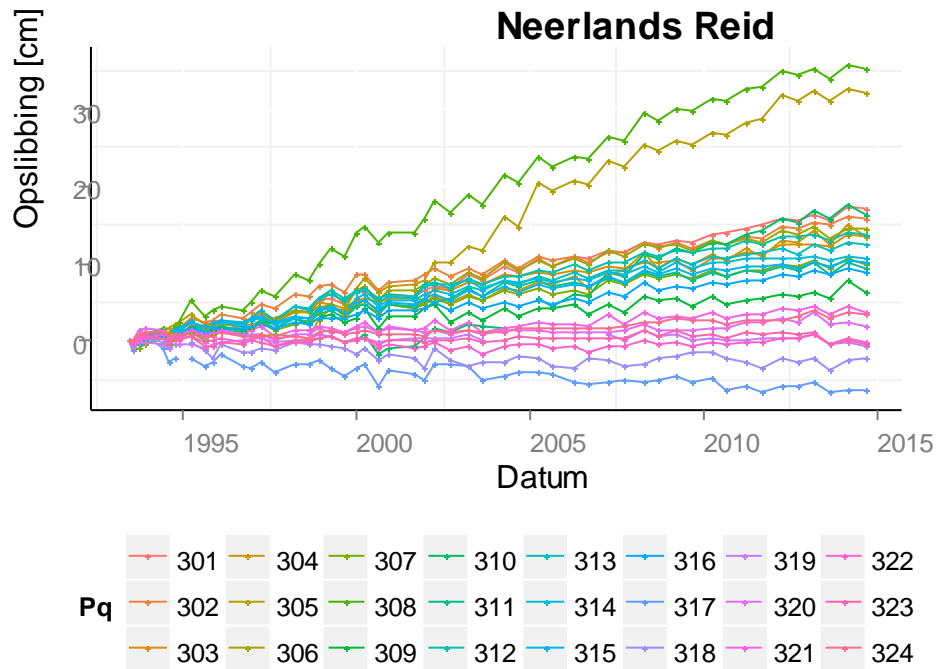


Ameland kwelder raai 3 van IMARES op Neerlands Reid. Luchtfoto NAM 2007.



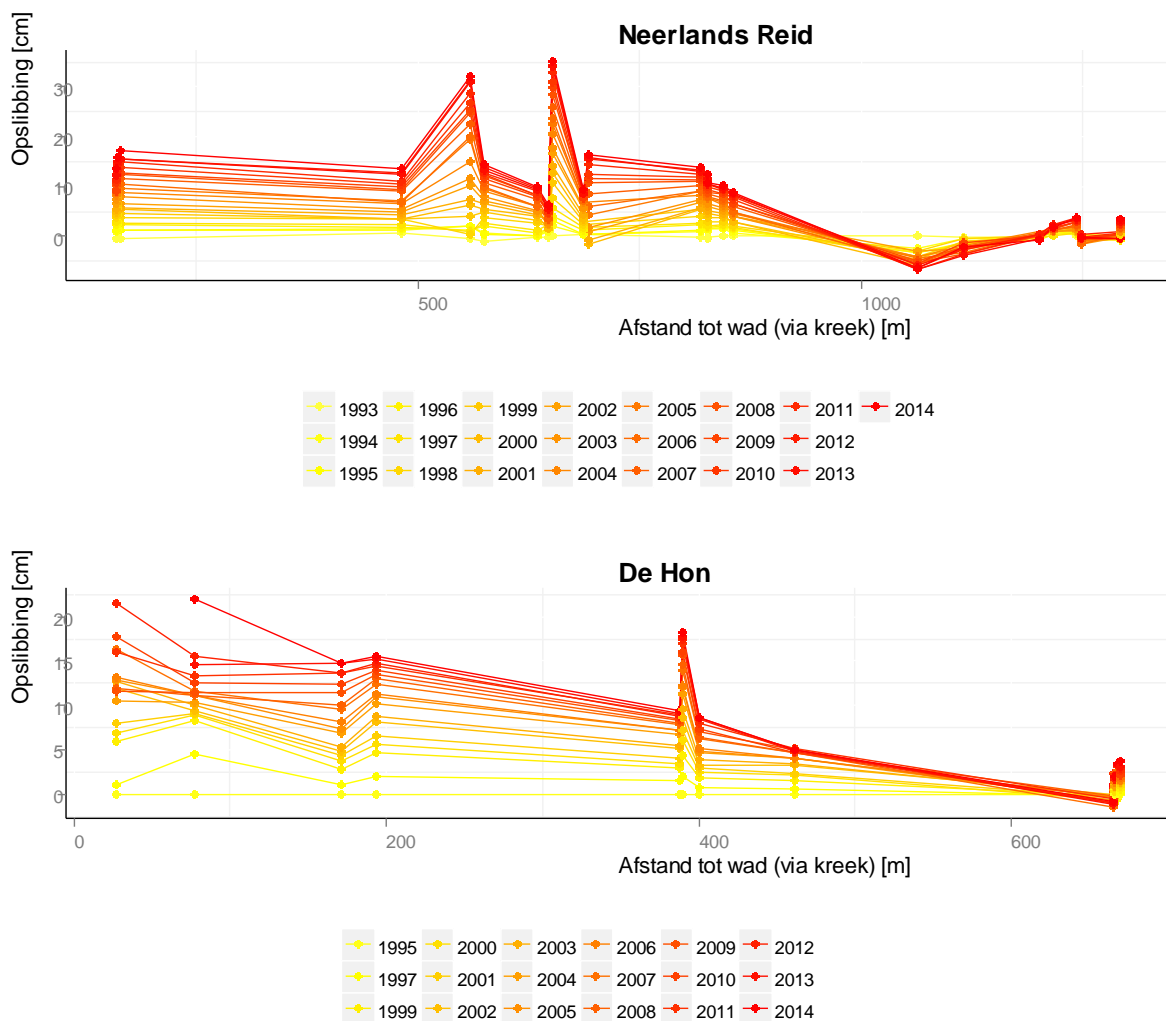
Ameland kwelder raai 9 van IMARES op De Hon. Luchtfoto NAM 2007.

Bijlage B. Cumulatieve netto opslibbing per SEB



Bijlage C. Ruimtelijke patronen in opslibbing

In Figuur 16 is de cumulatieve opslibbing van Figuur 7 per SEB weergegeven als functie van de afstand van een punt tot het wad, via de dichtstbijzijnde kreek. Dit zegt iets over de potentiële beschikbaarheid van sediment: hoe groter de afstand, hoe lager de cumulatieve netto opslibbing wordt verwacht te zijn (Temmerman et al., 2003). De factor hoogteligging is daarin niet meegenomen. Op Neerlands Reid is dit patroon maar ten dele te herkennen: tussen afstanden van 500 en 700 m liggen een aantal SEBs op verschillende afstanden van kleine kreekjes, waardoor sommigen sneller opslibben dan andere. Het cluster van SEBs rond 800 m van het wad (nummers 312 – 316) ligt in een binnenbocht van de Oerdsloot. Deze SEBs laten zien dat de opslibbing duidelijk afneemt met afstand van de Oerdsloot. Op het verder van het wad gelegen deel van de pq's is het mogelijk vertrapping van pq's die voor een deel van de variatie zorgt. Op de Hon neemt de opslibbing in grote lijnen af met afstand tot het wad, maar ook hier 'verstoren' pq's 905 – 907 vlak bij een grote kreek het algemene beeld. In het apart te ontwikkelen sedimentatiemodel wordt verder ingegaan op de factoren die de opslibbing beïnvloeden.



Figuur 16. Cumulatieve netto opslibbing als functie van de afstand tot het wad, voor Neerlands Reid (boven) en de Hon (onder) tot en met zomer 2014, op basis van de SEBs en niet gecorrigeerd voor bodemdaling.

Bijlage D. Berekening maaiveld

De bepaling van het maaiveld t.o.v. NAP is in de loop van de monitoringperiode veranderd. In het begin werd elke paar jaar de hoogte van het maaiveld midden op de pq met landmeetapparatuur gemeten. Op een paar plaatsen zijn sinds 1988 sedimentatieplaten ingegraven. Ook is een aantal jaar de opslibbing gemeten aan de hand van de paal die de pq markeerde (maar nu overal ondergeslibd is). Deze platen en paal zijn in het begin gebruikt om de maaiveldhoogte te reconstrueren in jaren dat het maaiveld niet direct werd gemeten. SEB-metingen begonnen op Neerlands Reid in 1993 en op de Hon in 1995. Vanaf dat moment werden elke paar jaar alleen de bovenkanten van de palen ten opzichte van NAP ingemeten, zodat met de SEB-aflezing de hoogte van het maaiveld kon worden bepaald. Vanaf 2002 werden geen metingen van de palen meer gedaan, maar is de hoogte van de SEB-palen gereconstrueerd met het bodemdalingsmodel van de NAM (GRIDS). In 2014 is de hoogte van de SEB-palen weer nauwkeurig t.o.v. NAP ingemeten.

Tussen 1993 en 2014 zijn verschillende malen nieuwe SEB-palen geplaatst, op sommige locaties vaker vanwege verstoring of hoge opslibbing. Elke keer dat van meetmethode of palen werd veranderd, kwamen er nieuwe correctiefactoren bij om de meetreeksen goed aan elkaar te verbinden. In 2014 is naar aanleiding van de nieuwe hoogtemeting en een nieuwe versie van GRIDS de afleiding van het maaiveld opnieuw bekeken, en zijn enkele keuzes gemaakt. Dit leidt voor een aantal jaren tot iets andere getallen dan eerder gerapporteerd. De onderliggende keuzes worden hieronder weergegeven.

De voorkeursreeks voor het bepalen van de hoogte van het maaiveld is als volgt:

1. Als er een directe meting van de hoogte van het maaiveld op de pq is, wordt deze altijd genomen (1986, 1989, 1991 en 1993). Door de microtopografie binnen het pq is de onzekerheid hier enkele centimeters.
2. Als er een directe meting van de hoogte van de paalkoppen is, wordt het maaiveld bepaald uit deze hoogte minus de aflezing van de SEB (en een evt. correctiefactor voor het verschil in hoogte tussen de SEB-balk en de paalkoppen zoals ze in de SEB vallen) (1995, 1997, 1999, 2001 en 2014).
3. Als er geen hoogtemeting is, wordt de maaiveldhoogte bepaald uit de in 2001 en/of 2014 gemeten hoogte van de paalkoppen, de (cumulatieve) bodemdaling en de (cumulatieve) SEB-aflezing. Dit geldt voor 1994, 1996, 1998, 2000 en 2002 t/m 2013.
 - a. Tussen 2002 en 2013 is de reeks lineair vereffend voor het verschil tussen de doorrekening vanaf 2001 en 2014. Dit verschil is in de meest gevallen in de orde van 1 – 3 cm, en heeft naar verwachting te maken met de onzekerheden in bodemdaling en hoogtemetingen. Omdat niet bepaald kan worden welke van de meting van 2001 of 2014 'meer juist' is, wordt het verschil vereffend (d.w.z. dat de berekening van 2002 het meest op de meting van 2001 gebaseerd is en de berekening van 2013 het meest op de meting van 2014).
4. Jaren waar geen directe meting of SEB-meting aanwezig is, worden voorlopig niet beschouwd, omdat vermoed wordt dat metingen langs de pq-paal of sedimentatieplaat te grote onzekerheden introduceren. Dit kan later nog verder worden onderzocht.

Onzekerheden in de gepresenteerde waarden hebben de volgende bronnen:

- De metingen waren op verschillende plekken: op de vegetatie-pq zelf, tussen eerste set SEB-palen, tussen nieuwe set SEB-palen. Alles metingen zijn binnen een straal van 2 m van elkaar.
- Bodemdalingsmodel: dit is een interpolatie in ruimte en tijd van driejaarlijks gemeten vaste punten, waar een onzekerheid van 2 cm wordt aangehouden (Piening, 2014).
- Meetonzekerheid van SEB zelf (1 – 2 mm).
- Microtopografie op pq bij directe metingen.
- Onzekerheden in landmeting van pq of van palen, afhankelijk van de methode orde enkele mm tot enkele cm.

- Mogelijke instabiliteit van palen. Dit is in een aantal gevallen met zekerheid vastgesteld door ijsgang. Daarnaast zijn op een aantal pq's op Neerlands Reid tijdelijke paaltjes geplaatst als de standaard palen door erosie of onderslibbing niet meer bruikbaar waren. Deze waren mogelijk minder stabiel waardoor SEB-metingen op een beperkt aantal pq's tussen circa 2007 en 2013 kunnen afwijken. In de praktijk blijkt dit laatste echter mee te vallen.

Bijlage E. Maaiveld, bodemdaling en opslibbing

Voor elke pq/SEB worden hieronder het verloop gegeven van de cumulatieve opslibbing (rood, rechter y-as), maaiveld onder bodemdaling zonder compensatie door opslibbing (groen, linker y-as) en gemeten maaiveld (blauw, linker y-as), over de periode sinds het begin van bodemdaling. De opslibbing is gemeten met SEB. De hypothetische maaiveldontwikkeling zonder opslibbing is gereconstrueerd met behulp van de bodemdalingsgegevens van de NAM. Het maaiveld is tot circa 1995 bepaald door directe hoogtemetingen en daarna met behulp van een combinatie van SEB, bodemdalingsgegevens en incidentele hoogtemetingen van de SEB-palen (zie bijlage D).

Neerlands Reid

