4 Ontwikkeling kwelder Ameland-Oost

Evaluatie bodemdalingsonderzoek 1986-2016

Foto: Willem van Duin

Auteurs: K. Elschot, A. de Groot, K. Dijkema, C. Sonneveld, J.T. van der Wal, P. de Vries, B. Brinkman *(Wageningen Marine Research, Den Helder)*
W. van Duin *(Artemisia-Kwelderonderzoek, Den Helder)*
W. Molenaar J, J. Krol. *(Natuurcentrum Ameland)*
L. Kuiters, D. de Vries, R. Wegman, P. Slim (Wageningen Environmental Research, Wageningen),
E. Koppenaal, *(Rijksuniversiteit Groningen)*
J. de Vlas (*Onafhankelijk onderzoeker, Tytsjerk)*

Bodemdalingsonderzoek Ameland-Oost. Evaluatie kweldermonitoring 1986-2016. Wageningen Marine Research, Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research (intern) rapport C041/17. 156 blz.

Inhoudsopgave

4.1	Leeswijzer	189
4.2	Inleiding	190
4.2.1	Aanleiding	190
4.2.2	Studiegebied	190
4.2.3	Bodemdaling	191
4.2.4	Hypothesen en vraagstelling	192
4.2.5	Vraagstelling	195
4.2.6	Conclusies evaluatie 1986-2011	195
4.2.7	Vergelijking met een referentiegebied	197
4.3	Externe factoren	197
4.3.1	Gemiddeld hoogwater en overvloedingsfrequentie	197
4.3.2	Kwelderkreken en poeltjes	201
4.3.3	Klifvorming	202
4.4	Begrazingsonderzoek Neerlands Reid	204
4.4.1	Inleiding	204
4.4.2	De begrazingseenheid	206
4.4.3	Begrazingspatroon	206
4.4.4	Begrazingsdruk	207
4.4.5	Begrazingsdruk in vak B en C	210
4.4.6	Begrazingsdruk in vak D	212
4.4.7	Conclusies begrazing door vee	212
4.4.8	Begrazing door ganzen	213
4.5	Neerslag en verdamping	215
4.6	Grondwaterniveau	216
4.7	Opslibbing en maaiveldhoogteontwikkeling	217
4.7.1	Puntmetingen: Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB)	217
4.7.2	Puntmetingen: Tegelmeting	220
4.7.3	Puntmetingen: Compactie	220
4.7.4	Vlakdekkend: Kleidikte	220
4.7.5	Resultaten opslibbing	220
4.7.6	Conclusies m.b.t. opslibbing	227
4.8	Vegetatie	228
4.8.1	Methode puntmetingen: PQs bij SEB-metingen	228
4.8.2	Methode vlakdekkende metingen: RWS VEGWAD-vegetatiekaarten	229
4.8.3	Resultaten puntmetingen: PQs bij SEB-metingen	230
4.8.4	Resultaten vlakdekkende metingen: RWS VEGWAD-vegetatiekaarten	238
4.8.5	Conclusies vegetatie-ontwikkeling	243
4.9	Vergelijking Ameland met referentiegebied Schiermonnikoog	243
4.9.1	Achtergrond	243
4.9.2	Effecten van versnelde zeespiegelstijging op de opslibbing	243
4.9.3	Effecten van versnelde zeespiegelstijging op de vegetatie	245
4.9.4	Conclusies vergelijking eilandkwelders	247
4.10	Bodemdaling en opslibbing gerecontrueerd op Neerlands Reid	248
4.10.1	Inleiding	248
4.10.2	Zakking van de ondergrond	249
4.10.3	Opslibbingssnelheid	251
4.10.4	Effect van bodemdaling op de snelheid van opslibbing	256
4.10.5	Bodemdaling en zeespiegelstijging	257
4.10.6	Maaiveldberekeningen	257
4.10.7	Deelgebieden	258
4.10.8	Voorbeelduitkomst.	259
4.10.9	Berekening van overspoelingskansen tussen 1 mei en 15 juni.	261
4.10.10	Effect van afstand tot de wadrand en de hoogte binnen binnen deelgebieden	263
4.10.11	Overspoelingskansen	263
4.10.12	Samenvattend	265

4.11 Vlakdekkende vegetatieverandering 1993-2016 in relatie tot het maaiveldhoogtemodel 265
4.11.1 Relatie puntmetingen, maaiveldhoogte en maaiveldverandering 270
4.11.2 Conclusies m.b.t. vlakdekkende vegetatieverandering i.r.t. maaiveldhoogte 271
4.12 Prognose vegetatieontwikkeling heden tot 2025-2050 272
4.13 Evaluatie en discussie m.b.t. de onderzoeksvragen 276
4.13.1 Verandering in maaiveldhoogte 1993-2016 276
4.13.2 Vegetatieveranderingen 1986-2016 277
4.13.3 Effecten van neerslag, overvloedingsfrequenties en grondwaterniveau 278
4.13.4 Stagnerend water en kreekvorming 279
4.13.5 Effecten van bodemdaling op maaiveldverandering en vegetatie 279
4.13.6 Prognose maaiveld- en vegetatieontwikkeling 280
4.13.7 N2000 habitattypen en veranderingen in totale kwelderoppervlakte 280
4.13.8 Beheeradviezen 281
4.13.9 Kennishiaten 281
4.14 Literatuur 282

4.1 Leeswijzer

Het bodemdalingsonderzoek op Ameland omvat de 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. Circa elke vijf jaar wordt een integrale rapportage opgesteld waarin de monitoringresultaten worden geëvalueerd en eventueel adviezen over monitoring en beheer worden gegeven.

In het voorliggende hoofdstuk van de integrale rapportage worden de resultaten van 30 jaar monitoring door Wageningen Marine Research van de kwelders op Ameland-Oost beschreven. Aanvullend zijn bijdragen opgenomen over beweiding van Natuurcentrum Ameland en de heer de Vlas.

In §4.2 wordt aandacht besteed aan de achtergrond van het onderzoek. Daarnaast worden de bevindingen tot en met de evaluatie uit 2011 (Dijkema et al., 2011) samengevat.

In §4.3, 4.5 en 4.6 wordt een aantal belangrijke abiotische factoren behandeld die naast bodemdaling een effect op kwelderontwikkeling kunnen hebben.

Paragraaf 4.4 betreft de invloed van begrazing door vee en ganzen.

In §4.7 worden de metingen betreffende de maaiveldontwikkeling (opslibbing) behandeld en in §4.8 wordt de vegetatieontwikkeling op verschillende schaalniveaus besproken.

In §4.9 wordt opslibbing en vegetatieontwikkeling op Ameland vergeleken met die in het referentiegebied Schiermonnikoog.

In §4.10 worden bodemdaling en opslibbing op Neerlands Reid gereconstrueerd.

In §4.11 worden de vegetatieveranderingen op Neerlands Reid vergeleken met de berekende vlakdekkende maaiveldontwikkeling.

In §4.12 wordt een update gegeven van de voorspelling van Dijkema et al. (2011) betreffende de maaiveld- en vegetatieontwikkeling bij de meetpunten van raai 3 en 9.

Tot slot worden in §4.13 de belangrijkste conclusies en discussiepunten besproken.

4.2 Inleiding

4.2.1 Aanleiding

Eind 1986 is de gaswinning op Ameland-Oost gestart. In opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) is toen door een samenwerkingsverband van diverse kennisinstituten (waaronder het Rijksinstituut voor Natuurbeheer) een nulmeting gedaan en een voorspelling gemaakt van de mogelijke effecten van de bodemdaling (Dankers *et al.*, 1987). Op basis daarvan is eind 1988 de monitoring begonnen 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, naast het vergaren van kennis, om bij eventuele effecten van bodemdaling door gaswinning passende maatregelen te kunnen nemen. De laatste jaren wordt de monitoring uitgevoerd volgens het plan voor bodemdalingsonderzoek op Ameland 2006–2020 (Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2006). De monitoring van opslibbing en vegetatieontwikkeling op de kwelder van Ameland-Oost (zie o.a. Dijkema *et al*., 2011 en De Groot *et al*., 2016) vormt een onderdeel van dit plan. In de voorliggende evaluatie worden de resultaten van de kweldermonitoring van de afgelopen 30 jaar beschreven.

4.2.2 Studiegebied

Op Ameland-Oost bestaat de kwelder uit twee in een aantal opzichten duidelijk van elkaar verschillende delen: de oudere, beweide kwelder Neerlands Reid ten westen van het duincomplex Oerd, en de jongere, onbeweide De Hon ten oosten daarvan (figuur 4.1). De kwelder Neerlands Reid en een deel van de aangrenzende duinen is eigendom van de ‘Maatschappij tot Exploitatie van Onroerende Goederen op het Oosteinde, Oerd en Neerlands Reid B.V.’, in de volksmond kortweg de ‘Vennoot’ genoemd. De Hon en een deel van het Oerd wordt sinds 1938 door It Fryske Gea beheerd.

Figuur 4.1 Het studiegebied op het oostelijke deel van Ameland (bron: GoogleEarth).

De kwelders Neerlands Reid en De Hon kennen een ontwikkeling die vergelijkbaar is met andere eilandkwelders achter stuifdijken (Dijkema, 1987 a; Bakker, 1997). Deze kwelders zijn gevormd op een hoge zandplaat met een gradiënt in hoogte vanaf het wad naar hoger gelegen geïsoleerde duintjes. Deze gradiënt is in tegenstelling tot vastelandskwelders geen afspiegeling van de successie, maar al op de ondergrond (een zandplaat) aanwezig. Het zijn “plaatkwelders achter kunstmatige stuifdijken” die gekenmerkt worden door een snelle successie (Westhoff *et al.*, 1998).

Neerlands Reid is gevormd na de aanleg van een stuifdijk tussen de Kooiduinen en de Oerderduinen in de periode 1882-1893 (Ehlers, 1988). Op de zandplaat lagen toen al duintjes uit de periode 1800-1880 (Bakker *et al.*, 1979). De kwelder wordt beweid. Kliferosie wordt vanaf het westen tot even voorbij de Oerdsloot tegengegaan door een steenglooiing, ten oosten daarvan is kliferosie. De monding van de Oerdsloot is jarenlang grotendeels geblokkeerd geweest met betonplaten. Eind jaren 90 zijn die verwijderd, zodat water en sediment via deze aan de oostkant gelegen hoofdkreek weer vrij het gebied kunnen in- en uitstromen. De Zinkesloot, die aan de westkant van het Neerlands Reid ligt, is halverwege vrijwel geheel afgedamd (op enkele drainagebuizen na) om als oversteekplaats voor het vee dienst te doen.

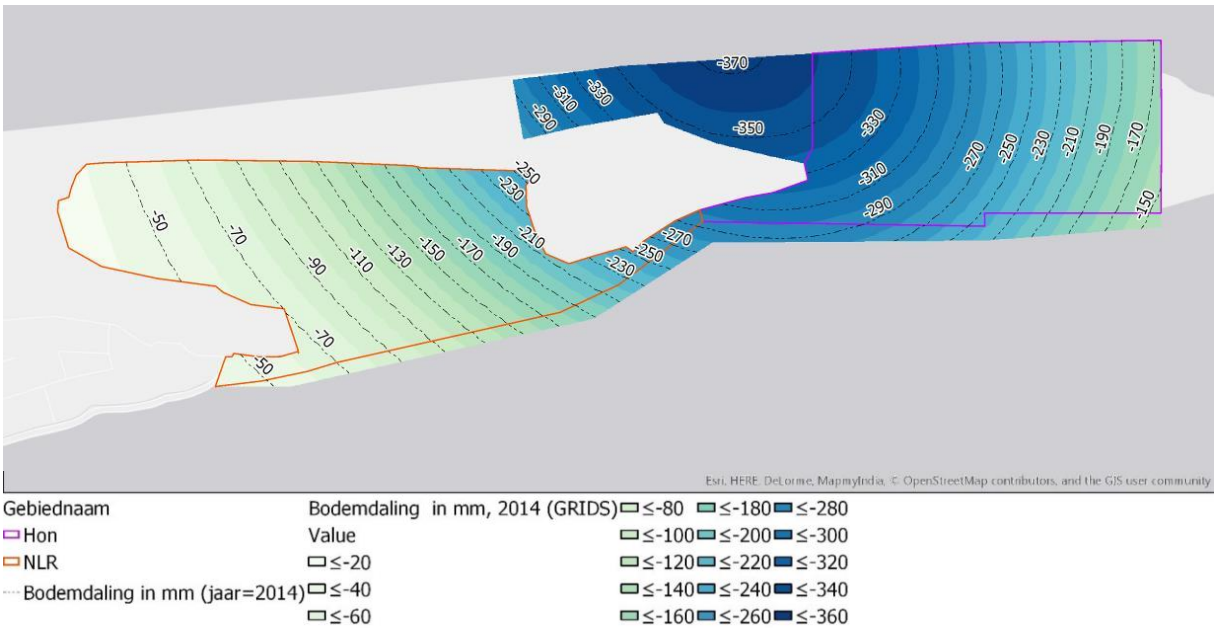
De Hon is van recentere datum. In 1960 werd begonnen om oostelijk van de Oerderduinen een stuifdijk aan te leggen op de zandplaat waarbij reeds gevormde duimcomplexen met elkaar verbonden werden. In 1962 was deze stuifdijk gevorderd tot paal 23, net voorbij de huidige NAM-locatie (Kiewiet, 1985). De Hon was toen nog een kale zandplaat, maar langs de noordzijde vormden zich jonge duintjes (Schroevers & Van Leeuwen, 1962) waarachter zich de kwelder ontwikkelde. Voor de kwelder van De

Hon zal de stuifdijk waarschijnlijk hooguit een heel beperkte invloed hebben gehad en zeker niet zoals stuifdijken op andere eilandstaarten (De Groot *et al*., 2015). Aan de zuidwestzijde van De Hon vindt kliferosie plaats, maar aan de zuidoostzijde vindt aangroei plaats. Daarbij zijn delen die vanaf 1986 in 25 jaar tijd een volledige successie van pionierzone, via Gewoon kweldergras en Gewone zoutmelde naar Zeekweek hebben doorgemaakt.

Door het grote verschil in leeftijd in de deelgebieden varieert ook de dikte van de kleilaag. Neerlands Reid is oud en heeft daardoor een relatief dikke kleilaag, terwijl De Hon jonger is en een dunnere kleilaag heeft.

4.2.3 Bodemdaling

Sinds de start van de gaswinning vindt bodemdaling plaats. Omdat de bodemdaling de vorm van een schotel heeft (Ketelaar *et al.*, 2011), varieert de mate van bodemdaling over het gebied. Begin 2014, het moment van de laatste waterpassing (hoogtemeting), 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 snelheid van de daling was het grootst begin jaren ’90 en is inmiddels aan het afnemen.



Figuur 4.2 Gemeten bodemdaling (in mm) door bodemdaling op Ameland-Oost over de periode 1986-2014 (op basis van GRIDS2014, NAM).

In figuur 4.2 zijn de contouren weergegeven voor de totale gemeten bodemdaling in de periode 1986-2014. Deze zijn gegenereerd aan de hand van een ruimte/tijd analyse van de waterpasmetingen. De gebruikte methode gaat uit van een integrale vereffening van alle waterpasmetingen, die in de loop der tijd zijn uitgevoerd. In plaats van één stabiel referentiepunt wordt de hoogte van één punt op het tijdstip van een referentiedatum vastgehouden. De vereffening levert uiteindelijk de hoogtes van alle punten op de referentiedatum en parameters van een continu tijd-plaats model van de bodemdaling. Een aantal statistische toetsen wordt uitgevoerd op specifieke onregelmatigheden in de metingen en fouten in diverse *a priori* gekozen parameters. Indien nodig worden metingen verwijderd en/of parameters aangepast. De hele cyclus van vereffenen, toetsen en aanpassen gebeurt iteratief totdat een globale statistische toets aangeeft dat metingen en wiskundig model statistisch gezien overeenstemmen” (overgenomen uit TCBB-rapport, 2009). Vanwege deze integrale vereffening, kunnen er kleine afwijkingen optreden t.o.v. de per tijdvak vereffende hoogteverschillen, welke in het meetregister worden opgenomen en waarbij een differentiestaat de relatieve hoogtes per tijdvak weergeeft.

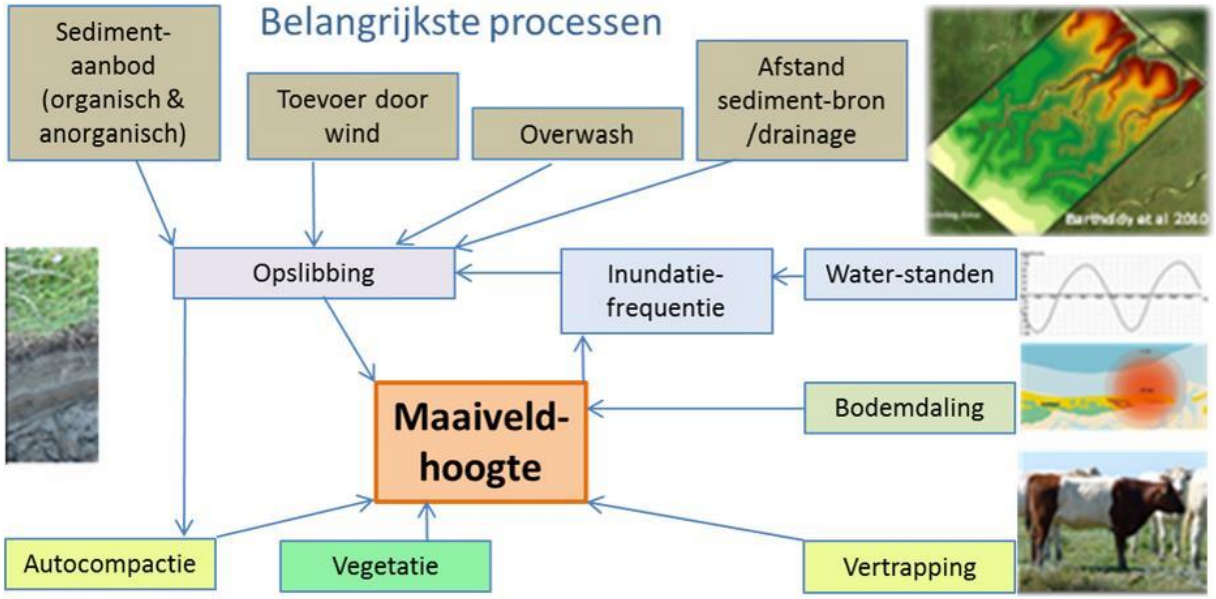
Op grond van het concept winningsplan 2011 van NAM is de eindprognose voor de totale bodemdaling op Neerlands Reid nabij de Oerdsloot 30 cm in 2050 (28 cm in 2025) en voor het midden van De Hon 35 cm in 2050 (32 cm in 2025). Het einde van de productie op Ameland is voorzien in 2035.

4.2.4 Hypothesen en vraagstelling

4.2.4.1 Opslibbingsbalans en zonehypothese

De zonehypothese, die in 1986 is opgesteld om de mogelijke effecten van bodemdaling op de vegetatie te helpen verklaren, gaat uit van effecten van bodemdaling op de kweldervegetatie indien de maaiveldhoogte daalt, d.w.z. indien de opslibbingbalans negatief is. De opslibbingbalans is het verschil tussen opslibbing (gemeten inclusief autocompactie en vertrapping, in geval van beweiding) en bodemdaling. Bij onvoldoende compensatie van de bodemdaling door opslibbing daalt het maaiveld en is de opslibbingbalans negatief.

De opslibbingssnelheid en samenstelling van de kweldervegetatie zijn onder andere afhankelijk van de overvloedingsfrequentie (de regelmaat waarin het gebied onder water staat), die op haar beurt in belangrijke mate wordt bepaald door de hoogte van het maaiveld (zie ook paragraaf 4.3). 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 opslibbingssnelheid kan er echter voor zorgen dat de opslibbing de bodemdaling compenseert, wanneer sedimentbeschikbaarheid en transportcapaciteit voldoende zijn (figuur 4.3). Daarnaast zijn de afstand tot het wad of tot kreken (de bronnen van het sediment) zeer belangrijk voor de snelheid van opslibbing (Stoddart *et al.,* 1989; Van Duin *et al.,* 1997; Esselink, 2000), vaak zelfs van groter belang dan de hoogteligging. Stormen spelen een grote rol bij de variatie van de opslibbing in de ruimte en in de tijd (Kamps, 1956, 1962; Van Duin *et al.,* 1997; De Groot *et al.,* 2011).



Figuur 4.3 Processen die een rol spelen bij de maaiveldhoogte ontwikkeling op de kwelders van Ameland (De Groot et al., 2014).

De effecten van GHW-schommelingen (Beeftink, 1987a; Olff *et al.,* 1988; Dijkema *et al.,* 1990) en de negatieve effecten van een stijging van GHW (Feekes, 1950; Beeftink, 1986, 1987b) onderbouwen de zonehypothese. Jaar-op-jaar schommelingen in jaargemiddelde hoogwaters bleken de kwelderzonering in de kwelderwerken met een vertraging van ca. 2 jaar te kunnen verschuiven (Dijkema *et al.,* 2007). Eerder stelden Dijkema *et al.* (1990) de hypothese op dat de vertraagde reactie van de vegetatie extra opslibbing mogelijk maakt en zo voor zelfregulering kan zorgen.

Uit voorstudies op Ameland (Dankers *et al.,* 1987) en in de Peazemerlannen (Van Duin *et al.,* 1997) is gebleken dat naast de opslibbingbalans rekening moet worden gehouden met de positie van een locatie in de hoogtezonering (tabel 4.1 en figuur 4.4). Meestal ligt de locatie niet op de uiterste ondergrens van de zone, zodat er meer ruimte is dan de zonehypothese veronderstelt. Op basis van de zonehypothese zonder deze marge werden in 1986 vegetatieveranderingen van tientallen hectares van de kwelders op Ameland-Oost voorspeld.

In de Integrale Bodemdalingsstudie Waddenzee (Oost *et al.,* 1998) zijn de volgende uitgangspunten voor de opslibbingbalans geformuleerd:

- Er treden geen effecten van bodemdaling op indien de opslibbing in balans is met de som van de bodemdaling en zeespiegelstijging (= streefwaarde). Reden hiervoor is dat de kweldervegetatie in nauwkeurig vastgelegde zones ten opzichte van GHW groeit (Dijkema, 1997). De vegetatiezones zullen uiteindelijk parallel aan de jaargemiddelde trends in de hoogwaterstand, de opslibbing en de bodemdaling opschuiven.
- Er treden geen effecten op van een tijdelijk en gering tekort in de opslibbingbalans van 5 cm (= grenswaarde). Redenen daarvoor zijn: (1) Binnen een termijn van tien jaar zijn de jaar-op- jaar-veranderingen in GHW van meer belang. (2) De zoutplanten groeien lang niet altijd op de ondergrens van hun zone (Van Duin *et al.,* 1997).
- De opslibbing neemt niet toe als gevolg van bodemdaling (behoudende veronderstelling). Dat kon op Ameland tot nu toe niet worden getest omdat alleen tijdens de periode met bodemdaling is gemeten.

Op grond van meer kwelderonderzoek en van twee audits zijn in 2006 enkele nieuwe uitgangspunten toegevoegd:

- 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 (Stoddart *et al.,* 1989; Van Duin *et al.,* 1997; Esselink *et al.,* 1998; Reed *et al.,* 1999; Dijkema *et al.,* 2005 c).
- Ontwatering blijkt voor de kwelderzonering, binnen onbekende marges, meer en in ieder geval sneller tot veranderingen in vegetatie te leiden dan de maaiveldhoogte (Eysink *et al.,* 2000; Dijkema *et al.,* 2005 c).
- Bodemdaling lijkt de veroudering van kwelders op Ameland te remmen. Mogelijk zou zonder bodemdaling op de kwelders van Ameland-Oost meer successie (= verandering van de vegetatie van lagere naar hogere kwelderzones) zijn opgetreden (Dijkema *et al.,* 2005 c).
- N.a.v. de audit is in 2005 een nieuwe zesdelige drainageschaal ontwikkeld en vervolgens in alle bestanden doorgevoerd.
- Op Ameland blijkt dat de grenswaarde voor de opslibbingbalans van - 5 cm niets zegt, dat getal blijkt een onderschatting 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 zakt (tabel 4.1). Andere factoren kunnen zowel negatief als positief uitpakken, zoals:
  - jaar-op-jaar schommelingen in GHW met effect op de overvloedingsfrequentie van de kweldervegetatie;
  - de neerslag en verdamping met effect op de saliniteit van de bodem (paragraaf 4.5);
  - de ontwatering door kreken met effect op de aan- en afvoer van water en sediment.

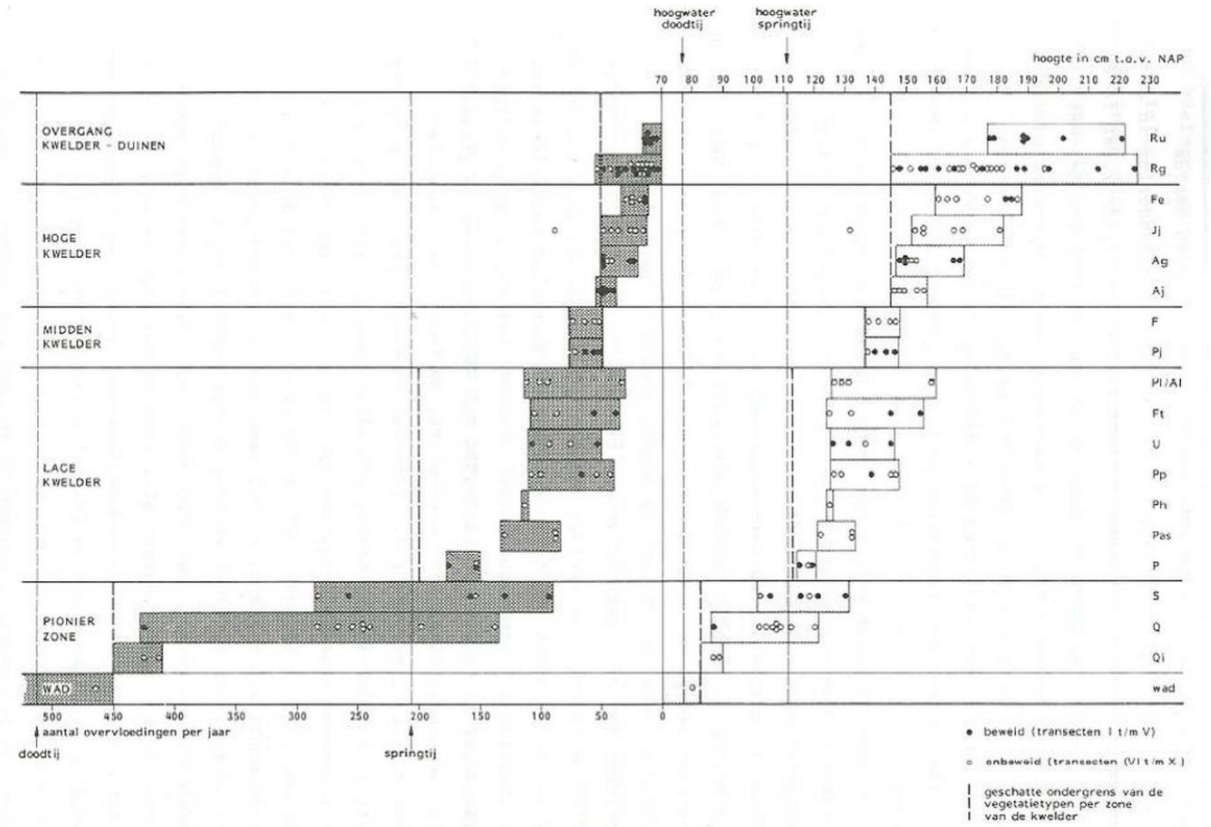
Bij het interpreteren van de resultaten van de opslibbingbalans en de maaiveldhoogte zijn op grond van eerdere resultaten van de monitoring in 2006 nieuwe grenswaarden bij de zonehypothese gebruikt:

1. De opslibbingbalans mag tijdens bodemdaling negatief zijn.
2. De vegetatie verandert indien het maaiveld onder een grenswaarde van 10-15 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone zakt (tabel 4.1 en figuur 4.4 op basis van de ongestoorde situatie in 1986).
3. Voor kommen (drainageklassen 0 en 1) wordt de nieuwe grenswaarde voor de maaiveldhoogte niet gebruikt, omdat de vegetatieontwikkeling in de kommen vooral afhangt van de ontwatering door kreken.

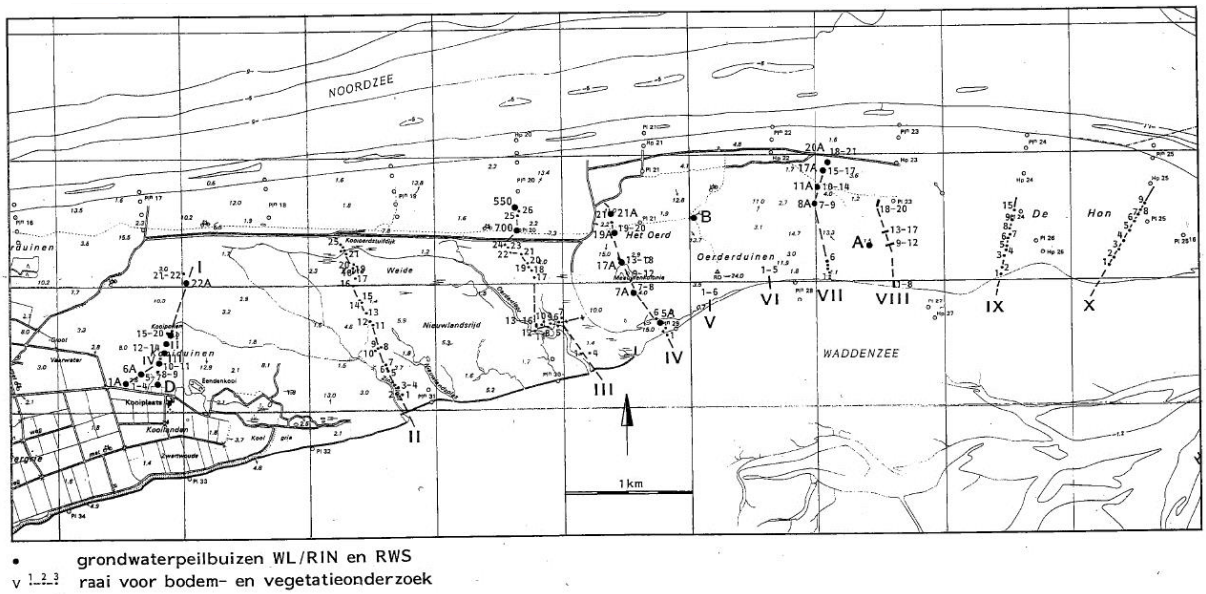
Op hooggelegen delen van de kwelder wordt de vegetatiezonering, behalve door drainage (Vince & Snow, 1984; Armstrong *et al.,* 1985; Van Diggelen, 1988), ook bepaald door het zoutgehalte van de bodem en concurrentie tussen de plantensoorten (Snow & Vince, 1984; Bertness & Ellison, 1987; Scholten *et al.,* 1987).

Tabel 4.1 Ondergrenzen (cm) van de ongestoorde vegetatiezones op Ameland op basis van Dankers et al., 1987 en voor zone 3 + 4 verbeterd. GHW op basis van metingen gesteld op NAP + 105 cm). De hoogteligging van de zones komt vrijwel overeen met Schiermonnikoog (Kers et al., 1998) en met de internationale Waddenzee (Dijkema, 1983). Zie ook figuur 4.4.

Zone	Vegetatie	Ondergrens t.o.v. GHW	Ondergrens t.o.v. NAP
1	(pre-pionier <5% bedekking Zeekraal, Engels slijkgras) pionierzone (> 5% bedekking Zeekraal, Engels slijkgras, Schorrenkruid)	(- 23) - 19	(+ 82) + 86
2	pre-lage kwelder (lage kwelderzone)	+ 7 (+ 16)	+ 112 (+ 121)
3	midden kwelder (De Hon, onbeweid) midden kwelder(Neerlands Reid, beweid)	+ 31 + 41	+ 136 + 146
4	hoge kwelderzone Neerlands Reid en De Hon	+ 55	+ 160



Figuur 4.4 Relatie tussen overvloedingsfrequentie en vegetatiezone (links) en hoogteligging en vegetatietype (rechts) bij uitgangssituatie op Ameland-Oost in 1986. Berekend op basis van 150 permanente kwadraten (PQs) in 9 raaien (Dankers et al., 1987; en figuur 4.5). Voor vegetatietypen in rechter kolom zie Dijkema (1983).



Figuur 4.5 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 steeds gemonitord binnen de kweldermonitoring. Zie voor meer detail paragraaf 4.7.

4.2.5 Vraagstelling

De doelen van de lopende kweldermonitoring, zoals ze vanaf 1986 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 maaiveldaling 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 GHW en de eventuele cumulatie van effecten veroorzaakt door deze factoren.

Verder worden er, indien de bevindingen daartoe aanleiding geven, voorstellen voor eventuele (aanpassingen van) beheermaatregelen gegeven.

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 pionierbegroeiïng (Zeekraal)), H1320A (Slijkgrasvelden) en H1330A (Schorren en zilte graslanden (buitendijks)). Door het ministerie van Economische Zaken (EZ) 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). Daarnaast worden door EZ metingen van overvloeding, grondwaterstanden en tweejaarlijkse vlakdekkende vegetatie genoemd. Deze worden echter wel voor de duinen en duinvallei uitgevoerd (separate opdracht Wageningen Marine Research, voorheen Alterra), maar niet voor de kweldermonitoring. Ook was er voor de kweldermonitoring tot op heden geen vergelijking met referentiegebieden, maar na de aanbeveling van de begeleidingscommissie is deze vergelijking eenmalig uitgevoerd (zie ook paragraaf 4.27).

4.2.6 Conclusies evaluatie 1986-2011

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 lagergelegen 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.

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 is verschenen in 2011 (Dijkema *et al.*, 2011).

In 2011, na 25 jaar gaswinning, waren er ondanks een bodemdaling die voor een eilandkwelder eigenlijk te fors is (Dankers *et al.,* 1987; Dijkema et al, 1990; Dijkema, 1997), weinig effecten op de kweldervegetatie op Ameland-Oost gevonden (Eysink *et al.*, 1995, 2000, Dijkema *et al.*, 2005 c, 2011).

Uit de monitoring tot dan toe bleek (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[1] door bodemdaling treedt zelden op (twee PQs = 5% van de PQs. PQ = plot voor permanente vegetatiemonitoring).
- 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 c). Regressie treedt direct op bij vernatting, bijvoorbeeld als gevolg van 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 PQs, waarin het algemene beeld voortgaande successie is. Het areaal vegetatie met Zeealsem is tussen 2003 en 2009 verdubbeld.
- Op De Hon is tussen 1988 en 2009 circa 10 ha regressie opgetreden, vooral midden op 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, verandert ca. 10 ha duinvallei bij de boorlocatie door verzilting in 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. Aangezien de grenswaarde blijkbaar rond deze 10-15 cm ligt is dit in de rapportage van 2011 bij het interpreteren van de resultaten van de opslibbingbalans en de maaiveldhoogte als nieuwe grenswaarde voor de zonehypothese gebruikt:
  - 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.
  - Voor kommen wordt de nieuwe grenswaarde voor de maaiveldhoogte niet gebruikt, omdat de vegetatieontwikkeling in de kommen vooral afhangt van de drainage door kreken.

[1] Regressie, ook wel verjonging genoemd, is een verandering in vegetatiesamenstelling die omgekeerd is aan de normale vegetatiesuccessie richting een climaxvegetatie. Regressie kan een teken zijn dat de kwelder de bodemdaling niet bij kan houden, maar er kunnen ook andere oorzaken zijn, zoals veranderingen in aantallen hoogwaters, regenval, drainage of begrazing. Regressie betekent alleen verschuiving in vegetatiesamenstelling en moet dus niet worden verward met degradatie/verslechtering. Zie ook paragraaf 4.7.

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

4.2.7 Vergelijking met een referentiegebied

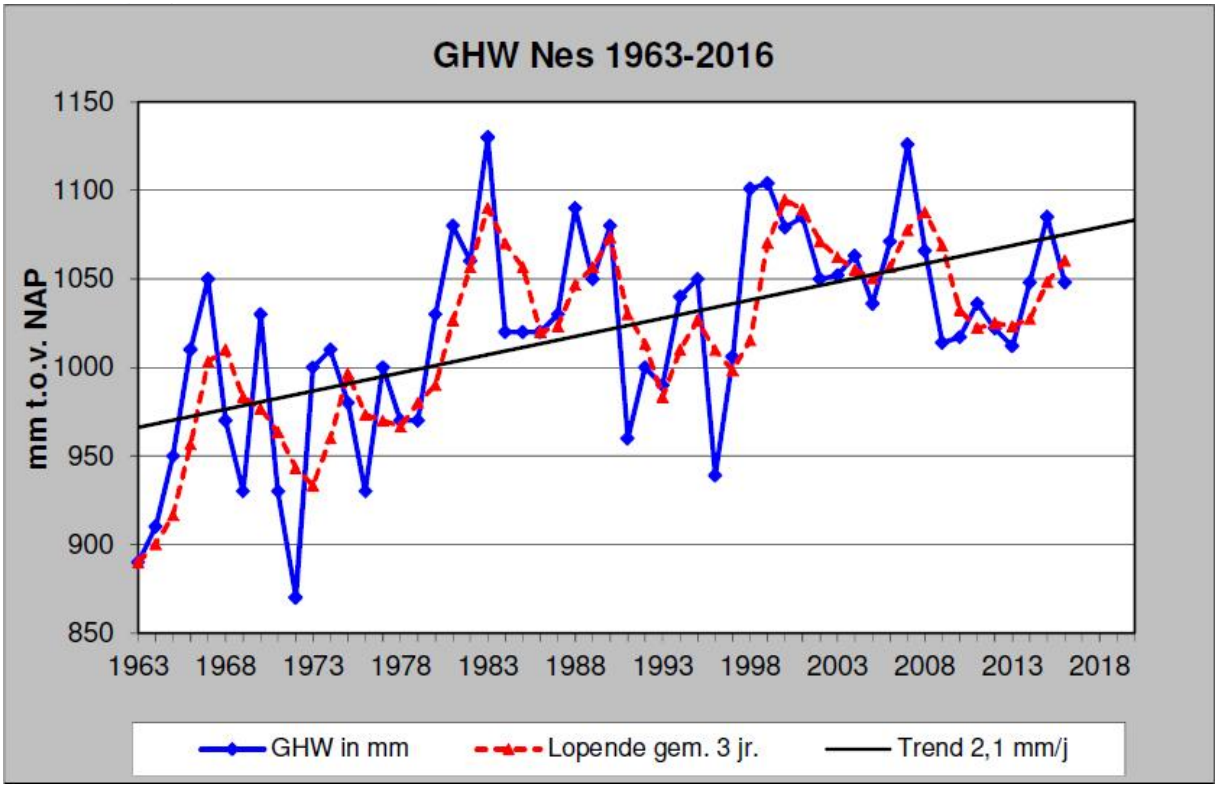
Bij onderzoek naar de eventuele effecten van een ingreep of factor, zoals bv. bodemdaling door gaswinning, is het gebruikelijk het gebied dat beïnvloed wordt te vergelijken met een referentiegebied. Dit gebied ligt buiten de invloedsfeer van de ingreep/factor, maar is verder in zoveel mogelijk opzichten vergelijkbaar met het studiegebied. De Amelandcommissie heeft in het verleden andere eilandkwelders en duinvalleien bezocht en geconcludeerd dat deze weinig geschikt waren om met de Amelandkwelder te vergelijken. Bovendien kunnen waargenomen veranderingen moeilijk aan de aan- of afwezigheid van bodemdaling door gaswinning worden gekoppeld. Externe audits hebben echter geadviseerd de ontwikkelingen wel met een of meer eilanden te vergelijken. Op basis van dat advies is o.a. vanaf eind 2008 het promotieonderzoek van Elske Koppenaal bij de Rijksuniversiteit Groningen (RUG) gefinancierd, die de ontwikkelingen op Ameland vergelijkt met die op Schiermonnikoog. Hoewel de resultaten van haar bevindingen nog niet zijn gepubliceerd en nog niet alle analyses zijn afgerond, mogen de relevante resultaten in dit rapport reeds behandeld worden (paragraaf 4.9).

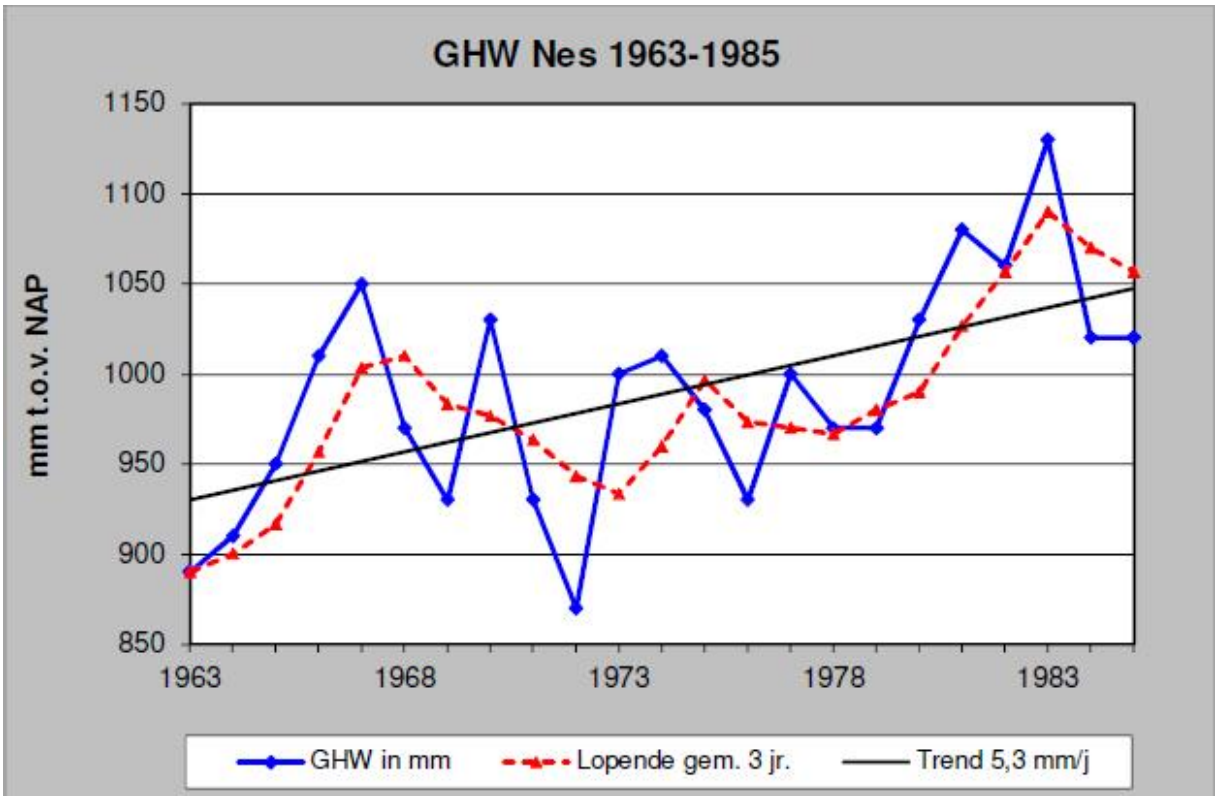
4.3 Externe factoren

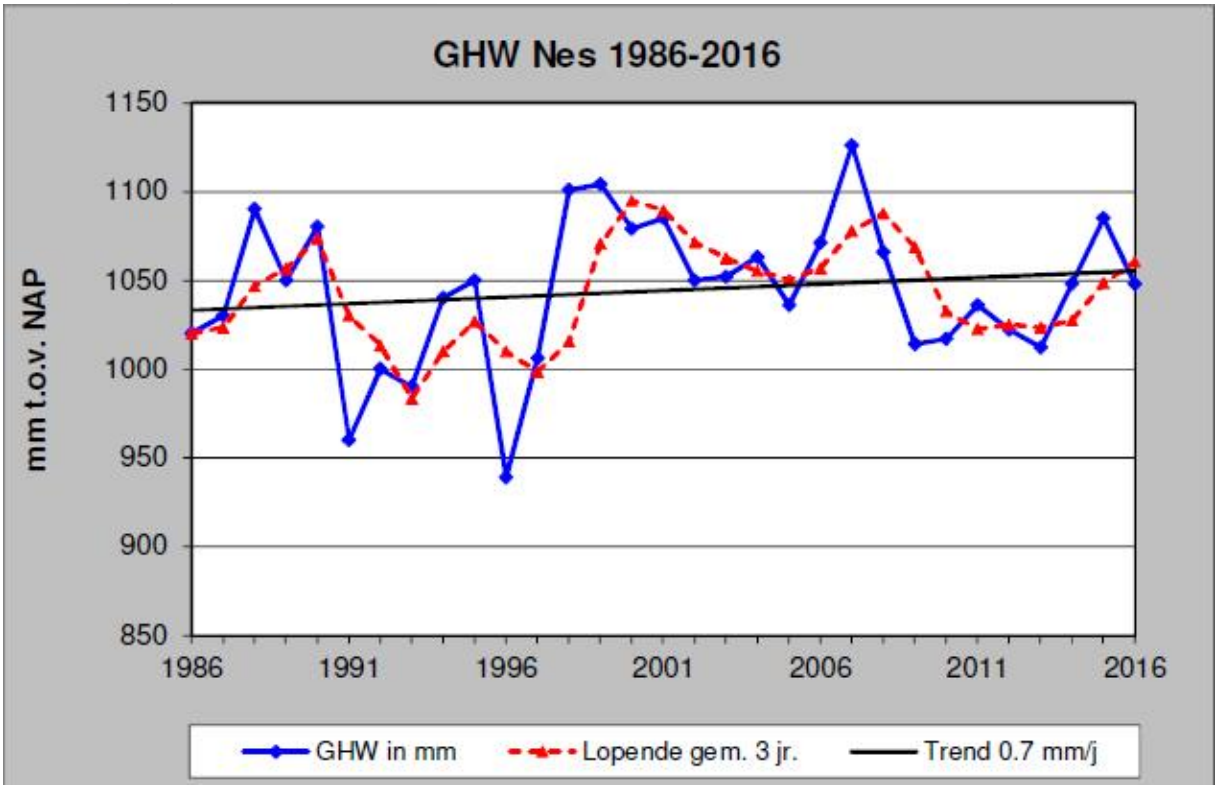
Naast bodemdaling door gaswinning zijn er ook andere externe factoren die een rol spelen bij de ontwikkeling van de kwelder en waarmee in het monitoringonderzoek rekening gehouden moet worden. Bijvoorbeeld, jaarlijkse veranderingen in overvloedingsfrequentie en neerslag kunnen een verandering in de vegetatie bewerkstelligen onafhankelijk van enige aanwezige bodemdaling. Sommige factoren worden als apart onderdeel van de integrale monitoring in meer detail behandeld, zoals de grondwaterstanden. Gegevens betreffende andere factoren, die reeds onder bestaande meetprogramma's vallen, worden als aanvulling gebruikt bij het verklaren van de zelf verzamelde meetgegevens van opslibbing en vegetatieveranderingen die in dit hoofdstuk worden uitgewerkt. De belangrijkste van deze externe factoren worden in deze paragraaf behandeld: gemiddeld hoogwater (paragraaf 4.3.1), neerslag (paragraaf 4.5).en begrazingsintensiteit (paragraaf 4.4).

4.3.1 Gemiddeld hoogwater en overvloedingsfrequentie

De gemiddelde zeespiegelstijging wereldwijd is sinds het begin van de 20e eeuw geschat op ~2 mm per jaar (Church *et al*., 2013). Met een stijgende zeespiegel nemen gemiddeld hoogwater (GHW) en overvloedingsfrequentie op kwelders toe. Op basis van de 10-minutenwaarden van de waterstanden van station Nes op Ameland verzameld door Rijkswaterstaat (live.waterbase.nl) zijn de gemiddeld hoogwaters per jaar berekend voor de periode 1963-2016 (figuur 4.6a).


GHW Nes 1963-2016
mm t.o.v. NAP
1150
1100
1050
1000
950
900
850
1963
1968
1973
1978
1983
1988
1993
1998
2003
2008
2013
2018
GHW in mm
Lopende gem. 3 jr.
Trend 2,1 mm/j


GHW Nes 1963-1985
mm t.o.v. NAP
1150
1100
1050
1000
950
900
850
1963
1968
1973
1978
1983
GHW in mm
Lopende gem. 3 jr.
Trend 5,3 mm/j

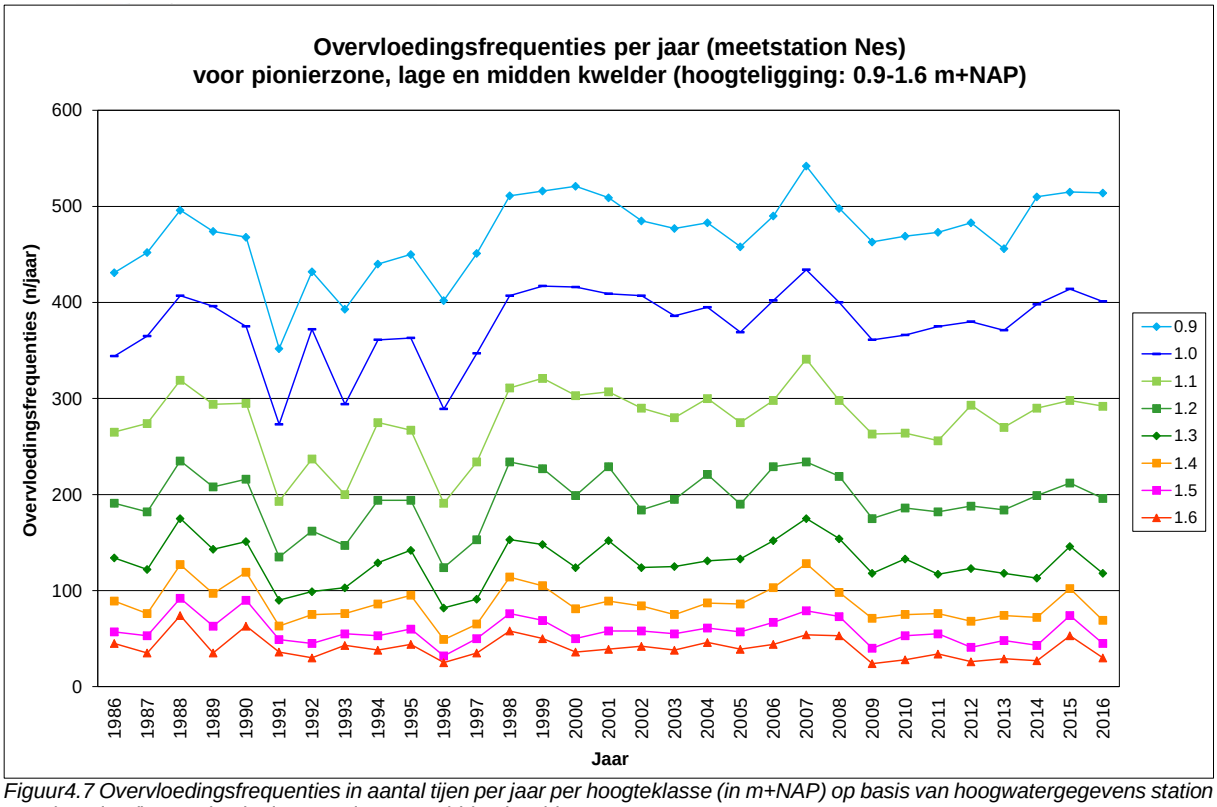


Figuur 4.6 a. Verloop jaargemiddelde hoogwaters (GHW 1963-2016) op meetstation Nes (Ameland). b. De lineaire trendmatige GHW-stijging voorafgaand aan de monitoring (periode 1963-1985) is 5 mm per jaar. c. Tijdens de monitoringperiode (1986-2016) is er geen significante lineaire trend in GHW en is de gemeten stijging beperkt gebleven tot 0,7 mm per jaar.

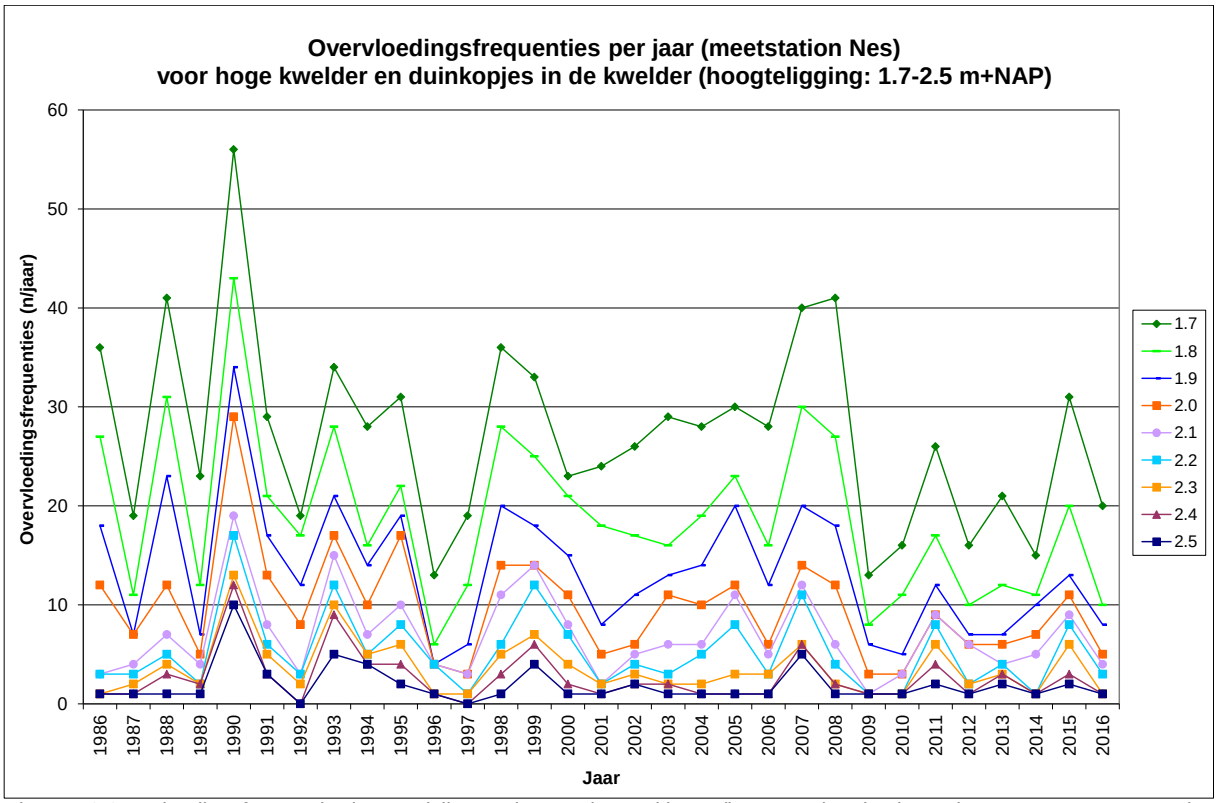
Op basis van de maaiveldhoogte per locatie op de kwelder kan vervolgens de theoretische overvloedingsfrequentie worden bepaald. De gemeten waterstanden bij Nes geven slechts een algemene indruk van de overstroming van de kwelder: door de lokale waterstroming kan het werkelijke getij op Neerlands Reid en De Hon, en zelfs binnen beide kwelders, afwijken. Holwerd ontvangt 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 kreken en kwelderoppervlak voor verschillen in overvloedingsfrequentie. Een nauwkeurige bepaling van de overvloedingsfrequentie op een locatie kan alleen gedaan worden door metingen ter plekke met bv. een dieptelogger die waterstand en overstromingsduur meet.

In de periode voorafgaand aan de monitoring (1963-1985) is de trendmatige verhoging van het jaargemiddelde hoogwater op station Nes 5,3 mm per jaar (figuur 4.6b). Gedurende de monitoring-periode is het jaargemiddelde hoogwater zeer variabel en zonder significante lineaire trend (figuur 4.6c). Aangezien voor vastelandskwelders (de Friese en Groninger Kwelderwerken) een duidelijke relatie tussen het jaargemiddelde hoogwater en de omvang van de pionierzone is aangetoond (Dijkema *et al*., 2007), wordt het gemiddeld hoogwater voor Ameland ook als mogelijke factor gevolgd. De jaargemiddelde hoogwaters worden beïnvloed door de gemiddelde windrichting, windsnelheid en barometerstand in een jaar (Bossinade *et al*., 1993).

De wisselende jaargemiddelde hoogwaters (figuur 4.6c) zijn in het jaarlijkse aantal overvloedingen van de kwelder terug te vinden (figuur 4.7 en 4.8). Dit is vooral het geval bij de pionierzone en de lage kwelderzone, die in de buurt van GHW liggen (figuur 4.7). Door de fluctuaties in GHW kan het aantal overvloedingen in een hoogteklasse tussen jaren wel met 25 tot 100 verschillen, dat is ca. 25% van het totale aantal. Voor de hoge kwelderzone en lage duintjes (figuur 4.8) zijn de fluctuaties in GHW uit figuur 4.6c moeilijker terug te vinden. Omdat het aantal overvloedingen per hoogteklasse gemiddeld veel lager ligt en daardoor tussen jaren tot wel meer dan 100% varieert, is de GHW-jaartrend daar niet echt bepalend.



Figuur4.7 Overvloedingsfrequenties in aantal tijen per jaar per hoogteklasse (in m+NAP) op basis van hoogwatergegevens station Nes (Ameland) voor de pionierzone, lage en midden kwelder.



Figuur 4.8 Overvloedingsfrequenties in aantal tijen per jaar per hoogteklasse (in m+NAP) op basis van hoogwatergegevens station Nes (Ameland) voor de hoge kwelderzone en lage duintjes.

Eerdere rapporten over het bodemdalingsonderzoek concludeerden ten aanzien van GHW en de overvloedingsfrequentie dat:

- een afname van de jaargemiddelde hoogwaters in de periode 1986-1997 de mogelijke effecten van bodemdaling op de kweldervegetatie hebben gecompenseerd via een stabiele overvloedingsfrequentie.
- in de monitoringperiode de kweldervegetatie in hoge mate een autonome ontwikkeling volgde, los van de effecten van bodemdaling en overvloedingsfrequentie.

4.3.2 Kwelderkreken en poeltjes

Het krekensysteem in een kwelder is niet alleen belangrijk voor de aan- en afvoer van water, maar ook sediment en nutriënten worden door de kreken de kwelder binnengebracht (Boorman *et al.,* 1993). De kweldergroei wordt dus niet alleen bepaald door de sedimentaanvoer van zee, maar ook door de mogelijkheid voor mobilisatie en transport binnen het krekensysteem van de kwelder (Kestner 1975; Stoddart *et al.,* 1989). De ontwikkeling van het krekensysteem begint gelijktijdig met het ontstaan van de kweldervegetatie (Yapp *et al.,* 1917; Steers, 1959; Van Straaten, 1964; Kestner, 1975; Steers, 1977; Grotjahn *et al.,* 1983; Dijkema *et al.,* 1991; French & Stoddart, 1992). De drainage helpt de vegetatieontwikkeling op gang en de aanwezige vegetatie bepaalt mede de ontwikkeling van de prielen en kreken (Temmerman *et al.,* 2007).

Met toenemend kwelderoppervlak wordt de hoofdkreek langer en er ontstaan nieuwe kreken en steeds meer splitsingen (Yapp *et al.,* 1917; Verhoeven & Akkerman, 1967). Dat gebeurt vooral door terugschrijdende erosie in de kleine kreken tijdens de eb, waarbij zich ook vanaf de zijkant van een grotere kreek een kleine kreek kan insnijden (Pestrong, 1965; Verhoeven & Akkerman, 1967; Steers, 1977; Bayliss-Smith *et al.,* 1979; Carter 1988; French *et al.,* 1990; French & Stoddart, 1992). Binnen de kreken kan ook laterale erosie plaatsvinden. De kreekranden worden daarbij ondergraven, omdat het onderliggende sediment (meestal zandig en zonder plantenwortels) makkelijker te eroderen is (Pestrong, 1965; Carter, 1988; French & Stoddart, 1992).

Samengevat vinden binnen de kreken dus zowel de processen van uitschuring als ook van afzetting plaats (Yapp *et al.,* 1917; Pestrong, 1965; Long & Mason, 1983; Carter, 1988). Afhankelijk van welk proces overheerst kunnen kreken dichtslibben, insnijden/uitbreiden of onveranderd blijven. Naarmate de kwelder zich verder ontwikkelt veranderen ook de geulprofielen. In de pionierzone zijn de kreken nog breed en ondiep, met de verdere ontwikkeling van de kwelder worden vooral de kleinere kreken dieper en smaller. Het verloop, de vorm en de dichtheid van de kreken hangen af van de getijamplitude, de stroomsnelheden, het bodemtype van de kwelder en de kreekbodem en van de kweldertopografie (Pestrong, 1965; Steers, 1977; Long & Mason, 1983; Verhoeven, 1983; Adam, 1990). Op kwelders met zandig sediment is bv. de kreekdichtheid niet groot.

Figuur 4.9 Poeltje op De Hon (links) en kreek met uitschuring, afzetting en ondergraving op Neerlands Reid (rechts) (foto's Willem van Duin).

Kwelderpoeltjes en zoutpannen komen in bijna alle kwelders voor (figuur 4.9). Er bestaan meerdere typen die door hun ontstaan gekarakteriseerd zijn (Yapp *et al.,* 1917; French *et al.,* 1990):

- De primaire poeltjes ontstaan gelijktijdig met de kwelder. Door de onregelmatige vestiging van vegetatie kunnen open gebleven plekken helemaal door een vegetatiedek worden omsloten, met het gevolg dat het water niet meer aflopen kan (Steers, 1959, 1977; Pestrong, 1965; Long &

Mason, 1983). Deze poelvorming gebeurt niet overal, volgens Adam (1990) zijn er pionierplanten (bv. Zeekraal) die een gelijkmatige vegetatiebedekking vormen, die door kreken doorbroken kan worden.

- De secundaire poeltjes ontstaan eigenlijk op dezelfde manier als de primaire poeltjes, alleen zijn zij bestanddeel van de secundaire kwelder en liggen tegen de kwelderrand aan, waar neerstortende blokken een laagte in kunnen sluiten.
- Kreekpoeljes ontstaan doordat kreken afgedamd worden: door laterale erosie, waarbij de neerstortende blokken de kreek afdammen, of door dichtslibbing van een kreekgedeelte kan de ontwatering geblokkeerd worden. Deze kreekpoeltjes hebben meestal een lange vorm en liggen vaak in het verlengde van een kreek.

Door het achterblijven van aanspoelsel (vooral algen), door de invloed van dieren (trappen, grazen), door ijs (hogere breedtegraden) of door hoge saliniteit over een lange periode kan de vegetatie afsterven en kunnen er kale plekken ontstaan. Als er gedurende langere tijd water op een kale plek blijft staan, dan wordt de herbegroeiïng met vegetatie belet en ontstaat een poeltje. Door kleine windgolfjes kunnen de randen van de poeltjes eroderen en groter worden. Als een poeltje ontwaterd wordt dan kunnen zich weer planten vestigen en blijft er alleen maar een laagte over (Steers, 1959).

Reents (1995) en Reents *et al.* (1999) vonden als referentiewaarde voor natuurlijke kreken 10% van het areaal van de kwelder. Voor kwelderpoeltjes en zoutpannen zijn referentiewaarden tot 6% van het areaal van een natuurlijke kwelder gemeten.

4.3.3 Klifvorming

Zolang kwelders horizontaal groeien is er een geleidelijke overgang in hoogte van pionierzone naar kwelder. Stagneert de aanwas, dan ontstaat op natuurlijke wijze een kwelderklif. Stabiele kwelders bestaan niet, tenzij als gevolg van beheermaatregelen (bezinkvelden of oeververdediging). De oorzaak van klifvorming is de genoemde hoge opslibbing in de kweldervegetatie, terwijl de opslibbing in de aangrenzende eenjarige pionierzone alleen in de groeifase hoog genoeg is om een geleidelijke overgang in stand te houden. Een eroderende of zelfs een stabiele pionierzone leidt altijd tot een kwelderklif met terugschrijdende erosie van de kwelder. Zeewaarts van een klif ontstaat in een stabiele of in een opslibbende pionierzone soms nieuwe kwelderaanwas. Een dergelijke secundaire kwelder kan na verloop van tijd ook weer een klif vormen (Yapp *et al.,* 1917; Van de Koppel *et al.,* 2005).

Door deze dynamiek op de grens van wad en kwelder is de pionierzone potentieel kwetsbaar voor zeespiegelstijging en bodemdaling. Op de eilanden bepalen natuurlijke morfologische processen de opslibbingbalans in de pionierzone. De natuurlijke processen van opbouw en afslag mogen op grond van het bestaande beleid ongestoord hun gang gaan, omdat het kwelderareaal op de eilanden veel groter is dan op grond van historische referenties verwacht mag worden (Dijkema, 1987 b; Dijkema *et al.,* 2005 a, b). Neerlands Reid is beschermd tegen kliferosie met stortsteen, maar De Hon niet en daar vindt op het westelijke deel kliferosie plaats (figuur 4.10.)

Figuur 4.10 Stortstenen oeververdediging op Neerlands Reid (links) en kliferosie kwelderrand De Hon (rechts) (foto's: Alma de Groot).

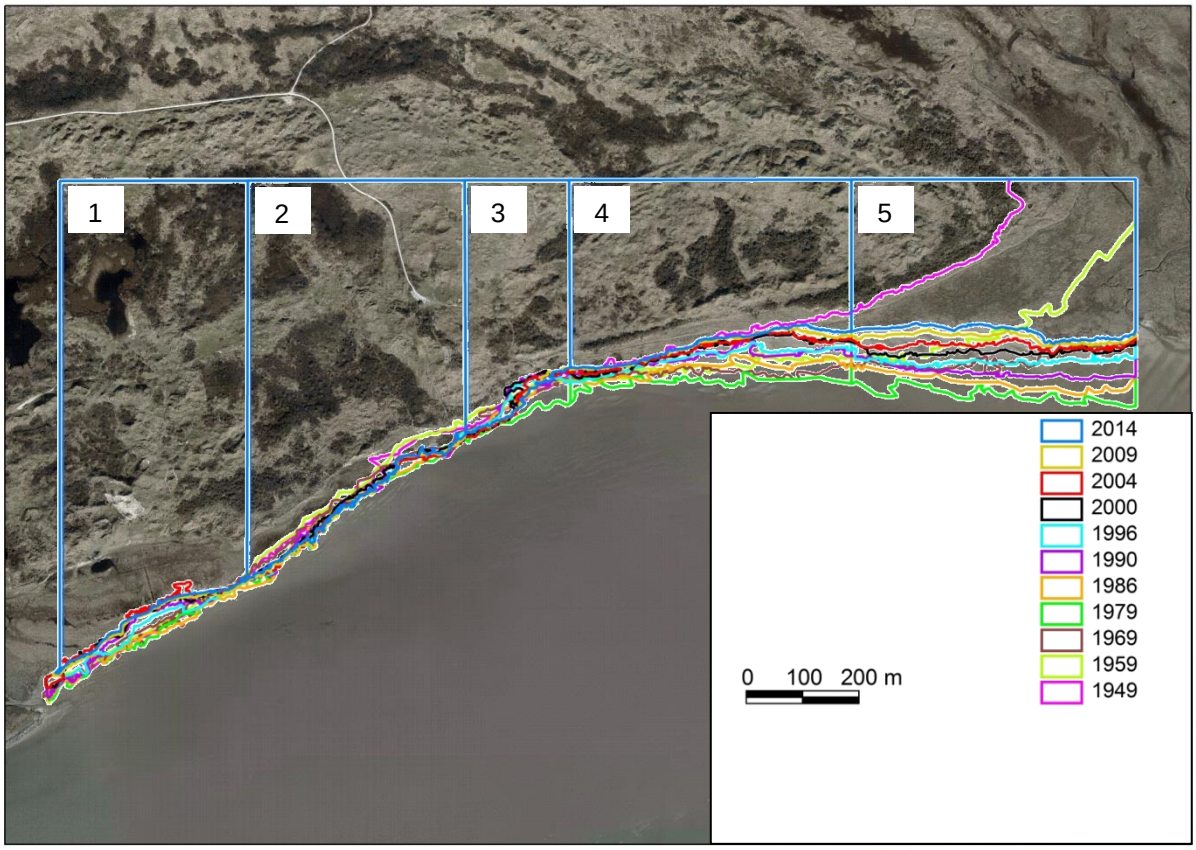
4.3.3.1 Effecten van de stortstenen oeververdediging op de vegetatiesamenstelling

In 1998-1999 is een stortstenen rand aangelegd langs het westelijk deel van de wadrand van Neerlands Reid. Deze rand is 0,8 m hoog, 8 m breed en 1800 m lang en is aangelegd ter bescherming van de achterliggende kwelder. Voor de dam werd aangelegd vond er al ruim een halve eeuw erosie van de kwelderrand plaats (Van Loon-Steensma & Slim, 2013) en om verdere erosie te voorkomen is 5-15 m voor de klifrand deze stortstenen rand aangelegd. De ruimte tussen de stortstenen rand en de klifrand is vervolgens dichtgeslibd en opnieuw gekoloniseerd door kweldervegetatie. Recentelijk, zijn er twee studies uitgevoerd naar de effecten van de stortstenen rand op de vegetatie. Daaruit blijkt dat de vegetatiesamenstelling overeen komt met die op de naastgelegen delen waar geen stortstenen rand aanwezig is (Van Loon-Steensma & Slim, 2013) en met die van andere kwelders in de Waddenzee (Van Loon-Steensma *et al*., 2015).
Het nadeel van het gebruik van stortsteen is dat het gebiedsvreemd, onafbreekbaar materiaal is en dat een dergelijke oeververdediging een permanente, harde grens vormt tussen kwelder en wad waardoor een natuurlijke transitiezone niet meer mogelijk is.

4.3.3.2 Morfologie kwelderrand Oerderduinen

De morfologie van de kwelderrand bij de Oerderduinen wordt behandeld in Kuiters *et al.* (2017). Het volledige rapport is opgenomen als paragraaf 2.10 (hoofdstuk 2), maar in deze paragraaf worden de belangrijkste aspecten samengevat.

Over de kliferosie op Ameland is eerder gerapporteerd door Sanders & Slim (2000), Sanders *et al*. (2005) en Slim *et al*. (2011). Uit hun en de recente luchtfoto-analyses blijkt dat de kliferosie langs de Oerderduinen en De Hon eerder is begonnen dan de bodemdaling. Kliferosie kan versnellen als het voorliggende wad verlaagd. Hiervoor is de belangrijkste factor de snelheid van bodemdaling, niet de einddaling. Een periode van netto aanwas wordt na 1979 in alle vijf deelgebieden afgewisseld met een periode van netto afslag (figuur 4.11).



Figuur 4.11 Dynamiek van de kwelderrand onder het Oerderduin in de periode 1949-2014 (Kuiters et al 2017; zie ook bijlage 17).

Na 1990 nam de snelheid van afslag af en sloeg in bepaalde deelgebieden weer om in netto aanwas. Over de gehele kwelderrand gezien nam de gemiddelde snelheid van afslag af van 2,4 m per jaar tussen 1979 en 1990 naar 0.8 in de periode 2000-2014. Er lijkt al met al geen sprake van een monotone trend in een bepaalde richting. De trend in aanwas en afslag verschilde ook tussen de verschillende

deelgebieden als gevolg van lokale verschillen in dynamiek van de kustmorfologie. De kwelderstrook is in deelgebied 3 op z'n smalst en door de afslag reikte de kwelderrand op een gegeven moment bijna tot aan de duinvoet. Inmiddels is in dit deel weer sprake van enige aangroei. De grootste dynamiek trad op in de meest oostwaarts gelegen deelgebieden 4 en 5. Dit heeft te maken met het feit dat in dit deel van Oost-Ameland de groei van de eilandstaart rond 1949 nog in volle gang was. De Hon kende in de afgelopen decennia een grote mate van bewegelijkheid, het zogenaamde 'kwispelen' (De Groot *et al*., 2015). Dit proces duurde tot omstreeks 1979, het meest recente omslagpunt van aanwas naar afslag. Vanaf dat moment begon een periode met regressie, die de laatste jaren steeds weer afvlakt. De areaalverliezen per decennium liepen terug van 55 ha naar 13 over de periode 2000-2009.

Na 1986 (moment van de start van de gaswinning) vond dus geen versnelde afslag plaats maar juist een afname in de gemiddelde afslagsnelheid. De langjarige dynamiek van de eilandstaart lijkt daarmee de belangrijkste sturende factor.

Opmerkelijk is dat tijdens de huidige bodemdalingsperiode aan de wadkant van het midden van De Hon nieuwe kwelder wordt gevormd door instuiven van zand, opslibbing en kreekvorming (ca. 10 ha). Klifvorming en kweldervorming kunnen dus tegelijkertijd plaatsvinden.

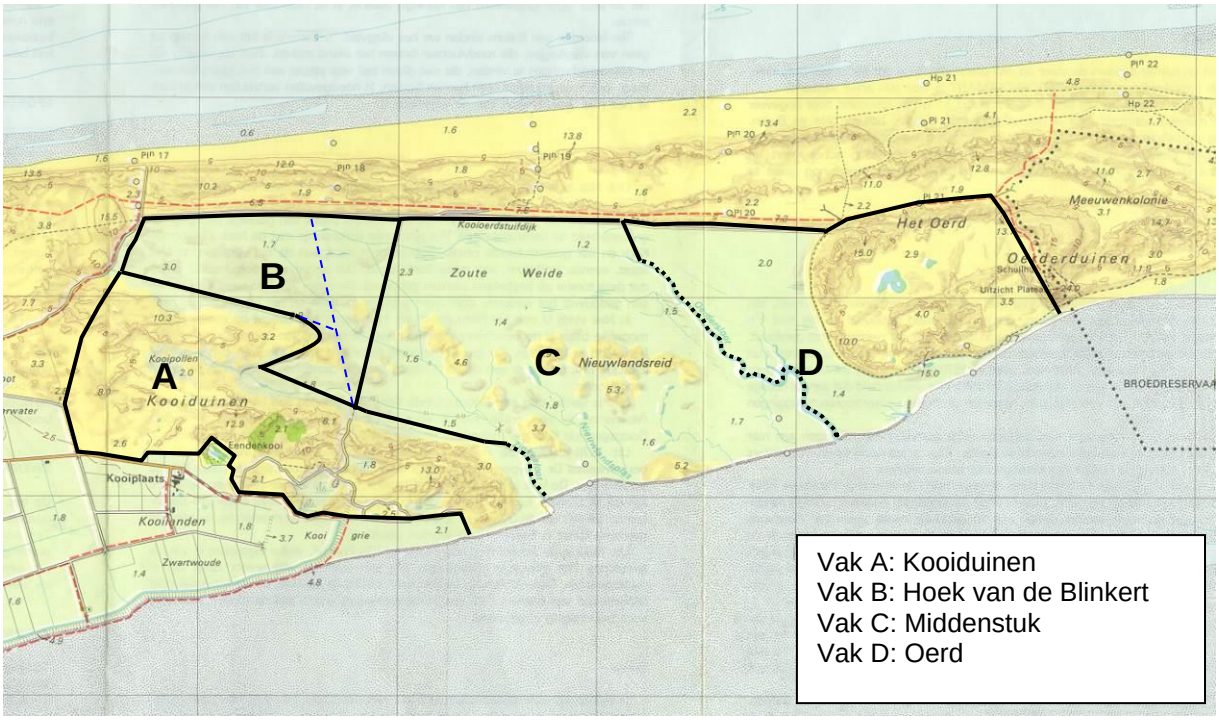
4.4 Begrazingsonderzoek Neerlands Reid

Inventarisatie van de begrazing van het Neerlands Reid door vee en ganzen.

4.4.1 Inleiding

De kwelder Neerlands Reid op Oost Ameland wordt begraasd door vee afkomstig van boeren van het eiland. Omdat naast bodemdaling (Dijkema, 3.1) ook de graasintensiteit invloed heeft op de vegetatiesamenstelling is een begrazingsonderzoek uitgevoerd waarbij de begrazingsintensiteit vanaf 1984 in beeld is gebracht. Dit betreft zowel begrazing door vee als begrazing door ganzen.

De kwelder het Neerlands Reid op Oost Ameland wordt in de zomer begraasd door vee afkomstig van boeren van het eiland. Omdat de graasintensiteit invloed heeft op de vegetatiesamenstelling is een begrazingsonderzoek uitgevoerd waarbij de begrazingsintensiteit vanaf 1984 in beeld is gebracht. De begrazing door ganzen in de wintermaanden is met een gerichte ganzentelling vanaf 2005 gevolgd. De begrazingseenheid is in totaal 580 hectare groot en is onderverdeeld in vier eenheden (figuur 4.12). Het vee wordt gedurende het seizoen gerouleerd over deze vier eenheden. De gegevens over de begrazing worden bijgehouden door de herder. Op basis van de verzamelde gegevens is de begrazingsintensiteit berekend.



Figuur 4.12 Begrazingsgebied en opdeling in vakken.

De vakken B en C werden begraasd door zowel schapen, runderen als paarden. Tot 2009 is de totale begrazingsintensiteit in deze vakken enigszins afgenomen. Een belangrijke oorzaak van de daling van de begrazingsintensiteit is het (gemiddeld) later inscharen van het vee en het niet gebruiken van het begrazingsrecht, dus minder ingeschaard vee. Vanaf 2009 is de begrazingsdruk toegenomen als gevolg van een groter aandeel ingeschaarde runderen en paarden. Door het instellen van een gesubsidieerd weidevogelbeheer werd vanaf 2008 vak B minder intensief begraasd en vak C juist intensiever.

Vak D werd begraasd door runderen en in de laatste jaren door paarden. De begrazingsintensiteit in vak D is in het begin van de onderzoeksperiode afgenomen waarna deze tot en met 2003 weliswaar varieerde maar gemiddeld genomen vrij constant was. Van 2004 tot en met 2008 is de begrazingsdruk relatief laag. Na het instellen van het weidevogelbeheer in 2008 is de begrazingsdruk vrij fors gestegen, en heeft de inscharing relatief laat plaats gevonden, na 8 juni. Er is overgegaan van twee vrij korte graasperiodes met relatief veel runderen naar één lange graasperiode met minder dieren. In 2012 tot en met 2014 is de graasdruk extra toegenomen door het tijdelijk inscharen van paarden.

Op de kwelders van het Neerlands Reid foerageren in het winterhalfjaar ganzen. Vanaf de winter 2005-2006 zijn iedere winter 10 tellingen op de kwelder uitgevoerd in de periode september tm mei. Het gaat om Nijlgans (*Alopochen aegyptiaca)* en Rietgans (*Anser fabalis*) in kleine onbelangrijke aantallen. Om Grauwe gans (*Anser anser*) tot maximaal enkele honderden vogels en de grootste aantallen en belangrijkste grazers betreft Rotgans (*Branta bernicla*) en Brandgans (*Branta leucopsis*) die tot vele duizenden geteld zijn. De ganzen komen aan vanaf september. In de wintermaanden verblijven er enkele duizenden vogels. De aantallen stijgen vanaf eind februari tot een piek van tienduizenden ganzen in april en daarna dalen de aantallen tot leegloop eind mei. De voorjaarspiek ontstaat door ganzen uit de zuidelijkere gebieden die in het voorjaar naar het noorden trekken waarbij ze tijdelijk het waddengebied aandoen om op te vetten.
De aantallen rotganzen als totaal van de 10 tellingen lijken licht toe te nemen maar dit beeld wordt versterkt door een laagste eerste telling van 5301 (2005-2006) en een hoogste laatste telling van 16297 (2015-2016) ganzen.

De Brandganzen zijn op het Neerlands Reid verschenen omstreeks 1993. Daarna is een toename opgetreden en de toename lijkt nog steeds gaande. Aanvankelijk is er sprake van een daling van 16000 naar 8000 vogels in 2005-2010 maar daarna stijgen de aantallen naar ruim 23000 en 36000 gedurende de laatste twee winters.

Wanneer gekeken wordt naar het totaal aantal ganzen (Grauwe gans, Rotgans, Brandgans) als totaal van de 10 tellingen dan stijgt dit van ongeveer 22000 gedurende de eerste 4 winters naar ruim 37000 en 53000 vogels gedurende de laatste twee winters. Dit wordt vooral veroorzaakt door hoge aantallen van de Brandgans in het voorjaar van 2015 en 2016. Een en ander betekent dat de begrazing door ganzen in de periode 2005-2016 aanvankelijk licht stijgt tot 2014 en daarna in 2015 en 2016 een sterke stijging laat zien.

4.4.2 De begrazingseenheid

De kwelder Neerlands Reid is grotendeels eigendom van de 'Maatschappij tot exploitatie van onroerende goederen op het Oosteinde Oerd Neerlands Reid BV', in de volksmond kortweg de 'Vennoot' genaamd. Deze maatschappij is opgericht in 1920 en geeft sindsdien aandelen uit waarmee het recht verworven wordt vee in te scharen. Er zijn in totaal 630 aandelen uitgegeven en daarnaast nog 32 begrazingsrechten. Een begrazingsrecht komt overeen met twee aandelen. Per aandeel mag ingeschaard worden: twee schapen (ongeacht het aantal bijbehorende lammeren), één pink, een halve vaars (een vaars is een jonge koe die nog niet gekalfd heeft), een half paard of één enter (jong paard).

In figuur 4.12 is de totale begrazingseenheid weergegeven. De totale grootte van het gebied is 580 hectare. Het gebied is onderverdeeld in vier eenheden. Het vee wordt gedurende het seizoen gerouleerd over de vier eenheden.

De Kooiduinen (vak A) bestaat voor een groot deel uit hogere duinen met enkele valleien en een klein deel kwelder. De Hoek van de Blinkert (vak B) en het Middenstuk (vak C) bestaan voornamelijk uit kwelder met plaatselijk enkele lage duintjes. Het Oerd (vak D) is deels kwelder en deels, in het oosten, een oud duincomplex met in het centrum daarvan een moerassig gebied en een duinmeer (het Oerdswater).
Eind jaren tachtig is de verdeling van de begrazingseenheden gewijzigd. Vak B is vergroot ten koste van vak C. In figuur 4.12 is de plaats van het oude raster met een onderbroken blauwe lijn aangegeven. Sinds 2008 valt een deel van het gebied onder weidevogelbeheer (Agrarisch Natuurbeheer). Dit betekent dat de vakken B en D tot 9 juni niet meer worden beweid. Om dit in de praktijk mogelijk te maken is het raster van vak B in 2008 aangepast en 'schapendicht' gemaakt. Daarbij is vak B iets vergroot en vak A verkleind.

De gegevens over de begrazing worden bijgehouden door de herder. Tot en met 2001 was dit dhr. T. Kooiker. Van 2002 tot 2014 was dit dhr. A. P. Molenaar. Vanaf 2015 is dit dhr. T. Beijaard. De bijgehouden gegevens bestaan uit de aantallen ingeschaard vee en de inscharings- en de verweidingsdata.

Op basis van de verzamelde gegevens is de begrazingsintensiteit per jaar bepaald. Hiervoor is het aantal 'graasdagen' berekend. Dit is het aantal aanwezige grazers vermenigvuldigd met het aantal dagen dat er begraasd is. In 1991, 1996 en 2002 zijn er onvoldoende gegevens verzameld vanwege het tijdelijk uitvallen en vervangen van de herder.

4.4.3 Begrazingspatroon

4.4.3.1 Inscharingsperiode

De inscharing vindt plaats in het voorjaar. De inscharingsdatum wordt vastgesteld door het bestuur. Het doel is om zo vroeg mogelijk in te scharen maar met de voorwaarde dat er voldoende gras aanwezig is. Dit laatste is vooral afhankelijk van het weer (voorjaarstemperaturen) en de overstroming van de kwelder (frequentie, duur en tijdstip).

De inscharingsdatum in de periode 1982-1985 lag in de laatste twee weken van april. Vanaf 1989 tot 2001 was dit begin mei. Vanaf 2002 geldt een vaste inscharingsdatum van 1 mei. In 2001 was inscharing pas toegestaan op 25 mei (paarden) en 1 juni (schapen en runderen) in verband met de mkz-crisis.

Al het vee diende 1 december verwijderd te zijn. Voor de rammen (ook lammeren) gold eind juli als einddatum. De praktijk was dat alle lammeren eind juli werden verwijderd, en de schapen begin oktober. De meeste koeien en paarden bleven aanwezig tot eind november.

Wanneer de aantallen ingeschaarde dieren gedurende het jaar worden beschouwd dan blijkt dat in 2000 tot 2010 een deel van het vee pas relatief laat is ingeschaard. Was het in de tachtiger jaren zo dat het gros van het vee op de officiële inscharingsdatum werd ingeschaard, in 2000 tot 2010 gebeurde het inscharen veel geleidelijker en werd het maximum aantal dieren meer dan een maand later dan de officiële inscharingsdatum bereikt. De laatste jaren wordt er weer eerder ingeschaard.

In de jaren 1985 tot 1992 is gedurende het seizoen extra vee ingeschaard vanwege een groot aanbod van gras. Daarna vond extra inscharing veel minder plaats. Dit had te maken met de geringe animo onder boeren.

Met ingang van het weideseizoen 2008 werden de vakken B en D pas na 9 juni ingeschaard. Dit houdt verband met het feit dat een contract is afgesloten in het kader van Agrarisch Natuurbeheer voor een periode van 6 jaar.

4.4.3.2 Schapen

De schapen werden ingeschaard in de vakken A, B en C. Voor de schapen vormden deze vakken één begrazingseenheid. De rasters hebben een dusdanige hoogte dat schapen in tegenstelling tot de runderen en paarden het raster wél kunnen passeren. Schapen kwamen dus niet in vak D (Oerd). Vanaf 2008 was vak B tot 9 juni afgesloten voor schapen.

4.4.3.3 Runderen

De verweidingsdata voor de runderen varieerden de afgelopen 30 jaar. Tot 2000 is een min of meer vast roulatiepatroon gevolgd waarbij de runderen rouleerden over de vakken B, C en D. Van 2003 tot 2007 is een ander roulatiepatroon gehanteerd. Dit was mede een gevolg van het feit dat de weidevogels in vak B werden ontzien door in mei in vak C in te scharen. Vanaf 2008 is een beheerpakket voor Agrarisch Natuurbeheer afgesloten. Dit had tot gevolg dat vak B en D pas na 9 juni ingeschaard werden. Vanaf 2009 maakte vak D (Oerd) dus geen deel meer uit van het roulatiepatroon, maar werd er eenmalig ingeschaard, en dan vanaf medio juni tot eind november.

Om praktische redenen werd vanaf 2009 van de runderen het vleesvee en het zwartbonte melkvee gescheiden. Het vleesvee werd na 9 juni ingeschaard in vak D, het zwartbonte melkvee in vak B waarna dit vee rouleerde over vak B en C.

4.4.3.4 Paarden

Tot 1998 werden de paarden ingeschaard in vak B. Na circa drie weken werden ze verweid naar vak A. Ze verbleven het grootste deel van de graasperiode dus in vak A.
Vanaf 1998 bleven de paarden het grootste deel van het seizoen in vak B en C. In 2012 tot en met 2014 zijn de paarden tijdelijk in vak D ingeschaard.

4.4.4 Begrazingsdruk

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de aantallen ingeschaard vee. Het aantal aangegeven schapen is exclusief de lammeren. Gemiddeld was er circa 1,5 lam per schaap aanwezig.

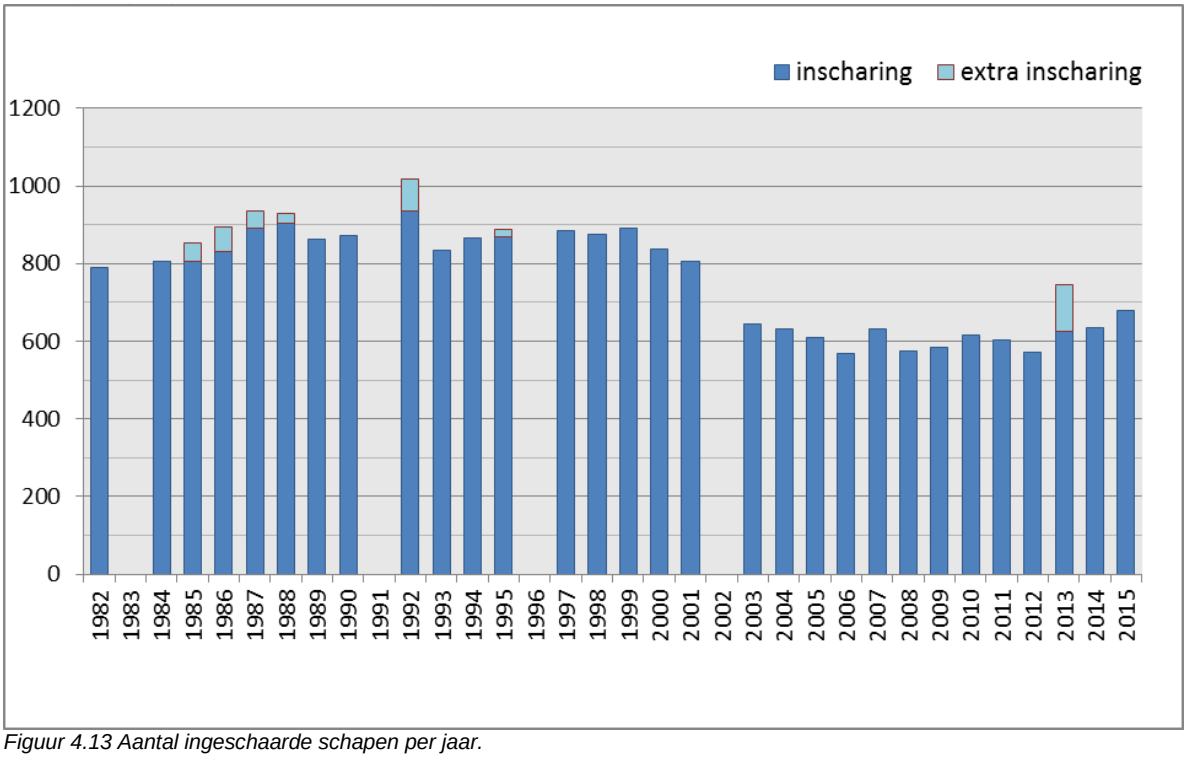
Tabel 4.2. Overzicht van de aantallen ingeschaard vee.

Jaar	Schapen			Runderen			Paarden			Totaal
	inscharing			inscharing			inscharing			
		extra	totaal		extra	totaal		extra	totaal	
1982	790	0	790	211	0	211	14	0	14	1015
1983	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
1984	806	0	806	218	0	218	12	0	12	1036
1985	804	48	852	193	99	292	21	0	21	1165
1986	830	65	895	191	6	197	22	0	22	1114
1987	890	45	935	161	15	176	22	0	22	1133
1988	905	24	929	143	20	163	27	0	27	1119
1989	862	0	862	197	0	197	23	0	23	1082
1990	872	0	872	172	0	172	19	0	19	1063
1991	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
1992	935	81	1016	154	35	189	18	7	25	1230

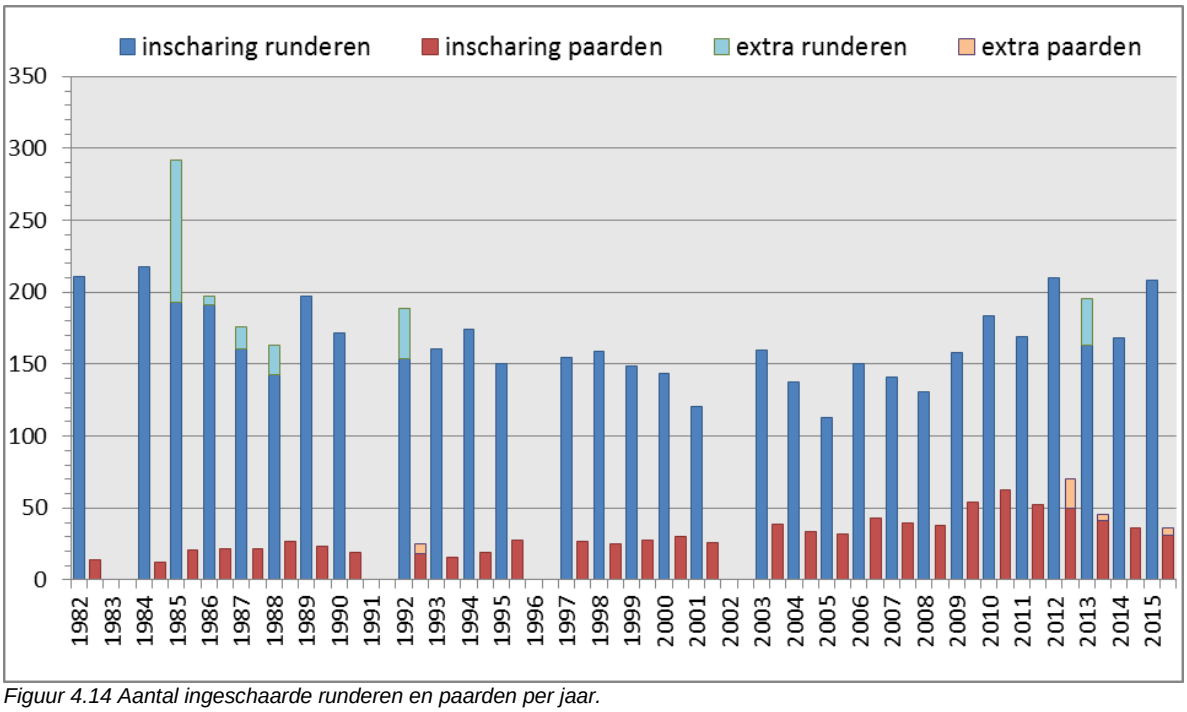
Jaar	Schapen			Runderen			Paarden			Totaal
	inscharing			inscharing			inscharing			
		extra	totaal		extra	totaal		extra	totaal	
1993	834	0	834	161	0	161	16	0	16	1011
1994	864	0	864	174	0	174	19	0	19	1057
1995	870	17	887	150	0	150	28	0	28	1065
1996	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
1997	886	0	886	155	0	155	27	0	27	1068
1998	876	0	876	159	0	159	25	0	25	1060
1999	892	0	892	149	0	149	28	0	28	1069
2000	836	0	836	144	0	144	30	0	30	1010
2001	806	0	806	121	0	121	26	0	26	953
2002	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
2003	645	0	645	160	0	160	39	0	39	844
2004	632	0	632	138	0	138	34	0	34	804
2005	588	0	588	113	0	113	30	0	30	731
2006	556	0	569	150	0	150	43	0	43	762
2007	569	0	630	141	0	141	30	0	30	801
2008	574	0	574	131	0	131	38	0	38	743
2009	583	0	583	158	0	158	49	20	54	795
2010	615	0	615	184	0	184	59	20	63	862
2011	602	0	602	169	0	169	52	0	52	823
2012	572	0	572	210	0	210	50	20	70	852
2013	625	120	745	163	33	196	41	5	46	987
2014	636	0	636	168	0	168	36	0	36	840
2015	678	0	678	208	0	208	31	5	36	922

In de figuren 4.13 en 4.14 is het aantal grazers weergeven. Voor het aantal ingeschaarde dieren is het aantal genomen dat circa 1 juni aanwezig was.

Opgemerkt moet worden dat gedurende het graasseizoen door de boeren soms kleine aantallen vee bijgeschaard en opgehaald werden en schapen vervangen zijn door runderen of visa versa. Het betrof dan een beperkt aantal exemplaren hetgeen zonder toestemming van het bestuur cq de herder geoorloofd was, en dat niet allemaal consequent is bijgehouden. Deze kleine veranderingen zijn dan ook niet allemaal terug te vinden in de tabel.



Figuur 4.13 Aantal ingeschaarde schapen per jaar.



Figuur 4.14 Aantal ingeschaarde runderen en paarden per jaar.

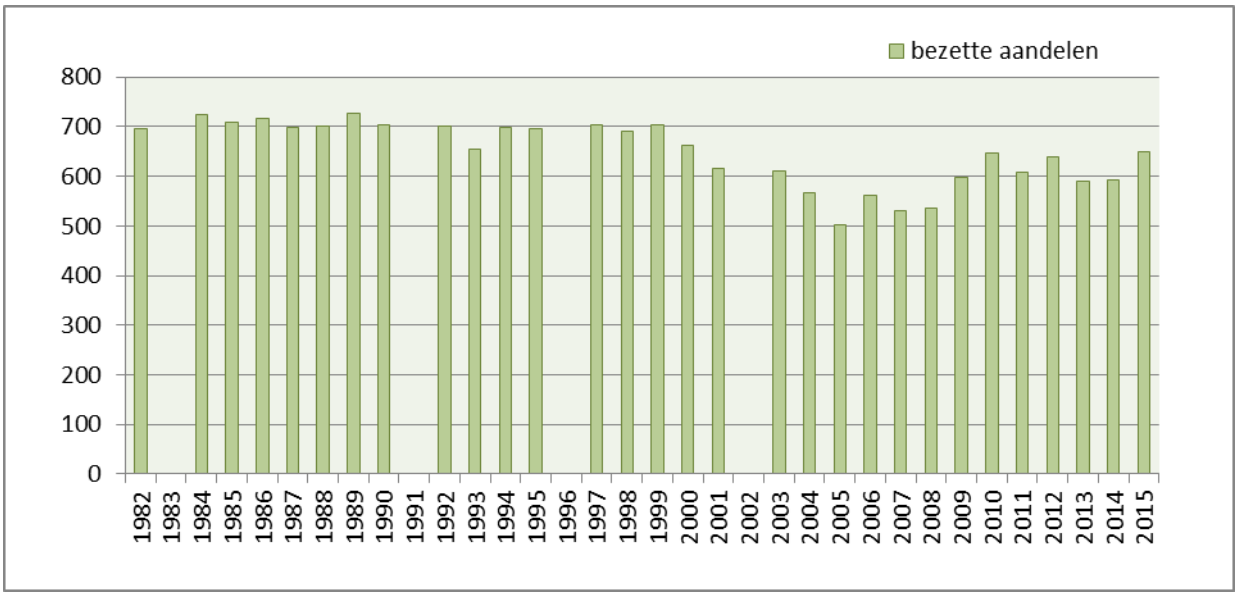
De totale hoeveelheid vee (laatste kolom) was tot 2000 behoorlijk constant waarna het is gedaald, en in de laatste jaren weer is gestegen. De variatie in de aantallen grazers is vooral een gevolg van het feit dat per aandeel een verschillend aantal schapen (2), runderen (1 of 0,5) of paarden (1 of 0,5) kan worden ingeschaard. Dit kan door de boeren per jaar worden bepaald.

Het aantal schapen varieerde in de onderzoeksperiode tussen 550 en 990. Het aantal schapen bedraagt in de jaren tachtig en negentig tussen de 800 en 900 dieren. Na een daling tussen 1999 en 2006 schommelt het aantal rond de 600 dieren. In de laatste drie jaar is weer een stijging te zien.

Het aantal runderen vertoonde tot en met 2008 een dalende trend: van 190-210 begin jaren tachtig tot circa 110-160 in de jaren daarna. Na 2008 is het aantal runderen weer gestegen.

Het aantal paarden is vanaf het begin van het onderzoek toegenomen van 12 tot 63 in 2010. Daarna is het aantal gedaald tot 31 in 2015.

In figuur 4.15 is het aantal ‘bezette‘ aandelen weergegeven, dat wil zeggen het aantal aandelen (en begrazingsrechten) waarvoor daadwerkelijk vee is ingeschaard. Aangezien het aantal aandelen en begrazingsrechten jaarlijks niet is veranderd, kan uit de figuur worden afgeleid dat met name vanaf 2000 een deel van de aandelen ‘onbezet’ was. De boeren hebben niet altijd het aantal dieren ingeschaard dat behoort bij de aandelen in eigendom. Dit verklaart mede de afgenomen aantallen grazers na 2000. Na 2008 waren de aandelen weer beter bezet, met name door een grotere animo onder vooral hobbyboeren. In 2015 heeft het bestuur en de herder aan het begin van het seizoen geïnventariseerd in welke mate de aandelen ‘bezet’ zijn, dat wil zeggen dat er daadwerkelijk vee voor ingeschaard is. Omdat hieruit bleek dat er relatief veel aandelen onbezet waren, heeft bestuur de boeren gestimuleerd om meer vee in te scharen. Hierdoor is in 2015 meer vee ingeschaard dan in voorgaande jaren.

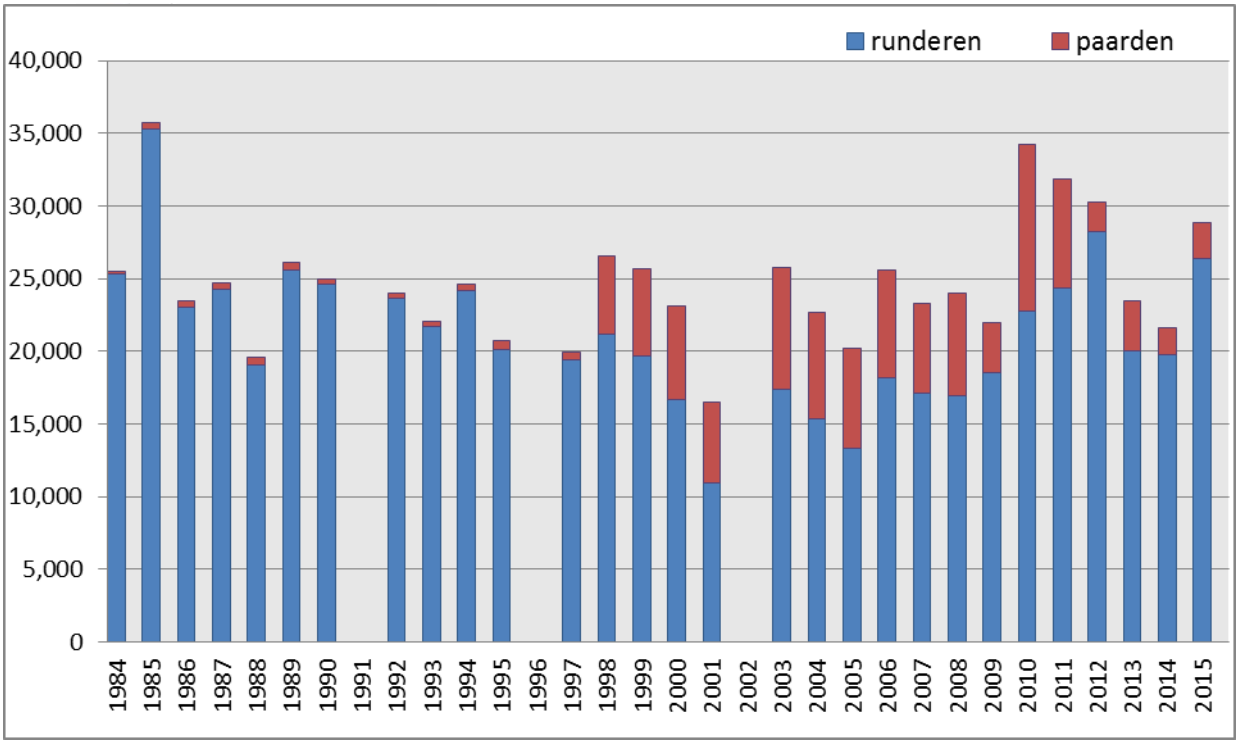


Figuur 4.15 Aantal bezette aandelen per jaar.

4.4.5 Begrazingsdruk in vak B en C

Om na te gaan of er relevante veranderingen zijn opgetreden in de verschillende begrazingseenheden is, voor zover mogelijk, de begrazingsdruk per vak bepaald. De begrazingsdruk is berekend door per vak het aantal aanwezige grazers te vermenigvuldigen met het aantal dagen dat de grazers aanwezig zijn. Het product van grazers en dagen is het aantal 'graasdagen'. Voor de begrazingsdruk is alleen gekeken naar de runderen en de paarden. De schapen zijn buiten beschouwing gelaten omdat ze vrijelijk over de vakken A, B en C kunnen rouleren. Het is niet bekend waar ze zich in welke dichtheden ophouden. De indruk is dat de schapenbegrazing redelijk homogeen verspreid over de kwelder en vakken plaats heeft gevonden. De totale begrazingsdruk door schapen kan afgeleid worden uit de aantallen ingeschaarde exemplaren (tabel 4.2, figuur 4.16).

In figuur 4.16 is het aantal graasdagen voor de gecombineerde vakken B en C weergegeven wat betreft de runderen en paarden. De beschikbare informatie is niet toereikend om onderscheid te kunnen maken tussen vak B en C.



Figuur 4.16 Graasdruk (dagen x aantal) per periode van runderen en paarden in vak B en C.

4.4.5.1 Begrazing door schapen

Uit tabel 4.2 en figuur 4.13 is af te leiden dat vanaf 2002 minder schapen zijn ingeschaard. Door deze daling van de aantallen schapen is de begrazing door schapen in deze periode in de vakken B en C zeer waarschijnlijk afgenomen. Dit laatste is niet met zekerheid vast te stellen omdat schapen ook vrije toegang hebben tot vak A en er daarmee geen duidelijk beeld bestaat van de begrazingsintensiteit in de verschillende vakken.

4.4.5.2 Begrazing door runderen

De runderbegrazing laat tussen 1994 en 2005 een dalende trend zien (figuur 4.16). Na 2005 is de runderbegrazing weer gestegen. In 1985 was de begrazingsdruk hoog vanwege het extra inscharen van 99 runderen in juli. In 2001 was de begrazingsdruk laag door de late inscharing in verband met de MKZ-crisis.

4.4.5.3 Begrazing door paarden

De begrazing met paarden was van 1994 tot 1998 laag, waarna een vrij sterke toename heeft plaats gevonden (figuur 4.16). De toename van de paardenbegrazing compenseert daarmee in die periode de afname in de runderbegrazing.

Begrazing totaal

Figuur 4.16 laat een redelijk stabiele begrazingsdruk zien over de onderzoeksperiode met een paar fluctuaties. Er is een hoge begrazingsdruk in 1985 en in de jaren 2010, 2011, 2012 en 2015. De geconstateerde hogere graasdruk is een gevolg van het inscharen van meer vee en niet van een langere graasperiode. In 1985 zijn halverwege het seizoen extra runderen ingeschaard. Vanaf 2010 werden door de boeren meer runderen ingeschaard. In 2010 en 2011 viel de graasdruk hoger uit doordat de paarden langer in vak B en C zijn ingeschaard, in plaats van in A.

Wanneer de schapenbegrazing bij het geschetste begrazingsbeeld betrokken wordt dan kan geconcludeerd worden dat in de periode 2002 tot en met 2009 de totale begrazingsdruk waarschijnlijk enigszins afgenomen is, een gevolg van de afname van de graasdruk door schapen. Vanaf 2010 is de graasdruk toegenomen als gevolg van een groter aandeel ingeschaarde runderen en paarden.

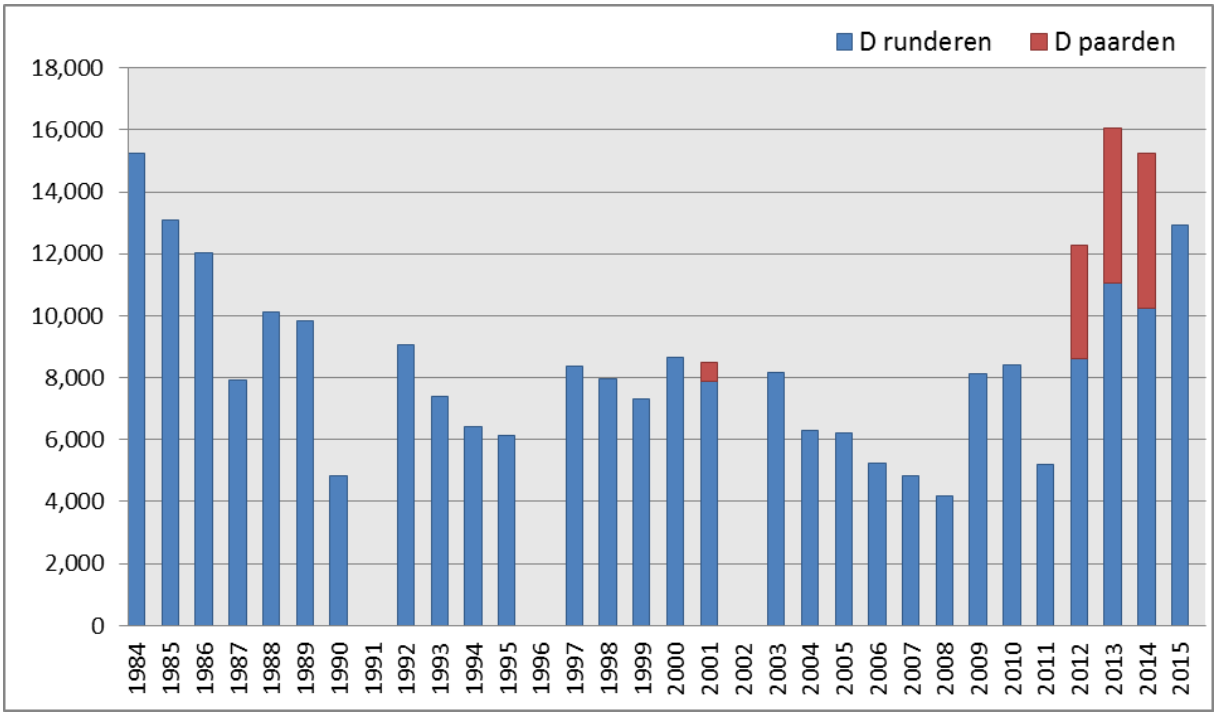
Een belangrijke oorzaak van de daling van de begrazingsintensiteit in de periode 2002 tot en met 2009 is het later inscharen van het vee. Het vee werd niet meer zoals voorheen in groten getale op of vlak na de inscharingsdatum ingeschaard. Een substantieel deel van het vee is in die jaren meerdere dagen tot

enkele weken ná de inscharingsdatum van 1 mei ingeschaard. Ook was minder vee aanwezig doordat het aandeel onbezette aandelen relatief hoog was (figuur 4.15).

Door het instellen van het weidevogelbeheer (Agrarisch Natuurbeheer) wordt in de periode 2008 – 2015 vak B pas na de eerste week van juni ingeschaard. Dit is beduidend later dan in voorgaande jaren het geval was. Deze verandering betekent dat op het moment van inscharing in vak B er meer biomassa aanwezig is en er dan minder runderen worden ingezet. Vermoedelijk zal dit verruiging in de hand werken. Een andere consequentie van de late inscharing in vak B is dat vak C tot begin juni sterker begraasd wordt.

4.4.6 Begrazingsdruk in vak D

In figuur 4.17 zijn de gegevens voor vak D weergegeven. In dit vak werden alleen runderen ingeschaard. In de periode tot 2008 kunnen er twee begrazingsperioden worden onderscheiden, een eerste begrazingsperiode begin juni en de tweede omstreeks augustus. Vanaf 2008 werd er pas vanaf circa juni 10 ingeschaard en met een beperkte (gesplitste) kudde. Deze kudde bleef het gehele verdere graasseizoen aanwezig. Het andere deel van de kudde verbleef in vak B en C.



Figuur 4.17 Graasdruk runderen en paarden (dagen x aantal) per periode in vak D.

Uit figuur 4.17 volgt dat in de jaren 1984 en 1985 de begrazingsdruk relatief hoog was waarna deze is afgenomen en in de jaren negentig tot en met 2003 redelijk constant was. Daarna trad een geleidelijke daling op tot 2008. Vanaf 2008 – na het instellen van een weidevogelbeheer – is de begrazingsdruk vrij fors gestegen. Dit was een gevolg van een veel langere graasperiode, maar met minder dieren en vanaf een relatief laat tijdstip (na 9 juni). In 2012 tot en met 2014 is de graasdruk toegenomen door het tijdelijk inscharen van de paarden in vak D, hetgeen in de voorgaande jaren slechts incidenteel gebeurde.

4.4.7 Conclusies begrazing door vee

4.4.7.1 Aantalsontwikkeling:

- Het aantal schapen bedraagt in de jaren tachtig en negentig tussen de 800 en 900 dieren. Na een daling tussen 1999 en 2006 schommelde het aantal rond de 600 dieren. In de laatste drie jaar heeft zich een stijging voorgedaan richting 700 dieren.
- Het aantal runderen vertoonde tot en met 2008 een dalende trend: van 190-210 begin jaren tachtig tot circa 110-160 in de jaren daarna. Na 2008 is het aantal runderen weer gestegen.
- Het aantal paarden is vanaf het begin van het onderzoek toegenomen van 12 tot 63 in 2010. Daarna is het aantal gedaald tot 31 in 2015.

4.4.7.2 Begrazingsintensiteit vakken B en C:

- De begrazingsdruk in vak B en C varieert van jaar tot jaar maar was over de gehele onderzoeksperiode gezien redelijk stabiel.
- In de periode 2002 tot en met 2009 is de totale begrazingsdruk enigszins afgenomen, een gevolg van de afname van de graasdruk door schapen. Een belangrijke oorzaak van deze daling is het (vrijwillig) later inscharen van het vee.
- Vanaf 2010 is de graasdruk toegenomen als gevolg van een groter aandeel ingeschaarde runderen en paarden.

Door het instellen van het weidevogelbeheer (Agrarisch Natuurbeheer) wordt in de periode 2008 – 2015 vak B later ingeschaard, pas na de eerste week van juni. Deze verandering betekent dat op het moment van inscharing in vak B er meer biomassa aanwezig is en er dan minder runderen dan voorheen worden ingezet (splitsing kudde). Een andere consequentie van de late inscharing in vak B is dat vak C tot begin juni sterker begraasd wordt.

4.4.7.3 Begrazingsintensiteit vak D:

In vak D is de begrazingsdruk in het begin van de onderzoeksperiode afgenomen waarna deze tot en met 2003 weliswaar varieerde maar gemiddeld genomen vrij constant was.
Van 2004 tot en met 2008 is de begrazingsdruk relatief laag.
Vanaf 2008 – na het instellen van een weidevogelbeheer – is de begrazingsdruk vrij fors gestegen. Er is overgegaan van twee vrij korte graasperiodes met relatief veel runderen naar één lange graasperiode met minder dieren.
Vanaf 2008 heeft de inscharing relatief laat plaats gevonden (na 8 juni).
In 2012 tot en met 2014 is de graasdruk extra toegenomen door het tijdelijk inscharen van de paarden, hetgeen in de voorgaande jaren slechts zeer incidenteel gebeurde.

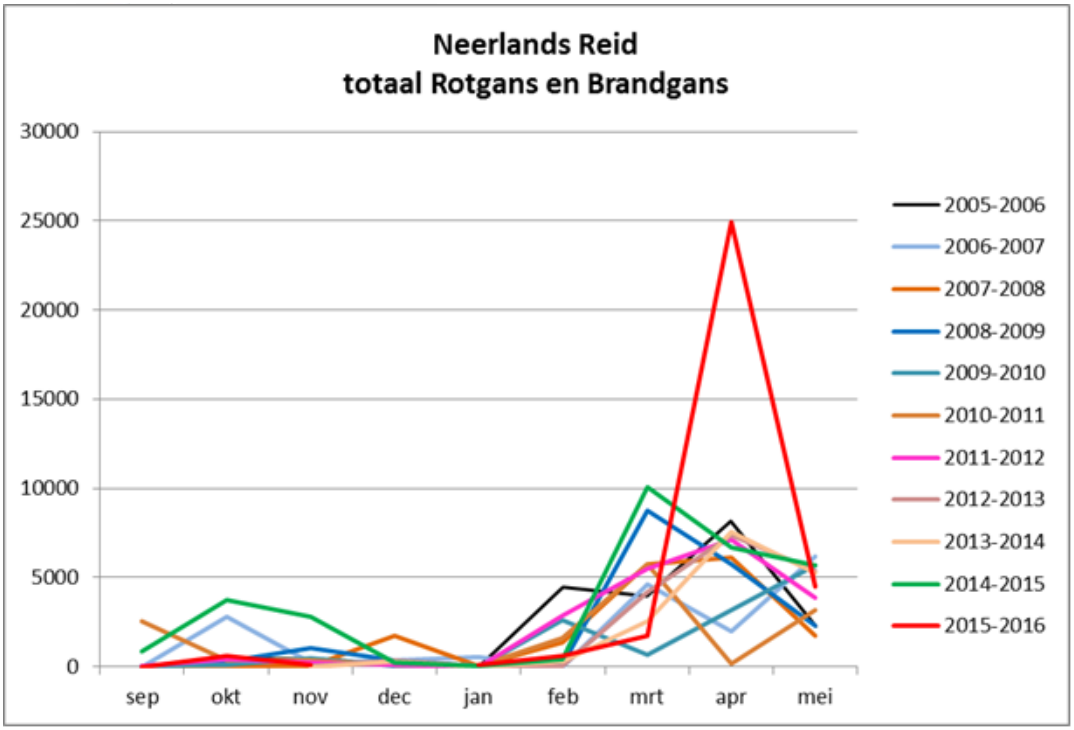
4.4.8 Begrazing door ganzen

4.4.8.1 Inleiding

Op de kwelders op Oost Ameland foerageren in het winterhalfjaar ganzen. Het betreft vooral Rotganzen en Brandganzen en in veel mindere mate Grauwe ganzen. Nijlgans en Rietgans komen minimaal voor en dragen niet bij aan begrazingseffecten en zijn in dit onderzoek niet opgenomen. In deze paragraaf worden telgegevens besproken. De beschikbare gegevens betreffen jaarlijks tien wintertellingen in de periode september t/m mei vanaf de winter 2005-2006. De tellingen zijn uitgevoerd door de Amelander vogelteller J.F. de Jong. In tabel 4.3 en de figuren 4.18 en 4.19 zijn de gegevens van de ganzentellingen weergegeven. Van de maand april is een reeks telgegevens uitgewerkt in figuur 4.20.

4.4.8.2 Resultaten ganzentelling

Uit figuur 4.18 is af te leiden dat de grootste aantallen ganzen in het voorjaar aanwezig zijn, in de periode maart tot en met half mei. In de echte wintermaanden december-februari is het aantal vrij laag. Het aantal kan wel sterk variëren. Dit heeft vooral te maken met het weer. In strengere winters trekken de ganzen meer zuidwaarts en verblijven ze in Frankrijk en Zuid-Engeland. Er zijn dan minder ganzen in het Nederlandse waddengebied. In warme winters blijven relatief veel ganzen in het waddengebied. In het voorjaar (vanaf eind februari) trekken de ganzen uit de zuidelijkere gebieden naar het noorden waarbij ze tijdelijk het waddengebied aandoen. In deze periode worden de grootste aantallen waargenomen, zowel in de polders op het eiland als op de kwelders. Toch kunnen ook andere factoren van belang zijn. Een ‘fraai’ voorbeeld betreft een oudjaarstelling op 31 december in 2014 en 2015. Toen werden op het Neerlands Reid respectievelijk 9500 en 8280 ganzen geteld. Hoge aantallen die horen bij de periode eind maart. Dit wordt veroorzaakt door het knallen met grote carbid bussen op oudejaarsdag bij Buren en Nes waardoor de ganzen daar verstoord worden en massaal neerstrijken op het Neerlands Reid. Deze twee tellingen zijn niet in de uitgewerkte reeksen opgenomen.



Figuur 4.18 Aantal getelde ganzen (Rotgans en Brandgans) in september t/m mei.

4.4.8.3 Conclusies begrazing door ganzen

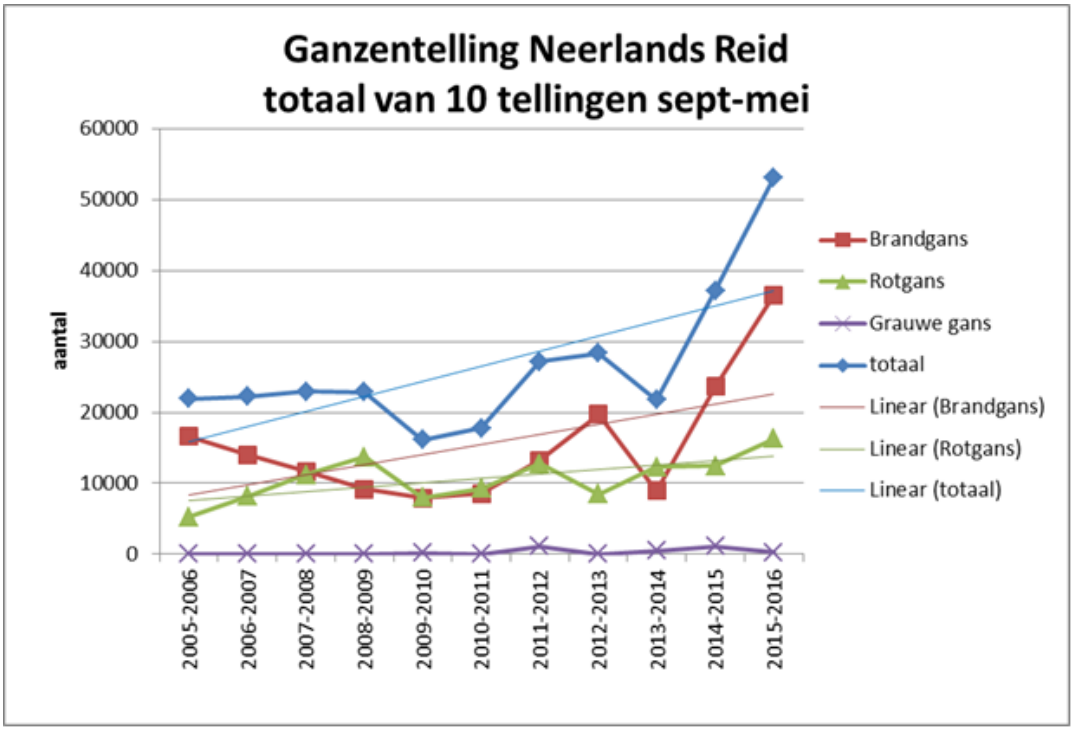
Uit de telgegevens vanaf 2005 (figuur 4.19) volgt dat de Rotganzen een licht stijgende trend laten zien. Waarbij vooral de eerste twee winters de aantallen lager zijn en de laatste twee winters juist hoog.

De Brandganzen zijn op het Neerlands Reid verschenen omstreeks 1993. Daarna nemen de aantallen toe en dat lijkt nog steeds gaande op Ameland. De vogels schuiven in de polders ook steeds verder naar het westen richting Hollum. Uit tabel 4.3 en figuur 4.19 blijkt dat de aantallen op het Neerlands Reid in 2005-2010 afnemen maar sinds 2011 een sterke stijging laten zien met een erg hoog aantal in het voorjaar van 2016.

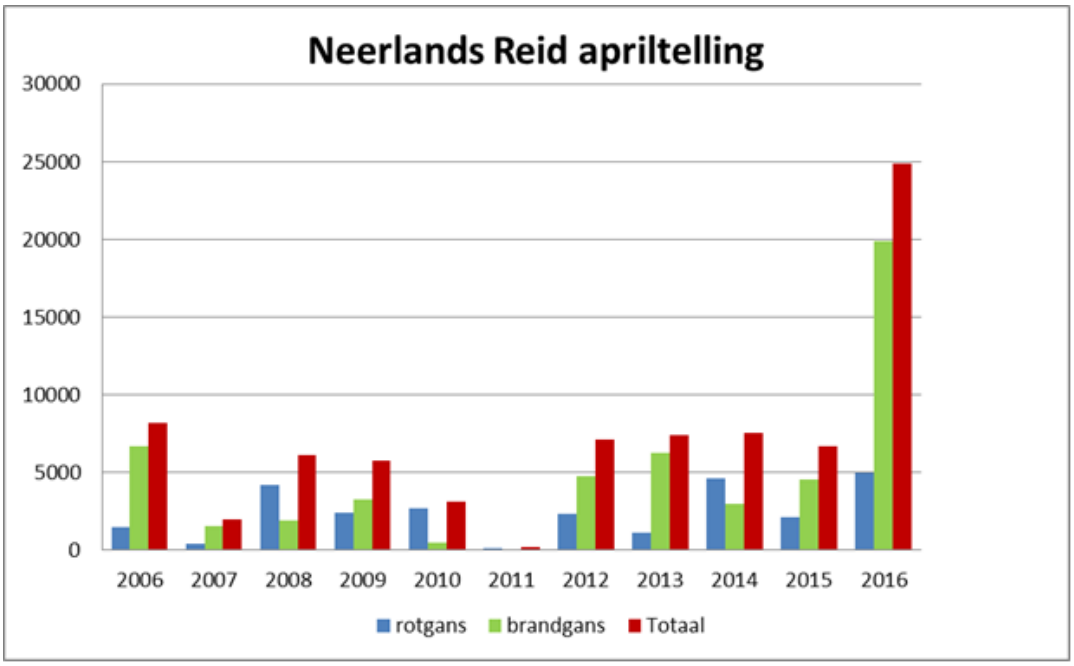
De totale graasdruk door ganzen neemt in de periode 2005-2010 licht toe (tabel 4.3, figuur 4.19). Daarna, tot het voorjaar van 2016 neemt de graasdruk sterk toe en dit wordt veroorzaakt door een toename in zowel de Rotgans als de Brandgans. Ook de Grauwe gans neemt toe maar de aantallen zijn nog erg klein in vergelijk met de andere twee soorten. In december-januari zijn de aantallen ganzen laag (figuur 4.18). Mogelijk heeft dit met het voedselaanbod te maken. Vanaf februari nemen de aantallen snel toe tot een maximum halverwege april. In die maand lopen de aantallen op tot ongeveer 6000-7000 vogels met een enorme toename in april 2016 toen er 25000 vogels verbleven (figuur 4.20). Of dit een uitschieter was moet de komende jaren blijken. In de polders werden in het voorjaar van 2016 juist wat minder ganzen geteld ten opzichte van 2015 (M. Kersten pers. med.).

Tabel 4.3 Aantallen getelde ganzen op de kwelder in de periode 2005-2016.

	Grauwe gans	Brandgans	Rotgans	totaal
2005-2006	16	16586	5301	21903
2006-2007	22	14062	8157	22241
2007-2008	4	11701	11216	22921
2008-2009	19	9177	13688	22884
2009-2010	190	7904	8029	16123
2010-2011	12	8556	9244	17812
2011-2012	1146	13245	12758	27149
2012-2013	61	19771	8502	28334
2013-2014	521	8973	12279	21773
2014-2015	1101	23616	12497	37214
2015-2016	250	36569	16297	53116



Figuur 4.19 Aantal getelde ganzen in 10 tellingen in september t/m mei.



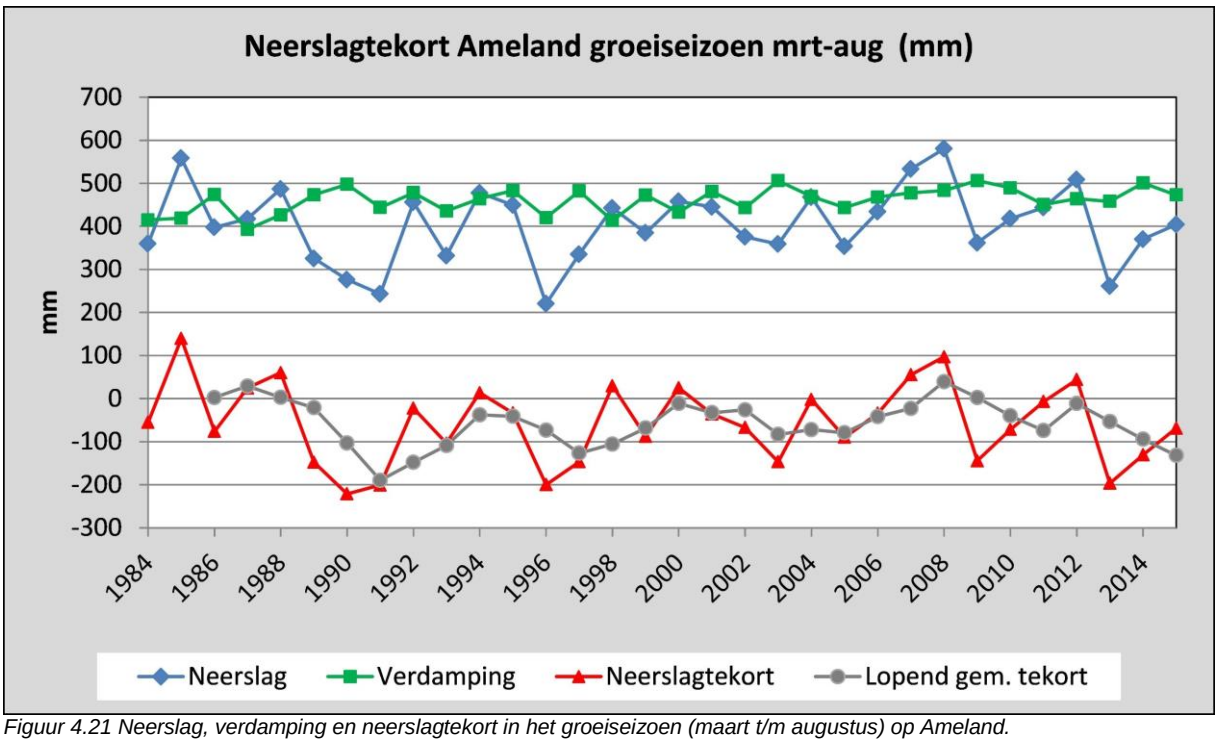
Figuur 4.20 Aantal getelde ganzen in april.

4.5 Neerslag en verdamping

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 potentiele verdamping van maart tot en met augustus af te trekken van de neerslag in diezelfde periode. Het is weergegeven voor de periode van 1986 tot en met 2015. Lopend gemiddelde neerslag tekort is berekend door te middelen met de twee voorgaande jaren.

Een neerslagtekort gedurende het groeiseizoen kan een rol spelen bij een eventuele regressie van kweldervegetatie in de midden en hoge kwelderzones (De Leeuw *et al.,* 1990). Eventuele natte jaren met veel neerslag kan leiden tot de vestiging van glycofyten ('zoetere' kwelderplanten) die behoren tot

een brakke kweldervegetatie. Deze kunnen na een droge periode waardoor de saliniteit toeneemt echter weer verdwijnen ten gunste van de oorspronkelijke halofyten. Natte jaren waren 1985, 1987-1988, 1994, 1998, 2000, 2007-2008, 2011-2012. Extreem droge jaren waren: 1989-1991, 1996-1997, 2003, 2009, 2013-2014 (figuur 2.9).



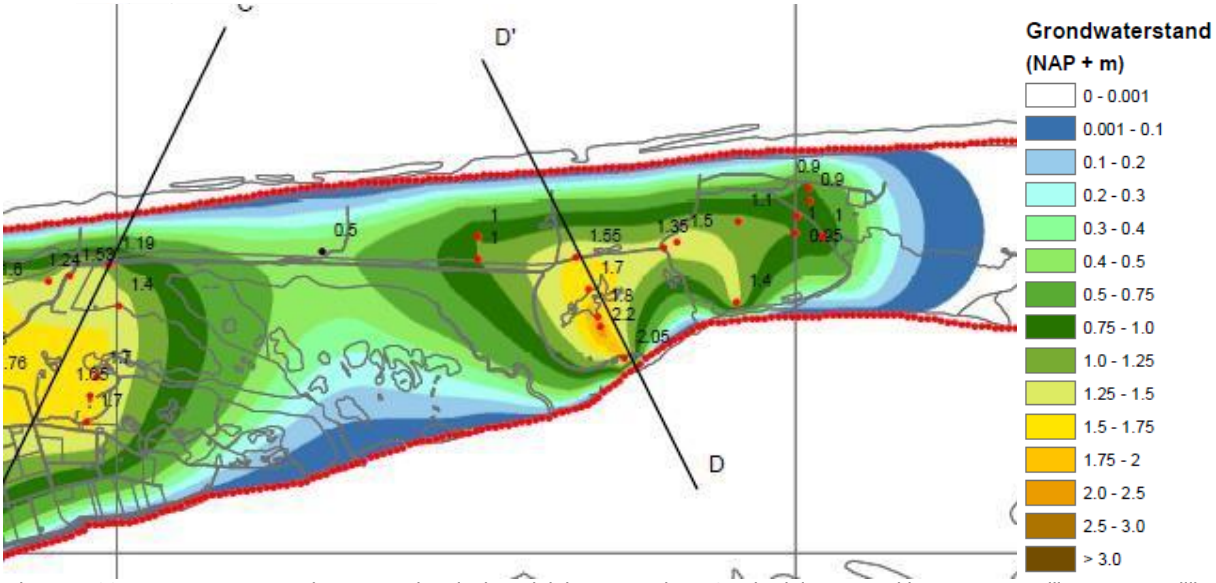
Figuur 4.21 Neerslag, verdamping en neerslagtekort in het groeiseizoen (maart t/m augustus) op Ameland.

4.6 Grondwaterniveau

De hydrologie bepaald voor een belangrijk deel de ontwikkeling en het uiterlijk van een kwelder. Hoogteligging (overvloedingsfrequentie), aanwezigheid van kreken (van belang voor aan- en afvoer van water en sediment), stagnant water, opslibbing en vegetatie spelen daarbij een belangrijke rol. In hoeverre de grondwaterstand op de kwelders van Ameland een rol van betekenis speelt is echter niet bekend.

Er zijn naast het standaard monitoringprogramma enige gegevens over de grondwaterstand verzameld, maar deze zijn nog niet voldoende uitgewerkt om mee te kunnen nemen in dit hoofdstuk.

Tijdens het bodemdalingsonderzoek Ameland is vanaf het begin aandacht besteed aan de grondwaterstand in de duinen (Dankers *et al.*, 1987) en duinvalleien (bv. Krol, 2011). Informatie betreffende de grondwaterhuishouding in de kwelder omringende duinen is onder andere te vinden in het N2000 ontwerpbeheerplan Ameland (Meijer *et al.*, 2016). Daaruit is enige informatie hieronder opgenomen. De achterliggende rapporten van Ten Haaf & Buijs (2008) en Rus & Bakker (2012) waren helaas niet beschikbaar. Ondanks het feit dat de achterliggende gegevens niet beschikbaar zijn en de metingen beperkt zijn tot de duincomplexen, geeft het een indicatie van de grondwaterstanden op de tussenliggende kwelder Neerlands Reid.



Figuur 4.22 Patroon van grondwaterstanden in het duinboogcomplex Oerderduinen. De kleuren geven lijnen met gelijke grondwaterstand weer (isohypsen). Bron: Rus en Bakker (2012) in Meijer et al. (2016).

De Kooiduinen aan de westzijde van Neerlands Reid vormen de waterscheiding tussen twee afwateringsgebieden. In zuidwestelijke richting watert het gebied af op de aangrenzende polder, aan de noordoostzijde wordt het water via het Neerlands Reid naar de Waddenzee afgevoerd (Wijnhoven, 1986). Vooral aan de noordoostzijde van de Kooiduinen treedt dit grondwater als zoete kwel aan de oppervlakte op de overgang naar de vochtige duinvallei. Even verderop verzamelt het zich in een kwelsloot in de duinen en dient daar onder meer als drinkwater voor het vee.

De grondwaterstanden in de Oerderduinen zijn relatief hoog. Deze lopen in het centrale deel in de winter op tot 2,5 m+NAP en in de zomer zakt het grondwater niet verder dan tot een niveau van 1,75 m+NAP. Mogelijk houden holocene kleilagen de grondwaterstand hoog, of is het watervoerend pakket, aan de onderzijde begrensd door pleistocene kleilagen.

In de noordwestelijke punt van het kweldergebied van het Neerlands Reid, die is ingesloten door twee duinruggen (Kooiduinen en Kooi-Oerdstuifdijk) worden, op basis van gemeten grondwaterstanden en hoogteligging, kwelrijke omstandigheden verwacht. Grondwater afkomstig van zowel de Kooiduinen als van het duingebied van de stuifdijk kan hier tot afstroming komen en bijdragen aan een gradiëntrijk milieu van zoet kwelwater overgaand in brak/zout oppervlaktewater.

Door de aanwezigheid van duincomplexen ten westen, noorden en oosten van het Neerlands Reid, bevinden de hoogste grondwaterstanden zich ook aan de randen van het gebied en deze nemen af richting de centrale en zuidelijk gelegen delen van het gebied (figuur 4.22).

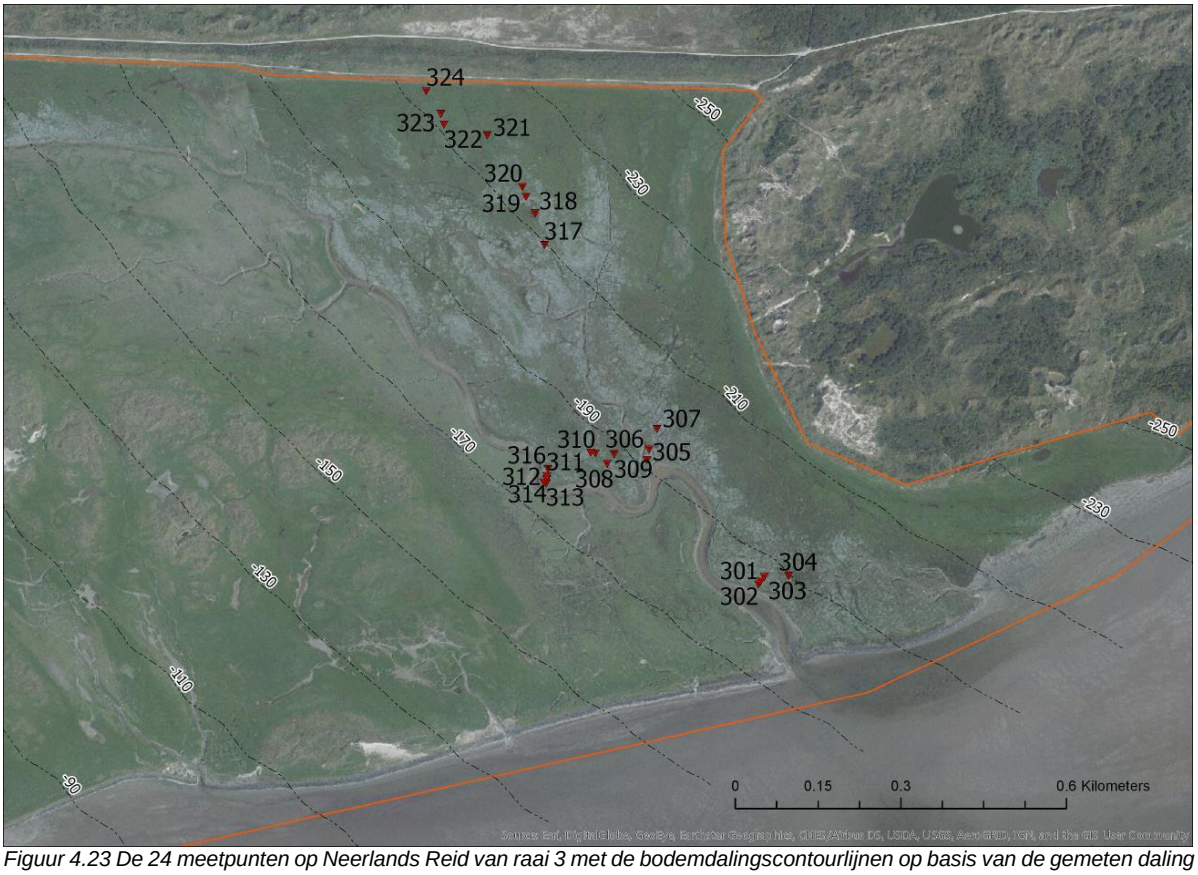
Of de grondwaterstromen vanuit de duinen van invloed zijn op de vegetatie van de kwelder en of bodemdaling daar een aanvullende rol bij kan spelen is onbekend.

4.7 Opslibbing en maaiveldhoogteontwikkeling

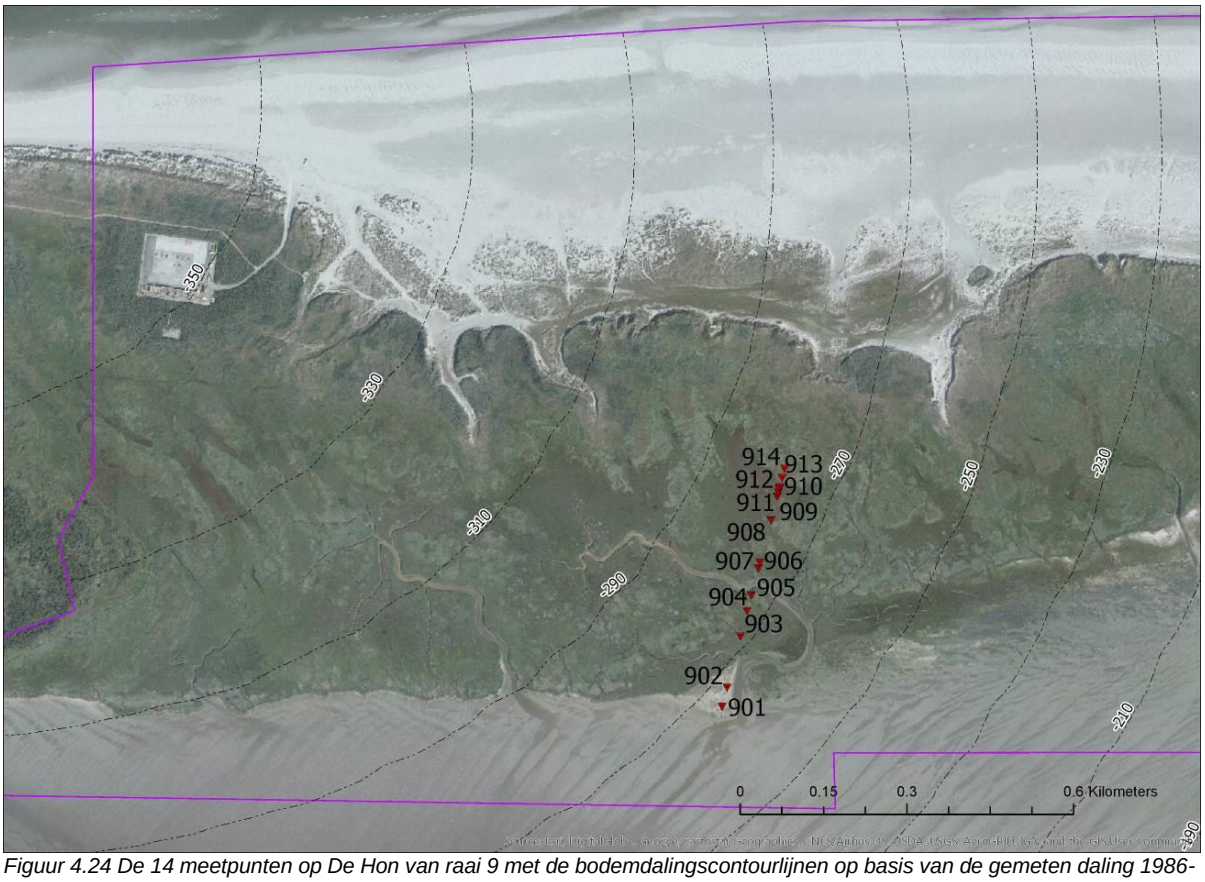
4.7.1 Puntmetingen: Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB)

Vanaf 1993 worden SEB-metingen uitgevoerd op Neerlands Reid en vanaf 1995 op De Hon (figuur 4.23 en 4.24 en bijlage 4A):

- Raai 3 bevat 24 PQs (3.01 t/m 3.24) en loopt over Neerlands Reid ten oosten van de Oerdsloot, waar voor Neerlands Reid de grootste veranderingen als gevolg van de gaswinning werden verwacht. De oorspronkelijke PQ 3.10 is door het meanderen van een kreek grotendeels in de kreek komen te liggen. Daarom is deze PQ in 2000 oostwaarts verplaatst.
- Raai 9 bevat 14 PQs (9.01 t/m 9.14) en loopt midden over de Hon.



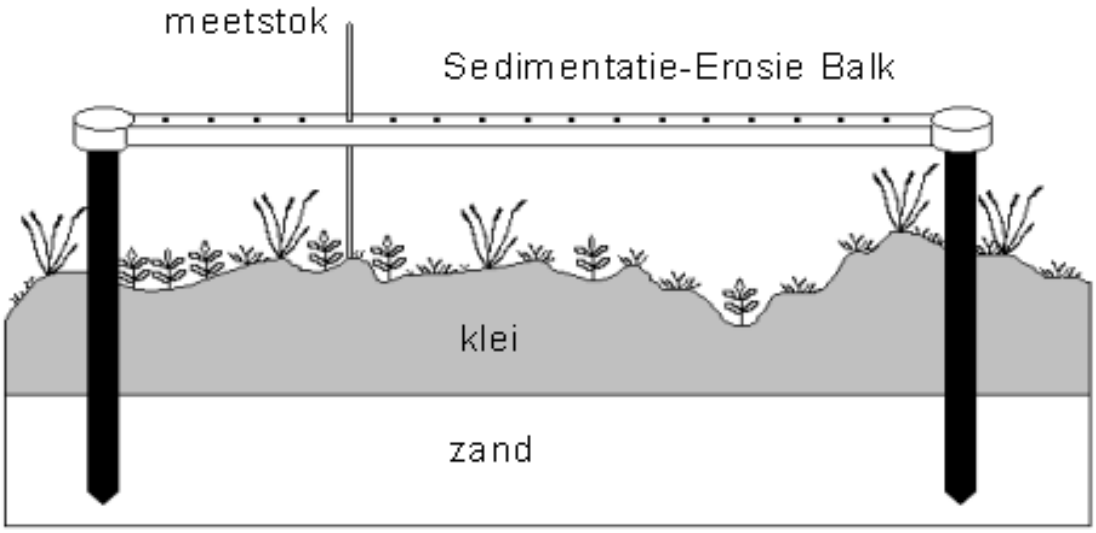
Figuur 4.23 De 24 meetpunten op Neerlands Reid van raai 3 met de bodemdalingscontourlijnen op basis van de gemeten daling 1986-2014 (Piening, 2014). Zie ook figuur 4.5.



Figuur 4.24 De 14 meetpunten op De Hon van raai 9 met de bodemdalingscontourlijnen op basis van de gemeten daling 1986-2014 (Piening, 2014). Zie ook figuur 4.5.

Beide raaien lopen globaal van de pionierzone, via de lage kwelder naar de hoge kwelder. De opbouw van de meetpunten in combinatie met de vegetatie-PQ is weergegeven in figuur 4.33. De opslibbing wordt gemeten met de SEB-methode (Sedimentatie-Erosie Balk, figuur 4.25). Bij elke vegetatie-PQ staan twee stevige kunststof palen (doorsnee 7,5 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 vaste punten tussen de beide palen. 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.

Elk meetpunt is op basis van de ligging in het veld geclassificeerd als zijnde oeverwal, kom, oude kreekrug, overgang, duinkopje of verstoord. Door onderlinge verschillen in hoogteligging en afstand tot wad en kreken verschillen deze geomorfologische eenheden op de meeste kwelders in opslibbingssnelheid. De SEB-meetpunten op Ameland liggen niet evenredig verdeeld over deze eenheden, zodat het middelen van alle punten geen representatief beeld geeft van de opslibbing per gebied (Neerlands Reid en De Hon; resp. figuur 4.23 en 4.24). Middelen per geomorfologische eenheid geeft een meer representatief beeld (zie bijlage 4A voor karakteristieken van alle meetpunten).



Figuur 4.25 Principe van een SEB meting: 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.

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 geeft het beste de netto opslibbing weer en wordt voor alle berekeningen van de hoogte van het maaiveld gebruikt.

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. De opslibbing wordt vergeleken met de opgetreden waterstanden, omgerekend naar overvloedingsfrequentie. De overvloedingsfrequentie geeft informatie over de potentiele opslibbing (hoe vaker onder water, hoe meer opslibbing mogelijk is), en de werkelijke opslibbing geeft aan of het sediment de meetlocatie ook heeft kunnen bereiken, een potentieel zorgpunt bij bodemdaling.

De hoogte van de koppen van de SEB-palen ten opzichte van NAP is op enig moment bekend uit de combinatie van hoogtemetingen (waterpassingen) en het bodemdalingsmodel van de NAM. Met het NAM-model Ameland_GRIDS_2014[2] wordt de peilmerkhoogte berekend en dit benadert de bodemdaling per PQ. Samen met de gemeten opslibbingsgegevens wordt daarmee de actuele maaiveldhoogte bij de PQs berekend. De laatste waterpassingen zijn uitgevoerd in februari 2014. De maaiveldhoogtes voor de periode zomer 2014 tot en met 2016 zijn berekend door de gemiddelde bodemdaling per jaar voor de periode 2009-2013 te extrapoleren naar de zomer van 2014, 2015 en 2016.

4.7.2 Puntmetingen: Tegelmeting

Naast de SEB-metingen wordt in een aantal PQs de opslibbing ook gemeten door middel van een sedimentatieplaat, ook wel tegelmethode genoemd. Daarbij wordt de hoeveelheid sediment boven een ondiep ingegraven tegel (of RVS-plaat) gemeten, wat gelijk staat aan de bruto hoeveelheid sediment die er jaarlijks bijkomt, maar dan zonder de autocompactie van de diepere kleilaag onder de tegel, die bij de SEB-meting wel wordt meegenomen (Nolte *et al.*, 2013a).

4.7.3 Puntmetingen: Compactie

In maart 2016 zijn veertien bodemkernen genomen en geanalyseerd in het lab om de bulkdichtheid te bepalen als mate van compactie en inklink in de bodem. Negen kernen zijn genomen op Neerlands Reid (bij PQ 3.01, 3.03, 3.04, 3.12, 3.15, 3.16, 3.20, 3.21 en 3.23) en vijf op De Hon (bij PQ 9.04, 9.05, 9.07, 9.08 en 9.09). De bodemkern is 2 m ten noorden van de SEB genomen. Een PVC-buis met diameter van ongeveer 10 cm is met een hamer de grond ingeslagen tot een diepte variërend van 20 tot 50 cm, afhankelijk van de diepte van de kleilaag. Deze kernen zijn vervolgens in de buis bevroren in het lab bij -20°C . Vervolgens zijn de PVC buizen met een cirkelzaag in de lengte doorgezaagd en zijn de bodemkernen in lagen van 1 cm dikte verdeeld. Deze lagen zijn nat gewogen en gedroogd in een stoof op 105 °C gedurende minimaal 24 uur en vervolgens drooggewicht bepaald om de bulkdichtheid te berekenen. Om te compenseren voor de compactie ontstaan tijdens monstername is de afstand tussen de top van de buis en het maaiveld binnen en buiten de buis gemeten. De mate van compactie is vervolgens evenredig verdeeld over de gehele bodemkern (zie ook Nolte *et al.,* 2013b). De bulkdichtheid (= drooggewicht/volume) per cm kan vervolgens berekend worden en uitgezet tegen de diepte per bodemkern. Om het verschil in bulkdichtheid tussen Neerlands Reid en De Hon te berekenen, zijn de lagen in de verschillende kernen gegroepeerd in 5 cm lagen en gemiddeld over alle bodemkernen van de betreffende site.

4.7.4 Vlakdekkend: Kleidikte

Op Neerlands Reid en De Hon is op vaste intervallen de kleidikte bepaald. Op Neerlands Reid is in het voorjaar van 2016 met een betonijzeren pin van 6 mm dikte in de kleilaag gestoken tot er weerstand van de onderliggende zandlaag werd gevoeld. Dan werd de duim op de locatie van de pin bij het maaiveld geplaatst en de diepte van de kleilaag gemeten met een duimstok (metingen uitgevoerd door Natuurcentrum Ameland en Imares). Deze methode is gevalideerd met verschillende kleiguts metingen. Op De Hon is in 2011 een gebied (810 m oost-west, 435 m zuid-noord) rondom een slenk geselecteerd waar elke 15 m de kleidikte is gemeten met een kleiguts waarin de dikte van de kleilaag met een meetlat wordt opgemeten (Koppenaal *et al*., *in prep*.[a]).

In beide jaren is met behulp van een *Real Time Kinematic and Differential Global Positioning System* (RTK-DGPS) de locatie van elk meetpunt vastgelegd.

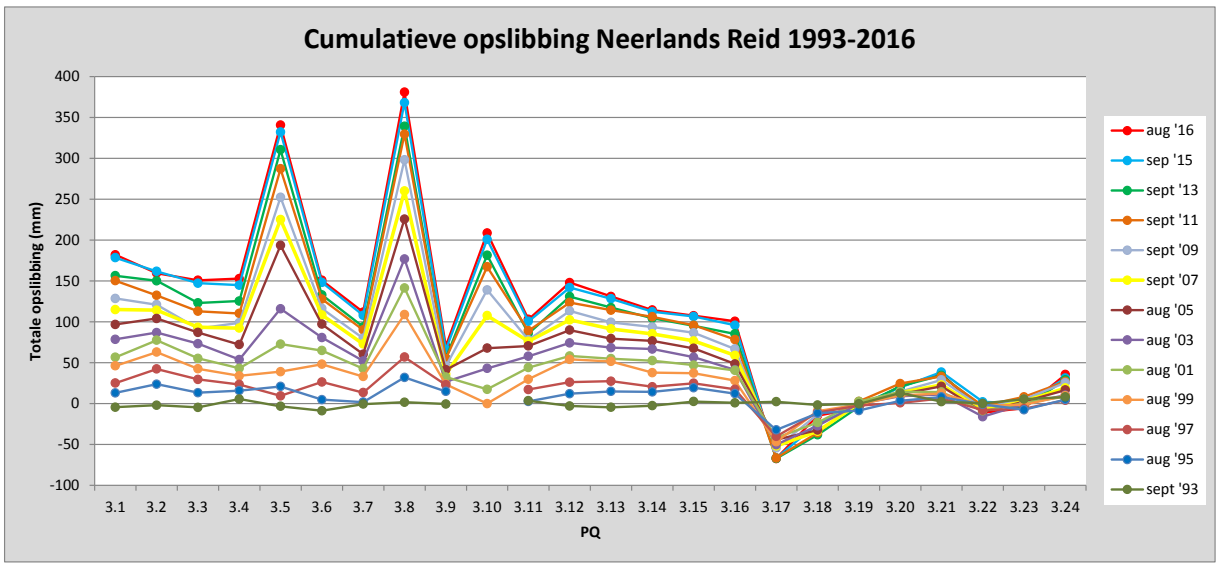
4.7.5 Resultaten opslibbing

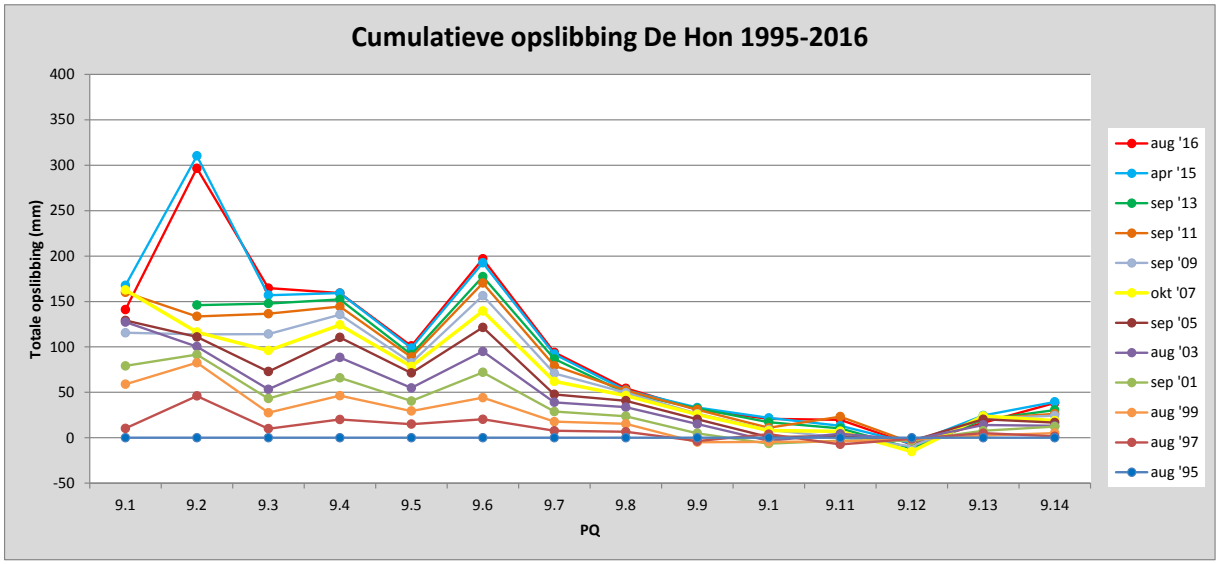
4.7.5.1 Puntmetingen: opslibbing 1993-2016

Zoals hiervoor benoemd, wordt de opslibbing tweejaarlijks gemeten in twee raaien, raai 3 op Neerlands Reid en raai 9 op De Hon. Met oplopend PQ-nummer neemt de afstand tot het wad toe (figuren 4.23 en

[2] Additional information Excel-subsidence utility GRIDS (NAM): The subsidence estimates are spatially correlated deformation estimates. These deformation estimates have been derived from height difference measurements (levelling, GPS) between benchmarks, mainly located onshore. Subsidence has been modelled 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).

4.24). Opvallend is dat de PQs dicht bij het wad en nabij de kreken een veel hogere opslibbing hebben dan PQs verder weg (figuur 4.26). Op zowel Neerlands Reid als De Hon is de cumulatieve opslibbing ongeveer 15 cm dicht bij de wadrand. Met name op Neerlands Reid zijn twee uitschieters met 35-38 cm opslibbing tussen 1993 en 2016 (PQ 3.5 en 3.8). Deze PQs liggen beide op een oeverwal (naast een kreek) waar doorgaans de grootste opslibbing plaatsvindt. Bij De Hon zien we met name een uitschieter bij PQ 9.2. Hier is veel zand gedeponeerd tussen 2013 en 2015. De PQs 9.1 en 9.2 bevinden zich beide in 2016 in het spaarzaam begroeide zand voor de kwelderrand.





Figuur 4.26 Cumulatieve opslibbing van 1993-2016 bij de meetpunten van raai 3 op Neerlands Reid (boven) en raai 9 op De Hon (onder). De opslibbing is weergegeven in mm totale opslibbing waarin bodemdaling niet is meegenomen. Met toenemend PQ-nummer neemt de afstand tot wadrand toe.

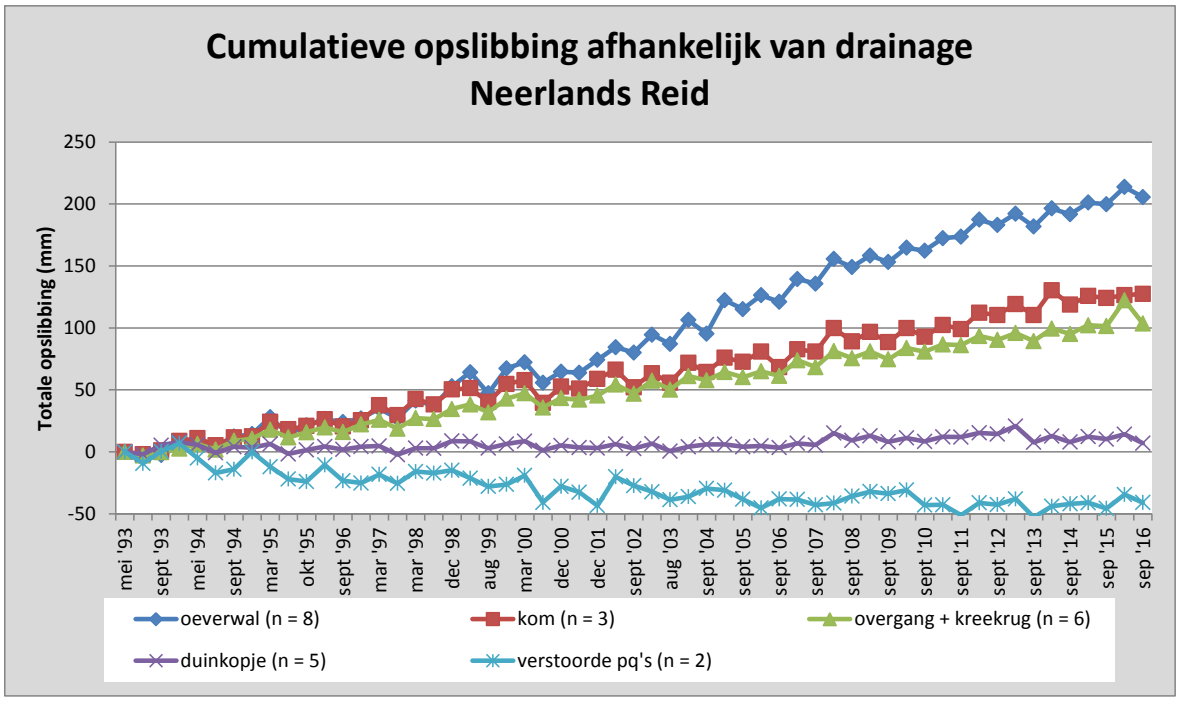
Opslibbing is grotendeels afhankelijk van de lokale drainage. De drainageklasse per PQ is weergegeven in tabel 4.4.

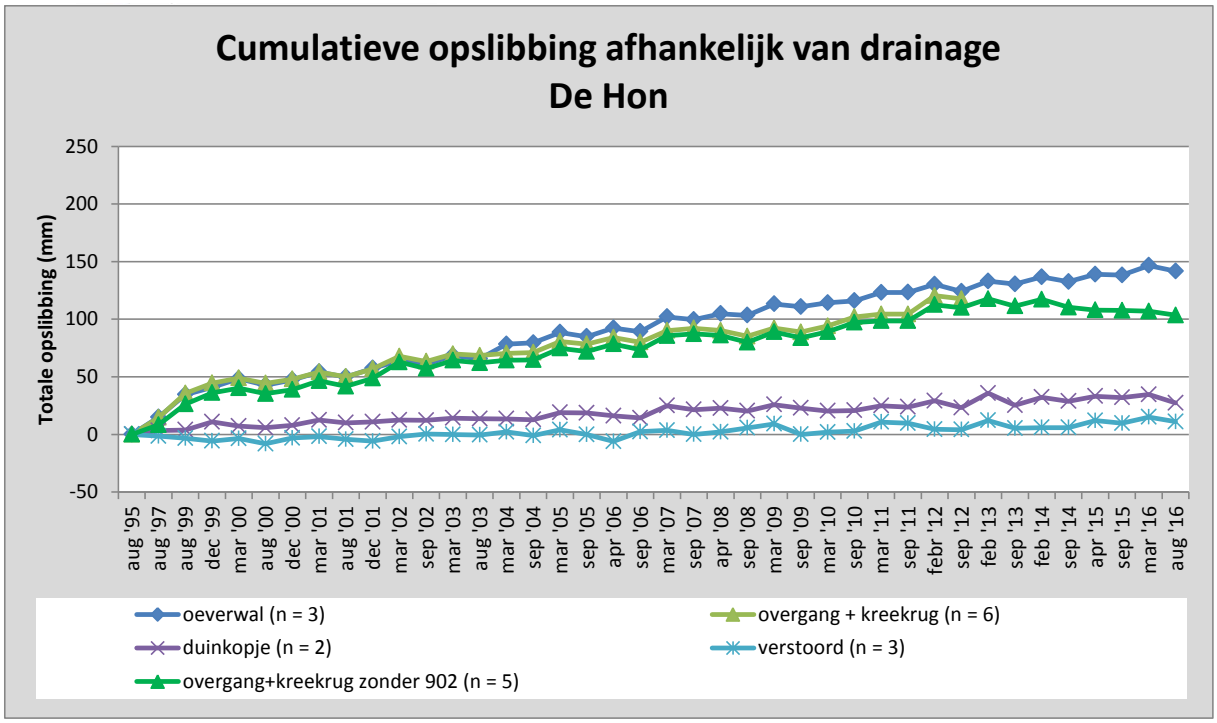
Tabel 4.4 PQ-verdeling per drainageklasse op Neerlands Reid en De Hon (zie ook bijlage 4A). Drainageklassen 2 en 4 zijn hier samen genomen.

	Neerlands Reid	**De Hon**
Kommen (Drainageklasse 0-1)	3.2, 3.4 en 3.9	-
Oeverwallen (Drainageklasse 3)	3.1, 3.5, 3.6, 3.8, 3.10, 3.11, 3.12 en 3.13	9.3, 9.4 en 9.5
Overgang + kreekrug (Drainageklasse 2 en 4)	3.3, 3.7, 3.14, 3.15, 3.16 en 3.21	9.1, 9.2, 9.6, 9.7, 9.8, en 9.9
Duinkopje (Drainageklasse 5)	3.19, 3.20, 3.22, 3.23 en 3.24	9.13 en 9.14
Verstoord: vertrapping door vee	3.17 en 3.18	-
Verstoord: vernatting door kreekblokkade	-	9.10, 9.11 en 9.12

Locaties op oeverwallen hebben relatief veel opslibbing. Deze liggen dan ook nabij een kreek waar veel sediment uit voorkomt. Daarnaast bezinken de zware sedimentdeeltjes (zand) zodra ze door het water over de kreekrand worden gespoeld, terwijl de lichtere (klei) deeltjes pas later bezinken. Locaties met slechte drainage (kommen) en op duinkopjes (hooggelegen en daardoor lage overvloedingsfrequentie) vangen doorgaans veel minder tot geen slib (figuur 4.27). Op Neerlands Reid is de opslibbing het hoogst op de oeverwallen met 20,6 cm toename tussen 1993 en 2016. In de kommen is er slechts 12,8 cm toename, op de overgang + kreekrug 10,4 cm en de duinkopjes 0,7 cm. In de verstoorde PQs (door vertrapping van vee) is er een afname van 4,1 cm.

Op De Hon is de opslibbing het hoogst op de oeverwallen met 14,2 cm toename tussen 1995 en 2016. Op de overgang + kreekrug is dit 10,3 cm en op de duinkopjes 2,7 cm. De verstoorde PQs (vernatting door blokkade kreek) laten een gemiddelde toename van 1,1 cm zien.

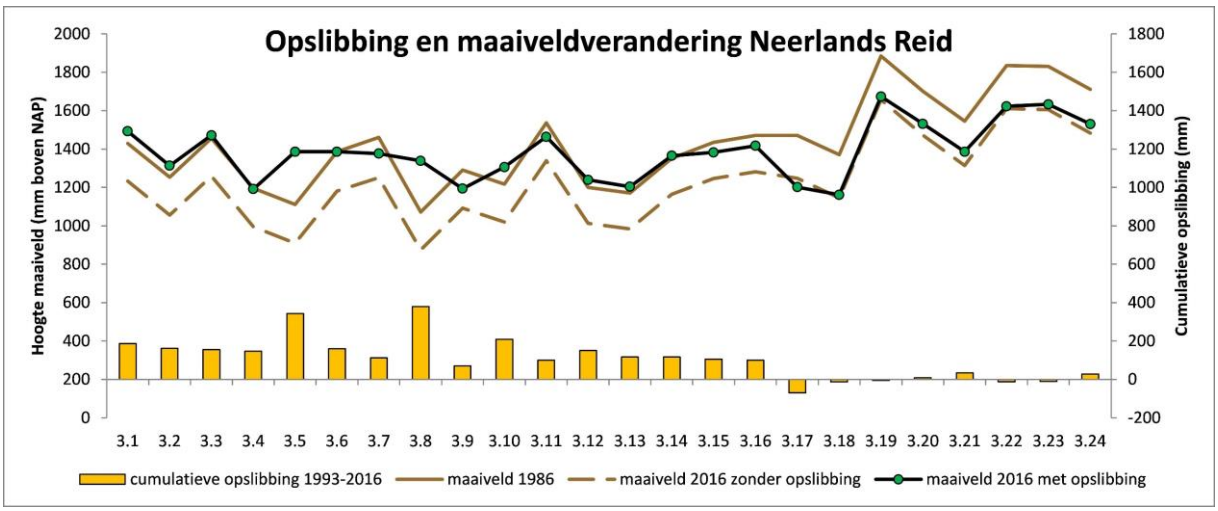


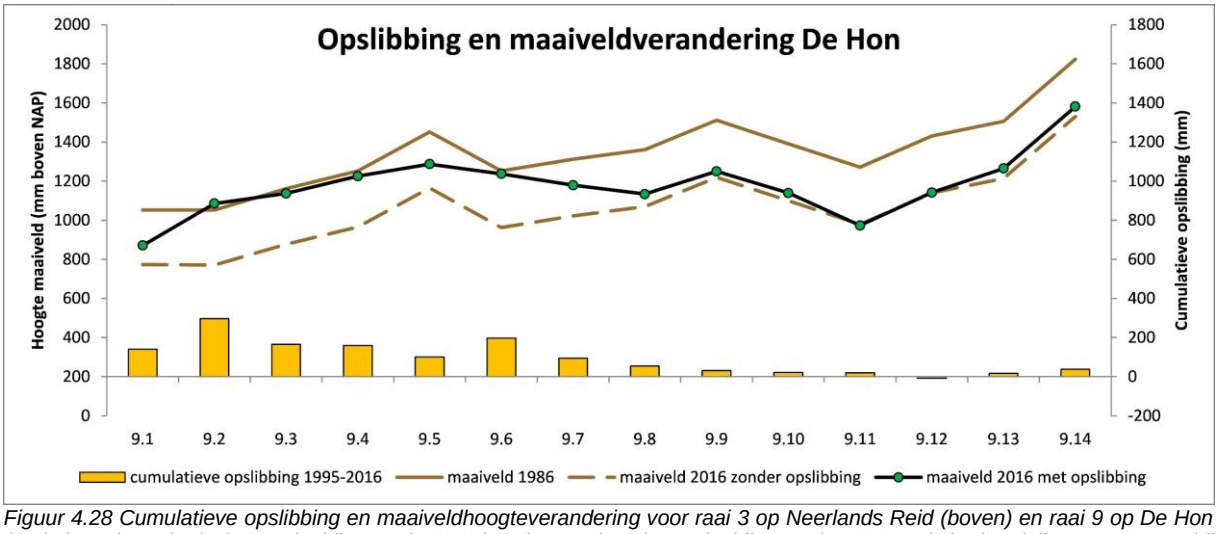


Figuur 4.27 Cumulatieve opslibbing afhankelijk van drainage op Neerlands Reid (boven) en De Hon (onder). Zie tabel 4.4 voor PQ-indeling en drainageklasse. Vanaf 2013 laat PQ 9.2 duinvorming zien, daarom is de trend voor overgang + kreekrug met 9.2 t/m 2012 en de trend zonder 9.2 t/m 2016 afzonderlijk weergegeven.

4.7.5.2 Puntmetingen: opslibbingsbalans en maaiveldhoogteverandering

Dicht bij de wadrand is de hoogste opslibbing en deze is meestal voldoende om direct en volledig te compenseren voor de bodemdaling (figuur 4.28).

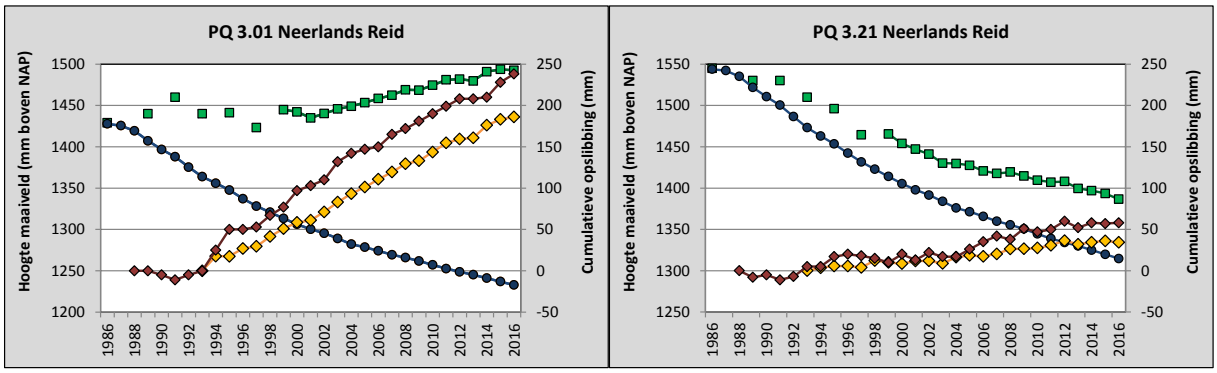


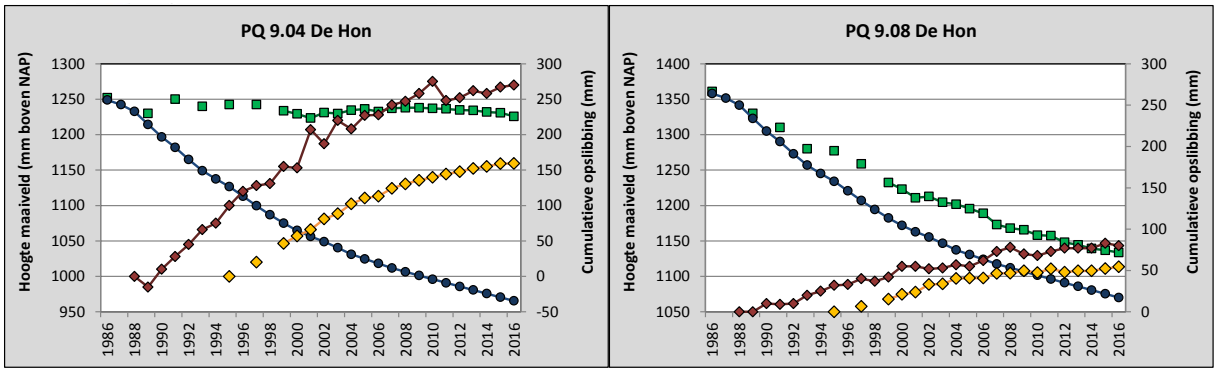


Figuur 4.28 Cumulatieve opslibbing en maaiveldhoogteverandering voor raai 3 op Neerlands Reid (boven) en raai 9 op De Hon (onder). De hypothetische maaiveldhoogte in 2016 is gebaseerd op de maaiveldhoogte in 1986 en de bodemdaling per PQ waarbij er geen opslibbing zou hebben plaatsgevonden. De zwarte lijn geeft de werkelijke (gemeten) maaiveldhoogte in 2016 weer. De afstand tot de wadrand neemt toe met toenemend PQ-nummer.

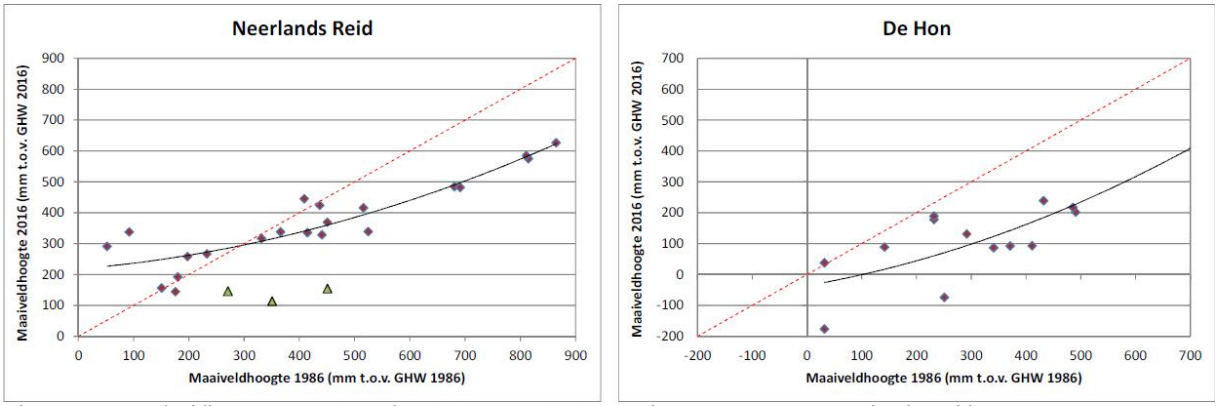
Verder weg van de wadrand wordt de opslibbing minder en is deze veelal onvoldoende om de effecten van bodemdaling te compenseren. Op Neerlands Reid heeft het kweldermaaiveld vanaf PQ 3.16 tot en met PQ 3.24 moeite om de effecten van bodemdaling met opslibbing te compenseren en treedt een netto daling van het maaiveld op. Op De Hon is dit zelfde het geval vanaf PQ 9.7 tot en met 9.14, al kan bij PQ 9.5 ook de bodemdaling slechts ten dele gecompenseerd worden door opslibbing. Op de midden en hoge kwelderdelen volgt het actuele maaiveld in 2016 de hypothetische maaiveldhoogte. Hier zouden de effecten van bodemdaling op de vegetatie in principe dan ook het duidelijkste zichtbaar moeten zijn.

In figuur 4.29 zijn vier voorbeelden weergegeven van de opslibbingsbalans per PQ. Uit de afnemende trend van de peilmerkhoogte (= benadering voor bodemdaling) is op te maken dat de bodemdaling afneemt in de loop der jaren. De groene lijn geeft de maaiveldhoogte weer (resultante bodemdaling en opslibbing) waarbij in de linker figuren een stijgende of stabiele trend zichtbaar is (de opslibbing is voldoende om de bodemdaling te compenseren). Aan de rechterkant zijn twee grafieken waarin de opslibbing niet voldoende is om de bodemdaling te compenseren, het maaiveld laat dan ook een dalende trend zien. De grafieken van alle PQs staan in bijlage 4B.





Figuur 4.29 Maaiveldhoogte (groen), peilmerkhoogte (blauw), en opslibbing (geel = SEB, bruin = plaat) in mm. De peilmerkhoogte is de hypothetische maaiveldhoogte als er geen opslibbing zou hebben plaatsgevonden. De maaiveldhoogte is netto weergegeven inclusief bodemdaling, opslibbing en inklink. De figuren van alle PQs zijn weergegeven in bijlage 4B.

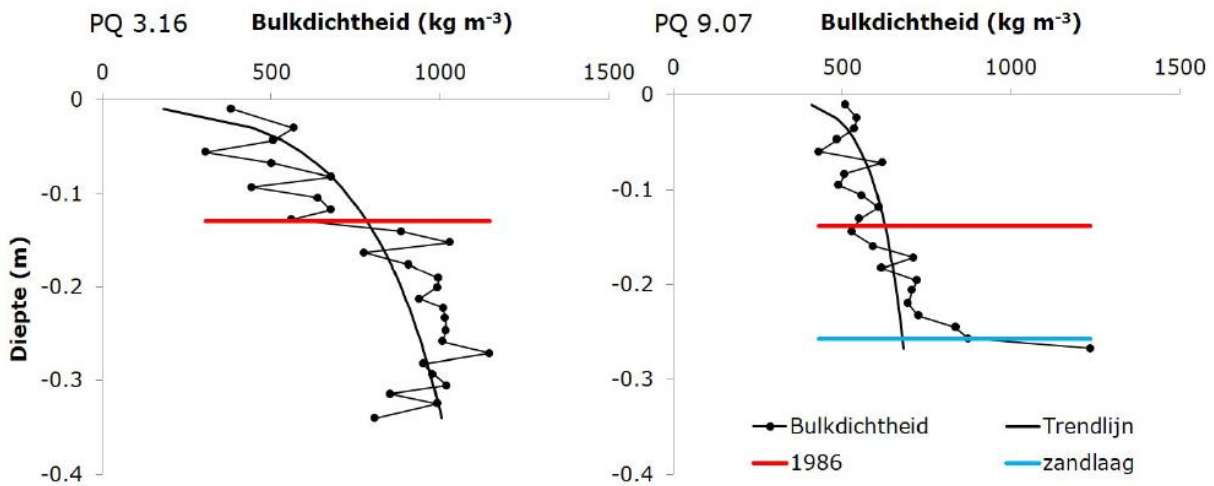


Figuur 4.30 Maaiveldhoogte t.o.v. GHW in 1986 versus 2016 voor de meetpunten op Neerlands Reid en De Hon. De vertrapte PQs op Neerlands Reid zijn een geel driehoekje met een aangegeven. Op de rode stippellijn is er geen significante verandering in maaiveldhoogte ten opzichte van GHW tussen 1986 en 2016.

In figuur 4.30 is de maaiveldhoogteontwikkeling van alle meetpunten samengevat. Ten opzichte van de uitgangsmaaiveldhoogte in 1986 liggen de meeste meetpunten in 2016 lager. Op Neerlands Reid zijn er echter zeven punten waar de opslibbingsbalans positief is en op De Hon is dat bij 1 punt het geval. Vooral op Neerlands Reid is de trend zichtbaar dat de opslibbing het hoogst is geweest op de punten die in 1986 het laagste lagen. De vertrapte PQs zijn buiten beschouwing gelaten.

4.7.5.3 Puntmetingen: Compactie

De bulkdichtheid neemt in vrijwel alle bodemkernen toe met diepte in de bodem (figuur 4.31 en bijlage 4C) en varieert tussen 300 en 1200 kg m^{-3}. De bulkdichtheid van het sediment is in de bovenste 5 cm vrijwel gelijk op De Hon en Neerlands Reid (figuur 4.32). Mogelijke verklaringen zijn 1) de bovenste laag tijdens monstername het meest gecompacteerd is (door de relatief lage dichtheid) en 2) in deze laag is de hoogste worteldichtheid van de vegetatie, en deze bepaald voor een groot deel het gewicht en daarmee de berekende dichtheid. Beneden deze bovenste 5 cm is er een grotere dichtheid op Neerlands Reid en dit verschil wordt groter met toenemende diepte. Deze toename wordt door twee processen verklaard: autocompactie, met toenemende kwelderleeftijd wordt de sedimentlaag door het steeds groter wordende eigen gewicht samengedrukt, en compactie door de aanwezigheid van grote grazers, zoals runderen, schapen en paarden. Neerlands Reid is ouder dan de Hon en dit kan de toename in bulkdichtheid al ten dele verklaren. Maar vooral de aanwezigheid van grote grazers zorgt voor een sterke toename in de compactie van kleirijke bodems, een proces dat op eilandkwelders en op vastelandskwelders in de Waddenzee is aangetoond (Elschot *et al.,* 2013, Nolte *et al.,* 2013b, Nolte *et al.,* 2015).

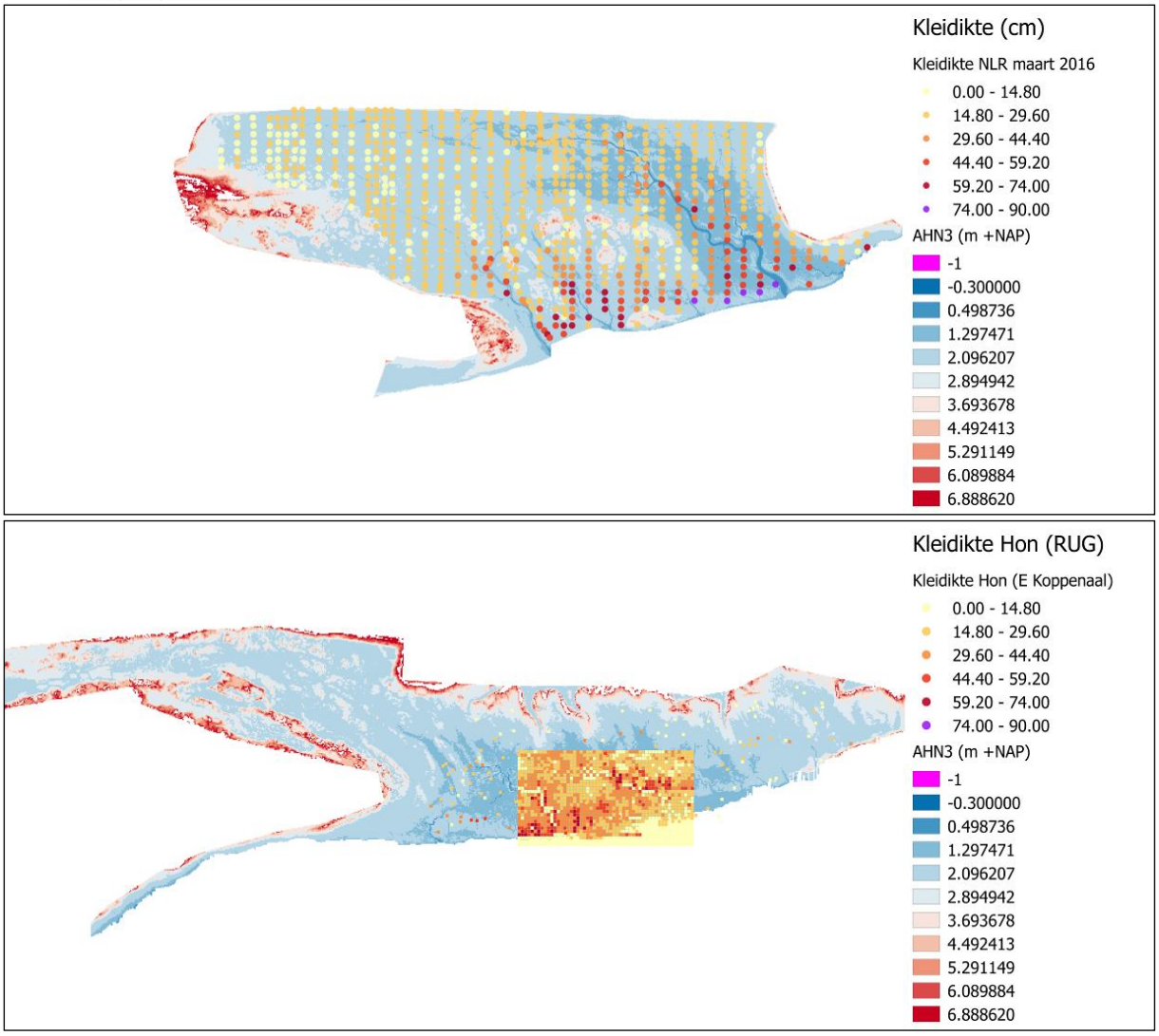


Figuur 4.31 Voorbeeld van de bulkdichtheid afhankelijk van de diepte op de beweide kwelder Neerlands Reid (links) en de onbeweide kwelder De Hon (rechts). Door de data is een logaritmische trendlijn gefit (naar voorbeeld van Bartholdy et al, 2010 a,b). De diepte nul geeft het maaiveld in 2016 weer en de rode lijn geeft de positie van het maaiveld in 1986 weer. Deze is berekend door de gemiddelde opslibbing tijdens de monitoringsperiode te extrapoleren naar 1986. De diepte waarop een zandlaag begint is aangegeven met een blauwe lijn. De figuren van alle bodemkernen staan in bijlage 4C.

Figuur 4.32 Gemiddelde bulkdichtheid in relatie tot diepte op Neerlands Reid en De Hon verdeeld over lagen van 5 cm dikte. De bovenste 5 cm met het meeste plantenmateriaal en de onderste lagen waar sediment gemengd was met zand zijn uit deze analyse gelaten.

4.7.5.4 Vlakdekkend: kleidikte

De kleidikte op Neerlands Reid lag in 2016 tussen 0 en 10 cm aan de duinkant en tussen 40 en 60 cm nabij de kreken en aan de kwelderrand. De dikste kleilaag ligt naast de monding van de Oerdsloot waar zelfs een kleilaag van 80 cm aanwezig is (figuur 4.33 boven). De kleidikte op Ameland varieert van 0-30 cm centraal in het gebied (450 m afstand tot kwelderrand) tot ongeveer 40 cm nabij kwelder- of kreekrand(figuur 4.33 onder). Met kwelderleeftijd neemt de dikte van de kleilaag toe en dit verklaart de relatief dikkere kleilaag op de oudere kwelder Neerlands Reid ten opzichte van de jongere kwelder De Hon. Op zowel Neerlands Reid als De Hon ligt de dikste kleilaag nabij de kwelderrand of naast de kreken en neemt kleidikte af met afstand van de sedimentbron.



Figuur 4.33 Kleidiktemetingen (in cm) op Neerlands Reid (boven, data: Johan Krol) en De Hon (onder, data: E. Koppenaal (in prep.[a])).

4.7.6 Conclusies m.b.t. opslibbing

Met afstand tot de sedimentbron (kwelderrand en kreken) neemt de opslibbing af. Voor een stabiele maaiveldhoogte dienen kwelders voldoende opslibbing te hebben om zowel de bodemdaling als de zeespiegelstijging te compenseren. Wereldwijd is er sinds begin 20e eeuw een gemiddelde zeespiegelstijging van ~2 mm per jaar. Op Ameland is er geen significante toename in zeespiegel geweest in de periode van 1986-2016 en moet de opslibbing gelijk of hoger zijn dan de gemeten bodemdaling voor een stabiele maaiveldhoogte. Op zowel Neerlands Reid als De Hon hebben alleen enkele PQs nabij de kreken of kwelderrand voldoende opslibbing om de bodemdaling te compenseren. Verder landinwaarts is er een opslibbingstekort met een daling van het maaiveld tot gevolg. Met name lokale drainage is zeer belangrijk voor de mate van opslibbing, goed gedraineerde oeverwallen bij de kreken vangen voldoende slib, terwijl slecht gedraineerde kommen en hoger gelegen duinkopjes (meestal verder landinwaarts aanwezig) onvoldoende slib vangen.

De bodem op Neerlands Reid is compacter dan op De Hon, wat het gevolg kan zijn van autocompactie die toeneemt met leeftijd (dikte van de kleilaag) en door de aanwezigheid van beweiding. Met toenemende dichtheid van de bodem neemt de waterdoorlaatbaarheid af. Dit zou lokaal voor vernatting kunnen zorgen als regen of water van een overvloeding daardoor niet of trager in de bodem weg zakt.

Op zowel Neerlands Reid als De Hon ligt de dikste kleilaag nabij de kwelderrand of naast de kreken en neemt kleidikte af met afstand van de sedimentbron.

4.8 Vegetatie

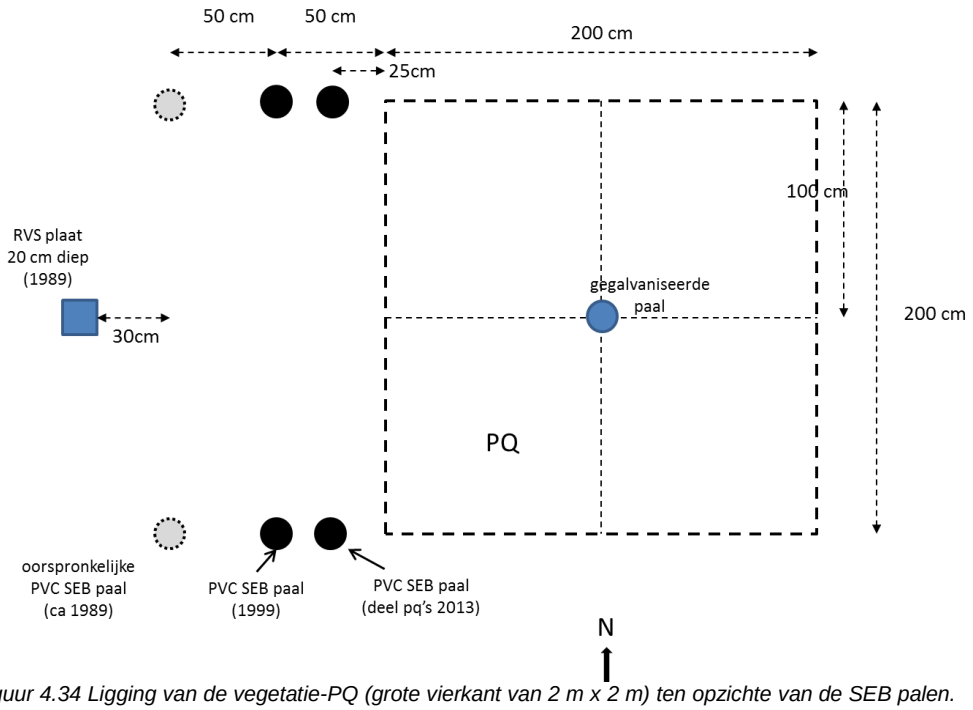
4.8.1 Methode puntmetingen: PQs bij SEB-metingen

De vegetatiemonitoring van de kwelder voor dit onderdeel bestaat uit het periodiek opnemen van proefvakken. In permanente kwadraten (PQs, vastliggende proefvakjes van 2 m x 2 m) wordt jaarlijks de vegetatiesamenstelling en bedekking gemeten. Deze PQs zijn gekoppeld aan de opslibbingsmetingen met de SEB (figuur 4.34).

Verder worden de kwelders op Ameland-Oost 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 jaarlijkse metingen worden uitgevoerd op 38 PQs in de raaien 3 en 9 (figuur 4.23 en 4.24 en bijlage 4A). De overige raaien uit 1986 worden niet meer opgenomen.

Beide raaien lopen globaal van de pionierzone via de lage kwelder naar de hoge kwelder. De PQs zijn gekoppeld aan de opslibbingsmeetpunten en de opbouw van de meetpunten is weergegeven in figuur 4.34.



Figuur 4.34 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 PQs aanwezig (Bron: De Groot et al., 2016).

Eén keer per jaar, aan het eind van de zomer, wordt in alle PQs (2 x 2 m^2) in de raaien 3 en 9 de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten opgenomen. Dit wordt gedaan volgens de '4e Bosstatistiek' opnameschaal (Hennekens, 2009), waarin alle plantensoorten die voorkomen in de PQ worden gescoord op bedekking. Ook de hoogte van de vegetatie, de mate van begrazing (door konijnen/hazen/ganzen en/of beweiding) en drainage worden genoteerd. De PQ-gegevens worden volgens de SALT97 typologie geïnterpreteerd De Jong *et al*., 1998), waarmee ook automatisch een zone (pionierzone, lage kwelder, midden kwelder, etc.) aan elk PQ wordt toegewezen. Vervolgens worden de PQs beoordeeld of ze successie of regressie hebben ondergaan ten opzichte van het voorafgaande jaar en de beginsituatie, of dat ze stabiel zijn. Successie wil zeggen dat de vegetatie is veranderd volgens de standaard ontwikkelingsreeks van pionierzone –> lage kwelder –> midden kwelder –> hoge kwelder. Voor een verschuiving binnen een kwelderzone naar een volgende fase (met name een toename van Zeekweek) wordt in dit rapport de term veroudering gebruikt. Regressie is een verandering in de omgekeerde richting, dat wil zeggen naar een lagere zone: van hoge kwelder –> midden kwelder –> lage kwelder –> pionierzone. Voor een verschuiving binnen een kwelderzone naar een eerdere fase (bijv. een terugkeer naar een vegetatie met Lamsoor op de lage kwelder door

vernatting) wordt in dit rapport de term verjonging gebruikt (Van Wijnen, 1999). Waar mogelijk wordt de oorzaak van de waargenomen verandering aangegeven. Bij deze interpretatie worden beweidingsgegevens van Natuurcentrum Ameland gebruikt en gegevens over het neerslagoverschot (aangeleverd door Deltares) en overvloedingsfrequentie (zoals berekend uit getijhoogte versus maaiveldhoogte).

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 (R-typen in SALT97) kunnen op basis van de beschikbare vertaaltabellen (RWS vertaaltabel v1.36, 2016) niet ondubbelzinnig aan één habitattype worden toegedeeld en zijn daarom samengevoegd als H1330A/H0000 (hoge kwelder en duinvoet).

Bij de interpretatie van de habitattypen is het belangrijk er rekening mee te houden dat de PQs 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 te kunnen scheiden van die van beheermaatregelen en natuurlijke veranderingen. Vanwege de huidige negatieve opslibbingbalans op een deel van de PQs 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). Foto's van de PQs in 1986 en 2016 zijn te vinden in bijlage 4D (Neerlands Reid) en E (De Hon).

4.8.2 Methode vlakdekkende metingen: RWS VEGWAD-vegetatiekaarten

Gemiddeld elke zes jaar wordt door Rijkswaterstaat een vlakdekkende vegetatiekaart gemaakt in het kader van de VEGWAD-monitoring.
De basis voor de kweldervegetatiekaarten die in de voorliggende Ameland-rapportage gebruikt worden wordt gevormd door de bestanden die door Rijkswaterstaat hierover ter beschikking gesteld zijn. Op hun website[3] geven zij hierover meer informatie. De geografische bestanden zijn daarnaast ook te vinden via het Nationaal Georegister[4] en Publieke Dienstverlening op Kaart[5] (PDOK).

Er zijn twee bestanden gebruikt:

1. Een meerjarig bestand met vegetatiekarteringen vanaf 1993 tot en met 2013 met daarin vijf karteringen voor Ameland , met als laatste die van 2008. In dit bestand zijn de velden en hun informatie-inhoud ondergebracht volgens de vegetatieclassificatie die als SALT08 wordt aangeduid. Dit betekent dat voor deze karteringen de informatie geconverteerd is vanuit het voorgaande systeem SALT97. Deze conversie is echter niet helemaal een-op-een mogelijk, waardoor er in enkele gevallen kleine verschillen ontstaan.
2. Aanvullend op de 1993-2013 database is gebruik gemaakt van de kartering op Ameland die in 2014 is uitgevoerd (luchtfoto's genomen in 2014, voorbereiden verwerking in datzelfde jaar, veldvalidatie in 2015 en definitieve verwerking en oplevering in 2016). Dit bestand is direct volgens SALT08 opgebouwd, omdatalle kaarten tegenwoordig uitsluitend volgens dit systeem worden geleverd en niet meer als SALT97.

De reguliere bewerking door Wageningen Marine Research is dat op basis van de percentages bedekking van de vegetatietypen een zonering wordt toegekend. Deze zonering is van oorsprong op SALT97 geënt en wordt daarom als SALT97-zonering aangeduid. Gedurende de looptijd van de monitoring op Ameland heeft RWS de SALT97-classificatiesleutel geactualiseerd naar SALT08. Om alle gegevens op consistente wijze binnen de Ameland monitoring te kunnen blijven verwerken, is de keuze gemaakt om de vegetatietoedeling aan te passen. De aanpassing is zodanig uitgevoerd dat op basis van de huidige SALT08-classificatie de SALT97-zonering zo goed mogelijk wordt gereproduceerd. Doordat er tussen beide classificatiesystemen kleine verschillen zijn tussen de toewijzing van vegetaties aan een vegetatietype, is het niet mogelijk om de SALT97-zonering exact te handhaven. Een belangrijk verschil is dat SALT08 simpeler is met minder vegetatietypen dan SALT97. Hierdoor gaat een bepaalde mate van detail verloren en ontstaan subtiele, onbedoelde verschillen waarvoor niet gecorrigeerd kan

[3] https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/natuur-en-milieu/kwelders/inwinning-en-monitoring.aspx
[4] www.nationaalgeoregister.nl
[5] www.pdok.nl

worden. Een tweede belangrijk verschil is dat er wijzigingen zijn tussen de toedeling van bepaalde typen naar vegetatiezoneringen in de nieuwe SALT08-toedeling. Deze trendbreuken zijn niet meegenomen in de huidige analyse, omdat op basis van de aangeleverde (SALT08) data een toedeling in lijn met de oude SALT97 is toegepast.

Bij de evaluatie van de Ameland-monitoring in 2011 is er in een aantal gevallen voor gekozen om een vegetatietype toe te delen aan een andere zonering dan uit de SALT97-classificatie blijkt (zie bijlage 4F). In de huidige rapportage is de toewijzing gebaseerd op de SALT97-toedeling. Dit heeft tot een aantal wijzingen in de nieuwe kaarten ten opzichte van de kaarten in de vorige rapportage geleid (Dijkema *et al*., 2011):

- Voorheen is het Pz (Gewoon kweldergras met Zeealsem) vertaald naar de midden kwelder (31) terwijl in de huidige toedeling het type uitkomt in lage kwelder (21). Dit speelt met name ten westen van de Oerdsloot.
- De typen Jf en Jj-r uit de SALT97-sleutel en toebedeeld tot de midden kwelder met hoge soorten (33) worden in SALT08 niet langer als aparte vegetatiezone benoemd en vallen nu onder de midden kwelder (31). Dit speelt met name op Neerlands Reid in de noordelijke gebieden.
- Een grote groep brakke kweldervegetatie met bijvoorbeeld Heen, Schorrenzoutgras, en Ruwe bies zijn in de vorige rapportage toebedeeld aan de hoge kwelder (41), terwijl deze in de huidige rapportage is toebedeeld aan hoge en brakke kwelder en zilte duinvalleien (42) (zie voor een volledig overzicht bijlage 4F). Dit speelt met name op Neerlands Reid.

Successie en regressie zijn in kaart gebracht door een extractie uit het masterbestand te bewerken tot een nieuw bestand waarin van elk karteringsvlak in twee peiljaren vastlegt welke SALT97-zone in elk van die jaren het beste past. De peiljaren zijn 1993 en 2014. De ontwikkeling is gekarakteriseerd door de code[6] van de zonering in 1993 af te trekken van de betreffende code voor de vegetatiezonering in 2014 (bv.: zone 32 (midden kwelder met Zeekweek) in 2014 en zone 21 (lage kwelder) in 1993 geeft: 32-21= 11). Een positief resultaat duidt dan op successie, negatieve waarden duiden op regressie en bij nul is de situatie stabiel. Door de getalswaarden van de zonering nog wat beter te benutten valt uit de uitkomsten nog wat meer informatie te halen (tabel 4.5).

Tabel 4.5 Interpretatie van verandering van getalswaarden in de tijd.

Getalswaarde	Interpretatie
<= -15	Regressie, meer dan 1 zone
<15 … <=-5	Regressie, 1 zone
< -5 … <0	Regressie, binnen zone
=0	Stabiel
>0 … < 5	Successie, binnen zone
>=5 … <15	Successie, 1 zone
>= 15	Successie, meer dan 1 zone

Voor het weergeven van de bodemdaling in de figuren is gebruik gemaakt van een bestand dat door de NAM ter beschikking is gesteld en dat de situatie tot begin 2017 weergeeft. Dit bestand geeft contouren weer in mm bodemdaling sinds 1986, het begin van de gaswinning (figuur 4.2).

4.8.3 Resultaten puntmetingen: PQs bij SEB-metingen

Vegetatietypen

In tabel 4.6 en 4.7 is de ontwikkeling van de vegetatie (vegetatietype volgens SALT97: De Jong *et al*., 1998; Dijkema & Bossinade, 1990) van 1986-2016 per PQ weergegeven voor resp. Neerlands Reid (raai 3) en De Hon (raai 9). In de laatste rij van de tabellen is de ontwikkeling samengevat in stabiel (= in dezelfde vegetatiezone met dezelfde vegetatietype gebleven); successie (= verschuiving naar een vegetatiezone later in de successiereeks); regressie (= terugkeer naar een vegetatiezone eerder in de successiereeks); veroudering (= verschuiving binnen een vegetatiezone, met name richting dominantie van bv. Zeekweek op de midden kwelder en Zoutmelde op de lage kwelder); verjonging (= verschuiving binnen een vegetatiezone, met name opheffen van dominantie van bv. Zeekweek of Zoutmelde of terugkeer naar een vegetatie met Lamsoor op de lage kwelder door vernatting) (Van Wijnen, 1999). In

[6] Zie Salt97 (de Jong et al., 1998): 00=water; 10=kaal; 11=pre pionier; 12=pionier; 21=lage kwelder; 22=lage kwelder met pioniersoorten; 31=midden kwelder; 32=midden kwelder met Zeekweek; 33=midden kwelder met hoge kweldersoorten; 41=hoge kwelder; 42=hoge en brakke kwelder en zilte duinvalleien.

het specifieke geval dat vertrapping door vee van invloed is geweest op het vegetatietype is dit aangegeven (-v).

Daarnaast is de vegetatieontwikkeling van alle PQs ook weergegeven als verandering in soortengroepen ten opzichte van de maaiveldontwikkeling en overvloedingsfrequentie (bijlage 4G en 4H). Daarvan worden enkele PQs in deze paragraaf besproken als voorbeelden.

Op Neerlands Reid (tabel 4.6) is er bij de meeste PQs ten opzichte van 1986 sprake van een stabiele situatie, veroudering of successie. Bij vier PQs is sprake van regressie, waarbij dit in twee gevallen door vertrapping is veroorzaakt (PQ 3.9 en 3.17). In het geval van PQ 3.7 is er de laatste jaren een verschuiving van Rood zwenkgras naar Kweldergras zichtbaar, waardoor de vegetatiezone van midden naar lage kwelder gaat. Bij PQ 3.24 treedt er een verschuiving op van hoge naar midden kwelder met een regelmatige wisseling in codominante soorten, waaronder Zeerus die vanaf 1986 in de PQ aanwezig is.

Ook op De Hon (tabel 4.7) is bij vier PQs sprake van regressie. Daar speelt in twee gevallen (PQ 9.11 en 9.12) de blokkering van een naburige kreek een rol. Hierdoor is de drainage zeer beperkt waardoor er regelmatig stagnerend water voorkomt wat de vegetatie (sterk) heeft beïnvloed. De vegetatie van PQ 9.7 en 9.8 is in beide gevallen van midden naar lage kwelder gegaan. Bij de overige PQs is sprake van een stabiele vegetatie, veroudering of successie.

Tabel 4.6 Vegetatietype per PQ van raai 3 op Neerlands Reid in alle meetjaren (zie ook De Groot et al., 2015). De onderste rij vat de vegetatieontwikkeling van 1986 tot 2016 samen. De oranje vakjes met een –v geven aan waar vertrapping door beweiding bepalend is geweest voor de ontwikkeling.

	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*	R*	Jjm
2015	Jf	Ph3	Jfz	Qq3	Pp	Pp	Pp	Ph5	Qq3	Qu	Pp-b	Ph5	Ph5	Jfz	Jf	Ppa	Pp	#	Rgf	Xy3	Jf	Rgf	Rgf	Xy3
2016	Xy3	Ph5	Jf	Qq3	Pp	Pp	Pp	Ph5	Qq3	Pp-u	Jfz	Ph5	Ph5	Ph5	Jf	Jf	Pp	Qq0	Rgf	Jf	Jf	Rgv	Rgf	Xy3
1986->2016	suc	veroud	stab	stab	suc	stab	regr	veroud	regr-v	stab -> 2000	stab	veroud	veroud	veroud	suc	stab	regr-v	stab-v	stab	stab	stab	stab	suc	regr

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

Tabel 4.7 Vegetatietype per PQ van raai 9 op De Hon in alle meetjaren. De onderste rij vat de vegetatieontwikkeling van 1986 tot 2016 samen. Voor legenda zie tabel 4.6.

	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	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
2015	Qq3	Ss0	Ph5	Qu	Xy5	Qu	Ph5	Ph5	Xy5	Pl3	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2016	Qq0	Ss0	Ph5	Ph3	Xy5	Xx5	Ph5	Ph5	Xy5	Jja	Ss0	Pl3	Xy5	Xy5
1986->2016	stab	stab	veroud	veroud	veroud	suc	regr	regr	veroud	verjong	regr	regr	veroud	suc/ veroud

Natura 2000

De indeling van de PQs op Neerlands Reid en De Hon volgens de Natura 2000 habitattypen is weergegeven in Bijlage 9 en 10. Ze vallen onder H1310A (Zilte pionierbegroeiingen (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. Sommige meetpunten vertonen karakteristieken van meerdere vegetatiezones en kunnen daardoor tussen jaren schommelingen vertonen.

Puntmetingen in PQs alleen zijn niet geschikt om te toetsen of aan de kwaliteitseisen van Natura 2000 voor de drie dominante habitattypen wordt voldaan, maar worden in combinatie met de 6-jaarlijkse vlakdekkende vegetatiekaarten gebruikt om ook de functionele omvang te kunnen beoordelen (tabel 4.8). Alle constante typische plantensoorten die een goede abiotische toestand en goede biotische structuur vertegenwoordigen van H1310A en H1330A komen ruimschoots voor in de opnamen. De kenmerkende plantensoort voor H1320, Klein slijkgras, heeft een zuidelijk verspreidingsgebied en komt niet in de Waddenzee voor. De exoot Engels slijkgras is in de Waddenzee ingevoerd en heeft zich vermengd met de zones 1310 en 1330 (Nehring & Hesse, 2008). Trilateraal is in 2008 in de TMAP-kweldergroep afgesproken Habitattype 1320 te onderscheiden indien Engels slijkgras dominant in de zone voorkomt. Op Ameland komt Engels slijkgras ruimschoots voor.

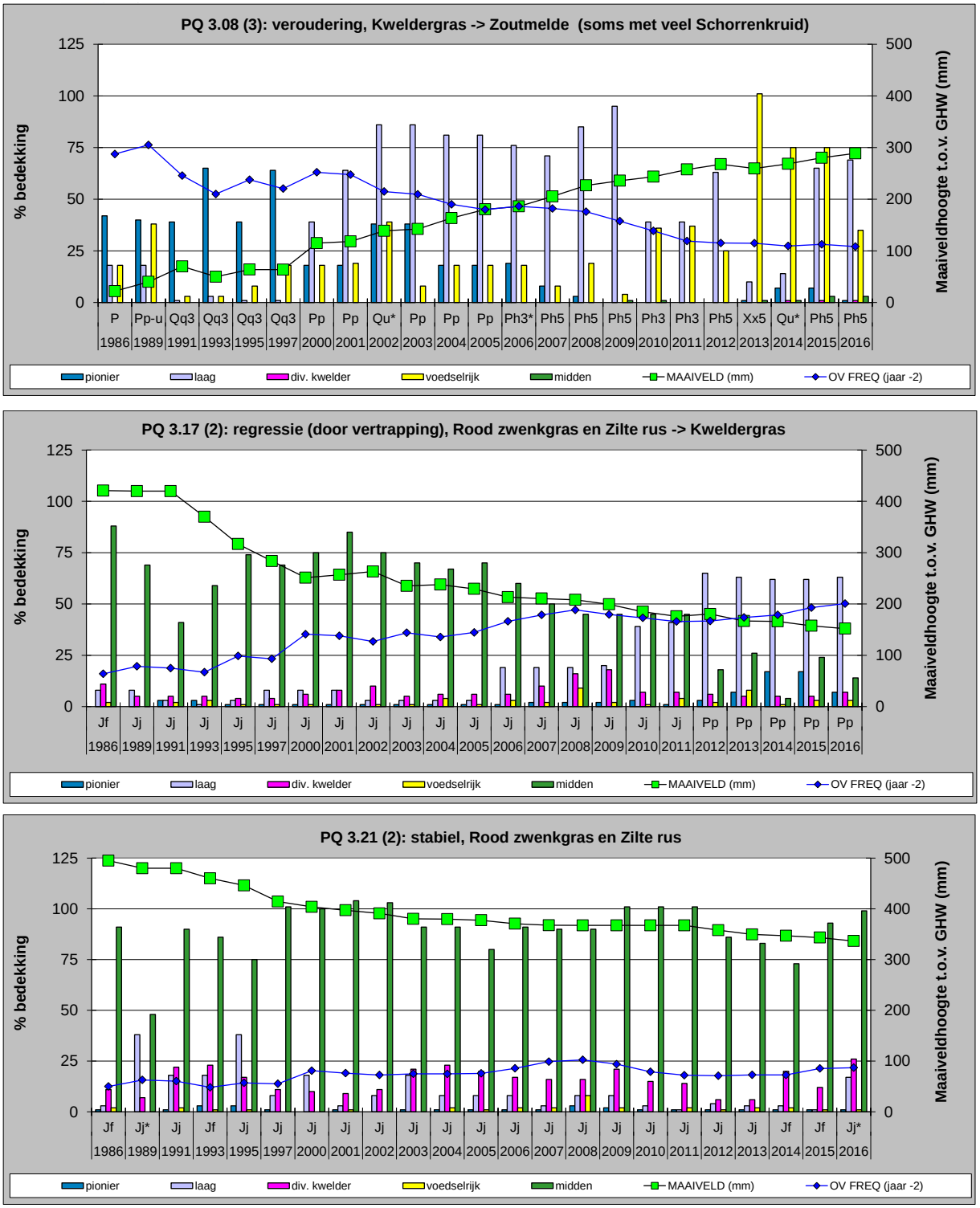
Tabel 4.8 Kwaliteitseisen betreffende de drie dominant voorkomende habitattypen op Neerlands Reid en De Hon (uit N2000 profielendocumenten, http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/).

Kwaliteitseis		**Wordt er 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 vegetatietypologie.
Op landschapsschaal in samenhang voorkomend met kwelders/schorren (H1330) en met open wad (H1140).		Ja. Het grootste deel bevindt zich op de Hon tussen H1330 en H1140 in een vloeiende overgang naar het wad. Op Neerlands Reid bevindt het zich deels aan de wadrand, deels in de slenken en deels binnen H1330_A als secundaire pioniervegetatie.
Optimale functionele omvang: vanaf honderden m^2.		182.000 m^2, waarvan 152.000 m^2 op De Hon en 30.000 m^2 op Neerlands Reid.
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) (H1310A) en Schorren en zilte graslanden (buitendijks) (H1330) en anderzijds met Slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A).		Ja, maar dan met Engels slijkgras. Het bevindt zich op De Hon en op Neerlands Reid tussen H1330_A en H1140_A.
Optimale functionele omvang: vanaf honderden m^2.		15.000 m^2, waarvan 6.000 m^2 op De Hon en 9.000 m^2 op Neerlands Reid (met Engels slijkgras)
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 zonering van lage kwelder (aansluitend op habitattypen H1310 en H1320) hoge kwelder en kwelderzoom (zo mogelijk aansluitend op duinhabitattypen). Mogelijkheden voor deze zonering doen zich vooral voor in landschappen van tenminste honderden hectares - op kleinere oppervlakten hangen de mogelijkheden sterk af van de aard van het gebied.		Ja.
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.		Nee. (zie ook paragraaf 4.8.2 en bijlage 4M). Verdeling De Hon & NLR samen is 27% lage kwelder, 22% midden kwelder, 14% midden kwelder met Zeekweek, 37% hoge kwelder)
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. Natuurlijke begrazing op de Hon lijkt beperkt. Neerlands Reid wordt begraasd door vee, waardoor de kwelder ook aantrekkelijk is voor natuurlijke begrazing.
Optimale functionele omvang: vanaf tientallen hectares (subtype A).		270 ha, waarvan 90 ha op De Hon en 180 ha op Neerlands Reid.

Soortengroepen

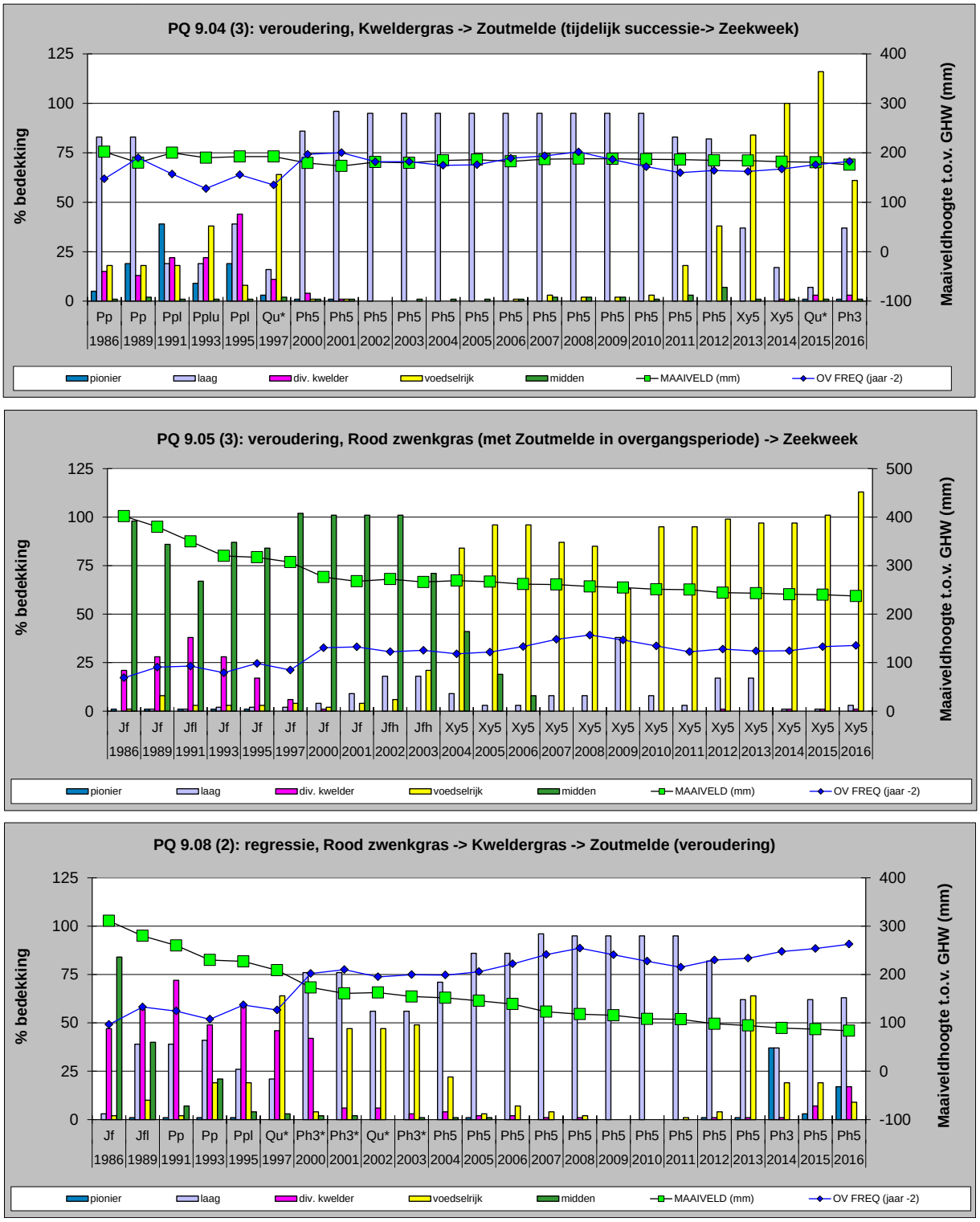
Voor Neerlands Reid en De Hon is van drie PQs de vegetatieontwikkeling met soortengroepen, maaiveldhoogte-ontwikkeling en overvloedingsfrequentie weergegeven (resp. figuur 4.35 en 4.36) om te laten zien dat er verschillende factoren spelen en de ontwikkeling variabel kan zijn.

PQ 3.8 op Neerlands Reid vertoont een hoge opslibbing en daarmee ook een stijgende maaiveldhoogte die zich vertaalt in een veroudering van de vegetatie. Bij PQ 3.17 is vertrapping door vee de oorzaak van een sterk dalend maaiveld waardoor de vegetatie na jarenlange handhaving in de midden kwelder vanaf 2012 naar de lage kwelderzone is gezakt (regressie). Bij PQ 3.21 daalt het maaiveld, maar weet de vegetatie zich op midden kwelderniveau te handhaven.



Figuur 4.35 Voorbeeld van vegetatie-, maaiveldontwikkeling en overvloedingsfrequentie bij drie PQs op Neerlands Reid. PQ 3.08: successie door hoge opslibbing, PQ 3.17: regressie door vertrapping en PQ 3.21: stabiel ondanks daling maaiveld. Achter het PQ-nummer staat de drainageklasse tussen haakjes: 0= natte kom; 1= droge kom; 2= overgang-vlakte; 3= oeverwal; 4= oude kreekrug; 5= duinkopje).

Op De Hon blijft het maaiveld bij PQ 9.4 stabiel, maar er treedt wel veroudering binnen de lage kwelderzone op waarbij de afgelopen vijf jaar af en toe zelfs even successie naar de midden kwelder optreedt door de aanwezigheid van Zeekweek. Bij PQ 9.5 is veroudering binnen de midden kwelderzone (toename Zeekweek) het beeld bij een zakkend maaiveld. Bij PQ 9.8 heeft het dalende maaiveld al vrij snel geleid tot regressie van midden kwelder naar lage kwelder waarna binnen deze lage kwelderzone veroudering door uitbreiding van Zoutmelde is opgetreden.



Figuur 4.36 Voorbeeld van vegetatie-, maaiveldontwikkeling en overvloedingsfrequentie bij drie PQs op De Hon. PQ 9.04: successie en maaiveld stabiel, PQ 9.05: successie maar maaiveld daalt, en PQ 9.08: regressie, daling maaiveld en sterk toenemende overvloedingsfrequentie. Achter het PQ-nummer staat de drainageklasse tussen haakjes: 0= natte kom; 1= droge kom; 2= overgang-vlakte; 3= oeverwal; 4= oude kreekrug; 5= duinkopje).

Het overzicht van de vegetatieontwikkeling met soortengroepen, maaiveldhoogte-ontwikkeling en overvloedingsfrequentie van alle PQs is te vinden in bijlage 4G en 4H. Wanneer naar alle figuren in deze twee Bijlagen wordt gekeken valt op dat er regressie van de vegetatie optreedt als door maaiveldaling de lijn van de overvloedingsfrequentie die van het maaiveld kruist en erboven komt te liggen (zoals bij PQ 9.8 in figuur 4.36). Als het maaiveld al laag lag bij de start blijft de vegetatie stabiel. Datzelfde geldt in het geval dat de lijnen ongeveer op elkaar liggen (zoals bv. bij PQ 9.4).

Tabel 4.9 Samenvatting van de ontwikkeling bij de PQs op Neerlands Reid (raai 3, beweid). Drainage (kolom 2), opslibbing gemeten met SEB (mm/j; kolom 3), peilmerkdaling 1986-2014 (= benadering bodemdaling in mm/j; kolom 4), hoogteligging t.o.v. de theoretische ondergrens van de betreffende kwelderzone (verschil in cm en indien van toepassing jaar aanvang negatieve opslibbingsbalans tussen haakjes; kolom 5), de gemeten verandering van 1986 naar 2016 op basis van vegetatietypen (Salt97; kolom 6), en de trend in de ontwikkeling op basis van de vegetatieopnamen (kolom 7). De PQs waar regressie is opgetreden zijn in rood aangegeven.

Drainageklassen (kolom 2): 0= natte kom; 1= droge kom; 2= overgang-vlakte; 3= oeverwal; 4= oude kreekrug; 5= duinkopje).

Neerlands Reid	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Kwelderzone	**PQ**	**Drainage**	**Opsl. mm/j 1993-2016**	**Peilmerk-daling mm/j 1986-2014**	**Hoogte tov ondergrens in 2016 cm** (jaar start neg. opslib. balans)	**Verandering vegetatietype 1986 -> 2016**	**Trend vegetatieontwikkeling 1986-2016**
zone 1 **pionier** (ondergrens 5% bedekking NAP + 86 cm)	3.02 3.04 3.05 3.09 3.10 3.12	1 0 3 0 3 3	7,0 6,4 15,0 3,1 8,8 6,6	-6.6 -6.8 -6.8 -6.7 -6.6 -6.3	+ 45 + 33 + 53 + 33 + 45 + 38	Qu -> Ph5 Qq3 -> Qq3 Qq3 -> Pp Qu -> Qq3 Ss5 -> Pp Pps -> Ph5	Vrij stabiel, wel veroudering Kweldergras -> Zoutmelde Stabiel, Zeekraal soms met veel Schorrenkruid Successie, Zeekraal -> Kweldergras (hoge opslibbing) Regressie (vertrapping), beetje Zeekraal+Schorrenkruid Veroudering, Kweldergras ->Zoutmelde/Zeealsem Veroudering/suc, Engels slijkgras+Zeekraal->Zoutmelde
zone 2 **lage kwelder** (ondergrens pre laag P NAP + 112 cm)	3.01 3.06 3.08 3.13 3.14 3.15	3 3 3 3 4 4	8,1 7,0 16,5 5,9 5,1 4,6	-6.6 -6.9 -6.6 -6.3 -6.3 -6.3	+ 37 + 27 + 22 + 8 + 25 + 26	Pp -> Xy3 Pp -> Pp P -> Ph5 P -> Ph5 Pp -> Ph5 Pp -> Jf	Successie, Kweldergras->Zeekweek+Rood zwenkgras Stabiel, Kweldergras Veroudering, Kweldergras->Zoutmelde (Schorrenkruid) Succ/veroudering, Zeekraal(+Schorrenkruid/ Kwelder-gras) -> Zoutmelde Succ/veroudering, Kweldergras-> Zeealsem+Zoutmelde Successie, Kweldergras -> Zeekweek en Rood zwenkgras
zone 3 **midden kwelder** (ondergrens Neerlands Reid NAP + 146 cm)	3.3 3.7 3.11 3.16 3.20 3.21	4 2 3 4 5 2	6,7 4,9 4,3 4,3 0,3 1,5	-6.7 -7.0 -6.6 -6.3 -7.7 -7.7	+ 1 - 8 (1989) 0 - 4 (1991) + 7 - 7 (2000)	Jf -> Jf Jf -> Pp Jfz -> Jfz Jf -> Jf Jf-r -> Jf Jj -> Jf	Vrij stabiel, soms periode veroudering ->Zeealsem Lichte regressie, Rood zwenk->Kweldergras(+Zeealsem) Stabiel, Rood zwenkgras met Zeealsem Stabiel, Rood zwenk. met Zeealsem (+Zoutmelde/Aster) Vrij stabiel, Rood zwenk. met Struisgras en Zeekweek (soms dominant) Stabiel, Rood zwenkgras en Zilte rus
zone 4 **hoge kwelder** (ondergrens NAP + 160 cm)	3.19 3.22 3.23 3.24	5 5 5 5	-0,2 -0,5 -0,5 1,2	-7.7 -7.5 -7.6 -7.6	+ 7 + 2 + 3 - 4 (2000)	Rgv -> Rgf Xy3* -> Rgv Xy5r -> Rgf Rm -> Xy3	Vrij stabiel, Engels raaigras-> Rood zwenk- en Struisgras Stabiel, Rood zwenkgras en Struisgras met div. kruiden lang stabiel Zeekweek, laatste jaren successie -> Rood zwenkgras met hoge kweldersoorten Regressie, maar wisselende (co)dominantie Rood zwenkgras, Zeerus, Zeekweek, Struisgras en Zilte rus
Verstoorde PQs:							
Vertrapping door vee	3.17 3.18	2 0	-3,0 -0,6	-7.5 -7.6	- 26 (1993) + 30	Jf -> Pp ~ -> Qq0	Regressie, Rood zwenkgras en Zilte rus -> Kweldergras Stabiel (zware vertrapping vanaf 1986), vaak stagnant water en lage bedekking

Tabel 4.10 Samenvatting van de ontwikkeling bij de PQs op De Hon (raai 9, onbeweid). Drainage (kolom 2), opslibbing gemeten met SEB (mm/j; kolom 3), peilmerkdaling 1986-2014 (= benadering bodemdaling in mm/j; kolom 4), hoogteligging t.o.v. de theoretische ondergrens van de betreffende kwelderzone (verschil in cm en indien van toepassing jaar aanvang negatieve opslibbingsbalans tussen haakjes; kolom 5), de gemeten verandering van 1986 naar 2016 op basis van vegetatietypen (Salt97; kolom 6), en de trend in de ontwikkeling op basis van de vegetatieopnamen (kolom 7). De PQs waar regressie is opgetreden zijn in rood aangegeven. Drainageklassen (kolom 2): 0= natte kom; 1= droge kom; 2= overgang-vlakte; 3= oeverwal; 4= oude kreekrug; 5= duinkopje).

De Hon	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Kwelderzone	**PQ**	**Drai-nage**	**Opsl. mm/j 1993-2016**	**Peilmerk-daling mm/j 1986-2014**	**Hoogte tov ondergrens in 2016 cm** (jaar start neg. opslib. balans)	**Verandering vegetatietype 1986 -> 2016**	**Trend vegetatieontwikkeling 1986-2016**
zone 1 **pionier** (ondergrens 5% bedekking NAP + 86 cm)	9.01 9.02	2 2	6,1 12,9	-9.5 -9.6	+ 1 + 23	Qq3 -> Qq0 Qq3 -> Ss0	Stabiel, pionierzone met variabele (lage) bedekking Stabiel, pionierzone met variabele (lage) bedekking
zone 2 **lage kwelder** (ondergrens pre laag P NAP + 112 cm)	9.03 9.04 9.06	3 3 2	7,6 6,9 8,6	-9.7 -9.8 -9.8	+ 2 + 11 + 12	P -> Ph5 Pp -> Ph3 Pl3 -> Xx5	Veroudering, Kweldergras -> Zoutmelde Veroudering, Kweldergras -> Zoutmelde Successie, Lamsoor -> Zoutmelde (met Spiesmelde, vooral in laatste jaren)
zone 3 **midden kwelder** (ondergrens De Hon NAP + 136 cm)	9.05 9.07 9.08 9.09 9.13	3 2 2 4 5	4,4 4,1 2,3 1,3 0,7	-9.8 -9.8 -9.9 -9.9 -9.9	- 7 (1997) - 18 (1986) - 23 (1986) - 11 (1999) - 10 (2000)	Jf -> Xy5 Jf -> Ph5 Jf -> Ph5 Jf -> Xy5 R* -> Xy5	Veroudering, Rood zwenkgras (met Zoutmelde in overgangsperiode) -> Zeekweek Regressie, Rood zwenkgras -> Zoutmelde (vanaf 2014 weer in codominantie met Rood zwenkgras) Regressie, Rood zwenkgras-> Kweldergras (gevolgd door veroudering-> Zoutmelde) Aanvankelijk stabiel, recent veroudering -> Zeekweek Veroudering, Rood zwenkgras -> Zeekweek
zone 4 **hoge kwelder** (ondergrens NAP + 160 cm)	9.14	5	1,7	-10.0	- 2 (2010)	Cr -> Xy5	Veroudering, uitbreiding Zeekweek, maar met blijvende codominantie van Rood zwenkgras
Verstoorde PQs:							
vernatting door blokkering kreek	9.10 9.11 9.12	2 0 2	0,9 0,9 - 0,3	-9.9 -9.9 -9.9	- 22 (1991) + 11 - 22 (1993)	Jf -> Jja Pl3 -> Ss0 Jf -> Pl3	Verjonging, Rood zwenkgras -> Lamsoor en Zilte rus (kreek dicht, natter) Regressie tot vrijwel onbegroeid (kreek dicht, natter) Regressie, Rood zwenkgras -> codominantie Rood zwenkgras met Lamsoor (kreek dicht, natter)

Als gekeken wordt naar het aantal PQs met een opslibbingstekort (tabel 4.9 en 4.10) is opmerkelijk dat er niet meer regressie van de vegetatie gemeten wordt. In deze tabellen zijn een aantal meetgegevens naast elkaar gezet op basis waarvan de ontwikkeling van de vegetatie in een PQ voorspeld zou moeten kunnen worden. Op grond van de zonehypothese (d.w.z. regressie vegetatie indien maaiveld >5 cm beneden de ondergrens van de betreffende vegetatiezone komt te liggen) zou voor de PQs 3.7 en 3.21 op Neerlands Reid en 9.5, 9.7, 9.8, 9.9, 9.10, 9.12 en 9.13 op De Hon regressie van de vegetatie verwacht kunnen worden (zie kolom 5). De PQs 3.16 en 3.24 op Neerlands Reid zitten tegen deze in 1986 gestelde grens aan. Uit het voorafgaande en uit kolom 6 en 7 van de tabellen blijkt echter dat er bij slechts een deel van de genoemde PQs werkelijk een effect van een negatieve opslibbingbalans op de vegetatie is opgetreden. Ook is gebleken dat vertrapping door vee en slechte drainage regressie of verjonging van de vegetatie kunnen bewerkstelligen.

Hieruit blijkt dat het aanpassen van de zonehypothese (d.w.z. regressie vegetatie indien maaiveld >10-15 cm beneden de ondergrens van de betreffende vegetatiezone komt te liggen) terecht is geweest. Ook deze hypothese gaat echter niet eenduidig op. Bij PQ 9.9. en 9.13 zou regressie moeten optreden, maar de vegetatie is stabiel of vertoont veroudering en PQ 3.7 zou nog stabiel moeten zijn, maar vertoont al wel regressie. De drainagetoestand lijkt de gestelde grenswaarde naar boven of beneden te kunnen beïnvloeden.

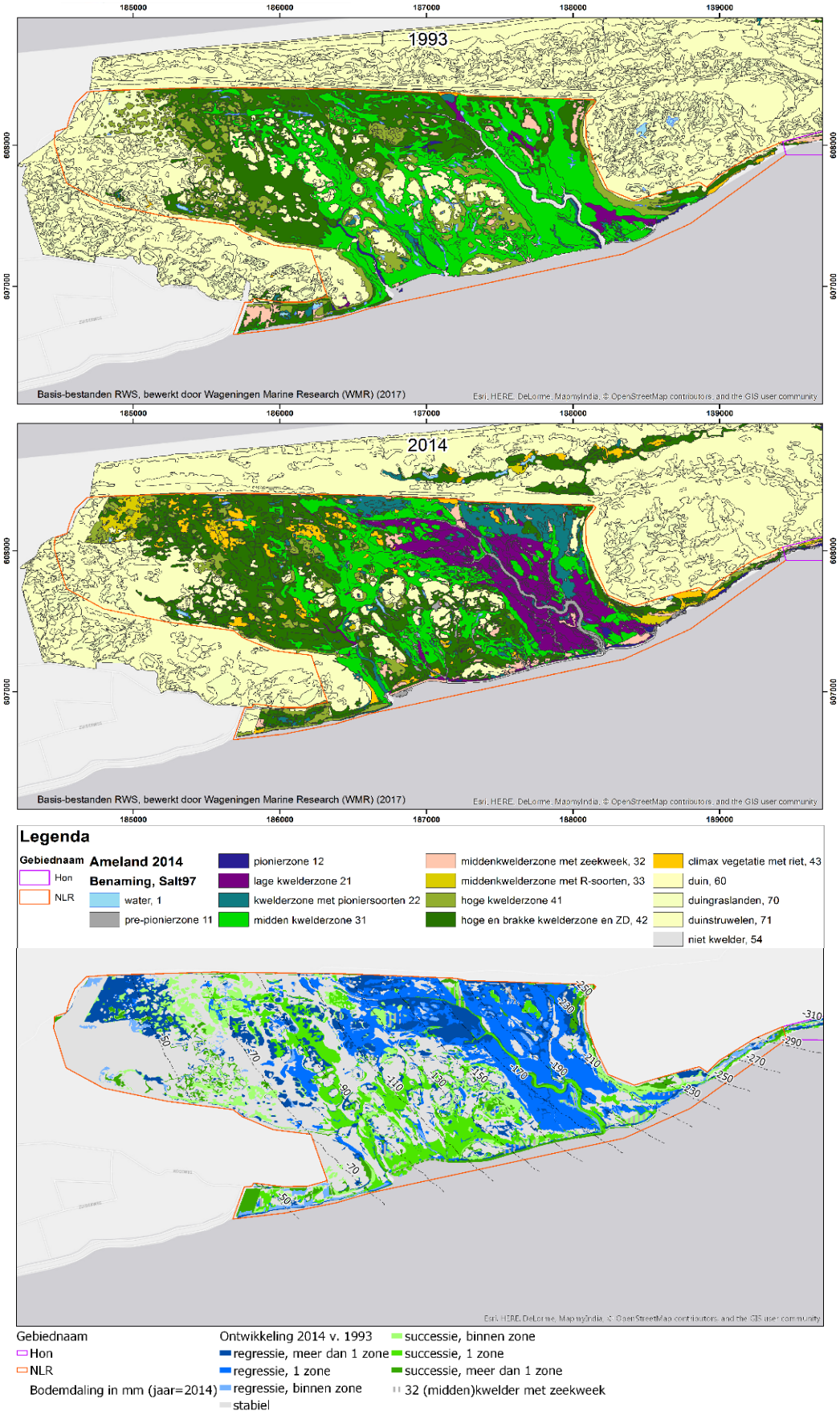
4.8.4 Resultaten vlakdekkende metingen: RWS VEGWAD-vegetatiekaarten

Alle vijf vegetatiekaarten die tussen 1993 en 2014 voor Neerlands Reid en De Hon verschenen zijn staan in resp. bijlage 4K en 4L. In deze paragraaf worden de verschillen tussen de kaarten uit 1993 en 2014 besproken. Hoewel op de kaarten ook vegetatiezones uit de duinen staan aangegeven worden hier alleen de kwelderzones behandeld. In bijlage 4M staat het aantal hectares per vegetatiezone in 1993 versus 2014.

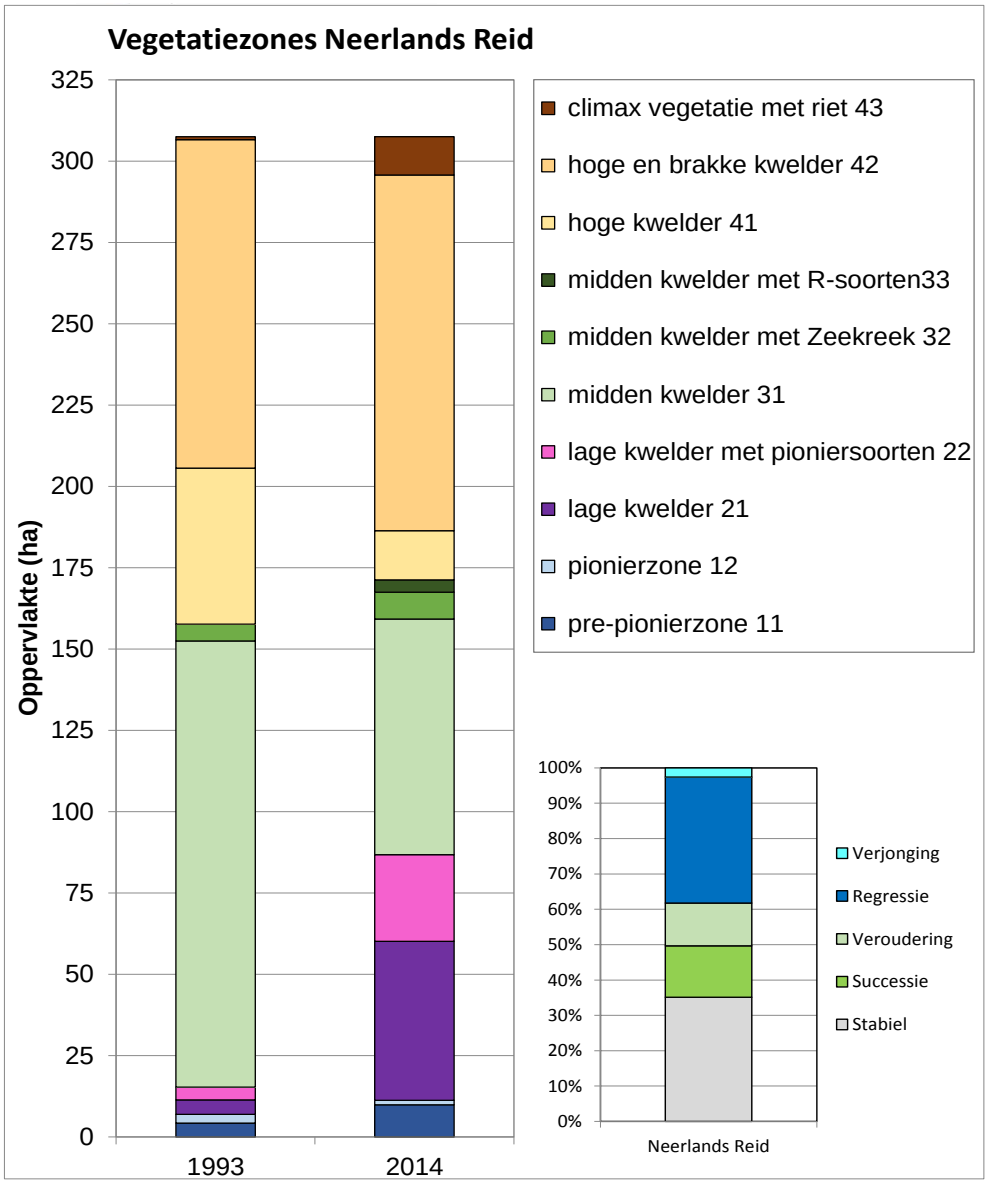
Wanneer de vegetatiekaarten van Neerlands Reid uit 1993 en 2014 met elkaar vergeleken worden (figuur 4.37) valt vooral de regressie van midden kwelder naar lage kwelder aan weerszijden van de Oerdsloot op. Dit deel is tevens het gebied waar op Neerlands Reid de meeste bodemdaling plaatsvindt, waardoor de regressie mogelijk aan bodemdaling gekoppeld zou kunnen worden. De Oerdsloot is echter ook een belangrijke sedimentbron en bij de puntmetingen (SEBs en PQs) werd geen regressie op grote schaal gemeten. Daarnaast is ten westen van de Oerdsloot de beweiding sterk toegenomen. Naast koeien zijn daar ook paarden ingeschaard, vooral van 2012-2014. De afname van midden kwelder naar lage kwelder is een langzaam proces dat in 1993 begon en zich met name vanaf 2002 langzaam heeft uitgebreid (bijlage 4K). Door de aanwezigheid van vee treedt compactie op waardoor water moeilijker de bodem kan indringen en in sporen gemaakt door het vee kan water blijven staan. Hierdoor kan het drassig worden wat gecombineerd met vertrapping door het vee kan resulteren in regressie van de vegetatie.

Verder valt op dat er ook regressie plaatsvindt langs de noordkant van het gebied, zowel in het noordwesten, met een bodemdaling van 13-23 cm sinds 1986, als het noordoosten, waar sinds 1986 een bodemdaling van minder dan 5 cm heeft plaatsgevonden. Op deze locaties lijkt naast beweiding en bodemdaling ook de grote afstand tot een sedimentbron (wad of kreek) en daardoor vaak ook verminderde drainage een rol te spelen.

Naast de 40 % regressie (waarvan een klein beetje verjonging) blijft 35 % stabiel en is in 25 % van het gebied successie of veroudering te zien, met name in de midden en hoge kwelderzones (figuur 4.38). De voornamelijk stabiele situatie of successie langs de wadrand is waarschijnlijk vooral te danken aan het beschermende effect van de stenen glooiing en de nabijheid van het wad als sedimentbron.



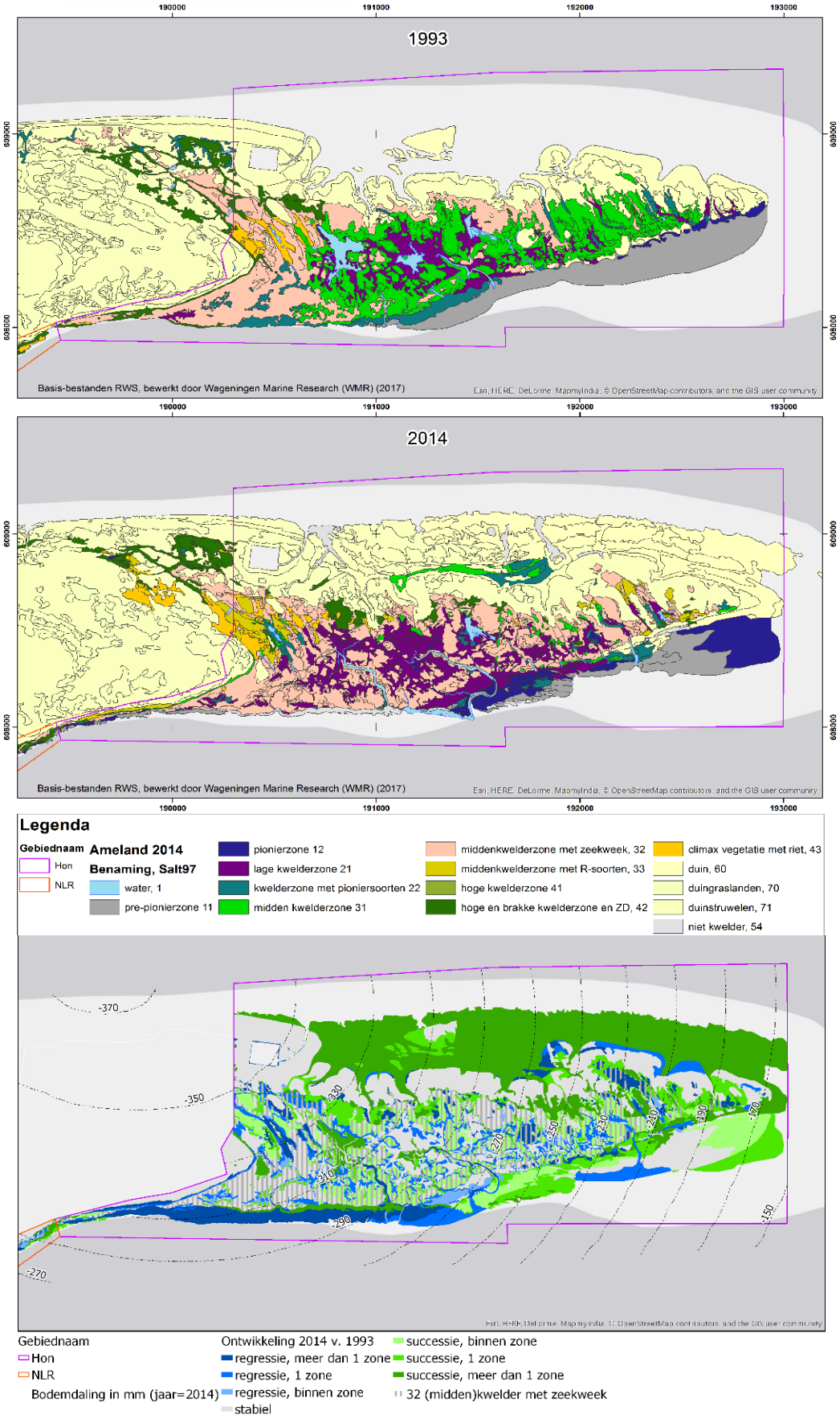
Figuur 4.37 VEGWAD-vegetatiekaart van Neerlands Reid uit 1993 en 2014 en de daaruit gegenereerde verschilkaart (successie-regressie) met bodemdalingscontourlijnen van 2014. Successie binnen een zone is veroudering en regressie binnen een zone is verjonging.



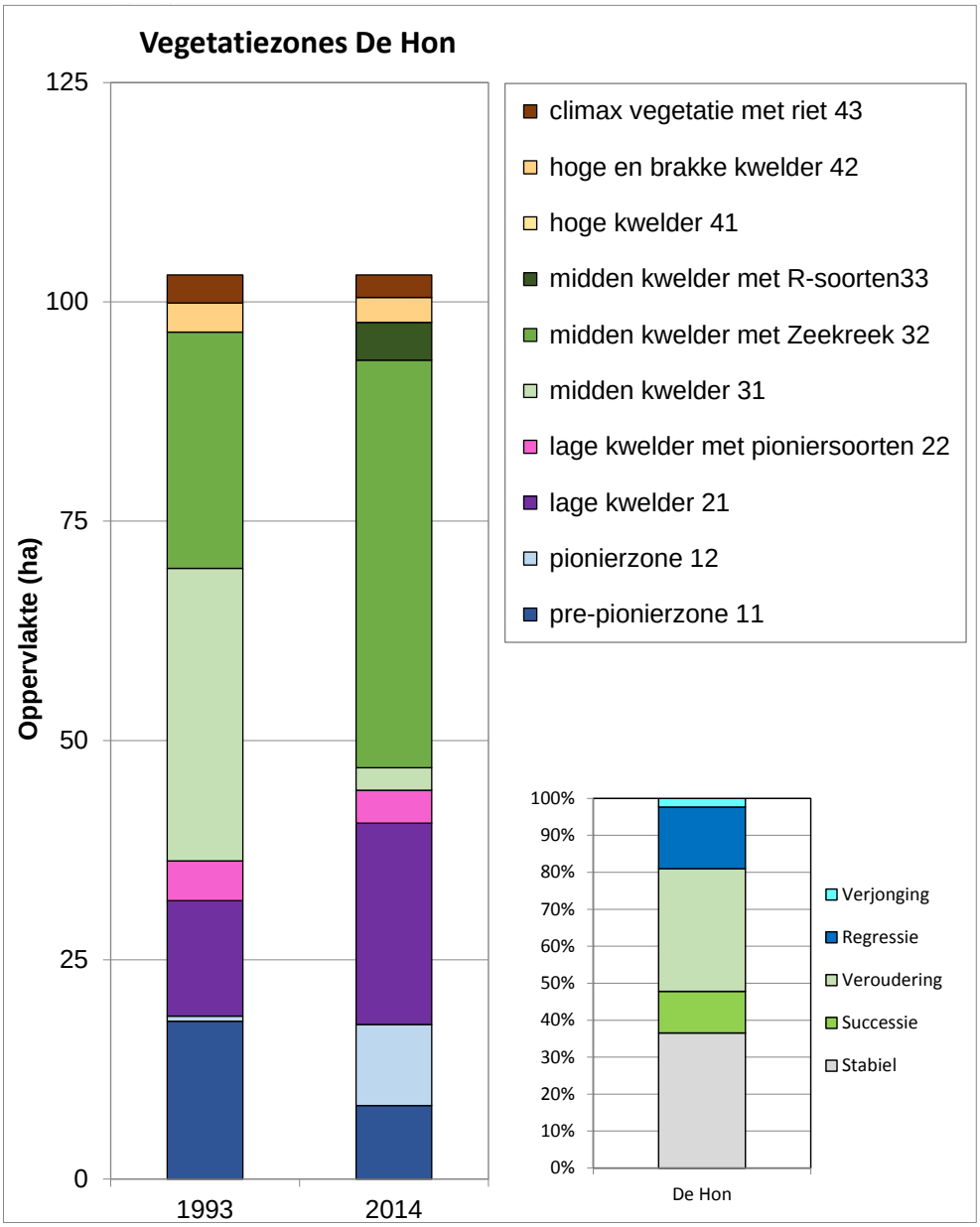
Figuur 4.38 Vergelijking van de oppervlakte per kweldervegetatiezone van de VEGWAD-vegetatiekaart van Neerlands Reid uit 1993 en 2014 en de daaruit vastgestelde verschuivingen tussen vegetatiezones. Successie = verschuiving naar vegetatiezone later in de successiereeks; veroudering = verschuiving naar latere fase binnen dezelfde vegetatiezone; regressie= verschuiving naar vegetatiezone eerder in de successiereeks; verjonging= verschuiving naar eerdere fase binnen dezelfde vegetatiezone.

Bij de vergelijking van de vegetatiekaarten van De Hon (figuur 4.39) valt op dat de regressie, maar ook een deel van de successie zich concentreert langs de wadrand. Omdat op De Hon de wadrand onbeschermd is en er geen stenen glooiing aanwezig is, zoals langs een deel van de wadrand van Neerlands Reid, is deze zone dynamisch en behalve aan opslibbing ook onderhevig aan (klif)erosie. De overige regressie op De Hon lijkt random verdeeld te zijn over het gebied. Wat daarbij echter wel opvalt is dat deze regressie vooral in kommen tussen oeverwallen lijkt plaats te vinden. Dat sluit aan bij de constatering dat op De Hon ook successie plaatsvindt, maar dan met name in de vorm van veroudering door de uitbreiding van Zeekweek in de midden kwelderzone. Waar kreken in 2014 aansluiting gevonden hebben bij poeltjes die in 1993 aanwezig waren, is te zien dat deze (hernieuwde) ontwatering, en daardoor mogelijk ook herstelde sedimentaanvoer, ook successie heeft bewerkstelligd.

De verschuivingen in vegetatiezones (figuur 4.40) hebben zich vooral voorgedaan op de midden kwelder: aan de ene kant regressie naar lage kwelder en aan de andere kant veroudering door uitbreiding van Zeekweek. Over de periode 1993-2014 is 35% van kwelder in dezelfde vegetatiezone gebleven (stabiel), 20% heeft regressie/verjonging ondergaan en 45% successie waarvan ruim 30% veroudering.



Figuur 4.39 VEGWAD-vegetatiekaart van De Hon uit 1993 en 2014 en de daaruit gegenereerde verschilkaart (successie-regressie) met bodemdalingscontourlijnen van 2014. Successie binnen een zone is veroudering en regressie binnen een zone is verjonging.



Figuur 4.40 Vergelijking van de oppervlakte per kweldervegetatiezone van de VEGWAD-vegetatiekaart van De Hon uit 1993 en 2014 en de daaruit vastgestelde verschuivingen tussen vegetatiezones. Successie= verschuiving naar vegetatiezone later in de successiereeks; veroudering= verschuiving naar latere fase binnen dezelfde vegetatiezone; regressie= verschuiving naar vegetatiezone eerder in de successiereeks; verjonging= verschuiving naar eerdere fase binnen dezelfde vegetatiezone.

Op Neerlands Reid en De Hon komen de volgende kwelderhabitattypen voor: H1310A (Zilte pionierbegroeiingen (Zeekraal)), H1320 (Slijkgrasvelden) en H1330A (Schorren en zilte graslanden (buitendijks)). De vegetatie op de grens van de hoge kwelder en de duinvoet is soms wat lastig toe te delen aan een habitattype omdat kwelder- en duinhabitattype daar heel geleidelijk in elkaar kunnen overgaan en de soortensamenstelling tussen jaren schommelingen kan vertonen.

Op basis van de vegetatiekaarten uit 2014 kan echter gesteld worden dat aan de kwaliteitseisen van Natura 2000 voor de drie dominante kwelderhabitattypen wordt voldaan. Alle constante typische plantensoorten komen ruimschoots voor in de voor de kaarten gemaakte achterliggende vegetatieopnamen. Zij vertegenwoordigen een goede abiotische toestand en goede biotische structuur van H1310A en H1330A. Zoals ook bij de puntmetingen vermeld, is Klein slijkgras de enige soort die niet voorkomt. De soort komt mogelijk nog sporadisch voor in het Deltagebied, maar is in het Waddengebied nog nooit (gedocumenteerd) aangetroffen. In plaats daarvan wordt Engels slijkgras als vertegenwoordiger voor H1320 gezien en die soort komt ruimschoots voor (zie ook paragraaf 4.8.4).

4.8.5 Conclusies vegetatie-ontwikkeling

Wat de vegetatie betreft kunnen de volgende zaken geconcludeerd worden:

- Bij een opslibbingstekort van 10 à 15 cm blijkt de vegetatie in sommige gevallen regressie te vertonen, maar in andere gevallen stabiel te blijven of zelfs veroudering te vertonen.
- Regressie van de vegetatie kan niet altijd verklaard worden door de zonehypothese (ook niet na aanpassen van de zonehypothese van een opslibbingstekort van 5 cm naar 10-15 cm voordat regressie verwacht wordt).
- De maaiveldhoogte ten opzichte van de ondergrens van een vegetatiezone is niet de enige factor die bepalend is voor regressie van vegetatie.
- Vertrapping, beweiding en slechte drainage veroorzaken een directe en daardoor meestal snelle regressie.

4.9 Vergelijking Ameland met referentiegebied Schiermonnikoog

4.9.1 Achtergrond

Om de effecten van bodemdaling op de opslibbing en veranderingen in kweldervegetatie te onderzoeken is eind 2008 het promotieonderzoek van Elske Koppenaal gestart bij de Rijksuniversiteit Groningen onder de supervisie van prof. Jan Bakker. Deze resultaten zijn nog niet gepubliceerd, maar in dit hoofdstuk wordt een aantal resultaten vast gepresenteerd.

Het doel van dit promotieonderzoek is om de effecten van een versnelde zeespiegelstijging op de opslibbing en vegetatie op kwelders te onderzoeken, waarbij de onbeweide kwelder De Hon op Ameland wordt vergeleken met een onbeweide kwelder op Schiermonnikoog van vergelijkbare leeftijd. De eilanden liggen ongeveer 24 km uit elkaar en hebben een vergelijkbare getijdeamplitude van 2 meter. Met 11,7 mm per jaar bodemdaling (gemiddelde bodemdaling tussen 1986 en 2011) imiteert Ameland een kwelder met versnelde zeespiegelstijging in tegenstelling tot Schiermonnikoog waar alleen de huidige zeespiegelstijging van 2 mm per jaar plaatsvindt. De gemeten zeespiegelstijging op Ameland was in deze periode verwaarloosbaar (zie paragraaf 4.3.1).

4.9.2 Effecten van versnelde zeespiegelstijging op de opslibbing

De veertien PQs met SEBs (raai 9) op De Hon zijn vergeleken met vijf PQs met SEBs op Schiermonnikoog, die op 40 tot 200 m afstand van een kreek liggen. Ook zijn er vlakdekkende kaarten van de kleidikte rondom een grote kreek op beide eilanden gemaakt. Op De Hon is in 2011, in een gebied van 810 m oost-west en 435 m zuid-noord rondom een slenk, elke 15 m de kleidikte gemeten. Op Schiermonnikoog is in 2010 een gebied van 450 m oost-west en 765 m zuid-noord gemeten op vergelijkbare wijze als op Ameland. De kleidikte is bepaald met een kleiguts waarin de dikte van de kleilaag met een meetlat wordt opgemeten (Koppenaal *et al*., *in prep*.[a]). De meetpunten zijn per locatie geëxtrapoleerd om een 3D-kaart te creëren (kriging).

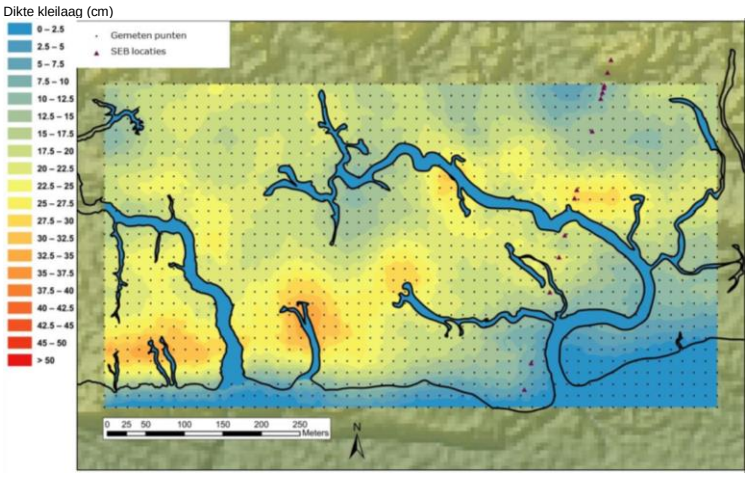
Op Ameland varieert de opslibbing tussen 1 en 10 mm per jaar, afhankelijk van de locatie en afstand tot de kwelderrand en kreek. Vrijwel alle PQs hebben onvoldoende opslibbing om de versnelde zeespiegelstijging of bodemdaling bij te houden, wat al eerder in deze rapportage naar voren kwam (zie paragraaf 4.7.5.2). Drie PQs dichtbij de kreek (9.03, 9.04 en 9.06) hebben in 2011 voldoende opslibbing om een vrijwel stabiele maaiveldhoogte ten opzichte van GHW te houden, maar de andere 11 PQs laten een netto daling zien. De PQs op Schiermonnikoog laten een positieve maaiveldverandering tussen 1 en 5 mm per jaar zien (locatie van de PQs staan met driehoekjes weergegeven in figuur 4.41). Dit is voldoende om de huidige zeespiegelstijging van 2 mm per jaar te compenseren.

De kleidikte op Amelander kwelders varieert tussen 0 en 30 cm aan de noordkant tot 40 cm in het zuiden met enkele uitschieters tot 50 cm nabij kwelder- of kreekrand (figuur 4.41 boven). De kleidikte op Schiermonnikoog varieert tussen 0 en 15 cm in het meest noordelijke deel tot ongeveer 30 cm in het zuidelijke deel nabij de kwelderrand, met enkele uitschieters naar 40 cm (figuur 4.41 onder). Omdat de kreek op Schiermonnikoog dieper de kwelder in snijdt, ligt de noordkant in deze analyse op grotere afstand van de kwelderrand dan op Ameland (435 m diepte op Ameland ten opzichte van 765 m op Schiermonnikoog). Als alleen de eerste 400 m vanaf de kwelderrand van beide eilanden worden vergeleken heeft Ameland een gemiddelde kleidikte van 16,9 cm en Schiermonnikoog 11,6 cm. De kwelders op Ameland en Schiermonnikoog zijn vergelijkbaar qua leeftijd. Toch wordt op Ameland een dikkere kleilaag aangetroffen en dan met name in de buurt van de kreken (figuur 4.41). Maar ook verder weg van de kreken is er een dikkere kleilaag aanwezig. Dit kan een effect van bodemdaling zijn waarbij

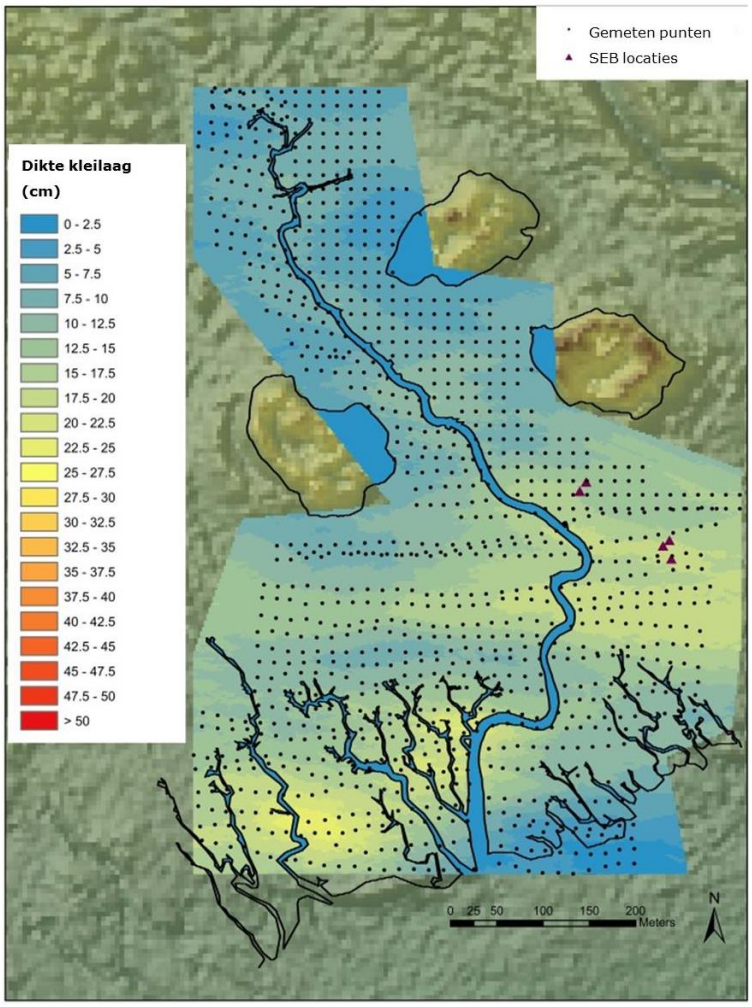
een hogere overvloedingsfrequentie resulteert in een hogere opslibbingssnelheid. Wat ook opvalt, is dat de oeverwallen niet evenredig verdeeld zijn langs de kreken, maar dat er vooral veel opslibbing plaatsvindt bij de uiteinden van kleinere aftakkingen op Ameland. Op Schiermonnikoog is deze trend minder aanwezig.

Dikte van de kleilaag gemeten en geinterpoleerd op de kwelder, De Hon, op Ameland.

Ameland



Schiermonnikoog



Figuur 4.41 Dikte van de kleilaag rondom een grote kreek. De meetpunten op De Hon (boven) en op Schiermonnikoog (onder) zijn met kriging geëxtrapoleerd tot een 3D-kaart. Individuelen meetpunten (zwarte punten) en SEB locaties (paarse driehoekjes) zijn weergegeven.

4.9.3 Effecten van versnelde zeespiegelstijging op de vegetatie

De effecten van een versnelde zeespiegelstijging op de kweldervegetatie is onderzocht met behulp van de VEGWAD vegetatiekaarten die beschikbaar zijn gesteld door Rijkswaterstaat. Op beide eilanden is op 143 willekeurige punten het vegetatietype bepaald op de vegetatiekaarten van 1988 en 2008 voor Ameland en 1984 en 2007 voor Schiermonnikoog. Met behulp van de TMAP-classificatie (Petersen *et al.,* 2014) is per punt bepaald of er successie, stabiel of regressie van de vegetatie heeft plaatsgevonden (tabel 4.11). TMAP is een versimpelde classificatie ten opzichte van SALT97, die al lange tijd als standaardclassificatie in het Ameland monitoringprogramma wordt gebruikt. TMAP is trilateraal vastgesteld en wordt door Nederland, Duitsland en Denemarken als basis voor de monitoring van de Waddenzee gebruikt. In de studie van Koppenaal *et al.*(*in prep.*[b]), is er voor gekozen om deze TMAP classificatie te gebruiken.

Tabel 4.11 Kwelderzonering volgens de TMAP-classificatie. Deze tabel geeft een overzicht voor de mogelijk aanwezige vegetatietypen en of de verandering in een ander vegetatietype als successie (lichtgrijs, 1), stabiel (wit, 0) of regressie (donkergrijs, -1) wordt beschouwd (Koppenaal et al., in prep.[b]).

			TMAP code																							
Zone	Vegetatie type	TMAP	D	Bg	Bp	Hy	Hg	Hz	Hf	Hj	Hh	Hl	Hx	H*	Lh	La	Ll	Lp	L*	Ps	Pq	P*	s	m	w
Duin	Duinen	D	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Brakke kwelder	Brakke kwelder vegetatie type	Bg	1	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Phragmites australis type	Bp	1	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Hoge kwelder	Elytrigia atherica type	Hy	1	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Agrostis stolonifera / Trifolium fragiferum type	Hg	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Artemisia maritima / Festuca rubra type	Hz	1	1	1	1	0	0	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Festuca rubra type	Hf	1	0	0	1	0	1	0	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Juncus gerardii / Glaux maritima type	Hj	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Atriplex portulacoides / Artemisia maritima type	Hh	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Limonium vulgare / Juncus gerardii type	Hl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Vloedmerk verstoring	Atriplex prostrata / Atriplex littoralis type	Hx	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Hoge kwelder (restgroep)	H*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Lage kwelder	Atriplex portulacoides / Puccinellia maritima type	Lh	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Aster tripolium / Puccinellia maritima type	La	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Limonium vulgare / Puccinellia maritima type	Ll	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Puccinellia maritima type	Lp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Lage kwelder (restgroep)	L*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Pioneerzone	Spartina anglica type	Ps	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1
	Salicornia spp. / Suaeda maritima type	Pq	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	-1	-1	-1	-1
	Pionier (restgroep)	P*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1
Kaal	Zand en strand	s	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1
	Wad	m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1
Open water	Open water	w	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

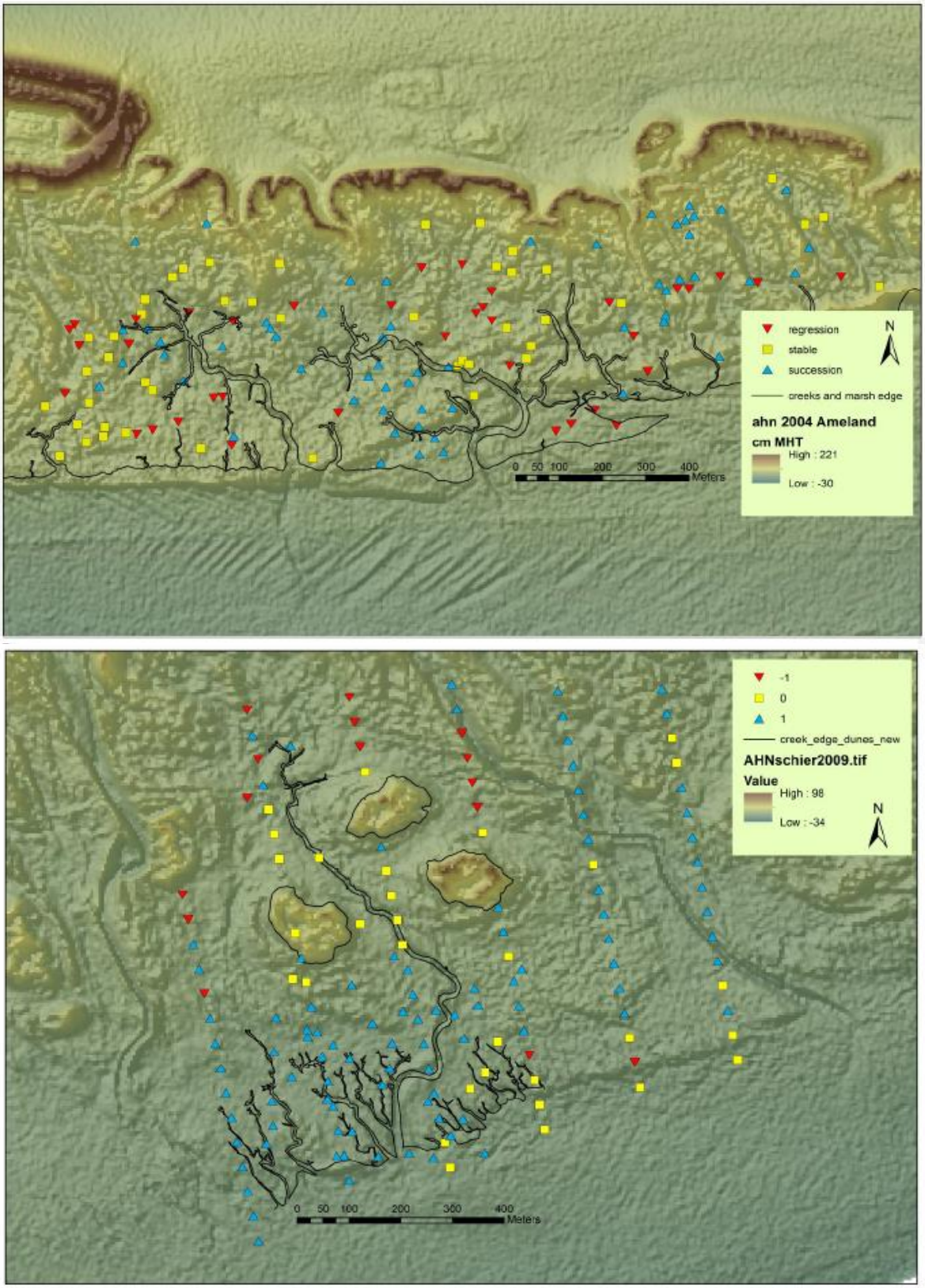
Tabel 4.12 Het percentage kweldervegetatie waar successie, stabiel en regressie heeft plaatsgevonden op Ameland (tussen 1988 en 2008) en Schiermonnikoog (tussen 1987 en 2007) (Koppenaal et al., in prep.[b]).

	Successie (%)	Regressie (%)	Stabiel (%)	Periode (jaar)
Ameland (n=143)	41,4	26,5	32,1	20
Schiermonnikoog (n=143)	67,1	10,5	22,4	23

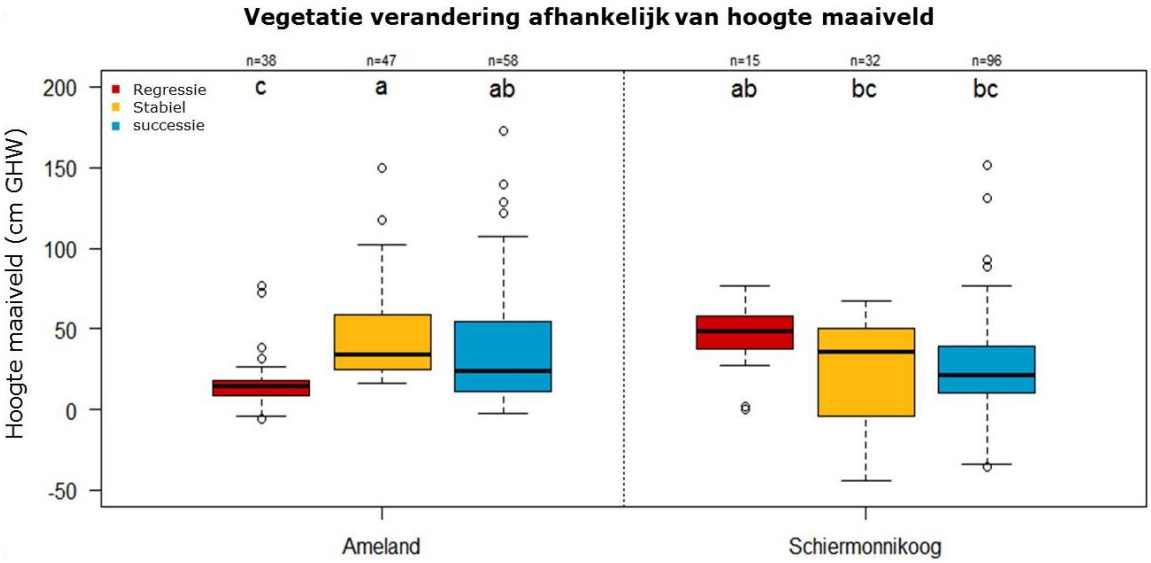
Op Ameland heeft er bij 41% van de meetpunten successie plaatsgevonden in tegenstelling tot Schiermonnikoog waar zelfs bij 67% van de meetpunten successie heeft plaatsgevonden (tabel 4.12). Op Ameland is dan ook een groot deel van de vegetatie stabiel gebleven (32%) of vertoond regressie (26%), terwijl 11% van de vegetatie regressie laat zien op Schiermonnikoog.

Ook de locatie waar de regressie plaatsvindt verschilt tussen beide gebieden. Op Ameland lijkt de regressie willekeurig verdeeld over de gehele kwelder (figuur 4.42A) en vindt vooral op de lagere delen plaats (figuur 4.43). De verschillen in vegetatieverandering zijn waarschijnlijk echter te verklaren met hoe de locaties van de oeverwallen en kommen verdeeld zijn over het centrale deel van de kwelder. Zoals al eerder genoemd is de opslibbing op de oeverwallen het grootst. Deze liggen naast de kreken en hier vindt waarschijnlijk ook de successie van de vegetatie plaats. In kommen die verder weg van de kreken liggen en waar geen of nauwelijks opslibbing plaatsvindt, zal de meeste regressie van de vegetatie plaatsvinden. Dit verklaart ook waarom de regressie op de laagste kwelderhoogte plaatsvindt, aangezien dit de kommen zijn waar de bodemdaling zorgt voor het laagste kweldermaaiveld (figuur

4.43). Op Schiermonnikoog vindt regressie vooral plaats ver van de kwelderrand op locaties met een relatief hoog maaiveld (figuur 4.42B en figuur 4.43) waar vrijwel geen opslibbing of overvloeding plaatsvindt. Hier zal een verschuiving tussen duinkopjes en hoge kweldervegetatie vooral de regressie verklaren (een erg variabel proces dat vooral bepaald wordt door andere omgevingsfactoren, zoals zand verstuivingen en neerslag).



Figuur 4.42 Verandering van de vegetatie op Ameland (1988-2008, boven) en B) Schiermonnikoog (1984-2007, onder). De vegetatie kan successie (blauwe driehoekjes), stabiel (gele vierkanten) of regressie (rode driehoekjes) laten zien (Koppenaal et al., in prep.[b]).



Figuur 4.43 Vegetatieverandering afhankelijk van maaiveldhoogte op Ameland (links) en Schiermonnikoog (rechts). De vegetatieverandering is onderverdeeld in regressie (rood), stabiel (geel) en successie (blauw). De boxplots bestaan uit de mediaan (middenlijn) met de interkwartielafstand (box), 1.5 x de interkwartielafstand (balken) en de uitschieters (cirkels) (Koppenaal et al., in prep.[b]).Statistisch significante verschillen in hoogteligging zijn aangegeven met verschillende kleine letters. Alle gegevens van Schiermonnikoog en Ameland zijn samen statistisch geanalyseerd.

De percentages aan successie, stabiel en regressie zijn in lijn met de resultaten die eerder in dit hoofdstuk werden behandeld (paragraaf 4.8.4). Ondanks een verschil in methode (puntmetingen versus vlakdekkend) en verschillende periodes (1988 – 2008 en 1993 - 2014) vinden we 41% versus 45% successie, 32% versus 35% stabiel, en 27% versus 20% regressie (resultaten gevonden in de studie van Koppenaal *et al*., (*in prep.*[b]) versus de resultaten van de vlakdekkende analyse paragraaf 4.8.3).

Verder is er in dit promotietraject gekeken naar individuele vegetatietypen en op welke maaiveldhoogte en bij welke kleilaagdiktes deze voorkomen. Hierbij zijn vegetatietypen kenmerkend voor pionierzone, lage kwelder en hoge kwelder meegenomen. Vegetatietypen met pioniersoorten, zoals Zeekraal en Schorrenkruid, bevinden zich op beide eilanden op dezelfde maaiveldhoogte en kleidikte. De genoemde soorten zijn eenjarige planten die zich ieder jaar opnieuw moeten vestigen. Vegetatietypen met meerjarige soorten typisch voor de hoge of lage kwelder (zoals Zeekweek, Zilte rus en Lamsoor) komen op Ameland echter op een significant lagere maaiveldhoogte voor dan op Schiermonnikoog. Tot slot zijn er ook nog vegetatietypen met Gewone zoutmelde en Roodzwenkgras, die zich op een vergelijkbare of zelfs hogere maaiveldhoogte bevinden. Bij deze twee laatstgenoemde typen is er sprake van een significant dikkere kleilaag op Ameland. Hier wordt een potentiele daling van het maaiveld gecompenseerd door een snellere opslibbing wat zorgt voor deze dikkere kleilaag en een stabiele of hogere maaiveldhoogte. Dit leidt tot de conclusie dat plantensoorten die eenmaal gevestigd zijn zich lijken te kunnen handhaven, zelfs als de omstandigheden door bijvoorbeeld een toenemende overvloedingsfrequentie (als gevolg van bv. bodemdaling) ongunstiger zijn geworden.

4.9.4 Conclusies vergelijking eilandkwelders

Wanneer Ameland met bodemdaling vergeleken wordt met Schiermonnikoog als referentiegebied zonder bodemdaling zijn er een aantal belangrijke verschillen:

- Op Ameland vindt op veel locaties niet voldoende opslibbing plaats om met GHW mee te komen, terwijl dit op Schiermonnikoog geen probleem is.
- Ameland heeft gemiddeld een dikkere kleilaag dan Schiermonnikoog.
- Er vindt minder successie van de vegetatie plaats op Ameland, meer vegetatie blijft stabiel en er vindt meer regressie plaats in vergelijking tot Schiermonnikoog.
- Op Ameland vindt met name regressie plaats op de lagere delen (in de kommen) en verspreid over de kwelder, terwijl op Schiermonnikoog de regressie met name op de hogere delen ver weg van de kwelderrand plaatsvindt.
- Verschillende vegetatietypen bevinden zich op een significant lager maaiveld op Ameland dan op Schiermonnikoog.

Gebaseerd op deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de locaties op de kwelder van Ameland verder weg van kwelderrand of kreek door een opslibbingstekort niet kunnen compenseren voor de bodemdaling. De lagere ligging van meerdere vegetatietypen op Ameland in vergelijking met Schiermonnikoog impliceert dat de vegetatie zich kan handhaven zelfs als de bodem daalt en de lokale omstandigheden minder gunstig worden. Verschillende effecten op de vegetatietypen kunnen mogelijk als volgt verklaard worden.

Eenjarige planten, zoals Zeekraal en Schorrenkruid, moeten zich elk jaar opnieuw als zaailing vestigen op de voor deze soorten geschikte locaties. Daardoor bevinden ze zich op vergelijkbare maaiveldhoogte op beide eilanden. Zolang er locaties beschikbaar zijn met de juiste omstandigheden zal deze vegetatie zich ieder jaar opnieuw kunnen vestigen. Meerjarige soorten lijken zich te kunnen handhaven als ze zich eenmaal gevestigd hebben op een locatie, ook al worden de omstandigheden minder gunstig bij een verlaging van het maaiveld, bv. door bodemdaling, en een daardoor toegenomen overvloedingsfrequentie. Zaailingen van deze soorten zouden zich op een vergelijkbare maaiveldhoogte waarschijnlijk echter niet kunnen vestigen of overleven. Omdat veel meerjarige soorten al ruimschoots aanwezig zijn en omdat ze zich doorgaans vegetatief verspreiden (zoals Zeekweek, Scheepens *et al*., 2007) zou dit het vrij hoge percentage kunnen verklaren van de vegetatie die stabiel is gebleven (32%) of successie (41%) heeft ondergaan, ondanks de verlaging van het maaiveld.

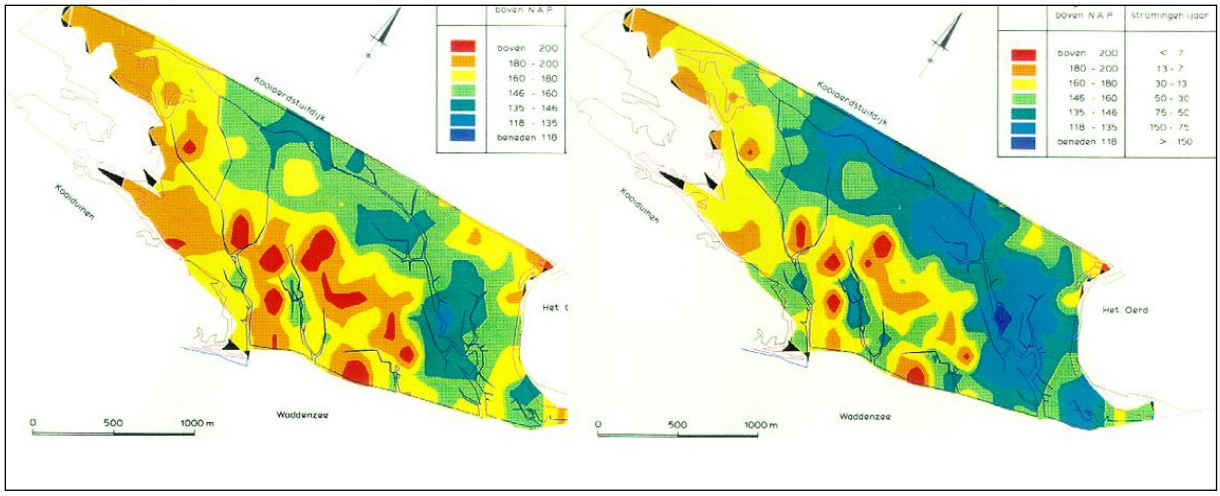
Op Schiermonnikoog bevinden de SEBs zich op de lage en midden kwelder (persoonlijke observaties Kelly Elschot) en is de gemeten maaiveldophoging tussen de 1.9 en 3.8 mm per jaar. De opslibbing neemt af met de kwelderleeftijd (Elschot *et al*., 2015) en op het oudste, 120-jarige, deel van de kwelder is er zelfs een daling van het maaiveld (door autocompactie van de kleilaag). Op Ameland (tabellen 4.9 en 4.10) worden hogere opslibbingssnelheden gevonden: op Neerlands Reid en De Hon respectievelijk 5.8 en 4.5 mm opslibbing per jaar (gemiddelde waarde genomen over de lage kwelder en midden kwelder). Een hogere opslibbingssnelheid kan een effect van bodemdaling zijn, omdat een daling van het maaiveld zorgt voor een hogere overvloedingsfrequentie en een hogere opslibbing, vooral nabij de sedimentbron. De gemiddelde dikte van de kleilaag is dan ook dikker op Ameland dan op het referentiegebied Schiermonnikoog.

4.10 Bodemdaling en opslibbing gerecontrueerd op Neerlands Reid

4.10.1 Inleiding

Om een beeld te krijgen van de vlakdekkende maaiveldontwikkeling en overvloedingsfrequentie tot 2040 op Neerlands Reid en De Hon wordt een sedimentatiemodel ontwikkeld. Dit sedimentatiemodel zal ook in een apart rapport van Sovon gebruikt worden om het overspoelingsrisico van nesten van broedende vogels op Ameland te bepalen, in scenario's met en zonder bodemdaling. De rapportage over dit sedimentatiemodel en de prognose is momenteel echter nog in voorbereiding (Brinkman et al., 2017 in prep.). Om in de voorliggende rapportage toch al een inschatting van de effecten van bodemdaling op de vlakdekkende kwelderontwikkeling te kunnen maken, is met behulp van de vanaf 1986 beschikbare gegevens, de maaiveldhoogteontwikkeling over de periode 1986-2016 van het Neerlands Reid gereconstrueerd.

Toen in 1986 de bodemdaling begon is er een voorspelling gemaakt van het effect van de bodemdaling op de hoogteligging van het Neerlands Reid (Dankers et al., 1987). Deze kaart is door middel van waterpassing verkregen. Op grond van de toen verwachte bodemdaling is een voorspelling gemaakt van de maaiveldhoogte van het Neerlands Reid na circa 20 jaar de bodemdaling. Met name de oostelijke zijde van het Neerlands Reid zou duidelijk lager komen te liggen. Bij deze voorspelling is geen rekening gehouden met eventuele compensatie door opslibbing.



Figuur 4.44 Links: Hoogtekaart van het Neerlands Reid in 1986 op basis van een waterpassing. Rechts: In 1986 voorspelde hoogteligging na 20 jaar bodemdaling.

De daling heeft een andere dalingsvorm doorgemaakt en bovendien was bij deze voorspelling geen rekening gehouden met opslibbing die mogelijk de bodemdaling (deels) zou kunnen compenseren. Daarom is met behulp van kleidikte- en hoogtemetingen die in 2016 zijn uitgevoerd geprobeerd de maaiveldhoogteontwikkeling in de periode 1986-2016 van het hele Neerlands Reid te reconstrueren. Bovendien is gekeken waar en in hoeverre veranderingen in de maaiveldhoogte mogelijk een verhoogd risico op kunnen leveren voor overvloedingen tijdens de broedperiode.

4.10.2 Zakking van de ondergrond

De zakking van de ondergrond is in opdracht van de NAM door waterpassing van diep verankerde punten bepaald. Met behulp van die gegevens is een kaart gemaakt waarop lijnen van gelijke zakking op het Neerlands Reid zijn gegeven. In het westen van het Neerlands Reid bedroeg de daling in 2014 ongeveer 5 cm, in het oostelijk deel ongeveer 21 cm (kaart uit rapport Elschot et al., 2017). Voor de berekeningen is de daling van 2016 gebruikt, variërend van 5,4 cm in het meest westelijke deel van het Neerlands Reid tot 21 à 22 cm voor het meest oostelijke deel.

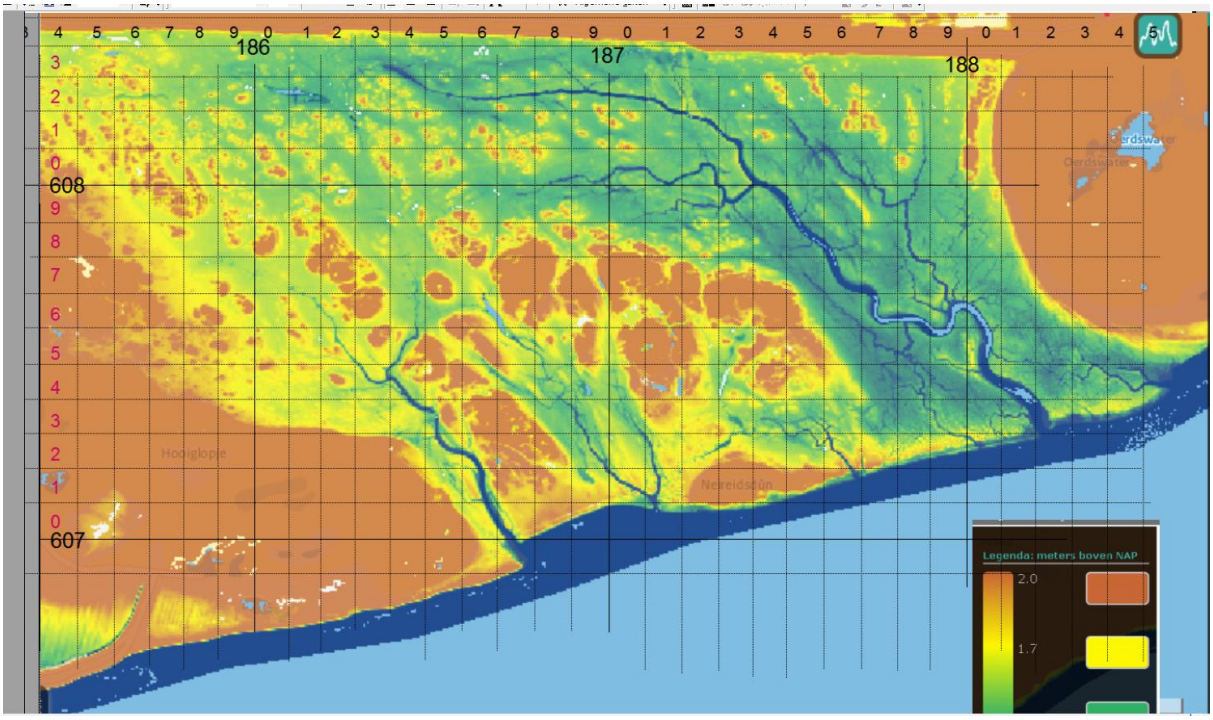
Figuur 4.45 Gemeten bodemdaling (in mm) door bodemdaling op Ameland-Oost over de periode 1986-2014 (op basis van GRIDS2014, NAM).

In 2016 zijn op het hele Neerlands Reid kleidiktes bepaald door met een betonijzer door de kleilaag heen te prikken. Bij het bereiken van de zandondergrond neemt de weerstand die nodig is om het betonijzer naar beneden te duwen aanmerkelijk toe. De diepte van het betonijzer bij het bereiken van deze extra weerstand komt overeen met de dikte van de kleilaag.

Onderstaande kaart uit Elschot et al, 2017 geeft een globaal overzicht van de gevonden kleidiktes. De kleilaag is het dikste bij de wadrand en tamelijk ver het gebied in langs de Oerdsloot, de grote kweldergeul in het oosten van het Neerlands Reid.

Figuur 4.46 Kleidiktes op het Neerlands Reid, in 2016 gemeten.

Tijdens het meten van de kleidiktes is door middel van RTK-DGPS de hoogte van het maaiveld bepaald. De coördinaten van de meetpunten zijn gegeven in het Rijksdriehoek¬coördinaten-stelsel. Over onderstaand kaartje van Neerlands Reid is een raster van blokken van één hectare gelegd. Het blok helemaal linksboven is blok 184,4 - 606,3.



Figuur 4.47 Hoogtekaart van het Neerlands Reid op basis van het AHN, metingen 2012. Alles beneden 120 cm +NAP is donkerblauw (geulen en wadrand), alles boven 200 cm is bruin (globaal overeenkomend met duinen en duinkopjes).

In totaal zijn op 671 plaatsen kleidiktes gemeten, verspreid over het hele kweldergebied van het Neerlands Reid. In de meeste hectareblokken met kweldervegetatie (ongeveer 228) werden daardoor 2 à 4 kleidiktemetingen verricht. Op de duintjes (bruin in figuur 4.47) is geen klei aanwezig; daar zijn dan ook geen kleidiktes gemeten.

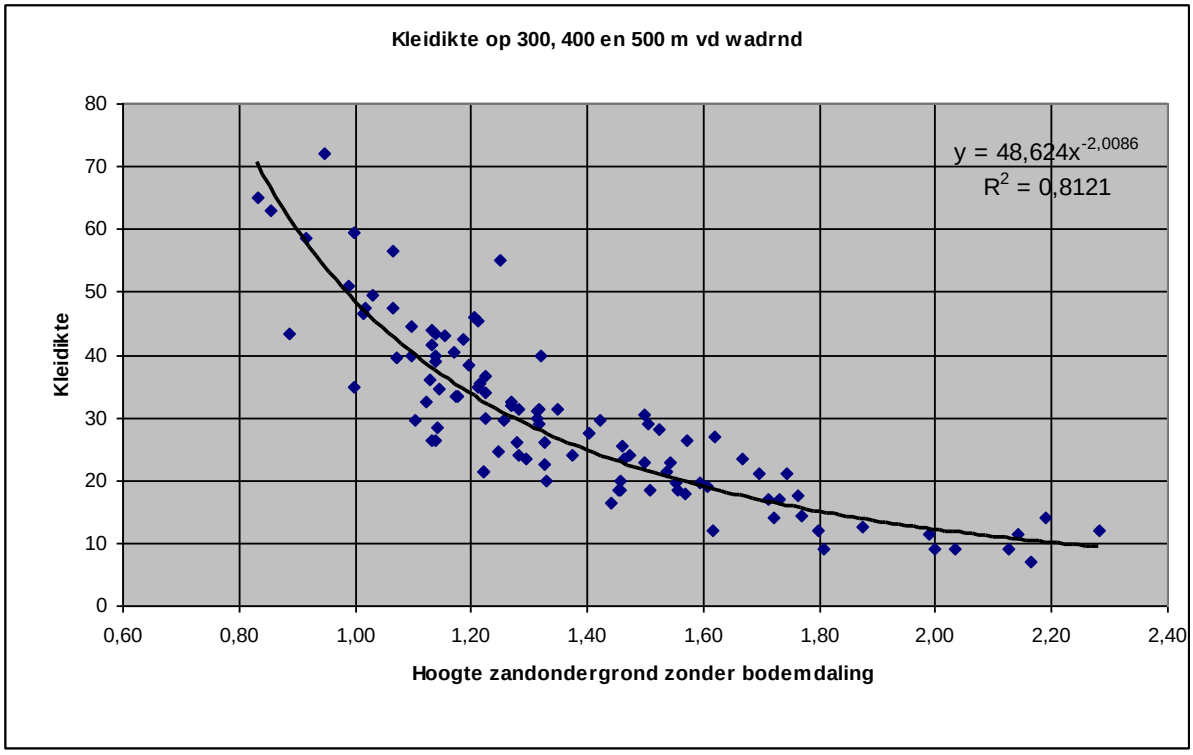
4.10.3 Opslibbingssnelheid

Een kwelder slibt op wanneer slibrijk waddenzeewater bij een hoog tij over de kwelder stroomt. De hoeveelheid slib die tussen de vegetatie achterblijft is afhankelijk van de hoogteligging en de afstand tot de sedimentbron (zoals kwelderrand of kreek). Ook maakt het uit of er beweiding plaats vindt, want bij beweiding wordt de bodem verdicht. De hoogtewinst die door een bepaalde hoeveelheid slib wordt veroorzaakt is vooral daardoor op een beweide kwelder geringer dan op een onbeweide kwelder.

De vegetatie is als constant kort beschouwd, aangezien het Neerlands Reid al snel nadat zich een vegetatiedek had gevormd in beweiding is genomen door de boeren van Oost-Ameland. Het is niet bekend wanneer het eerste vee op het Neerlands Reid verscheen, maar wel is bekend dat er in 1920 beweidingscertificaten uitgegeven, waarschijnlijk om conflicten tussen de boeren van Oost-Ameland te voorkomen. Met verschillen in vegetatiehoogte is verder geen rekening gehouden.

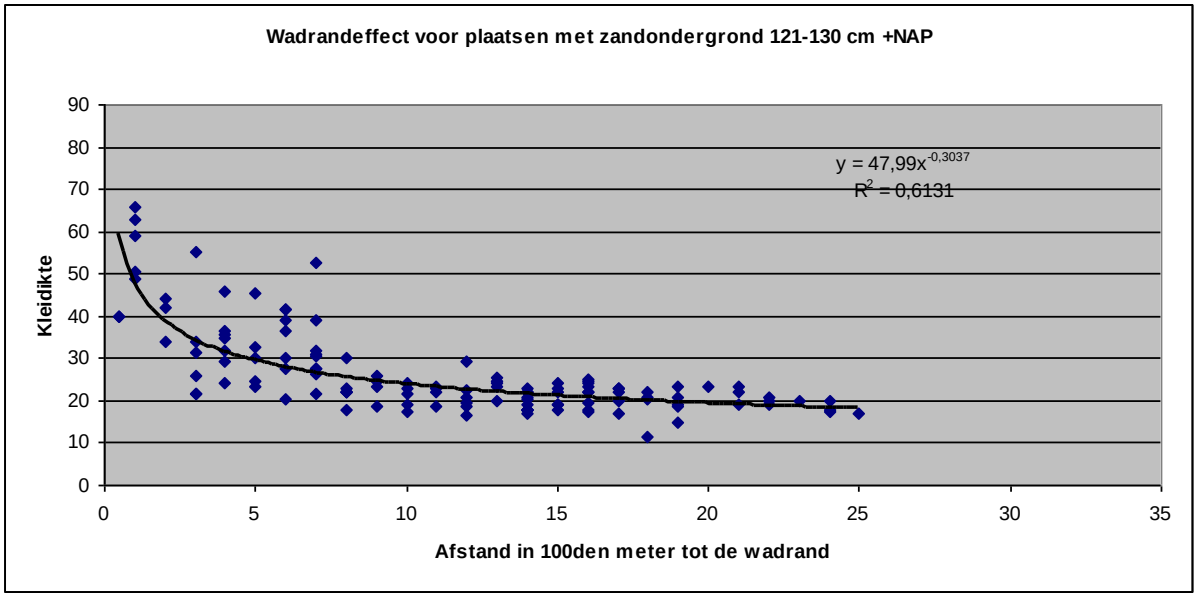
De hoogteligging bepaalt hoe vaak er water boven een bepaalde plek komt te staan, en hoe veel. Lage plekken ontvangen daardoor meer slib dan hoge plekken. Tegelijkertijd is er ook een invloed van de afstand tot de kwelderrand of kreek. Wanneer er water over de kwelder stroomt, bevat het zowel zwaardere als lichtere deeltjes. De zwaardere deeltjes (vooral fijn zand) bezinken sneller, en dus dichter bij de kwelderrand. Alleen het lichtere slib, dat lang in het water kan blijven zweven, bereikt de verst weg gelegen kwelderdelen. Voor gedetailleerde berekeningen betreffende kleine oppervlaktes moet ook rekening worden gehouden met de lokale topografie, met name de aanwezigheid van kreken. Echter, zoals in figuur 4.47 is te zien zijn echt markante verlagingen of opduikingen die langs kreken zijn ontstaan (met name oeverwallen langs de Oerdsloot) slechts op enkele plekken te zien. Met deze variaties is hier geen rekening gehouden.

Het effect van alleen de hoogteligging (en niet de afstand tot de wadrand) op de opslibbing moet dus bepaald worden in delen van het Neerlands Reid die ongeveer even ver van de wadrand af liggen, rekening houdend met de weg die het water vanaf de wadrand af moet leggen om op een bepaalde plaats te komen. Om het effect van de afstand tot de kwelderrand te elimineren zijn de kleidiktes op het Neerlands Reid berekend in afstandklassen van 100 meters vanaf de kwelderrand. In figuur 4.48 zijn de resultaten gecombineerd voor hectareblokken op 300-500 meter van de kwelderrand. Ze zijn uitgezet tegen de hoogte van de zandondergrond zoals die tussen 1890 en 1986 aanwezig moet zijn geweest (DGPS-hoogtebepaling van 2017 minus de gemeten kleidikte minus de bodemdaling). De kleidikte in 2016 blijkt sterk gecorreleerd met de hoogte van de ondergrond in 1890. Kleidiktes tot 70 cm komen voor bij een ondergrond van 80 cm +NAP. Bij een ondergrond van 140 cm +NAP is de gemiddelde kleidikte ongeveer 25 cm en bij een ondergrond van 200 cm +NAP is het nog maar ongeveer 10 cm.



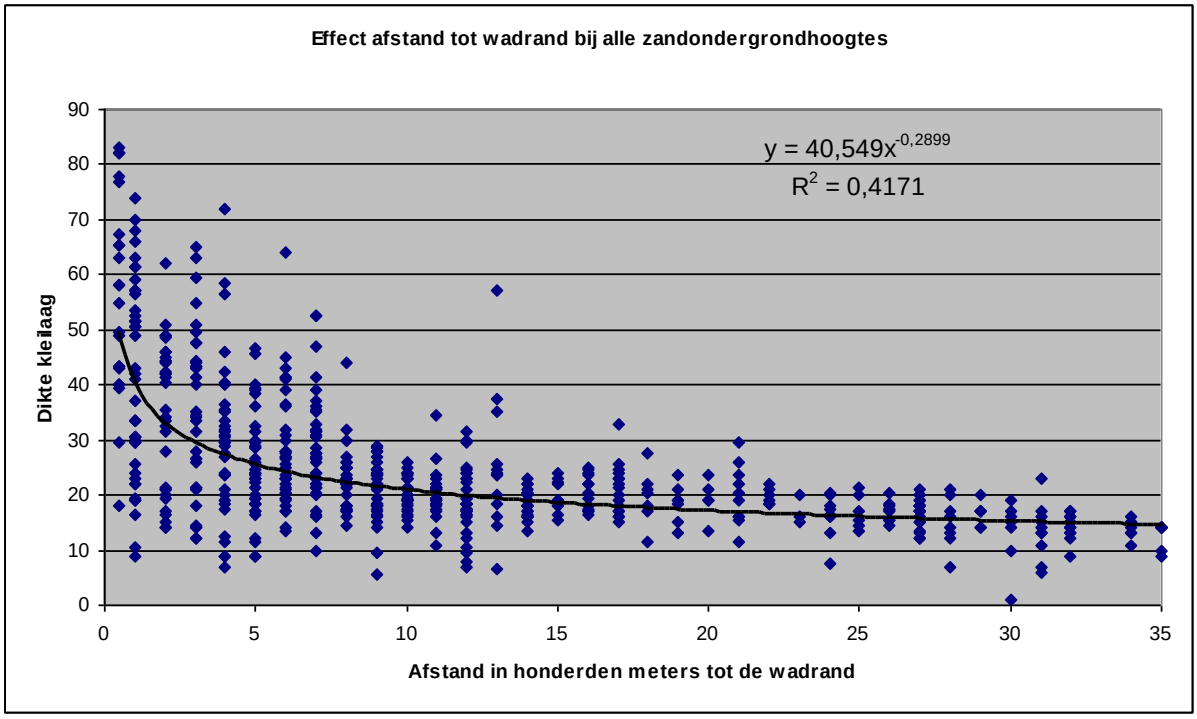
Figuur 4.48 Kleidiktes op het Neerlands Reid op 300-500 meter van de wadrand. De dikte van de kleilaag is gecorreleerd met de hoogte van de zandondergrond waarop de kwelder na 1890 ontstond.

Tegelijkertijd is er ook een sterk effect van de afstand die het water moet afleggen vanaf de wadrand om op een bepaalde plaats te komen. Dat is te zien wanneer alleen kleidiktes worden beschouwd van plekken die allemaal op een ongeveer even hoge zandondergrond zijn ontstaan, maar op verschillende afstanden van de bron van het water (figuur 4.49).



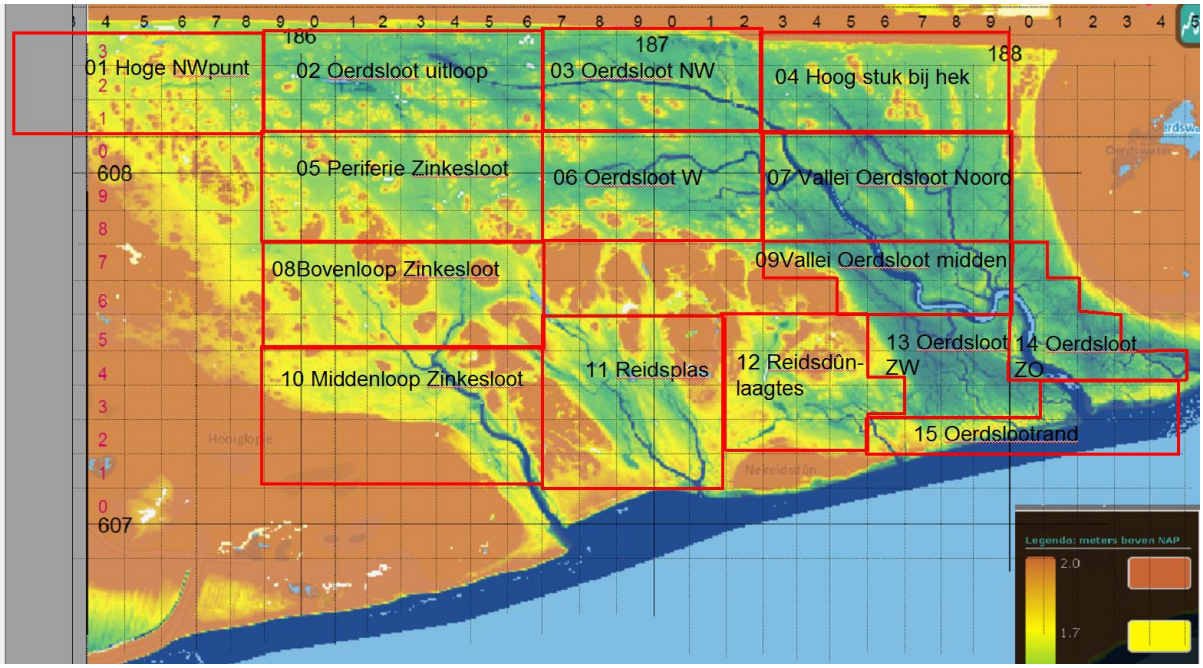
Figuur 4.49 Het effect van de afstand tot de wadrand op de dikte van de kleilaag van het Neerlands Reid, alleen weergegeven voor plekken met een zandondergrond van 121 à 130 cm +NAP.

Een vergelijkbaar effect wordt ook gevonden wordt overigens ook gevonden wanneer alle kleimetingen over het hele Neerlands Reid worden gebruikt; de exponent van het berekende verband verschilt nauwelijks van die in figuur 4.49 (figuur 4.10).



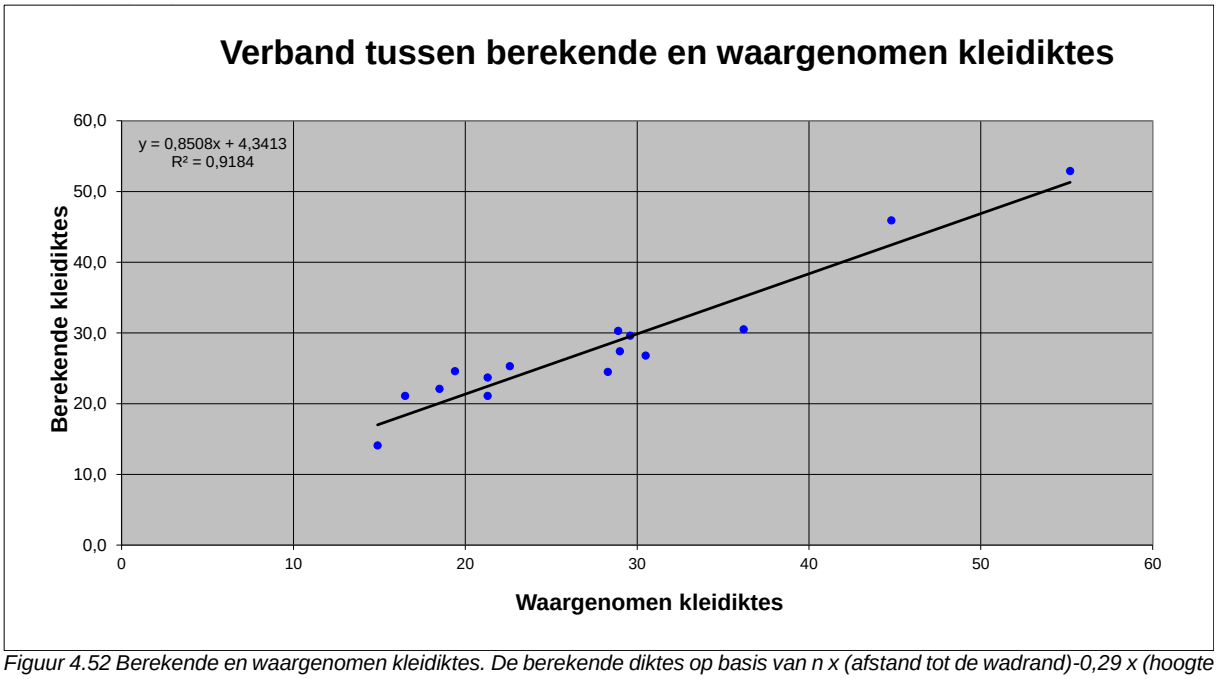
Figuur 4.50 Het effect van de afstand tot de wadrand op de dikte van de kleilaag van het Neerlands Reid, bij alle zandondergrondhoogtes.

In principe kan het gecombineerde effect van de hoogte van de zandondergrond en het effect van de afstand tot de wadrand gebruikt worden om op elk punt van het Neerlands Reid de jaarlijkse opslibbing uit te rekenen. Dit is gedaan voor 15 deelgebieden van het Neerlands Reid. De deelgebieden zijn gegeven in figuur 4.51. Alleen plekken binnen elk gebied die een kleilaag hadden zijn in de beschouwingen opgenomen. In figuur 4.51 zijn dat de plaatsen met een blauwgroene, groene en gele kleur en randen van het bruine gebied.



Figuur 4.51 Deelgebieden van het Neerlands Reid waarvoor opslibbingsberekeningen zijn gemaakt.

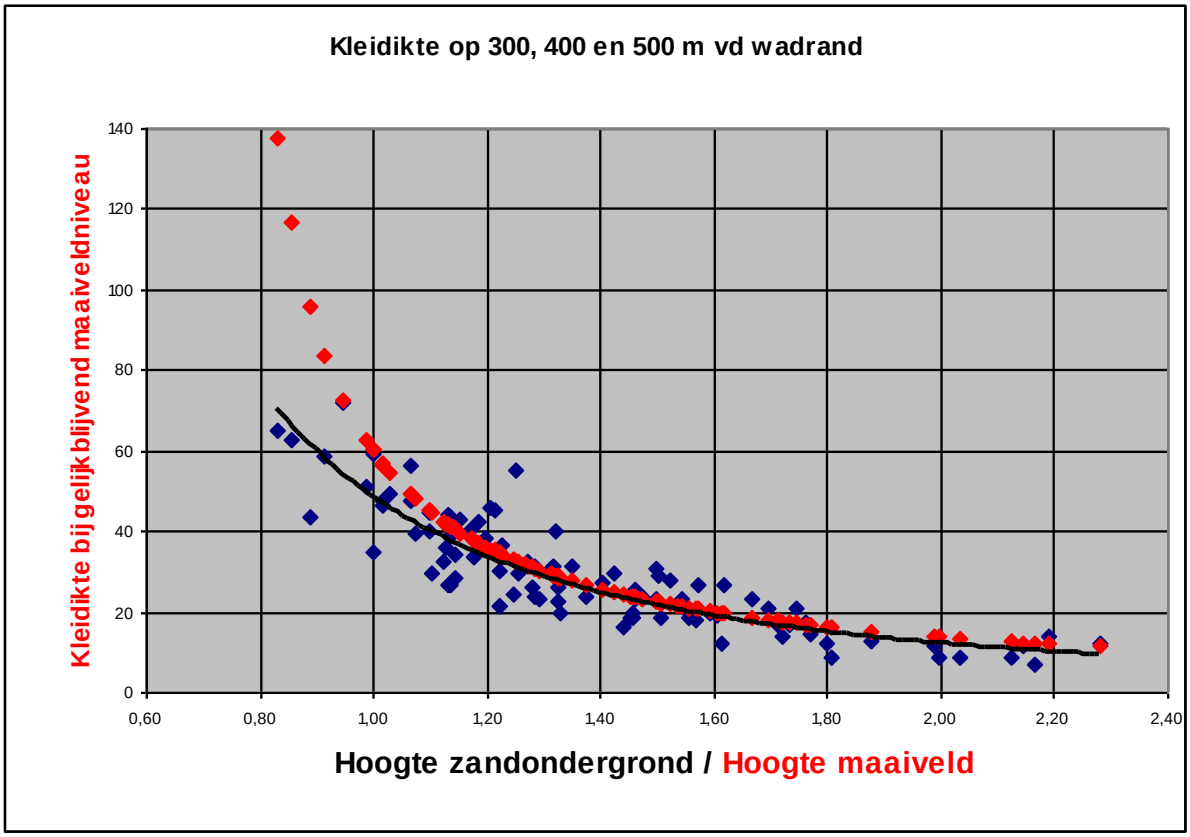
De uitkomsten zijn gekalibreerd voor de gemiddelde opslibbing per deelgebied. Dat leverde voor deze15 deelgebieden het volgende verband op (figuur 4.51).



Figuur 4.52 Berekende en waargenomen kleidiktes. De berekende diktes op basis van n x (afstand tot de wadrand)-0,29 x (hoogte van de zandondergrond)-2.

Hoewel de correlatie tussen de punten vrij goed is (r=0,9184), is toch te zien dat de gebieden met weinig opslibbing volgens de berekening een wat te dikke kleilaag hebben gekregen, en de gebieden met veel opslibbing wat te weinig. Dat is te verklaren doordat vooral in laag liggende gebieden door sterke opslibbing een verhoging van het maaiveld optreedt. Daardoor neemt de snelheid van opslibbing in de loop der jaren geleidelijk af, en daardoor kan het verband tussen de hoogte van de oorspronkelijke ligging van de zandondergrond en de dikte van de kleilaag niet zonder meer voor deze berekeningen worden gebruikt.

Dit effect van hoogtecompensatie door opslibbing is proefondervindelijk gecorrigeerd door een iets ander verband te kiezen tussen ondergrond en opslibbing. In dat nieuwe verband is de opslibbing vooral in laag gelegen gebieden versneld. In de berekeningen van jaar-op jaar neemt die snelle opslibbing automatisch af naarmate het maaiveld minder hoog is komen te liggen ten opzichte van de stand van de zeespiegel (figuur 4.53). Daardoor komt de uiteindelijk gevormde kleilaag ongeveer op de juiste dikte uit. Deze aanpassing versterkt ook de invloed die bodemdaling heeft op de snelheid van opslibbing, maar die versterking is slechts gering omdat zelfs de laagste delen van het Neerlands Reid tegenwoordig boven 110 cm +NAP liggen.

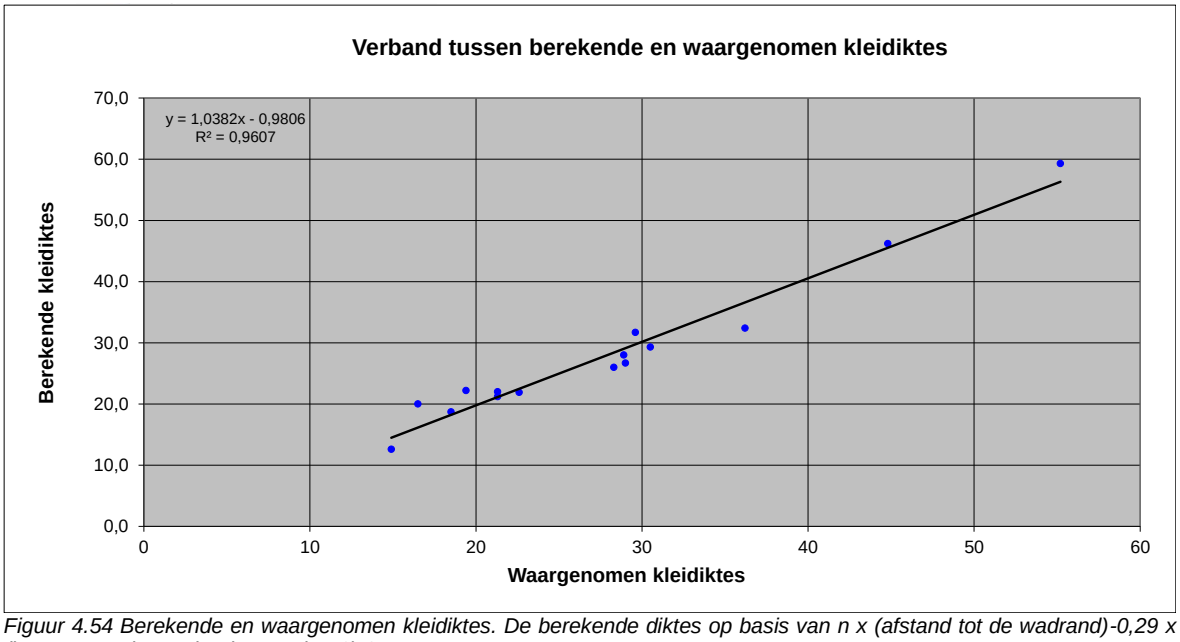


Figuur 4.53 Blauw: Als in figuur 5. Rood: De gebruikte relatie tussen jaarlijkse opslibbing en het in hetzelfde jaar aanwezige maaiveld.

Het best presterende verband tussen jaarlijkse opslibbing, de afstand tot de wadrand en het jaarlijks veranderende (opslibbende en/of door bodemdaling dalende) maaiveld in relatie tot de zeespiegelstijging is gegeven in figuur 4.54 (rode punten). De gebruikte jaarlijkse opslibbing is

26 x a-0,29 x (h-70), waarin
a= de afstand tot de wadrand, in honderden meters
h = de hoogte van het maaiveld bij ten opzichte van de zeespiegelstand, in cm.

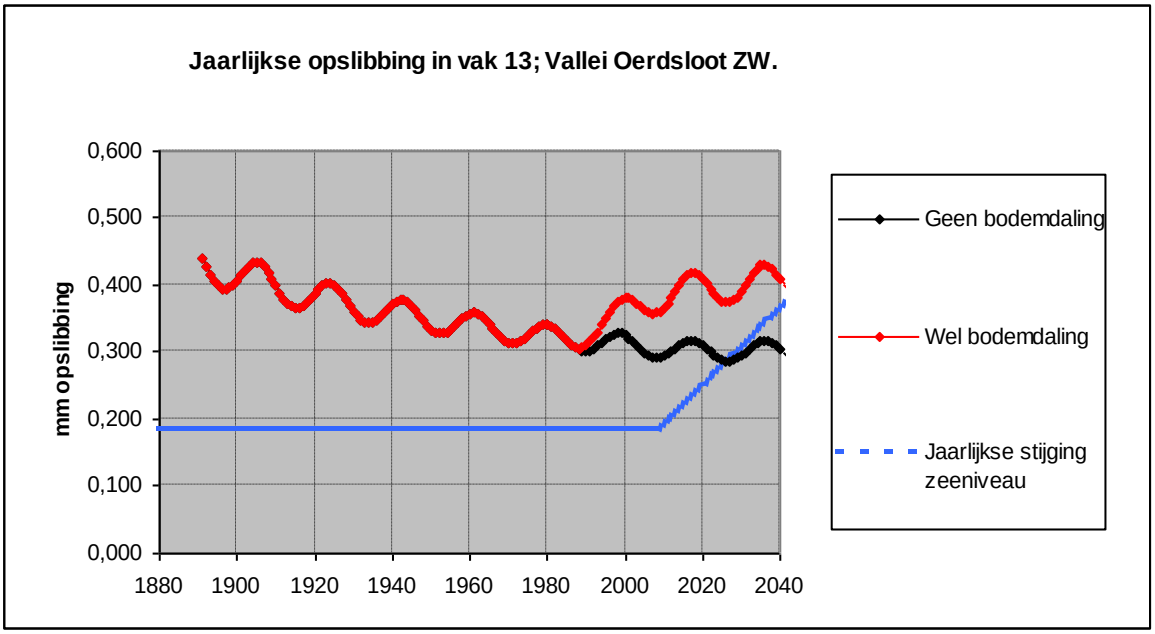
Bij gebruik van deze formule wordt voor het eerste jaar de hoogte van de zandondergrond ingegeven; op basis van de geleidelijk stijgende zeespiegel en de jaarlijks berekende opslibbing wordt voor elk opvolgende jaar een nieuw maaiveld berekend.



Figuur 4.54 Berekende en waargenomen kleidiktes. De berekende diktes op basis van n x (afstand tot de wadrand)-0,29 x (hoogte van de zandondergrond - 70)-2.

4.10.4 Effect van bodemdaling op de snelheid van opslibbing

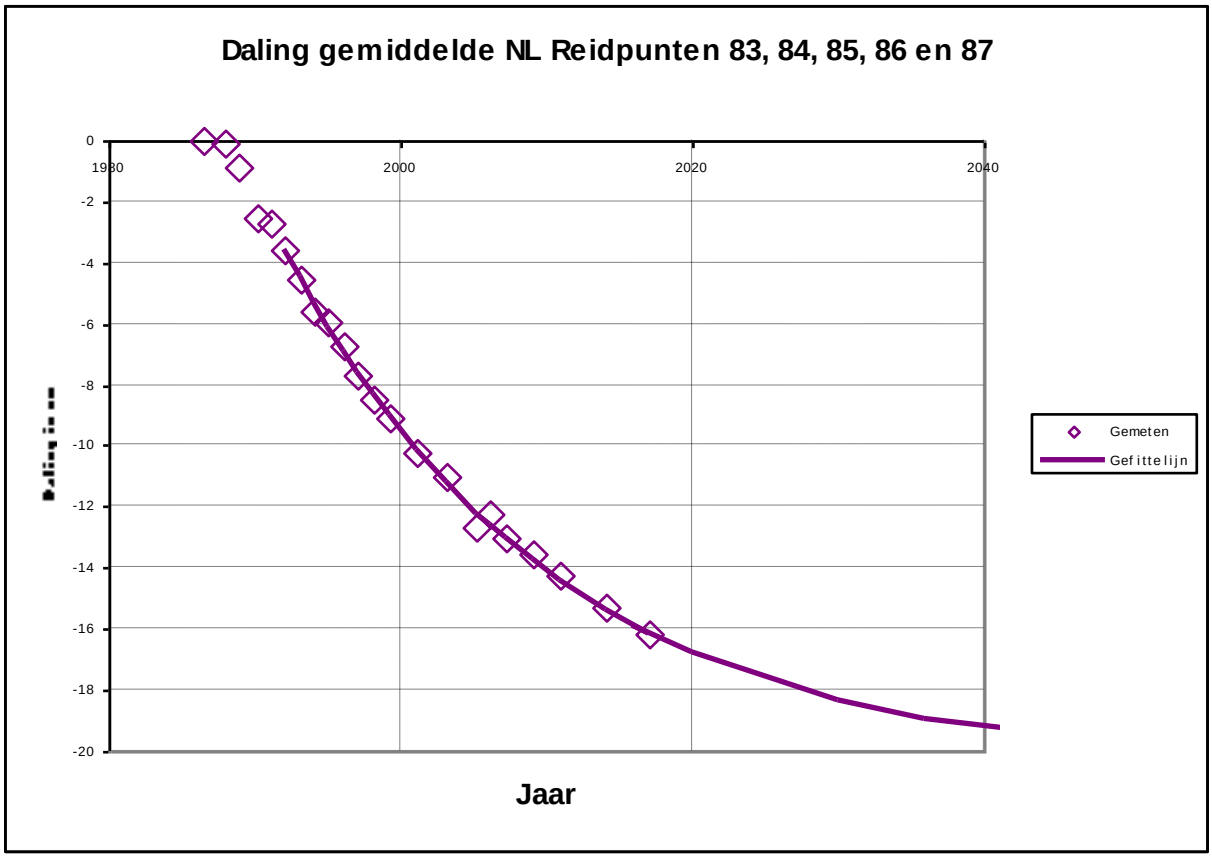
Globaal genomen betekent 10 cm maaiveldverlaging beneden 140 cm +NAP een versnelling van de opslibbing met 50%. In figuur 4.55 is als voorbeeld de berekende jaarlijkse sedimentatie bij de Oerdsloot gegeven. De jaarlijkse opslibbing was kort na het ontstaan van de kwelder (rond 1890) meer dan 4 mm per jaar, maar nam geleidelijk af doordat de kwelder sneller opslibde dan de jaarlijkse zeespiegelstijging (blauwe lijn). Zodra de bodemdaling begon nam de jaarlijkse opslibbing weer toe (rode lijn). Wanneer er geen bodemdaling zou zijn geweest zou de jaarlijkse opslibbing nog wat verder zijn afgenomen genomen (zwarte lijn). De golven in de lijnen worden veroorzaakt door de18,6 jarige maancyclus. De daardoor veroorzaakte verschillen zijn in de praktijk waarschijnlijk onmeetbaar omdat de effecten van verhoogde waterstanden door luchtdruk en windrichting een veel groter effect kunnen hebben op de opslibbing.



Figuur 4.55 Jaarlijkse opslibbing in één van de deelgebieden van het Neerlands Reid. De opslibbing (rode lijn) begint in 1890, en neemt af doordat in dit deelgebied de jaarlijkse opslibbing groter is dan de jaarlijkse zeespiegelstijging (blauwe lijn). Vanaf 1986 neemt de jaarlijkse opslibbing weer toe doordat het maaiveld daalt door bodemdaling en het gebied dus vaker onder water komt te staan. Zonder bodemdaling zou de jaarlijkse opslibbing verder afgenomen zijn (zwarte lijn), ongeveer tot in het jaar 2030. Daarna zorgt een meer frequente overstroming als gevolg van de versneld stijgende zeespiegel voor toename van de jaarlijkse opslibbing.

4.10.5 Bodemdaling en zeespiegelstijging

Voor het verloop van de bodemdaling vanaf 2017 is gebruik gemaakt van de waterpassingsgegevens die sinds 1986 door de NAM zijn verzameld. Uit die gegevens is het verband afgeleid tussen de daling per meetpunt en de jaarlijkse afname van de dalingssnelheid snelheid voor dat punt. Vanaf ongeveer 1995 bijkt de bodemdalingssnelheid zowel voor het centrum van de bodemdalingsschotel als voor andere plaatsen jaarlijks met een constante factor (4,6 à 5% per jaar) af te nemen (zie Piening, 2017, in het hoofdstuk over bodemdaling). Uitgaande van die jaarlijkse afname zou de daling van het Neerlands Reid (gemiddeld nu ca 16 cm) nog toenemen tot ca 19 cm in 2040.



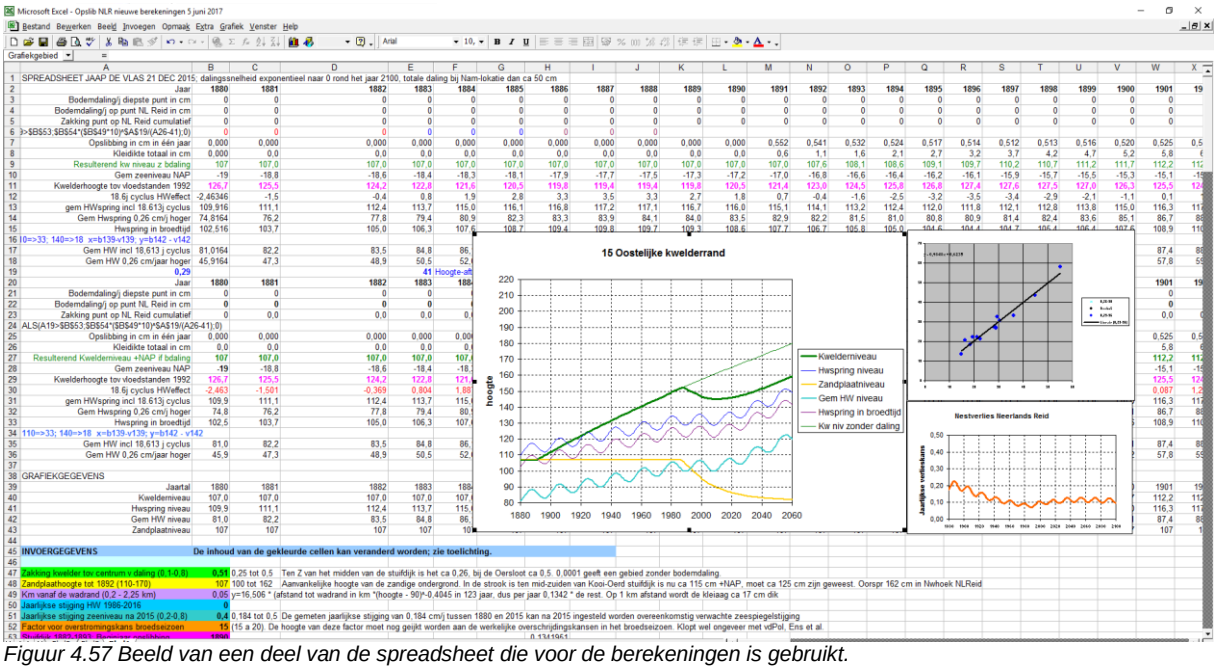
Figuur 4.56 Gemeten en geëxtrapoleerde gemiddelde bodemdaling van de vijf waterpassingspunten langs de noord- en zuidrand van het Neerlands Reid.

Voor wat betreft de zeespiegelstijging is voor de periode 1890-2016 uitgegaan van een jaarlijkse zeespiegelstijging van 0,184 cm per jaar. Voor extrapolatie naar de toekomst is uitgegaan van een geleidelijk toenemende jaarlijkse stijging, waardoor het zeewaterniveau in de loop van de 21e eeuw vanaf 2016 nog ongeveer 40 cm zou stijgen. Dat komt overeen met het in 2016 door TNO gegeven scenario dat ook in de andere hoofdstukken in dit rapport is gebruikt.

4.10.6 Maaiveldberekeningen

Voor het maken van maaiveldberekeningen is een Excel-spreadsheet gebruikt die met behulp van bovenstaande verbanden vanaf het ontstaan van de kwelder van jaar-op-jaar per deelgebied doorrekent hoe veel slib er bij gekomen is en hoe veel de bodem per jaar vanaf 1986 is gezakt.
Rond 1890, toen de kweldervorming begon, lag de zandige onderlaag van het Neerlands Reid op de hoogte die tot 1986 constant bleef. De waterstanden lagen in 1890 ongeveer 20 à 25 cm lager dan nu. Gegeven het feit dat de gemiddelde kleidikte in de grote delen van het Neerlands Reid ongeveer 20 à 25 cm bedraagt, heeft het Neerlands Reid kennelijk op veel plaatsen de zeespiegelstijging bijgehouden.

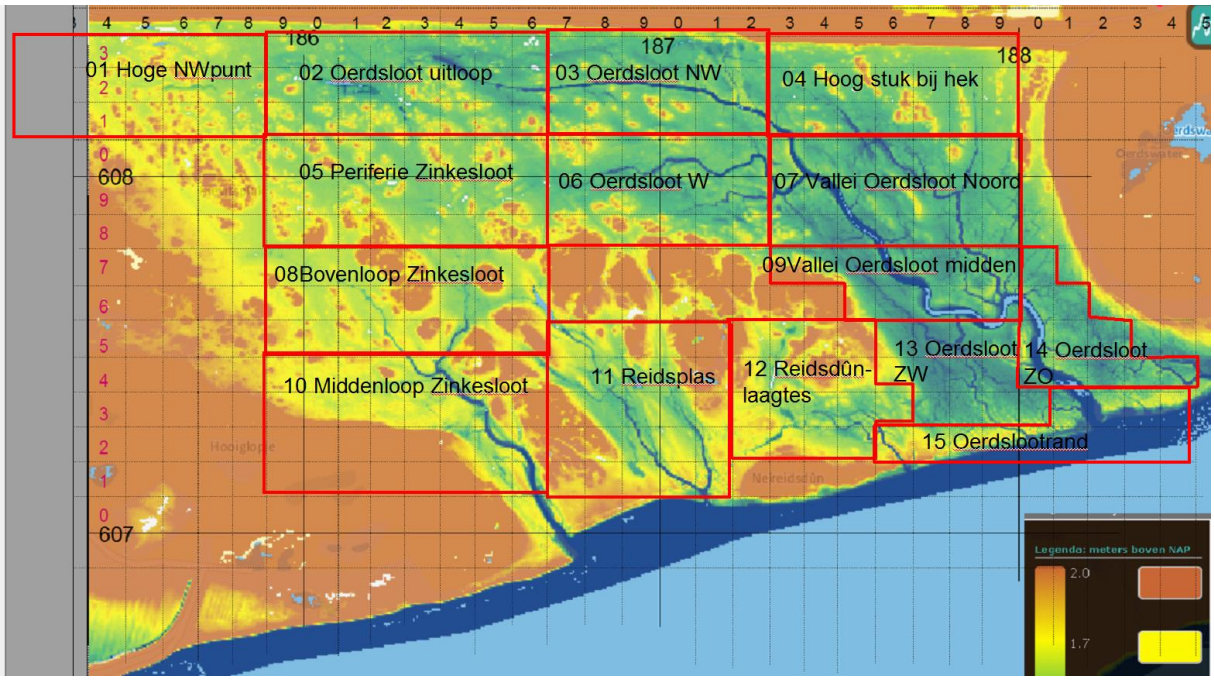
Aangenomen is dat het getijregime rond Ameland sinds 1890 gelijk is gebleven. Er is rekening gehouden met de 18,6-jarige maancyclus. Dat resulteert in de golvende getijhoogte-lijnen die in de hoogte-ontwikkelingsfiguren te zien zijn (figuur 4.57 en figuur 4.61).



Figuur 4.57 Beeld van een deel van de spreadsheet die voor de berekeningen is gebruikt.

4.10.7 Deelgebieden

Berekeningen zijn per deelgebied gemaakt, steeds op basis van hun gemiddelde maaiveldhoogteligging zoals die van jaar op jaar door de spreadsheet werd berekend, en de afstand die het water vanaf de wadrand moet afleggen tot een deelgebied. De deelgebieden zijn weergegeven in figuur 4.58. Op grond van de topografie van het gebied is aangenomen dat de vakken 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 13, 14, en 15 water ontvangen dat via de zuidoostelijke rand van het Neerlands Reid over de kwelder stroomt. De vakken 5, 8 en 10 ontvangen water vanaf de zuidwestelijke rand van het Neerlands Reid, en de vakken 11 en 12 van de direct ten zuiden daarvan liggende wadrand.



Figuur 4.58 Deelgebieden binnen het Neerlands Reid waarvoor opslibbingsberekeningen zijn gamaakt.

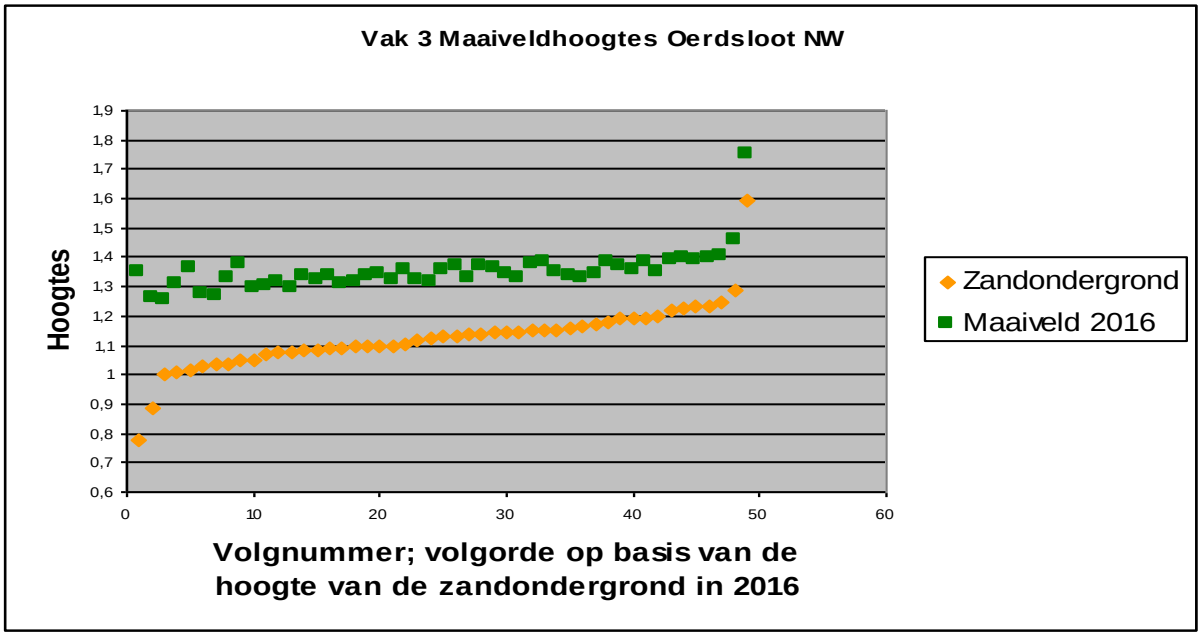
In tabel 4.13 zijn de belangrijkste uitkomsten voor deze gebieden te zien.

Tabel 4.13 Overzicht van uitkomsten van de berekeningen. De rose getallen in regel 117 geven aan hoe veel hoger een deelgebied had kunnen liggen wanneer er geen bodemdaling zou zijn geweest.

	1 Hoge NWpunt	2 Lage achterk W	3 Lage achterk O	Hoog stuk hek NO	Periferie Zinkesloot	6 Achter duintjes	7 Vallei erdsloot N	8 Bovenlo Zinkesloot	9 Vallei dsloot mid	10 Midder Zinkesloot	11 Reidsp kw rand	12 Laagte Reidsdûn	13 Vallei dsloot ZW	14 Vallei dsloot ZO	15 Zuidoostelijke kw rand	*emiddeld*
Gemiddelde gemeten kleidik	14,9	18,5	22,6	21,3	16,5	19,4	28,9	21,3	29	28,3	36,2	30,5	44,8	29,6	55,2	
Zakking tov diepste	0,14	0,24	0,41	0,59	0,22	0,35	0,51	0,2	0,49	0,18	0,27	0,36	0,46	0,54	0,51	*0,36*
zandondergr 1986	162	132	127	139	145	132	123	150	134	147	135	146	104	139	107	*135*
Km van wadrand	2,7	2,1	1,5	0,9	0,9	1,1	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05	*0,81*
90% overstroomd extra cm	22,8	13,5	6,7	7,4	6,4	19,2	13,5	6,6	28,0	12,0	28,0	19,5	12,5	23,9	9,4	*15,29*
95% maaiveld	192	155	140	146	163	160	145	170	170	178	185	181	145	174	156	
maaiveld 1986	171	146	143	155	160	149	144	166	154	167	160	168	139	163	153	*156*
kleidikte 1986	11,4	14,1	17,2	16,2	12,6	14,8	22,8	16,2	22,1	21,8	27,8	23,2	34,1	22,6	42,1	
Kleidikte 1986 in berekeni	**9,4**	**13,9**	**16,2**	**16,0**	**15,0**	**16,5**	**20,6**	**15,9**	**19,8**	**19,7**	**24,7**	**22,1**	**35,4**	**23,7**	**46,2**	*21,0*
Gemeten kleidikte 2016	**14,9**	**18,5**	**22,6**	**21,3**	**16,5**	**19,4**	**28,9**	**21,3**	**29**	**28,3**	**36,2**	**30,5**	**44,8**	**29,6**	**55,2**	*27,8*
Berekende kleidikte	**12,6**	**18,7**	**21,9**	**22,0**	**20,0**	**22,2**	**28,0**	**21,2**	**26,7**	**26,0**	**32,4**	**29,3**	**46,2**	**31,7**	**59,3**	*27,9*
Gemeten Maaiveld 2016	**172**	**142**	**135**	**138**	**153**	**139**	**133**	**163**	**145**	**168**	**161**	**162**	**132**	**148**	**143**	*148,9*
Berekend maaiveld 2016	**169,2**	**141,5**	**133,3**	**138,6**	**156,6**	**140,8**	**131,5**	**163,4**	**142,0**	**166,0**	**157,0**	**161,5**	**132,5**	**150,1**	**146,6**	*148,7*
Berekend maaiveld 1986	**171,3**	**145,8**	**143,0**	**154,9**	**159,9**	**148,3**	**143,4**	**165,8**	**153,6**	**166,5**	**159,4**	**167,9**	**139,1**	**162,5**	**152,8**	*155,6*
Berekend z bd 2016	**174,4**	**150,2**	**148,0**	**159,9**	**164,6**	**153,4**	**149,6**	**170,7**	**159,5**	**172,5**	**166,7**	**174,5**	**148,4**	**169,5**	**164,2**	*161,7*
Daling volgens NAM waterpa	**5,0**	**9,0**	**15,4**	**22,2**	**8,3**	**13,2**	**19,2**	**7,5**	**18,4**	**6,8**	**10,2**	**13,5**	**17,3**	**20,3**	**19,2**	*13,7*
Opslibbing sinds 1986 berek	3,2	4,8	5,8	6,0	5,0	5,2	7,3	5,2	6,9	6,3	7,7	7,2	10,8	8,0	13,1	*6,8*
Berekende verandering maa	-1,8	-4,2	-9,6	-16,2	-3,3	-8,0	-11,9	-2,3	-11,5	-0,5	-2,5	-6,3	-6,5	-12,3	-6,1	*-6,9*
Had kunnen stijgen	**3,1**	**4,4**	**5,0**	**5,0**	**4,7**	**5,1**	**6,2**	**4,9**	**5,9**	**6,0**	**7,3**	**6,6**	**9,3**	**7,0**	**11,4**	*6,1*
Verlies dus	**4,9**	**8,6**	**14,6**	**21,2**	**8,0**	**13,1**	**18,1**	**7,2**	**17,4**	**6,5**	**9,8**	**12,9**	**15,8**	**19,3**	**17,5**	*13,0*
Overstroming 2017	**0,00**	**0,20**	**0,73**	**0,75**	**0,21**	**0,43**	**0,93**	**0,09**	**0,45**	**0,06**	**0,17**	**0,13**	**1,00**	**0,36**	**0,72**	*0,42*
Overstr zonder bodemdali	**0,00**	**0,03**	**0,28**	**0,09**	**0,01**	**0,11**	**0,37**	**0,00**	**0,08**	**0,00**	**0,04**	**0,00**	**0,57**	**0,02**	**0,18**	*0,12*

4.10.8 Voorbeelduitkomst.

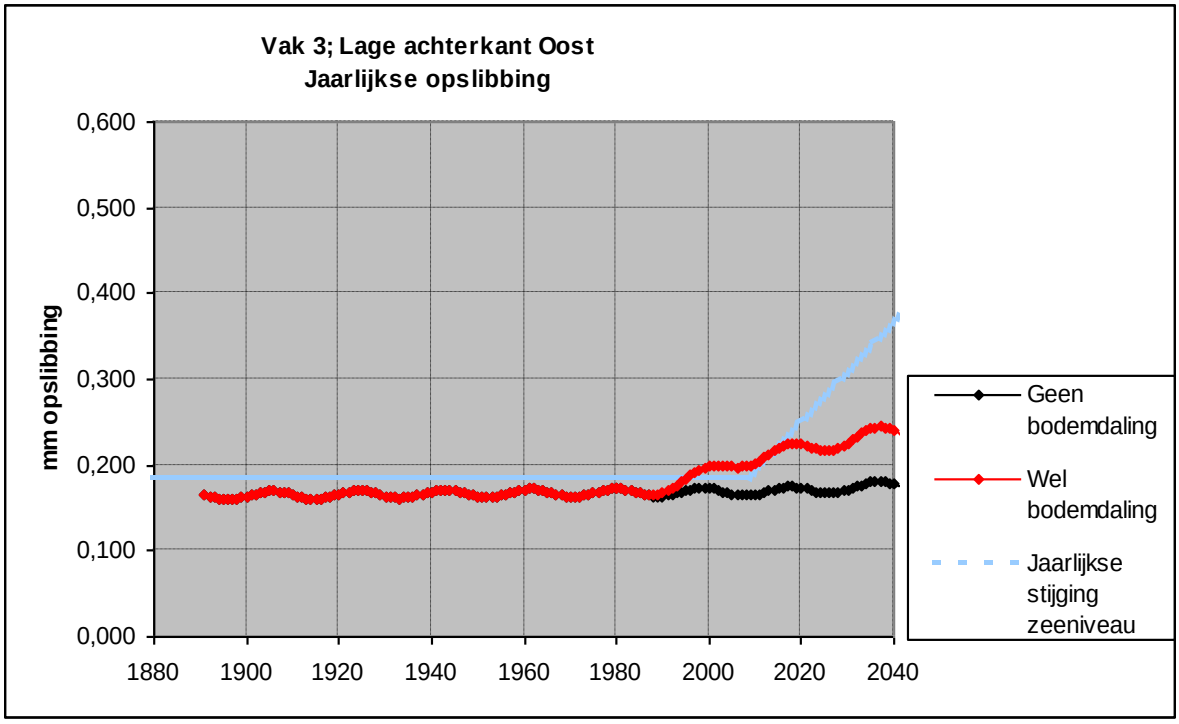
Als voorbeeld van de vele uitkomsten wordt hieronder deelgebied 3 beschreven. Figuur 4.59 geeft een overzicht van de maaiveldhoogtes in dit gebied, gesorteerd op volgorde van de hoogte van de zandondergrond. Dit deelgebied 3 (Oerdsloot NW) ligt vrij ver van de wadrand, en heeft een maaiveldhoogte dat varieert tussen 125 en 146 cm. Eén meetpunt ligt veel hoger. De dikte van de kleilaag hangt vooral samen met de ligging van de zandondergrond; hoe lager de zandondergrond, hoe dikker de kleilaag. In de lage delen van het gebied is vrij veel variatie in de dikte van de kleilaag, waarschijnlijk als gevolg van het ontstaan van lage oeverwallen langs de kreek die in figuur 4.58 te zien is. Het ene punt helemaal rechts in beeld dat veel hoger ligt heeft een hoge zandondergrond maar toch een flinke kleilaag. Dat is met elkaar in tegenspraak; plekken die zo hoog liggen hebben doorgaans een dunne kleilaag, en het is ook niet logisch om een oeverwal-effect aan te treffen op een plek die vóór de kweldervorming al hoger lag dan de hele rest van het deelgebied. De waarneming van dat punt zou dan ook een meetfout kunnen bevatten.



Figuur 4.59 Maaiveldhoogtes in vak 3, gesorteerd op ondergrondshoogtes. De sterke variatie in kleidikte in de eerste 10 plekken hangt waarschijnlijk samen met één of meerdere oeverwallen.

Figuur 4.60 laat de gereconstrueerde gemiddelde jaarlijkse opslibbing zien. De opslibbing in dit gebied heeft jarenlang rond de 1,7 millimeter gelegen, iets te weinig om de jaarlijkse stijging van de zeespiegel bij te houden. Door de bodemdaling is de jaarlijkse opslibbing vanaf 1986 toegenomen, en die zal naar

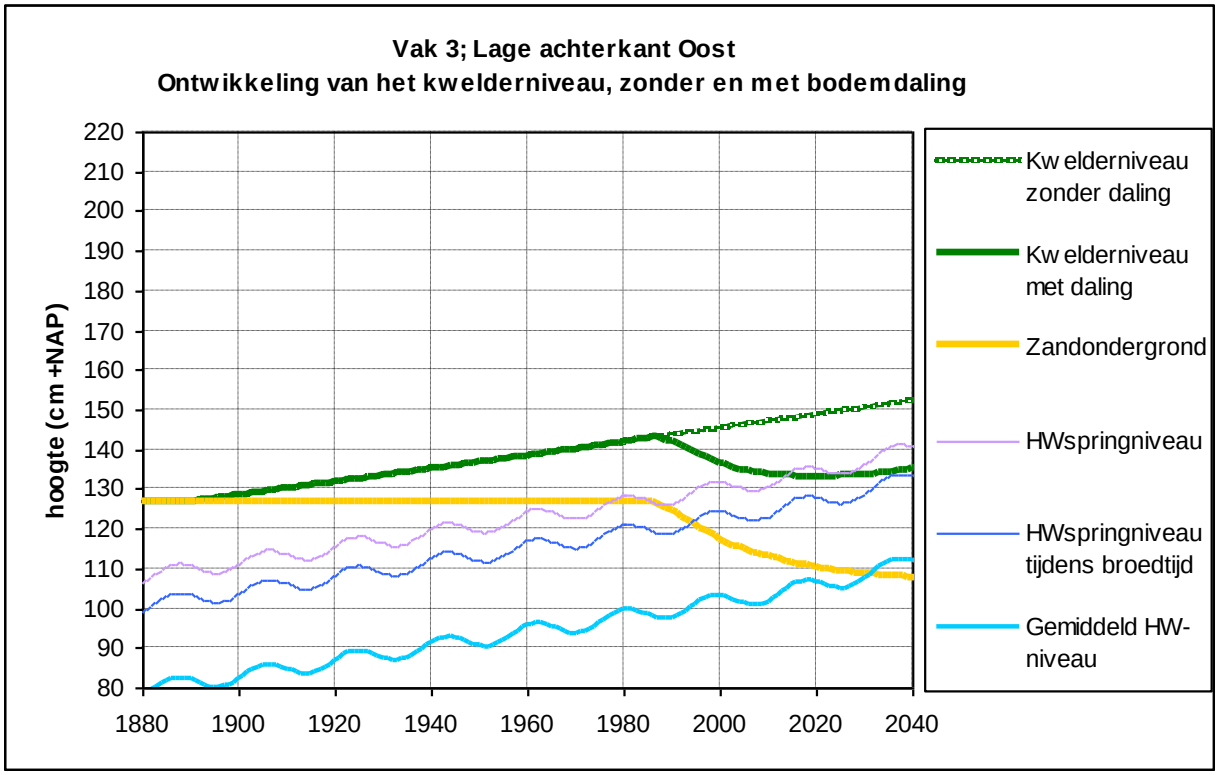
verwachting in de toekomst nog verder toenemen, deels als reactie op de nog niet geheel gecompenseerde bodemdaling, deels als reactie op de versneld stijgende zeespiegel (figuur 4.60.



Figuur 4.60. Gereconstrueerde jaarlijkse opslibbing in vak 3. Rood: Vanaf 1986 neemt de jaarlijkse opslibbing toe, als reactie op het door bodemdaling dalende maaiveld. Zwart: vanaf 1986 blijft de jaarlijkse opslibbing vanaf 1986 aanvankelijk constant, om na 2020 iets toe te nemen als gevolg van een sneller stijgende zeespiegel.

De hoogteontwikkelingen van maaiveld en zandondergrond voor vak 3 zijn gegeven in figuur 4.61. De kleilaag begon vanaf 1890 te groeien waardoor de stijging van de zeespiegel bijna werd bijgehouden. Doordat de bodemdaling (nu ongeveer 15 cm) niet geheel werd gecompenseerd ligt het maaiveld niveau nu dicht bij het jaarlijkse springtijniveau. De nog verwachte na-daling in de komende jaren, in combinatie met een versnellende zeespiegelstijging, zou in de komende decennia tot gevolg kunnen hebben dat het gebied in de toekomst zelfs lager komt te liggen dan het springtijniveau. Dat houdt niet automatisch in dat het gebied dan bij elk springtij grotendeels wordt overstroomd, want doordat vak 3 op ruim 1 km afstand van de wadrand ligt zullen de waterstanden er iets lager zijn dan het niveau van het astronomisch getij. Maar bij verhoogde waterstanden zal vak 3 in de toekomst waarschijnlijk toch wel regelmatig overstroomd worden.

Een belangrijke conclusie voor dit deelgebied, die ook voor alle andere deelgebieden geldt, is dat de bodemdaling weliswaar heeft geleid tot versnelde opslibbing, maar dat die extra opslibbing lang niet genoeg is geweest om de bodemdaling te compenseren. Het netto effect van de bodemdaling, gemiddeld over het Neerlands Reid, is ongeveer 13 cm, variërend van 5 cm in het uiterste noordwesten tot 21 cm in het noordoosten (tabel 4.13).

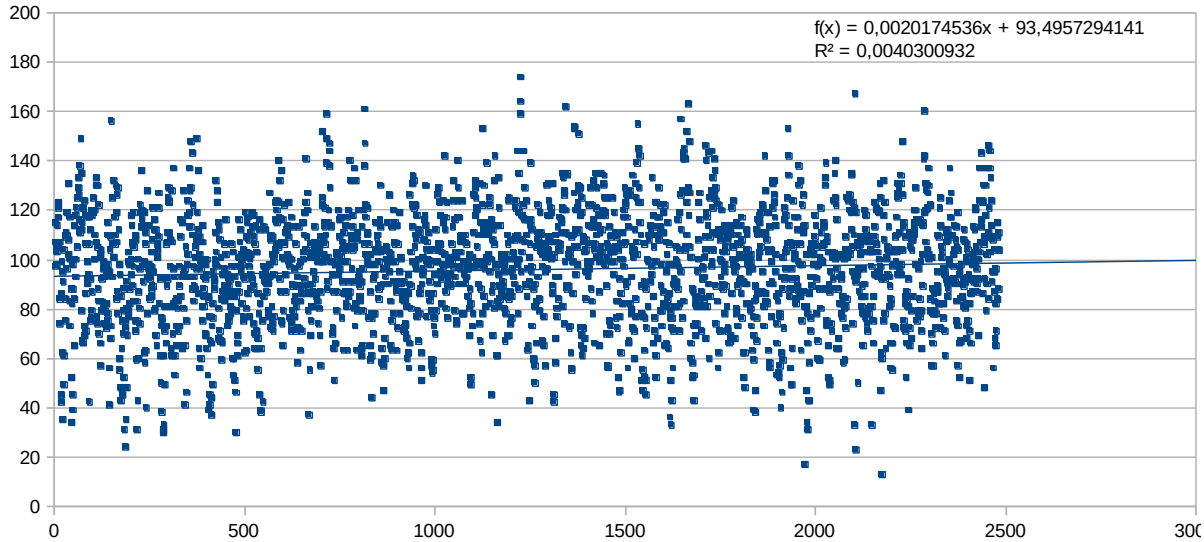


Figuur 4.61. Spreadsheet-uitkomst voor vak 3. Vanaf 1890 wordt zandondergrond bedekt door een steeds dikkere laag klei, waardoor de zeespiegelstijging (kronkelende lijnen) bijna wordt bijgehouden. Vanaf 1986 daalt de zandondergrond. Ook het maaiveld daalt, maar minder snel, Vanaf 2020 stijgt het maaiveld weer wat, maar zonder bodemdaling zou dit deelgebied ongeveer 15 cm hoger hebben gelegen.

4.10.9 Berekening van overspoelingskansen tussen 1 mei en 15 juni.

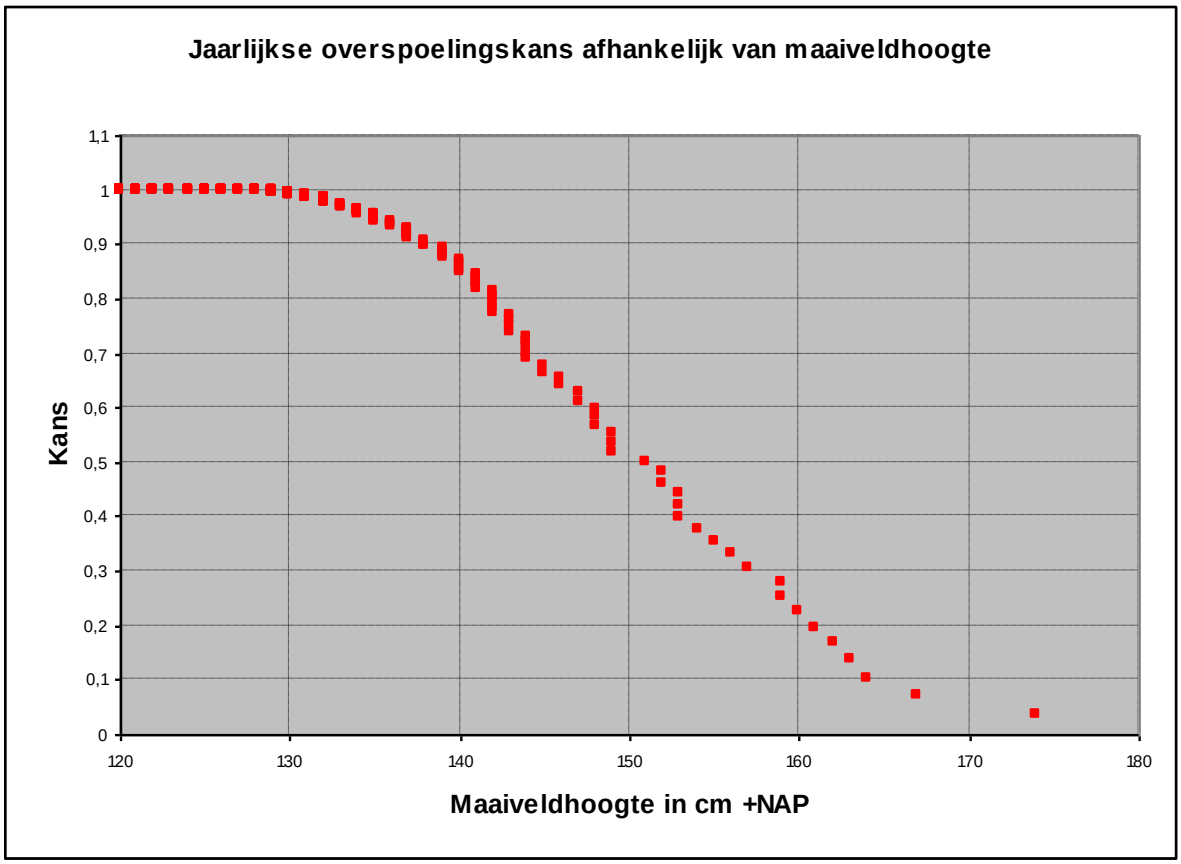
De tot nu toe getoonde getijniveaus geven waterstanden weer op basis van het zogenaamde ‘astronomisch getij’, zoals die worden berekend op basis van zon- en maanstand. Op basis van die niveaus lijkt het erop dat de verschillende deelgebieden in de broedtijd zelden of nooit overstroomd zullen worden (vergelijk kwelderniveau in figuur 4.61 met het HW-springniveau tijdens de broedtijd). In de praktijk komen overspoelingen tijdens de broedtijd echter toch regelmatig voor, want door luchtdruk en wind kan het hoogwaterniveau hoger uitvallen dan het astronomisch getij. Bij lage luchtdruk staat het zeewater hoger, namelijk ongeveer 1 cm per millibar beneden 1013 millibar. Onder invloed van een depressie kan het zeewater dus enkele tientallen cm hoger staan dan het vooraf berekende astronomische getij. Het effect van wind kan nog veel sterker zijn; storm uit het noordwesten kan een verhoging geven van enkele meters. Vaak gaat een lage luchtdruk samen met noordwestenwind, en dan versterken deze effecten elkaar.

Voor de waterstanden die tijdens de broedtijd (hier arbitrair gedefinieerd als de periode van 1 mei tot en met 15 juni) werkelijk op kunnen treden zijn de getijgegevens van Nes gebruikt uit de periode 1988-2015. Het gemiddelde hoogwaterniveau in die periode lag rond 100 cm boven NAP, met een stijgende tendens van ongeveer 2 mm per jaar (zie richtingscoëfficient van 0,002 meter per jaar in figuur 4.62). Dat komt overeen met het niveau en de stijging van de lichtblauwe lijn in figuur 4.61. Door luchtdruk- en wind-effect traden hoogwaterstanden boven het astronomische springtij-niveau van 120 cm boven NAP regelmatig op. De hoogste gemeten waarde was 174 cm, op 2 juni 2001.



Figuur 4.62 Alle hoogwaterstanden bij Nes tussen 1 mei en 15 juni in de periode 1988-2015. Waterstanden tussen 120 en 140 cm komen vaak voor, waterstanden tussen 140 en 160 cm vrij regelmatig, en waterstanden boven 160 cm slechts zelden.

Figuur 4.63 is afgeleid uit de gegevens van figuur 4.45. Als een kweldergebied rechtstreeks onder invloed zou staan van de waterstanden zoals die bij Nes zijn gemeten, dan zou een plek boven 174 cm +NAP praktisch nooit overstroomd raken, want dat was de hoogste waterstand die tussen 1988 en 2014 waargenomen is. Gebieden op ongeveer 150 cm +NAP worden ongeveer eens per 2 jaar overstroomd, en beneden 130 cm vindt overstroming elk jaar plaats, vaak zelfs enkele keren per jaar.

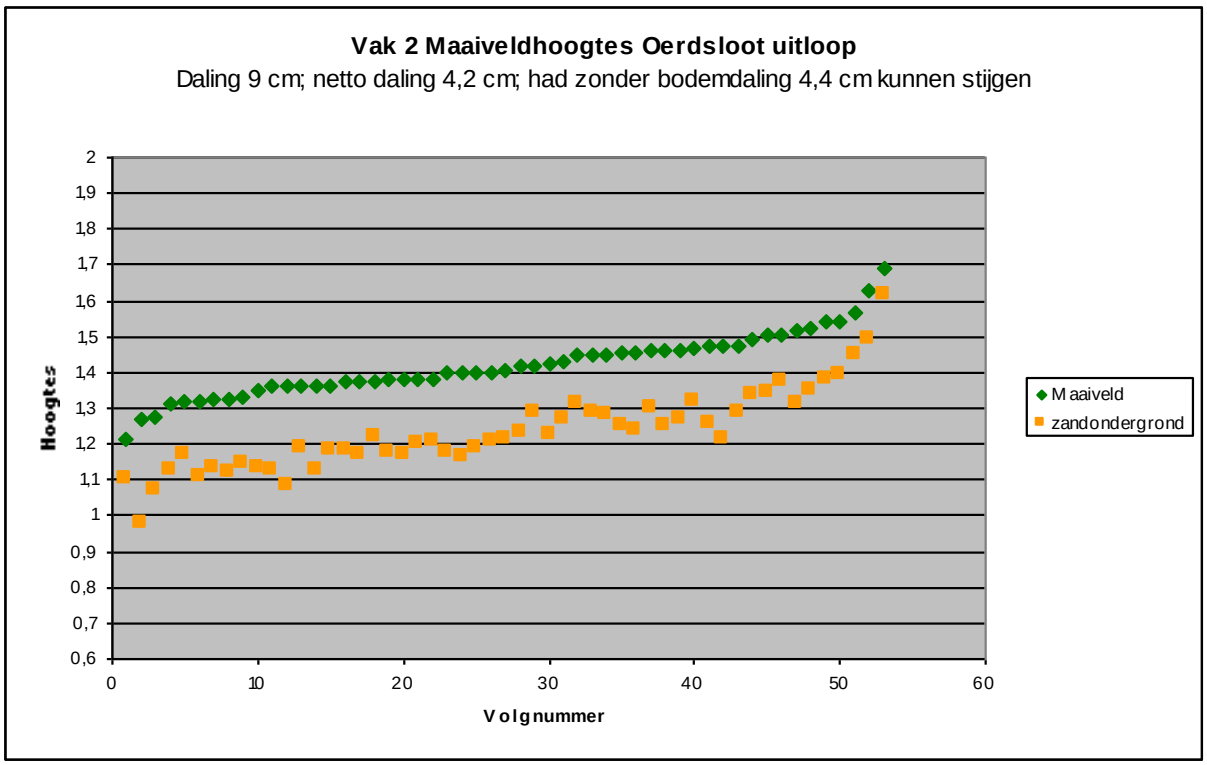


Figuur 4.63 Jaarlijkse kans op overspoeling, afhankelijk van de maaiveldhoogte, wanneer een gebied onder directe invloed van de getijhoogtes bij Nes zou staan.

4.10.10 Effect van afstand tot de wadrand en de hoogte binnen binnen deelgebieden

Het maakt voor de overleving van een nest uit hoe ver het van de wadrand afligt. Want het duurt enige tijd voordat ver van het wad af gelegen kwelderdelen onder zullen lopen bij een bepaalde vloedstand. Daardoor zullen ze met een lagere waterstand te maken krijgen dan het voorliggende wad; voordat ze overstroomd raken is de top van het hoogwater al weer voorbij, en begint het water aan de wadrand al weer te zakken.

In de berekeningen over overspoelingskansen is aangenomen dat elke km van de wadrand 10 cm overspoelingshoogte scheelt. Verder is deze berekening met opzet gemaakt voor de hoogste helft van elk deelgebied. Daarmee wordt aansluiting gezocht bij de hoogte waarop verspreid broedende vogels waarschijnlijk bij voorkeur hun nest maken, namelijk gemiddeld genomen iets hoger dat het omringende gebied. Als voorbeeld: Voor het uitloopgebied van de Oerdsloot (figuur 20) is aangenomen dat alle vogels broeden op hoogtes boven140 cm. Ook binnen deze zone treden nog verschillen op; een plek op 140 cm hoogte zal veel vaker overspoeld worden dan een plek op 160 cm. Daarom is voor elk deelgebied de kans op overstroming berekend op basis van zes meetpunten vanaf de middenhoogte van het gebied (in dit geval ongeveer 1,4 m +NAP) tot net onder de hoogste plekken, die vrijwel altijd te vinden zijn langs rand van de duintjes die in en om de deelgebieden te vinden zijn In dit voorbeeld is dat het hoogst gelegen punt, met maar een dunne kleilaag. Doordat oeverwallen bijna altijd lager liggen dan deze hoogste plekken zijn ze wel automatisch meegenomen in alle berekeningen.



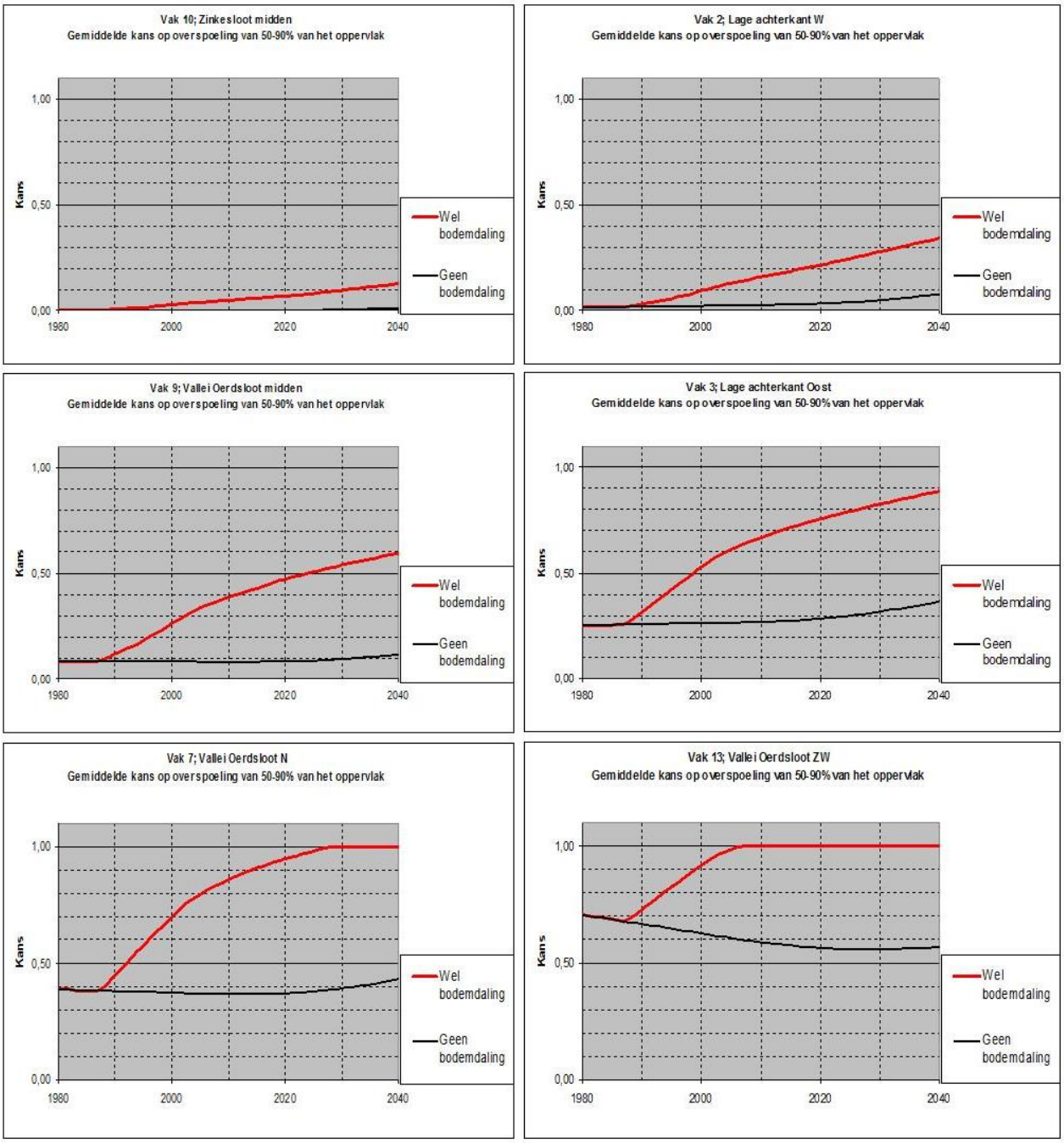
Figuur 4.64. Maaiveldhoogtes in vak 2 van het Neerlands Reid, gesorteerd op hoogte. Overspoelingeberekeningen zijn gemaakt voor de hoogste helft van dit gebied, in dit geval met als uitzondering het hoogste punt omdat dat waarschijnlijk op de helling van een duintje lag.

4.10.11 Overspoelingskansen

Figuur 4.65 geeft zes voorbeelden die samen het hele scala omvatten van de resultaten van de 15 deelgebieden. De rode lijn geeft steeds de overspoelingskans voor de hoogste helft van het deelgebied, teruggerekend naar 1980. Op grond van de dalingsverwachting (als in figuur 4.56, maar dan specifiek berekend voor het betreffende deelgebied) en het gehanteerde zeespiegelstijgingsscenario is de overspoelingskans steeds doorgerekend tot 2040. De zwarte lijn is de overspoelingskans zoals die had kunnen zijn (of in de toekomst had kunnen worden) zonder bodemdaling.

In figuur 4.65 zijn overspoelingskansen gegeven voor zes deelgebieden die samen representatief zijn voor het hele Neerlands Reid; van hoog gelegen deelgebieden die tijdens het broedseizoen praktisch

altijd droog blijven (vak 10) naar laag gelegen deel gebieden die weliswaar vrij snel opslibben maar waar grote kans op overspoeling is (vak 13). In een aantal gevallen is te zien dat vanaf het jaar 2030 ook zonder bodemdaling een verhoogde kans op overspoeling kan ontstaan, namelijk door een versneld stijgende zeespiegel.

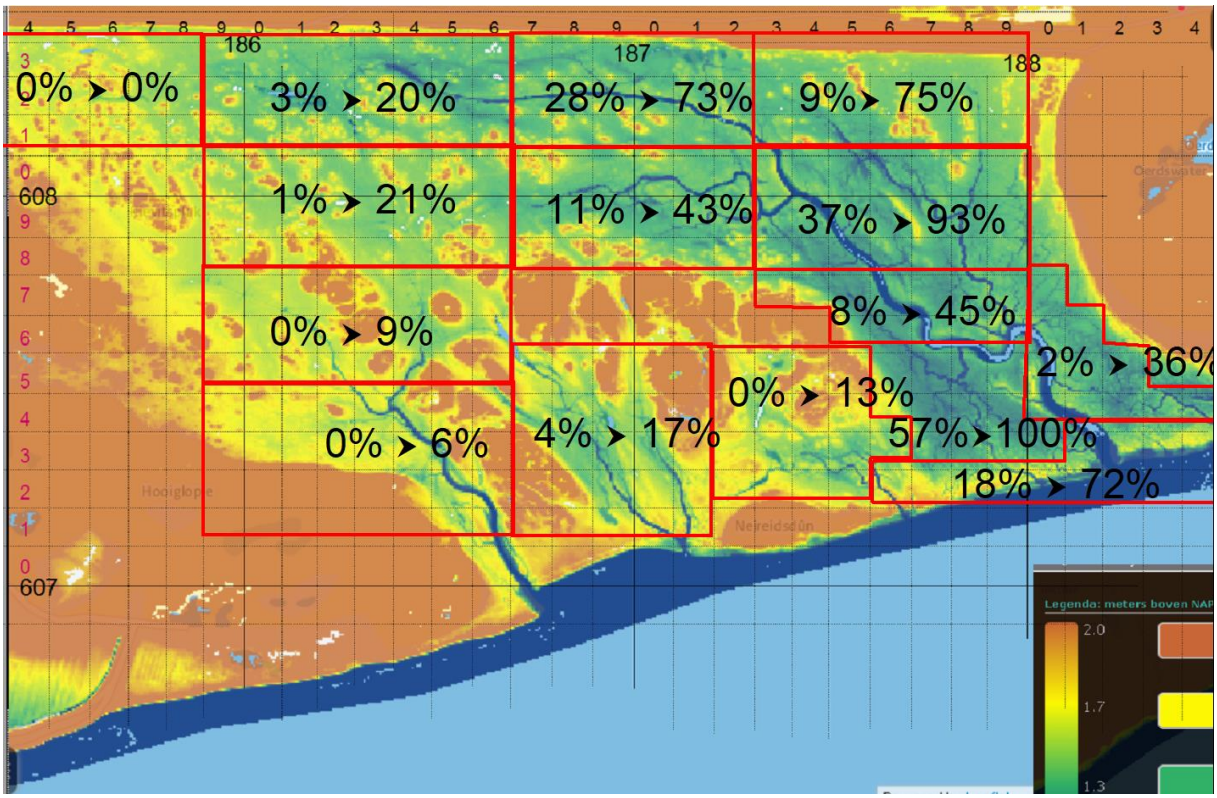


Figuur 4.65 Overspoelingskans van de hoogste helft van 6 van de 15 deelgebieden op het Neerlands Reid, gesorteerd van plekken met weinig risico op overstroming tijdens de broedtijd (linksboven) naar plekken waar het risico zeer groot is (rechtsonder). Rood: Met bodemdaling. Zwart: Zonder bodemdaling. In alle gevallen wordt de kans op overstroming verhoogd door bodemdaling, gemiddeld met 30%.

In alle gevallen zou de overspoelingskans minder groot zijn geweest zonder bodemdaling. Het verschil hangt vooral af van de mate van de bodemdaling. Weliswaar wordt een deel van de bodemdaling gecompenseerd door opslibbing, maar ook zonder bodemdaling zou er opslibbing zijn geweest. De extra opslibbing die ontstond door de bodemdaling was volgens deze berekeningen slechts 5 à 10% van de opgetreden bodemdaling, en dus onvoldoende om dat verschil te compenseren. Gemiddeld genomen voor het hele Neerlands Reid komen de berekeningen daardoor uit op een toename van 30%

kans op overspoeling van de hogere delen van de deelgebieden, namelijk van gemiddeld 12% naar gemiddeld 42%.

Als overzicht over het gehele Neerlands Reid staan in figuur 4.66 de veranderingen van de overspoelingskans van de hoogste helft van elk deelgebied 2016 als gevolg van bodemdaling.



Figuur 4.66 Overspoelingskansen van de hoogste helft van 15 deelgebieden, zonder en met bodemdaling, in 2016.

4.10.12 Samenvattend

Met behulp van een sedimentatiemodel, gebaseerd op kleidikte- en hoogtemetingen die in 2016 zijn uitgevoerd, is een reconstructie gemaakt van de ontwikkeling van de kleilaag en de maaiveldhoogte sinds het ontstaan van de kwelder van het Neerlands Reid. Het effect van de bodemdaling die sinds 1986 optrad is hierin meegenomen.

De resultaten zijn:

- Tot 1986 hield de kwelder het stijgende zeeniveau grotendeels bij.
- De lagere delen slibden sneller op dan de zeespiegelstijging, vooral wanneer ze dicht bij de wadrand lagen. De hogere delen slibden langzamer op dan de zeespiegelstijging, vooral wanneer ze ver van het wad aflagen.
- De bodemdaling die in 1986 begon heeft geleid tot enige extra opslibbing.
- Maar doordat het Neerlands Reid ook zonder daling zou zijn opgeslibd ligt het nu gemiddeld genomen 13 cm lager dan wanneer er geen bodemdaling zou zijn geweest.
- Daardoor wordt de kwelder van het Neerlands Reid tijdens het broedseizoen ongeveer 30% vaker overspoeld dan wanneer er geen bodemdaling zou zijn geweest.

4.11 Vlakdekkende vegetatieverandering 1993-2016 in relatie tot het maaiveldhoogtemodel

Om de geobserveerde verandering in maaiveldhoogte en vegetatie op Neerlands Reid (zie paragrafen 4.75, 4.8.3 en 4.8.4) te verklaren is gebruik gemaakt van de vlakdekkende veranderingen in maaiveldhoogte door Jaap de Vlas berekend voor de bodemdalingsperiode 1986 tot 2016. De daar gebruikte deelgebieden van Neerlands Reid zijn over de regressie/successie kaart uit paragraaf 4.8.4 geplaatst. De successie/regressie-kaart is gebaseerd op de vegetatiekaarten uit 1993 en 2014. Per deelgebied is het percentage successie, stabiel en regressie berekend en gelinkt aan de berekende

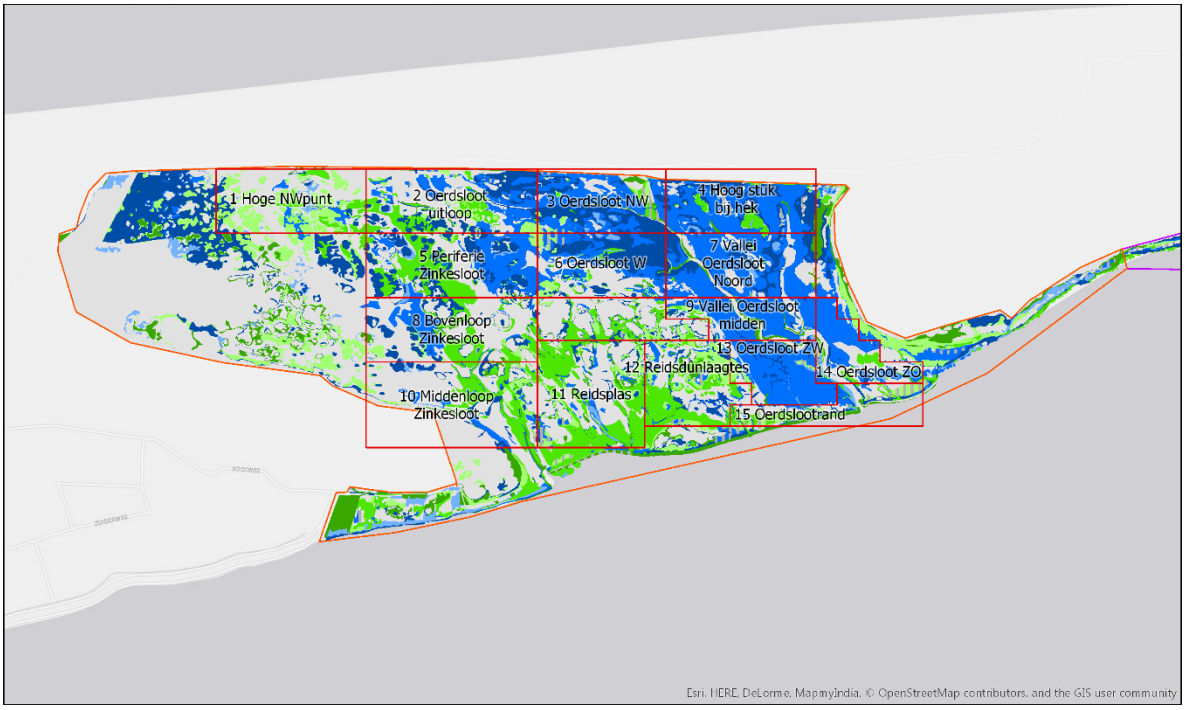
maaiveldveranderingen (paragraaf 4.10). Regressie binnen een vegetatiezone en die naar een andere vegetatiezone zijn samengenomen. Datzelfde is gedaan bij successie.

In tabel 4.14 zijn de resultaten van de maaiveldhoogteberekeningen en de verandering in vegetatie weergegeven per deelgebied, zoals in figuur 4.68 is aangegeven.

Tabel 4.14 De gemeten maaiveldhoogte in 2016, de berekende maaiveldverandering van 1986-2016 en de gemeten vegetatieverandering van 1993-2014 per deelgebied op Neerlands Reid.

Deelgebied	Maaiveldhoogte in 2016 (cm+NAP)	Maaiveld verandering 1986-2016 (cm)	Regressie (%)	Stabiel (%)	Successie (%)
1 Hoge Nwpunt	172	-1,8	11	49	40
2 Oerdsloot uitloop	142	-4,2	38	40	21
3 Oerdsloot NW	135	-9,6	71	18	10
4 Hoog stuk bij hek	138	-16,2	66	27	7
5 Periferie Zinkesloot	153	-3,3	48	28	23
6 Oerdsloot W	139	-7,5	62	28	10
7 Vallei Oerdsloot Noord	133	-11,9	76	20	4
8 Bovenloop Zinkesloot	163	-2,3	25	54	22
9 Vallei Oerdsloot midden	145	-11,6	70	20	10
10 Middenloop Zinkesloot	168	-0,5	11	70	19
11 Reidsplas	161	-2,5	12	43	45
12 Reidsdûnlaagtes	162	-6,3	16	32	51
13 Oerdsloot ZW	132	-6,5	83	9	8
14 Oerdsloot ZO	148	-12,3	57	30	13
15 Oerdslootrand	143	-6,1	14	57	29

Het percentage regressie is sterk gerelateerd aan de hoogte van het maaiveld in 2016 (R^2=0,7; figuur 4.68). Op de hogere delen vindt veel minder regressie plaats dan op de lagere delen. Deze lagere delen bevinden zich grotendeels rondom de Oerdsloot en hier vindt ook de meeste bodemdaling en de meeste regressie plaats (figuur 4.58 en figuur 4.67). De relatie tussen netto daling van het maaiveld en de regressie lijkt minder dominant dan de hoogte van het maaiveld (R^2=0,5 versus 0,7). Een combinatie van beide factoren waarbij de hoogte van het maaiveld leidend is lijkt aannemelijk. Enkele deelgebieden wijken af van de gevonden trends. De Oerdslootrand vertoont relatief weinig regressie ondanks het feit dat hier 6,1 cm netto daling is berekend en dit deelgebied zich op een relatief lage maaiveldhoogte bevindt. In tegenstelling hiermee vertoont het deelgebied Oerdsloot ZW meer dan 80% regressie ondanks een vergelijkbare daling van 6,5 cm. Hoewel het laatste deelgebied ongeveer 10 cm lager ligt, behoren beide deelgebieden volgens tabel 4.1 tot de lage kwelder. Een factor die mee zou kunnen spelen op Neerlands Reid is een verschil in lokale drainage en de aanwezigheid van beweiding met schapen, runderen en paarden. Doordat de verdeling van het vee over het gebied niet in kaart gebracht kan worden (zijn geen gegevens van), kan dit niet meegenomen worden als factor in deze analyse. Een hoge begrazingsdruk, met name rondom de Oerdsloot, en slechtere drainage in de lagere delen, zouden een deel van de aanwezige variatie kunnen verklaren. De kwelderrand heeft doorgaans een hoge opslibbing en is goed gedraineerd, dit kan mogelijk verklaren waarom dit deelgebied zo afwijkt.

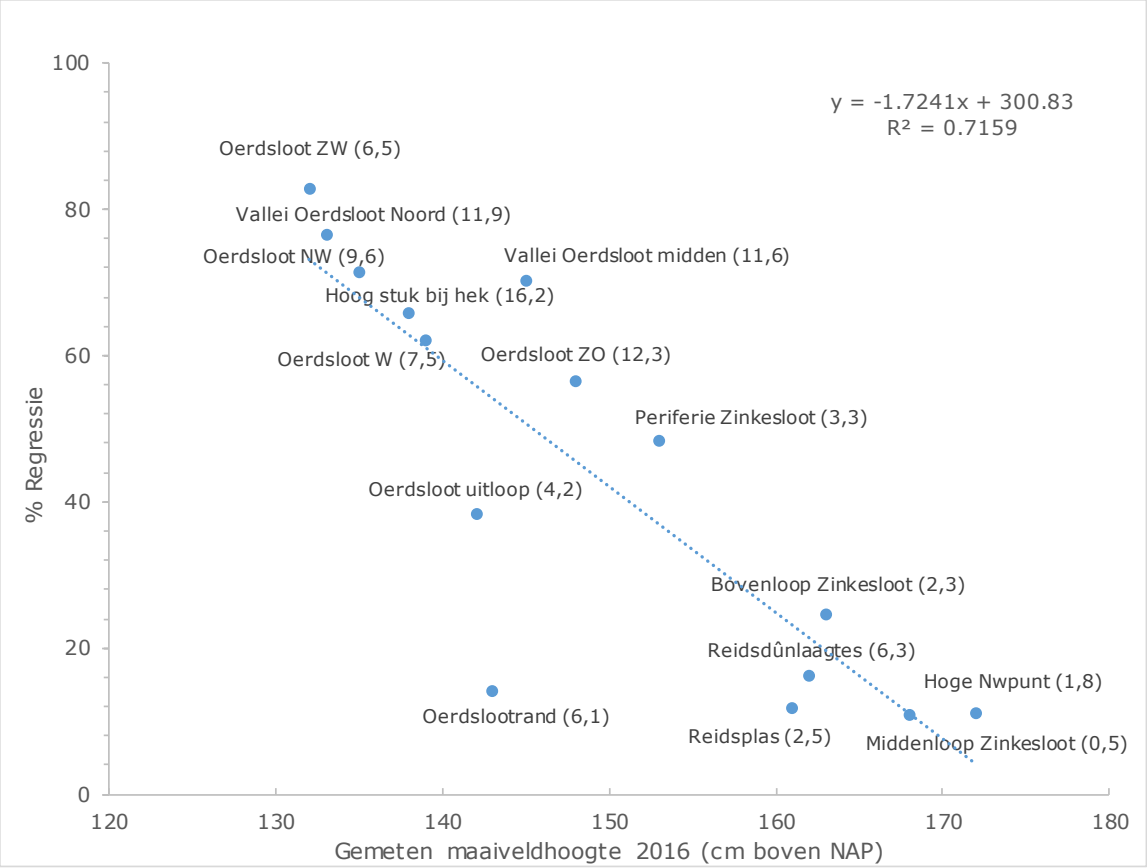


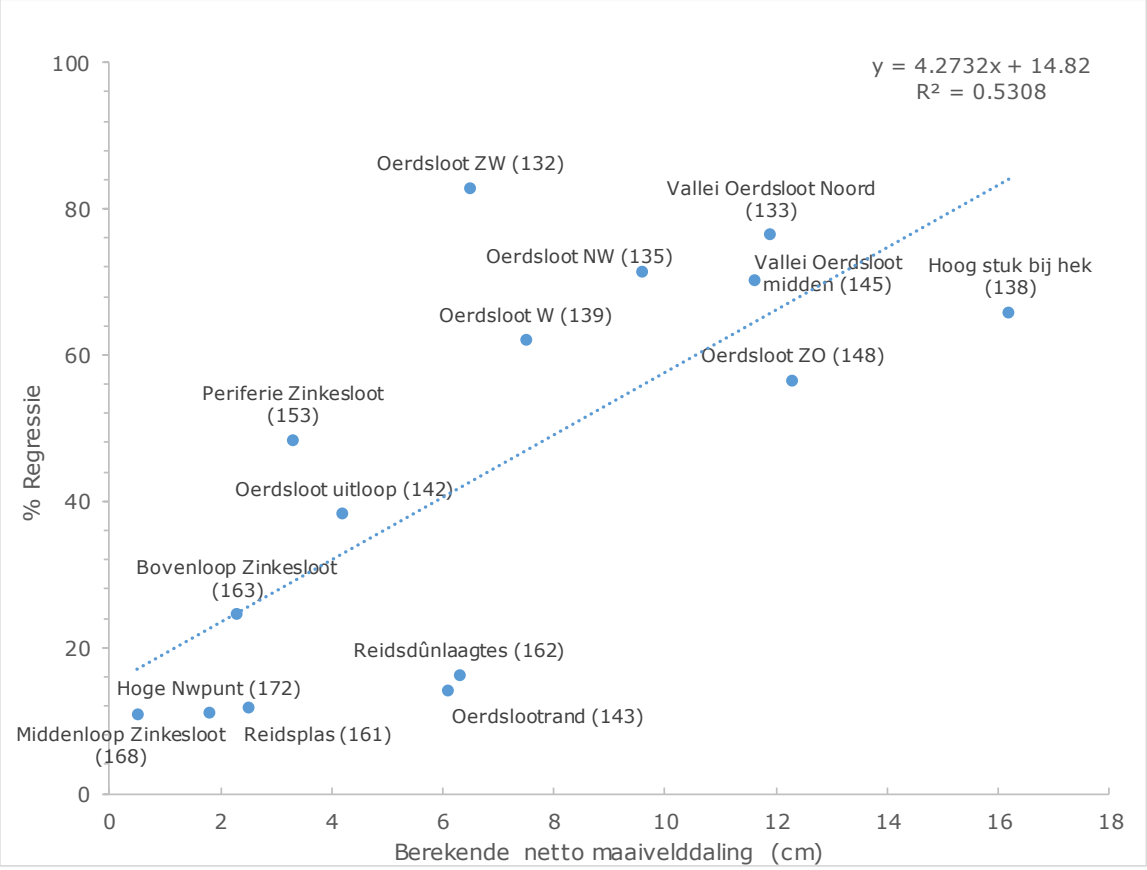
Gebiednaam
- Hon
- NLR

Ontwikkeling 2014 v. 1993
- regressie, meer dan 1 zone
- regressie, 1 zone
- regressie, binnen zone
- stabiel
- successie, binnen zone
- successie, 1 zone
- successie, meer dan 1 zone
- 32 (midden)kwelder met zeekweek
- Vlakindeling NLR

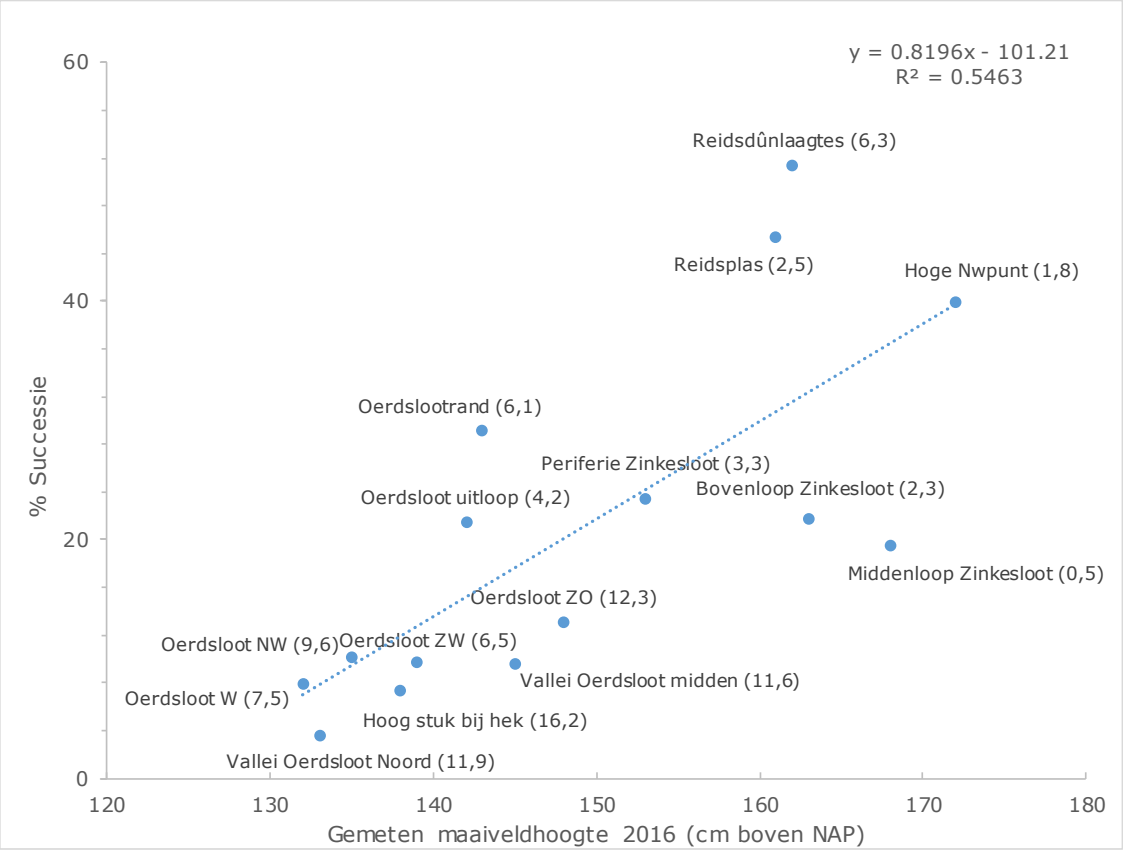
Figuur 4.67 Regressie/successiekaart over de periode 1993-2016 met daarover de indeling in deelgebieden, zoals door De Vlas (2017) is gebruikt (zie paragraaf 4.10.7).

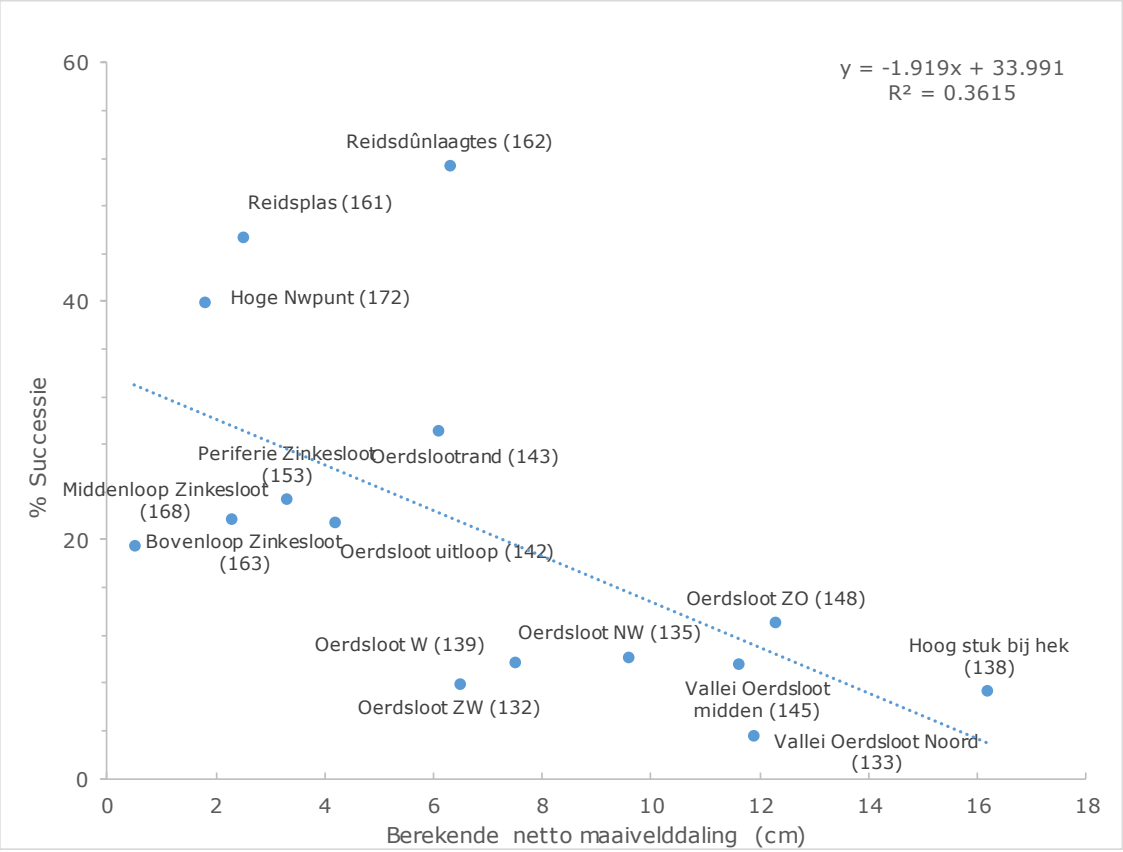
Successie lijkt minder gerelateerd te zijn aan de maaiveldhoogte in 2016 of de berekende netto daling van het maaiveld dan de hiervoor behandelde regressie. Een mogelijke verklaring is dat de berekeningen gemiddelden laten zien van relatief grote deelgebieden waarin de lokale topografie niet wordt meegenomen. Met name rondom de Oerdsloot, waar ook de vaste PQs liggen, is er sprake van hoger gelegen, goed gedraineerde oeverwallen welke voldoende opslibbing hebben om de bodemdaling te compenseren en hierop vindt successie plaats van de vegetatie (paragraaf 4.7.5.1 en paragraaf 4.8.3). In het sedimentatiemodel van Brinkman *et al*. (2017 *in prep*.) dat nog in ontwikkeling is, wordt de lokale topografie en de effecten daarvan op de opslibbing meegenomen. Mogelijk kunnen daarmee de veranderingen in vegetatie in meer detail verklaard worden. In de volgende paragraaf worden de gevonden trends vergeleken met de gedetailleerde puntmetingen op Neerlands Reid en op De Hon.





Figuur 4.68 Het percentage regressie (waarbij verjonging binnen de vegetatiezone en regressie naar een lagere vegetatiezone zijn samen genomen) afhankelijk van de gemeten maaiveldhoogte in 2016 (boven) en berekende netto maaiveldaling tussen 1986 en 2016 (onder). Achter de namen van de deelgebieden in de bovenste figuur staat de totale bodemdaling in cm over de periode 1986-2016 tussen haakjes en in de onderste figuur staat de maaiveldhoogte (cm+NAP) in 2016 tussen haakjes vermeld achter de gebiedsnaam.





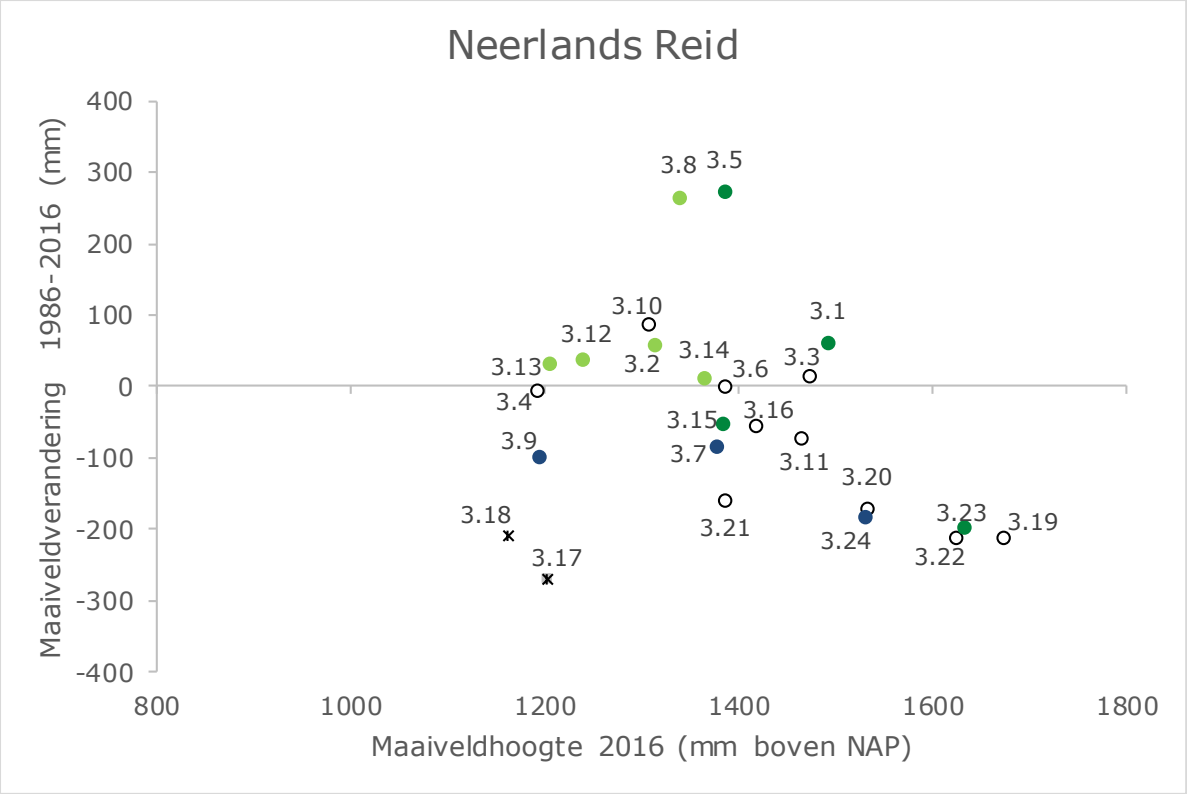
Figuur 4.69 Het percentage successie (waarbij veroudering binnen de vegetatiezone en successie naar een hogere vegetatiezone samen zijn genomen) afhankelijk van de gemeten maaiveldhoogte in 2016 (boven) en berekende netto maaiveldaling tussen 1986 en 2016 (onder). Achter de namen van de deelgebieden in de bovenste figuur staat de totale bodemdaling in cm over de periode 1986-2016 tussen haakjes en in de onderste figuur staat de maaiveldhoogte (cm+NAP) in 2016 tussen haakjes vermeld achter de gebiedsnaam.

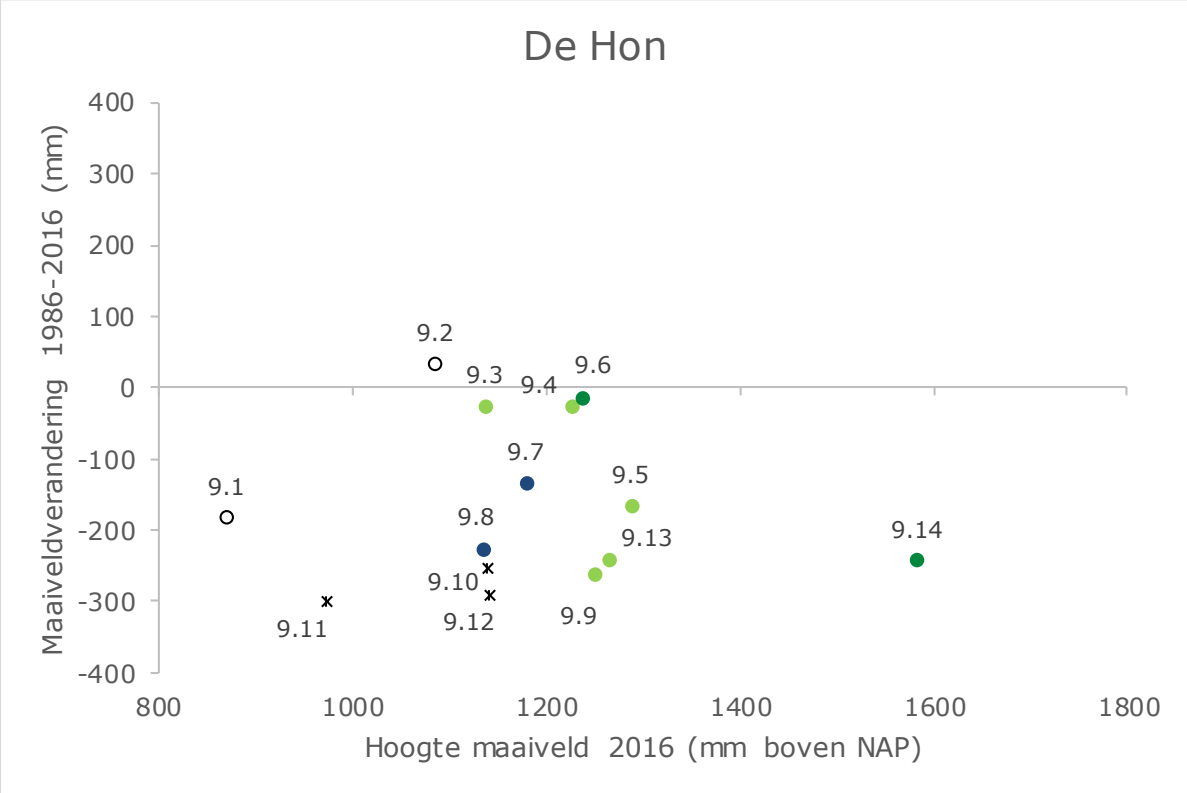
4.11.1 Relatie puntmetingen, maaiveldhoogte en maaiveldverandering

In bijlage 4N en O zijn de vaste PQs geplot op de successie/regressiekaarten om te bepalen of de jaarlijkse vegetatieverandering, gemeten in het veld, overeenkomt met de conclusies gebaseerd op de vlakdekkende vegetatiekaarten. Voor vrijwel alle PQs blijkt dat het redelijk goed overeenkomt. Wel liggen de vaste PQs op locaties waar geen regressie plaatsvindt en dit kan worden verklaard doordat veel PQs op oeverwallen liggen. Om de resultaten van het maaiveldhoogtemodel en de vegetatiekaarten te toetsen is de netto maaiveldverandering van elk PQ geplot tegen de hoogte van het maaiveld in 2016 (figuur 4.70). Hieruit blijkt dat de veranderingen in de vegetatie niet consequent gerelateerd zijn met de hoogte van het maaiveld in 2016 of met de netto maaiveldverandering sinds het begin van de bodemdaling (figuur 4.70).

Op Neerlands Reid vindt veroudering en successie van de vegetatie vooral plaats bij de PQs die een stabiele of toenemende maaiveldhoogte laten zien. Maar PQs die een netto daling laten zien kunnen zowel regressie, stabiliteit of successie laten zien en dit is niet direct verklaarbaar door de maaiveldhoogte in 2016. Bijvoorbeeld: de PQs 3.7, 3.15 en 3.16 liggen op ongeveer gelijke maaiveldhoogte en ondervinden een vergelijkbare netto daling van het maaiveld, maar bij PQ 3.7 is er sprake van regressie van de vegetatie, bij PQ 3.15 is de vegetatie stabiel, terwijl 3.16 successie laat zien (figuur 4.70, boven). Verschil tussen deze PQs is dat PQ 3.7 zich op een slechter gedraineerde overgang-vlakte bevindt, terwijl 3.15 en 3.16 beide oeverwallen zijn (bijlage 4A). Oeverwallen zijn doorgaans goed gedraineerd, terwijl locaties achter de oeverwallen veelal een slechtere drainage ondervinden. Ook op de hogere delen is zowel regressie, successie als stabiliteit van de vegetatie te zien (bijvoorbeeld bij de PQs 3.19 t/m 3.24, m.u.v. 3.21). Dit zijn allemaal duinkopjes met een vergelijkbare netto daling van het maaiveld. Een mogelijke verklaring is de aanwezigheid van vee, dat vaak duinkopjes gebruikt om te rusten (persoonlijk commentaar Willem van Duin). Met uitzondering van PQ 3.24, laten alle PQs die zich op duinkopjes of oeverwallen bevinden stabiliteit of successie van de vegetatie zien. Alleen PQs die zich op minder gedraineerde locaties bevinden èn een netto maaiveldddaling hebben ondervonden laten regressie van de vegetatie zien.

Op De Hon is een vergelijkbare trend waar te nemen. De twee PQs op De Hon waar regressie heeft plaatsgevonden (PQs 9.7 en 9.8) zijn de enige PQs die zich op de overgang-vlakte bevinden èn waar er sprake van een netto daling van het maaiveld is (bijlage 4A). Alle andere PQs bevinden zich of op minder gedraineerde locaties, maar waar geen netto daling plaatsvond (PQ 9.6), of op de kwelderrand (9.1, 9.2), of op oeverwallen (9.3, 9.4, 9.5, 9.9), of op duinkopjes (9.14), of waren verstoord door een blokkering van een kreek, zodat ze niet zijn meegenomen in de analyse (9.10, 9.11, 9.12).





Figuur 4.70 Vegetatieverandering tussen 1986 en 2016 gerelateerd aan de maaiveldverandering (1986-2016) en hoogte maaiveld in 2016 voor Neerlands Reid (boven) en De Hon (onder). Veranderingen zijn als volgt weergegeven: regressie: blauw rondje, veroudering: lichtgroen rondje, successie: donkergroen rondje, stabiel: wit rondje met zwart omlijnd, verstoord: sterretje.

4.11.2 Conclusies m.b.t. vlakdekkende vegetatieverandering i.r.t. maaiveldhoogte

De berekeningen uit het sedimentatiemodel laten een netto daling van het maaiveld zien op grote delen van het Neerlands Reid. De daling is berekend voor een aantal deelgebieden en hieruit blijkt dat de

grootste daling plaatsvindt in het noordoostelijke deel van het Neerlands Reid waar weinig opslibbing plaatsvindt en dit neemt af richting het westen en richting het wad.

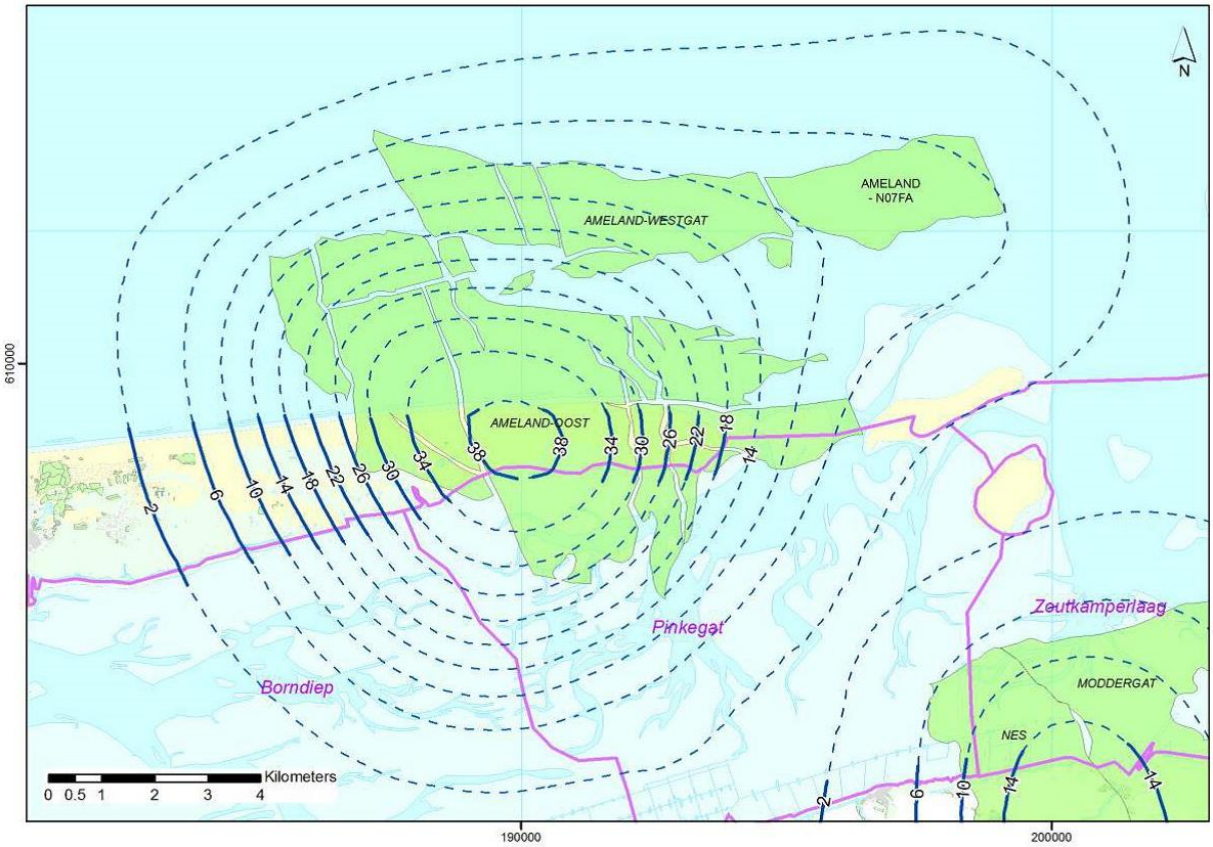
Het effect van de netto daling van het maaiveld op de kweldervegetatie lijkt met name op de lagere delen tot regressie van de vegetatie te leiden, terwijl een zelfde netto daling minder effect heeft op de vegetatie op de hogere delen. Daarnaast blijkt de lokale drainage een belangrijke rol te spelen, want goed gedraineerde oeverwallen en de kwelderrand laten geen regressie en zelfs successie zien, ondanks een netto daling van het maaiveld. Bij de puntmetingen laten alleen PQs met een slechtere drainage en een netto daling van het maaiveld regressie zien, en deze bevinden zich allemaal in de lagere delen.

Uit de vlakdekkende gegevens en de gedetailleerde puntmetingen samen lijkt dat een combinatie van een relatief lage maaiveldhoogte, netto daling van het maaiveld en verminderde drainage tot regressie van de vegetatie kan leiden. Een toename van overvloedingen door een netto daling van het maaiveld zal vooral op deze locaties de grootste effecten hebben doordat het water hier langer blijft staan. Ook begrazing zou hier een rol in kunnen spelen, omdat de bodem meer schade ondervindt onder drassige omstandigheden. Een vlakdekkende analyse van de vegetatiekaarten gelinkt aan lokale veranderingen in overvloedingen, maaiveldverandering, drainage en hoogte van het maaiveld is nodig om de gevonden trends beter en in meer detail te toetsen.

4.12 Prognose vegetatieontwikkeling heden tot 2025-2050

Naast de interesse die bestaat voor de gemeten veranderingen van de vegetatie op Ameland sinds de start van de gaswinning, zoals in de hoofdstukken hiervoor is behandeld (1986 tot heden), bestaat er ook belangstelling voor de toekomstige ontwikkeling van de vegetatie: van heden tot aan het einde van de winningsperiode (en zelfs daarna).

In 2011 is een prognose gemaakt (Dijkema *et al*. 2011) betreffende de vegetatieontwikkeling bij de PQs tot 2025 en 2050 op basis van de bodemdalingsprognose voor 2050 (figuur 4.71).



Figuur 4.71 Bodemdalingprognose voor 2050 (in cm). Totale bodemdaling door gaswinning voor de in het concept-winningsplan Ameland 2011 beschreven locaties waar gas gevonden is en de overige locaties in de buurt waar gas gevonden is na beëindiging van de gaswinning van de Ameland gasvelden in 2035 (figuur 3.1.2 uit Dijkema et al., 2011).

Voor de huidige rapportage is een update van deze prognose betreffende de vegetatieontwikkeling gemaakt. Daarbij zijn de maaiveldhoogte in 2016 en de opslibbingscijfers van 1993-2016 per PQ (in mm/j) als uitgangspunt gebruikt. Voor de bodemdalingscijfers is gebruik gemaakt van de gemeten daling tot 2014 (GRIDS-NAM). De daling over de jaren 2014-2016 is geëxtrapoleerd op basis van de gemiddelde daling per jaar van 1986-2014. Voor de bodemdalingsprognose is gebruik gemaakt van de prognoses uit het winningsplan van de NAM uit 2011 (figuur 4.71). De gemeten en voorspelde bodemdalingswaarden zijn samengevat in tabel 4.15. Door de verwachte jaarlijkse bodemdaling bij een PQ in mindering te brengen bij de gemeten gemiddelde opslibbing per jaar (over de periode 1993-2016) en vervolgens te vermenigvuldigen met het aantal jaren te gaan (van 2016 tot 2025 of 2025 tot 2050) is een schatting gemaakt van de te verwachten maaiveldhoogte.

Tabel 4.15 De gemeten (in zwart) en voorspelde (in rood) bodemdaling op Neerlands Reid en De Hon gedurende de periode 1986-2050. NB: de totalen staan in cm en de waarden per jaar in mm.

Bodemdaling	Neerlands Reid PQ 1-16	Neerlands Reid PQ 17-24	De Hon
Prognose 1986-2025 (totaal in cm)	**28**	**28**	**32**
Prognose 1986-2050 (totaal in cm)	**30**	**30**	**35**
Gemeten 1986-2016 (totaal in cm)	21,1	23,1	29
Prognose 2016-2025 (totaal in cm)	**6,9**	**4,9**	**3**
Prognose 2025-2050 (totaal in cm)	**2**	**2**	**3**
Gemeten 1986-2016 (mm/jaar)	7,03	7,70	9,67
Aanname 2016-2025 (mm/jaar)	**7,67**	**5,44**	**3,33**
Aanname 2025-2050 (mm/jaar)	**0,8**	**0,8**	**1,2**

In tabel 4.16 wordt de maaiveldhoogte weergegeven, zoals gemeten in 1986 en 2016 en berekend in 2025 en 2050. In kleur is aangegeven hoe ver een PQ zich in het betreffende jaar boven of onder de ondergrens van de vegetatiezone bevindt waarin de PQ in 1986 was ingedeeld. Met een dik kader is aangegeven of een PQ in een betreffend jaar op basis van de maaiveldhoogte theoretisch naar een andere vegetatiezone zou opschuiven op basis van de aangepaste zonehypothese (> 10-15 cm opslibbingstekort). In één geval (PQ 9.9 in 2025) is een gestippelde lijn gebruikt, omdat deze PQ in 2016 niet de verwachte regressie had ondergaan en deze in 2025 door verdere daling van het maaiveld wellicht alsnog zal ondergaan (zie ook tabel 4.17). Als de maaiveldhoogte in vet zwart staat aangegeven betreft het een verwachte verschuiving naar een hoger gelegen vegetatiezone en bij vet rood betreft het een verwachte verschuiving naar een lager gelegen vegetatiezone.

Tabel 4.16 Maaiveldhoogte, zoals gemeten in 1986 en 2016 en berekend in 2025 en 2050. Drainageklasse: 0= natte kom; 1= droge kom; 2= overgang-vlakte; 3= oeverwal; 4= oude kreekrug; 5= duinkopje). Zie de tekst voor toelichting kaders en vet gedrukte getallen.

PQ-nummer en vegetatiezone 1986	Drainageklasse	Maaiveldhoogte 1986 (mm + NAP) (gemeten)	Maaiveldhoogte 2016 (mm + NAP) (gemeten)	Maaiveldhoogte 2025 (mm + NAP) (berekend)	Maaiveldhoogte 2050 (mm + NAP) (berekend)
Pionierzone (> NAP + 860 mm)					
3.2	**1**	1253	1314	1308	1463
3.4	**0**	1196	1192	1181	1321
3.5	**3**	1112	**1386**	1452	**1807**
3.9	**0**	1291	1194	1153	1210
3.10	**3**	1218	**1306**	1316	**1516**
3.12	**3**	1200	**1240**	1230	1375
9.1	**2**	1052	871	896	1018
9.2	**2**	1052	1086	**1172**	**1465**
Lage kwelder (> NAP + 1120 mm)					
3.1	**3**	1429	**1493**	1497	**1679**
3.6	**3**	1386	1386	1380	**1535**
3.8	**3**	1072	1339	1419	**1811**
3.13	**3**	1171	1204	1188	1316
3.14	**4**	1352	1365	1342	1449
3.15	**4**	1435	1383	1355	1450
9.3	**3**	1162	1137	1175	1335
9.4	**3**	1252	1226	1258	**1401**
9.6	**2**	1252	1237	1284	**1469**
Midden kwelder (> NAP + 1460 mm NR/1360 mm De Hon)					
3.3	**4**	1457	1472	1463	**1611**
3.7	**2**	1461	1377	**1352**	1455
3.11	**3**	1536	1464	1434	1521
3.16	**4**	1471	1417	1407	1494
3.20	**5**	1701	1532	1486	1473
3.21	**2**	1545	1387	**1352**	1369
9.5	**3**	1452	1287	1297	1377
9.7	**2**	1312	**1179**	1186	1258
9.8	**2**	1361	**1134**	1125	1152
9.9	**4**	1511	**1250**	1232	1234
9.13	**5**	1506	1265	**1241**	1229
Hoge kwelder (> NAP + 1600 mm)					
3.19	**5**	1885	1674	1623	1598
3.22	**5**	1835	1623	1570	1537
3.23	**5**	1831	1633	1580	1547
3.24	**5**	1711	1530	**1492**	1502
9.14	**5**	1823	1581	1566	1579
Verstoorde PQ´s					
3.17	**2**	1471	1202	1126	1031
3.18	**0**	1371	1162	1108	1073
9.10	**2**	1391	1140	1118	1111
9.11	**0**	1271	974	952	945
9.12	**2**	1431	1141	1108	1071

MV > 50 mm boven theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone
MV tussen 100 mm onder en 50 mm boven theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone
MV 100-150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone
MV > 150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone

In tabel 4.17 is de vegetatieverandering weergegeven voor de periode 1986-2016 (gemeten waarde) en 1986-2025 en 1986-2050 (berekende waarden). Hieruit blijkt dat de verwachte verschuiving naar een andere vegetatiezone in de periode 1986-2016 op basis van de maaiveldontwikkeling klopt voor de PQs die in 1986 in de pionierzone of de lage kwelder lagen. Vier PQs (3.5, 3.10, 3.12 en 3.1) vertonen inderdaad successie. De PQs 3.2, 3.4 en 3.9 zijn vanwege hun lage drainageklasse (0 en 1), die zowel maaiveldhoogte- als vegetatieontwikkeling sterk beïnvloedt, buiten beschouwing gelaten (zie ook paragraaf 4.2.4.1).

Tabel 4.17 Vegetatieverandering voor de periode 1986-2016 (gemeten waarde) en 1986-2025 en 1986-2050 (berekende waarden). Voor legenda drainageklassen zie tabel 4.15.
lk= lage kwelder; mk= midden kwelder.

PQ-nummer en vegetatiezone 1986	Drainageklasse	Vegetatiezone 1986 -> 2016 (gemeten)	Vegetatiezone 2016 ->2025 (theoretisch op basis van maaiveldhoogte)	Vegetatiezone 2025 ->2050 (theoretisch op basis van maaiveldhoogte)
Pionierzone (> NAP + 860 mm)				
3.2	1			
3.4	0			
3.5	3	-> lage kwelder		-> hoge kwelder
3.9	0			
3.10	3	-> lage kwelder		-> midden kwelder
3.12	3	-> lage kwelder		
9.1	2			
9.2	2		-> lage kwelder	-> midden kwelder
Lage kwelder (> NAP + 1120 mm)				
3.1	3	-> midden kwelder		-> hoge kwelder
3.6	3			-> midden kwelder
3.8	3			-> hoge kwelder
3.13	3			
3.14	4			
3.15	4			
9.3	3			
9.4	3			-> midden kwelder
9.6	2			-> midden kwelder
Midden kwelder (> NAP + 1460 mm NR/1360 mm De Hon)				
3.3	4			-> hoge kwelder
3.7	2	lage kwelder <-	lk (mk ondergrens - 108 mm)	
3.11	3			
3.16	4		lk (mk ondergrens - 53 mm)	
3.20	5			
3.21	2	stabiel	lk (mk ondergrens - 108 mm)	lk (mk ondergrens - 91 mm)
9.5	3	veroudering	lk (mk ondergrens - 63 mm)	
9.7	2	lage kwelder <-	lk (mk ondergrens -174 mm)	lk (mk ondergrens - 102 mm)
9.8	2	lage kwelder <-	lk (mk ondergrens -235 mm)	lk (mk ondergrens -208)
9.9	4	stabiel/veroudering	lk (mk ondergrens - 128 mm)	lk (mk ondergrens - 126 mm)
9.13	5	veroudering	lk (mk ondergrens - 119 mm)	lk (mk ondergrens - 131 mm)
Hoge kwelder (> NAP + 1600 mm)				
3.19	5			
3.22	5			mk (hk ondergrens - 63 mm)
3.23	5			mk (hk ondergrens - 53 mm)
3.24	5	midden kwelder <-	mk (hk ondergrens - 108 mm)	mk (hk ondergrens - 98 mm)
9.14	5			
Verstoorde PQ´s				
3.17	2	lage kwelder <-		
3.18	0	stabiel		
9.10	2	verjonging		
9.11	0	pionier zone <-		
9.12	2	lage kwelder <-		

-> successie
<- regressie
100-150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone
regressie: > 150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone

Bij de PQs die in 1986 op de midden of hoge kwelder lagen werd van drie PQs verwacht op basis van de maaiveldontwikkeling dat ze in 2016 regressie zouden vertonen. Hiervan bleken PQ 9.7 en 9.8 inderdaad van de midden kwelder naar lage kwelder te zijn gegaan, maar PQ 9.9 vertoonde veroudering binnen de vegetatiezone, terwijl het opslibbingstekort 11 cm was.

PQ 3.24 daarentegen had nog ‘slechts’ een opslibbingstekort van 7 cm, maar is van de hoge naar midden kwelder gegaan. Hierbij moet opgemerkt worden dat de vegetatie zich bij deze PQ op een

kantelpunt bevindt tussen de twee zones waarbij de dominantie in 2016 net naar de midden kwelderzone ging. Er waren echter ook drie PQs met een opslibbingstekort van 7 tot 9.5 cm, waarbij de vegetatiezone stabiel was (PQ 3.21) en twee andere die veroudering binnen hun vegetatiezone vertoonden (PQ 9.5 en 9.13).

Dit maakt duidelijk dat het moeilijk te voorspellen is wat de vegetatiezone per PQ zal zijn in 2025 en 2050. Daarom is alleen aangegeven in welke zone de PQs theoretisch zouden moeten liggen en hoe ver de PQs onder de ondergrens van hun oorspronkelijke zone liggen.

Wel wordt duidelijk dat ook de aangepaste zonehypothese niet eenduidig gehanteerd kan worden en dat naast hoogteligging ten opzichte van de ondergrens van een vegetatiezone ook andere factoren, zoals de drainage en beweiding, een rol kunnen spelen bij optredende regressie.

Er moeten bij de toegepaste benadering wel enkele kanttekeningen worden geplaatst:

1. Het is een zeer versimpelde benadering. Dit kan, met name voor de periode 2016-2050, bij sommige PQs een overschatting en bij andere een onderschatting opleveren, omdat voor alle jaren met dezelfde gemiddelde opslibbing gewerkt wordt. Het is echter waarschijnlijk dat bij een toenemende maaiveldhoogte de opslibbing zal afnemen bij PQs die nu een hoge opslibbing vertonen. Bij PQs die momenteel een lage opslibbing hebben wegens bv. een slechte drainage zouden daarentegen in de toekomst na herstel van de drainage een hogere opslibbing kunnen krijgen.
2. Een aantal PQs ligt relatief dicht bij de Oerdsloot, die een goede sedimentbron vormt.
3. Omdat er over de periode 1986-2016 nauwelijks een toename in GHW is gemeten, is er bij de prognose in dit hoofdstuk ook geen toename in GHW meegenomen. In bijlage 4P is dit wel gedaan en worden de tabellen 4.16 en 4.17 naast elkaar opnieuw getoond, terwijl 2 mm/jaar aan GHW-stijging is meegerekend.

4.13 Evaluatie en discussie m.b.t. de onderzoeksvragen

Om de effecten van de gaswinning en de hieruit voortkomende bodemdaling op de kwelders van Ameland in kaart te brengen moet een aantal vragen beantwoord worden:

1. Wat is de verandering van maaiveldhoogte (bodemdaling + opslibbing) en hoe verhoudt deze zich tot de streefwaarde (bodemdaling + zeespiegelstijging) en grenswaarde (10-15 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone) voor maaiveldaling voor de vegetatiesamenstelling?
2. Wat zijn de vegetatieveranderingen (successierichting en kwelderareaal) op Ameland en welke factoren, incl. opslibbingbalans, de ontwatering, de beweiding, de veranderingen in GHW en de eventuele cumulatie van effecten, veroorzaakt door deze factoren, kunnen de verandering verklaren?

Verder worden er voorstellen voor eventuele (aanpassingen van) beheermaatregelen gegeven en worden de keenishiaten benoemd.

4.13.1 Verandering in maaiveldhoogte 1993-2016

Om een stabiele maaiveldhoogte t.o.v. GHW te houden dienen kwelders op Ameland voldoende opslibbing te hebben om zowel de bodemdaling als de zeespiegelstijging te compenseren. Wereldwijd is er sinds begin 20^{e} eeuw een gemiddelde zeespiegelstijging van ongeveer 2 mm per jaar (Church *et al*., 2013). Op Ameland is er in de periode 1963-2016 een vergelijkbare stijging van 2 mm per jaar, maar gedurende de bodendalingsperiode 1986-2016 is er geen significante zeespiegelstijging (paragraaf 2.1). Op zowel Neerlands Reid als De Hon hebben alleen de PQs nabij de kreken of kwelderrand voldoende opslibbing om de bodemdaling te compenseren (paragraaf 4.7.5.1 en paragraaf 4.7.5.2). De opslibbing is sterk gerelateerd aan de lokale drainage. Op oeverwallen naast de kreken is de maaiveldhoogte toegenomen, terwijl in kommen en op duinkopjes (meestal verder weg gelegen van de sedimentbronnen) er een tekort aan opslibbing is. Dit blijkt ook uit de kleidiktekaarten waar de dikste kleilagen zich bevinden dicht bij een sedimentbron (kreek of wadrand), terwijl verder landinwaarts de kleidikte afneemt (paragraaf 3.2.4). Een negatieve opslibbingsbalans leidt tot een daling van het maaiveld bv. bij PQs 9.7 en 9.8 (bijlage 4B).

Dit is in lijn met de resultaten van het promotieonderzoek uitgevoerd op de Rijksuniversiteit van Groningen (Koppenaal *et al., in prep*.[a]), waar:

1) bij de kwelderrand en kreken de meeste opslibbing is gemeten, die verder landinwaarts afneemt (paragraaf 4.9.2) en
2) een gemiddeld dikkere kleilaag is gemeten op Ameland dan op Schiermonnikoog waar geen bodemdaling plaatsvindt, wat erop duidt dat de bodemdaling deels gecompenseerd wordt door een hogere opslibbing (door een hogere overvloedingsfrequentie).

Door een verschil in opslibbing zullen de reeds aanwezige hoogteverschillen tussen oeverwallen en achterliggende kommen verder toenemen door lokale verschillen in autocompactie. Er is een grens aan de compactiemogelijkheden van sediment en autocompactie in een zandige bodem is minder dan in een kleiige bodem. Aangezien zand en klei niet gelijkmatig zijn verdeeld over een kwelder en oeverwallen meer zand invangen dan kommen zal autocompactie ook een toename in de heterogeniteit van de (micro)topografie veroorzaken (Verhoeven & Akkerman, 1967; Allen, 1999; Allen, 2000; Bartholdy *et al*., 2010b). Door de aanwezige zandlaagjes in de oeverwallen zal hier de mate van inklink (zowel door autocompactie als vee) minder zijn dan op locaties verder weg van de kreken.

In het algemeen kan worden gezegd dat bodemdaling voor een algehele nivellering van de maaiveldhoogte zorgt: de hoge delen (met uitzondering van de oeverwallen) veelal nabij de duinen in de noordzijde gelegen komen lager te liggen, maar niet zo veel dat dit ook een toename van de opslibbing tot gevolg heeft, en de lage delen in de buurt van sedimentbronnen komen hoger te liggen. De delen die al laag liggen en waar de opslibbing de bodemdaling (en eventueel zeespiegelstijging) niet kan bijhouden komen nog lager te liggen. Dit blijkt ook uit het maaiveldhoogtemodel voor Neerlands Reid (paragraaf 4.10) waar de noordoostelijke delen de grootste daling van het maaiveld laten zien, terwijl die afneemt in westelijke en zuidelijke richting. Een mogelijk gevolg van deze nivellering is dat neerslag en zeewater na hoge tijen langzamer terug naar de Waddenzee afvloeien.

4.13.2 Vegetatieveranderingen 1986-2016

Ter hoogte van de PQs op Neerlands Reid heeft een totale bodemdaling van 19-21 cm plaatsgevonden en op De Hon is dit 27-28 cm (periode 1986 - 2014). Toch heeft er, gebaseerd op de vlakdekkende vegetatiekaarten, meer regressie plaatsgevonden op Neerlands Reid (40%) dan op De Hon (20%) (paragraaf 4.8.4). De meest voor de hand liggende verklaring is dat dit op Neerlands Reid is veroorzaakt door een combinatie van bodemdaling en beweiding. Aangezien De Hon onbeweid is, kunnen beweidingseffecten daar geen rol hebben gespeeld bij de vegetatieveranderingen. Uit de vegetatieverandering tussen 1993 en 2014 blijkt dat er op De Hon, met name op de midden kwelder, veel is veranderd. Er heeft of successie naar Zeekweek of regressie naar lage kwelder plaatsgevonden (paragraaf 4.8.4). Op Neerlands Reid, de begraasde kwelder, heeft er met name een verandering van midden kwelder naar lage kwelder plaatsgevonden en de hoge kwelder is iets brakker geworden. De regressie is op Neerlands Reid geconcentreerd rondom en ten noorden van de Oerdsloot, waar ook de meeste netto daling heeft plaatsgevonden (paragraaf 4.10 en 4.11). Beweiding zorgt via vertrapping voor een afname in heterogeniteit in de kweldermorfologie en dit kan deels de verschillen tussen De Hon en Neerlands Reid verklaren. De kweldermorfologie op De Hon is veel heterogener (paragraaf 4.8.4), en de regressie is beperkt tot de kleine, lager gelegen kommen verspreidt door het hele gebied. Op Neerlands Reid, rondom de Oerdsloot, is de kweldermorfologie relatief homogeen en is een laaggelegen vlakte aanwezig parallel aan de Oerdsloot, waardoor de regressie ook over grotere oppervlakten aanwezig is.

De bodem op Neerlands Reid is compacter dan op De Hon (paragraaf 4.7.5.3), wat het gevolg kan zijn van autocompactie die toeneemt met leeftijd (dikte van de kleilaag) en door de aanwezigheid van beweiding. Met toenemende dichtheid van de bodem neemt de waterdoorlaatbaarheid af.

Een combinatie van maaiveldhoogte, drainage en netto daling lijkt bepalend te zijn of er regressie optreedt (paragraaf 4.11 – 4.11.2). Alleen op locaties die in 2016 relatief laag t.o.v. GHW liggen, waar een netto daling van het maaiveld heeft plaatsgevonden èn er sprake is van slechte drainage (kommen en vlaktes verder weg van de sedimentbronnen) heeft regressie van de vegetatie plaatsgevonden.

Maar, niet alle regressie op Neerlands Reid kan met deze drie factoren verklaard worden. In de noordwesthoek van Neerlands Reid vindt vrijwel geen bodemdaling plaats, maar toch wordt daar regressie van de vegetatie gemeten. Dit maakt duidelijk dat er meer factoren een rol spelen bij de waargenomen veranderingen dan alleen bodemdaling. Hier bevindt zich een drinkplaats voor het vee en kan vertrapping een mogelijke oorzaak zijn. Ook in het noordoostelijk deel van het Neerlands Reid vindt regressie plaats, en hier heeft tussen 2008 en 2016 een verandering midden kwelder naar kwelder

met pioniersoorten plaatsgevonden. Daling door gaswinning is een geleidelijk proces en het is onwaarschijnlijk dat de geobserveerde snelle regressie richting pioniersoorten het gevolg is van (alleen) een netto daling van het maaiveld. Pioniervegetatie vestigt zich doorgaans op onbegroeide of spaarzaam begroeide bodems en dit kan het resultaat zijn van bijvoorbeeld een tijdelijk pakket vloedmerk (dood plantenmateriaal dat afgezet is na een storm) waaronder de vegetatie is afgestorven of door ernstige vertrapping, bijv. door het inscharen van paarden naast runderen in dit gebied (wat de laatste jaren gebeurt).

Bodemdaling heeft een effect op de hoogteligging van een kwelder zodra de opslibbing de bodemdaling niet overal volledig compenseert. Daardoor treedt er een nivellerend effect op de algehele gemiddelde maaiveldhoogte op en wordt (lokaal) het hoogteverschil tussen oeverwallen en kommen groter. Als gevolg van deze processen kunnen mogelijk veranderingen optreden die een vernatting tot gevolg hebben en daardoor mogelijk een effect op de vegetatie kunnen hebben:

- Op een lagere maaiveldhoogte neemt het aantal overvloedingen toe.
- Op locaties waar de bodemdaling niet volledig door opslibbing wordt gecompenseerd komt het maaiveld dichter bij het grondwaterniveau te liggen.
- Nivellering van het maaiveld zorgt mogelijk voor een tragere en/of verminderde afstroming van het water richting kreken of Waddenzee na een overvloeding of regenbui.
- Oeverwallen kunnen (tijdelijk) de ontwatering van kommen blokkeren.
- Hogere compactie van de bodem kan de waterdoorlaatbaarheid verminderen.
- Kwelderdelen waar vernatting optreedt door de eerder genoemde processen zullen sneller vertrapt worden bij aanwezigheid van vee dan droge delen.
- Opgetreden vernatting kan versterkt worden door de begraasde korte vegetatie op Neerlands Reid die minder water zal verdampen dan de lange vegetatie op de onbeweide Hon. Daarnaast kan een korte vegetatie een negatief effect hebben op de opslibbing, waardoor begrazing op lager gelegen delen de ophoging van het maaiveld limiteert (Nolte *et al.,* 2017).

In 2011 werd geconcludeerd dat de vroegere zorg om areaalverlies heeft plaatsgemaakt voor de constatering dat een tijdelijke negatieve opslibbingsbalans positief is voor de biodiversiteit door het afremmen van de veroudering van de vegetatie (Dijkema *et al*., 2011). Veroudering van de vegetatie resulteert doorgaans in een monocultuur van Zeekweek. Dit vertaalt zich in een afname van de plantendiversiteit (Dijkema *et al*., 2005 a, b; Esselink *et al*., 2009; Dijkema *et al*., 2010; Van Duin *et al*., 2016). Dit natuurlijke, maar vanwege bovengenoemde reden veelal ongewenste, verouderingsproces wordt op veel kwelders in de Waddenzee tegengegaan of vertraagd door beweiding met vee (Bakker, 1989; Esselink *et al.,* 2009). Op Ameland wordt het verouderingsproces op de onbeweide kwelder deels vertraagd door bodemdaling (Dijkema *et al.,* 2011), maar toch neemt de bedekking van Zeekweek zelfs daar langzaam toe (paragraaf 4.8.4).

4.13.3 Effecten van neerslag, overvloedingsfrequenties en grondwaterniveau

Naast drainage en begrazing zijn er andere externe factoren die een sterke invloed op de vegetatie kunnen hebben. Een neerslagoverschot kan een (tijdelijke) verandering naar brakke vegetatie veroorzaken, terwijl een hoge overvloedingsfrequentie juist zorgt voor een toename van zout en een afname van brakke vegetatie. 2013 en 2014 waren droge jaren (figuur 4.21) en GHW was relatief laag tussen 2009 en 2014 (figuur 4.6). Dat beiden relatief laag zijn betekent een droge, goed gedraineerde, bodem, maar lokaal een toename van zoutstress in de bodem. Dit kan er mede voor zorgen dat een groot deel van de vegetatie niet is veranderd of dat er ondanks de bodemdaling toch veel successie heeft plaatsgevonden. Met name Zeekweek profiteert van een goede drainage en kan zich dan klonaal verspreiden (Veeneklaas *et al*., 2013) en op De Hon is een groot deel van het kwelderoppervlak bedekt met Zeekweek (paragraaf 4.8.4 en bijlage 4L). In 2011 werd ook geconcludeerd dat autonome successie/veroudering naar climaxvegetaties een heel krachtig proces is (Dijkema *et al*., 2011) en periodes van droogte kunnen de climaxvegetatie de kans geven om zich snel te herstellen en klonaal uit te breiden op locaties waar zoutstress niet limiterend is.

Het grondwaterniveau op Neerlands Reid is het hoogst nabij de omliggende duincomplexen (paragraaf 4.6). Oostelijk en noordelijk van de Oerdsloot, waar de meeste regressie van de vegetatie plaatsvindt, is sprake van een relatief hoog grondwaterniveau. Als het maaiveld netto daalt, komt dit dichterbij het grondwater te liggen.

4.13.4 Stagnerend water en kreekvorming

Door het toenemen van de hoogteverschillen tussen de oeverwallen en achtergelegen kommen kunnen er meer kommen ontstaan met stagnerend water. In 2011 werd voorspeld dat de aanwezige kom midden op De Hon zich zou uitbreiden, maar dat autonome ontwatering ervoor zou zorgen dat kreekvorming naar de poeltjes zou worden gestimuleerd en de gedraineerde poeltjes vervolgens weer met vegetatie zouden begroeien. Dit is op basis van de vlakdekkende vegetatiekaarten al op enkele locaties te zien: waar in 1993 nog meerdere poeltjes op De Hon aanwezig waren, zijn die op de kaart uit 2014 verdwenen en zijn deze voormalige poeltjes nu aangesloten op een kreek (bijlage 4O). De kwelderplas waar zich ook enkele PQs in/bij bevinden, is nog steeds aanwezig. Deze is inderdaad iets groter geworden, zoals voorspeld in 2011, maar de verwachting is dat ook deze zich op termijn zal aansluiten op de nabijgelegen kreek waarna deze locatie opnieuw begroeid zal raken.

De toenemende hoogteverschillen tussen oeverwallen en kommen, die mede door bodemdaling lijken te ontstaan, leiden mogelijk ook tot een snellere kreekvorming door terugschrijdende erosie vanuit kommen naar kreken (De Groot *et al*., 2015). Door een hogere dichtheid aan kreken en een afname van de afstand tot sedimentbron op de meer landinwaarts gelegen gebieden zou dat naar verwachting weer resulteren in een toename van opslibbing in de kommen.

4.13.5 Effecten van bodemdaling op maaiveldverandering en vegetatie

Uit de resultaten van deze studie blijkt dat de opslibbing op een groot deel van de kwelders van Ameland niet voldoende is om te compenseren voor de bodemdaling. Door bodemdaling is er mogelijk een hogere opslibbing en kleidikte (nabij de sedimentbronnen) op Ameland in vergelijking met Schiermonnikoog (figuur 4.41; Koppenaal *et al*., *in prep*.[a]). Echter, alleen nabij de sedimentbronnen (kwelderrand en kreken) is de opslibbing voldoende om te resulteren in een stabiel of hoger maaiveld in 2016 ten opzichte van de beginsituatie in 1986 (figuren 4.28, 4.29 en 4.30). Een combinatie van maaiveldhoogte, drainage en netto daling lijkt bepalend te zijn of er regressie optreedt (paragraaf 4.11 – 4.11.2). Alleen op locaties die in 2016 relatief laag t.o.v. GHW liggen, waar er een netto daling van het maaiveld heeft plaatsgevonden èn er sprake is van slechte drainage (kommen en vlaktes verder weg van de sedimentbronnen) heeft regressie van de vegetatie plaatsgevonden. Hierdoor is een grote oppervlakte aan midden kwelder over gegaan naar lage kwelder, met name rondom de Oerdsloot (paragraaf 4.8.3).

Bij het vergelijken van puntmetingen op Ameland en Schiermonnikoog (paragraaf 4.9.3) bleek dat op Ameland bij meer van de punten regressie van de vegetatie was opgetreden dan op Schiermonnikoog. Bovendien kwamen de soorten op Ameland op een significant lagere maaiveldhoogte voor dan op Schiermonnikoog wat verklaard zou kunnen worden door de opgetreden bodemdaling. Toch zijn de effecten op de vegetatie nog zeer beperkt en dit is in lijn met de conclusies uit 2011 (Dijkema *et al*., 2011). Het blijkt dat als meerjarige soorten eenmaal aanwezig zijn ze een grotere flexibiliteit ten opzichte van hun omgeving (abiotische factoren) bezitten dan wanneer ze zich nog in een bepaalde omgeving moeten vestigen. Klonale uitbreiding op goed gedraineerde locaties kan mogelijk verklaren dat een aanzienlijk deel van de kwelder op De Hon successie heeft ondergaan ondanks een netto verlaging van het maaiveld. In 2011 werd geconcludeerd dat er een omslagpunt zal worden bereikt indien de opslibbing langdurig negatief zal blijven, maar dat deze grens na 25 jaar bodemdaling nog niet was bereikt. In deze rapportage kan geconcludeerd worden dat de omslag ook na 30 jaar hooguit slechts zeer lokaal bereikt is en beperkt is gebleven tot de lager liggende locaties met slechte drainage. Ook kan geconcludeerd worden dat de effecten van bodemdaling verschillen tussen de kwelderzoneringen en er geen eenduidige zonehypothese toepasbaar is. Die zal per zonering apart bepaald moeten worden met de lokale drainage in acht genomen. De regressie is vooral beperkt gebleven tot de midden kwelder en, in mindere mate, de hoge kwelder, maar er heeft geen omslag van lage kwelder naar pionierzone plaatsgevonden. Op de hogere en/of goed gedraineerde delen is de vegetatie dus nog flexibeler (aangepast aan een breed scala van abiotische omstandigheden) dan gebaseerd op de beschikbare kennis verwacht werd.

Hoewel de bodemdalingssnelheid de komende jaren steeds verder zal afnemen is niet duidelijk of er een na-ijleffect kan optreden. Mocht dit optreden dan zou dat uiteindelijk mogelijk wel gevolgen kunnen hebben voor de laaggelegen delen als pionierzone en lage kwelder, waar regressie van de vegetatie tot nu toe nog nauwelijks is opgetreden. Omdat de midden kwelder deels is overgegaan naar lage kwelder zal uit de komende periode moeten blijken of de regressie hier doorgaat naar pioniervegetatie, stabiliseert op lage kwelderniveau of dat er door de afnemende bodemdaling weer successie gaat

optreden naar midden kwelder. Wat daarbij ook een rol zal spelen is of de periode met een relatief laag GHW, zoals de afgelopen 30 jaar het geval is geweest, nog langer zal aanhouden.
Door de bodemdaling treedt nivellering op van het kwelderoppervlak, waarbij de meest noordelijke delen met lage opslibbing een netto daling ondervinden, terwijl delen dichterbij de sedimentbronnen, zoals kwelderrand en kreken, minder dalen (paragraaf 4.10). Dit kan resulteren in een vertraagde afvloeiing van water naar de Waddenzee. Op grote schaal kan nivellering van het kwelderoppervlak voor een afname in biodiversiteit zorgen als er op hogere delen regressie van de vegetatie naar lager gelegen zoneringen plaatsvindt.

4.13.6 Prognose maaiveld- en vegetatieontwikkeling

Met een maaiveldhoogte model zijn de toekomstige verwachtingen tot 2040 berekend en met een prognose voor de vegetatieveranderingen is geprobeerd de verwachtte effecten van bodemdaling voor maaiveld en vegetatie tot 2025 en 2050 in kaart te brengen. Hierbij is gebruik gemaakt van de aangepaste zonehypothese (paragraaf 4.2.4 en 412).

Gebaseerd op het maaiveldhoogtemodel wordt verwacht dat, ondanks lokaal hoge opslibbing, de maaiveldhoogte van grote delen op het Neerlands Reid verder zal dalen ten opzichte van GHW (Gemiddeld Hoog Water). Ondanks dat de bodemdaling afvlakt, en verder zal afvlakken in de komende jaren, zal de verwachtte (versnelde) zeespiegelstijging een rol gaan spelen. Met name in de noordoostelijke delen waar tot 2016 de hoogste netto daling heeft plaatsgevonden is de opslibbing verderweg van de sedimentbronnen onvoldoende om de verwachtte zeespiegelstijging bij te houden. Dit kan tot verdere regressie van de vegetatie gaan leiden, met name op de slechter gedraineerde locaties, zoals de kommen en overgang-vlaktes achter de oeverwallen. Omdat het model gemiddelden laat zien over de verschillende deelgebieden worden lokale topografische verschillen niet meegenomen. Delen met hoge opslibbing, zoals de oeverwallen en kwelderrand, die sinds het begin van de gaswinning geen of een minimale netto daling van het maaiveld hebben laten zien, zullen naar verwachting ook kunnen compenseren voor een stijging van het GHW. Met name de delen die nu al een opslibbingstekort laten zien, zullen ook in de toekomst moeite hebben om een stijging van het GHW bij te houden.

Met betrekking tot de prognose van de maaiveld- en vegetatieontwikkeling bij de PQs is er een duidelijke tweedeling tussen de verwachtingen bij de PQs in verschillende vegetatiezones. Veel van de PQs in de pionierzone en lage kwelder vertonen een hoge opslibbing en een ligging van meestal >5 cm boven de ondergrens van de betreffende vegetatiezone. Hierdoor is de verwachting tot 2050 dat de maaiveldhoogte verder zal toenemen met in enkele gevallen successie naar een andere vegetatiezone tot gevolg. Alleen bij de PQs met een slechte ontwatering (kommen) is de voorspelling betreffende successie achterwege gelaten, omdat ontwatering bepalender is voor de vegetatieontwikkeling dan de maaiveldhoogte.

De PQs van de midden en hoge kwelder hebben meestal een lagere opslibbing en in 2016 hebben een aantal van die PQs een opslibbingsachterstand opgelopen. De regressie die op basis van de aangepaste zonehypothese in 2016 werd verwacht bleek in twee gevallen te kloppen. Dit waren PQ 9.7 en 9.8 op De Hon waar de opslibbingsachterstand al verder was opgelopen dan de grenswaarde (5-10 cm onder de ondergrens van een vegetatiezone waarbij regressie van de vegetatie naar een eerder successiestadium werd verwacht). In andere gevallen bleek het beeld minder eenduidig en lijkt het of de drainage ook hier medebepalend is of er regressie onder of boven de nieuwe grenswaarde optreedt.

Dit maakt de voorspelling tot 2050 lastig. Wel is duidelijk dat vooral de PQs op de midden kwelder de meeste kans hebben om de grenswaarde (of zelfs lager) te bereiken (ook nog in 2050). Hoe de vegetatie hierop zal reageren, zal afhangen van de ontwikkeling van de drainage. Uit deze en de vorige evaluatie (Dijkema *et al*., 2011) blijkt dat de zonehypothese niet eenduidig is toe te passen op de verschillende zoneringen en lijkt met name de drainage mede verantwoordelijk of en wanneer er regressie optreedt en niet alleen de hoogte van het maaiveld.

4.13.7 N2000 habitattypen en veranderingen in totale kwelderoppervlakte

Ameland is onderdeel van N2000 gebied de Waddenzee. Daarom is het belangrijk om de effecten van bodemdaling op de arealen van de habitattypen H1310A (Zilte pionierbegroeiïng (Zeekraal)), H1320A (Slijkgrasvelden) en H1330A (Schorren en zilte graslanden (buitendijks)) te bepalen. Ondanks de aanwezige veranderingen in vegetatie verschuiven deze zich vooral binnen en tussen zones die allemaal tot hetzelfde habitattypen behoren, namelijk H1330A. Op basis van de vegetatiekaarten uit

2014 kan gesteld worden dat aan de kwaliteitseisen van Natura 2000 voor de drie dominante kwelderhabitattypen wordt voldaan. Ook voor de toekomstige veranderingen worden geen significante verschuivingen tussen habitattypen verwacht en zullen de vegetatieveranderingen vooral binnen het habitattype H1330A plaatsvinden.

Het totale kwelderoppervlak op Ameland is vrijwel gelijk gebleven. Op De Hon vindt zowel kwelderaanwas als -afslag plaats (paragraaf 4.8.3). Ten zuiden van de Oerderduinen was er lange tijd sprake van kliferosie, maar dit is afgenomen en op een aantal locaties overgegaan in kwelderaangroei (paragraaf 4.3.3.2 en Kuiters et al., 2017; paragraaf 2.10 (hoofdstuk 2)). Ook was er tot de eind jaren 90 afslag aan de kwelderrand in het Westen van het Neerlands Reid, maar door de aanleg van een stortstenen dam in 1998-1999 is de erosie geremd en het wad tussen de dam en kwelderrand dichtgeslibd en heeft er zich opnieuw kweldervegetatie gevestigd (paragraaf 4.3.3.1; Van Loon-Steensma & Slim 2013; Van Loon-Steensma et al., 2015).

4.13.8 Beheeradviezen

Verschillende factoren kunnen een toename van vernatting op het Neerlands Reid tot gevolg hebben. Een toename in overvloedingen, het maaiveld dichter bij het grondwaterniveau, toenemende hoogteverschillen tussen kommen en oeverwallen en nivellering van het kwelderoppervlak kunnen allemaal tot vernatting leiden. De aanwezigheid van vee kan in drassige omstandigheden de bodem vertrappen en daarmee regressie van de vegetatie versnellen. Als blijkt dat een verdere en onwenselijke regressie van de vegetatie optreedt en dit het gevolg is van lokale vernatting, dan zouden twee aanpassingen van het beweidingsbeheer de regressie en vertrapping kunnen beperken:

- Het eerder uitscharen van het vee in het najaar. Als dit voor het eind van het groeiseizoen gebeurt geeft dit de vegetatie de kans om te herstellen voor de najaars- en winterstormen.
- Het (tijdelijk) uit beweiding nemen van de laaggelegen en meest kwetsbare delen van de kwelder.

4.13.9 Kennishiaten

Uit de evaluatie van de monitoringresultaten zijn enkele kennishiaten naar voren gekomen die te maken hebben met de hydrologie. Bodemdaling, beweiding en grondwaterstand kunnen in principe allemaal een effect hebben op de ontwatering en daarmee op de drassigheid van de kwelder. Het nader bestuderen van de volgende onderwerpen zou mogelijk kunnen helpen waargenomen ontwikkelingen beter te verklaren:

- *Vergelijking dichtheid kreken, kreekgroei en poelvorming in de tijd en tussen Ameland en één of meer referentie eilanden*. Bodemdaling kan kreekgroei stimuleren en dit zorgt ervoor dat locaties verderweg van de sedimentbronnen op den duur ook gaan opslibben. Dit proces zou de flexibiliteit van kwelders om bodemdaling te compenseren kunnen vergroten.
- *Hydrologie van Neerlands Reid*. Voor zover bekend, is er geen overzicht van de drainageactiviteiten op Neerlands Reid in verleden en heden. De activiteiten kunnen zowel het (gedeeltelijk) afdammen van kreken betreffen om ontsluiting van delen van de kwelder voor het vee mogelijk te maken, als het graven van greppels om ontwatering (lokaal) te bevorderen.
- *Grondwaterniveau onder het Neerlands Reid en De Hon*. Inzicht hierin kan bv. mogelijk een deel van de regressie noordelijk en oostelijk van de Oerdsloot helpen verklaren.
- *Effecten van nivellering van het kweldermaaiveld op drainage*. Dit kan mogelijk met een model gesimuleerd worden waarbij de snelheid van het terugstromende water na een hoog tij met en zonder bodemdaling wordt gesimuleerd. Ook kan hiermee mogelijk bepaald worden hoeveel water stagneert en achterblijft op het kwelderoppervlak.
- *Gebruik Neerlands Reid door het vee*. Hierbij wordt bijvoorbeeld gedacht aan verschillentussen typen vee wat verspreiding over de kwelder betreft, tot welke lengte de vegetatie wordt teruggebracht, voor welke vegetatie ze een voorkeur hebben en de hoeveelheid biomassa die per soort wordt opgegeten. In de verschillende deelgebieden zullen bepaalde grazige stukken met kweldergras of roodzwenkgras naar verwachting intensiever begraasd worden dan andere stukken met bijv. Zoutmelde of Zeealsem. Daarnaast zou een overzicht van de mate van vertrapping in combinatie met vochtigheidstoestand van de bodem kunnen helpen bij het interpreteren van de vegetatieontwikkeling.

Verder zou het interessant zijn te onderzoeken of het mogelijk is de vegetatieveranderingen tussen 1993 en 2014, zoals gesignaleerd met behulp van de vlakdekkende VEGWAD-vegetatiekaarten, statistisch te analyseren, zodat de oorzaak van de veranderingen beter bepaald kan worden. Dit geldt

met name voor Neerlands Reid, omdat daar veel factoren een rol blijken te kunnen spelen bij de waargenomen veranderingen in de vegetatie. Daarnaast kunnen door een vergelijking tussen Neerlands Reid en De Hon mogelijk de effecten van beweiding beter in kaart gebracht worden.

4.14 Literatuur

Adam, P., 1990. Saltmarsh ecology. Cambridge studies in ecology. Cambridge University Press.

Allen, J.R.L., 1999. Geological impacts on coastal wetland landscapes: some general effects of sediment autocompaction in the Holocene of northwest Europe. Holocene, 9: 1-12.

Allen, J.R.L., 2000. Morphodynamics of Holocene salt marshes: a review sketch from the Atlantic and Southern North Sea coasts of Europe. Quaternary Science Reviews, 19: 1155-1231.

Armstrong, W., E.J. Wright, S. Lythe & J.T. Gaynard, 1985. Plant zonation and the effects of the spring-neap tidal cycle on soil aeration in a Humber salt marsh. J. Ecol. 73: 323-339.

Bakker, J.P., 1989. Nature management by grazing and cutting- On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht.

Bakker, J.P., 1997. Natuurbeheer in kustsystemen. Inauguratierede. RU Groningen, 36 p.

Bakker, T.W.M., Klijn, J.A. & Van Zadelhoff, F.J., 1979. Deelrapport Ameland (behorende bij Basisrapport TNO Duinvalleien). Studie- en informatiecentrum TNO voor milieu-onderzoek, Delft. 17 p. + 3 bijlagen

Bartholdy, A.T., Bartholdy, J.& Kroon, A., 2010a. Salt marsh stability and patterns of sedimentation across a backbarrier platform. Marine Geology 278: 31-42.

Bartholdy, J., Pedersen, J.B.T., Bartholdy, A.T., 2010b. Autocompaction of shallow silty salt marsh clay. Sedimentary Geology, 223(3-4): 310-319.

Bayliss-Smith, T.P., Healey, R., Lailey, R., Spencer, T. & D.R. Stoddart, 1979. Tidal flows in salt marsh creeks. Estuarine and Coastal Marine Science, 9: 235-255.

Beeftink, W.G., 1986. De betekenis van de factor getij voor de schorrevegetatie. In: J. Rozema (ed.), Oecologie van estuariene vegetatie. Vrije Universiteit, Amsterdam; Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke, 45 p.

Beeftink, W.G., 1987a. De betekenis van de factor getij voor de schorrenvegetatie. In: J. Rozema. Oecologie van estuariene vegetatie. Vrije Universiteit Amsterdam; Delta Instituut voor Hydrologisch Onderzoek, Yerseke: 1-45.

Beeftink, W.G., 1987b. Vegetation responses to changes in tidal inundation of salt marshes. In: J. van Andel, J.P. Bakker & R.W. Snaydon (eds), Disturbance in grasslands. Junk Publishers, Dordrecht, 97-117.

Bertness, M.D. & A.M. Ellison, 1987. Determinants of pattern in a New England salt marsh plant community. Ecological Monographs 57: 129-147

Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, 2006. Monitoringsplan Ameland bodemdaling 2006-2020.

Boorman, L.A., Pakeman, R., Greatorix-Davis, N., Garbutt, A., Ashton, C.L., Pittman, S. & R. Walker, 1993. The effects of environmental change on European salt marshes. Results of vegetation, water and sediment studies from the UK sites. ITE Project T08074A5, Progress Report: 2-9.

Bos, D., Bakker, J.P., De Vries, Y., Van Lieshout, S., 2002. Long-term vegetation changes in experimentally grazed and ungrazed back-barrier marshes in the Wadden Sea. Applied Vegetation Science 5: 45-54

Bossinade, J.H. , van den Bergs, J. & Dijkema, K.S., 1993. De invloed van de wind op het jaargemiddelde hoogwater langs de Friese en Groninger waddenkust. Rijkswaterstaat Directie Groningen/DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel. 22 p.

Braaksma, S.D., 2014. Bijlage; Monitoringsprogramma Gaswinning Ameland. In: Directoraat-generaal Natuur & Regio Directie Regio en Ruimtelijke Economie (ed.).

Brinkman, A.G., de Groot, A.V. & van der Wal, J.T., 2017. Bodemdaling en opslibbing op de kwelders van Ameland, een modelstudie. Wageningen Marine Research Rapport C006/17, Den Helder (*in prep*.).

Carter, R.W.G., 1988. Coastal Environments - An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press - London, chapter 9, Coastal Wetlands - salt marshes: 335-346.

Church, J.A., Monselesan, D., Gregory, J.M. & Marzeion, B., 2013. Evaluating the ability of process based models to project sea-level change. Environ. Res. Lett. 8: 014051 (8pp). doi:10.1088/1748-9326/8/1/014051

Dankers, N., Dijkema, K.S., Londo, G., Slim, P.A., 1987. De ecologische effecten van bodemdaling op Ameland. RIN-rapport 87/14. RIN, Texel. 86 p.

De Groot, A.V., van Regteren, M. & van der Weide, B., 2016. Opslibbing en vegetatie kwelder Ameland-Oost; Jaarrapportage 2015. Rapport Imares Wageningen UR C049/16, Den Helder. 26 p. + bijlagen

De Groot, A.V., R.M. Veeneklaas & J.P. Bakker, 2011. Sand in the salt marsh: Contribution of high-energy conditions to salt-marsh accretion. Marine Geology 282: 240-254.

De Groot, A.V., van Duin, W.E., Brinkman, B. & de Vries, P., 2014. Sedimentatiemodel kwelders Ameland Fase 1: ontwerp en haalbaarheid. Rapport Imares Wageningen UR C025/14, Texel. 47 p.

De Groot, A.V., A.P. Oost, R.M. Veeneklaas, E.-J. Lammerts, W.E. van Duin, B.K. van Wesenbeeck, E.M. Dijkman & E.C. Koppenaal, 2015. Ontwikkeling van eilandstaarten - Geomorfologie, waterhuishouding en vegetatie. OBN-rapport 2014/OBN198-DK, Driebergen. 109 p.

De Jong, D.J., Dijkema, K.S., Bossinade, J.H. & Janssen, J.A.M., 1998. SALT97. Classificatieprogramma voor kweldervegetaties. Rijkswaterstaat RIKZ, Dir. Noord-Nederland, Meetkundige Dienst; IBN-DLO. 23 p.

De Leeuw, J., Olff, H., Bakker, J.P., 1990. Year-to-year variation in peak above-ground biomass od six salt marsh angiosperm communities as related to rainfall deficit and inundation frequency. Aquatic Botany 36: 139-151.

De Vlas, J., 2017. Bodemdaling en opslibbing gereconstrueerd op Neerlands Reid. (dit rapport § 4.10)

Dijkema, K.S. 1983. The salt-marsh vegetation of the mainland coast, estuaries and Halligen. In: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds), Flora and vegetation of the Wadden Sea island and coastal areas. Balkema, Rotterdam; 185-220.

Dijkema, K.S. 1987 a. Geography of salt marshes in Europe. Z. Geomorph. N.F. 31, 4: 489-499.

Dijkema, K.S., 1987 b. Changes in salt-marsh area in the Netherlands Wadden Sea after 1600. In: A.H.L. Huiskes, C.W.P.M. Blom & J. Rozema (eds), Vegetation between land and sea. Junk, Dordrecht, 42-49.

Dijkema, K.S., 1997. Impact prognosis for salt marshes from subsidence by gas extraction in the Wadden Sea. Journal of Coastal research 13: 1294-1304.

Dijkema, K.S. & Bossinade, J., 1990. Vegetatieclassificatie van Waddenzeekwelders volgens een vast typenstelsel. Intern RIN-rapport 90/15. Rijkswaterstaat Directie Groningen/Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Texel. 37 p.

Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Bouwsema, P. & De Glopper, R.J., 1990. Salt marshes in the Netherlands Wadden Sea: rising high-tide levels and accretion enhancement. In: J.J. Beukema, W.J. Wolff & J.J.W.M. Brouns (eds), Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystems. Kluwer Publishers, Dordrecht, 173-188.

Dijkema, K.S., Bossinade, J.H., Van den Bergs, J. & Kroeze, T.A.G., 1991. Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. RIN-rapport 91/10; RWS Directie Groningen, Nota GRAN 1991-2002, 156 p.

Dijkema, K.S., De Jong, D.J., Vreeken-Buijs, M.J. & Van Duin, W.E., 2005 a. Kwelders en schorren in de Kaderrichtlijn Water. Ontwikkeling van Potentiële Referenties en van een Potentiëel Goede Ecologische Toestand. Alterra-Texel, Wageningen UR; Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg; Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ITC, Delft. RIKZ/2005.020. 62 p.

Dijkema, K.S., De Jong, D.J., Vreeken-Buijs, M.J. & Van Duin, W.E., 2005 b. Salt marshes in the Water Framework Directive. Development of Potential Good Ecological Statuses. Alterra-Texel, Wageningen UR; Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg; Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ITC, Delft. RIKZ/2005.020. 62 p.

Dijkema, K.S., W.E. van Duin & H.F. van Dobben, 2005 c. Kweldervegetatie op Ameland: effecten van veranderingen in de maaiveldhoogte van Nieuwlandsrijd en De Hon. In: Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning. Begeleidingscommissie Monitoring Ameland. 97 p.

Dijkema, K.S., van Duin, W.E., Dijkman, E.M. & van Leeuwen, P.W., 2007. Monitoring van kwelders in de Waddenzee. Rapport in het kader van het WOT programma Informatievoorziening Natuur i.o. (WOT IN). Alterrarapport 1574; Imares-rapport C104/07; WOT IN serie nr. 5. 63 p. Dijkema, K.S.,

Dijkema, K.S., A.S. Kers & W.E. van Duin, 2010. Salt marshes: applied long-term monitoring. In: Marencic, H., Eskildsen, K., Farke, H. and Hedtkamp, S., (Eds.). Science for Nature Conservation and Management: the Wadden Sea Ecosystem and EU Directives. Proceedings of the 12th International Scientific Wadden Sea Symposium in Wilhelmshaven, Germany, 30 March - 3 April 2009. Wadden Sea Ecosystem No. 26. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. 35-40.

Dijkema, K.S., Van Dobben, H.F., Koppenaal, 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 (ed.), Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost deel 2: 1-150.

Ehlers., J., 1988. The Morphodynamics of the Wadden Sea. Balkema Publishers, Rotterdam. 397 p.

Elschot, K., Bouma, T.J., Temmerman, S., Bakker, J.P., 2013. Effects of long-term grazing on sediment deposition and salt-marsh accretion rates. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 133: 109-115.

Elschot, K., 2015. Effects of vegetation patterns and grazers on tidal marshes. PhD thesis, Rijksuniversiteit Groningen, 146 p.

Elschot, K., Bakker, J.P., Temmerman, S., van de Koppel, J. & Bouma, T.J., 2015. Ecosystem engineering by large grazers enhances carbon stocks in a tidal salt marsh. Marine Ecology Progress Series 537: 9-21.

Esselink, P., 2000. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Thesis University of Groningen. 253 p.

Esselink, P., Dijkema, K.S. Reents, S. & Hageman, G., 1998. Vertical accretion and profile changes in abandoned man-made tidal marshes in the Dollard estuary, The Netherlands. Journal of Coastal Research 14: 570-582.

Esselink, P., J. Petersen, S. Arens, J.P. Bakker, J. Bunje, K.S. Dijkema, N. Hecker, U. Hellwig, A.-V. Jensen, B. Kers, P. Körber, E.J. Lammerts, G. Lüerßen, H. Marencic, M. Stock, R. Veeneklaas, M. Vreeken & M. Wolters, 2010. QSR 2009. Salt Marshes. Thematic Report No. 8. Trilateral Monitoring and Assesment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.

Esselink, P., Ens, B., Lagendijk, G., Mandema, F., Nolte, S., Tinbergen, J., Van Klink, R., Wallis de Vries, M., Bakker, J., 2016. De invloed van beweiding op de biodiversiteit van kwelders. De Levende Natuur 117: 196-202

Eysink, W.D., Dankers, N., Dijkema, K.S., Van Dobben, H.F., Smit, C.J. & De Vlas, J., 1995. Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen en Texel, Waterloopkundig Laboratorium, Lelystad. 66p.+ figuren, tabellen en appendix.

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.

Feekes, W., 1950. Bouw en plantengroei. In: G.A. Brouwer et al., Griend, het vogeleiland in de Waddenzee. Martinus Nijhoff, 's Gravenhage: 82-187.

French, J., Spencer, T. & Stoddart, D., 1990. Backbarrier salt marshes of the north Norfolk coast: geomorphic development and response to rising sea-level. Ecology and Conservation Unit, paper no. 54, University College London, 35 p.

French, J.R. & Stoddart, D.R., 1992. Hydrodynamics of salt marsh creek systems: Implications for marsh morphological development and material exchange. Earth Surface Processes and Landforms 17: 235-252.

Grotjahn, M., Michaelis, H., Obert, B. & Stephan, H.-J., 1983. Höhenentwicklung, Sediment, Vegetation und Bodenfauna in den Landgewinnungsfeldern beiderseits des Cappeler Tiefs (1957-1978). Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz 34, Jber.1982: 64-93.

Hennekens, S., 2009. Protocol 'Vegetatieopname', Alterra, Wageningen.

Kamps, L.F., 1956. Slibhuishouding en landaanwinning in het oostelijk waddengebied. Rijkswaterstaat Directie Landaanwinning, Baflo, 93 p.

Kamps, L.F., 1962. Mud distribution and land reclamation in eastern wadden shallows. Rijkswaterstaat Communications 4: 1-73.

Kers, A.S., Van Wijnen, H.J. & G. Walrecht, 1998. Kleidikte, opslibbing en vegetatie Oosterkwelder Schiermonnikoog. Laboratorium voor Plantenoecologie, RU Groningen, 36 p. + 14 bijlagen.

Kersten, M., K. Rappoldt & K. van Scharenburg (1997). Wadvogels op Ameland. In: Vogels van Ameland, M. Versluys, H. Engelmoer, D. Blok & R. van der Wal. Friese Pers Boekerij, Leeuwarden.

Kestner, F.J.T., 1975. The loose-boundary regime of the wash. Geogr. J., 141: 388-414.

Ketelaar, G., Van de Veen, W., Doornhof, W., 2011. Bodemdaling. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (Ed.), Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost, pp. 10-27.

Kiewiet, R.T., 1985. Het Oerd en De Hon op Ameland. Het Wadden Bulletin 20 (1): 11-13.

Koppenaal, E.C., Dijkema, K.S., Van Dobben, H.F., Temmerman, S., De Groot, A.V. & Bakker, J.P. Salt-marsh accretion in response to accelerated sea-level rise: long-term experimental evidence (*in prep*.[a]).

Koppenaal, E.C., Dijkema, K.S., Van Dobben, H.F., Temmerman, S. & Bakker, J.P. The (in)stability of salt-marsh vegetation in response to accelerated sea-level rise (*in prep*.[b]).

Krol, J., 2011. Monitoring van inundatie in duinvalleien op Oost-Ameland 2001-2011. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (ed.), Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost deel 2: 169-207.

Long, S.P. & Mason, C.F., 1983. Saltmarsh ecology. Tertialy level biology. Blackie, Glasgow - London. Chapter two, Saltmarsh formation, physiography and soils: 12-38.

Meijer, J., Vriens, G., Krap, S. & Lammerts, E.J., 2016. Natura 2000-ontwerpbeheerplan Ameland (5). Dienst Landelijk Gebied/Rijksdienst voor Ondernemend Nederland en Staatsbosbeheer. 484 p.

Molenaar, W., 2001. Begrazingsonderzoek Het Nieuwlandsrijd. Natuurcentrum Ameland. Nes.

Molenaar, W., 2005. Begrazingsonderzoek het Nieuwlandsrijd. Inventarisatie van de begrazing van het Nieuwlandsrijd door vee en ganzen. Vervolgonderzoek 2001-2004. Natuurcentrum Ameland. Nes.

Molenaar, W, 2008. Begrazingsonderzoek het Nieuwlandsrijd. Inventarisatie van de begrazing van het Nieuwlandsrijd door vee en ganzen. Voortgangsrapportage 2007. Natuurcentrum Ameland. Nes.

Molenaar, W & J. Krol, 2011. Begrazingsonderzoek het Nieuwlandsrijd. Inventarisatie van de begrazing van het Nieuwlandsrijd door vee en ganzen. In: Vlas, J. de, e.a.. Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost : evaluatie na 23 jaar gaswinning, Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland.

Molenaar, W.J. & J. Krol, 2016. Begrazingsonderzoek Neerlands Reid. 3.8 Inventarisatie van de begrazing van het Neerlands Reid door vee en ganzen. Natuurcentrum Ameland. 20 p.

Nehring, S. & Hesse, K.-J., 2008. Invasive alien plants in marine protected areas: the Spartina anglica affair in the European Wadden Sea. Biological Invasions 10: 937-950.

Nolte, S., 2014. Grazing as a nature management tool. The effect of different livestock species and stocking densities on saltmarsh vegetation and accretion. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen.

Nolte, S., Koppenaal, E.C., Esselink, P., Dijkema, K.S., Schuerch, M., De Groot, A.V., Bakker, J.P. & Temmerman, S., 2013a. Measuring sedimentation in tidal marshes: a review on methods and their applicability in biogeomorphological studies. Journal of Coastal Conservation 17: 301-325.

Nolte, S., Müller, F., Schuerch, M., Wanner, A., Esselink, P., Bakker, J.P. & Jensen, K., 2013b. Does livestock grazing effect sediment deposition and accretion rates in saltmarshes? Estuarine, Coastal and Shelf Science 135: 296-305.

Nolte, S., Esselink, P., Bakker, J.P. & Smit, C., 2015. Effects of livestock species and stocking density on accretion rates in grazed salt marshes. Estuarine, Coastal and Shelf Science 152: 109-115.

Olff, H., Bakker, J.P. & Fresco, L.F.M., 1988. The effect of fluctuations in tidal inundation frequency on a salt marsh vegetation. Vegetatio 78: 13-19.

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 Bodemdalingsstudie Waddenzee. Instituut voor Aardwetenschappen, Universiteit Utrecht (UU), Utrecht, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO), Texel, Waterloopkundig Laboratorium (WL | delft hydraulics), Delft, Nederlands Instituut Onderzoek der Zee (NIOZ), Texel, Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM), Assen.

Pestrong, R., 1965. The development of drainage patterns on tidal marshes. Stanford University Publications, Geological Sciences, Volume X, Number 2, 87 p.

Petersen, J., Kers, B. & Stock, M., 2014. TMAP-Typology of Coastal Vegetation in the Wadden Sea Area. Trilateral Salt Marsh and Dunes Expert Group and Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven Germany. 86 p.

Piening, H., 2014. Excel utility to compute spatially correlated deformation estimates for Ameland (version 2014). Nederlandse Aardoliemaatschappij, Assen.

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. J. Coastal Conservation 5: 81-90.

Reents, S., 1995. Vergelijking van het kunstmatige afwateringssysteem in de kwelderwerken met natuurlijke kreeksystemen. Stageverslag Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland en IBN-DLO, Texel, 97 p. incl. bijlagen.

Reents, S., Dijkema, K., van den Bergs, J., Bossinade, J. & de Vlas, J., 1999. Drainage systems in the Netherlands foreland salt marshes and natural creek systems. Senckenbergiana maritima 29 (Suppl.): 125-126.

Rus, J.S. & Bakker, H., 2012. Hydrologische systeemanalyse Waddeneilanden; Ameland, Vitens, Royal Haskoning, Groningen.

Sanders, M.E. & Slim, P.A., 2000. Monitoring kwelderrand Oerderduinen. Een onderzoek naar de effecten van bodemdaling door gaswinning op de morfologie en vegetatie van de kuststrook ten zuiden van de Oerderduinen op Ameland-oost. Alterra-rapport 007, Wageningen. 49 p.

Sanders, M.E., Slim, P.A. & Wegman, R.M.A, 2005. Monitoring kwelderrand Oerderduinen. Alterra-rapport, Wageningen. 52 p.

Scholten, M.., Blaauw, P.A., Stroetenga, M. & Rozema, J., 1987. The impact of competitive interactions on the growth and distribution of plant species in salt marshes. In: A.H.L. Huiskes, C.W.P.M. Blom & J. Rozema (eds), Vegetation between land and sea. Junk, Dordrecht, Boston, Lancaster: 270-281.

Scheepens, J.F., Veeneklaas, R.M., Van de Zande, L., Bakker, J.P., 2007. Clonal structure of *Elytrigia atherica* along different successional stages of a salt marsh. Molecular Ecology 16:1115-1124.

Schroevers, P. & Van Leeuwen, C., 1962. Excursierapport Ameland. RIVON.

Slim, P.A., Wegman, R.M.A., Sanders, M.E., Huiskes, H.P.J & van Dobben, H.F., 2011. Monitoring kwelderrand Oerderduinen. Alterra Wageningen. 58 p.

Steers, J.A., 1959. Salt marshes. Endeavour 18 (70): 75-82.

Steers, J.A., 1977. Physiography. In: V.J. Chapman (ed.), Wet coastal ecosystems. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam - Oxford - New York, 31-60.

Stoddart, D.R., Reed, D.J. & French, J.R., 1989. Understanding salt marsh accretion, Scolt Head Island, Norfolk, England. Estuaries 12: 228-236.

TCBB (Technische Commissie Bodembeweging), 2009. Van Meting naar Daling. Bodemdaling door delfstofwinning. 78 p.

Temmerman, S., Bouma, T.J., Van de Koppel, J., Van der Wal, D., De Vries, M.D.,Herman, P.M.J, 2007. Vegetation causes channel erosion in a tidal landscape. Geology 35: 631.

Ten Haaf, M.E. & Buijs, P.H., 2008. Morfologie en dynamiek van washoversystemen. Verkennende studie voor de Nederlandse Waddeneilanden. Deelrapportage Verdiepende studie Morfologie, onderdeel van verkennende studie Expertteam Droge Wad - Het Tij Geleerd.

Van de Koppel, J., Wal, D. van der, Bakker, J.P. & Herman, P.M.J., 2005. Self-organisation and vegetation collapse in salt marsh ecosystems. The American Naturalist 165 (1): E1-E12.

Van Diggelen, J., 1988. A comparative study on the ecophysiology of salt marsh halophytes. Thesis Free University, Amsterdam. 208 p.

Van Duin, W.E., Dijkema, K.S. & Zegers, J., 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlannen. IBN-rapport 326, Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek, Texel, 104 p.

Van Duin, W.E., Jongerius, H., Nicolai, A., Jongsma J.J., Hendriks, A. & Sonneveld, C., 2016. Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2014. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 68, Wageningen IMARES, Den Helder, 91 p.

Van Loon-Steensma, J.M. & Slim, P.A., 2013. The impact of erosion protection by stone dams on salt-marsh vegetation on two Wadden Sea barrier islands. Journal of Coastal Research 29: 783-796.

Van Loon-Steensma, J.M., Van Dobben, H., Slim, P.A., Huiskes, H.P.J. & Dirkse, G.M., 2015. Does vegetation in restored salt-marshes equal naturally develloped vegetation? Applied Vegetation Science 18: 674-682.

Van Straaten, L.M.J.U., 1964. De bodem der Waddenzee. In: Het Waddenboek. Nederlandse Geologische Vereniging, Thieme: 75-151.

Van Wijnen, H., 1999. Nitrogen dynamics and vegetation succession in salt marshes. Thesis University of Groningen. 152 p.

Veeneklaas, R.M., Dijkema, K.S., Hecker, N. & Bakker, J.P., 2013. Spatio-temporal dynamics of the invasive plant species *Elytrigia atherica* on natural salt marshes. Applied Vegetation Science 16: 205-216.

Verhoeven, B., 1983. Geomorphology and soil of salt marshes. in: K.S. Dijkema & W.J. Wolff (eds), Flora and vegetation of the Wadden Sea islands and coastal areas. Final report of the section 'Flora and vegetation of the islands' of the Wadden Sea Working Group: 26-37.

Verhoeven, B. & Akkerman, J., 1967. Buitendijkse mariene gronden, hun opbouw, bedijking en ontginning. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Van Zee tot Land 45: 9-63.

Vince, S.W. & Snow, A.A., 1984. Plant zonation in an Alaskan salt marsh. I. Distribution, abundance and environmental factors. J. Ecol. 72: 651-667.

Wanner, A., Suchrow, S., Kiehl, K., Meyer, W., Pohlmann, N., Stock, M. & Jensen, K., 2014. Scale matters: impacts of management regime on plant species richness and vegetation type diversity in Wadden Sea salt marshes. Agriculture Ecosystem & Environment 182: 69-79

Westhoff, V., Schaminee, J.H.J. & Dijkema, K.S., 1998. 26. Asteretea tripolii. In: J.H.J. Schaminée, E.J. Weeda & V. Westhoff (eds), De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en van binnenlandse pioniermilieus. Opulus Press, Uppsala, 89-130.

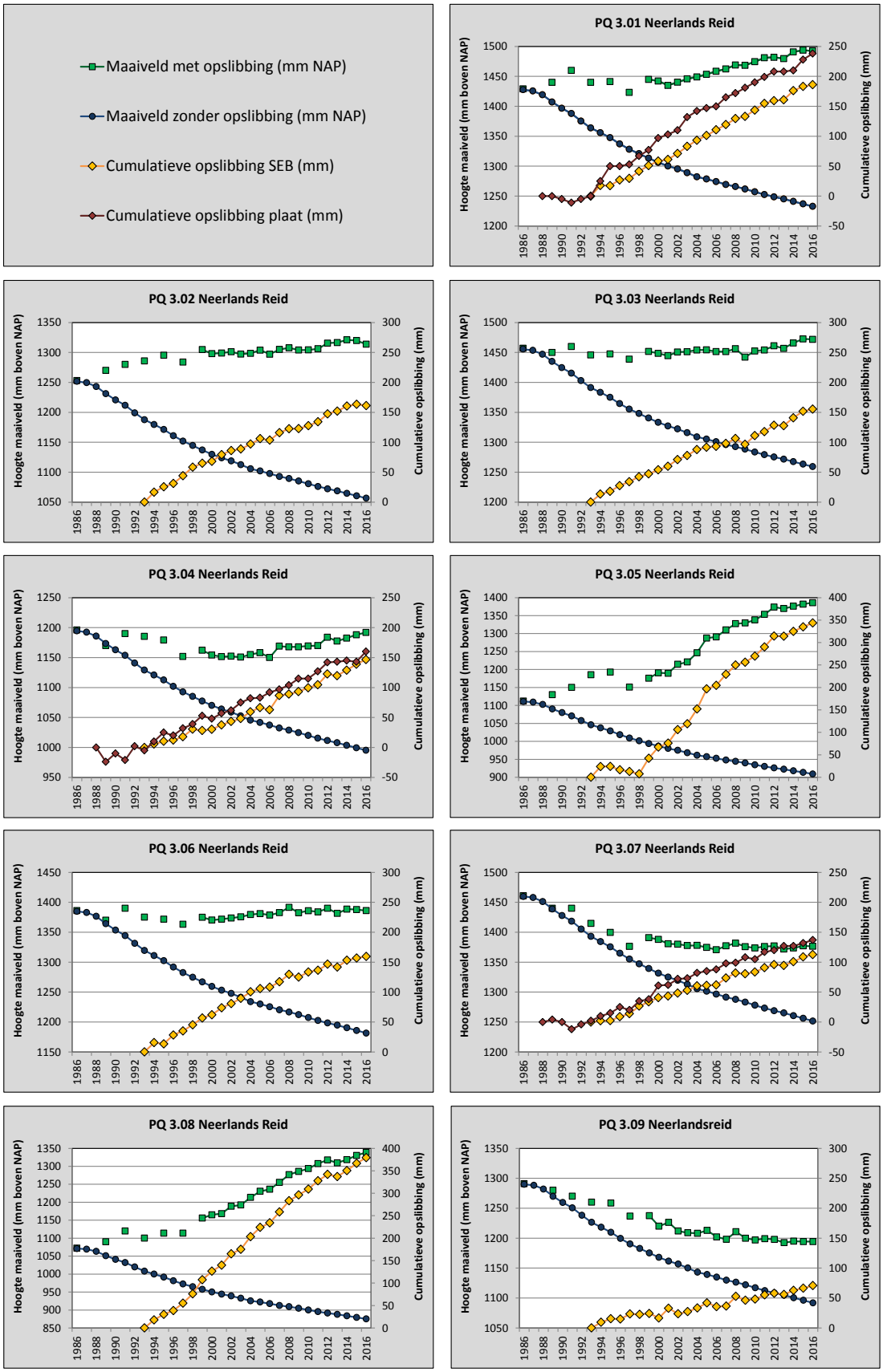
Yapp, R.H., Johns, D. & Jones, O.T., 1917. The salt marshes of the Dovey estuary. The British Ecological Society 5:65-103.

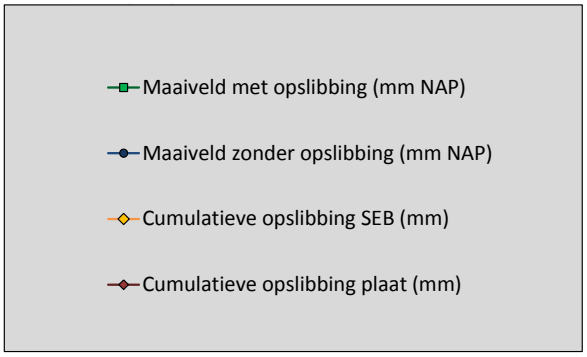
Bijlage 4A. Karakteristieken PQs Neerlands Reid (raai 3) en De Hon (raai 9)

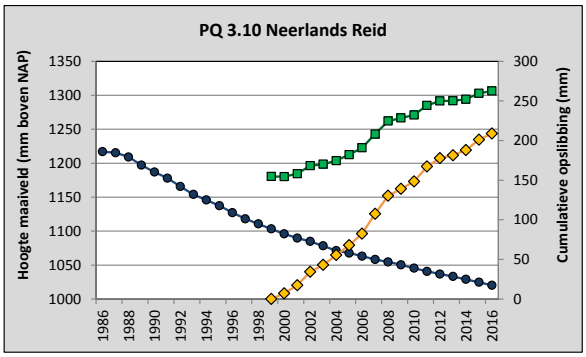
Kwelderzone	PQ	Drainage	Afstand PQ tot kreek in 2005	Geomorfologie
Pionier zone	3.2	1	18 m kreek 1e orde	kom
(ondergrens	3.4	0	20 m kreek 1e orde	kom
>5% bedekking	3.5	3	5 m kreek 1e orde	oeverwal
NAP + 86 cm)	3.9	0	22 m kreek 2e orde	kom
	3.10	3	0 m kreek 2e orde	oeverwal
	3.12	3	8 m kreek 1e orde	oeverwal
	9.1	2	Nvt (wadvlakte)	pionier/ vlakte
	9.2	2	15 m kreek 1e orde	pionier / vlakte
Lage kwelder zone	3.1	3	8 m kreek 1e orde	oeverwal
(ondergrens pre laag	3.6	3	3 m kreek 2e orde	oeverwal
NAP + 112 cm)	3.8	3	1 m kreek 2e orde	oeverwal
	3.13	3	8 m kreek 1e orde	oeverwal
	3.14	4	15 m kreek 1e orde	oude oeverwal
	3.15	4	17 m kreek 1e orde	oude oeverwal
	9.3	3	6 m kreek 2e orde	oeverwal
	9.4	3	2 m kreek 2e orde	oeverwal/vlakte
	9.6	2	Nvt	vlakte
Midden kwelder zone	3.3	4	20 m kreek 1e orde	oude oeverwal
(ondergrens	3.7	2	3 m kreek 3e orde	vlakte
Neerlands Reid	3.11	3	3 m kreek 2e orde	oeverwal
NAP + 146 cm)	3.16	4	17 m kreek 1e orde	oude oeverwal
	3.20	5	Nvt (> 20 m)	duinkopje
	3.21	2	24 m oud greppeltje	“zoute weide”
	9.5	3	8 m kreek 1e orde	oeverwal
(ondergrens De Hon	9.7	2	Nvt	vlakte
NAP + 136 cm)	9.8	2	Nvt	vlakte
	9.9	4	Nvt	oude oeverwal
	9.13	5	Nvt	duinkopje
Hoge kwelder zone	3.19	5	Nvt (> 20 m)	duinkopje
(ondergrens	3.22	5	Nvt (> 20 m)	duinkopje
NAP + 160 cm)	3.23	5	Nvt (> 20 m)	duinkopje
	3.24	5	Nvt (oud greppeltje)	duinkopje
	9.14	5	Nvt	duinkopje
Verstoorde PQs:				
vertrapping door vee	3.17	2	20 m kreek 2e orde	vlakte, vertrapt
	3.18	0	> 20 m kreek 2e orde	vlakte, vertrapt
vernatting door blokkering kreek	9.10	2	Nvt	kreekrug / plas
	9.11	0	Nvt	natte kom
	9.12	2	Nvt	kreekrug / plas

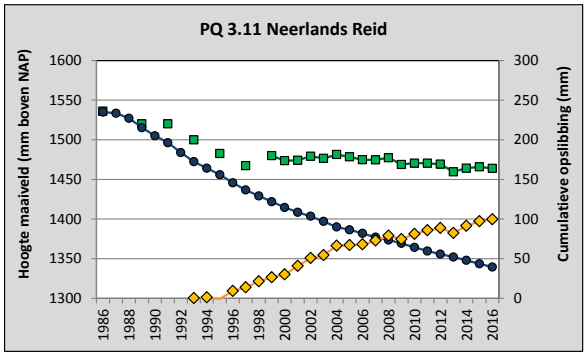
N.a.v. de audit 2005 is een nieuwe drainageschaal ontwikkeld en vanaf 2005 opgenomen:
0 = kom – nat (niets aangepast, verschil nat droog mogelijk)
1 = kom – droog (niets aangepast, verschil nat droog mogelijk)
2 = overgang – vlakte (3.7, 9.7, 9.8, 9.10, 9.12 aangepast 1986-2005)
3 = oeverwal – 1e + 2e orde (daardoor enkele PQs 3e orde naar 2)
4 = oude kreekrug (3.3, 3.14, 3.15, 3.16, 9.9 aangepast 1986-2005)
5 = duinkopje (3.19, 3.20, 3.22, 3.23, 3.24, 9.13, 9.14 aangepast 1986-2005)

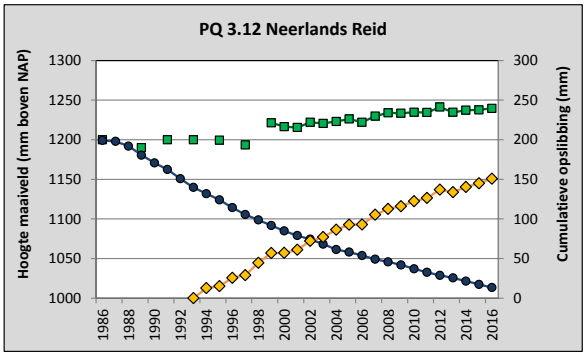
Bijlage 4B. Maaiveldhoogteontwikkeling PQs 1986-2016 (bodemdaling en opslibbing)

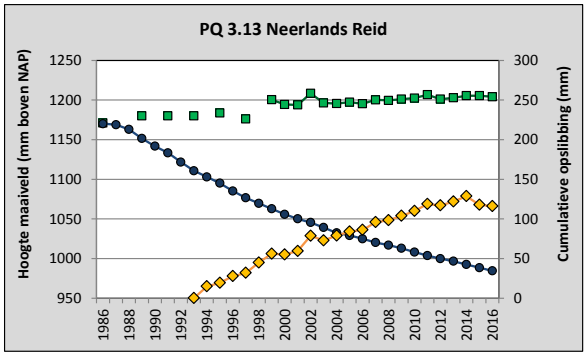


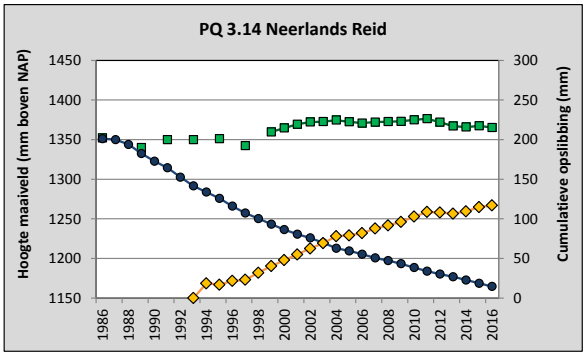

Maaiveld met opslibbing (mm NAP)
Maaiveld zonder opslibbing (mm NAP)
Cumulatieve opslibbing SEB (mm)
Cumulatieve opslibbing plaat (mm)

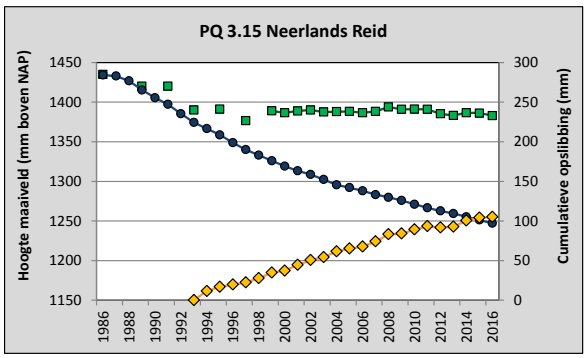

PQ 3.10 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

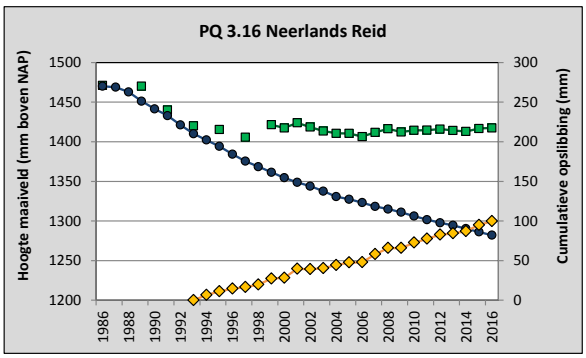

PQ 3.11 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

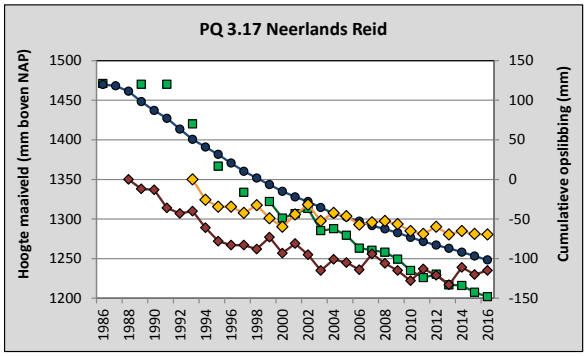

PQ 3.12 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

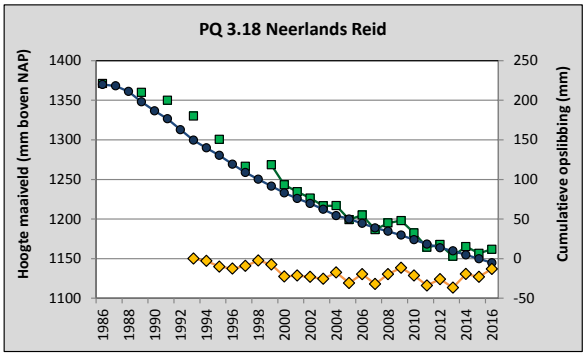

PQ 3.13 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

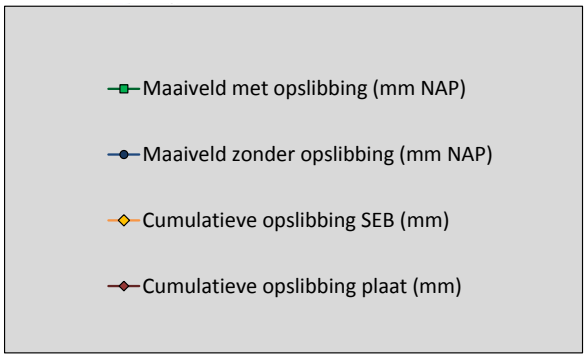

PQ 3.14 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

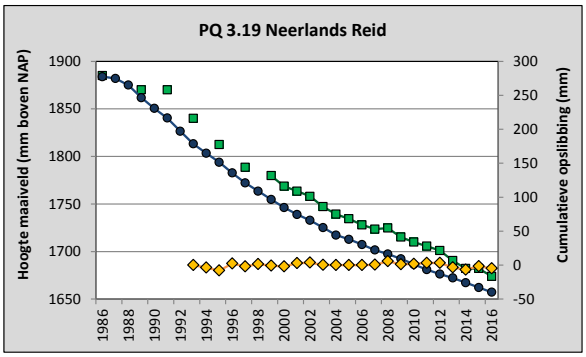

PQ 3.15 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

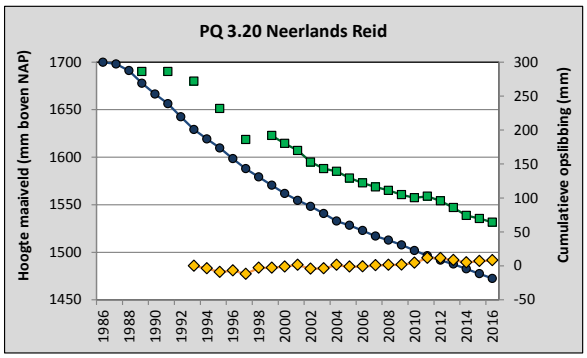

PQ 3.16 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

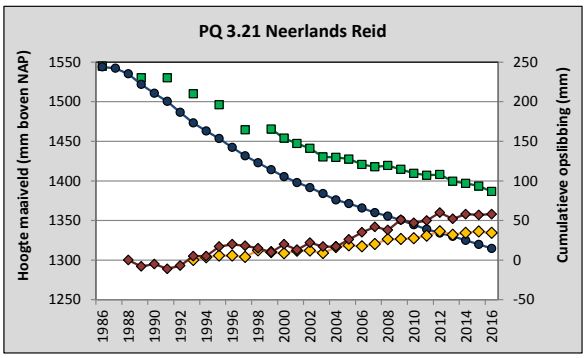

PQ 3.17 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

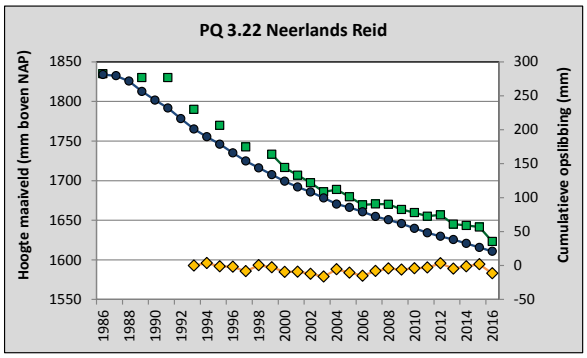

PQ 3.18 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

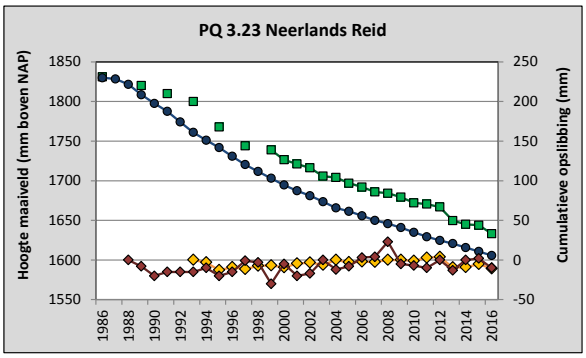

Maaiveld met opslibbing (mm NAP)
Maaiveld zonder opslibbing (mm NAP)
Cumulatieve opslibbing SEB (mm)
Cumulatieve opslibbing plaat (mm)

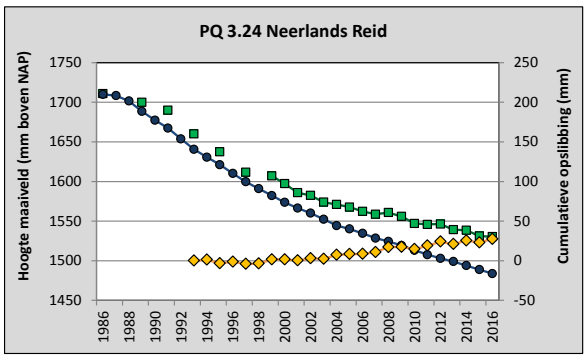

PQ 3.19 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

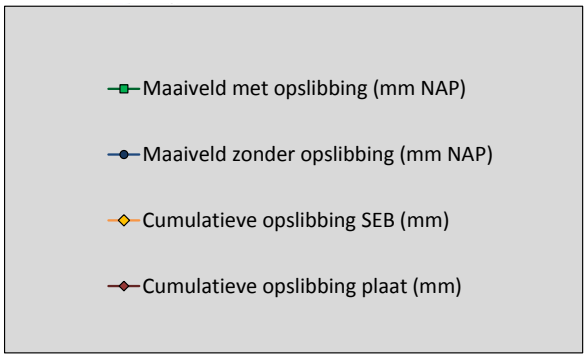

PQ 3.20 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

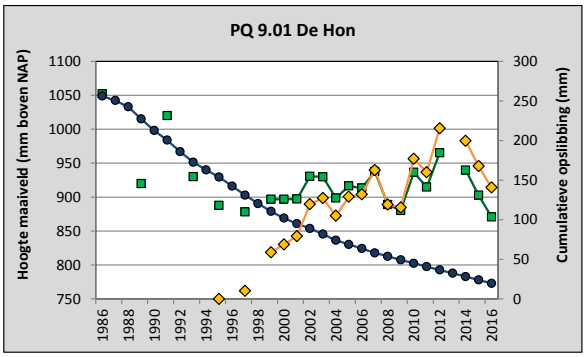

PQ 3.21 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

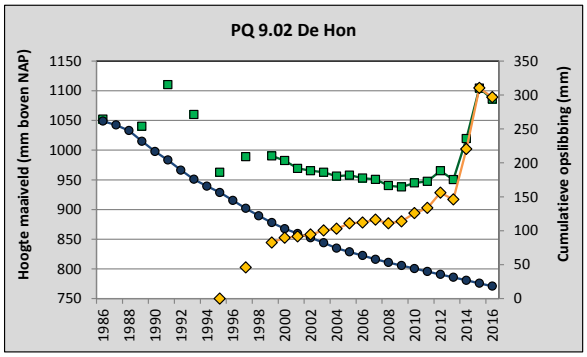

PQ 3.22 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

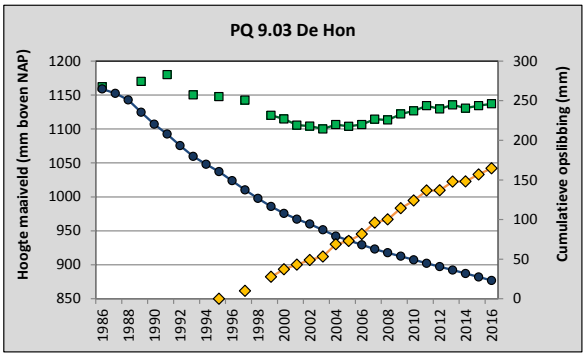

PQ 3.23 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

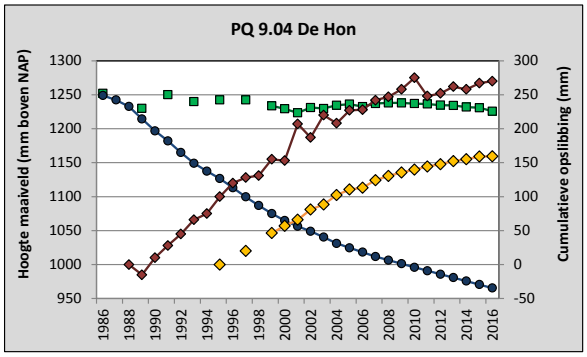

PQ 3.24 Neerlands Reid
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

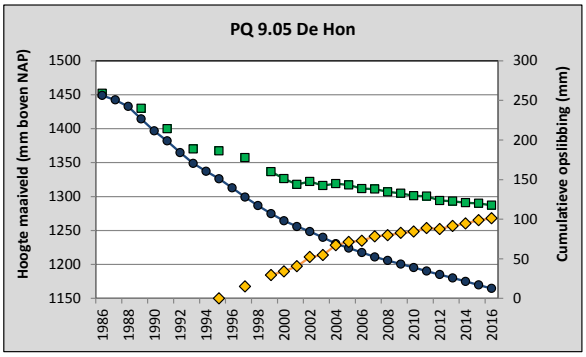

Maaiveld met opslibbing (mm NAP)
Maaiveld zonder opslibbing (mm NAP)
Cumulatieve opslibbing SEB (mm)
Cumulatieve opslibbing plaat (mm)

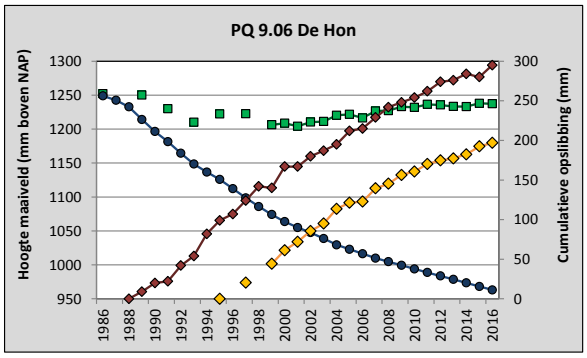

PQ 9.01 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

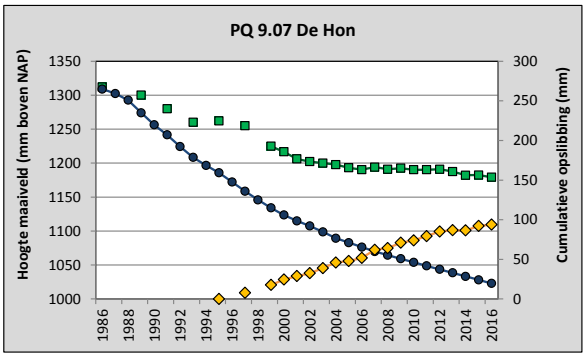

PQ 9.02 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

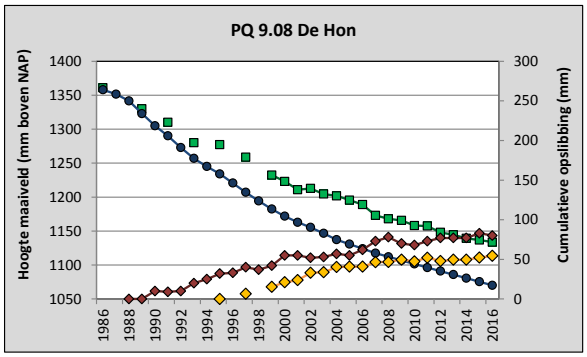

PQ 9.03 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

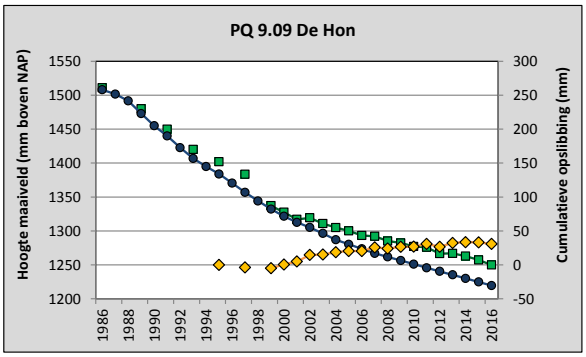

PQ 9.04 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

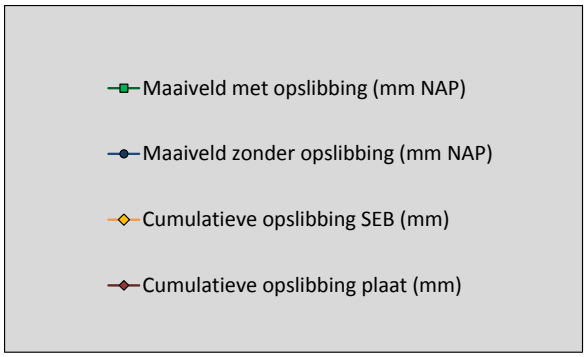

PQ 9.05 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

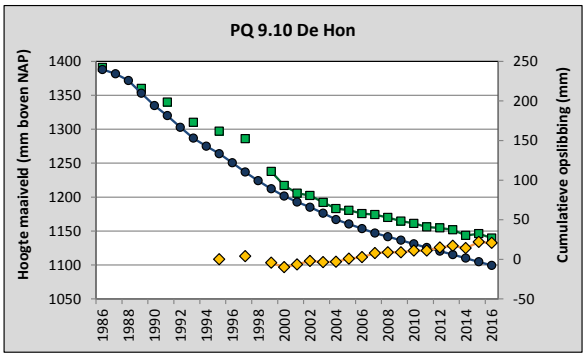

PQ 9.06 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

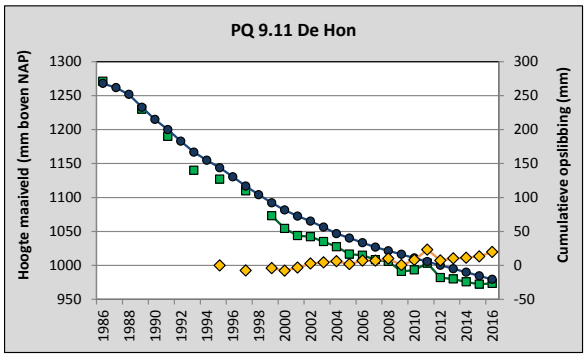

PQ 9.07 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

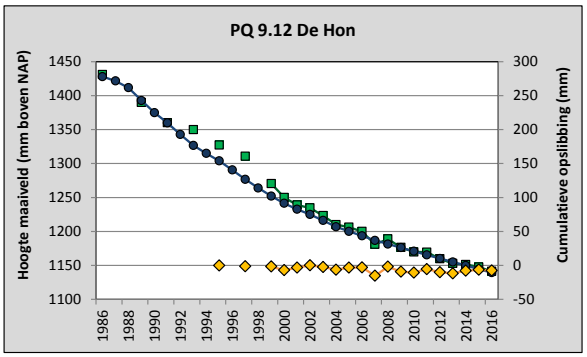

PQ 9.08 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

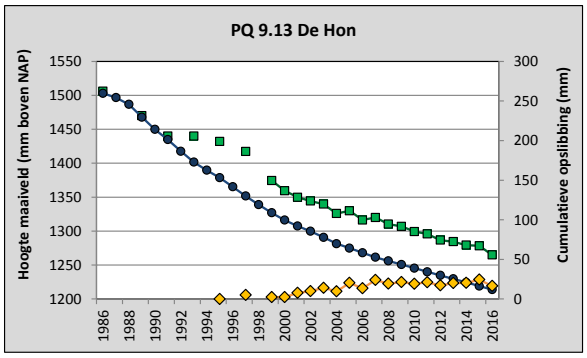

PQ 9.09 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

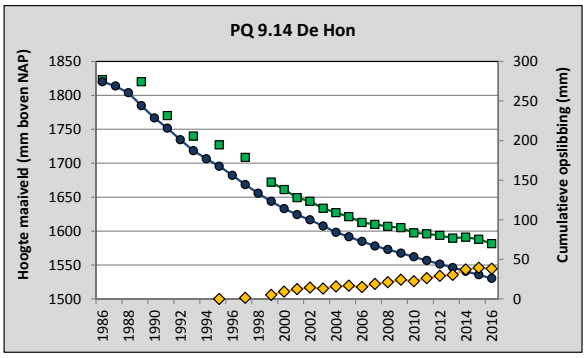

Maaiveld met opslibbing (mm NAP)
Maaiveld zonder opslibbing (mm NAP)
Cumulatieve opslibbing SEB (mm)
Cumulatieve opslibbing plaat (mm)


PQ 9.10 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

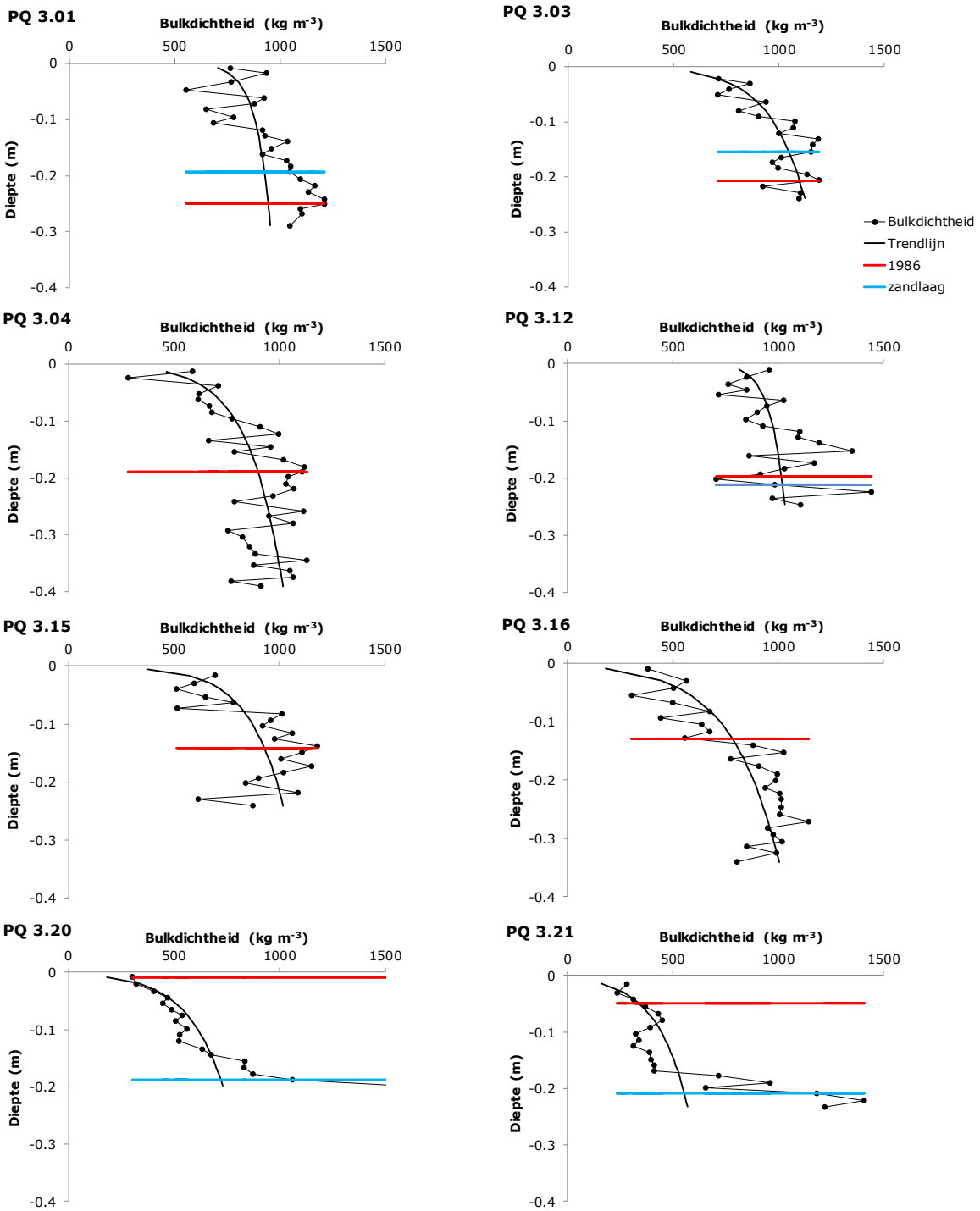

PQ 9.11 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)


PQ 9.12 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

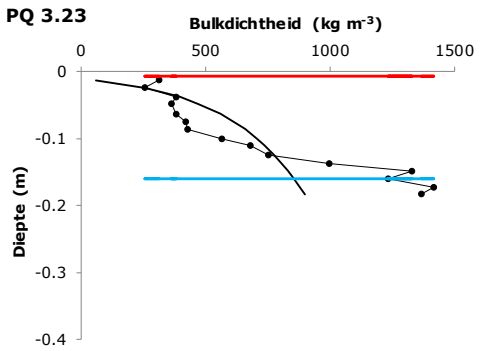

PQ 9.13 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

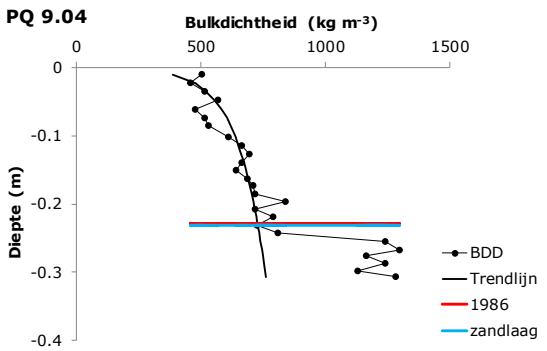

PQ 9.14 De Hon
Hoogte maaiveld (mm boven NAP)
Cumulatieve opslibbing (mm)

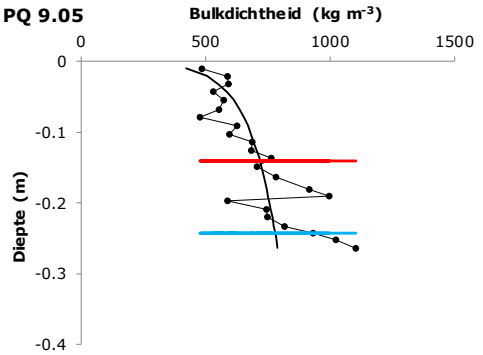
Bijlage 4C. Compactie

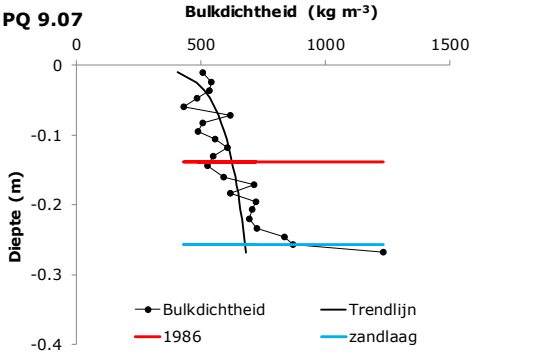


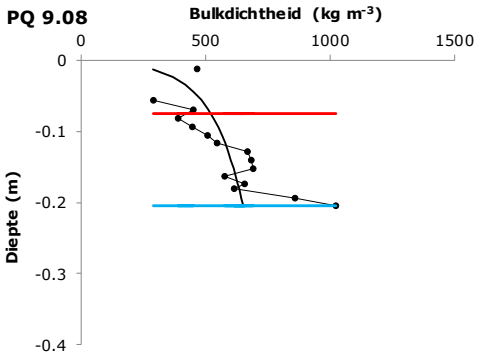
De bulkdichtheid afhankelijk van de diepte bij 14 PQs op de beweide kwelder Neerlands Reid (raai 3) en de onbeweide kwelder De Hon (raai 9). Door de data is een logaritmische trendlijn gefit (naar voorbeeld van Bartholdy et al, 2010 a,b). De diepte nul geeft het maaiveld in 2016 weer en de rode lijn geeft de positie van het maaiveld in 1986 weer. Deze is berekend door de gemiddelde opslibbing tijdens de monitoringsperiode te extrapoleren naar 1986. De diepte waaronder het sediment vermengd is met een hoge zandfractie is aangegeven met een blauwe lijn.

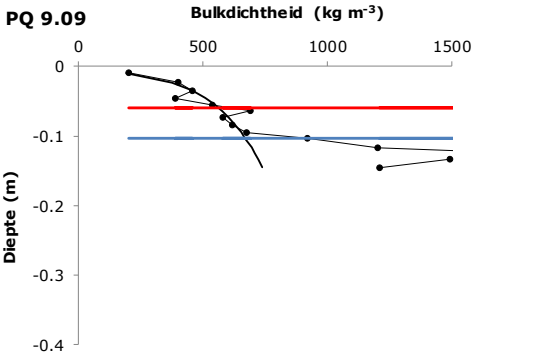

PQ 3.23
Bulkdichtheid (kg m-3)
0
500
1000
1500
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
Diepte (m)


PQ 9.04
Bulkdichtheid (kg m-3)
0
500
1000
1500
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
Diepte (m)
BDD
Trendlijn
1986
zandlaag

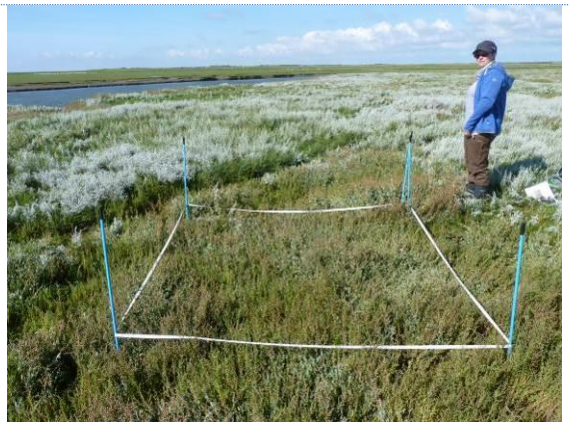

PQ 9.05
Bulkdichtheid (kg m-3)
0
500
1000
1500
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
Diepte (m)


PQ 9.07
Bulkdichtheid (kg m-3)
0
500
1000
1500
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
Diepte (m)
Bulkdichtheid
Trendlijn
1986
zandlaag


PQ 9.08
Bulkdichtheid (kg m-3)
0
500
1000
1500
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
Diepte (m)


PQ 9.09
Bulkdichtheid (kg m-3)
0
500
1000
1500
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
Diepte (m)

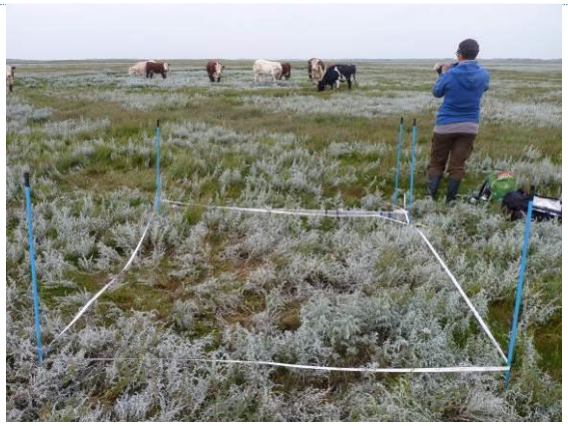
Bijlage 4D. PQ-foto's 1986 en 2016 Neerlands Reid (raai 3)



0305
046

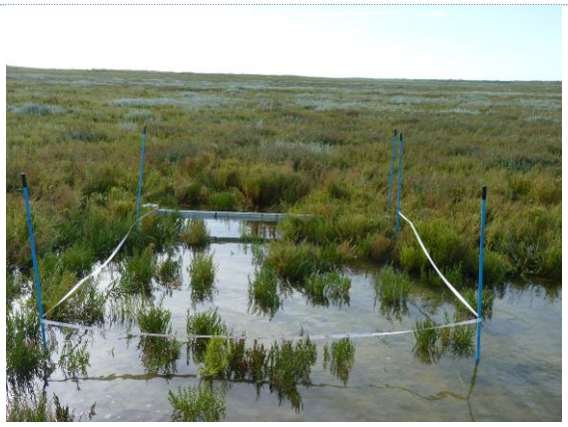
0306
047

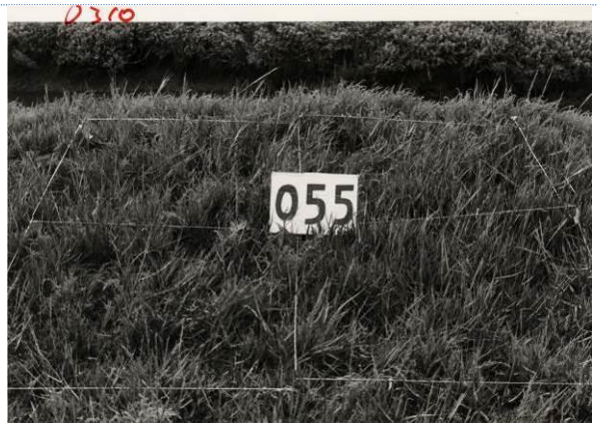
0307
048

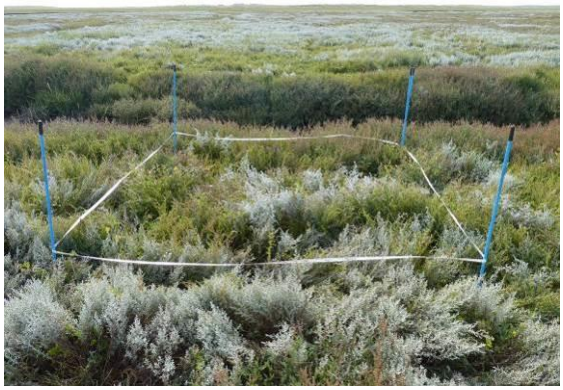


0308
056

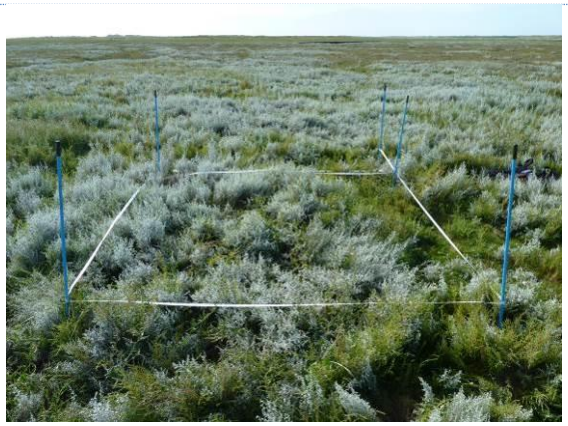
0309
057




0310
055

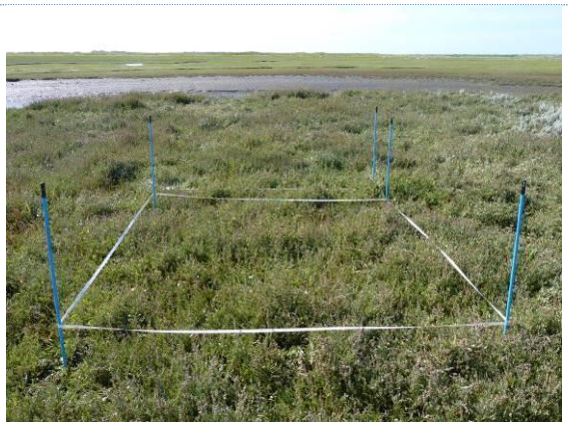


0311
054

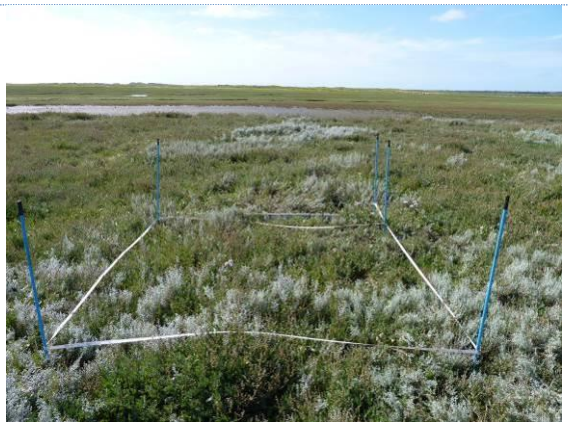


0312
049

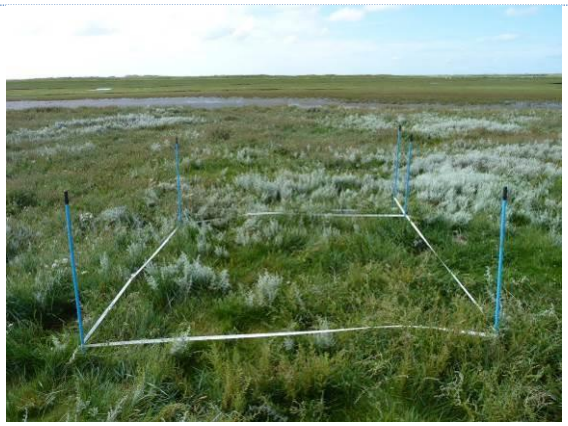
0313
050



0314
051



0315
052

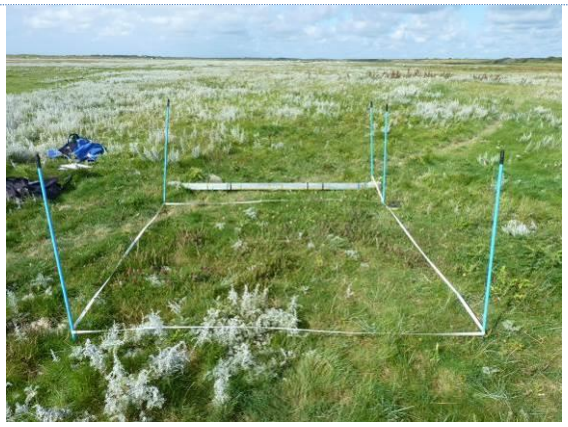


0316
053

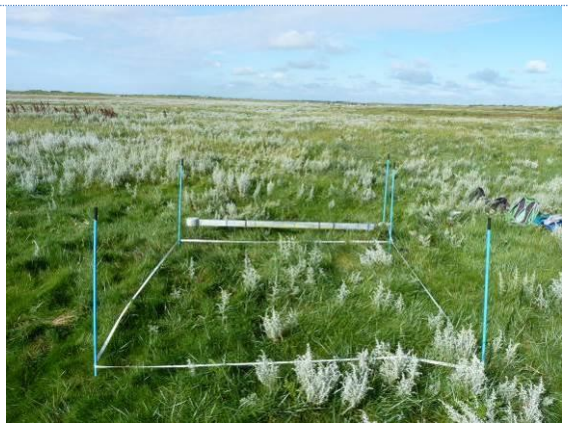
0317
058

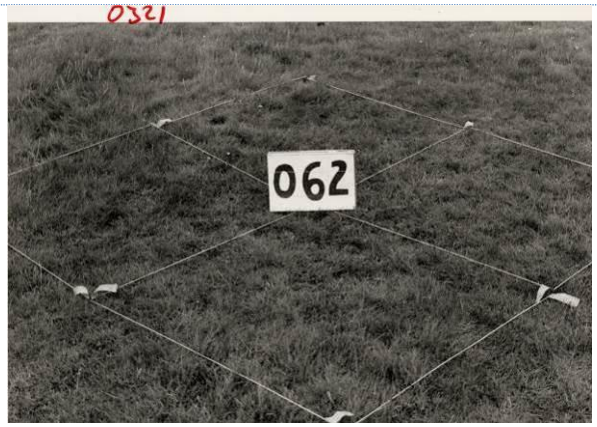
0318
059

0319
060



0320
061



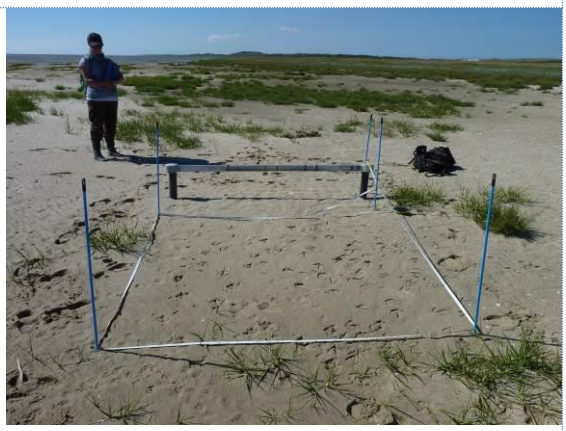

0321
062

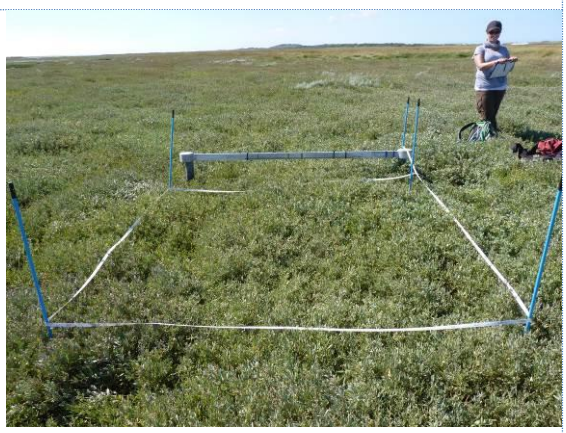
0322
063

0323
064

0324
065

Bijlage 4E. PQ-foto's 1986 en 2016 De Hon (raai 9)

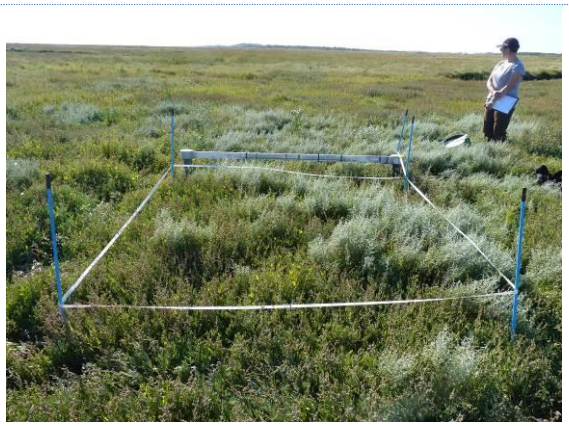




0905
155

0906
156

0907
157



0908
158

Geen foto van PQ 9-11 uit 1986 beschikbaar

09.3
149

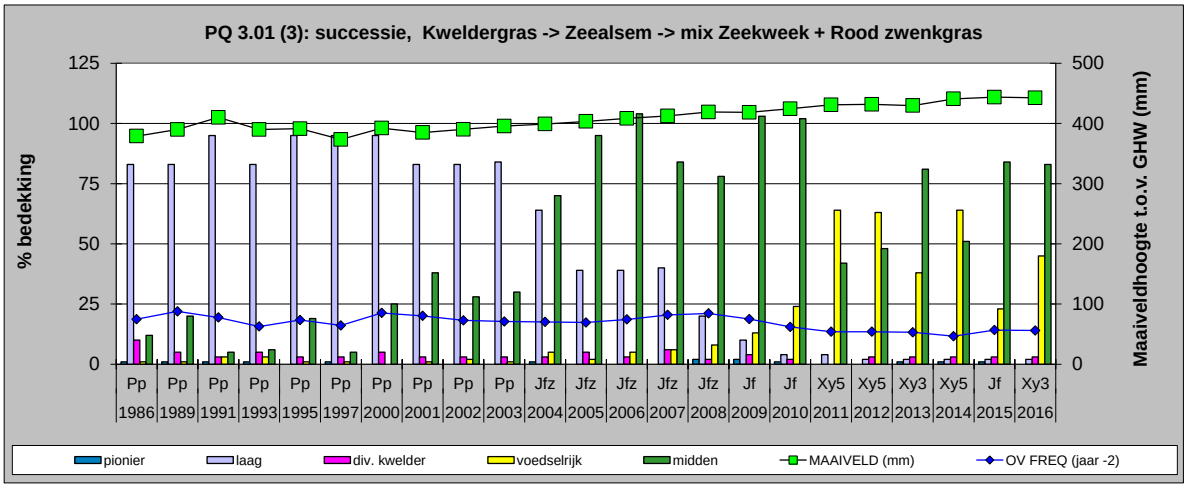
09.4
148

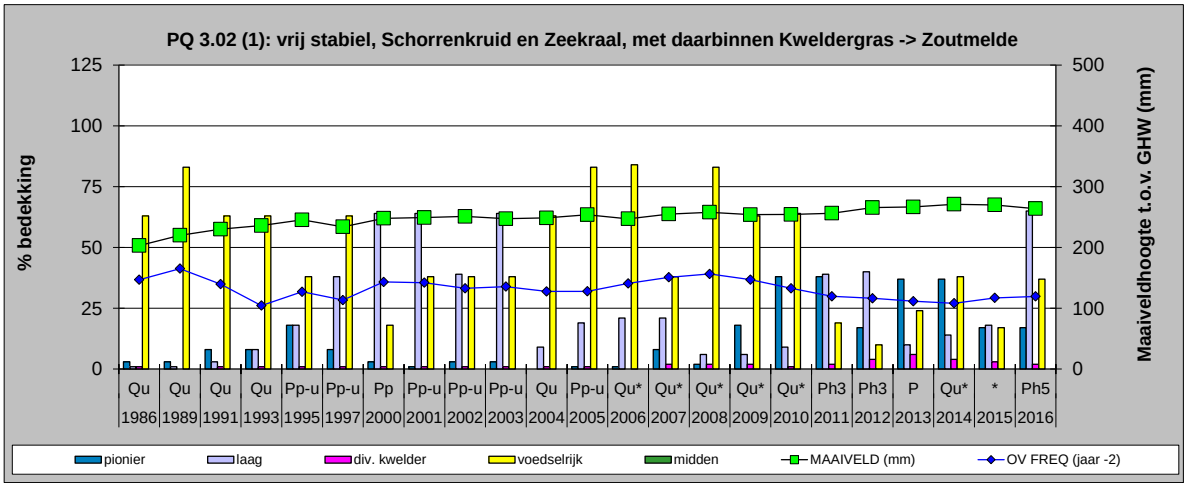
Bijlage 4F. Overzicht vegetatieclassificatie en trendbreuken

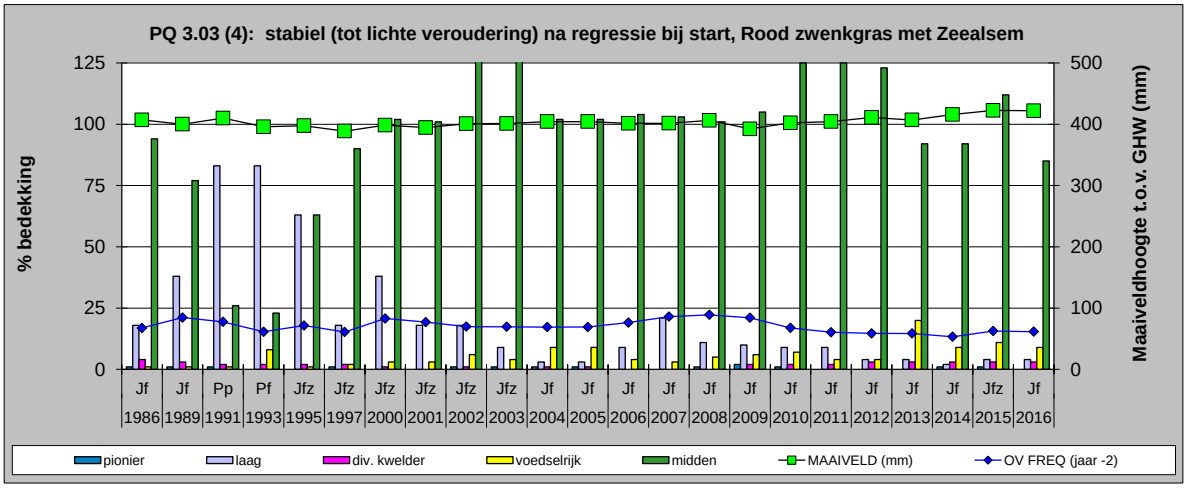
Zonekaart Wadden	SALT 08	Voorkomende typen SALT97	SALT97	analyse IMARES 2010	Analyse WMR 2017	Omschrijving
Pre-pionier	**Qq0p**	Qq0	11	11	11	Pioniervegetatie met Langarige zeekraal (<5%)
zone (Kpp)	**Qq0e**	Qq0	11	11	11	Pioniervegetatie met Kortarige zeekraal (<5%)
	Ss0	Ss0	11	11	11	Pioniervegetatie met Engels slijkgras (<5%)
	Qu0	* / ~/ ???			11	Pioniervegetatie met Klein schorrenkruid (<5%)
Pionier	**Qqp**	Qq3	12	12	12	Pioniervegetatie met Langarige zeekraal (>5%)
zone (Kp)	**Qqe**	Qq3	12	12	12	Pioniervegetatie met Kortarige zeekraal (>5%)
	Ss3	Ss3	12	12	12	Pioniervegetatie met Engels slijkgras (5-50%)
	Ss5	Ss5	12	12	12	Pioniervegetatie met Engels slijkgras (>50%)
	Qu	* / ~ + Qu	22	22	22	Pioniervegetatie met Klein schorrenkruid (>5%)
	Pe	Pe + Pe / * / ~	22	22	22	Pioniervegetatie met Zilte schijnspurrie en/of Stomp kweldergras
Lage kwelder	**P**	P / *	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%)
(Kl)	**P-q**	P / *	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%) en zeekraal
	Ppq	Pp	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en zeekraal
	P-d	~ / P / *	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gerande schijnspurrie
	Pps	Pps	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en Engels slijkgras
	Pp	Pp	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%)
	P-u	Pp-u	21	22	22	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%) en Klein schorrenkruid
	Ppu	Pp-u + Pplu	21	?	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en Klein schorrenkruid
	Ppl	Ppl	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras en Lamsoor
	Pl	Pl3	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Lamsoor
	Pw	~ / * / Jfl			21	Lage kweldervegetatie met Zeeweegbree
	Ppa	Ppa	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras en Zulte
	Pa	~ + Ba3 + Ba5	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Zulte
	Pt	Bt	42	41	42	Lage kweldervegetatie met Schorrezoutgras
	Pex	~ / Jex / Jfl	22	22	22	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras en Melkkruid
	Pj	~ / Pp / Pj + Pp / Jf / Pf	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Zilte rus en/of Rood zwenkgras
	Pg	~/ Pg	22	22	22	Lage kweldervegetatie met Dunstaart, Fioringras en Biestarwegras
	Pz	Jfz / Pp	21	31	21	Lage kweldervegetatie met Zeealsem
	Ph	Ph3 + Ph5	21	21	21	Lage kweldervegetatie met Gewone zoutmelde
	Pm	Jfm* / P	31	31	31	Lage kweldervegetatie met Zeerus
	Py	Xy3 + Xy5	32	32	32	Lage kweldervegetatie met Zeekweek
Midden	**Jex**	Jex / ~	22	22	22	Middenhoge kweldervegetatie met Melkkruid
Kwelder	**Jw**	~			31	Middenhoge kweldervegetatie met Zeeweegbree
(Km)	**Je**	Ee / Ee* + Eep	31 + 21	21	21	Middenhoge kweldervegetatie met Kwelderzegge
	Jjl	Jjl	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Zilte rus en Lamsoor
	Jja	Jja	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Zilte rus en Zulte
	Jj	Jj	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Zilte rus
	Jfl	Jfl	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Lamsoor
	Jfa	Jfa	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Zulte
	Jfh	Jfh	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Gewone zoutmelde
	Jf	Jf + Jf-r	31 + 33	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras
	Jg	~/ Jj* / Bg	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Fioringras
	Ccj	Cc	22	22	22	Middenhoge kweldervegetatie met Hertshoornweegbree en Zeevetmuur
	Jf-z	Jf	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Zeealsem
	Jz	Jfz	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Zeealsem
	Jm	Jjm + Jfm / Jfm*	31	31	31	Middenhoge kweldervegetatie met Zeerus
	Jy3	Xy3 + Xy3*	32	32	32	Middenhoge kweldervegetatie met Zeekweek (25-50%)
	Jy5	Xy5 + Xy5r	32	32	32	Middenhoge kweldervegetatie met Zeekweek (> 50%)

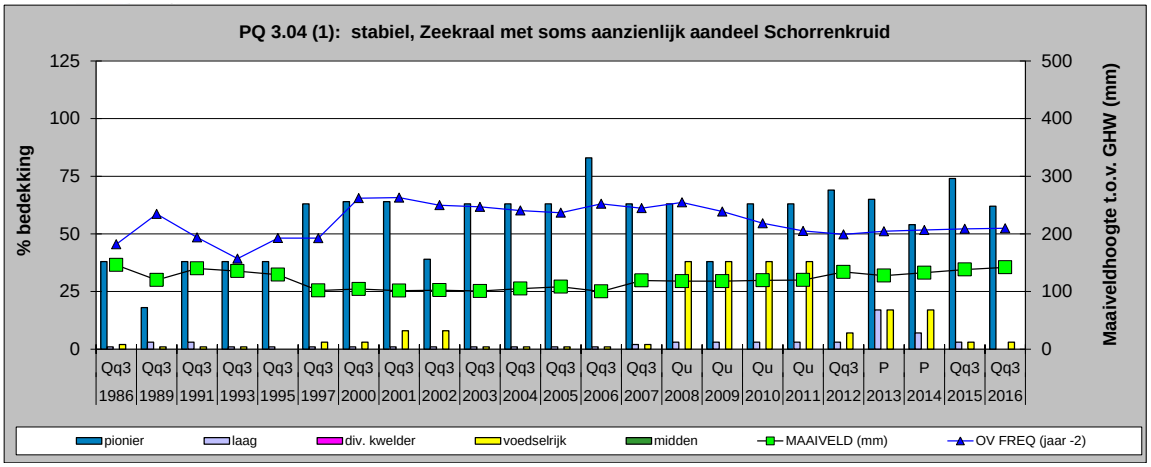
Zonekaart Wadden	SALT 08	Voorkomende typen SALT97	SALT97	analyse IMARES 2010	Analyse WMR 2017	Omschrijving
Brakke	**Bs3**	Ss3b	12	12	12	Brakke kweldervegetatie met Engels slijkgras (25-50%)
kwelder	**Bs5**	Ss5b	12	12	12	Brakke kweldervegetatie met Engels slijkgras (> 50%)
(Kb)	**P-b**	P / ~/ *	21	21	21	Brakke kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%)
	Pe-b	~/ Pe	22	22	22	Brakke kweldervegetatie met Zilte schijnspurrie, Stomp kweldergras en/of Zilte greppelr
	Bcs	R* / ~ + R*	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Rode en/of Zeegroene ganzenvoet
	Bi3	Bi3	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Heen (>25%)
	Bis	???	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Ruwe bies
	Bt	Bt / ~	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Schorrezoutgras
	Pp-b	Ppsb + Pp-b / Pp	21	21	21	Brakke kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%)
	Ppab	Ppab	21	21	21	Brakke kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en Zulte
	Ba	Ba3 + Ba5	21	21	21	Brakke kweldervegetatie met Zulte
	Bg	Bg / Rg* / ~	42	42	42	Brakke kweldervegetatie met Fioringras
	Bgt	Rg* / Rg / Rgp / R*	42	42	42	Brakke kweldervegetatie met Fioringras, Slanke waterbies en/of Moeraszoutgras
	Bj	Jj-r / Jj	33	33	33	Brakke kweldervegetatie met Zilte rus
	Br	Ri / Rg	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Rode bies, Fioringras en Zilte rus
	Bpj	Rgp	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Zilverschoon en Zilte rus
	Bpg	Rgp	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Zilverschoon en Fioringras
	Bp	Rgp / R*	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Zilverschoon
	Bgn	Rgn	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Rietzwenkgras
	Bo	Ro	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Zilte zegge, Fioringras en Rood zwenkgras
	Bm	Rm / Jjm / ??? / R*	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Zeerus
	By3	Xy3 / Xy3* / Xy3b	32	32	32	Brakke kweldervegetatie met Zeekweek (25-50%)
	By5	Xy5b / Xy5 / Xy5r	32	32	32	Brakke kweldervegetatie met Zeekweek (> 50%)
	Be	R* / ??? / Rre*	32	32	32	Brakke kweldervegetatie met Kweek
	Bi5	Bi5	42	41	42	Brakke kweldervegetatie met Heen (>50%)
	Bb	Bb3 + Bb5	42	43	43	Brakke kweldervegetatie met Riet
	Bc	Bb3	42	43	43	Brakke kweldervegetatie met ruigtekruiden
Kwelvegetatie	**Dvp**	Rg / Rg* / Eei			42	Kwelvegetatie in brak milieu met Duinrus, Dwergzegge, Zeegroene zegge en Parnassia
brak milieu	**Dvs**	R* / Rm			42	Kwelvegetatie in brak milieu met Knopbies, Duinriet en Kruipwilg
(Dv)	**Crs**	Cr / R*	22	22	22	Kwelvegetatie in brak milieu met Strandduizendguldenkruid en knikmossen
Hoge	**Cc**	Cc	22	22	22	Pioniervegetatie op duinvoeten met Hertshoornweegbree en Zeevetmuur
kwelder	**Ccs**	Cc / R*	22	22	22	Pioniervegetatie op duinvoeten met Hertshoornweegbree, Zeevetmuur en duinsoorten
(Kh)	**Crt**	Cr + Cr / R*	22	22	22	Pioniervegetatie op duinvoeten met Strandduizendguldenkruid
	Rgc	Rg / Rgp / Rgf	42	41	42	Hoge kweldervegetatie met Aardbeiklaver
	Rgl	Rgv / Rg* / Rgp / Rre*	41	41	41	Hoge kweldervegetatie met Aardbeiklaver en Engels raaigras
	Rgt	R*	42	41	42	Hoge kweldervegetatie met Witte klaver en/of Gewone rolklaver
	Rgf	Rgf / R*	42	41	42	Hoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Fioringras
	Rpf	Rgp / Jf-r	42	41	42	Hoge kweldervegetatie met Zilverschoon en Rood zwenkgras
	Ro	Ro	42	41	42	Hoge kweldervegetatie met Kattendoorn
	Rgv	Rgv	41	41	41	Hoge kweldervegetatie met Engels raaigras
	Rp	Rgv / R* + R*	41		41	Hoge kweldervegetatie met Varkensgras
	Rgh	R* / Rg*			41	Hoge kweldervegetatie met Zeegerst en Fioringras
	Re	Rre*	41	41	41	Hoge kweldervegetatie met Kweek
	Ry3	Rry / Xy3*	42	41	42	Hoge kweldervegetatie met Zeekweek (25-50%)
	Ry5	Xy5r	33	33	33	Hoge kweldervegetatie met Zeekweek (> 50%)
Nitrofiele	**Xx**	Xx5+Xx5b+Rrx, R* / Xx5	32+42	32	32	Nitrofiele vegetatie met Spiesmelde
kwelder	**Xk**	Xxk / ~ + Xxk / R* / Xx5	32	32	32	Nitrofiele vegetatie met Strandmelde, Spiesmelde en Reukeloze kamille
(Kn)	**Rrl**	Rrl / ~	42	41	42	Nitrofiele vegetatie met Zandhaver
	Rru	R* / Rry	41	41	41	Nitrofiele vegetatie met Grote brandnetel
	Rrc	R* / ~	41	41	41	Nitrofiele vegetatie met Akkerdistel

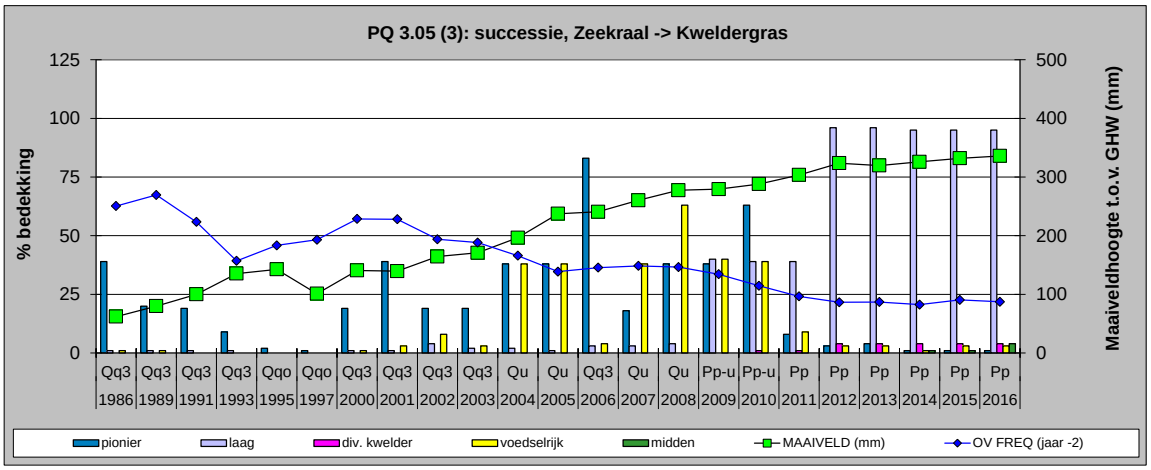
Bijlage 4G. Vegetatieontwikkeling PQs Neerlands Reid (raai 3) van 1986-2016

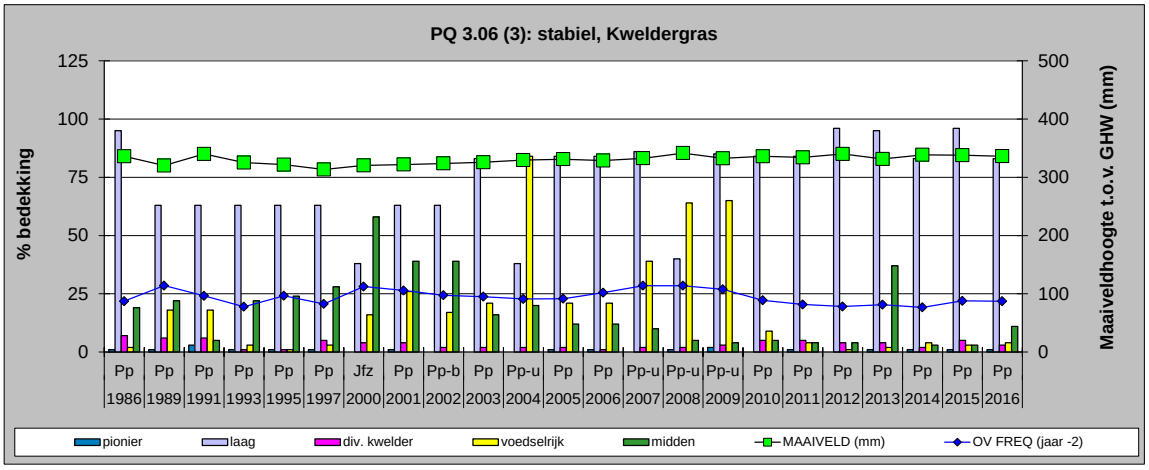


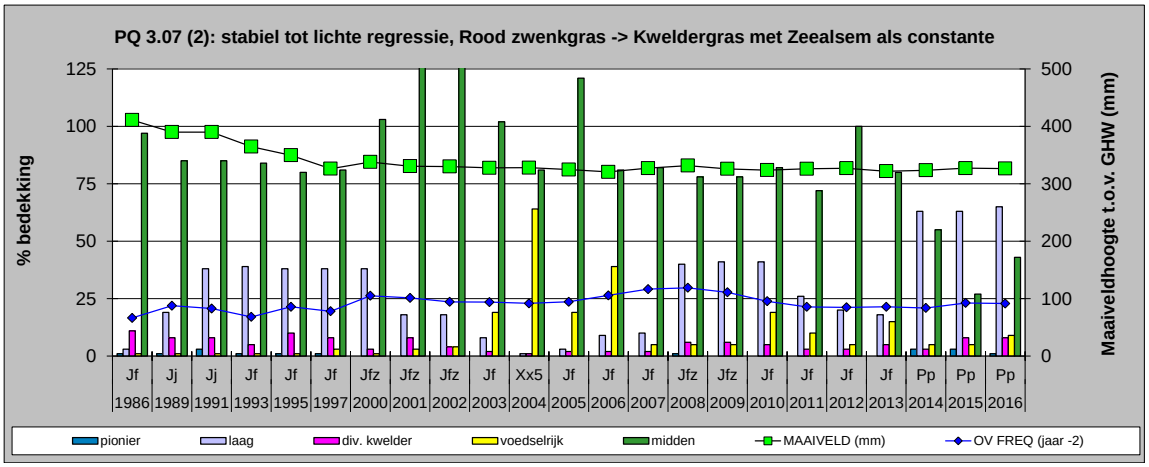


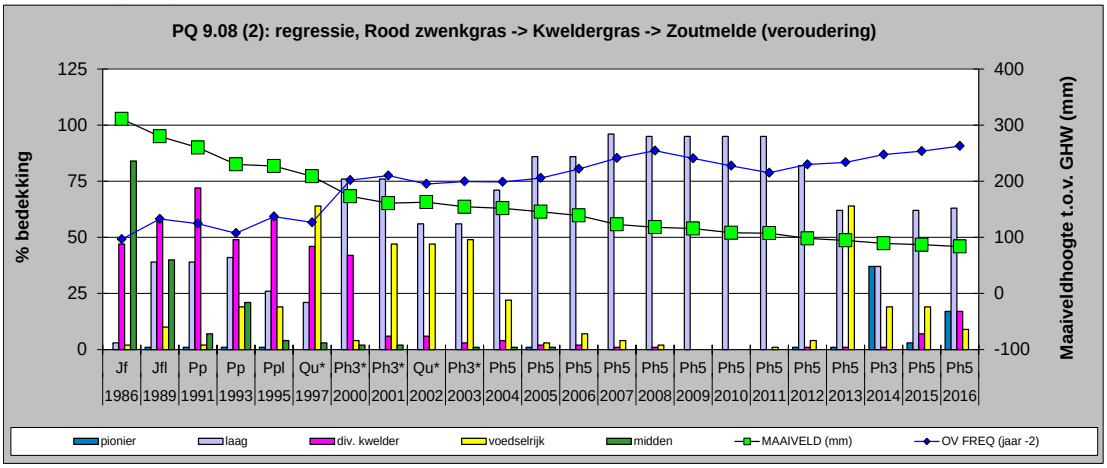


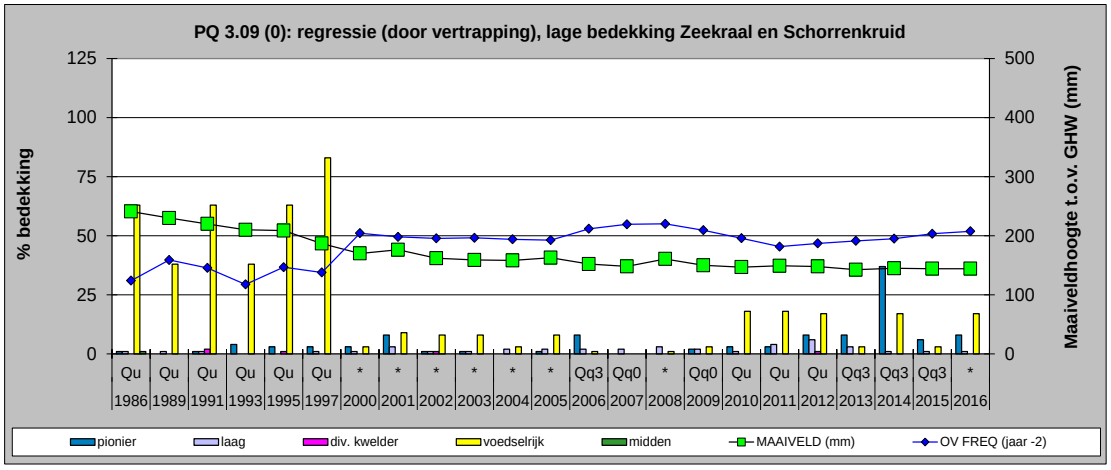

PQ 3.04 (1): stabiel, Zeekraal met soms aanzienlijk aandeel Schorrenkruid
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qu Qu Qu Qu Qq3 P P Qq3 Qq3
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

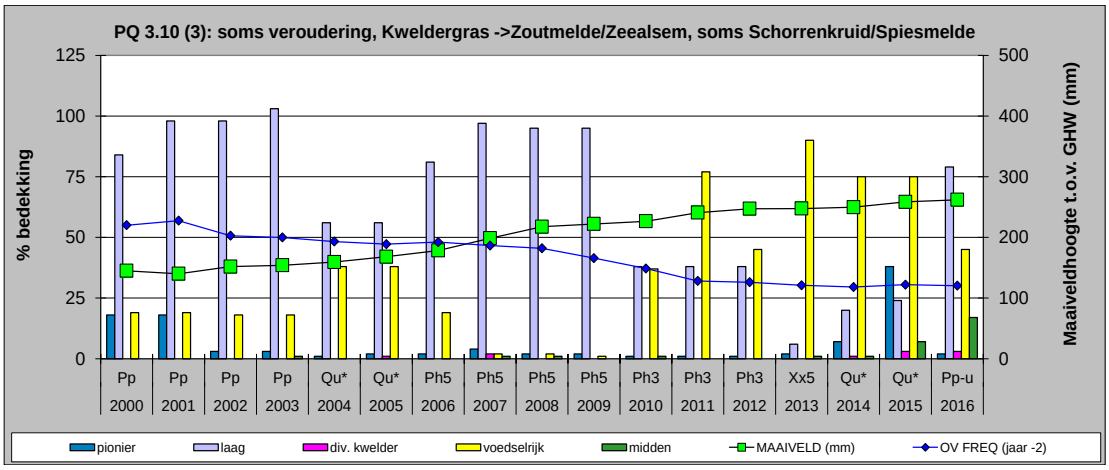

PQ 3.05 (3): successie, Zeekraal -> Kweldergras
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qqo Qqo Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 Qu Qu Qq3 Qu Qu Pp-u Pp-u Pp Pp Pp Pp Pp Pp
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

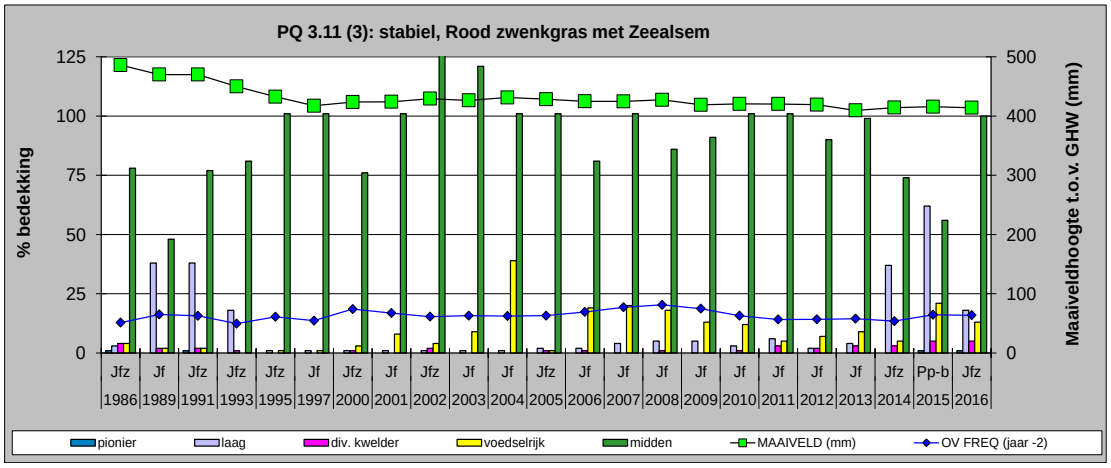

PQ 3.06 (3): stabiel, Kweldergras
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pp Pp Pp Pp Pp Pp Jfz Pp Pp-b Pp Pp-u Pp Pp Pp-u Pp-u Pp-u Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

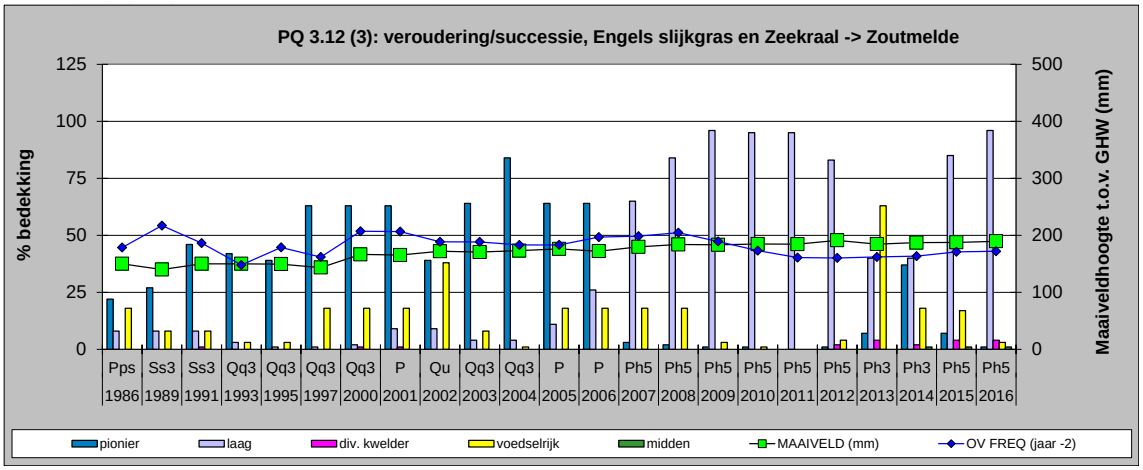

PQ 3.07 (2): stabiel tot lichte regressie, Rood zwenkgras -> Kweldergras met Zeealsem als constante
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jj Jj Jf Jf Jf Jfz Jfz Jfz Jf Xx5 Jf Jf Jf Jfz Jfz Jf Jf Jf Jf Pp Pp Pp
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

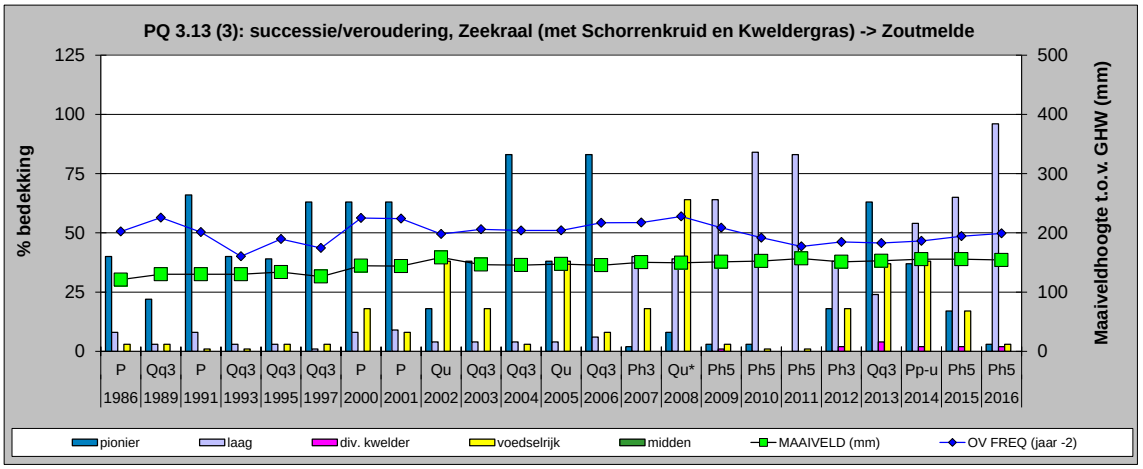

PQ 9.08 (2): regressie, Rood zwenkgras -> Kweldergras -> Zoutmelde (veroudering)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jfl Pp Pp Ppl Qu* Ph3* Ph3* Qu* Ph3* Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph3 Ph5 Ph5
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

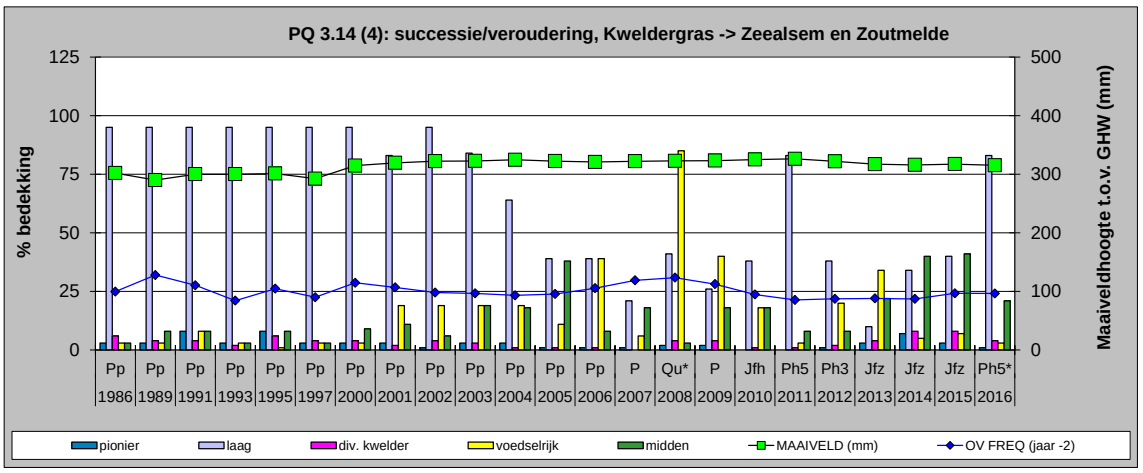

PQ 3.09 (0): regressie (door vertrapping), lage bedekking Zeekraal en Schorrenkruid
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Qu Qu Qu Qu Qu Qu * * * * * * Qq3 Qq0 * Qq0 Qu Qu Qu Qq3 Qq3 Qq3 *
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

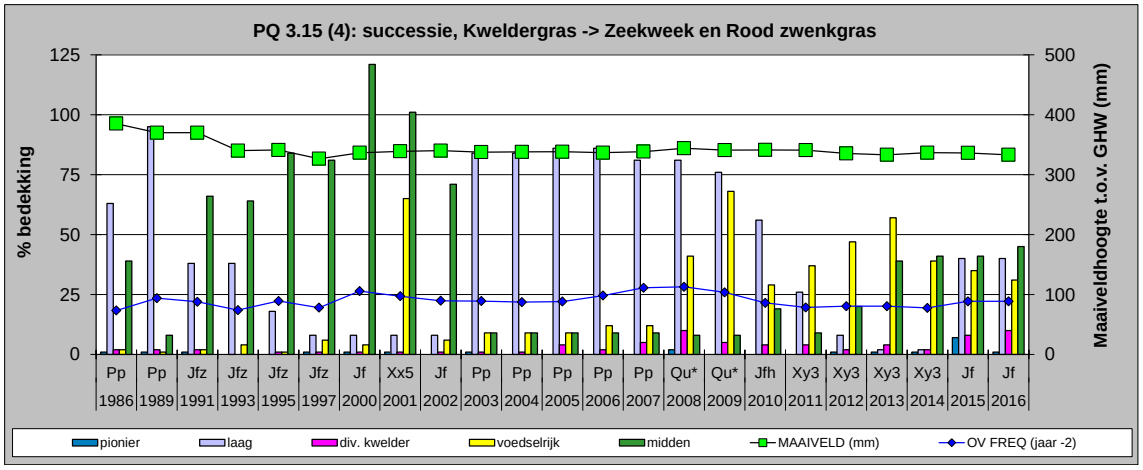

PQ 3.10 (3): soms veroudering, Kweldergras ->Zoutmelde/Zeealsem, soms Schorrenkruid/Spiesmelde
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pp Pp Pp Pp Qu* Qu* Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph3 Ph3 Ph3 Xx5 Qu* Qu* Pp-u
2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

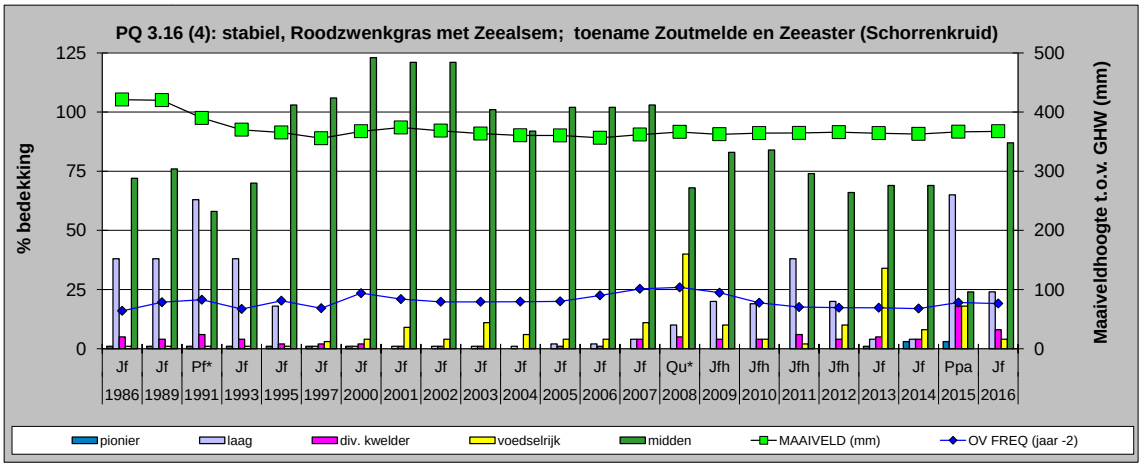

PQ 3.11 (3): stabiel, Rood zwenkgras met Zeealsem
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jfz Jf Jfz Jfz Jfz Jf Jfz Jf Jfz Jf Jf Jfz Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jfz Pp-b Jfz
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

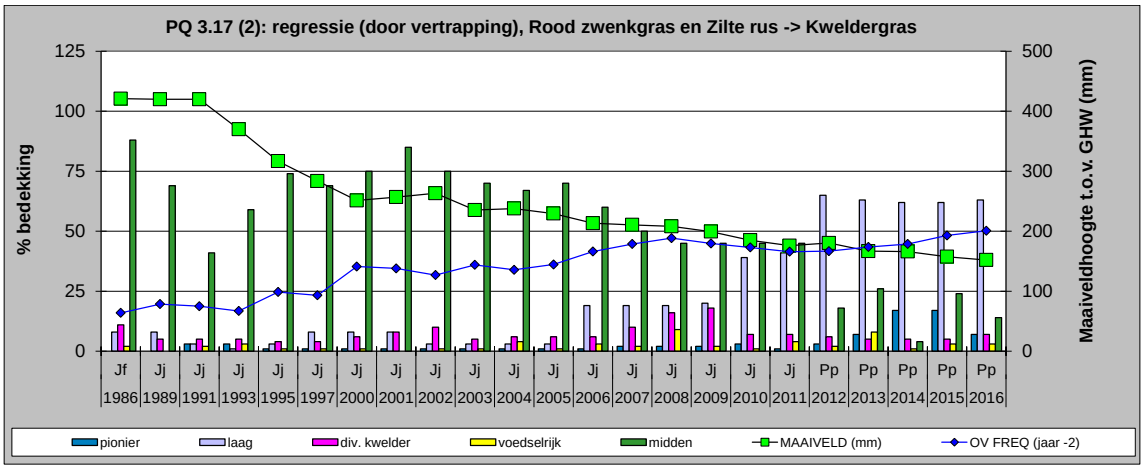

PQ 3.12 (3): veroudering/successie, Engels slijkgras en Zeekraal -> Zoutmelde
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pps Ss3 Ss3 Qq3 Qq3 Qq3 Qq3 P Qu Qq3 Qq3 P P Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph3 Ph3 Ph5 Ph5
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

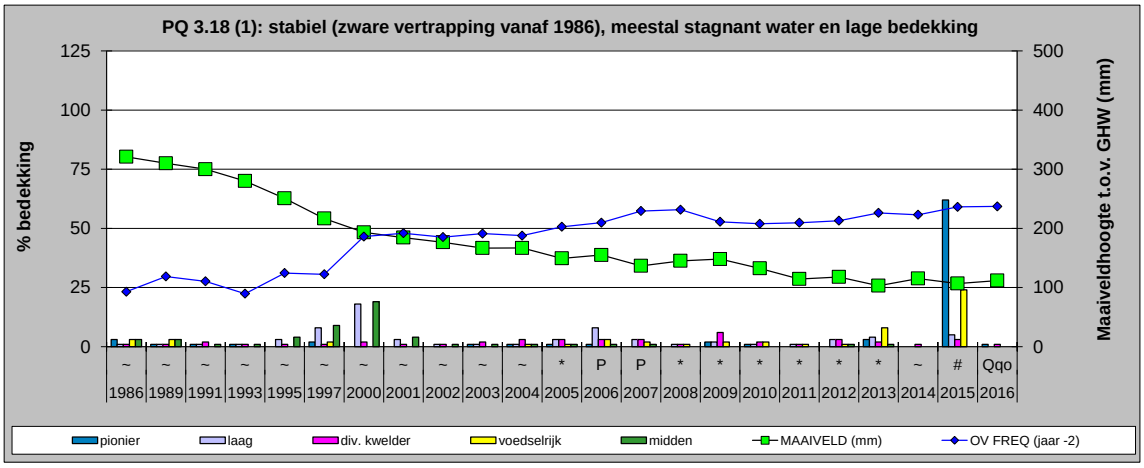

PQ 3.13 (3): successie/veroudering, Zeekraal (met Schorrenkruid en Kweldergras) -> Zoutmelde
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
P Qq3 P Qq3 Qq3 Qq3 P P Qu Qq3 Qq3 Qu Qq3 Ph3 Qu* Ph5 Ph5 Ph5 Ph3 Qq3 Pp-u Ph5 Ph5
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

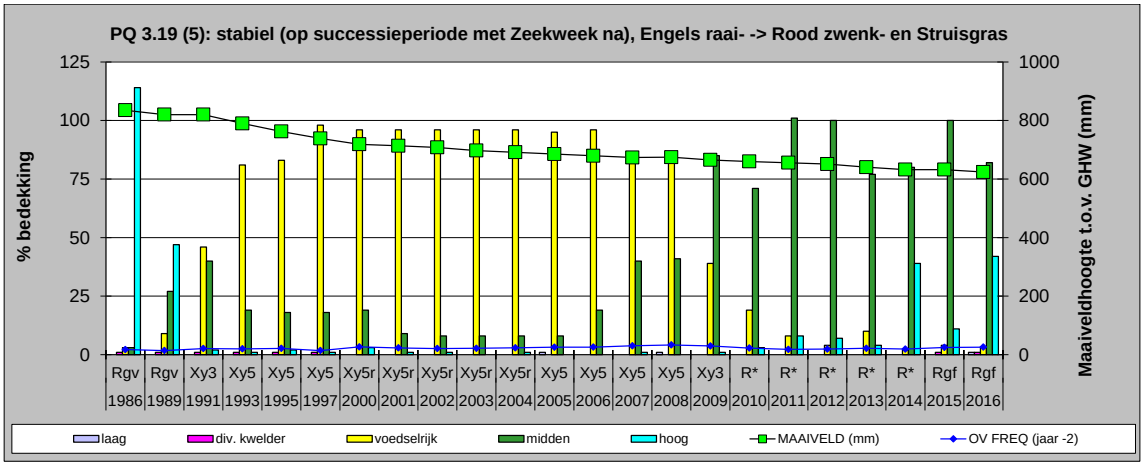

PQ 3.14 (4): successie/veroudering, Kweldergras -> Zeealsem en Zoutmelde
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp Pp P Qu* P Jfh Ph5 Ph3 Jfz Jfz Jfz Ph5*
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

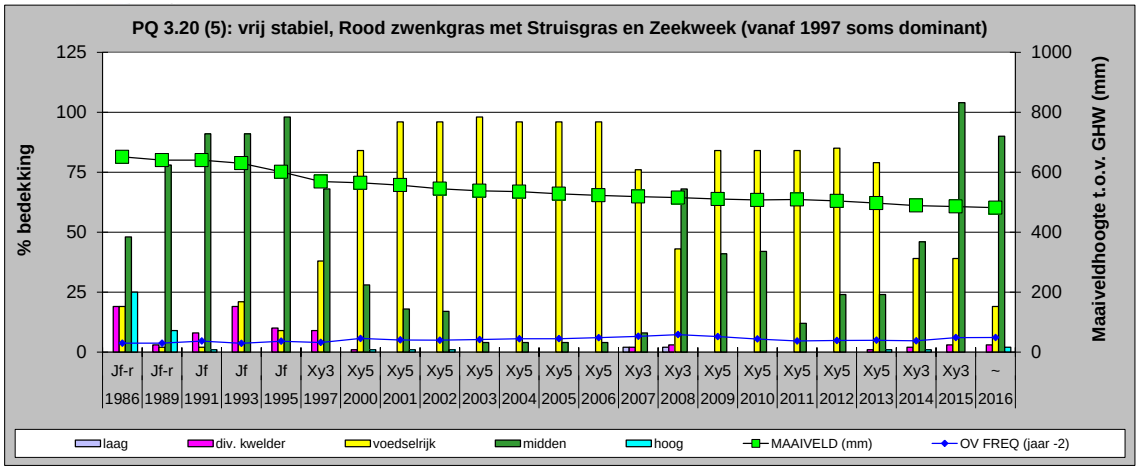

PQ 3.15 (4): successie, Kweldergras -> Zeekweek en Rood zwenkgras
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pp Pp Jfz Jfz Jfz Jfz Jf Xx5 Jf Pp Pp Pp Pp Pp Qu* Qu* Jfh Xy3 Xy3 Xy3 Xy3 Jf Jf
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

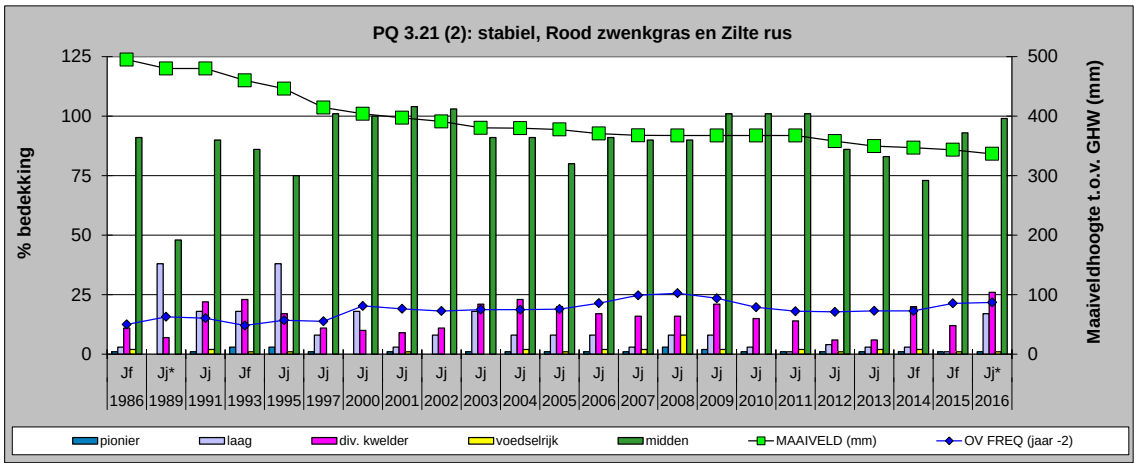

PQ 3.16 (4): stabiel, Roodzwenkgras met Zeealsem; toename Zoutmelde en Zeeaster (Schorrenkruid)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jf Pf* Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Qu* Jfh Jfh Jfh Jfh Jf Jf Ppa Jf
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

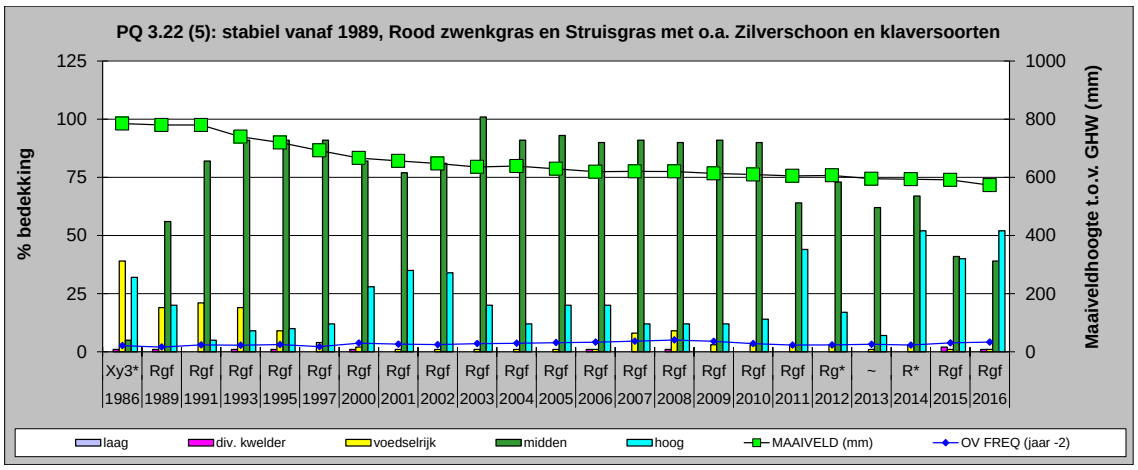

PQ 3.17 (2): regressie (door vertrapping), Rood zwenkgras en Zilte rus -> Kweldergras
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Pp Pp Pp Pp Pp
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

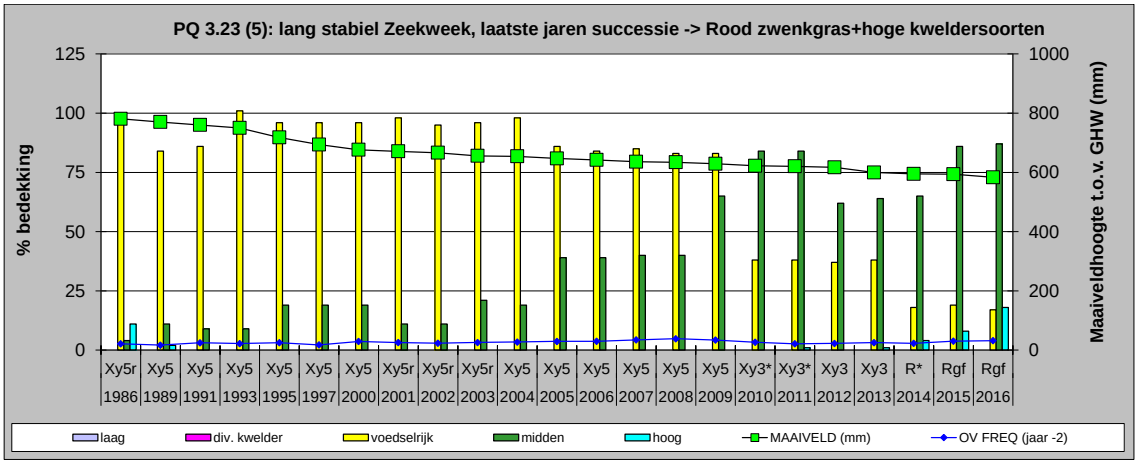

PQ 3.18 (1): stabiel (zware vertrapping vanaf 1986), meestal stagnant water en lage bedekking
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ * P P * * * * * * ~ # Qqo
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)


PQ 3.19 (5): stabiel (op successieperiode met Zeekweek na), Engels raai- -> Rood zwenk- en Struisgras
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Rgv Rgv Xy3 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5r Xy5r Xy5r Xy5r Xy5r Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy3 R* R* R* R* R* Rgf Rgf
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
hoog
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

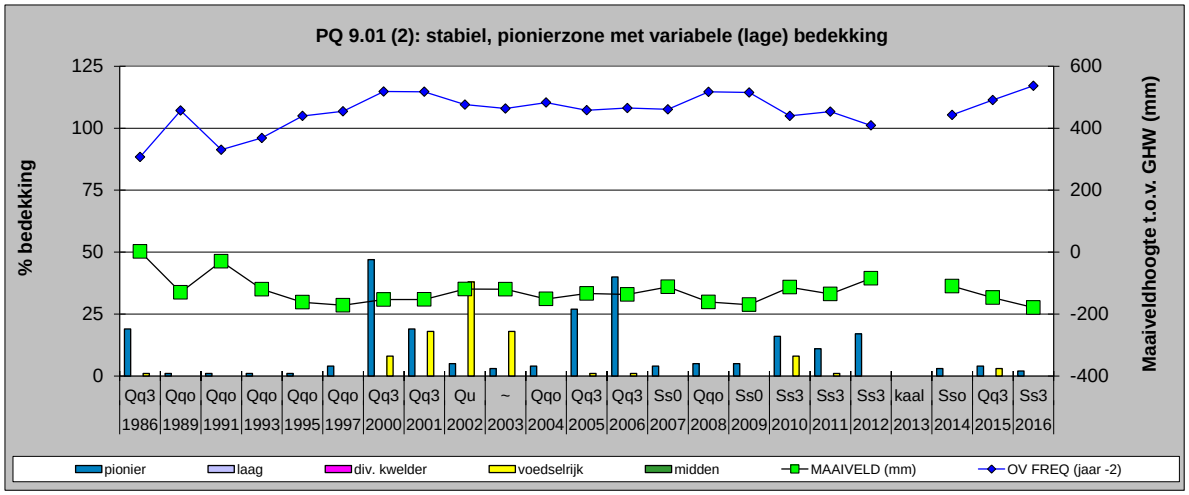

PQ 3.20 (5): vrij stabiel, Rood zwenkgras met Struisgras en Zeekweek (vanaf 1997 soms dominant)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf-r Jf-r Jf Jf Jf Xy3 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy3 Xy3 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy3 Xy3 ~
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
hoog
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

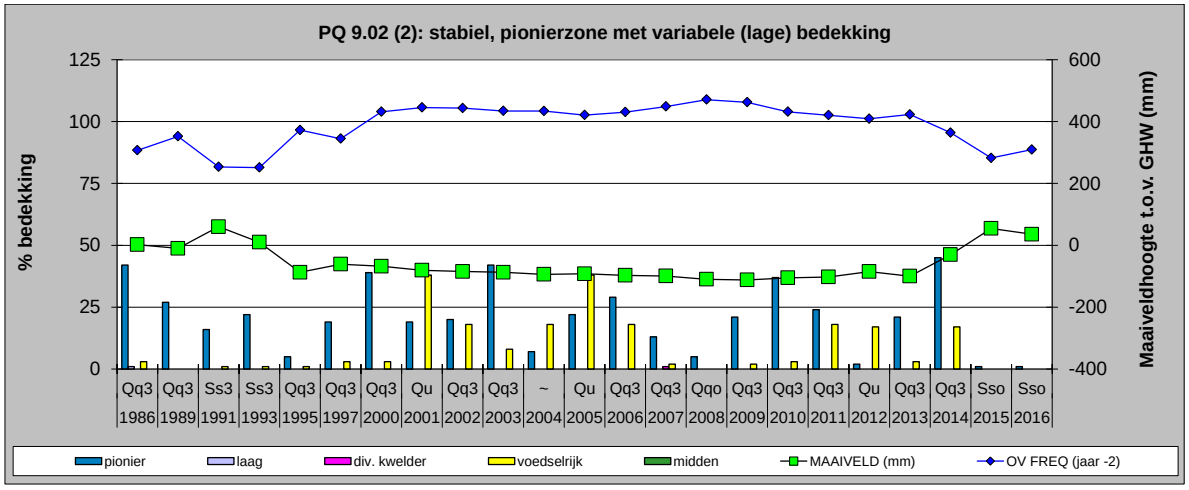

PQ 3.21 (2): stabiel, Rood zwenkgras en Zilte rus
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jj* Jj Jf Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jf Jf Jj*
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

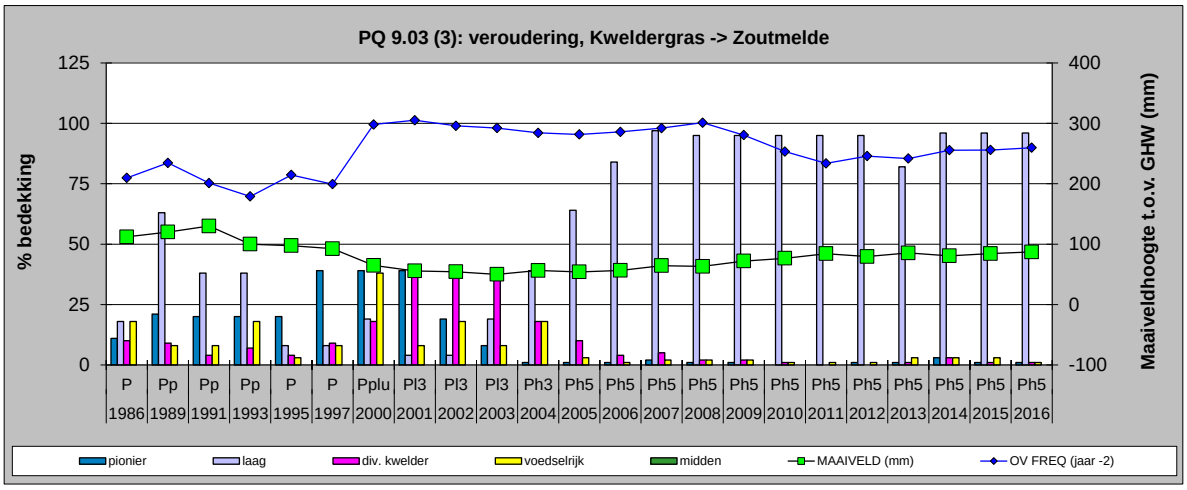

PQ 3.22 (5): stabiel vanaf 1989, Rood zwenkgras en Struisgras met o.a. Zilverschoon en klaversoorten
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Xy3* Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rgf Rg* ~ R* Rgf Rgf
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
hoog
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

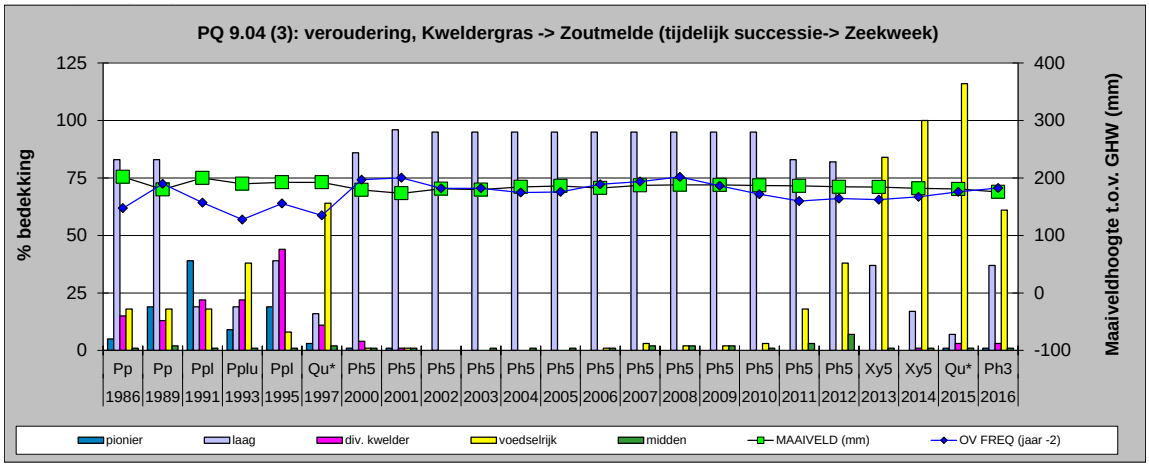

PQ 3.23 (5): lang stabiel Zeekweek, laatste jaren successie -> Rood zwenkgras+hoge kweldersoorten
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Xy5r Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5r Xy5r Xy5r Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy3* Xy3* Xy3 Xy3 R* Rgf Rgf
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
hoog
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

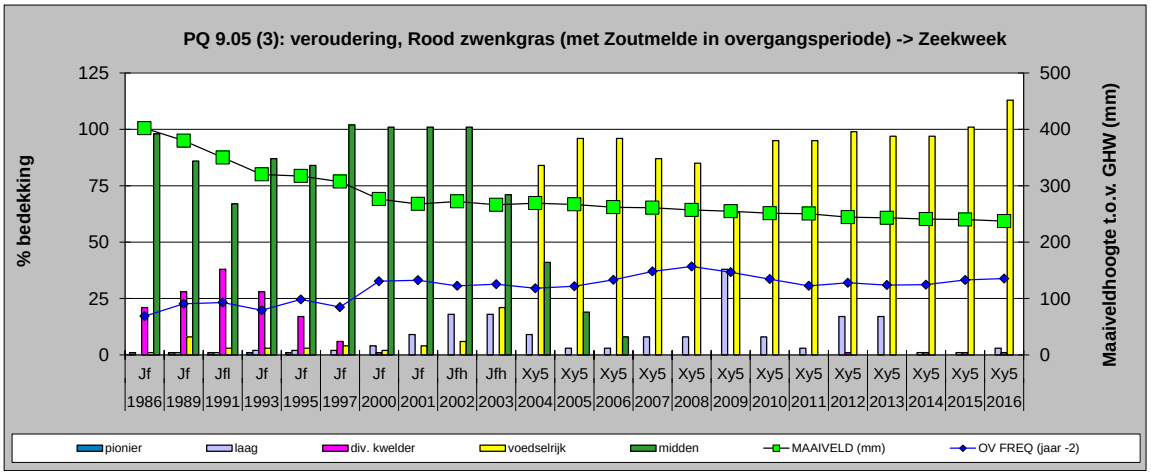
Bijlage 4H. Vegetatieontwikkeling PQs De Hon (raai 9) van 1986-2016

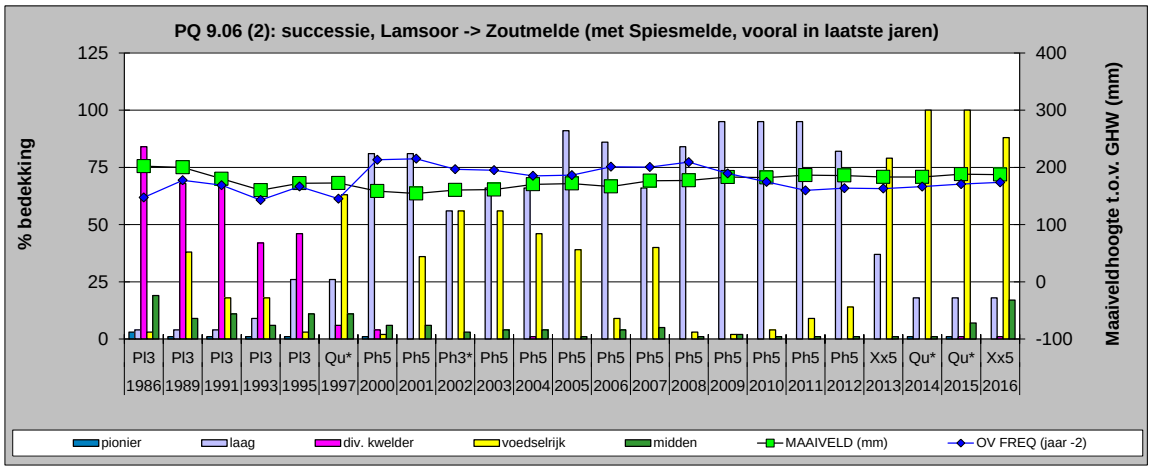


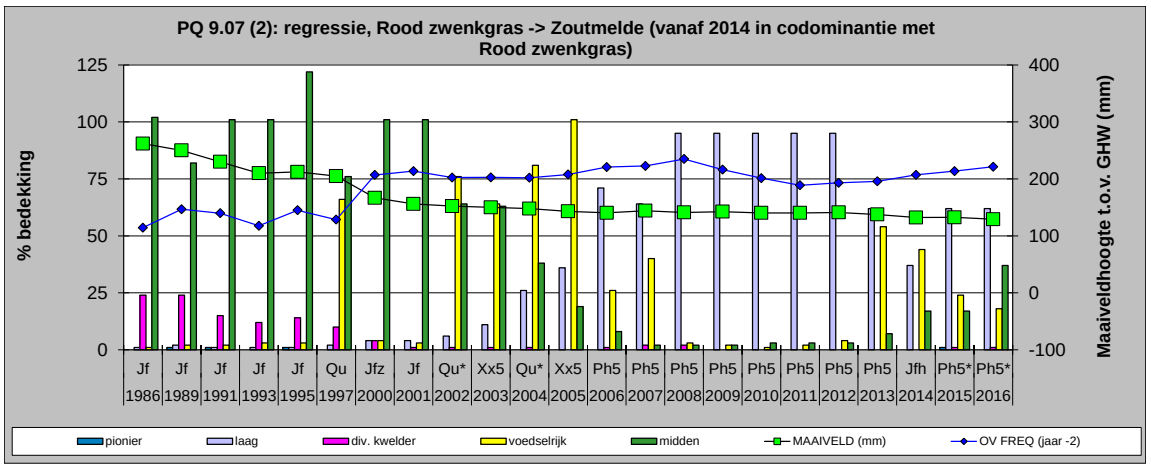


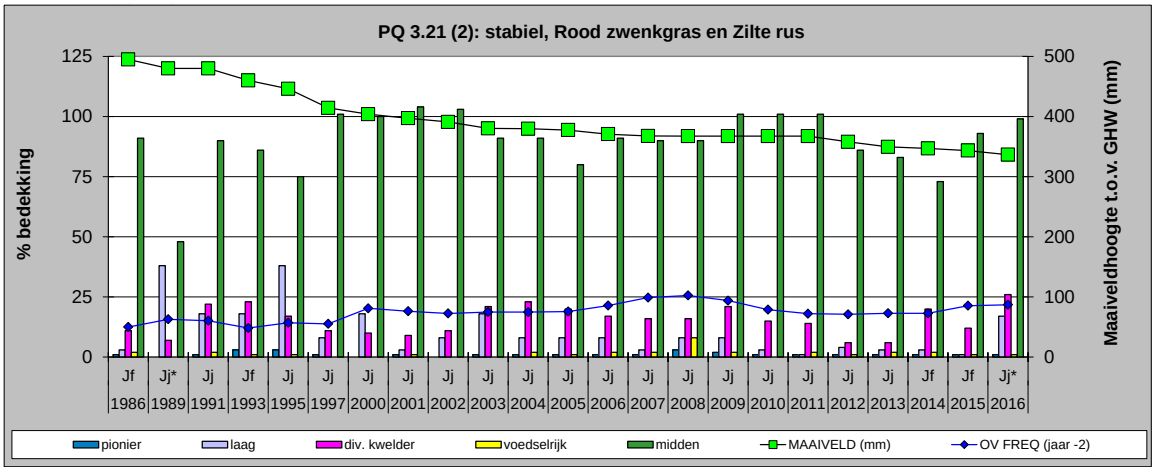


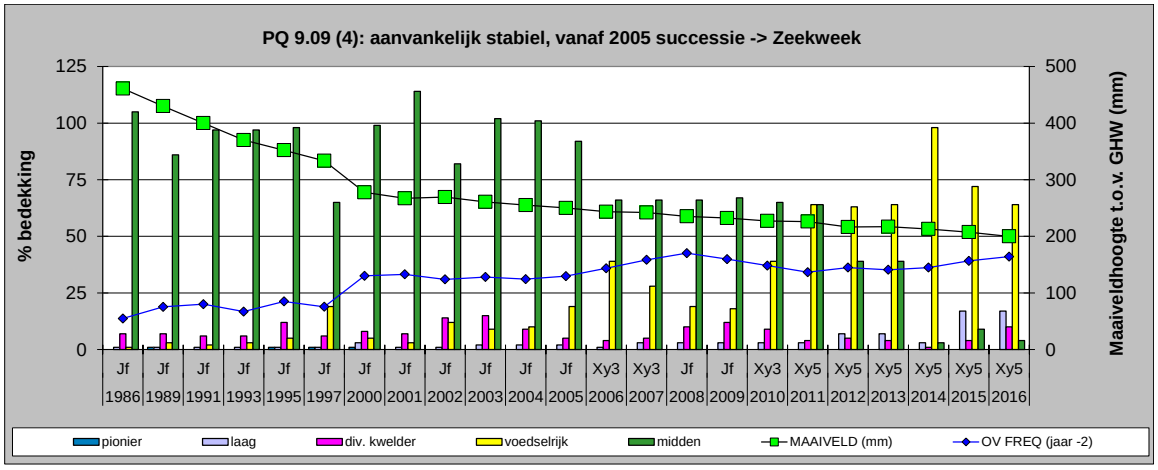

PQ 9.04 (3): veroudering, Kweldergras -> Zoutmelde (tijdelijk successie-> Zeekweek)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pp Pp Ppl Pplu Ppl Qu* Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Xy5 Xy5 Qu* Ph3
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

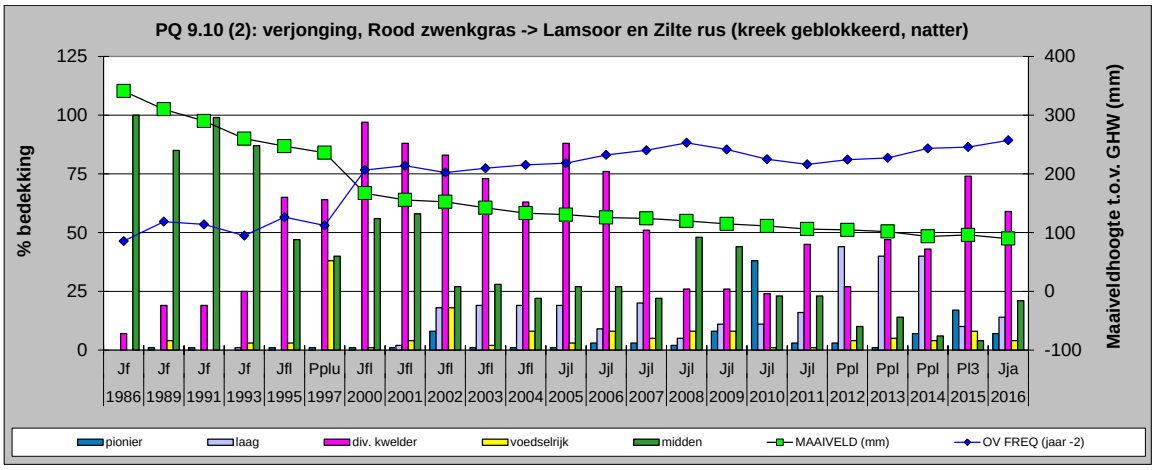

PQ 9.05 (3): veroudering, Rood zwenkgras (met Zoutmelde in overgangsperiode) -> Zeekweek
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jf Jfl Jf Jf Jf Jf Jf Jfh Jfh Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

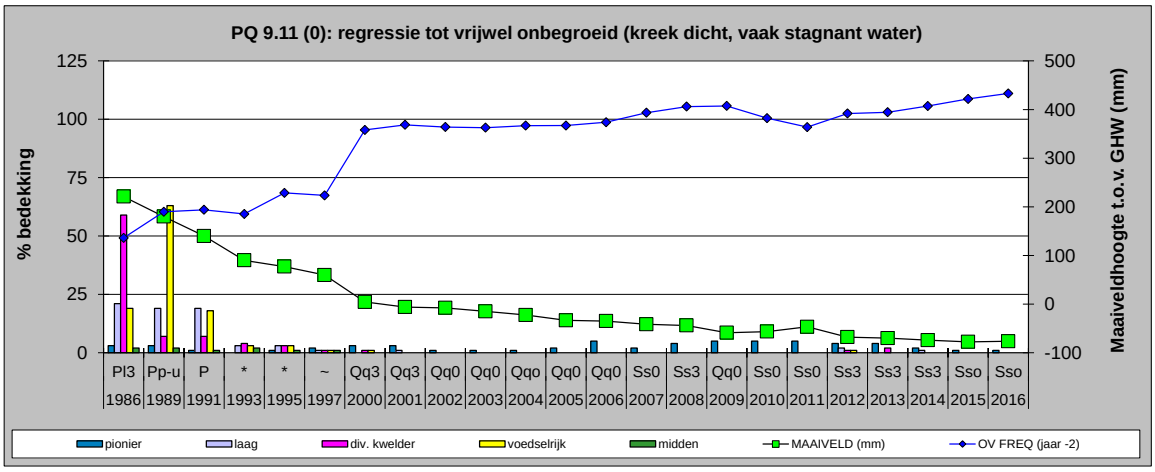

PQ 9.06 (2): successie, Lamsoor -> Zoutmelde (met Spiesmelde, vooral in laatste jaren)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pl3 Pl3 Pl3 Pl3 Pl3 Qu* Ph5 Ph5 Ph3* Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Xx5 Qu* Qu* Xx5
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

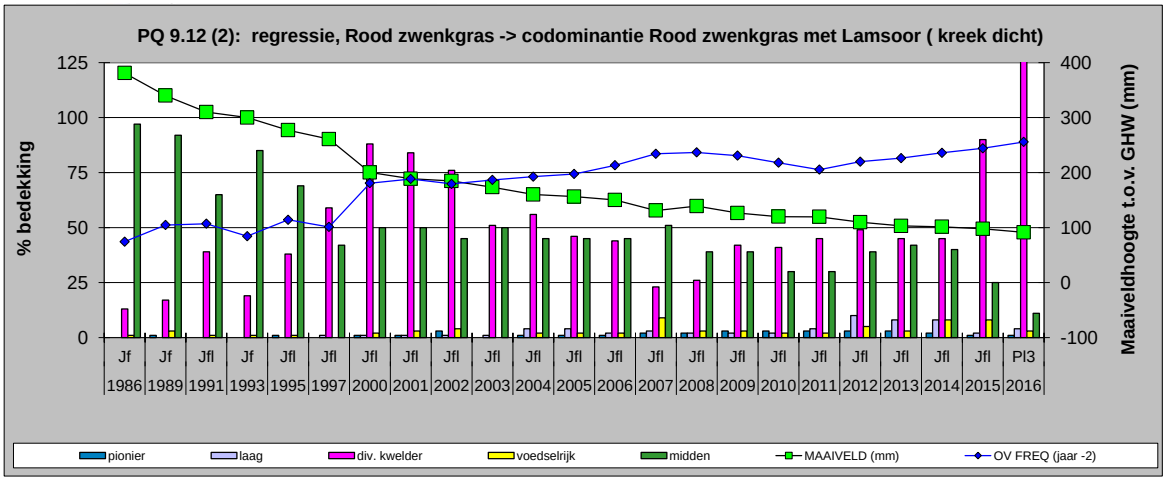

PQ 9.07 (2): regressie, Rood zwenkgras -> Zoutmelde (vanaf 2014 in codominantie met Rood zwenkgras)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jf Jf Jf Jf Qu Jfz Jf Qu* Xx5 Qu* Xx5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Ph5 Jfh Ph5* Ph5*
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

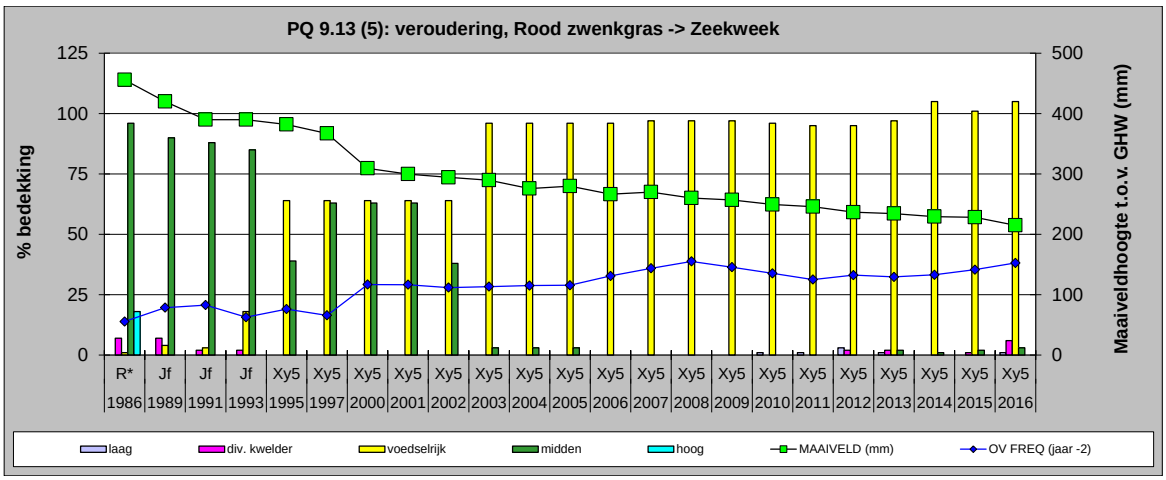

PQ 3.21 (2): stabiel, Rood zwenkgras en Zilte rus
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jj* Jj Jf Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jj Jf Jf Jj*
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

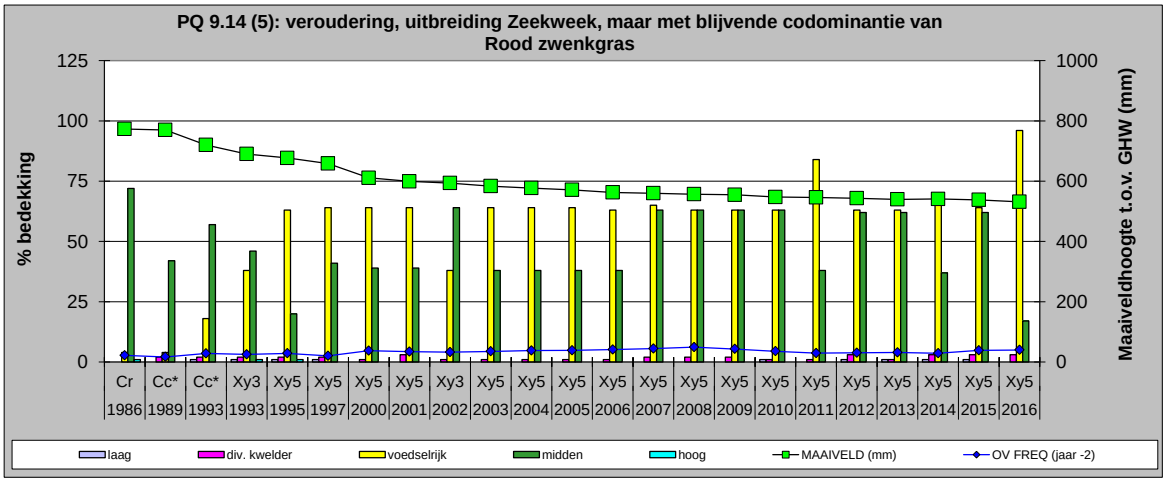

PQ 9.09 (4): aanvankelijk stabiel, vanaf 2005 successie -> Zeekweek
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Jf Xy3 Xy3 Jf Jf Xy3 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)


PQ 9.10 (2): verjonging, Rood zwenkgras -> Lamsoor en Zilte rus (kreek geblokkeerd, natter)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Jf Jf Jf Jf Jfl Pplu Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jjl Jjl Jjl Jjl Jjl Jjl Jjl Ppl Ppl Ppl Pl3 Jja
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)


PQ 9.11 (0): regressie tot vrijwel onbegroeid (kreek dicht, vaak stagnant water)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
Pl3 Pp-u P * * ~ Qq3 Qq3 Qq0 Qq0 Qqo Qq0 Qq0 Ss0 Ss3 Qq0 Ss0 Ss0 Ss3 Ss3 Ss3 Sso Sso
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)


PQ 9.12 (2): regressie, Rood zwenkgras -> codominantie Rood zwenkgras met Lamsoor (kreek dicht)
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
125
100
75
50
25
0
400
300
200
100
0
-100
Jf Jf Jfl Jf Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Jfl Pl3
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
pionier
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)


PQ 9.13 (5): veroudering, Rood zwenkgras -> Zeekweek
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
125
100
75
50
25
0
500
400
300
200
100
0
R* Jf Jf Jf Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5
1986 1989 1991 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
hoog
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)


PQ 9.14 (5): veroudering, uitbreiding Zeekweek, maar met blijvende codominantie van Rood zwenkgras
% bedekking
Maaiveldhoogte t.o.v. GHW (mm)
125
100
75
50
25
0
1000
800
600
400
200
0
Cr Cc* Cc* Xy3 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy3 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5 Xy5
1986 1989 1993 1993 1995 1997 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
laag
div. kwelder
voedselrijk
midden
hoog
MAAIVELD (mm)
OV FREQ (jaar -2)

Bijlage 4I. Ontwikkeling vegetatietype PQs Neerlands Reid volgens Natura 2000 habitattypering

	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
2015	Jf	Ph3	Jfz	Qq3	Pp	Pp	Pp	Ph5	Qq3	Qu	Pp-b	Ph5	Ph5	Jfz	Jf	Ppa	Pp	#	Rgf	Xy3	Jf	Rgf	Rgf	Xy3
2016	Xy3	Ph5	Jf	Qq3	Pp	Pp	Pp	Ph5	Qq3	Pp	Jfz	Ph5	Ph5	Ph5	Jf	Jf	Pp	Qq0	Rgf	Jf	Jf	Rgv	Rgf	Xy3

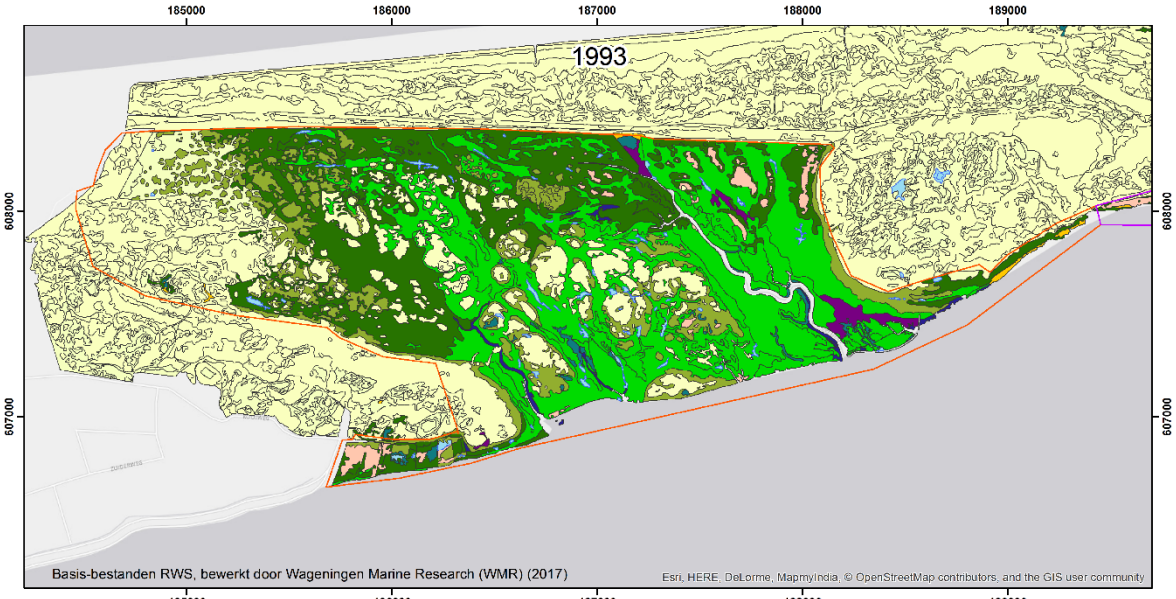
H1330/H0000	Hoge kwelder/duinvoet
H1330a	Schorren en zilte graslanden buitendijks
H1320	Slijkgrasvelden
H1310a	Zilte pionierbegroeiingen

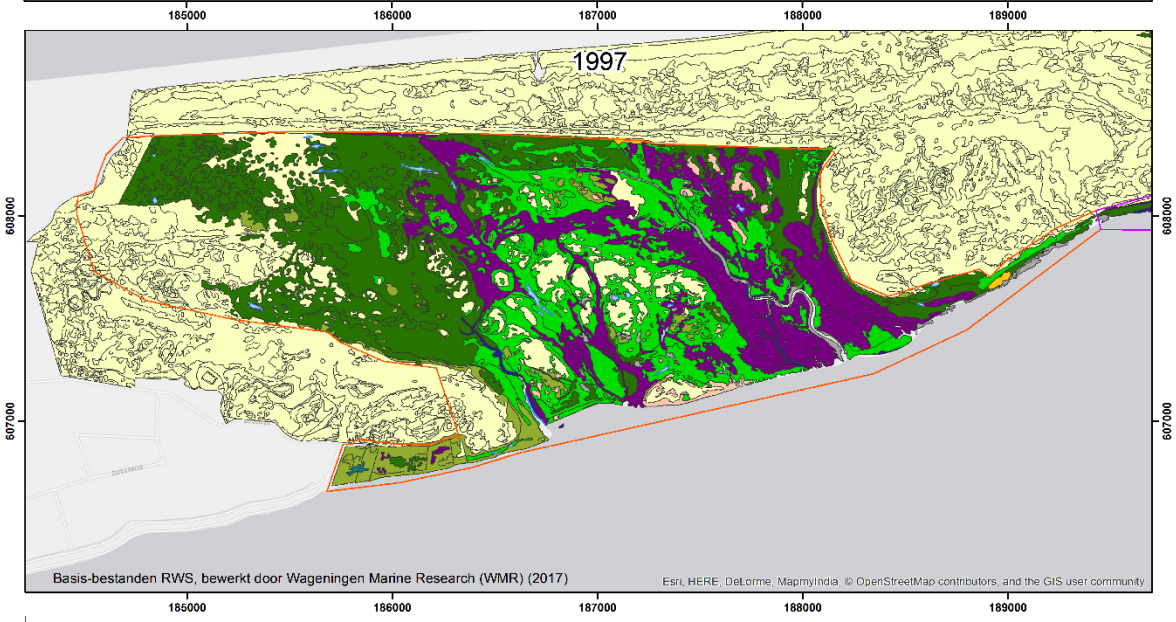
Bijlage 4J. Ontwikkeling vegetatietype PQs Hon volgens Natura 2000 habitattypering

	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	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
2015	Qq3	Ss0	Ph5	Qu	Xy5	Qu	Ph5	Ph5	Xy5	Pl3	Ss0	Jfl	Xy5	Xy5
2016	Qq0	Ss0	Ph5	Ph3	Xy5	Xx5	Ph5	Ph5	Xy5	Jja	Ss0	Pl3	Xy5	Xy5

H1330/H0000	Hoge kwelder/duinvoet
H1330a	Schorren en zilte graslanden buitendijks
H1320	Slijkgrasvelden
H1310a	Zilte pionierbegroeiingen

Bijlage 4K. Vegetatiekaarten Neerlands Reid 1993, 1997, 2002, 2008 en 2014

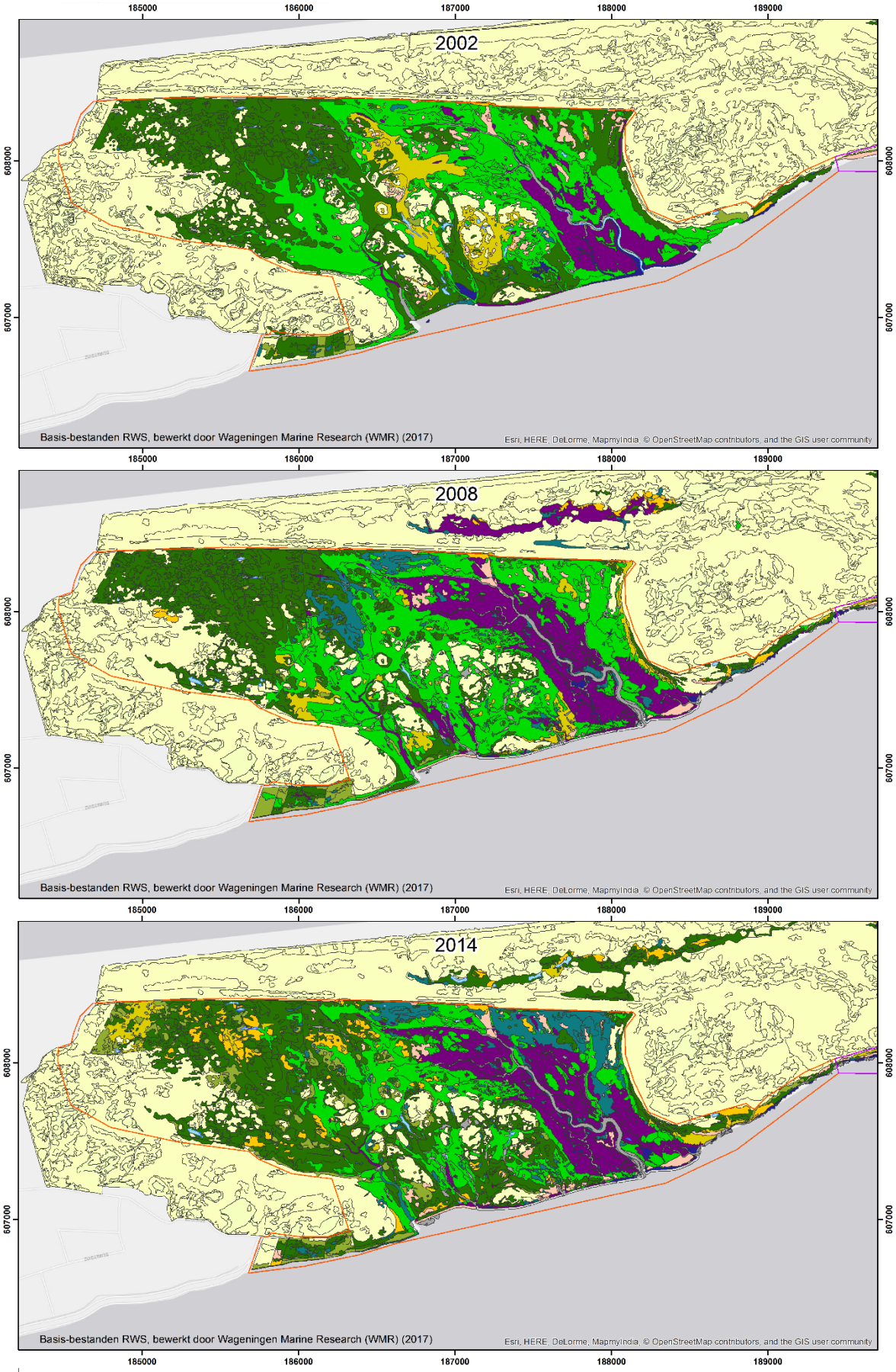




Legenda

Gebiednaam
- Hon
- NLR

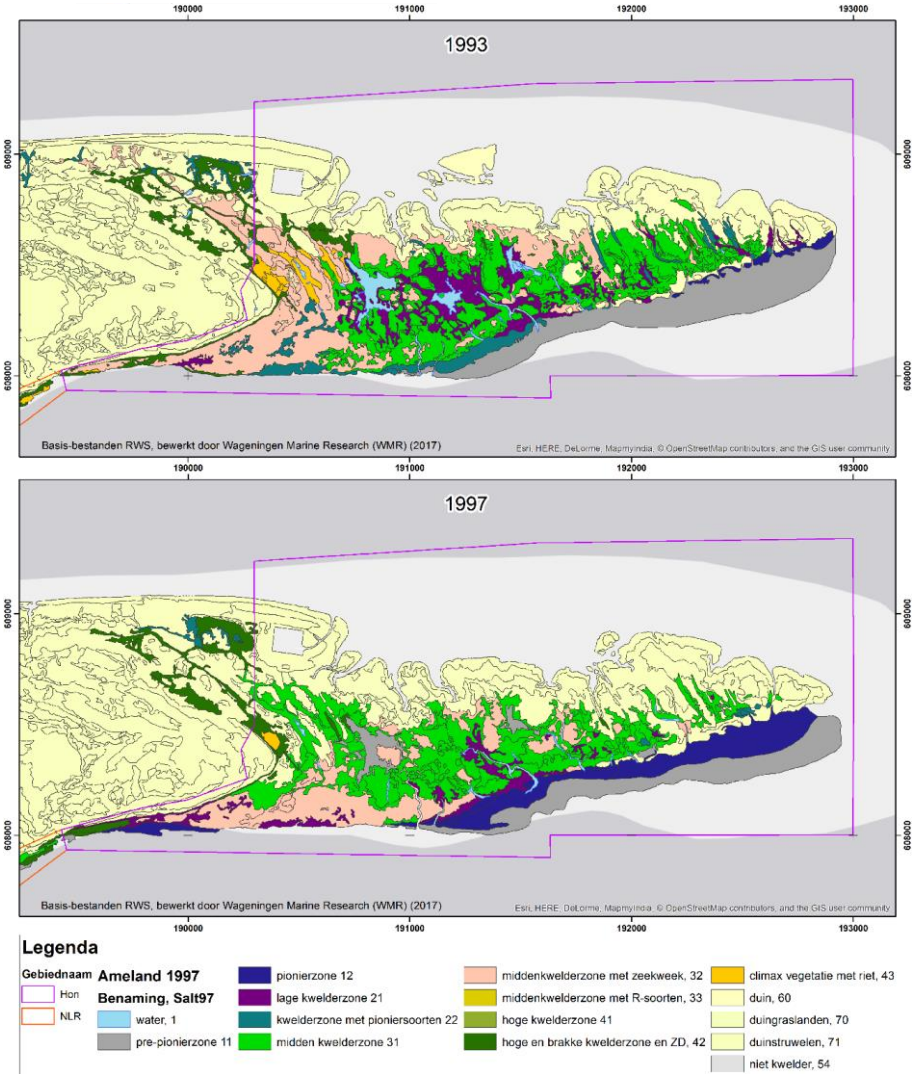
Ameland 1997
Benaming, Salt97
- water, 1
- pre-pionierzone 11
- pionierzone 12
- lage kwelderzone 21
- kwelderzone met pioniersoorten 22
- midden kwelderzone 31
- middenkwelderzone met zeekweek, 32
- middenkwelderzone met R-soorten, 33
- hoge kwelderzone 41
- hoge en brakke kwelderzone en ZD, 42
- climax vegetatie met riet, 43
- duin, 60
- duingraslanden, 70
- duinstruwelen, 71
- niet kwelder, 54



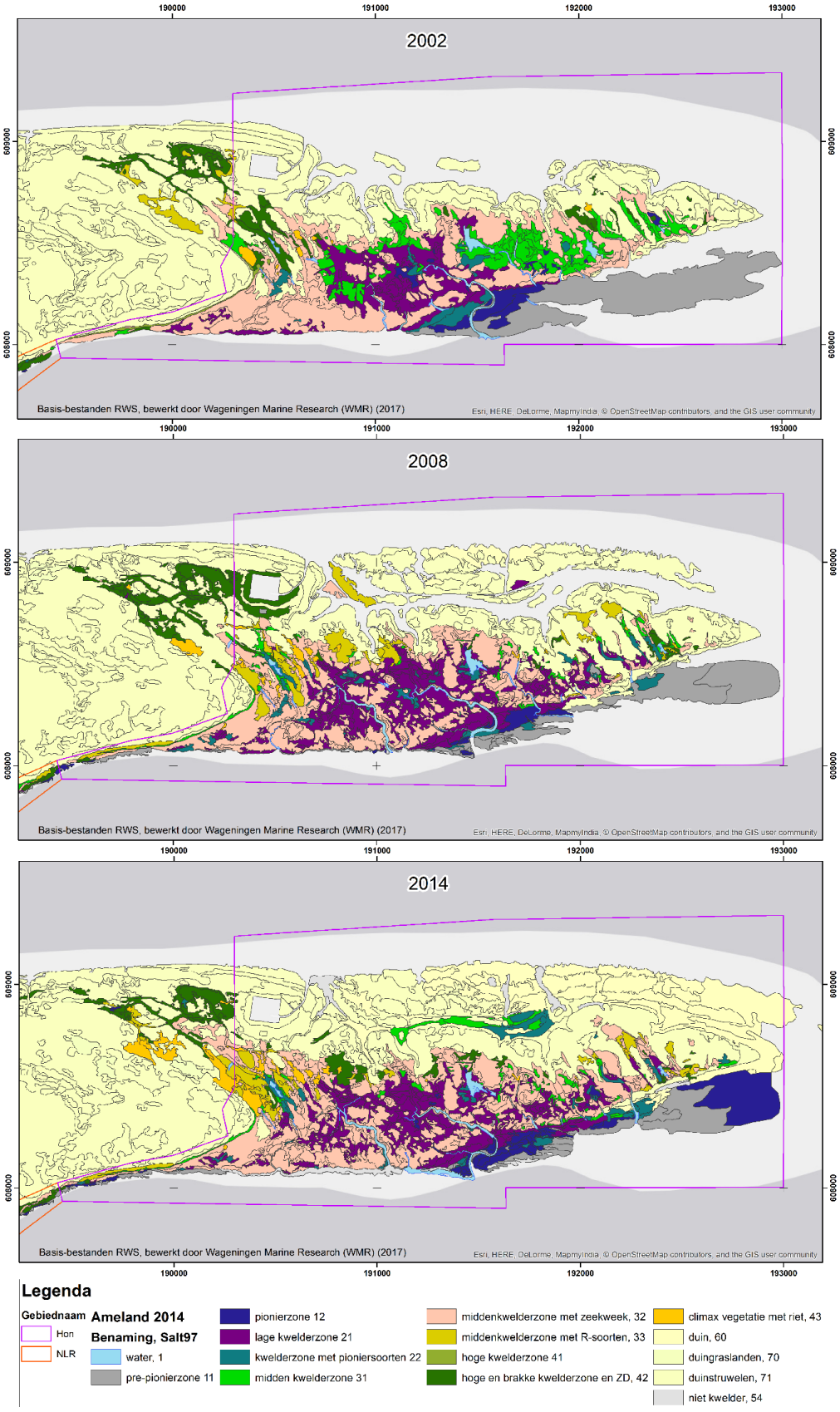
Legenda

Gebiednaam
- Hon
- NLR

Ameland 2014
Benaming, Salt97
- water, 1
- pre-pionierzone 11
- pionierzone 12
- lage kwelderzone 21
- kwelderzone met pioniersoorten 22
- midden kwelderzone 31
- middenkwelderzone met zeekweek, 32
- middenkwelderzone met R-soorten, 33
- hoge kwelderzone 41
- hoge en brakke kwelderzone en ZD, 42
- climax vegetatie met riet, 43
- duin, 60
- duingraslanden, 70
- duinstruwelen, 71
- niet kwelder, 54


1993
1997
190000
191000
192000
193000
609000
608000
608500
Basis-bestanden RWS, bewerkt door Wageningen Marine Research (WMR) (2017)
Esri, HERE, DeLorme, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community
Legenda
Gebiednaam
Hon
NLR
Ameland 1997
Benaming, Salt97
water, 1
pre-pionierzone 11
pionierzone 12
lage kwelderzone 21
kwelderzone met pioniersoorten 22
midden kwelderzone 31
middenkwelderzone met zeekweek, 32
middenkwelderzone met R-soorten, 33
hoge kwelderzone 41
hoge en brakke kwelderzone en ZD, 42
climax vegetatie met riet, 43
duin, 60
duingraslanden, 70
duinstruwelen, 71
niet kwelder, 54

Bijlage 4L. Vegetatiekaarten De Hon 1993, 1997, 2002, 2008 en 2014



Bijlage 4M. Successie en regressie op basis van vegetatiekaarten 1993 en 2014

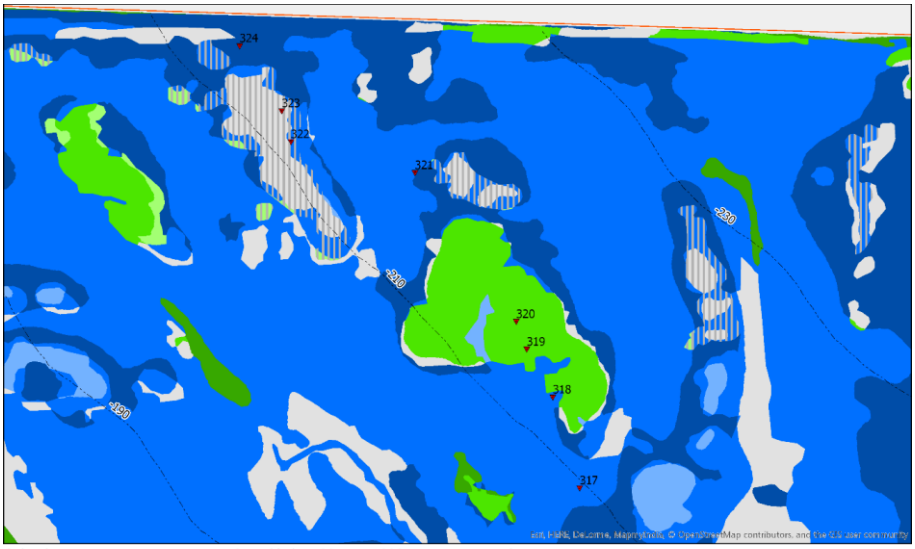
Kruistabel voor Neerlands Reid en De Hon met een vergelijking van de VEGWAD-vegetatiekaarten van 1993 en 2014 voor de verschillende kweldervegetatiezones. Op de regels staan de oppervlaktes (ha) van vegetatiezones van 1993, die zijn veranderd in vegetatiezones van de kolommen van 2014.

- = geen verandering waargenomen; 0.0 is afronding van minimale verandering. Vet en onderstreept = oppervlakte van de betreffende vegetatiezone die tussen 1993 en 2016 niet is veranderd. De veranderingen in hoofdzones boven de diagonaal staan voor successie/ veroudering van de vegetatie. De veranderingen in hoofdzones onder de diagonaal staan voor regressie/ verjonging van de vegetatie. Successie > 2 ha is fel groen gemarkeerd. Regressie > 2 ha is fel blauw gemarkeerd.
Voorbeeld: van vegetatiezone 31 uit 1993 op Neerlands Reid was onder andere 34.0 ha in 2014 veranderd naar vegetatiezone 21 (regressie); 43.9 ha was niet veranderd; 3.0 ha is veranderd naar vegetatiezone 32 (veroudering) en 31.9 ha was veranderd naar vegetatiezone 42 (successie).

Neerlands Reid											
Zonering in	**2014**										
1993	11	12	21	22	31	32	33	41	42	43	*Totaal 1993*
11	**4.3**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*4.3*
12	0.9	**0.1**	0.9	0.5	0.2	-	-	-	0.1	0.0	*2.7*
21	0.2	0.2	**2.4**	0.1	0.8	0.6	0.0	-	0.1	0.0	*4.4*
22	0.3	0.2	0.9	**0.5**	0.8	0.1	0.2	0.1	0.5	0.2	*3.9*
31	2.8	0.7	34.0	15.4	**43.9**	3.0	1.1	2.2	31.9	2.3	*137.2*
32	0.0	-	0.2	0.2	1.2	**0.7**	-	0.2	2.3	0.3	*5.2*
33	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	-	*0.0*
41	0.1	0.0	0.6	1.2	5.4	2.1	1.5	**8.1**	23.9	4.9	*48.0*
42	1.2	0.0	9.9	8.8	20.2	1.7	0.9	4.5	**50.2**	3.6	*100.9*
43	0.0	0.1	-	-	-	0.1	-	0.0	0.3	**0.4**	*0.9*
Totaal 2014	*9.9*	*1.4*	*48.9*	*26.7*	*72.4*	*8.3*	*3.8*	*15.1*	*109.4*	*11.8*	*307.5*

De Hon											
Zonering in	**2014**										
1993	11	12	21	22	31	32	33	41	42	43	*Totaal 1993*
11	**7.0**	8.2	1.4	1.3	0.1	0.0	-	-	0.0	-	*18.0*
12	0.1	**0.3**	0.1	0.1	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	*0.6*
21	0.1	0.3	**9.4**	0.5	0.3	2.4	0.1	-	0.1	-	*13.2*
22	0.1	0.2	1.9	**0.4**	0.0	1.7	0.1	-	0.1	-	*4.5*
31	0.1	0.1	8.3	0.4	**1.1**	22.0	0.8	-	0.4	0.2	*33.3*
32	0.7	0.1	1.5	0.3	0.4	**18.2**	2.5	-	2.2	1.0	*26.9*
33	-	-	-	-	-	-	**-**	**-**	-	-	*0.0*
41	-	-	-	-	-	-	-	**-**	-	-	*0.0*
42	0.3	0.2	0.2	0.0	0.4	1.8	0.3	-	**0.1**	0.2	*3.3*
43	-	0.0	0.2	0.8	0.2	0.3	0.5	-	0.0	**1.1**	*3.2*
Totaal 2014	*8.4*	*9.2*	*22.9*	*3.8*	*2.5*	*46.5*	*4.3*	*0.0*	*2.8*	*2.6*	*103.1*

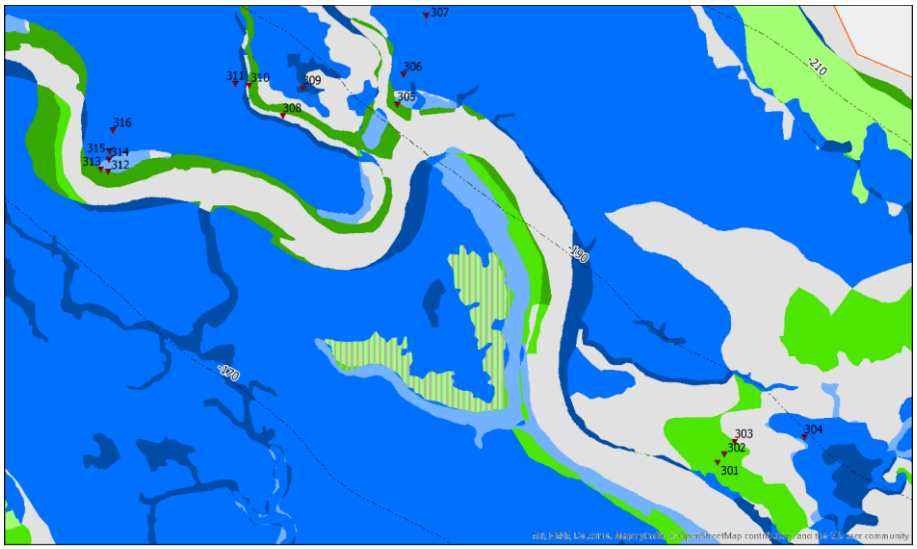
Bijlage 4N. Successie-regressiekaarten (1993-2014) bij PQs Neerlands Reid



Gebiednaam
Hon
NLR
Bodemdaling in mm (jaar=2014)

Ontwikkeling 2014 v. 1993
regressie, meer dan 1 zone
regressie, 1 zone
regressie, binnen zone
stabiel

successie, binnen zone
successie, 1 zone
successie, meer dan 1 zone
32 (midden)kwelder met zeekweek

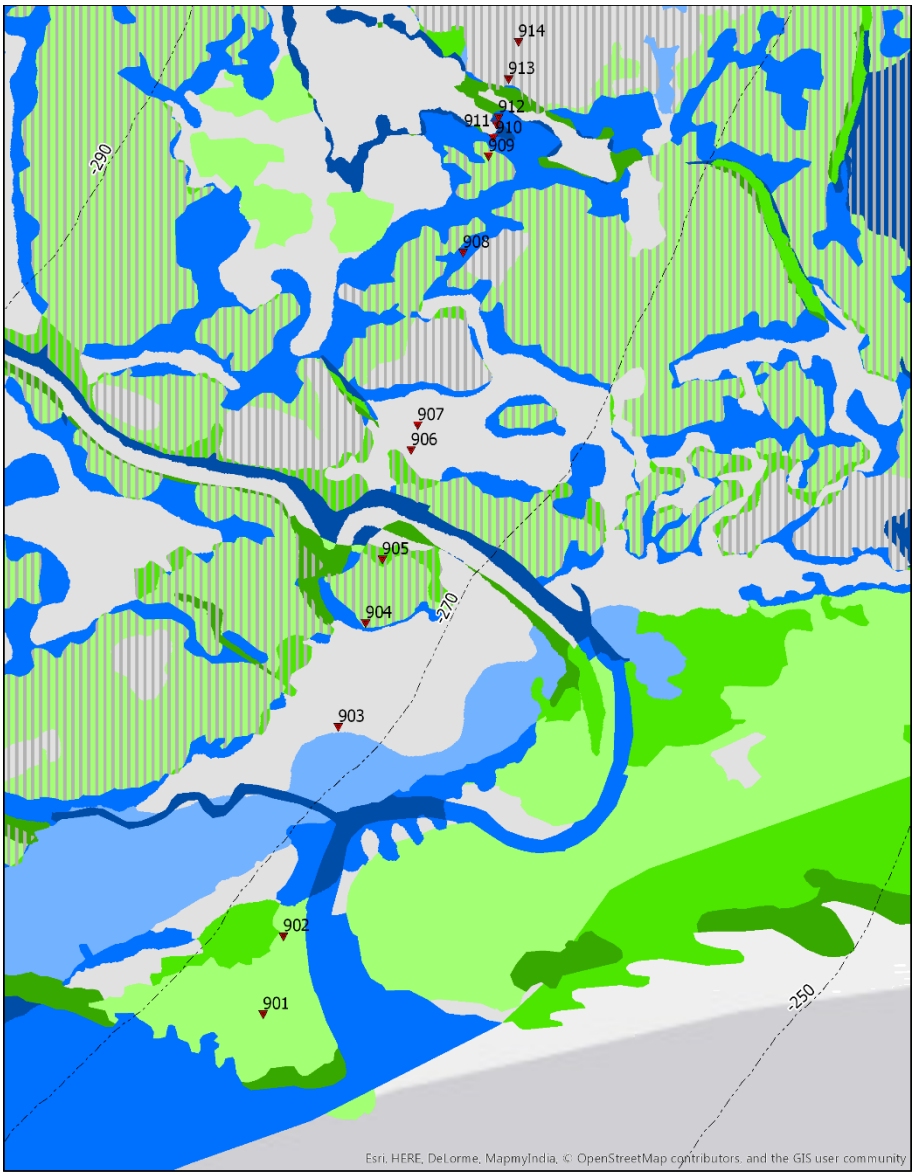


Gebiednaam
Hon
NLR
Bodemdaling in mm (jaar=2014)

Ontwikkeling 2014 v. 1993
regressie, meer dan 1 zone
regressie, 1 zone
regressie, binnen zone
stabiel

successie, binnen zone
successie, 1 zone
successie, meer dan 1 zone
32 (midden)kwelder met zeekweek

Bijlage 4O. Successie-regressiekaarten (1993-2014) bij PQs De Hon



Gebiednaam
- Hon
- NLR
- Bodemdaling in mm (jaar=2014)

Ontwikkeling 2014 v. 1993
- regressie, meer dan 1 zone
- regressie, 1 zone
- regressie, binnen zone
- stabiel
- successie, binnen zone
- successie, 1 zone
- successie, meer dan 1 zone
- 32 (midden)kwelder met zeekweek

Bijlage 4P. Prognose vegetatieontwikkeling 2025 en 2050 inclusief GHW-stijging

PQ-nummer en vegetatiezone 1986	Drainageklasse	Maaiveldhoogte 1986 (mm + NAP) (gemeten)	Maaiveldhoogte 2016 (mm + NAP) (gemeten)	Maaiveldhoogte 2025 (mm + NAP) (berekend)	Maaiveldhoogte 2050 (mm + NAP) (berekend)	Vegetatiezone 1986 -> 2016 (gemeten)	Vegetatiezone 2016 ->2025 (theoretisch op basis van maaiveldhoogte)	Vegetatiezone 2025 ->2050 (theoretisch op basis van maaiveldhoogte)
Pionierzone (> NAP + 860 mm)								
3.2	1	1253	1314	1290	1395			
3.4	0	1196	1192	1163	1253			
3.5	3	1112	**1386**	1434	**1739**	-> lage kwelder		-> hoge kwelder
3.9	0	1291	1194	1135	1142			
3.10	3	1218	**1306**	1298	1448	-> lage kwelder		
3.12	3	1200	**1240**	1212	1307	-> lage kwelder		
9.1	2	1052	871	878	950			
9.2	2	1052	1086	**1154**	1397		-> lage kwelder	
Lage kwelder (> NAP + 1120 mm)								
3.1	3	1429	**1493**	1479	**1611**	-> midden kwelder		-> hoge kwelder
3.6	3	1386	1386	1362	**1467**			-> midden kwelder
3.8	3	1072	1339	1401	**1743**			-> hoge kwelder
3.13	3	1171	1204	1170	1248			
3.14	4	1352	1365	1324	1381			
3.15	4	1435	1383	1337	1382			
9.3	3	1162	1137	1157	1267			
9.4	3	1252	1226	1240	1333			
9.6	2	1252	1237	1266	**1401**			-> midden kwelder
Midden kwelder (> NAP + 1460 mm NR/1360 mm De Hon)								
3.3	4	1457	1472	1445	1543			
3.7	2	1461	1377	**1334**	1387	lage kwelder <-	lk (mk ondergrens - 126 mm)	lk (mk ondergrens - 73 mm)
3.11	3	1536	1464	1416	1453			
3.16	4	1471	1417	1389	1426		lk (mk ondergrens - 71 mm)	
3.20	5	1701	1532	1468	1405			lk (mk ondergrens - 55 mm)
3.21	2	1545	1387	**1334**	1301	stabiel	lk (mk ondergrens - 126 mm)	lk (mk ondergrens - 159 mm)
9.5	3	1452	1287	1279	1309	veroudering	lk (mk ondergrens - 81 mm)	lk (mk ondergrens - 51 mm)
9.7	2	1312	**1179**	1168	1190	lage kwelder <-	lk (mk ondergrens -192 mm)	lk (mk ondergrens - 170 mm)
9.8	2	1361	**1134**	1107	1084	lage kwelder <-	lk (mk ondergrens -253 mm)	lk (mk ondergrens -276)
9.9	4	1511	**1250**	1214	1166	stabiel/veroudering	lk (mk ondergrens - 146 mm)	lk (mk ondergrens - 194 mm)
9.13	5	1506	1265	**1223**	1161	veroudering	lk (mk ondergrens - 137 mm)	lk (mk ondergrens - 199 mm)
Hoge kwelder (> NAP + 1600 mm)								
3.19	5	1885	1674	1605	1530			mk (hk ondergrens - 70 mm)
3.22	5	1835	1623	1552	1469			mk (hk ondergrens - 131 mm)
3.23	5	1831	1633	1562	1479			mk (hk ondergrens - 121 mm)
3.24	5	1711	1530	**1474**	1434	midden kwelder <-	mk (hk ondergrens - 126 mm)	mk (hk ondergrens - 166 mm)
9.14	5	1823	1581	1548	1511		mk (hk ondergrens - 52 mm)	
Verstoorde PQ´s								
3.17	2	1471	1202	1108	963	lage kwelder <-		
3.18	0	1371	1162	1090	1005	stabiel		
9.10	2	1391	1140	1100	1043	verjonging		
9.11	0	1271	974	934	877	pionier zone <-		
9.12	2	1431	1141	1090	1003	lage kwelder <-		

MV > 50 mm boven theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone	-> successie
MV tussen 100 mm onder en 50 mm boven theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone	<- regressie
MV 100-150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone	100-150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone
MV > 150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone	regressie: > 150 mm onder theoretische ondergrens betreffende vegetatiezone