

Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: *Jaarrapport 2015*

W.E. van Duin & C. Sonneveld

Rapport C041/16



IMARES Wageningen UR

(Imares - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

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

Publicatiedatum:

april 2016

Imares is:

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

Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26
E-mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 59
E-mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

Postbus 57
1780 AB Den Helder
Tel.: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)223 63 06 87
E-mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl

© 2016 Imares Wageningen UR

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

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

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

A_4_3_1-V13

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	9
1.1 Achtergrond.....	9
1.2 Keuze referentiegebied.....	9
1.3 Metingen door derden.....	11
1.4 Ervaring op basis van bodemdaling Ameland.....	12
2 Methodes.....	13
2.1 Globale werkwijze.....	13
2.2 Schaalniveaus.....	13
2.2.1 Peazemerlannen.....	13
2.2.2 Monitoring referentiegebied West-Groningen.....	13
2.3 Keuze ligging pq's.....	15
2.4 Opslibbing (SEB-meting bij vegetatie pq).....	17
2.5 Vegetatie (pq's).....	17
2.6 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten in 2008.....	18
3 Resultaten en discussie.....	19
3.1 Maaiveldhoogteverandering (SEB-metingen).....	19
3.2 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten.....	25
3.3 Vegetatie (pq's).....	25
3.4 Vegetatiekaarten RWS.....	30
3.5 Opslibbing en vegetatieontwikkeling RWS-meetvakken West-Groningen.....	33
3.6 Jaargemiddeld hoogwater.....	36
4 Conclusies.....	39
4.1 Peazemerlannen.....	39
4.2 Referentiegebied.....	40
4.3 Beweiding.....	40
Referenties.....	41
Verantwoording.....	43
BIJLAGEN.....	45
A. Programma vegetatiekarteringen kwelders RWS (VEGWAD).....	46
B. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlannen: pq 4-30.....	47

C. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlanden: pq 31-48	51
D. Cumulatieve maaiveldhoogteverandering Peazemerlanden: afzonderlijke pq's.....	52
E. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling pq's referentiegebied Groningen.....	54
F. Opslibbing referentiegebied West-Groningen: afzonderlijke pq's	56
G. Vegetatieontwikkeling 5 RWS-meetvakken referentiegebied West-Groningen.....	58
H. Hoogteontwikkeling 5 RWS-meetvakken referentiegebied West-Groningen	61
I. Vertrappingsschade bij SEB-meting per pq en jaar in referentiegebied West-Groningen...	62

Samenvatting

Deze rapportage beschrijft de monitoring in het kader van de bodemdaling onder de kwelder de Peazemerlannen, gelegen aan de Friese noordoostkust. Er wordt een overzicht gegeven van de activiteiten en meetresultaten in de kwelder en zomerpolder van de Peazemerlannen en het referentiegebied in de kwelderwerken in West-Groningen gedurende de jaren 2007 t/m 2015. De meeste gegevens worden weergegeven vanaf 2007, het startjaar van de gaswinning. Oudere data worden, waar nuttig, ook weergegeven of er wordt verwezen naar eerdere rapporten. Algemene en achtergrondinformatie wordt in elke jaarrapportage opgenomen, zodat het meest recente jaarrapport in principe alle nodige informatie bevat.

Puntmetingen Imares in de Peazemerlannen en het referentiegebied

In 1995/1996 zijn 30 meetpunten uitgezet in de Peazemerlannen. Door de autonome ontwikkeling (maaiveldhoogteverandering, in dit rapport ook wel opslibbing genoemd, en vegetatiesuccessie) in de periode 1995-2007, die als nulmeting gezien kan worden, raakten vooral de meetpunten in de lagergelegen vegetatiezones ondervertegenwoordigd. Daarom zijn in 2007, vooral in die zones, 18 extra meetpunten aangelegd, waarmee het totale aantal meetpunten op 48 is gekomen.

Verder zijn in 2007 in de West-Groninger kwelderwerken 29 referentiemeetpunten uitgezet in vegetatiezones vergelijkbaar met die in de Peazemerlannen. De meetpunten zijn verdeeld over zes raaien van dijk naar wad in vijf meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS).

Van alle meetpunten is jaarlijks in voor- en najaar de opslibbing en daarmee ook de maaiveldhoogte bepaald met de Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB). In de nazomer is jaarlijks de vegetatie in permanente kwadraten (pq's) bij de SEB-meetpunten opgenomen. Van alle meetpunten is de maaiveldhoogte t.o.v. NAP bekend.

Meetvakken RWS en aanvullende transectmetingen referentiegebied verzameld door RWS

De kwelderwerken van West-Groningen zijn de dichtstbijzijnde kwelders zonder bodemdaling en met een opslibbing vergelijkbaar met die van de Peazemerlannen. Daarnaast is van dit gebied een meetreeks van RWS beschikbaar betreffende de opslibbing en vegetatieontwikkeling van 1960 tot heden in vaste meetvakken (400 m breed en van dijk tot wad). RWS voert daar transectmetingen in de dwarsraaien evenwijdig aan de dijk (elke honderd meter van dijk tot wad) die een beeld van de hoogteontwikkeling geven. De vegetatie wordt jaarlijks in alle, volledige meetvakken opgenomen. De door Imares uitgevoerde puntmetingen van de opslibbing en vegetatie vinden ook in deze meetvakken plaats, waardoor de twee schaalniveaus makkelijker vergeleken kunnen worden.

Resultaten puntmetingen 2007-2015

Opslibbing pq's

Met de SEB-metingen wordt de verandering van de maaiveldhoogte gemeten. Dit is de resultante van sedimentatie, erosie, compactie (klink door uitdroging of rijping en vertrapping), bioturbatie en organische componenten, zoals plantenwortels. Bodemdaling is er niet in verrekend. De maaiveldhoogteverandering wordt in de verdere tekst meestal aangeduid met (netto) opslibbing.

In de Peazemerlannen was de gemiddelde maaiveldverandering over 2007-2015 bij alle pq's positief. De gemiddelde jaarlijkse netto opslibbing gemeten van 2007-2015 in de pionierzone en de verschillende vegetatiezones van de kwelder lag tussen circa 8-14 mm/j. De gemiddelde bodemdaling in deze zelfde periode was 3,1 mm/j en de GHW-stijging 2 mm/j. In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van 9 mm/j in de lage delen aan de oostkant en 2 mm/j in de kortgegrasde hoger gelegen delen aan de westkant. Op het kale wad en in de pre-pionierzone is een gemiddelde toename in hoogte gemeten van circa 14 mm/j. Tussen meetpunten in dezelfde vegetatiezone waren soms wel grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen en weinig begroeide pre-pionierzone. Er zijn zeven meetpunten die over de afgelopen 8 jaar een opslibbing hebben $\leq 5,1$ mm/j (een waarde die tot nu toe wordt aangehouden om de combinatie van GHW-stijging en bodemdaling minimaal te kunnen compenseren). Hiervan liggen er drie in de zomerpolder, een op het wad, een in een poel, een naast een poel en een ver weg van het wad en sediment aanvoerende geulen. De metingen laten echter ook zien dat een aanvankelijke achterstand in een of enkele jaren kan worden ingelopen.

Ook dit jaar is een vergelijking gemaakt van de opslibbing van dicht bij elkaar liggende wadsedimentatie-meetpunten van Natuurcentrum Ameland (NCA) en SEB-meetpunten van Imares in de dynamische pre-pionierzone. Bij NCA-metingen worden de veranderingen aan het wadoppervlak gemeten ten opzichte van een ondergronds vast punt (grondanker), terwijl bij de SEB-metingen de bovenkant van de SEB-palen het vaste punt vormen. De uitgangshoogte van beide groepen meetpunten was verschillend. Er zijn overeenkomsten in de ontwikkeling van de maaiveldhoogte bij sommige metingen, maar langzamerhand lijkt de trend in hoogteontwikkeling tussen de hoger en lager gelegen punten echter wat uiteen te gaan lopen.

In het referentiegebied, de meetvakken in West-Groningen, ligt de gemiddelde jaarlijkse opslibbing in de periode 2007-2015 lager dan in de Peazemerlannen en ligt tussen 0-2 mm/j in de kwelder en 4 mm/j in de pionierzone. Het kale wad en de pre-pionierzone vertoonden gemiddeld een erosie van 2 mm/j. Tussen meetpunten in eenzelfde zone waren ook in het referentiegebied soms grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen, weinig begroeide pre-pionierzone. De opslibbing wordt sterk beïnvloed door vertrapping tijdens beweiding die is toegenomen de laatste jaren. In 2012 werd bij ongeveer een kwart van de pq's gemiddeld erosie (een verlaging van het maaiveld) gemeten en dat waren met name de pq's op het wad en in de pre-pionierzone. In 2015 is het aantal pq's met erosie bijna verdubbeld. De oorzaak ligt echter niet in wegspoelen van sediment of afgenomen opslibbing, maar in een verlaging van het maaiveld door vertrapping. Gedurende de monitoringperiode vanaf 2007 is één van de vijf meetvakken tot nu toe geheel onbeweid gebleven, terwijl in de vier andere referentiemeetvakken in één, enkele of alle jaren vee heeft gelopen.

Vegetatie pq's

Over het geheel genomen was de vegetatie in 28 kwelder-pq's in de Peazemerlannen stabiel ten opzichte van het beginjaar 2007. Er heeft in vijftien pq's (lichte) successie plaatsgevonden, maar in twee daarvan is de richting van successie wat lastig aan te geven vanwege de grote diversiteit in de pq's. In twee pq's heeft een lichte regressie plaatsgevonden. Dit zijn beide pq's die dicht bij de doorbraak in de noordelijke zomerkade, op de grens van lage kwelder en pionierzone liggen. De oorzaak hiervan ligt bij deze pq's vooral in het feit dat er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras heeft plaatsgevonden, die voor een klein deel ten koste is gegaan van Gewoon kweldergras, maar vooral 'ten koste van' onbegroeide delen. In dat opzicht is dus eigenlijk sprake van successie, maar voor het vegetatietype betekent het een lichte regressie. Deze ontwikkeling is dus niet veroorzaakt door bijvoorbeeld een slechtere ontwatering of bodemdaling. Ondanks een lichte verbetering t.o.v. vorige jaren blijft pq 17 zowel in vegetatiebedekking als in opslibbing achter bij de andere pq's. De reden hiervan is echter bekend: de pq ligt al sinds 2004 in een slecht ontwaterende poel waardoor de vegetatie minimaal is en de bodem verweekt in natte jaren en inklinkt in droge jaren. De verwachting bij deze pq is dat zowel de opslibbing als vegetatieontwikkeling weer op gang komt als een dichtbijzijnde kreek door terugschrijdende erosie aansluiting maakt op de poel en de drainage en sedimentaanvoer herstelt.

Ook in het referentiegebied was de vegetatie in de meeste pq's stabiel (met soms lichte successie of lichte regressie bij de vrijwel kale wad pq's). Er heeft in twee pq's duidelijke successie plaatsgevonden en in een pq (359F) regressie veroorzaakt door vertrapping. In pq 286I heeft op basis van het gevonden vegetatietype ook regressie plaatsgevonden, maar er is tevens een toename van Zeekweek gemeten.

Resultaten transectmetingen RWS-meetvakken

Uit de meetreeks van RWS blijkt dat de gemiddelde opslibbing in de vijf referentiemeetvakken in West-Groningen over de periode 2000-2008 in de pionierzone 4 mm/j bedroeg en in de kwelder 13 mm/j. In de periode 2008-2014 is de opslibbing in de pionierzone gelijk gebleven, maar die in de kwelder is afgenomen naar een gemiddelde van 4 mm/j.

De vegetatieontwikkeling in de kwelder laat de laatste decennia over het geheel genomen een successie zien van een gevarieerde (lage) kwelder naar het climaxstadium met Zeekweek, behalve in intensief beweidde delen. Deze autonome ontwikkeling hangt samen met de door opslibbing toenemende hoogte van het maaiveld. Tot 2013 ontbrak beweiding in de meeste meetvakken die als referentie gebruikt worden. De vanaf dat jaar breder ingezette beweiding zal de komende jaren een effect op de vegetatie krijgen en lokaal op de maaiveldhoogte.

Conclusies

De conclusies die getrokken kunnen worden na 8 jaar monitoring wijken weinig af van die in het jaarrapport 2014 en de evaluatie na 5 jaar monitoring.

Opslibbing Peazemerlannen:

- De gemiddelde gemeten maaiveldverandering over 2007-2015 in de Peazemerlannen was bij alle pq's positief en bij de meeste pq's voldoende om de gemeten bodemdaling over deze periode (3,1 mm/j) en een Gemiddeld Hoogwater-stijging van 2 mm/j bij te houden. De verschillen tussen pq's kunnen echter groot zijn.
- Van de zeven pq's die op dit moment een, over de hele meetperiode van 8 jaar genomen, gemiddelde opslibbing hebben van $\leq 5,1$ mm/j liggen er drie in de zomerpolder, allen in het hooggelegen, beweid westelijke deel. Een pq ligt in een vrijwel kale, afwisselend natte en droge poel waardoor verweking/erosie en inklink bepalend zijn voor de hoogteligging. Zodra de poel weer gedraineerd wordt door aansluiting op een kreek via terugschrijdende erosie zal ook de sedimentaanvoer en vegetatieontwikkeling op gang komen. De pq die naast een poel ligt is vaak vochtig waardoor de bodem niet goed consolideert. Ook bij de twee overige pq's kan een verklaring worden gegeven (erosie op het wad en de grote afstand tot een sedimentbron) waarom de opslibbing achter is gebleven.
- In de westelijke zomerpolder was vroeger inklink het bepalende proces. Nu wordt er gemiddeld een lage opslibbing van 2 mm/j gemeten. Dat is echter net genoeg om de GHW-stijging bij te houden en niet de daar ook nog bijkomende bodemdaling. De beperkte aanvoer van sediment (o.a. door zomerkade(s) en/of (gedeeltelijk) door sediment en/of vegetatie geblokkeerde duikers) en de vrij hoge ligging van de pq's zorgen voor deze lage opslibbing. In sommige delen van de zomerpolder is de drainage minder goed, omdat de oorspronkelijke greppels zijn dichtgegroeid. Daardoor kan er water blijven staan waardoor de vegetatie kan afsterven. Sedimentatie en drainage in de zomerpolder verdienen daarom extra aandacht. Verder heeft compactie door de beweiding (vertrapping) ook invloed op de maaiveldhoogte en drainage in de zomerpolder.
- Uit zowel de metingen van Natuurcentrum Ameland als Imares op het wad blijkt dat de opslibbing lokaal grote verschillen kan vertonen, niet alleen per locatie, maar ook per jaar. Zowel de spijker- als SEB-metingen laten een opvallende toename in maaiveldhoogte zien in de winter van 2010/2011. Deze toename in maaiveldhoogte lijkt zich voort te zetten bij de hoger gelegen punten. Mogelijk wordt dit mede veroorzaakt door de toenemende vegetatie bij deze punten. Bij de lager gelegen punten lijkt er daarna een stabiele periode te zijn in maaiveldhoogte.

Vegetatieontwikkeling Peazemerlannen:

- De vegetatie bij de meeste pq's is stabiel of vertoont successie t.o.v. de situatie in 2007, wat verwacht kan worden bij een positieve opslibbingsbalans. Dit laat verder zien dat er als gevolg van bodemdaling geen kritische grens is overschreden (deze kennis/ervaring is ook opgedaan tijdens de monitoring in het kader van het bodemdalingsonderzoek op Ameland), wat ook de verwachting is bij de huidige mate van bodemdaling. Daarnaast liggen de pq's allemaal ver boven de theoretische ondergrens van hun vegetatiezone, waardoor ook niet te verwachten is dat er snel regressie van de vegetatie zal optreden. Bij de monitoring van de bodemdaling op Ameland is gebleken dat een opslibbingsachterstand van ruim 15 cm vaak nog geen gevolgen (regressie) voor de vegetatie had.
- De twee pq's, die op basis van het vegetatietype een (schijnbare) lichte regressie lieten zien, lagen op de grens van lage kwelder en pionierzone dicht bij de doorbraak in het midden van de zomerkade. Bij deze pq's heeft er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras plaatsgevonden die vooral ten koste is gegaan van onbegroeide delen (poeltjes) en voor een klein deel ten koste van Gewoon kweldergras. In het eerste geval is dus eigenlijk sprake van successie, maar voor het vegetatietype betekent het een lichte regressie. Deze ontwikkeling van uitbreidend Engels slijkgras is ook in het referentiegebied waargenomen (buiten de pq's).

Opslibbing en vegetatieontwikkeling referentiegebied:

- De vegetatie van de meetpunten in het referentiegebied vertoonden, ondanks een lagere gemiddelde opslibbing (deels veroorzaakt door vertrapping/compactie door beweiding), een vergelijkbaar beeld: stabiele vegetatie of een (lichte) successie bij de meeste pq's. Bij één pq trad regressie op, veroorzaakt door beweiding. Regressie door beweiding kan door het wegeten van soorten komen, maar ook door vertrapping van vegetatie en bodem. Door verdichting van de bodem en/of sporen waar water in blijft staan wordt de drainage beïnvloed. De verschuiving

van Zoutmelde naar een grotere bedekking door Kweldergras in een aantal pq's is mogelijk veroorzaakt door beweiding.

Vlakdekkende vegetatieontwikkeling Peazemerlannen en referentiegebied:

- Er kon nog geen vergelijking gemaakt worden met de vegetatiekaart uit de eerste periode van de gaswinning. Deze RWS VEGWAD-kaart (op basis van de luchtfoto uit 2014 en veldwerk uit 2015) komt namelijk pas in de loop van 2016 beschikbaar. De vergelijking met de kaart uit 2008 zal daarom in het volgende jaarrapport gebeuren.

Beweiding referentiegebied:

Op het moment is slechts één van de vijf deelgebieden gedurende de hele monitoringperiode onbeweid, terwijl de overige vier gebieden alle of sommige jaren beweid zijn geweest. De door het Kwelderherstelplan Groningen sinds 2013 toegenomen beweiding in het referentiegebied vormt een knelpunt voor de bruikbaarheid van gegevens als referentiewaarden, zowel voor de opslibbing als de vegetatieontwikkeling. Het aangepaste beweidingsbeheer heeft/krijgt een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (vertrapping en compactie) en de vegetatie (vertrapping, verjonging/regressie) en lokaal ook op de drainage. Dit is nu al waargenomen bij sommige meetpunten.

Omgaan met veranderingen in het beheer:

Aangezien de locaties waar vee ingezet gaat worden, het type vee en de duur en intensiteit niet vast ligt, maar grotendeels door de situatie van het moment zullen worden bepaald (o.a. vegetatiesamenstelling, beschikbaarheid vee en beheervergoeding), is het moeilijk te voorspellen hoe groot het effect eventueel zal zijn op de bruikbaarheid als referentiegebied. Het bijhouden van beweidingsgegevens is essentieel om de effecten van beweiding te kunnen evalueren, maar dit wordt momenteel nog niet gedaan.

Het uitrasteren van de pq's in combinatie met een weideklok (schrikdraad) is een arbeidsintensieve en daardoor kostbare optie om de referentiemeetpunten te beschermen tegen eventuele beweidingseffecten en zodoende te kunnen blijven gebruiken.

Na een veldbezoek aan de Peazemerlannen en het referentiegebied op 1 sept 2015 met drie leden van de auditcommissie en de NAM, is besloten om de bestaande referentiemeetpunten te blijven gebruiken, maar daarnaast ook het volgende te doen:

1. SEB-palen in beweidde delen van het referentiegebied worden dieper in de grond gezet om de aantrekkingskracht op het vee te verminderen. Als test is dit vervolgens in het najaar van 2015 meteen uitgevoerd in meetvak 311.
2. De vertrapingsintensiteit blijven vastleggen en ook in aparte tabel opnemen in de rapportage.
3. Indien nodig de onbeweidde meetpunten uit het SEB-meetnet van Imares toevoegen als alternatieve referentiepunten.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Midden jaren '90 heeft de NAM door middel van proefboringen gas ontdekt in zeven velden, waaronder Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Deze gasvelden maken deel uit van de vigerende winningvergunningen en liggen geheel of gedeeltelijk onder de Waddenzee net ten noorden van het Lauwersmeer, in het noordoosten van Friesland en het noordwesten van Groningen. Moddergat is aangeboord vanaf de locatie Moddergat, de drie Lauwersoog-velden vanaf de locatie Lauwersoog en de velden Vierhuizen-Oost en -West vanaf de locatie Vierhuizen. Na de proefboringen zijn de exploratieputten, in afwachting van de productieplannen, veiliggesteld.

In overeenstemming met het advies van de Adviesgroep Waddenzeebeleid heeft de overheid geconcludeerd dat er geen ecologische gronden zijn voor het afzien van winning gebonden aan strikte natuurgrenzen. In dit kader wordt gesproken over het principe van 'hand aan de kraan'. Dit houdt in dat de winning van gas wordt afgestemd op de draagkracht van de min of meer zelfstandige ecologische eenheden binnen het waddensysteem (i.e. de kombergingsgebieden). In de praktijk betekent dit dat in een kombergingsgebied de bodemdalingsnelheid door gaswinning niet groter mag worden dan de sedimentatiesnelheid, rekening houdend met de zeespiegelstijging, de natuurlijke bodemdaling en het aanbod van sediment.

Begin 2007 heeft de NAM het genoemde gasveld op de landlocatie Moddergat in productie genomen. In dit noordoostelijke deel van Friesland bevindt zich ook de Peazemerlannen, een natuurgebied bestaande uit een grotendeels beweide zomerpolder en een onbeweide kwelder. De beschikbare meetgegevens van de opslibbing en vegetatie van dit gebied tot en met 2006 zijn vastgelegd in een rapport met de uitgangssituatie (Van Duin *et al.*, 2007). Om eventuele veranderingen in opslibbing en vegetatieontwikkeling in de Peazemerlannen te kunnen waarnemen worden tijdens de gaswinningperiode jaarlijks op strategische punten metingen gedaan in het gebied zelf en in een nabijgelegen referentiegebied (zie §1.2). Doel is eventuele effecten van bodemdaling door gaswinning waar te nemen zodat, indien noodzakelijk, passende maatregelen genomen kunnen worden. De kweldermonitoring levert daarmee een bijdrage aan het veel bredere monitoringprogramma dat wordt uitgevoerd in het kader van de gaswinning bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

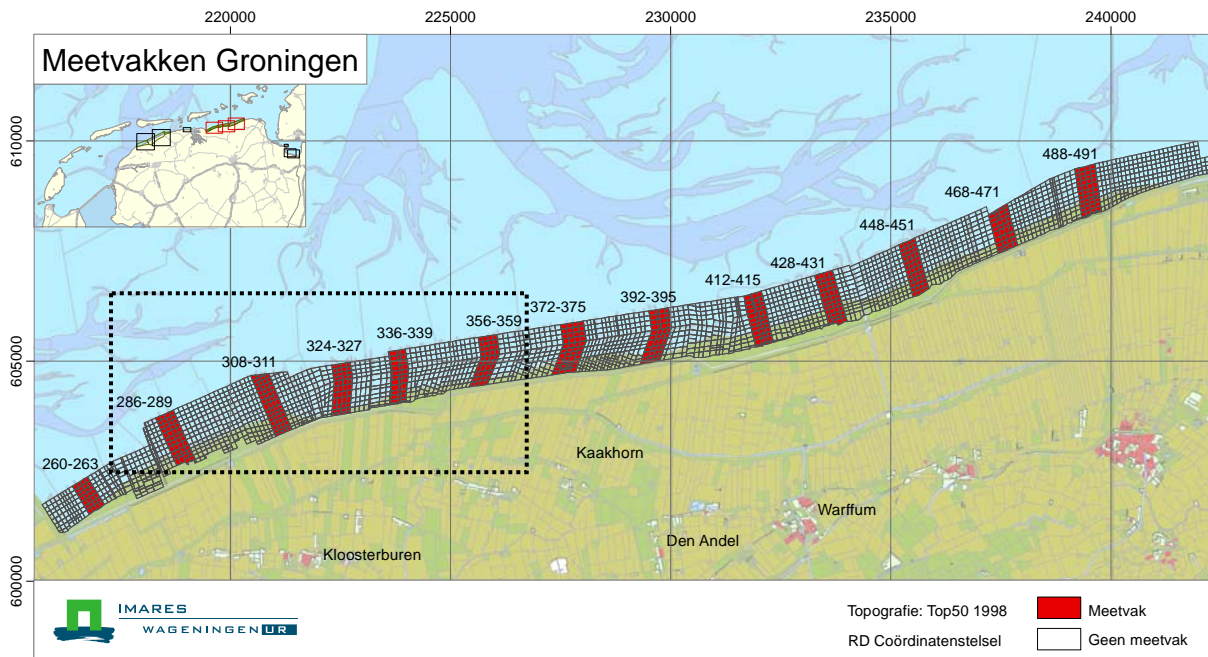
1.2 Keuze referentiegebied

Na aanbevelingen van 2 audits betreffende het bodemdalingonderzoek Ameland bleek een nul-referentie zonder bodemdaling wenselijk. Imares had voor NO-Friesland al een nul-meetserie met Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB)-metingen voor de opslibbing en permanent kwadraat (pq)-metingen voor de vegetatieontwikkeling van 1995-2006 in de Peazemerlannen zelf. De (westelijke) meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS) in de kwelderwerken van Groningen zijn geschikt als referentie vanwege de lange reeks gegevens (1960-heden) en vanwege de goede overeenkomsten in opslibbing en vegetatie met de Peazemerlannen. De kwelderwerken in Friesland zijn bewust niet als referentie gekozen, omdat de gemiddelde opslibbing daar de afgelopen decennia hoger was dan in de Peazemerlannen en een goede vergelijking daardoor lastig zou zijn.

In de Groninger kwelderwerken liggen dertien zogenaamde RWS-meetvakken, waarvan er vijf dienst doen als referentiegebied voor de Peazemerlannen; *Figuur 1.1*. Elk meetvak bestaat uit één reeks bezinkvelden (begrensd door rijshoutdammen) van de dijk naar het wad. De grootte per meetvak is circa 50 ha en een meetvak is representatief voor een kustgedeelte van circa twee kilometer. Vanaf circa 1960 tot heden is door het RWS Waterdistrict Waddenzee hetzelfde monitoringsysteem toegepast: gedetailleerde metingen aan hoogte en vegetatie per meetvak, aangevuld met gegevens over beweiding, ontwatering en het beheer. Vanaf 1982 vindt de monitoring in samenwerking met Imares plaats. Een 6-jaarlijkse vegetatiekaart van RWS-CIV (Centrale Informatievoorziening) dient voor een vlakdekkende controle van de meetvakkenmethode en voor het vaststellen van de kwaliteit van de vegetatie op het niveau van vegetatietypen. Daarnaast bieden vegetatiekaarten de mogelijkheid te vergelijken met alle andere kwelders en schorren in Nederland.



Foto 1.1 Ligging van de Peazemerlannen en de globale ligging van de vijf meetvakken in de Groninger kwelderwerken die als referentiegebied dienst doen.



Figuur 1.1 Nummering meetvakken Groninger kwelderwerken (:.....: = meetvakken die als referentie dienst doen).

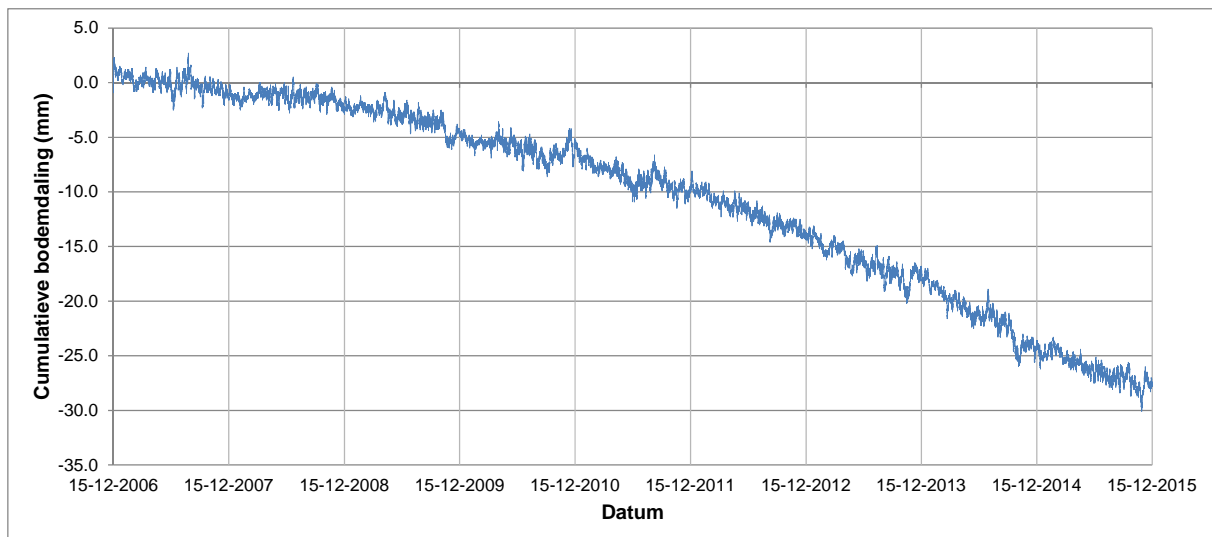
De gegevens van de meetvakken zijn ondergebracht in het WOK-databestand. De vegetatiekaarten en het WOK-databestand van RWS zijn onder meer gebruikt bij studies naar de effecten van gaswinning, waaronder de bodemdalingstudie van 1993 en de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee van 1998. Het WOK-databestand heeft ook een belangrijke rol gespeeld in een studie (Hoeksema *et al.*, 2004) in opdracht van het kabinet naar de effecten van het Groningen gasveld (= "Slochteren").

1.3 Metingen door derden

Sommige metingen die van belang zijn voor het projectresultaat worden niet door Imares zelf verricht:

- Data met betrekking tot de bodemdaling worden geleverd door de NAM (*Figuur 1.2*).
- Berekeningen van de hoogte van de SEB-palen en de vaste punten t.o.v. NAP en van de bodemdaling worden eens per vijf jaar aangeleverd door de NAM. In geval van een verstoring zou een meting vervroegd kunnen worden. In de (na)zomer van 2008 en voorjaar van 2013 is de bepaling van de hoogte van de SEB-palen in opdracht van de NAM uitgevoerd door Fugro-Inpark in samenwerking met Imares. De hoogtes van de ijkpunten waaraan deze metingen worden gekoppeld zijn in 2009 door RWS aan de NAM geleverd.
- Van de getijhoogtes levert RWS Waterdistrict Waddenzee jaarlijks de basisgegevens aan, zodat Imares de overstromingsfrequenties kan bepalen. Deze gegevens komen meestal in de loop van januari van het opvolgende jaar beschikbaar. Aangezien de jaarrapportages eind december of begin januari verschijnen worden deze gegevens meestal pas in het volgende jaarrapport opgenomen.
- De vegetatie van de pionierzone (jaarlijks) en de hoogtemetingen van de meetvakken (vierjaarlijks) worden door RWS Noord-Nederland aangeleverd en de vegetatiekaarten circa zesjaarlijks door RWS (zie *Bijlage A* voor het tijdschema).
- Voor de jaarlijkse neerslag en verdamping wordt gebruik gemaakt van de KNMI-gegevens die door Deltares voor het monitoringonderzoek bodemdaling Ameland worden geleverd aan Imares.
- Opslibbing op het wad ('spijkermetingen') door Natuurcentrum Ameland (NCA)

Waar van belang worden in hoofdstuk 2 de door derden gebruikte methodes toegelicht.



Figuur 1.2 De door gaswinning veroorzaakte diepe bodemdaling (m) gemeten met behulp van de continue GPS-logger van de locatie Moddergat (NAM, 2016). Op basis van deze metingen is in dit rapport over de hele monitoringperiode een gemiddelde van 3,1 mm/j aangehouden.

1.4 Ervaring op basis van bodemdaling Ameland

In de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee (Oost *et al.*, 1998), uitgevoerd in het kader van de gaswinning onder Ameland, waren de volgende uitgangspunten geformuleerd om de effecten van zeespiegelstijging en/of bodemdaling op kwelders te kunnen voorspellen (zie ook Meesters *et al.*, 2006):

- Er treden geen veranderingen van de vegetatie op indien de opslibbing in balans is met de som van de bodemdaling en de zeespiegelstijging. Reden hiervoor is dat de kweldervegetatie in nauwkeurig vastgelegde zones ten opzichte van GHW groeit (Dijkema, 1997). De vegetatiezones zullen uiteindelijk parallel aan de trend in de waterstand opschuiven (afgezien van eventuele opslibbing).
- Er treden geen effecten op van een tijdelijk en gering tekort in de opslibbingsbalans van 5 cm (= grenswaarde). Dit wil zeggen dat er verwacht wordt dat er geen effecten op de vegetatie zullen zijn indien de maaiveldhoogte tijdelijk met maximaal 5 cm meer afneemt (door bijvoorbeeld bodemdaling of inklink) dan er opslibbing is.

De resultaten van 25 jaar monitoring op Ameland (Dijkema *et al.*, 2005; Dijkema *et al.*, 2011) hebben echter tot een aantal nieuwe of bijgestelde uitgangspunten geleid:

- Bij het interpreteren van de opslibbingsbalans en de maaiveldhoogte worden nieuwe grenswaarden voor de zonehypothese gebruikt
- De balans tussen opslibbing en bodemdaling kent geen grenswaarde meer (was -5 cm) voor veranderingen in de vegetatie.
- De vegetatie verandert indien het maaiveld onder een grenswaarde van 10-15 cm beneden de theoretische ondergrens van een vegetatiezone zakt.
- De ontwatering blijkt voor de kwelderzoning op Ameland, binnen onbekende marges, meer en in ieder geval sneller tot veranderingen in vegetatie te leiden dan de maaiveldhoogte. In komen wordt daarom geen grenswaarde voor maaiveldhoogte gebruikt, niet in positieve en niet in negatieve zin. De opslibbing en de ontwikkeling van de vegetatie in de kommen hangt namelijk vooral af van eventuele drainage door krekten.
- De afstand tot het wad of tot krekten (de bronnen van het sediment) blijkt minstens zo belangrijk te zijn voor de snelheid van opslibbing als de hoogteligging.
- Er treedt soms lokaal regressie van de vegetatie op, maar die is niet per definitie negatief.

Bij de monitoring in de Peazemerlannen worden deze uitgangspunten ook gebruikt.

2 Methodes

2.1 Globale werkwijze

Voor het monitoringonderzoek in de Peazemerlanden en het referentiegebied wordt gebruik gemaakt van beproefde methodes die in de paragrafen hieronder uitgebreid worden toegelicht.

Jaarlijks worden door Imares twee Sedimentatie-Erosie-Balk (SEB)-metingen uitgevoerd (eind maart en in augustus/september) en worden vegetatieopnames gemaakt (pq's) bij de kwelder SEB-meetpunten in de Peazemerlanden en het referentiegebied. Met het oog op eventuele erosie wordt in de Peazemerlanden tevens de locatie van de kwelderrand en de grens van de pioniervegetatie bepaald in het centrale deel van het gebied waar de zomerkade ontbreekt. Aan het eind van het jaar worden de verzamelde gegevens uitgewerkt en verwerkt tot een jaarverslag. Een aantal basiszaken wordt elk jaar herhaald en er wordt naar gestreefd om het jaarrapport van 2007 steeds verder uit te breiden met de nieuwste gegevens, zodat voor een overzicht van de beschikbare informatie steeds alleen het laatste jaarrapport nodig is.

Om de vergelijking tussen het bodemdalinggebied en referentiegebied te vergemakkelijken worden de gegevens meestal vanaf 2007 weergegeven, het startjaar van de gaswinning. Dit geldt ook voor de reeds langer bestaande meetpunten in de Peazemerlanden. Waar van belang of nut worden oudere data ook weergegeven en in andere gevallen en voor een korte historische beschrijving van het gebied wordt verwezen naar van Duin *et al.*, 1997 en 2007.

2.2 Schaalniveaus

2.2.1 Peazemerlanden

Het monitoringonderzoek bestaat uit het periodiek opnemen van opslibbing en vegetatie (zie § 2.4 en 2.5 voor beschrijving gebruikte methodes) op twee schaalniveaus:

1. **Puntmetingen: SEB-opslibbingsmeting gecombineerd met een vegetatie(pq)-meting.**

- De metingen van de opslibbing/inklink¹ op de 48 meetpunten uitgevoerd met de SEB-methode in de Peazemerlanden zijn al vanaf 1995 onderdeel van het SEB-meetnet van Imares in de Waddenzee. De opnamefrequentie van minimaal twee maal per jaar is noodzakelijk voor een inzicht in de processen achter de opslibbing ('events' in de opslibbing in de winter en klink en krimp van de bodem in de zomer).
- De vegetatieopnames zijn in 1995 en 1996 en daarna vanaf 2000 elk jaar volgens de Schaal van Londo gemaakt in de pq's van 2 x 2 m.

2. **Vlakdekkende meting: vegetatiekartering.** Vegetatiekaarten worden door RWS om de 6 jaar gemaakt en bieden, naast het waarnemen van trends in de ontwikkeling, de mogelijkheid de vegetatie te vergelijken met alle andere kwelders en schorren in Nederland om te zien of die een zelfde trend doorlopen. De recentste vegetatiekaart van de vastelandkwelders in Groningen en Friesland (incl. Peazemerlanden) is van 2008 (opgeleverd in 2010). Bestaande structureel vastgelegde monitoringactiviteit door RWS (VEGWAD). In 2016 verschijnt de kaart van 2014.

2.2.2 Monitoring referentiegebied West-Groningen

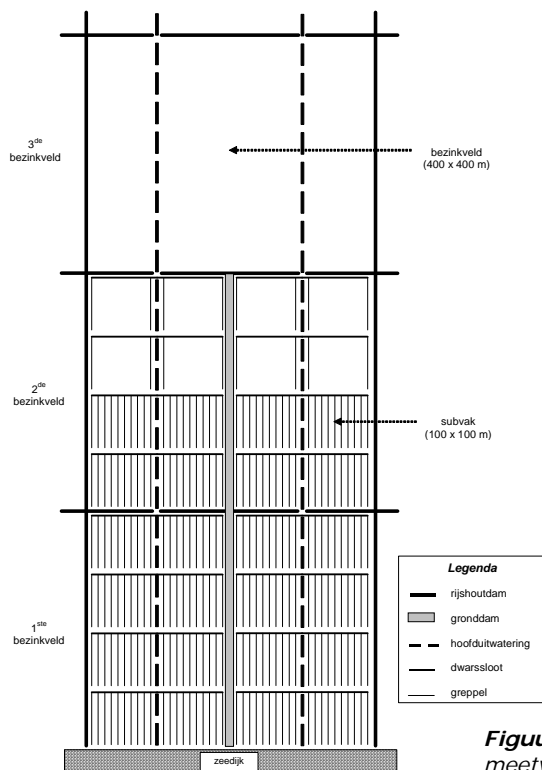
Naast puntmetingen en vlakdekkende metingen zoals in de Peazemerlanden worden in het referentiegebied ook nog metingen op een intermediair schaalniveau gedaan: transecten. RWS heeft in de kwelderwerken langs de Groningen noordkust 13 meetvakken met transect-data over de periode 1960-2014. Hiervan worden er vijf gebruikt als referentie voor de Peazemerlanden. Per meetvak liggen in 4 replica vegetatie-transecten totaal circa 50 subvakjes van 1 ha (*Figuur 2.1*).

¹ Het bepalen van de balans tussen opslibbing, bodemdaling en veranderingen in GHW is een beproefde methode in de lopende monitoringsprogramma's in de Groninger en Friese kwelderwerken (beheermetingen, RWS) en op Ameland (monitoring effecten van bodemdaling door gaswinning, Imares). De methode wordt o.a. aanbevolen door de Raad voor de Natuur in haar advies over bodemdaling door gaswinning. De methode is gebaseerd op opslibbing/inklinkmetingen gekoppeld aan de pq's. Het SEB-meetnet van Imares in o.a. de Peazemerlanden, in verschillende delen van de kwelderwerken en op Ameland is een betrouwbare basis voor interpretatie van de waargenomen processen op één bepaalde locatie.

Sinds 2013 heeft RWS het veldwerk voor de monitoring uitbesteedt via de aannemer die het onderhoud aan de rijshoutdammen doet. RWS doet het bestandbeheer. Imares doet de uitwerking en de verslaglegging voor de Werk- en Stuurgroep Kwelderwerken. Deze lange reeks met WOK-gegevens (=Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken) heeft in de bodemdalingstudies 1993, 1999 en 2004 een grote rol voor de NAM gespeeld.

Samengevat houdt de monitoring van de nul-referentie in de meetvakken van de Groninger kwelderwerken in:

1. **Puntmetingen: SEB-opslibingsmetingen** gecombineerd met **vegetatie(pq)-metingen** in 5 RWS-meetvakken door Imares t.b.v. vergelijking met de methode Ameland en Peazemerlannen. In de naamgeving van de meetpunten zit een koppeling met het subvakje van het RWS-meetvak waarin het meetpunt ligt. Zie voor beschrijving methode § 2.4 en 2.5.
2. **Transectmeting: Hoogtemetingen RWS-meetvakken** op meetlijnen (transecten met 100 punten per hectare) door alle subvakjes, meetcyclus voor alle meetvakken was 4 jaar, maar dit is per 2013 elke 3 jaar geworden. In 2004 van waterpassen naar RTK-GPS-methode overgegaan. Dit is een bestaand onderdeel van de WOK-monitoring door RWS Noord-Nederland.
3. **Transectmeting: Vegetatie RWS-meetvakken.** De helft van de circa 50 subvakjes ligt aan de wadkant. De opname van deze vakjes gebeurt jaarlijks om het areaal van de kwelderwerken (pionierzone en kweldergrens) te kunnen vaststellen. De jaarlijkse opname van de vegetatie in de overige subvakjes tot aan de dijkzijde is in 2005 gestopt, omdat het geen RWS-taak is de vegetatie-kwaliteit (biodiversiteit) in de kwelderwerken te meten. Om de WOK-opnamen in te zetten als een nul-referentie voor de Peazemerlannen zijn van 2006-2012 de subvakjes aan de dijkzijde jaarlijks door Imares opgenomen binnen het door de NAM gefinancierde monitoringprogramma. Het betreft alleen de opname van de twee buitenste replica transecten (west- en oostzijde per meetvak; zie *Figuur 2.1*), in elk van de 5 meetvakken die dienst doen als referentie. Vanaf 2013 zijn dit west- en oost-transect vanaf dijk tot wad weer in de WOK-monitoring door RWS opgenomen.
4. **Vlakdekkende meting: Vegetatiekaarten** worden door RWS om de 6 jaar gemaakt en dienen voor een vlakdekkende controle van de meetvakkenmethode en bieden de mogelijkheid de vegetatie te vergelijken met alle andere kwelders en schorren in Nederland. De recentste vegetatiekaart van de vastelandkwelders in Groningen en Friesland (incl. Peazemerlannen) is van 2008 (opgeleverd in 2010). Bestaande structureel vastgelegde monitoringactiviteit door RWS (VEGWAD). In 2016 verschijnt de kaart van 2014.



In een RWS-meetvak liggen 4 replica-transecten van dijk naar wad. Een transect bestaat uit een reeks aaneengesloten subvakjes van elk 1 ha.

De opname-methoden zijn:

- **Vegetatie:** Jaarlijks zijn per subvakje van 1 ha in de periode 1960-2004 de bedekkingspercentages van alle afzonderlijke plantensoorten door het RWS Waterdistrict Waddenzee opgenomen. Deze methode is vanaf 2005 in het monitoringprogramma van RWS beperkt tot het vaststellen van het areaal van de pionierzones en de kwelderzones, maar zal vanaf 2013 weer uitgebreid met het opnemen van de twee buitenste transecten tot aan de dijk.
- **Hoogte:** Per 4 jaar worden in de meetvakken vaste meetlijnen evenwijdig aan de kust door het RWS Waterdistrict Waddenzee gewaterpast. Per 2013 wordt deze frequentie verhoogd naar een 3-jaarlijkse cyclus.

Figuur 2.1 Schematische voorstelling van de opbouw van een meetvak.

2.3 Keuze ligging pq's

De meetpunten in de Peazemerlannen waren van 1995 tot 2007 verdeeld over 5 groepen gebaseerd op de belangrijkste vegetatiezones. Deze 30 permanente kwadraten (verder pq's genoemd) in de Peazemerlannen, 3 in zomerpolder en 27 in kwelder, zijn uitgebreid naar 48 pq's (Foto 2.1), zodat er nu 6 in de zomerpolder liggen en 42 in de kwelder en pionierzone. Deze uitbreiding was noodzakelijk om replica's te hebben op potentieel voor bodemdaling gevoelige plaatsen (langs de klifrand en in de kommen) en om onderbelichte zones beter te vertegenwoordigen.



Foto 2.1 Overzicht Peazemerlannen met ligging van de 48 SEB- en vegetatiemeetpunten . (Foto: Google Earth)

De verdeling van de pq's over de vegetatiezones is weergegeven in *Tabel 2.1*. De keuze voor deze verdeling is niet random, maar onder andere gebaseerd op de ligging in het veld en de kwetsbaarheid van bepaalde vegetatiezones voor eventuele bodemdaling en/of zeespiegelstijging. De kwelder in de Peazemerlannen is in principe onbeweid, dus daar hoefde geen rekening mee gehouden worden bij de ligging van de pq's.

Per zone wordt kort ingegaan op de belangrijkste karakteristieken en hun kwetsbaarheid en/of het belang om zones op te nemen in de monitoring. Daarna wordt op de aantallen pq's per zone ingegaan:

- **Kaal wad en pre-pionierzone:** vormen de opmaat voor de (pre-) pionierzone. De vegetatiebedekking is nul of laag (<5% Zeekraal). Bij een te steile hellingshoek, te lage ligging t.o.v. NAP of te grote golfenergie is er geen kans voor de vegetatie om zich te vestigen en/of uit te breiden (bij verder gunstige omstandigheden) en daarmee door te groeien naar de pionierzone. In deze dynamische zones met relatief hoge stroomsnelheden leiden bovengrondse obstakels vaak tot uitspoeling van de omringende grond. Daarom worden in deze zones de opslibingsmetingen voornamelijk via "spijkermetingen" verricht door Natuurcentrum Ameland (zie § 3.1). Om een indicatie te krijgen van de vegetatieontwikkeling en omdat er nauwelijks pionierzone is in de Peazemerlannen (zie hieronder) zijn er toch pq's uitgezet, zij het een beperkt aantal, met daaraan gekoppelde SEB-metingen.
- De **pionierzone:** de meest dynamische en daardoor ook de meest kwetsbare begroeide zone, zowel wat vegetatiebedekking als sedimentatie/erosie betreft. Er staat o.a. eenjarige vegetatie, met name

Zeekraal, die grote jaar-op-jaar schommelingen kan vertonen wat bedekking betreft. Daarnaast wordt Engels slijkgras vaak aangetroffen en soms is Gewoon kweldergras in een lage bedekking (<5%) aanwezig. Bij het verdwijnen van de pionierzone neemt de kans voor horizontale uitbreiding van de lage kwelder af en kan op klifvorming en regressie van de lage kwelder optreden. In de Peazemerlannen is de pionierzone nauwelijks aanwezig, wat te maken heeft met de historie van het gebied (Van Duin *et al.*, 1997).

- **Lage kwelder:** de zone waar de overblijvende vegetatie, waaronder kweldergras, voor stabiliteit en vastlegging van het sediment zorgt en de biodiversiteit een piek bereikt. In het bodemdalingsonderzoek op Ameland is de lage kwelder geen echt kwetsbare zone gebleken. Zelfs na daling van het maaiveld onder de zonegrens bleek de zone niet meteen over te gaan in pionierzone. Echter, aangezien het onwenselijk is dat de stabiele lage kwelder door regressie wel overgaat in onstabiele pionierzone is het van groot belang dat deze zone optimaal aandacht krijgt in de monitoring. Om deze reden liggen hier ook de meeste pq's. Potentieel voor bodemdaling extra gevoelige plaatsen (langs de klifrand en in de kommen) hebben hierbij extra aandacht gekregen. Bij de lage kwelder worden drie groepen meetpunten onderscheiden: de punten in de "gewone" lage kwelder, punten die in kommen liggen met een slechte ontwatering en de punten die langs de klifrand liggen. De keus om deze drie groepen te onderscheiden is van tevoren gemaakt op basis van de ligging en omdat door deze opsplitsing de oorzaak van eventuele veranderingen beter te achterhalen is.
- **Midden kwelder:** een vrij hooggelegen zone waarin de biodiversiteit steeds verder terugloopt tot een climaxstadium met vrijwel uitsluitend Zeekweek. Hoewel deze zone niet direct gevoelig is voor zeespiegelstijging of bodemdaling liggen er toch veel pq's. Door de autonome ontwikkeling (opslibbing en vegetatiesuccessie) sinds de start van de metingen in 1995/1996 zijn veel van deze pq's van de lage kwelder in middenkwelder pq's komen te liggen. Er is voor gekozen deze reeds bestaande meetpunten ook vanaf 2007 te blijven volgen hoewel het aantal punten in de middenkwelder daardoor nu misschien wat oververtegenwoordigd is. Een reden voor deze keuze is dat de meerjarige ontwikkeling van deze meetpunten bekend is en daardoor een eventueel optredende trendbreuk in opslibbing of vegetatieontwikkeling na 2007 eerder ontdekt kan worden.
- **Zomerpolder/boerenkwelder:** een door een zomerkade beschermde of zeer hooggelegen zone met incidentele overvloedingen, waardoor de opslibbing meestal lager is dan de inklink. Door een negatieve opslibbingsbalans kan het verschil in maaiveldhoogte met de aangrenzende, normaal opslibbende kwelder toenemen. Zeespiegelstijging of bodemdaling zou dit verschil mogelijk kunnen vergroten. In de vegetatie hebben brakke soorten de overhand, soms in combinatie met "zoete soorten" (glycofyten). De vreemde soortcombinaties zorgen er voor dat er vaak geen vegetatietype benoemd kan worden m.b.v. het classificatieprogramma SALT97. In het Groninger referentiegebied zijn geen zomerpolders, maar wel boerenkwelders, die door hun hoge ligging de zomerpoldersituatie het meest benaderen. Aangezien de kans bestaat dat (het oostelijke deel van) de zomerpolder in de Peazemerlannen op niet al te lange termijn wordt uitgedijkt is daar bij het uitzetten van de pq's/SEB-meetpunten rekening mee gehouden. De zomerpolder in het oostelijke deel is daardoor nu ook vertegenwoordigd, zij het met een beperkt aantal meetpunten.

Tabel 2.1 Verdeling van de pq's over de verschillende vegetatiezones in de Peazemerlannen en het referentiegebied.

<i>Vegetatiezone volgens SALT97</i>	<i>Aantal pq's Peazemerlannen</i>	<i>Aantal pq's referentiegebied</i>
Kaal wad	2	4
11: pre-pionierzone	3	2
12: pionierzone	-	4
22: lage kwelder met pioniersoorten	6	-
21: lage kwelder (bij doorbraak en/of in kom)	16 (6+10)	10
32: midden kwelder	15	8
Zomerpolder hoog/Boerenkwelder	3	1
Zomerpolder laag (12: pionierzone en 22: lage kwelder met pioniersoorten)	3	-
Totaal	48	29

In het referentiegebied is de laatste jaren (meer) beweiding gekomen door uitvoering van het Groninger kwelderherstelplan. Hierdoor is er ook (meer) vertrapping opgetreden bij sommige pq's. Dit kan het moeilijker maken om een goede vergelijking met de Peazemerlannen te maken. Aanpassing of uitbreiding van het aantal meetpunten in het referentiegebied zou dit probleem niet oplossen, omdat momenteel onbeweide gebieden ook in beweiding genomen kunnen worden. Als eventueel alternatief zouden Imares opslibbings- en vegetatiemeetpunten op andere lokaties, die onbeweid zijn, mogelijk gebruikt kunnen worden als aanvullende/vervangende referentiemeetpunten.

2.4 Opslibbing (SEB-meting bij vegetatie pq)

Twee maal per jaar (in maart en augustus/september) is van 2007-2015 de opslibbing gemeten met de Sedimentatie-Erosie-Balk (Van Duin *et al.*, 2007) bij alle 48 punten in de Peazemerlannen en de 29 punten in het referentiegebied.

De metingen worden in §3.1 in grafieken gepresenteerd vanaf de nazomer-meting. Ook worden de gemiddelden over de jaren steeds berekend vanaf dit tijdstip. Daarvoor is gekozen, omdat vers sediment, dat tijdens de winterstormen afgezet kan zijn, dan de tijd heeft gehad in te klinken waardoor de schatting van de gemiddelde jaarlijkse opslibbing nauwkeuriger wordt (door minder kans op overschatting).

De SEB-paal van 339D, in de boerenkwelder, die in 2012 was afgemaaid, is vervangen in maart 2014.

2.5 Vegetatie (pq's)

De vegetatie-opnames in de pq's, volgens Schaal van Londo, worden gemaakt in augustus/september, gelijk met de aan de pq gekoppelde SEB-meting. Van alle kwelder-pq's is de ontwikkeling van de vegetatie bepaald met behulp van de vegetatietypologie SALT97 (De Jong *et al.*, 1998). Door de gecombineerde opslibbings- en vegetatiemeting kan het vegetatietype volgens SALT97, het procentuele aandeel van soortengroepen per jaar (zie o.a. Dijkema *et al.*, 2005) in figuren gecombineerd worden met de cumulatieve maaiveldverandering.

Door de hoge ligging bestaat de vegetatie in sommige pq's in de zomerpolder en boerenkwelder vaak uit soortencombinaties die niet door SALT97 herkend worden. Een tweede factor die vegetatieopnames in deze pq's soms bemoeilijkt is de zeer korte vegetatie door beweiding.

Als successie wordt verschuiving naar een ouder stadium gezien en als regressie verschuiving naar een jonger successiestadium. De successierichting van de vegetatie is een belangrijk gegeven om effecten van natuurlijke veranderingen, van beheersmaatregelen en van bodemdaling door gaswinning te kunnen beoordelen. In vaste proefvakken (pq's) wordt de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten elk jaar of elke paar jaar opgenomen. De pq-methode is in de vegetatiekunde een standaardmethode en wordt toegepast in bijvoorbeeld de monitoringprogramma's in de kwelderwerken (meetvakken ten behoeve van het beheer) en op Ameland (pq's voor de bodemdaling). De gegevens van de pq's worden verwerkt tot op het niveau van soortengroepen, en beoordeeld op successie/regressie en/of veroudering/verjonging (Eysink *et al.*, 2000). Bij de verwerking wordt tevens aandacht besteed aan de cumulatie van effecten van beheersmaatregelen (waaronder beweiding), bodemdaling en natuurlijke veranderingen, zoals weersomstandigheden en het jaargemiddelde hoogwaterpeil. De jaarlijkse frequentie en vegetatieopnamen in pq's volgens de gedetailleerde Schaal van Londo zijn noodzakelijk om de effecten van bodemdaling, beheer en die van andere oorzaken en natuurlijke veranderingen van elkaar te kunnen scheiden.

Uit het onderzoek aan de vegetatie in de Peazemerlannen en op Ameland in het verleden is het volgende reeds geleerd:

- Uit een vergelijking van de theoretische ondergrenzen van de vegetatiezones (*Tabel 3.4*) met de gemeten gemiddelde ondergrenzen in de Peazemerlannen in 2007 blijkt dat de vegetatiezones >30 cm boven de betreffende ondergrens liggen. De uitkomsten van de kweldermonitoring op Ameland hebben de vraag opgeroepen of de huidige theorie over de sterke rol van de maaiveldhoogte in de kwelderzoning nog wel houdbaar is.
- De mate van ontwatering en de beweiding zijn eveneens van belang en beiden hebben een effect op de zonerings. In de kommen van de Peazemerlannen is dit duidelijk waargenomen. De vegetatie groeit daar ruim boven de ondergrens, maar toch kan daar bij diverse pq's eenvoudig regressie optreden. De bepalende factor voor het type vegetatie in de kommen is de ontwatering en niet de

hoogteligging. Door terugschrijdende erosie in kleine kreekjes vindt in de kommen natuurlijke kreekvorming plaats. Zodra een kom daardoor ontwaterd wordt, zal weer zeer snel successie van de pionierzone naar de lage kwelderzone plaatsvinden. Een voorbeeld is de plas van 2.4 ha op de westzijde van De Hon in het hart van de bodemdaling Ameland, die na kreekvorming in enkele jaren vrijwel volledig is begroeid (Dijkema *et al.*, 2005).

Tabel 3.4 Theoretische ondergrens vegetatiezones in een aantal Waddenzeekwelders (m+NAP) gecorrigeerd voor de GHW-trend en de gemiddelde gemeten hoogteligging van de 27 kwelder-pq's in 2007. Puc=Puccinellia (Gewoon kweldergras); Sal = Salicornia (Zeekraal)

Vegetatiezone	Bedekking	Ameland ¹	Friesland midden ²	Groningen west ²	Peazemerlannen ³	Peazemerlannen meting 2007
Midden kwelder		1,46 (beweid) 1,36(onbeweid)	1,35	1,36	1,29	1,62 (n=15)
Lage kwelder	Puc > 5%	1,21	1,22	1,14	1,16	1,48 (n=9)
Pre-laag	Puc < 5%	1,12	1,12	1,04	1,06	
Pionierzone	Sal > 5%	0,86	0,90	0,80	0,84	1,41 (n=3)
Pre-pionier	Sal < 5%	0,82	0,64	0,59	0,58	

¹⁾ Tabel 5.3 in Eysink *et al.* (1995)

²⁾ Tabel 4.6 en 4.7 in Dijkema *et al.* (1991)

³⁾ Berekend uit 2) en gecorrigeerd voor 6 cm lager GHW

2.6 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten in 2008

In de zomer van 2008 zijn in opdracht van de NAM door Fugro-Inpark in samenwerking met Imares de hoogtes van alle SEB-palen in de Peazemerlannen en het referentiegebied bepaald t.o.v. referentiepunten met behulp van doorgaande waterpassingen. In 2009 zijn de NAP-hoogtes van de ijkpunten beschikbaar gekomen die in 2008 door RWS zijn bepaald. Door koppeling van die ijkpunten aan de referentiepunten en de eerste SEB-meting is de maaiveldhoogte van alle meetpunten bepaald (zie Tabel 3.2 en 3.3).

Afgesproken is om elke 5 jaar de koppen van alle palen te meten om een extra controle te hebben en om de juiste hoogtes te hebben van palen die vervangen zijn na bv. schade/verstoring door ijsgang of onderslibbing. In maart 2013 heeft Fugro daarom wederom de hoogte van de SEB-palen bepaald, met nog een kleine aanvulling en controle begin mei. Hoewel doorgaande waterpassingen, zoals gebruikt in 2008, zeer precies zijn, zijn ze ook tijdrovend en sterk afhankelijk van de weersomstandigheden (met name wind). In overleg is daarom besloten de metingen nu met een RTK-DGPS uit te voeren.

De SEB-palen zijn in kleine kringen gemeten. Het voordeel hiervan is dat er geen of nauwelijks verstoring ontstaat door wijziging van ontvangst van het aantal satellieten. De nauwkeurigheid in Z wordt vast gesteld in ± 2 cm (verschil tussen starthoogte te meten kring en sluihoogte).

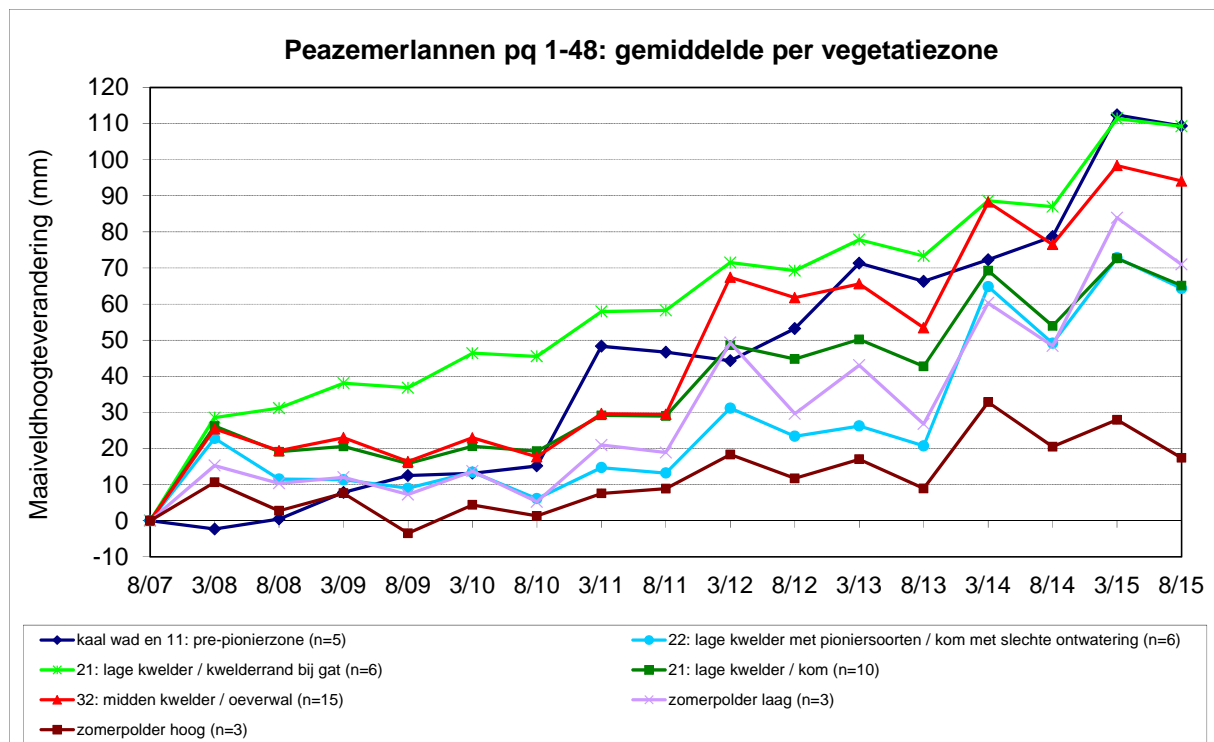
De uitgangspunten vielen allemaal ruim binnen de afgesproken tolerantie van 2 cm. Wel waren er een aantal bijzonderheden gedurende de metingen. Een aantal NAP-bouten zijn niet gebruikt. In het gebied Peazemerlannen zit NAP-bout 2G0090. Dit grondanker bleek los te zitten en is daarom niet gebruikt. Een andere NAP-bout (2G0103) zat oorspronkelijk in een hekpaal, maar deze paal is vervangen waardoor de bout is verdwenen. Voor deze twee bouten zijn alternatieven genomen. Verder waren sommige punten niet met de GPS-Rover te meten, omdat de NAP-bout in de gevel zat. Dit is opgelost door hier in de buurt een spijker te slaan en deze vanaf de NAP-bout te waterpassen. Het gaat hier om 1002 bij 3C0109 bij Pieterburen en 1006 bij 2G0091 en 2G0098 in het gebied bij Peazemerlannen.

De GPS-Basis is in het gebied bij Pieterburen ongeveer 2 meter vanaf NAP-bout 3C0113 gezet op punt 1001. Vanaf dit punt kon het hele gebied gemeten worden. In Peazemerlannen is de GPS-Basis in de buurt van 2G0091 gezet (op punt 1003). Hierbij is gelijk ook een spijker 1004 meegemeten, zodat er een goede controle van de GPS-Basis/Rover was. Daarnaast lag dit punt 1003 ook mooi midden in het projectgebied, zodat het toestel maar één keer per dag opgesteld hoefde te worden, wat de kans op eventuele fouten beperkt. Ook is elke meetronde of meetdag geëindigd op hetzelfde punt als waar begonnen was. Dit om te controleren of de GPS-Basis gedurende de dag niet omhoog/omlaag is gekomen.

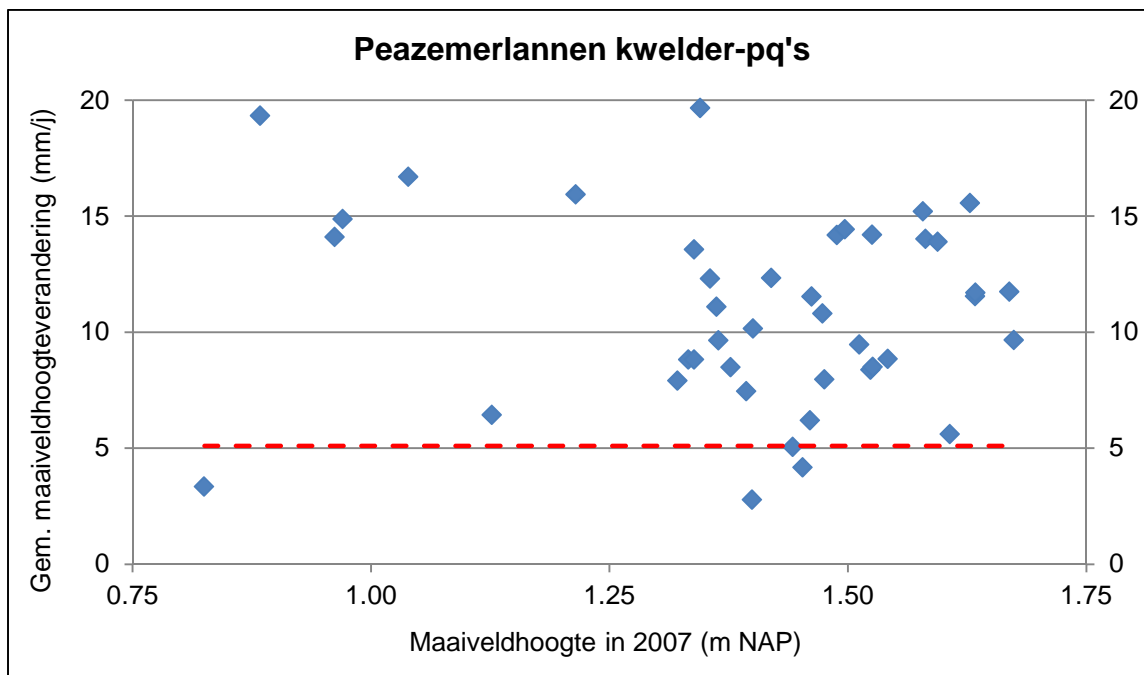
3 Resultaten en discussie

3.1 Maaiveldhoogteverandering (SEB-metingen)

Met de SEB-metingen wordt de verandering van de maaiveldhoogte gemeten. Dit is de resultante van sedimentatie, erosie, compactie (klink door uitdroging of rijping en vertrapping), bioturbatie en organische componenten, zoals plantenwortels. Bodemdaling is er niet in verrekend. De maaiveldhoogteverandering wordt in de verdere tekst meestal aangeduid met (netto) opslibbing. In de Peazemerlannen was de gemiddelde maaiveldverandering over 2007-2015 bij alle pq's positief. De gemiddelde jaarlijkse netto opslibbing gemeten van 2007-2015 in de pionierzone en de verschillende vegetatiezones van de kwelder lag tussen 8-14 mm/j. De gemiddelde bodemdaling in deze zelfde periode was 3 mm/j en de GHW-stijging 2 mm/j (Figuur 3.12). In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van 9 mm/j in de lage delen aan de oostkant en 2 mm/j in de kortgegraasde hoger gelegen delen aan de westkant. Op het kale wad en in de pre-pionierzone is een gemiddelde toename in hoogte gemeten van 14 mm/j (Figuur 3.1). Tussen meetpunten in dezelfde vegetatiezone waren soms wel grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen en weinig begroeide pre-pionierzone (zie ook Tabel 3.1). De opslibbing van alle afzonderlijke meetpunten is weergegeven in Bijlage D. Er zijn zeven meetpunten die over de afgelopen 8 jaar een opslibbing hebben $\leq 5,1$ mm/j, de waarde die op dit moment wordt aangehouden om de combinatie van GHW-stijging en bodemdaling minimaal te kunnen compenseren (zie ook Figuur 3.2). Hiervan liggen er drie in de zomerpolder (pq 1, 2 en 3), een op het wad (pq 32; tot 2010 erosie, maar vervolgens enkele jaren een sterke opslibbing), een in een poel (pq 17; afwisselend verweking en uitdroging), een vlak bij een poel (pq 33; vaak vrij vochtig), en een ver weg van het wad en sediment aanvoerende geulen (pq 21). De metingen laten echter ook zien dat een aanvankelijke achterstand in een of enkele jaren kan worden ingelopen. De primaire pionierzone achter de doorbraak in de bitumen zomerkaad werd in de bodemdalingstudies van 1993 en 1998 nog als kwetsbaar gezien. Op grond van de daarna voortgezette SEB-metingen en de nu bekende opslibbingscijfers is dat niet meer het geval. Als zich in het herfst/winterseizoen stormen voordoen wordt het sediment dat tijdens de zomer op het voorliggende wad is opgehoopt, verplaatst naar de kwelder. Dit is te zien aan de vaak hoge opslibbing die in maart wordt gemeten in de meeste vegetatiezones. Bij de metingen in augustus is vaak te zien dat dit sediment door uitdroging sterk is ingeklonken waardoor een deel van de ophoging teniet is gedaan.



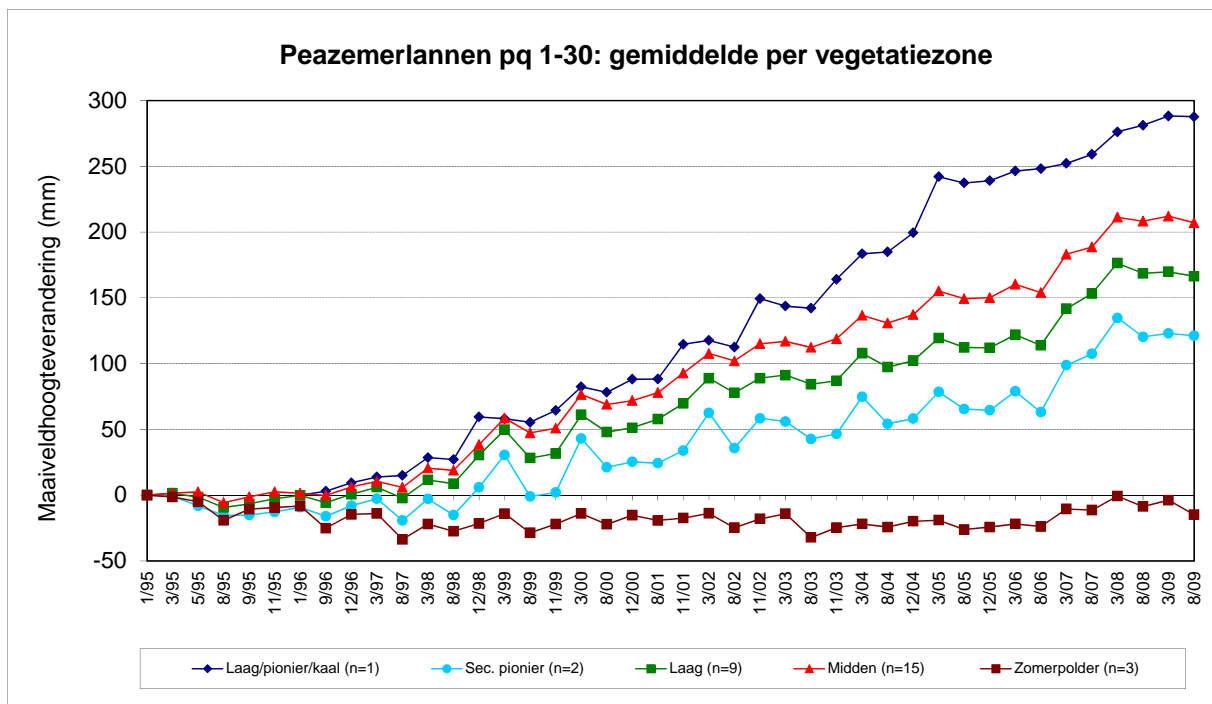
Figuur 3.1 Gemiddelde cumulatieve maaiveldhoogteverandering (mm) per vegetatiezone (met SALT97 code) en zomerpolder op basis van SEB-metingen in de Peazemerlannen van augustus 2007-augustus 2015.



Figuur 3.2 Gemiddelde maaiveldhoogteverandering per kwelder-pq (dus inclusief pq's in de pionierzone, maar exclusief die in de zomerpolder) over de periode 2007-2015 in de Peazemerlannen. De rode stippellijn geeft de gemiddelde jaarlijkse bodemdaling over de periode jan. 2007-2016 van 3,1 mm/j (NAM, 2016; zie ook Figuur 1.2) + de trend in GHW-stijging van 2 mm berekend voor de Waddenzee over de periode 1960-2015 (zie Figuur 3.12).

Doordat in de zomerpolder in de Peazemerlannen de meeste kleppen in de duikers in de loop der jaren verdwenen zijn, en de zomerpolder dus vaker onder water komt te staan, lijkt er nu een beter evenwicht tussen inklink en zwel en/of opslibbing te zijn ontstaan. Gemiddeld over de periode 1995-2007 was er in de hooggelegen westelijke zomerpolder nog een gemiddelde jaarlijkse afname van 2 mm, terwijl er van 2007-2015 een gemiddelde toename in maaiveldhoogte van 2 mm/j gemeten is. Onder invloed van waterverlies en waterabsorptie kunnen oude (=gerijpte) kleiige bodems door krimp en zwelling een variatie in bodemhoogte vertonen van 3-4 cm (Veenstra, 1965; De Glopper, 1973). De mate van fluctuatie hangt sterk samen met de hoeveelheid neerslag en dus het vochtgehalte van de bodem. De zomerpolder blijft echter wel de zone die met de huidige opslibbing niet de zeespiegelstijging kan bijhouden. In combinatie met bodemdaling zou het opslibbingstekort versterkt kunnen worden. Het feit dat de meetpunten aan de westkant van de zomerpolder hooggelegen zijn zorgt er aan één kant voor dat de opslibbing laag is, maar geeft daardoor ook ruimte voor een tijdelijke opslibbingsachterstand zonder directe gevolgen. De drainage moet dan echter niet minder worden, want dat kan gevolgen voor de vegetatie hebben.

Een exacte vergelijking met de opslibbing per vegetatiezone van 1995-2007 is lastig, niet alleen omdat het aantal meetjaren verschilt, maar ook omdat het aantal pq's en de indeling veranderd is (zie Figuur 3.3).



Figuur 3.3 Gemiddelde cumulatieve maaiveldhoogteverandering (mm) per vegetatiezone op basis van SEB-metingen bij de 30 aanvankelijke meetpunten in de pionierzone, lage en midden kwelder en zomerpolder van 1995-2007.

Voor de kwelder van de Peazemerlannen wordt in Meesters *et al.* (2006) de verwachting uitgesproken dat de opslibningsbalans nauwelijks door de voorspelde bodemdaling zal worden beïnvloed. Er is daarbij ook rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 2 mm/j. Zowel in de primaire pionierzone achter de stormdoorbraak, de kommen, de lage kwelder als op de oeverwallen zou de opslibningsbalans positief blijven. Een bodemdaling van 12 cm in 32 jaar (Meesters *et al.*, 2006) betekent bij de huidige gemeten opslibbing (zie ook Tabel 3.2) namelijk dat de relatieve ophoging van de kwelder verder gaat, en daarmee ook de vegetatiesuccessie. De vertraagde netto ophoging van het maaiveld tijdens de bodemdalingsperiode kan hooguit lokaal de veroudering van de kweldervegetatie vertragen. Aangezien veroudering de trend is in de meeste kwelders kan dit gezien worden als een positief neveneffect van gaswinning, maar de bodemdaling is niet groot genoeg om het verouderingsprobleem grootschalig en langdurig op te lossen.

Vergelijking SEB-metingen met spijkermetingen NCA

Het Natuurcentrum Ameland (NCA) voert in het kader van hetzelfde monitoringonderzoek betreffende de gaswinning bij Paesens-Lauwersoog wadsedimentatiemetingen uit. Bij deze metingen (voor een uitgebreide beschrijving zie Krol, 2016) worden de veranderingen aan het wadoppervlak gemeten ten opzichte van een ondergronds vast punt (grondanker), terwijl bij de SEB-metingen de bovenkant van de SEB-palen het vaste punt vormen.

Op de overgang van de kwelder naar het wad liggen een aantal meetstations van het NCA en Imares (soms) redelijk bij elkaar in de buurt en er is een onderlinge vergelijking gemaakt om te zien of deze stations een vergelijkbare opslibbingstrend aangeven, ondanks de verschillende gebruikte methodes en de grote dynamiek in deze zone.

Omdat de meetreeks van Imares vanaf augustus 2007 t/m augustus 2015 loopt, zijn de, op zich reeds langer lopende, metingen van NCA ook over deze zelfde periode berekend (zie Tabel 3.1). Aangezien beide meetmethodes bij een eerdere uitwerking (bv. Van Duin *et al.*, 2014) een trendbreuk (sterke toename) in de sedimentatie lieten zien na de zomer van 2010, is vanaf toen ook een berekening gemaakt over de periode vanaf augustus 2010 (Tabel 3.1). De data van beide periodes zijn ook op een eigen kaartbeeld weergegeven (Figuur 3.4a). Het blijkt dat de data in sommige gevallen een redelijk vergelijkbare opslibbingstrend laten zien en soms een sterk afwijkende. Dit laatste kan worden veroorzaakt doordat punten soms toch niet echt dicht bij elkaar liggen of door één of meer jaren met een hoge (lokale) erosie of opslibbing bij een meetpunt, maar dat wordt op de langere termijn soms ook weer uitgemiddeld. De SEB-meting van P32 wijkt bv. sterk af van P10 en P20, maar dat komt vooral door de erosie aan het begin van de monitoringperiode.

Tabel 3.1. Vergelijking van de sedimentatiemetingen van NCA en Imares op de overgang van kwelder naar wad. Er zijn drie groepjes onderscheiden van drie redelijk dicht bij elkaar liggende punten (zie ook Figuur 3.4a).

	aug 2007-aug 2015	aug 2010-aug 2015
Meetpunt/Station	mm/j	mm/j
P10 (NCA)	12	3
P20 (NCA)	12	3
P32 (Imares)	3	13
P140 (NCA)	9	9
P37 (Imares)	17	16
P38 (Imares)	15	20
P120 (NCA)	11	-1
P44 (Imares)	14	18
P45 (Imares)	19	27
Gemiddeld	12,5	12,7

De gemiddelde sedimentatie van alle meetpunten samen is nu voor beide periodes vrijwel gelijk en ruim 12 mm/j. Deze opslibbing en de daardoor toegenomen maaiveldhoogte sluiten goed aan bij de waarneming dat het kale wad voor de Peazemerlannen de laatste jaren is veranderd in een met Zeekraal begroeide (pre)pionierzone (zie bv. Foto 3.1 en §3.4). De verschillen in opslibbing tussen de periodes laten zien dat dit niet alleen wordt veroorzaakt door de ligging van een meetpunt, maar ook door de periode waarover gemeten wordt.

Als de verandering in maaiveldhoogte van alle meetpunten in de tijd wordt uitgezet (Figuur 3.4b) valt op dat de Imares-meetpunten hoger liggen dan de NCA-meetpunten. Verder is de bovengenoemde sprong in de maaiveldhoogte in de winter 2010/2011 bij alle punten te zien en ook dat deze toename zich voortzet bij de hoger gelegen punten en dat er een afvlakking/stabilisatie optreedt bij de lager gelegen punten. Dit zou te maken kunnen hebben met de resp. aan- en afwezigheid van vegetatie, die afhankelijk van de dynamiek, op deze locatie vanaf circa 0,84 m+NAP met een bedekking van >5% verwacht kan worden. Hoewel de vegetatie vrijwel uitsluitend uit de eenjarige Zeekraal bestaat, blijven er de laatste winters veel vrij dichte concentraties dode planten staan, die mogelijk 'opslibbingssluwte' bieden in tegenstelling tot een enkele plant die door uitschuring voor erosie kan zorgen. De hoogte- en vegetatieontwikkeling in deze dynamische, maar ook kwetsbare, zone is een interessante graadmeter voor de toestand van het gebied tijdens de gaswinningsperiode.

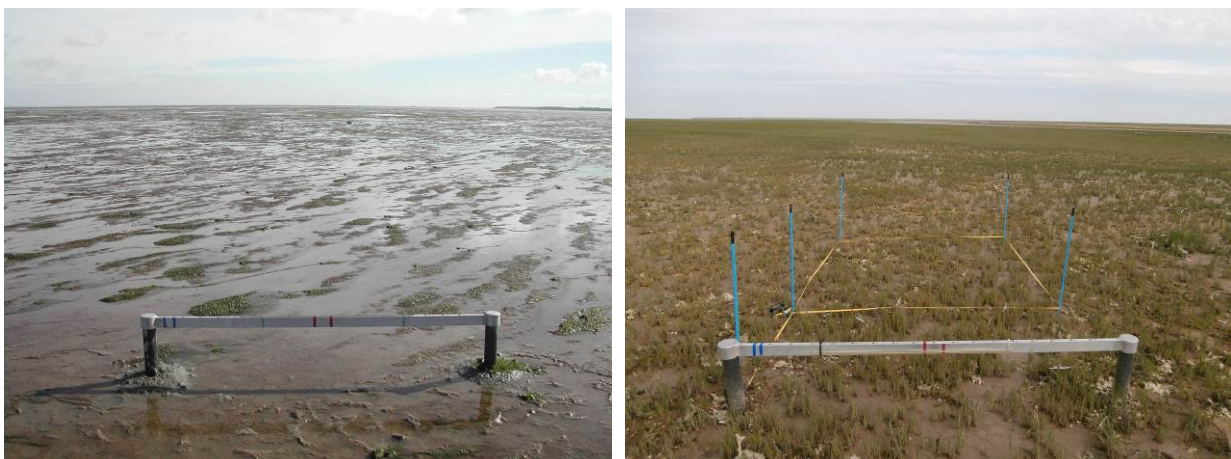
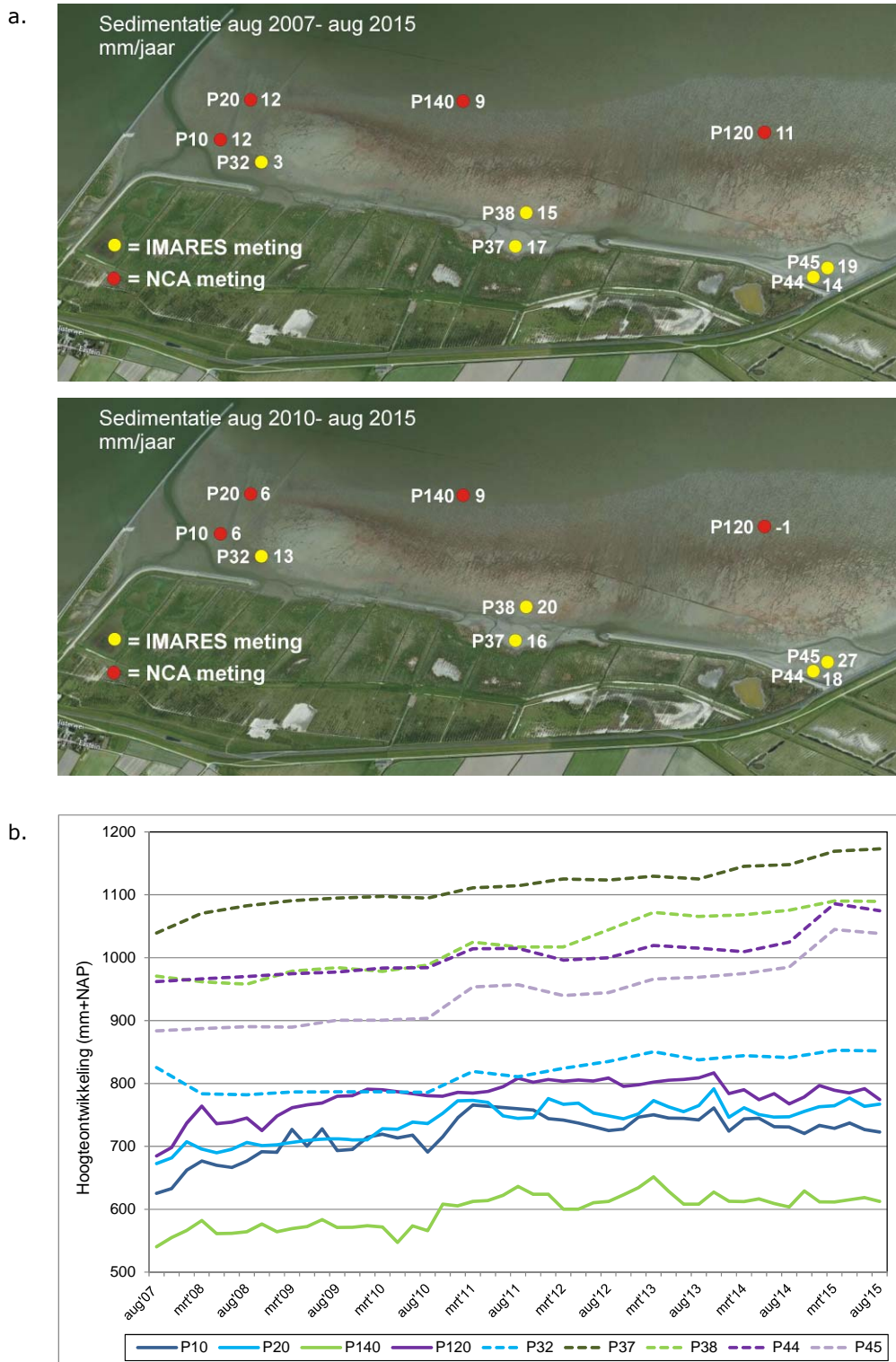


Foto 3.1. Pq 38, met SEB en permanent kwadraat voor de vegetatie, in 2007 (links) en in 2015 met een zich ontwikkelende (pre-)pionierzone met voornamelijk Zeekraal. De foto is richting Lauwersoog genomen.

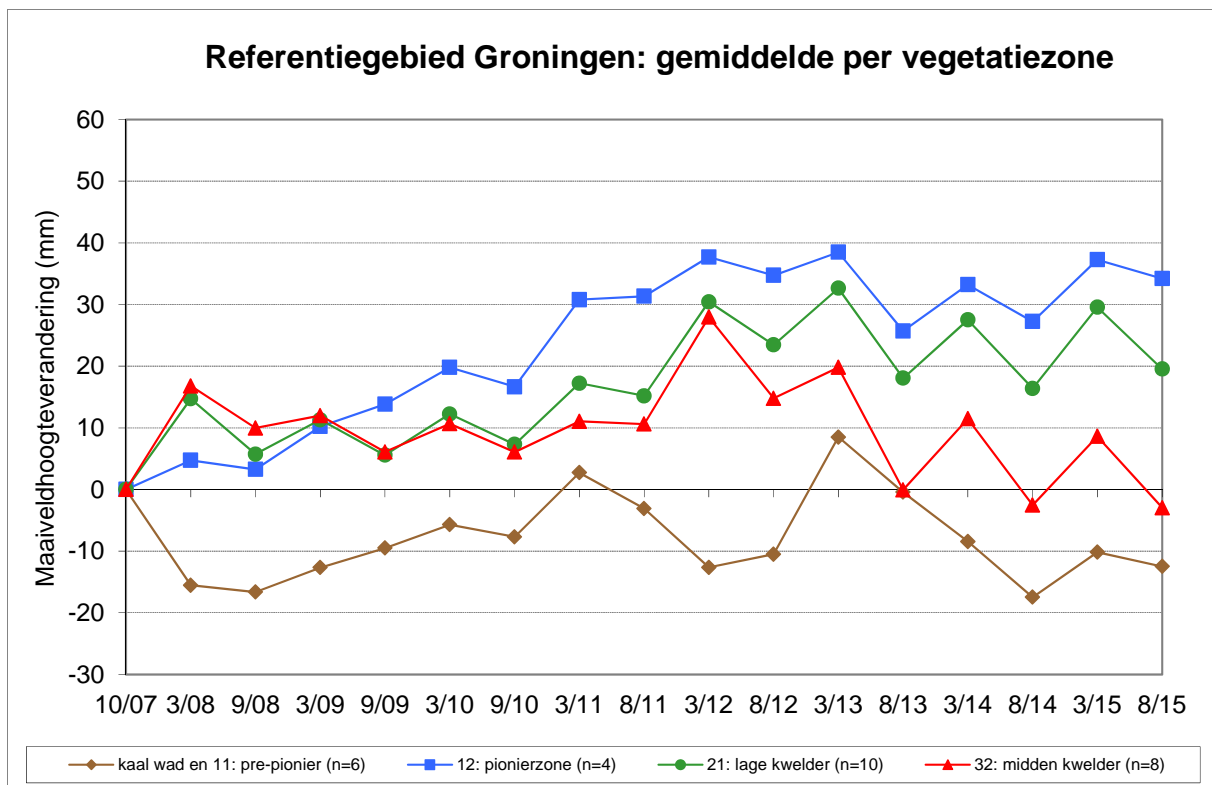


Figuur 3.4. a. Vergelijking van de opslibingsmetingen van NCA en Imares op de overgang van kwelder naar wad bij de Peazemerlannen over periode aug 2007- aug 2015 en de periode aug 2010- aug 2015. De P met nummer betreft het meetpunt en het getal achter de stip de opslibing in mm/j. Figuur gemaakt door Johan Krol (zie ook Krol, 2016); b. De ontwikkeling van de maaiveldhoogte van alle meetpunten van aug 2007- aug 2015. De doorgetrokken lijnen zijn de NCA-metpunten en de gestippelde lijnen de Imares-metpunten. De meetpunten die met elkaar vergeleken worden hebben vergelijkbare kleuren.

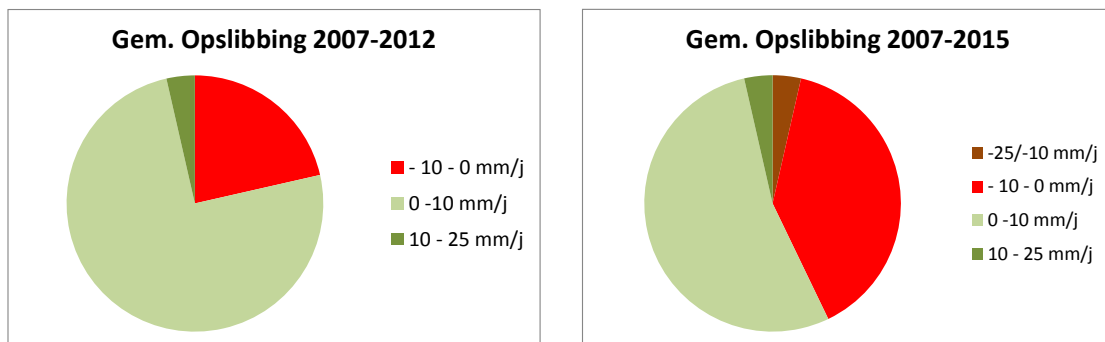
Referentiegebied

In het referentiegebied, de meetvakken in West-Groningen, ligt de gemiddelde jaarlijkse opslibbing gemeten met de SEB in de periode 2007-2015 lager dan in de Peazemerlannen en ligt tussen 0-2 mm/j in de kwelder en 4 mm/j in de pionierzone (Figuur 3.5). Het kale wad en de pre-pionierzone vertoonden gemiddeld een erosie van 2 mm/j. Tussen meetpunten in eenzelfde zone waren ook in het referentiegebied soms grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen, weinig begroeide pre-pionierzone (zie ook Tabel 3.2). De opslibbing van alle afzonderlijke meetpunten is weergegeven in Bijlage F.

Er zijn enkele duidelijke verklaringen te geven voor de lagere opslibbing. In 2012 werd bij ongeveer een kwart van de pq's gemiddeld erosie (een verlaging van het maaiveld) gemeten en dat waren met name de pq's op het dynamische wad en in de pre-pionierzone. In 2015 is het aantal pq's met erosie bijna verdubbeld (Figuur 3.6). De oorzaak ligt echter niet in wegspoelen van sediment of afgenomen opslibbing, maar in een verlaging van het maaiveld door vertrapping veroorzaakt door beweiding die de laatste jaren is toegenomen.



Figuur 3.5 Gemiddelde cumulatieve maaiveldhoogteverandering (mm) per vegetatiezone (met SALT97 code) op basis van de SEB-metingen in het referentiegebied West-Groningen vanaf 2007-augustus 2015.



Figuur 3.6 Verdeling gemiddelde opslibbing gemeten met de SEB van de pq's in het referentiegebied West-Groningen in voor de periodes 2007-2012 en 2007 -2015.

3.2 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten

De meeste palen waarbij grote verschillen zijn gemeten tussen 2008 en 2013 betrof palen die vervangen zijn na schade door ijsgang in een van de drie winters waarin dit voorkwam, of palen die vervangen/herplaatst zijn na verstoring door inrichtingswerkzaamheden voor het Groninger kwelderherstelplan, of na onderslibbing. Alleen het vrij constante verschil van circa 5 cm tussen de metingen van 2008 en 2013 voor de SEB-palen in meetvak 339 kon niet verklaard worden. Daarom is deze meting op 1 mei 2013 herhaald door Fugro. Aangezien deze meting zeer goed overeenkwam met de meting uit maart 2013 is geconcludeerd dat er waarschijnlijk bij de meting uit 2008 iets niet goed is gegaan. Besloten is de gemeten NAP-hoogtes uit 2008 te vervangen door die van 2013. Hierdoor wijken sommige getallen en figuren voor de metingen in meetvak 339 vanaf jaarrapport 2013 iets af van die uit eerdere rapporten.

3.3 Vegetatie (pq's)

Peazemerlannen

De hele kwelder in de Peazemerlannen is in principe onbeweid. In het westelijke kwelderdeel vindt vrijwel elk jaar toch beweiding plaats op beperkte schaal, omdat er schapen onder het prikkeldraad door kruipen. De zomerpolder wordt elk jaar beweid met schapen en/of koeien en soms jongvee in wisselende dichtheden. Hierdoor varieert de beweiding van matig tot intensief. In 2015 liepen er in het westelijke deel alleen 11 koeien, in het middendeel van de zomerpolder alleen schapen. Het oostelijke deel van de zomerpolder is tot nu toe bijna alle jaren (vrijwel) onbeweid gebleven, waarschijnlijk omdat er nog weinig gras staat, maar vooral Zeekraal en Schorrenkruid. In 2015 zijn er geen veesporen aangetroffen. In *Tabel 3.2* wordt een samenvatting gegeven van de resultaten voor de Peazemerlannen en in *Tabel 3.3* voor het referentiegebied. Voor alle meetpunten wordt de uitgangssituatie vermeld en de ontwikkeling van 2007 naar 2015. Van alle kwelder-pq's is de ontwikkeling van de vegetatie, zoals bepaald met behulp van SALT97, weergegeven in Bijlage B-C.

Over het geheel genomen was de vegetatie in 28 kwelder-pq's in de Peazemerlannen stabiel ten opzichte van het beginjaar 2007. Er heeft in vijftien pq's (lichte) successie plaatsgevonden, maar in twee daarvan (pq 35 en 36) is de richting van successie wat lastig aan te geven vanwege de grote diversiteit in de pq's. In twee pq's (24 en 39) heeft een lichte regressie plaatsgevonden. Dit zijn beide pq's die dicht bij de doorbraak in de noordelijke zomerkade, op de grens van lage kwelder en pionierzone liggen. De oorzaak hiervan ligt bij deze pq's vooral in het feit dat er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras heeft plaatsgevonden, die voor een klein deel ten koste is gegaan van Gewoon kweldergras, maar vooral 'ten koste van' onbegroeide delen. In dat opzicht is dus eigenlijk sprake van successie, maar voor het vegetatietype betekent het een lichte regressie. Deze ontwikkeling is dus niet veroorzaakt door bv. een slechtere ontwatering of bodemdaling. Ondanks een lichte verbetering t.o.v. vorige jaren blijft pq 17 zowel in vegetatiebedekking als in opslibbing achter bij de andere pq's. De reden hiervan is echter bekend: de pq ligt al sinds 2004 in een slecht ontwaterende poel waardoor de vegetatie minimaal is en de bodem verweekt in natte jaren en inklinkt in droge jaren. De verwachting bij deze pq is dat zowel de opslibbing als vegetatieontwikkeling weer op gang komt als een dichtbijzijnde kreek door terugschrijdende erosie aansluiting maakt op de poel en de drainage en sedimentaanvoer herstelt.

Tabel 3.2 Vegetatiekarakterisering bij start gaswinning in 2007 en samenvatting van de gemiddelde jaarlijkse maaiveldhoogteverandering (opslibbing of erosie) en vegetatieontwikkeling van de meetpunten in de Peazemerlannen van 2007-2015.

PQ	Vegetatie-type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2015 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2015	Bijzonderheden
37	kaal wad	kaal wad	1,04	16,7	Qq3: 12 pionierzone; lage bedekking, stabiel tot lichte successie, Zeekraal	
38	kaal wad	kaal wad	0,97	14,9	Qq3: 12 pionierzone; lage bedekking, stabiel tot lichte successie, Zeekraal	
32	Qq0	11: pre-pionierzone	0,83	3,3	Qq0: stabiel, kaal tot lage bedekking Zeekraal	
44	Ss0	11: pre-pionierzone	0,96	14,1	Qq0: 11 pionierzone; vrij stabiel met beperkte en variabele Zeekraal	
45	Qq0	11: pre-pionierzone	0,88	19,3	Vrij stabiel; variabele (lage) Zeekraal bedekking	

<i>PQ</i>	<i>Vegetatie-type 2007</i>	<i>Vegetatiezone 2007 (SALT97)</i>	<i>Maaiveld 2007 (m+NAP)</i>	<i>Gem. opslibbing 2007-2015 mm/j</i>	<i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2015</i>	<i>Bijzonderheden</i>
47	Qq3	12: pionierzone	1,17	8,2	Qu: 22 lage kwelder met pioniersoorten; stabiel Zeekraal/Schorrenkruid	Zomerpolder, laag, geen tot extensieve beweiding koeien en/of schapen; in 2015 geen vee
4	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,39	7,4	Pp-u: 21 lage kwelder; successie van Schorrenkruid naar Kweldergras met Schorrenkruid	
5	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,38	8,5	Qu: stabiel Schorrenkruid (soms met Kweldergras)	
6	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,36	11,1	Pp-u: 21 lage kwelder; successie van pionier Zeekraal/Schorrenkruid naar Kweldergras met Schorrenkruid	
8	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,36	9,6	Pp-u: 21 lage kwelder; successie van Schorrenkruid naar Kweldergras met Schorrenkruid	
12	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,34	8,8	Ppa: 21 lage kwelder; successie van Schorrenkruid naar Kweldergras met Aster	
46	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,18	12,3	Vrij stabiel Zeekraal en Schorrenkruid	Zomerpolder, laag, geen tot extensieve beweiding koeien en/of schapen; in 2015 geen vee
48	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,16	6,1	Pp-u: 21 lage kwelder; vrij stabiel met Zeekraal/Schorrenkruid en soms, zoals in 2015, Kweldergras	Zomerpolder, laag, geen tot extensieve beweiding koeien en/of schapen; in 2015 geen vee
14	Pp	21: lage kwelder	1,33	8,8	Pp: stabiel Kweldergras	
17	kaal	(oorspr. lage kwelder)	1,40	2,8	Qq0/Qu: 11 pre-pionierzone; Zeekraal en Schorrenkruid	In poel; bij regen of na hoog water kans op stagnant water; sommige jaren verweking van bodem
19	Pp	21: lage kwelder	1,58	14,0	Xy5: 32 midden kwelder; successie van Kweldergras naar Zeekweek	
21	Ph3	21: lage kwelder	1,45	4,2	Ppa: 21 lage kwelder; stabiel Kweldergras, Zoutmelde vrijwel verdwenen ten gunste van Zeeaster	
24	Pp	21: lage kwelder	1,36	12,3	Ss5b: 12 pionierzone; schijnbare regressie is eigenlijk successie: van Kweldergras naar Rood zwenkgras en van kaal naar Engels slijkgras	
25	Pp	21: lage kwelder	1,48	8,0	Pp-b: 21 lage kwelder; stabiel Kweldergras	
29	Pp-b	21: lage kwelder	1,54	8,8	Xy5: 32 midden kwelder; successie van Kweldergras naar Zeekweek	
31	Pp-u	21: lage kwelder	1,32	7,9	Pp: 21 lage kwelder; stabiel Kweldergras	
33	Pp	21: lage kwelder	1,44	5,1	Ppa: 21 lage kwelder; stabiel Kweldergras (met Zeeaster)	
34	Pp	21: lage kwelder	1,35	19,7	Xy5: 32 midden kwelder; successie van Kweldergras naar Zeekweek en Rood Zwenkgras	
35	Pp	21: lage kwelder	1,42	12,3	Ss3b: zeer gevarieerde pq met soorten uit alle zones en daardoor niet echt goed te classificeren	
36	Pp	21: lage kwelder	1,34	13,6	Bt: 42 hoge tot brakke kwelder; veel soorten in	

PQ	Vegetatie- type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2015 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2015	Bijzonderheden
					vergelijkbare bedekking	
39	P	21: lage kwelder	1,22	15,9	Ss5: 12 lage kwelder met pioniersoorten; lichte regressie, van Kweldergras naar Engels slijkgras, maar met toenemende bedekking	
40	P	21: lage kwelder	1,13	6,4	Pp: 21 lage kwelder; stabiel Kweldergras, met toenemende bedekking	
41	Pp	21: lage kwelder	1,53	8,5	Jja: 33 midden kwelder met hoge kwelder-soorten; successie van Kweldergras naar Zilte rus	
42	Pp	21: lage kwelder	1,51	9,5	Ppa: stabiel Kweldergras (met Zeeaster)	Grenzend aan poel; bij regen of hoog water kans op stagnant water
43	Ppa	21: lage kwelder	1,52	8,4	Xy3: 32 midden kwelder, successie naast Kweldergras met Zeeaster nu ook Zeekweek	
7	Xy5	32: midden kwelder	1,49	14,2	Xy5: stabiel Zeekweek	
9	Xy5	32: midden kwelder	1,50	14,4	Xy5: stabiel Zeekweek	
10	Xy5	32: midden kwelder	1,67	11,7	Xy5: stabiel Zeekweek	
11	Xy5	32: midden kwelder	1,53	14,2	Xy5: stabiel Zeekweek	
13	Xy5	32: midden kwelder	1,40	10,1	Xy5: stabiel Zeekweek	
15	Xx5	32: midden kwelder	1,46	11,5	Xy5: stabiel Zeekweek	
16	Xy5	32: midden kwelder	1,46	6,2	Xy5: stabiel Zeekweek	
18	Xy5	32: midden kwelder	1,47	10,8	Xy5: stabiel Zeekweek	
20	Xy5	32: midden kwelder	1,63	11,7	Xy5: stabiel Zeekweek	
22	Xy5	32: midden kwelder	1,63	11,6	Xy5: stabiel Zeekweek	
23	Xy5	32: midden kwelder	1,63	15,6	Xy5: stabiel Zeekweek	
26	Xy5	32: midden kwelder	1,67	9,7	Xy5: stabiel Zeekweek	
27	Xy5	32: midden kwelder	1,59	13,9	Xy5: stabiel Zeekweek	
28	Xy5	32: midden kwelder	1,58	15,2	Xy5: stabiel Zeekweek	
30	Xy5	32: midden kwelder	1,61	5,6	Xy5: stabiel Zeekweek	
1			1,50	2,8		Zomerpolder hoog; meestal matig tot intensief beweid; in 2015 met 11 koeien en geen schapen
2			1,51	3,0		Zie PQ 1
3			1,48	0,7		Zie PQ 1

Referentiegebied

Ook in het referentiegebied was de vegetatie in de meeste pq's stabiel (met soms lichte successie of lichte regressie bij de vrijwel kale wad pq's). Er heeft in twee pq's duidelijke successie plaatsgevonden en in één pq (359F) regressie veroorzaakt door vertrapping. In pq 286I heeft op basis van het gevonden vegetatietype ook regressie plaatsgevonden, maar er is tevens een toename van Zeekweek gemeten.

Met betrekking tot de beweiding in het referentiegebied heeft zich een onverwachte verandering voorgedaan. Slechts één van de vijf RWS-meetvakken waarin de SEB- en vegetatie-metingen worden gedaan is gedurende de hele monitoringperiode onbeweid gebleven, net zoals de kwelder van de Peazemerlannen. De overige vier meetvakken alle of sommige jaren beweid zijn geweest.

Er was oorspronkelijk alleen sprake van jaarlijks extensieve beweiding met 10-13 paarden in MV 339. In 2009 heeft eenmalige beweiding door paarden in MV 324 voor flinke vertrapping gezorgd waardoor tijdelijk kale plekken zijn ontstaan bij de pq's. In 2010 zijn de pq's in meetvak 359 van circa juni tot 21 oktober beweide geweest door 6 vleeskoeien (Blonde d'Aquitaine) met kalveren. In 2011 werd MV 356 beweide met zes stieren, ook weer tot na de formele einddatum van 15 oktober. De opslibbings- en

vegetatieopnames hebben daardoor toen pas vrij laat kunnen plaatsvinden. In 2012 hebben er 13 pinken in MV 311 gelopen. In 2013 liepen in MV 339 twee paarden en 30 schapen, in MV 311 zijn een deel van het beweidingseizoen 30 koeien geweest en in MV 356/359 tien koeien en vier paarden. In 2014 liep er in MV 311 en MV 324 geen vee tijdens de opname, maar er waren wel sporen te zien. In MV 339 liepen 5 paarden en in MV 356 13 koeien, die waarschijnlijk waren omgeweid uit MV 359 waar wel sporen te zien waren, maar geen vee meer liep. In 2015 liepen er 30 stuks jongvee in MV 311, werd MV 324 extensief beweide met schapen, liepen er 125 schapen in MV 339 en geen paarden. In MV 356 liepen 9 stuks jongvee en in MV 359 was geen vee, maar wel verse sporen die vermoedelijk waren veroorzaakt door het vee dat tijdens de metingen in MV 356 liep. Gedurende de monitoringperiode vanaf 2007 is alleen MV 286 tot nu toe geheel onbeweid gebleven.

Het Groninger kwelderherstelplan, waarvoor de afgelopen jaren inrichtingswerkzaamheden zijn uitgevoerd, houdt onder meer in dat er op meer locaties en regelmatiger/langer beweiding zal gaan plaatsvinden in de kwelder. Dit aangepaste beweidingbeheer heeft een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (vertrapping en compactie) en de vegetatie (vertrapping, verjonging/regressie) en lokaal ook op de drainage. Dit is reeds waargenomen bij sommige pq's vanaf 2013 (*Bijlage I*) en het is ook uitgebreid beschreven in vele artikelen (zie o.a. Esselink *et al.*, 2002). De locaties waar vee ingezet gaat worden, het type vee en de duur en intensiteit ligt niet vast, maar worden door de beheerder grotendeels door de situatie van het moment bepaald (o.a. vegetatiesamenstelling, beschikbaarheid vee en beheervergoeding). Het is nog niet duidelijk in hoeverre beweidinggegevens bijgehouden gaan worden en de gegevens beschikbaar komen voor derden. Het is moeilijk te voorspellen hoe groot de invloed van deze toenemende beweiding zal zijn, maar door deze beheereffecten komt de bruikbaarheid van sommige delen van het referentiegebied in gevaar. Dit zorgpunt kan echter opgevangen worden door indien nodig (aanvullend) bestaande SEB-meetpunten van Imares op onbeweide andere locaties te gebruiken.

In *Tabel 3.3* wordt een samenvatting gegeven van de resultaten voor de pq's in het referentiegebied. Voor alle meetpunten wordt de uitgangssituatie vermeld en de ontwikkeling van 2007 naar 2015. In *Bijlage E* is van alle pq's de ontwikkeling van de vegetatie, zoals bepaald met behulp van SALT97, weergegeven.

Tabel 3.3 Vegetatiekarakterisering uitgangssituatie in 2007 en samenvatting van de gemiddelde jaarlijkse maaiveldhoogteverandering (positieve waarde betreft opslibbing en negatieve erosie) en vegetatieontwikkeling van de meetpunten in het referentiegebied van 2007-2015. * Bij meetpunt 339 is voor de bepaling van de maaiveldhoogte uit 2007 de NAP-meting van de paalkoppen uit 2013 gebruikt (zie ook §3.2).

PQ	Vegetatie-type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2015 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2015	Bijzonderheden
286K	Kaal	-	0,83	2,5	Stabiel, (vrijwel) kaal	
311N	Kaal	-	0,87	-0,2	Stabiel, (vrijwel) kaal	
324K	Kaal	-	0,96	0,9	Stabiel, (vrijwel) kaal	
359I	Kaal	-	0,87	-4,9	Ss3: 12 pionierzone; lage bedekking	
339K	Sso	11: pre-pionierzone	0,94 *	-3,6	Qq0: meestal enige Zeekraal of Engels slijkgras	
356I	Qqo	11: pre-pionierzone	0,86	-3,9	Stabiel, (vrijwel) kaal	
339I	Ss3	12: pionierzone	1,34 *	3,0	P: 21 lage kwelder, stabiel tot lichte successie; Engels slijkgras naar Kweldergras, maar lage bedekking	Meeste jaren paarden, soms met schapen; in 2015: alleen 125 schapen; lichte vertrapping
356F	Ss5	12: pionierzone	1,38	-0,4	Pps: 21 lage kwelder; lichte successie; Engels slijkgras naar Kweldergras	Sommige jaren beweide; in 2015 met 9 stuks jongvee; zware vertrapping
356H	Ss5	12: pionierzone	1,35	2,6	Pps: 21 lage kwelder; successie; Engels slijkgras naar Kweldergras	Sommige jaren beweide; in 2015 met 9 stuks jongvee; matige vertrapping
359H	Ss3	12: pionierzone	1,11	11,9	Ss3: stabiel, Engels slijkgras	Vee omgeweid naar 356; geen vertrapping

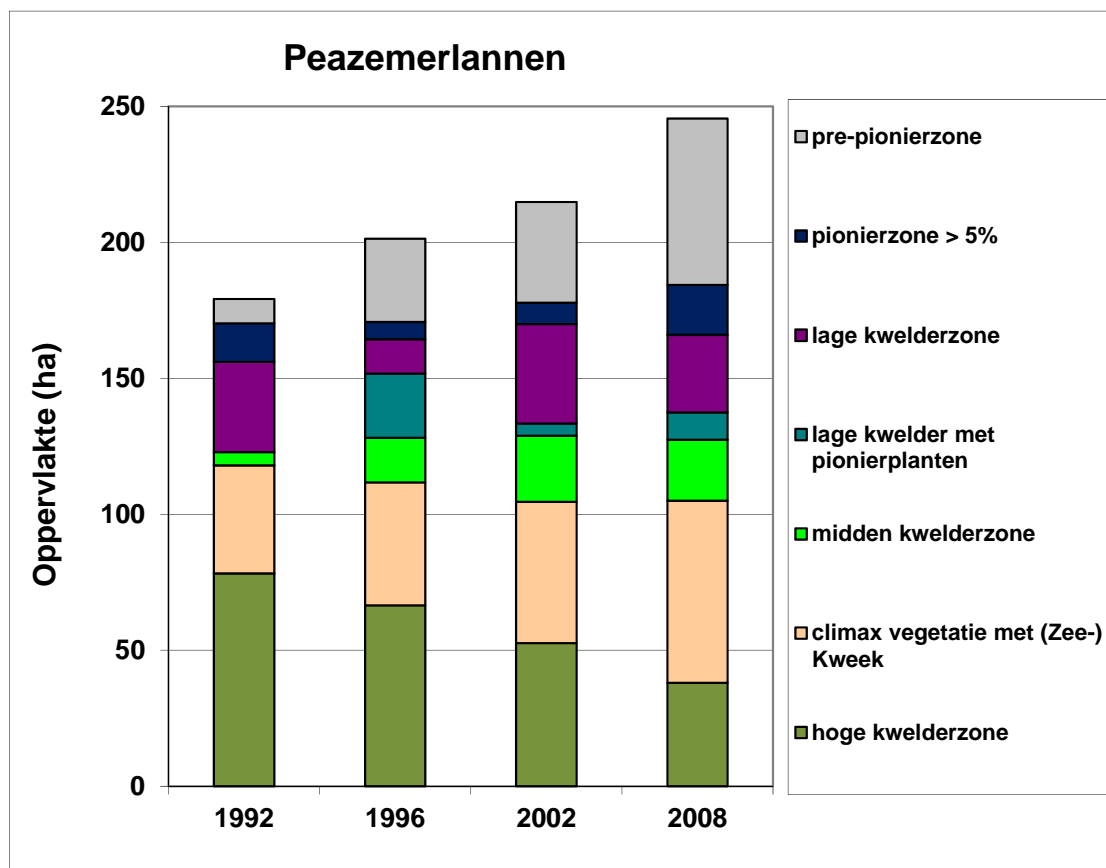
<i>PQ</i>	<i>Vegetatie-type 2007</i>	<i>Vegetatiezone 2007 (SALT97)</i>	<i>Maaiveld 2007 (m+NAP)</i>	<i>Gem. opslibbing 2007-2015 mm/j</i>	<i>Ontwikkeling vegetatie 2007->2015</i>	<i>Bijzonderheden</i>
286C	Ppa	21: lage kwelder	1,46	3,4	Ppa: 21 lage kwelder; stabiel, Kweldergras met Zeeaster	
286I	Ph5	21: lage kwelder	1,42	6,8	Ss5b: 12 pionierzone; regressie van Zoutmelde naar Engels slijkgras, maar ook Zeekweek aanwezig	
311L	Ph5	21: lage kwelder	1,46	-1,3	Xy3: 32 midden kwelder; successie van Zoutmelde naar Zeekweek	30 stuks jongvee; zware vertrapping
311M	Ph3	21: lage kwelder	1,40	-0,4	Pp: 21 lage kwelder; verschuiving van Zoutmelde naar Kweldergras	30 stuks jongvee; zware vertrapping
324H	Pp	21: lage kwelder	1,41	1,7	Pp: stabiel, Kweldergras	Extensieve schapenbeweiding; geen vertrapping
324I	Pps	21: lage kwelder	1,43	4,3	Ph3: vrij stabiel, Kweldergras/Engels slijkgras/Zoutmelde	Extensieve schapenbeweiding; geen vertrapping
339F	Ph3	21: lage kwelder	1,35 *	3,7	Pp: stabiel, verschuiving van Zoutmelde naar Kweldergras	Meeste jaren paarden, soms met schapen; in 2015: alleen 125 schapen; lichte vertrapping
339H	Pp	21: lage kwelder	1,43 *	8,8	Pp: stabiel, Kweldergras	Meeste jaren paarden, soms met schapen; in 2015: alleen 125 schapen; lichte vertrapping
356G	Pp/Ph3	21: lage kwelder	1,47	-4,0	Pp: 21 lage kwelder; stabiel Kweldergras (ook Zeekraal aanwezig)	Sommige jaren beweid; in 2015 met 9 stuks jongvee; matige vertrapping
359G	Ph5	21: lage kwelder	1,44	1,7	Ppab: stabiel tot lichte successie van Zoutmelde naar Aster, Kweldergras en Zeekweek	Vee omgeweid naar 356; lichte vertrapping
286D	Xy5	32: midden kwelder	1,55	1,8	Xy5: stabiel, Zeekweek	
286F	Xy5	32: midden kwelder	1,48	5,1	Xy5: stabiel, Zeekweek	
286H	Xy5	32: midden kwelder	1,51	5,6	Xy5: stabiel, Zeekweek	
311G	Xy5	32: midden kwelder	1,50	-11,2	Xy5: stabiel, Zeekweek	30 stuks jongvee; zeer zware vertrapping
311I	Xx5	32: midden kwelder	1,56	-8,4	Xy5: stabiel, Zeekweek	30 stuks jongvee; matige vertrapping
311K	Xy5	32: midden kwelder	1,61	-3,2	Xy5: stabiel, Zeekweek	30 stuks jongvee; matige vertrapping
324G	Xy5	32: midden kwelder	1,48	7,7	Xy5: stabiel, Zeekweek	Extensieve schapenbeweiding; geen vertrapping
359F	Xy5	32: midden kwelder	1,49	-0,4	Ppa: 21 lage kwelder; regressie Zeekweek -> Kweldergras met Zeeaster	Vee omgeweid naar 356; zware vertrapping
339D	-----	Soortensamenstelling niet in SALT97; zie tekst	1,98 *	-0,9		Boerenkwelder; Meeste jaren paarden, soms met schapen; in 2015: alleen 125 schapen; geen vertrapping

PQ 339D ligt in de hoge boerenkwelder en is zeer kort afgegrasd (en zelfs kort gemaaid in 2012 en 2013, waarbij ook een SEB-paal werd afgemaaid). De vegetatie is tot nu toe door de soortensamenstelling (ook veel niet-halofyten aanwezig), net zoals die in de zomerpolder van de Peazemerlannen, niet met SALT97 te benoemen. Tijdens de monitoring tot nu toe bestond de bedekking voor 60-90% uit grassen met aanvankelijk Gewoon struisgras en Rood zwenkgras als hoofdsoorten, maar in 2014 en 2015 was ook veel Engels raaigras aanwezig. De overige bedekking wordt meestal gedomineerd door Zilverschoon. Andere regelmatig aanwezige kruiden zijn bv. Witte klaver en Aardbeiklaver.

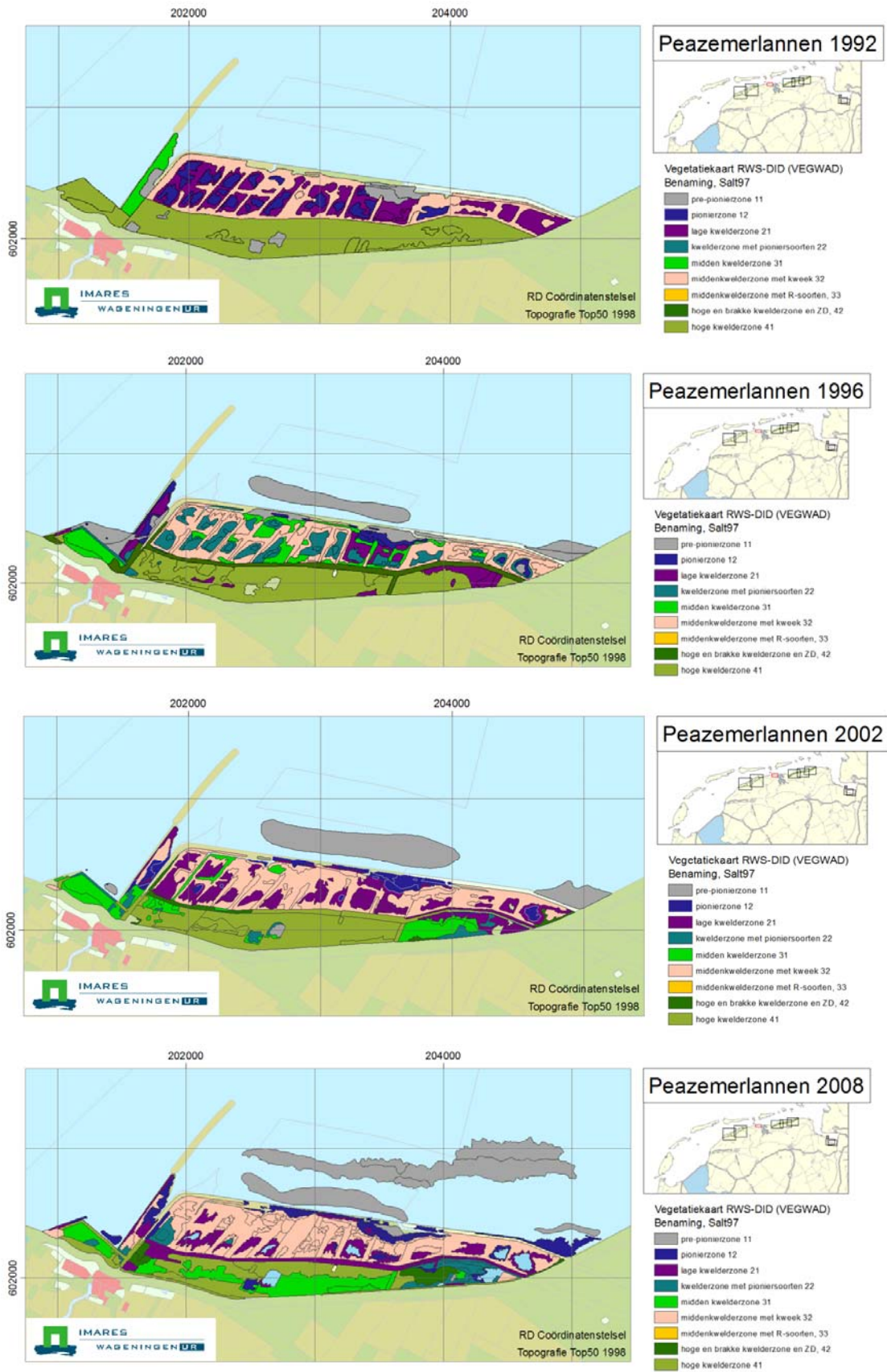
3.4 Vegetatiekaarten RWS

De biodiversiteit van de kweldervegetatie wordt door RWS 6-jaarlijks gemeten met vlakdekkende vegetatiekaarten, inclusief de boerenkwelders en soms zomerpolders. Van de vastelandskwelders langs de Friese en Groninger kust komt in de loop van 2016 een nieuwe vegetatiekaart beschikbaar. Deze zal in het volgende jaarrapport behandeld worden.

In dit rapport zijn van enkele eerdere vegetatiekaarten afgeleide vereenvoudigde zonekaarten opgenomen van de Peazemerlannen (Figuur 3.8) en het referentiegebied (Figuur 3.9), die een beeld geven van de ontwikkeling van de afgelopen tijd. Op deze zonekaarten en in Figuur 3.7, waar de zoneverschuivingen in de Peazemerlannen zijn samengevat, is de successie/veroudering naar Zeekweek in de afgelopen 20 jaar duidelijk zichtbaar. Dit is een natuurlijk gevolg van opslibbing in combinatie met de afnemende beweiding. Opvallend voor de Peazemerlannen is verder de toename van de (pre-)pionierzone op het wad vanaf 1992. De opslibbing die de laatste jaren op het wad heeft plaatsgevonden (zie §3.1) zou de uitbreiding van de (pre-)pionierzone kunnen helpen verklaren.

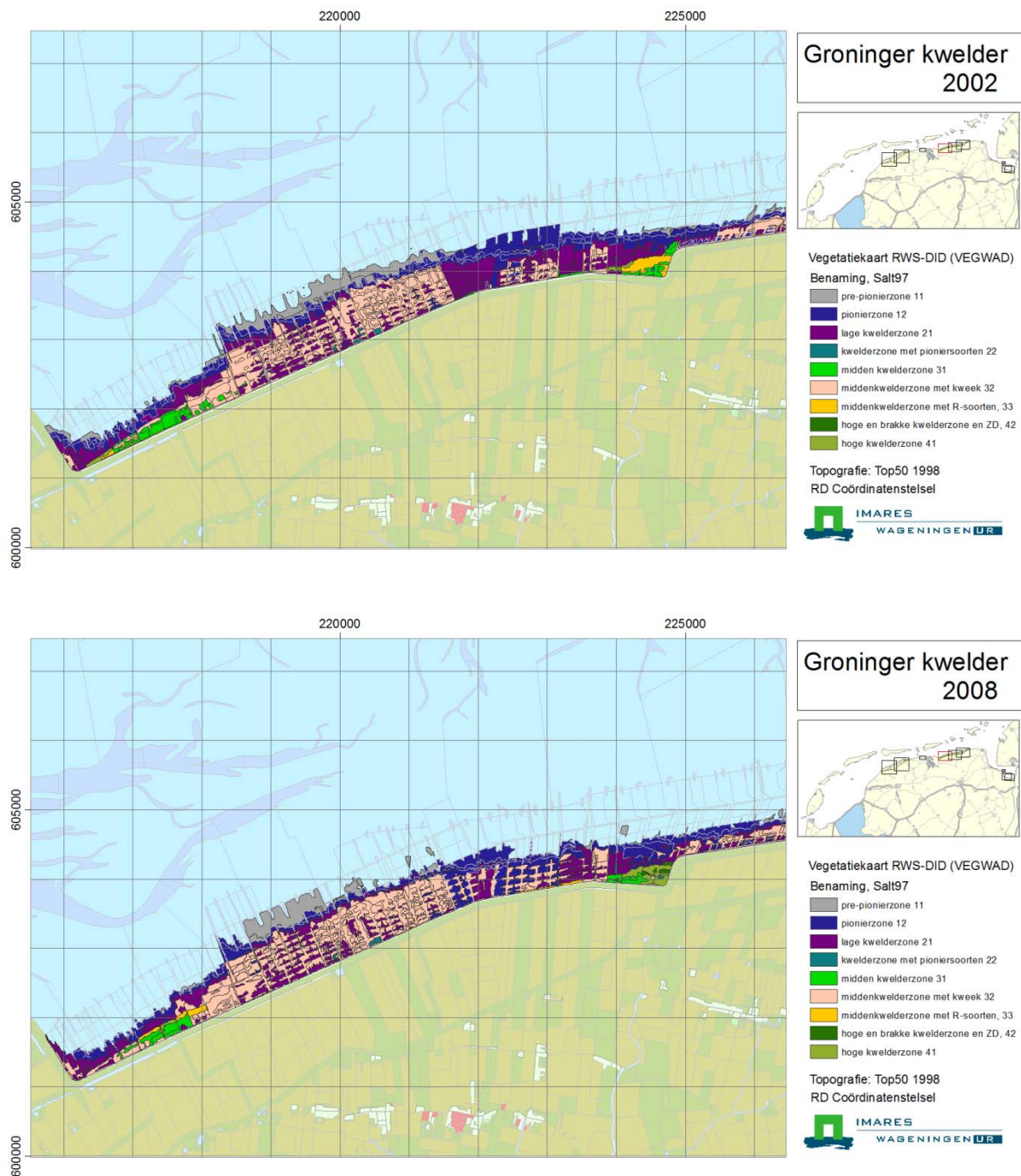


Figuur 3.7 Ontwikkeling vegetatiezones in de Peazemerlannen van 1992-2008 (gebaseerd op gegevens uit de respectievelijke RWS-vegetatiekaarten).



Figuur 3.8 Zoneringskaarten van de vegetatie in de Peazemerlannen van 1992-2008.

In de westelijke Groninger kwelderwerken, langs de Negenboerenpolder, is opmerkelijk dat circa 20 ha lage kwelderzone is veranderd in pionierzone (zie *Bijlage G*). Het patroon van de verandering ligt op het midden van de pandjes, wat duidt op vernatting door dichtgeslibde greppels. Hiermee wordt ook meteen duidelijk dat drainage een groot effect kan hebben op de vegetatieontwikkeling en samenstelling. In *Bijlage G* is een uitsnede van de vegetatiekaarten van 1996, 2002 en 2008 gemaakt voor de vijf referentiemeetvakken om de vegetatieontwikkeling in meer detail te laten zien.



Figuur 3.9 Zoneringskaarten van de vegetatie in de westelijke Groninger kwelderwerken.

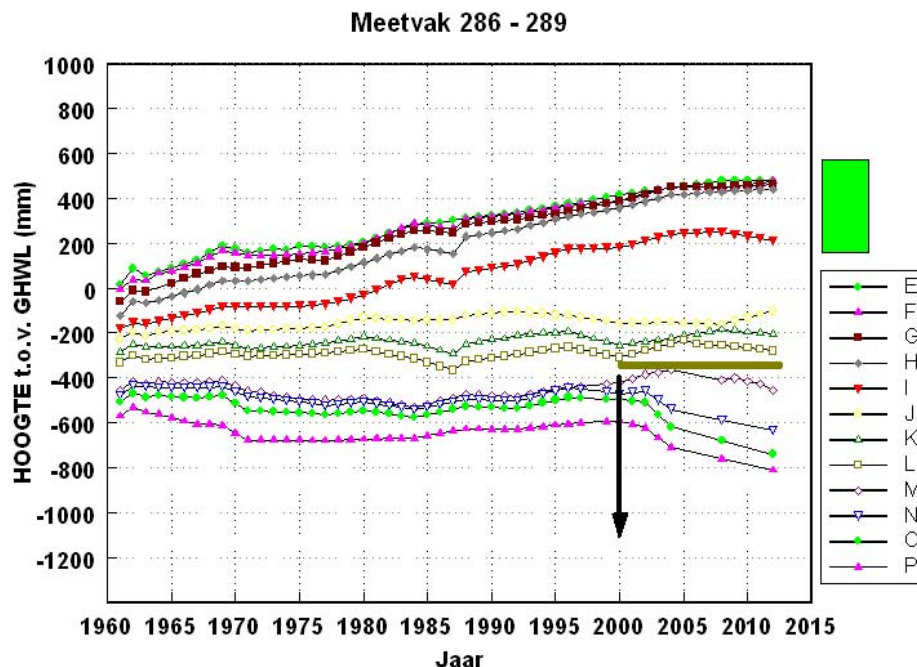
3.5 Opslibbing en vegetatieontwikkeling RWS-meetvakken West-Groningen

De opslibbing en vegetatieontwikkeling in de RWS-meetvakken geven de trends aan op transectniveau en vormen daardoor een aanvulling op de puntmetingen van SEB met bijbehorende vegetatie-pq en de vlakdekkende vegetatiekaarten. Daarnaast zijn door de lange tijdserie verschillende trends reeds beschreven die als achtergrondinformatie kunnen dienen voor het bodemdalingsonderzoek.

Van deze dataset van RWS worden in deze rapportage slechts enkele voorbeelden gegeven ter illustratie. Voor uitgebreide en aanvullende informatie wordt verwezen naar Dijkema *et al.*, 2001 en 2013 en Van Duin *et al.*, 2016.

Opslibbing

In *Bijlage H* staat de hoogteontwikkeling van de vijf referentiemeetvakken weergegeven. In *Figuur 3.10* staat de gemiddelde hoogteontwikkeling vanaf 1960 vanaf de dijk (subvak E) tot aan het kale wad (subvak P) in meetvak 286-289. Aan de hand van deze figuur worden enkele opvallende zaken behandeld.



Figuur 3.10 Voorbeeld van data betreffende hoogteontwikkeling in een van de meetvakken behorend tot het referentiegebied West-Groningen. De groene balk rechtsboven geeft de kweldervakken aan. De pijl geeft aan dat in 2000 het onderhoud aan de buitenste dwarsdam is gestopt (hierdoor is de beschermende werking verdwenen en is in de vakken M-P vervolgens verlagings van het maaiveld te zien door erosie en het niet meer optreden van sedimentatie). De horizontale vette balk geeft aan dat in 2000 een nieuwe dwarsdam is aangelegd tussen vak L en M (hierdoor is de sedimentatie in vak K en L toegenomen).

De kweldervakken E t/m I (1^{ste} bezinkveld) van 286-289 laten aanvankelijk een duidelijk stijgende lijn zien. De laatste jaren is echter een afvlakking of zelfs verlagings van het maaiveld te zien (zie ook *Tabel 3.5*). Hier zijn verschillende mogelijke oorzaken voor aan te dragen:

- Door de toenemende hoogteligging neemt het aantal overvloedingen af en daardoor de hoeveelheid afgezet sediment.
- Hoe breder een kwelder wordt hoe moeilijker het sediment de delen dicht bij de dijk kan bereiken. De zwaardere deeltjes zijn meestal al eerder bezonken waardoor er een hogere zone kan ontstaan dicht bij het wad.
- In beweidde vakken kan nog meespelen dat het maaiveld wordt verlaagd door vertrapping/compactie. Bij de Groninger referentiemeetvakken kan de toegenomen beweidingintensiteit door het Groninger kwelderherstelplan daar nog aan toegevoegd worden.

- Ook ander aangepast beheer kan een rol hebben gespeeld. Vanaf 2000 wordt, na een beleidskeuze, de buitenste dwarsdam (=evenwijdig aan de kust) niet meer onderhouden. De gevolgen hiervan zijn terug te vinden in de erosie van de buitenste subvakken (zie ook *Tabel 3.4*). Daarnaast is hierdoor een groot areaal waar fijn sediment kon bezinken en dat vervolgens tijdens hoge tijden afgezet kon worden op de kwelder, in de loop der jaren verdwenen.

Beheermaatregelen of ingrepen kunnen snel effect op de hoogteontwikkeling hebben. Een voorbeeld is de nieuwe dwarsdam tussen de subvakken L en M uit 2000 die direct een (tijdelijke) toename van de opslibbing tot gevolg heeft gehad.

Uit de transecthoogtemetingen van RWS (*Tabel 3.4*) blijkt, net zoals uit de SEB-metingen (§3.1), dat de opslibbing in het referentiegebied over de periode 2008-2014 lager is dan in de Peazemerlannen.

Tabel 3.4 Gemiddelde opslibbing (mm/j) in de 5 Groninger referentie-meetvakken over de periodes 2000-2008 (vóór de start van de gaswinning) en 2008-2014 (tijdens gaswinning in de Peazemerlannen) op basis van de transecthoogtemetingen van RWS.

Tijdvak	3 ^e bezinkveld onbegroeid	2 ^e bezinkveld onbegroeid	2 ^e bezinkveld pionierzone	1 ^e bezinkveld kwelderzone
2000-2008	- 12 mm/j	1 mm/j	4 mm/j	13 mm/j
2008-2014	- 18 mm/j	-1 mm/j	4 mm/j	4 mm/j

Vegetatie

In de laatste jaren is in de meetvaktransecten duidelijk de toenemende successie/veroudering van de vegetatie te zien (*Bijlage G*), ondanks de afgenomen gemiddelde opslibbing. Uiteindelijk leidt een toenemende hoogte van het maaiveld vrijwel altijd tot een soortenarme climaxvegetatie waarin Zeekweek en Spijesmelde domineren. Alleen beweiding en/of een slechte ontwatering kan deze ontwikkeling tegengaan of vertragen.

De verandering van de biodiversiteit van de kweldervegetatie als gevolg van mate van beweidingsintensiteit werd in vorige jaarrapporten ook in beeld gebracht voor de 5 meetvakken. De laatste jaren is de beweidingsintensiteit in veel meetvakken echter nogal veranderd, soms door een verminderd vee-aanbod en soms door intensivering van beweiding, zoals bv. mogelijk gemaakt door het Groninger kwelderherstelplan. Hierdoor zijn de voorheen gebruikte beweidingsklassen (onbeweid, extensief en intensief beweid) vaak niet meer van toepassing op de betreffende meetvakken zoals vroeger. Bovendien varieert de beweiding tussen jaren sterker dan vroeger. Daardoor kunnen de effecten van beweiding hier niet meer op dezelfde wijze worden gepresenteerd als voorheen.

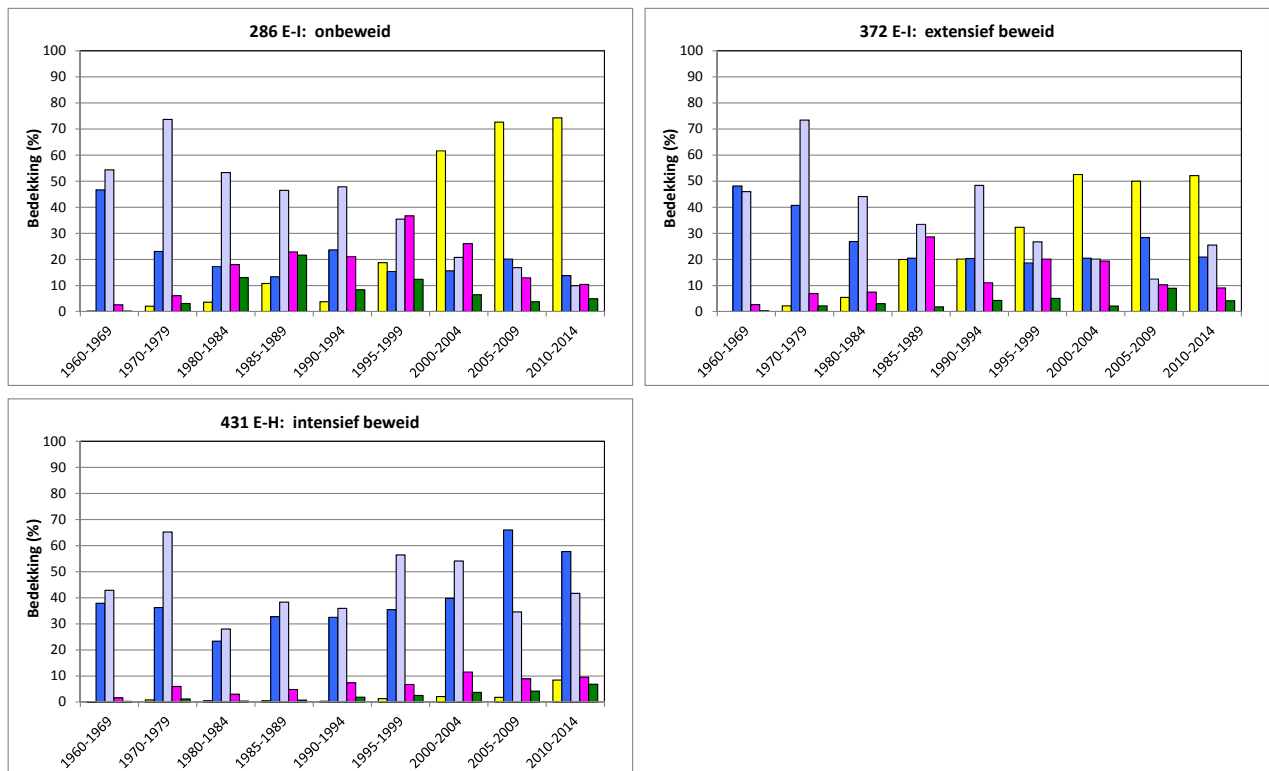
Om toch het grote effect van beweiding als beheermaatregel op de vegetatieontwikkeling te kunnen illustreren is devolgende oplossing bedacht: de vegetatie-opnamen in alle 25 RWS-meetvakken in de Friese en Groninger kwelderwerken zijn voor alle subvakken voor de periode 1960-2014 met het Bossinade-programma WOKGROEP vertaald naar figuren met de kenmerkende plantengroepen per successie-stadium (SALT97; De Jong *et al.* 1998), inclusief de beweidingsintensiteit per jaar. Op basis van die figuren zijn drie meetvaktransecten in Groningen gekozen die een vrijwel constante beweidingsintensiteit hebben gekend gedurende de hele periode. Twee van deze transecten behoren overigens niet tot het referentie gebied, maar liggen oostelijker. Van deze transecten zijn de gemiddelde percentages van de kenmerkende plantengroepen voor 9 opeenvolgende tijdperioden weergegeven in *Figuur 3.11*.

In het onbeweide transect is de natuurlijke successie als gevolg van opslibbing duidelijk te zien. De verschillende vegetatiezones van laag naar hoog volgen elkaar op in de tijd tot de successie na circa 25 jaar het climax-stadium met Zeekweek bereikt. Hoewel de biodiversiteit in vegetatiekundig opzicht laag is, hoort deze zone thuis in het volledige spectrum en biedt een leefomgeving aan een deels eigen fauna (bv. arthropoden, woelmuizen en velduilen). De specifieke bodemeigenschappen spelen daarbij ook een rol (zie bij intensieve beweiding).

In het extensief beweide transect is ook successie waarneembaar en wordt de climaxvegetatie hooguit vertraagd, maar blijft de biodiversiteit (langer) gehandhaafd, doordat de verschillende vegetatiezones naast elkaar blijven bestaan.

In het intensief beweide transect wordt de successie vrijwel volledig voorkomen en is Zeekweek bijna afwezig. De zeer gevarieerde zone met Zeeaster is echter ook slechts in beperkte mate aanwezig waardoor de biodiversiteit als geheel toch afneemt.

Een ander belangrijk punt bij (intensieve) beweiding is dat een door vee verstoorde bodem andere abiotische eigenschappen heeft (bv. grotere compactie, lagere zuurstof- en waterdoorlaatbaarheid, wat leidt tot een andere mineralisatie en nutriëntensamenstelling). Dit heeft directe gevolgen voor flora en fauna (Van Klink *et al.*, 2015ab).



Groep A	: Climaxsoort Zeekweek (soms Spijesmelde, Strandmelde)
Groep B	: Pioniersoorten Zeekraal en Engels slijkgras
Groep C	: Lage kweldersoorten Gewoon kweldergras en Gewone zoutmelde
Groep D	: Zeeaster in diverse zones (soms met de kwelderplanten Gerande schijnspurrie, Schorrezoutgras, Lamsoor, Zeeweegbree)
Groep E	: Midden kweldersoorten Zeealsem, Engels gras, Zilte rus, Rood zwenkgras, Firingras, Zeemelkruid

Figuur 3.11 Verandering in biodiversiteit van de vegetatie in drie meetvaktransecten in de Groninger kwelderwerken over de periode 1960-2014 per beweidingssklasse.

Om een idee te krijgen hoeveel vee beheerders inzetten op de kwelder wordt verwezen naar *Tabel 3.5*. Deze tabel vat de getallen voor onbemeste vastelandskwelders samen voor de situatie in de internationale Waddenzee rond 1980. Aangezien er toen nog volop werd begreppeld zijn deze getallen aan de hoge kant. De getallen in het beheerplan van It Fryske Gea voor de kwelders in Noard Fryslân Bûtendyks wijzen daar ook op (Jager & Rintjema, 2003). Kleyer *et al.* (2003) noemen 0,6 runderen per ha op GrootVeeEenheid (GVE) basis optimaal voor de biodiversiteit van de vegetatie. Dit komt overeen met 1,2 pinken per ha en betreft een extensieve tot matige beweiding. De meest geschikte veebezetting bij een gewenste vegetatiestructuur is trouwens ook afhankelijk van de ontwatering, het kleigehalte, het weer en de maaiveldhoogte.

Tabel 3.5 Beweidingsklassen in de internationale Waddenzee (Dijkema, 1983) en in het IFG-beheerplan voor Noard Fryslân Bûtendyks (Jager & Rintjema, 2003).

Beweidings-intensiteit	Vegetatie-structuur (Dijkema, 1983)	Schape <i>n</i> incl. lam. (per ha)	Jongvee (per ha)	Grootvee (GVE per ha)	Noard Fryslân (GVE per ha)
zeer extensief } extensief }	Patroon van kort en lang gewas	2 - 3	0,7 - 1	0,3 - 0,5	< 0,4 0,4 - 0,7
Matig	Prod. bijna verwijderd	5 - 6	1 - 1,5	0,5 - 0,8	
intensief	Kort gewas < 10 cm	9 - 10	2 - 2,5	1 - 1,3	max. 0,75

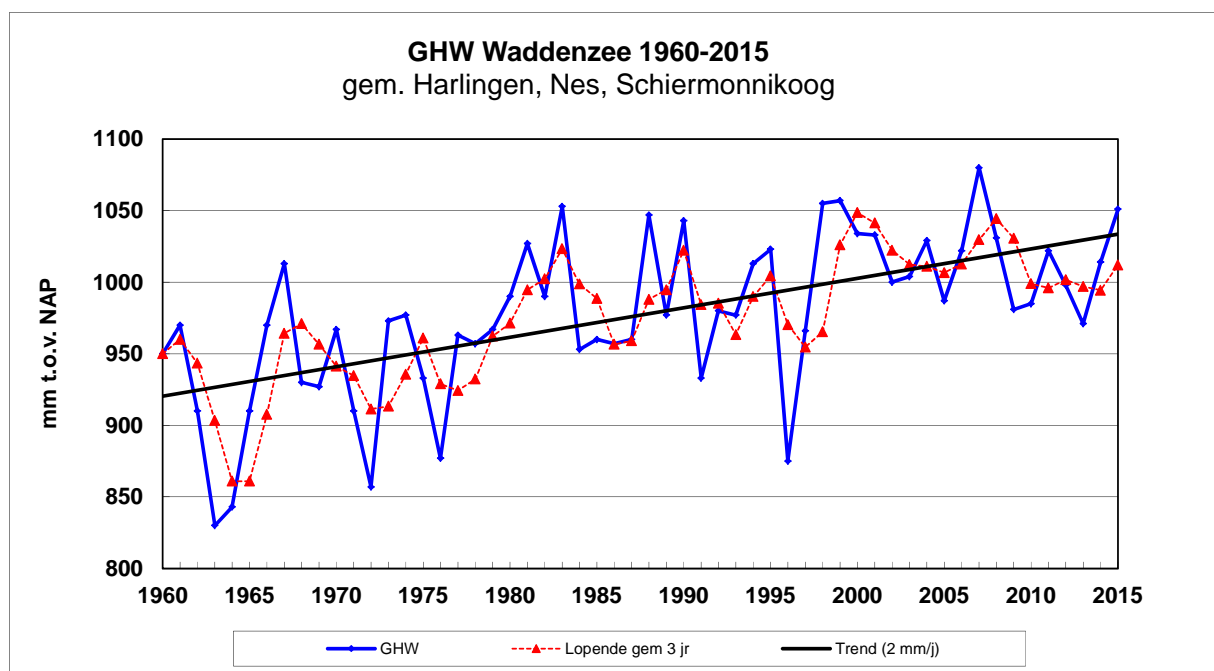
Door de Trilaterale (TMAP) kweldergroep is de intensiteit van de beweiding overigens gedefinieerd op basis van de structuur van de vegetatie (Bakker *et al.*, 2005):

- intensieve beweiding = uniforme korte grasmat;
- matige beweiding = patroon van korte grasmat en langer gewas;
- geen beweiding = uniform langer gewas.

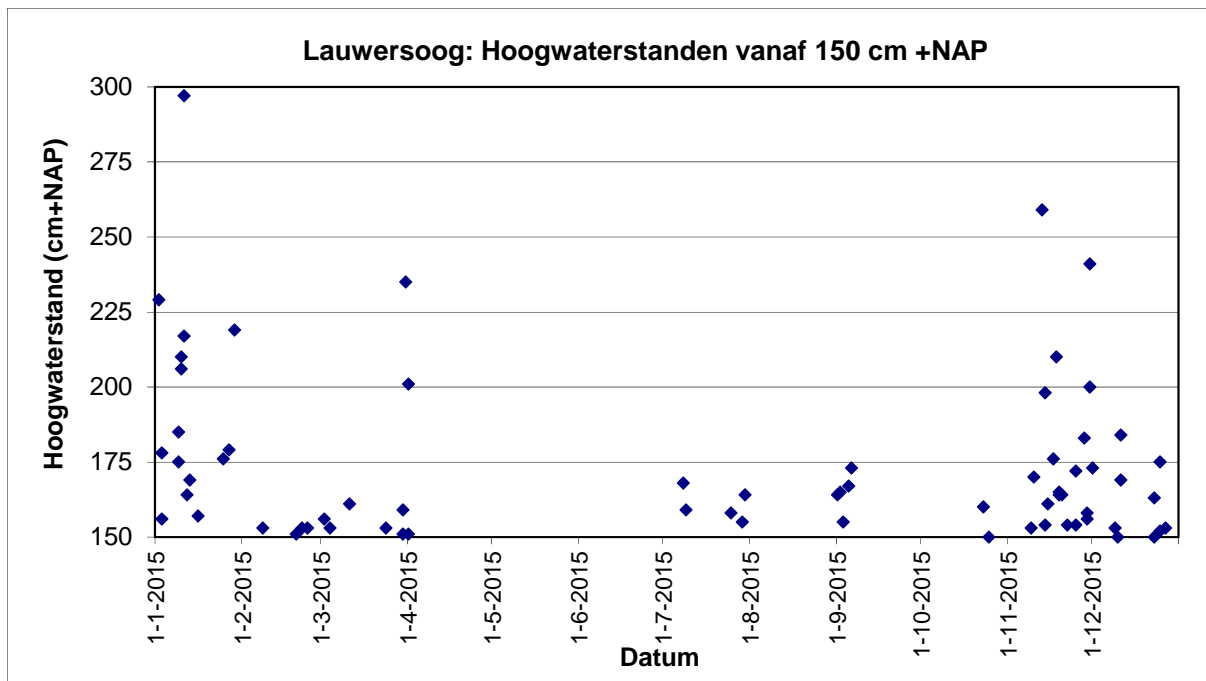
3.6 Jaargemiddeld hoogwater

Het jaargemiddelde hoogwater voor Harlingen, Nes en Schiermonnikoog is weergegeven in *Figuur 3.12*. Het jaargemiddelde GHW voor de Waddenzee wordt grotendeels bepaald door de windrichting, windkracht en barometerstand (Bossinade *et al.*, 1993). De trend voor toename van het gemiddeld hoogwater over de periode 1960-2015 is circa 2 mm/j. Nadat er de eerste jaren van de gaswinning een vrij laag GHW is gemeten, heeft 2015 een vrij hoog gemiddeld hoogwater van 1051 mm+NAP. Dit hoeft echter niet te betekenen dat er daardoor meer opslibbing plaatsvindt, omdat daarbij naast overfloeding ook bijvoorbeeld het sedimentaanbod een belangrijke rol speelt.

Voor meetstation Lauwersoog zijn de hoogwaters ≥ 150 cm NAP weergegeven in *Figuur 3.13*. Vanaf die waterstand begint het grootste deel van de kwelder onder te lopen.



Figuur 3.12 Jaargemiddelde hoogwater van 1960-2015. (Op basis van RWS-data voor Harlingen, Nes en Schiermonnikoog.)



Figuur 3.13 Hoogwaters vanaf 150 cm +NAP voor Lauwersoog in 2015. (Op basis van RWS-data)

4 Conclusies

De conclusies die getrokken kunnen worden na 8 jaar monitoring wijken weinig af van die in het jaarrapport 2014 en de evaluatie na 5 jaar monitoring (Van Duin *et al.*, 2013).

4.1 Peazemerlannen

Opslibbing pq's

- De gemiddelde gemeten maaiveldverandering over 2007-2015 in de Peazemerlannen was bij alle pq's positief en bij de meeste pq's voldoende om de gemeten bodemdaling over deze periode (3,1 mm/j) en een Gemiddeld Hoogwater-stijging van 2 mm/j bij te houden. De verschillen tussen pq's kunnen echter groot zijn.
- Van de zeven pq's die op dit moment een, over de hele meetperiode van 8 jaar genomen, gemiddelde opslibbing hebben van $\leq 5,1$ mm/j liggen er drie in de zomerpolder, allen in het hooggelegen, beweide westelijke deel. Een pq ligt in een vrijwel kale, afwisselend natte en droge poel waardoor verweking/erosie en inklink bepalend zijn voor de hoogteligging. Zodra de poel weer gedraineerd wordt door aansluiting op een kreek via terugschrijdende erosie zal ook de sedimentaanvoer en vegetatieontwikkeling op gang komen. De pq die naast een poel ligt is vaak vochtig waardoor de bodem niet goed consolideert. Ook bij de twee overige pq's kan een verklaring worden gegeven (erosie op het wad en de grote afstand tot een sedimentbron) waarom de opslibbing achter is gebleven.
- In de westelijke zomerpolder was vroeger inklink het bepalende proces. Nu wordt er gemiddeld een lage opslibbing van 2 mm/j gemeten. Dat is echter net genoeg om de GHW-stijging bij te houden en niet de daar ook nog bijkomende bodemdaling. De beperkte aanvoer van sediment (o.a. door zomerkade(s) en/of (gedeeltelijk) door sediment en/of vegetatie geblokkeerde duikers) en de vrij hoge ligging van de pq's zorgen voor deze lage opslibbing. In sommige delen van de zomerpolder is de drainage minder goed, omdat de oorspronkelijke greppels zijn dichtgegroeid. Daardoor kan er water blijven staan waardoor de vegetatie kan afsterven. Sedimentatie en drainage in de zomerpolder verdienen daarom extra aandacht. Verder heeft compactie door de beweiding (vertrapping) ook invloed op de maaiveldhoogte en drainage in de zomerpolder.
- Uit zowel de metingen van Natuurcentrum Ameland als Imares op het wad blijkt dat de opslibbing lokaal grote verschillen kan vertonen, niet alleen per locatie, maar ook per jaar. Zowel de spijker- als SEB-metingen laten een opvallende toename in maaiveldhoogte zien in de winter van 2010/2011. Deze toename in maaiveldhoogte lijkt zich voort te zetten bij de hoger gelegen punten. Mogelijk wordt dit mede veroorzaakt door de toenemende vegetatie bij deze punten. Bij de lager gelegen punten lijkt er daarna een stabiele periode te zijn in maaiveldhoogte.

Vegetatieontwikkeling pq's

- De vegetatie bij de meeste pq's is stabiel of vertoont successie t.o.v. de situatie in 2007, wat verwacht kan worden bij de waargenomen positieve opslibbingsbalans. Dit laat verder zien dat er als gevolg van bodemdaling geen kritische grens is overschreden (deze kennis/ervaring is ook opgedaan tijdens de monitoring in het kader van het bodemdalingsonderzoek op Ameland), wat ook de verwachting is bij de huidige snelheid van bodemdaling. Daarnaast liggen de pq's allemaal ver boven de theoretische ondergrens van hun vegetatiezone, waardoor ook niet te verwachten is dat er snel regressie van de vegetatie zal optreden. Bij de monitoring van de bodemdaling op Ameland is gebleken dat een opslibbingsachterstand van ruim 15 cm vaak nog geen gevolgen (regressie) voor de vegetatie had.
- De twee pq's, die op basis van het vegetatietype een (schijnbare) lichte regressie lieten zien, lagen op de grens van lage kwelder en pionierzone dicht bij de doorbraak in het midden van de zomerkade. Bij deze pq's heeft er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras plaatsgevonden die vooral ten koste is gegaan van onbegroeide delen (poeltjes) en voor een klein deel ten koste van Gewoon kweldergras. In het eerste geval is dus eigenlijk sprake van successie, maar voor het vegetatietype betekent het een lichte regressie. Deze ontwikkeling van uitbreidend Engels slijkgras is ook in het referentiegebied waargenomen (buiten de pq's).

Vlakdekkende vegetatieontwikkeling

- Momenteel zijn er vier vegetatiekaarten beschikbaar uit de periode 1992-2008. Aangezien de kaart van 2008 slechts één jaar na de start van de gaswinning is verschenen en de bodemdaling het eerste jaar zeer gering was (*Figuur 1.2*) wordt die nog beschouwd als van vóór de start van

de gaswinning. De op basis van deze kaarten waargenomen trend is er een van natuurlijke successie/veroudering en uitbreiding van het areaal, met name (pre) pionierzone.

- Er kon nog geen vergelijking gemaakt worden met de vegetatiekaart uit de eerste periode van de gaswinning. Deze RWS VEGWAD-kaart (op basis van de luchtfoto uit 2014 en veldwerk uit 2015) komt namelijk pas in de loop van 2016 beschikbaar. De vergelijking met de kaart uit 2008 zal daarom in het volgende jaarrapport gebeuren.

4.2 Referentiegebied

Opslibbing en vegetatieontwikkeling pq's

- De meetpunten in het referentiegebied vertoonden, ondanks een lagere gemiddelde opslibbing (deels veroorzaakt door vertrapping/compactie door beweiding), een vergelijkbaar beeld: stabiele vegetatie of een (lichte) successie bij de meeste pq's. Bij één pq trad regressie op, veroorzaakt door beweiding. Regressie door beweiding kan door het wegeten van soorten komen, maar ook door vertrapping van vegetatie en bodem. Door verdichting van de bodem en/of sporen waar water in blijft staan wordt de drainage beïnvloed. De verschuiving van Zoutmelde naar een grotere bedekking door Kweldergras in een aantal pq's is mogelijk veroorzaakt door beweiding.

Vlakdekkende vegetatieontwikkeling

- De verschijningsdatum van de vegetatiekaarten van het referentiegebied loopt synchroon met die van de Peazemerlannen. Ook hier is dus nog geen vergelijking mogelijk tussen vegetatiekaarten die tijdens de bodemdalingsperiode zijn gemaakt.
- De op basis van de vier meest recente vegetatiekaarten (periode 1992-2008) waargenomen trend is ook een van natuurlijke successie/veroudering. Daarnaast is er door verminderde drainage in centrale delen en ophoging van de omringende delen lokaal regressie opgetreden van lage kwelder naar pionierzone.

4.3 Beweiding

Beweiding referentiegebied

Op het moment is slechts één van de vijf deelgebieden gedurende de hele monitoringperiode onbeweid, terwijl de overige vier gebieden alle of sommige jaren beweid zijn geweest. De sinds 2013 toegenomen beweiding in het referentiegebied vormt een knelpunt voor de bruikbaarheid van gegevens als referentiewaarden, zowel voor de opslibbing als de vegetatieontwikkeling. Het aangepaste beweidingsbeheer heeft/krijgt een effect op de ontwikkeling van de hoogteligging (vertrapping en compactie) en de vegetatie (vertrapping, verjonging/regressie) en lokaal ook op de drainage. Dit is nu al waargenomen bij sommige meetpunten en het is ook uitgebreid beschreven in vele artikelen (zie o.a. Esselink *et al.*, 2002).

Omgaan met veranderingen in het beheer

Aangezien de locaties waar vee ingezet gaat worden, het type vee en de duur en intensiteit niet vast ligt, maar grotendeels door de situatie van het moment zullen worden bepaald (o.a. vegetatiesamenstelling, beschikbaarheid vee en beheervergoeding), is het moeilijk te voorspellen hoe groot het effect eventueel zal zijn op de bruikbaarheid als referentiegebied. Het bijhouden van beweidinggegevens is essentieel om de effecten van beweiding te kunnen evalueren, maar dit wordt momenteel nog niet gedaan.

Het uitrasteren van de afzonderlijke pq's in combinatie met een weideklok (schrikdraad) is een arbeidsintensieve en daardoor kostbare optie om de referentiemeetpunten te beschermen tegen eventuele beweidingseffecten en zodoende te kunnen blijven gebruiken.

Na een veldbezoek aan de Peazemerlannen en het referentiegebied op 1 sept 2015 met drie leden van de auditcommissie en de NAM, is besloten om de bestaande referentiemeetpunten te blijven gebruiken, maar daarnaast ook het volgende te doen:

1. SEB-palen in beweidde delen van het referentiegebied worden dieper in de grond gezet om de aantrekkingskracht op het vee te verminderen. Als test is dit vervolgens in het najaar van 2015 meteen uitgevoerd in meetvak 311.
2. De vertrappingsintensiteit blijven vastleggen en ook in aparte tabel opnemen in de rapportage (zie Bijlage I).
3. Indien nodig de onbeweidde meetpunten uit het SEB-meetnet van Imares toevoegen als alternatieve referentiepunten.

Referenties

- Bakker, J.P., J. Bunje, K.S. Dijkema, J. Frikke, N. Hecker, B. Kers, P. Körber, J. Kohlus & M. Stock, 2005. 7. Salt Marshes. In: K. Essink, C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerssen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds.). Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. 163-179.
- Bossinade, J.H., J. van den Bergs & K.S. Dijkema, 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.
- 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., 1997. Impact prognosis for salt marshes from subsidence by gas extraction in the Wadden Sea. *Journal of Coastal Research* 13 (4): 1294-1304.
- Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, P. Bouwsema & R.J. de Glopper, 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 Academic Publishers, Dordrecht; 173-188.
- Dijkema, K.S., J.H. Bossinade, J. van den Bergs & T.A.G Kroeze, 1991. Natuurtechnisch beheer van kwelderwerken in de Friese en Groninger Waddenzee: greppelonderhoud en overig grondwerk. Nota GRAN 1991-2002/RIN-rapport 91/10. Rijkswaterstaat Directie Groningen/Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Groningen/Texel. 156 p.
- Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. de Vlas, C.J. Smit, H. Jongerius & H. Nauta, 2001. Van landaanwinning naar kwelderwerken. Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, Leeuwarden en Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Texel. 68 p.
- Dijkema, K.S., W.E. van Duin & H.F. van Dobben, 2005. 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., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, H.J. Venema & J.J. de Jong, 2012. Monitoring en beheer van de kwelderwerken in Friesland en Groningen 1960-2010. Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken (WOK), Jaarverslag voor de Stuurgroep Kwelderwerken augustus 2008-juli 2010. Wettelijke Onderzoekstaken WOT-rapport 122. Imares-Texel; Rijkswaterstaat, Leeuwarden/Buitenpost. 124 p.
- Dijkema, K.S., H.F. van Dobben, E.C. Koppenaar, E.M. Dijkman & W.E. van Duin, 2011. Kweldervegetatie Ameland 1986-2010: effecten van bodemdaling en opslibbing op Neerlands Reid en De Hon. In: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland, Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; Evaluatie na 23 jaar gaswinning. Deel 2, hoofdstuk 3.1: 1-150.
- Van Duin, W.E., K.S. Dijkema & J. Zegers, 1997. Veranderingen in bodemhoogte (opslibbing, erosie en inklink) in de Peazemerlannen. IBN-rapport 326. 104 p.
- Van Duin, W.E., K.S. Dijkema & P.-W. van Leeuwen, 2007. Uitgangssituatie maaiveldhoogte en kweldervegetatie in de Peazemerlannen (2006). Wageningen Imares, Texel. Rapport C128/07. 79 p.
- Van Duin, W.E., K.S. Dijkema, P.-W. van Leeuwen & C. Sonneveld, 2013. Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Evaluatie 2007-2012. Imares Wageningen UR, Rapport C082/13, Texel. 59 p.
- Van Duin, W.E., P.-W. van Leeuwen & C. Sonneveld, 2014. Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Jaarrapport 2013. Imares Wageningen UR, Rapport C026/14, Texel. 56 p.
- Van Duin, W. E., H. Jongerius, A. Nicolai, J.J. Jongsma, A. Hendriks & C. Sonneveld, 2016. Friese en Groninger kwelderwerken: monitoring en beheer 1960-2014. WOT/Imares-rapport C042/16 (in prep.)
- Esselink, P., 2000. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. 256 p.
- Esselink, P., L.F.M. Fresco & K.S. Dijkema, 2002. Vegetation change in a man-made salt marsh affected by a reduction in both grazing and drainage. *Applied Vegetation Science* 5: 17-32.
- Eysink, W.D., K.S. Dijkema & W.E. van Duin, 2000. Effecten van bodemdaling door gaswinning op de Peazemerlannen. WL/Delft Hydraulics en Alterra. 35 p.+ bijlagen.
- De Glopper, R.J., 1973. Subsidence after drainage of the deposits in the former Zuyder Zee and in the brackish and marine forelands in The Netherlands. Van Zee tot Land 50, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, 's-Gravenhage. 205 p.
- Hoeksema, H.J., H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde & J. de Vlas, 2004. Bodemdalingstudie Waddenzee 2004, Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd, Rapport RIKZ 2004-025.

- Jager, H.J. & S. Rintjema, 2003. Beheerplan Noard-Fryslân Bûtendyks. Werkdocument 2003-2028. It Fryske Gea, Olterterp. 66 p. + bijlagen
- Janssen, J. A. M., 2001. Monitoring of salt-marsh vegetation by sequential mapping. Proefschrift, Universiteit Amsterdam.
- De Jong, D.J., K.S. Dijkema, J.H. Bossinade & J.A.M. Janssen, 1998. SALT97. Classificatieprogramma voor kweldervegetaties. Rijkswaterstaat RIKZ, Dir. Noord-Nederland, Meetkundige Dienst; IBN-DLO.
- Kleyer, M., H. Feddersen & R. Bockholt, 2003. Secondary succession on a high salt marsh at different grazing intensities. *Journal of Coastal Conservation* 9: 123-134.
- Van Klink, R., M. Schrama, S. Nolte, J.P. Bakker, M.F. WallisDeVries & M.P. Berg, 2015a. Defoliation and soil compaction jointly drive large-herbivore grazing effects on plants and soil arthropods on clay soil. *Ecosystems* 18: 671-685.
- Van Klink, R., F. van der Plas, C.G.E. van Noordwijk, M.F. WallisDeVries & H. Olf, 2015b. Effects of large herbivores on grassland arthropod diversity. *Biological Reviews* 90: 347-366.
- Krol, J., 2016. Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2015. Natuurcentrum Ameland.
- Meesters, H.W.G., K.S. Dijkema, W.E. van Duin, C.J. Smit, N. Dankers, P.J.H. Reijnders, R.K.H. Kats & M.L. de Jong, 2006. Natuurwaarden in de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. *Alterra-rapport 1310*, Alterra-Textel. 191 p.
- NAM, 2016. Continue GPS hoogtemetingen NAM Waddenzee. Rapportage t/m februari 2016 (EP201603224925). 6 p.
- Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh, 1998. *Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee*. Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen. 372 p.
- Storm, K., 1999. *Slinkend Onland*. Over de omvang van zeeuwse schorren; ontwikkelingen, oorzaken en mogelijke beheersmaatregelen. Rijkswaterstaat Directie Zeeland. Nota AX-99.007. 68 p.
- Veenstra, K., 1965. De invloed van het vochtgehalte van de grond op de hoogte van het maaiveld bij een zware vaste kleigrond. Intern rapport Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Baflo.

Verantwoording

Rapport C041/16

Projectnummer: 431.21000-20

Referentie: Van Duin, W.E. & C. Sonneveld, 2016. Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlanden en het referentiegebied West-Groningen: Jaarrapport 2015. Imares Wageningen UR, Rapport C041/16, Den Helder. 62 p.

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker van Imares.

Akkoord: Dr. A.V. de Groot
Onderzoeker kwelders en duinen

Handtekening:



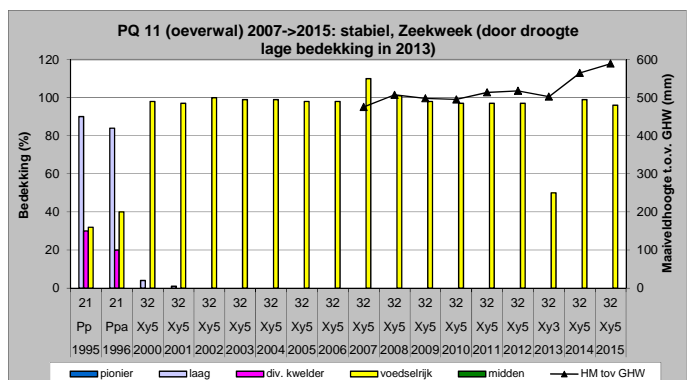
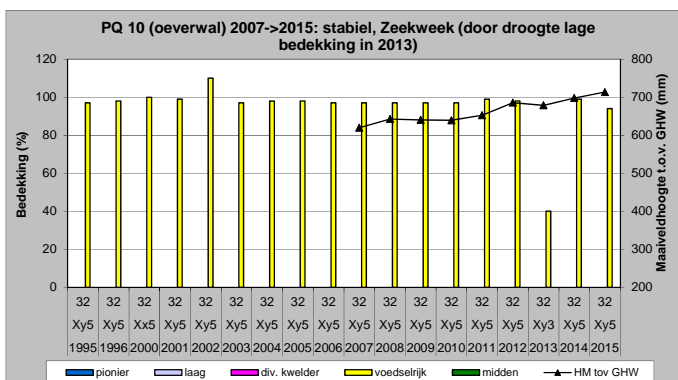
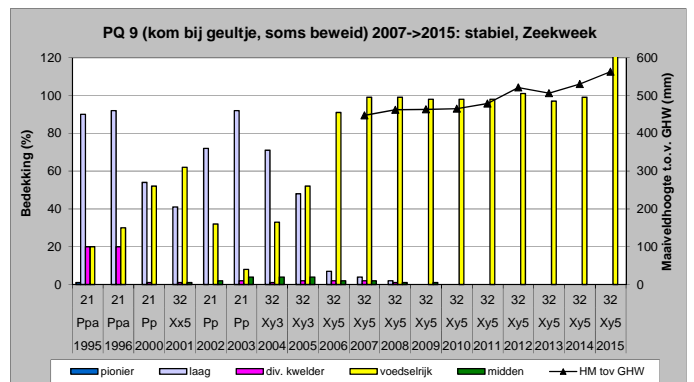
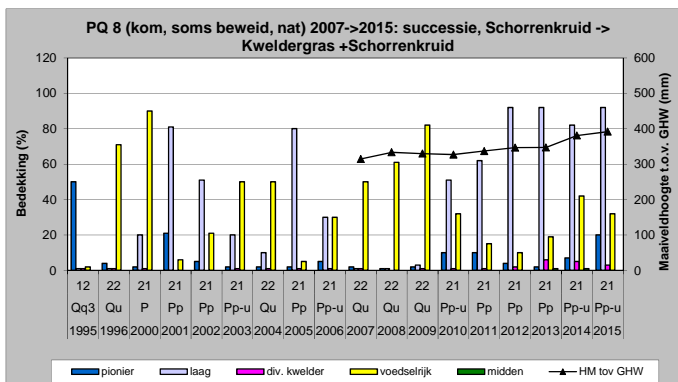
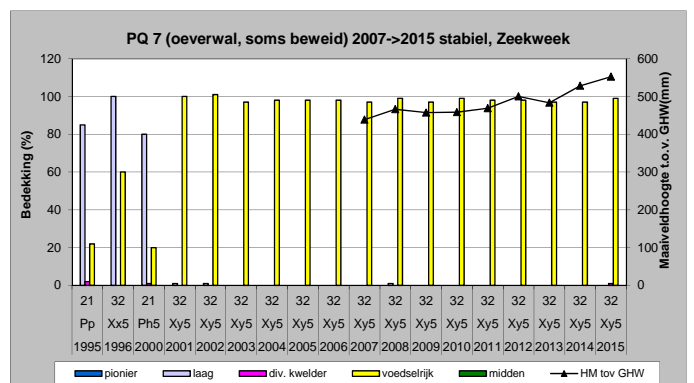
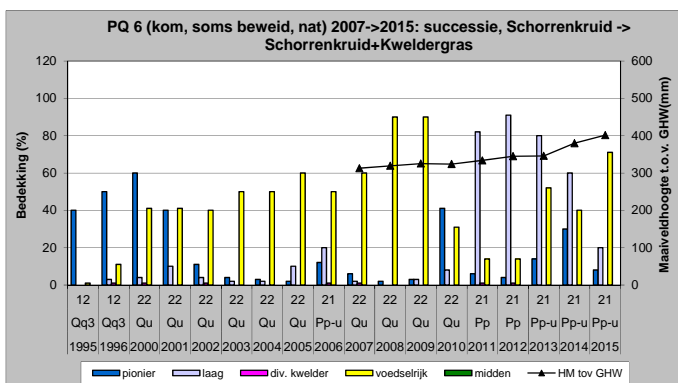
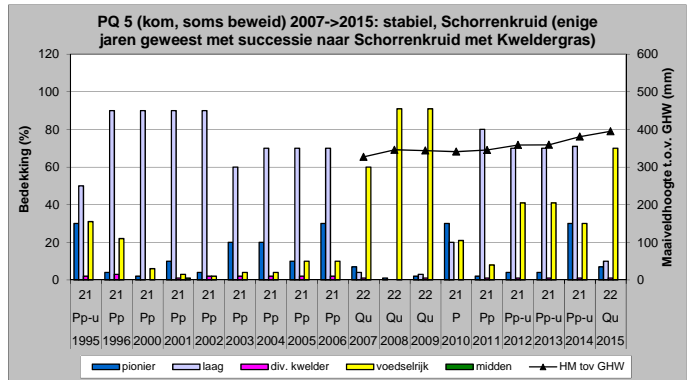
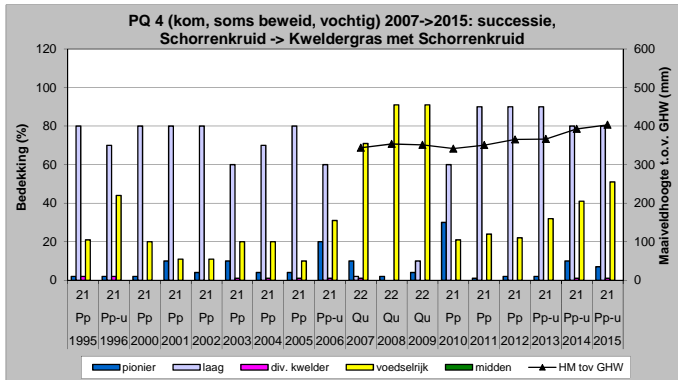
Datum: 29 april 2016

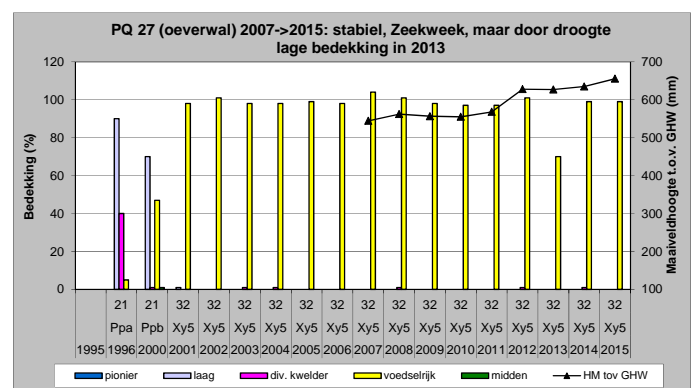
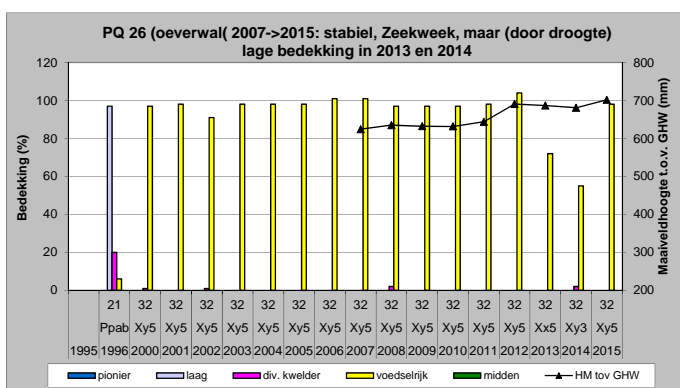
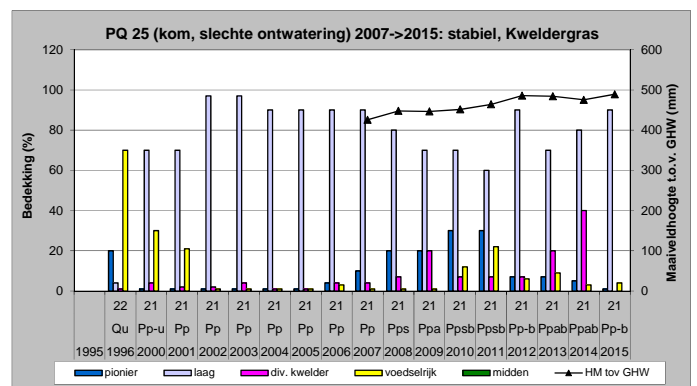
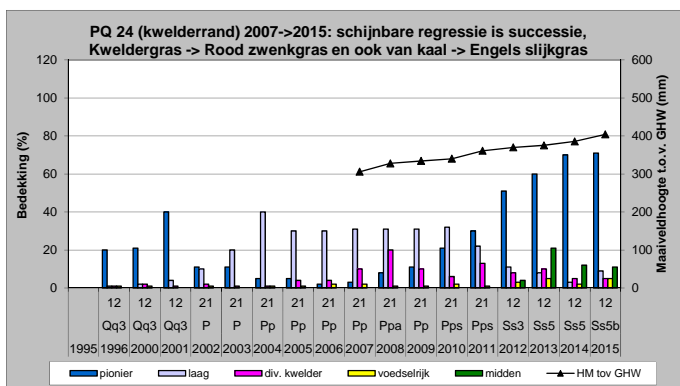
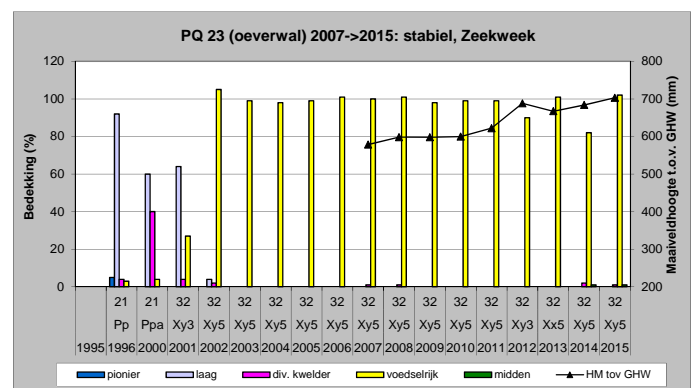
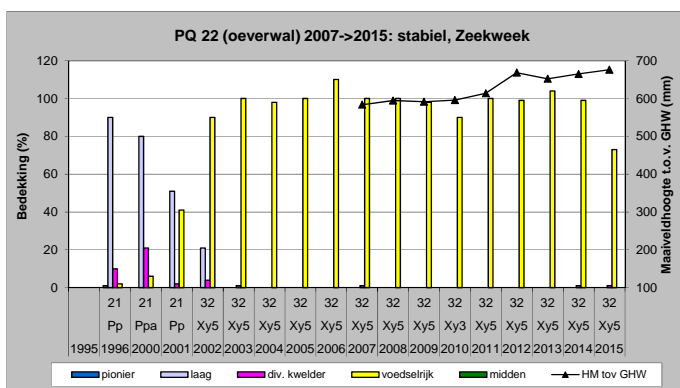
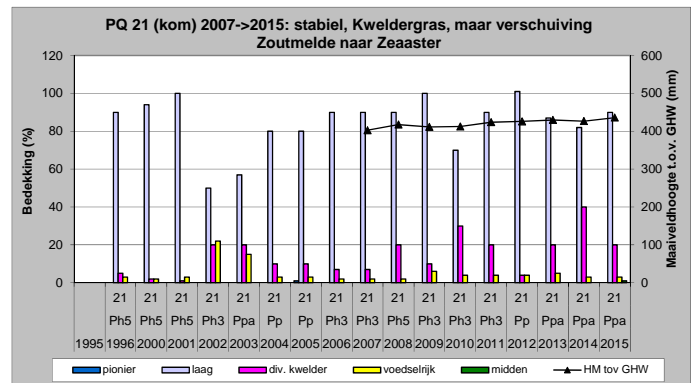
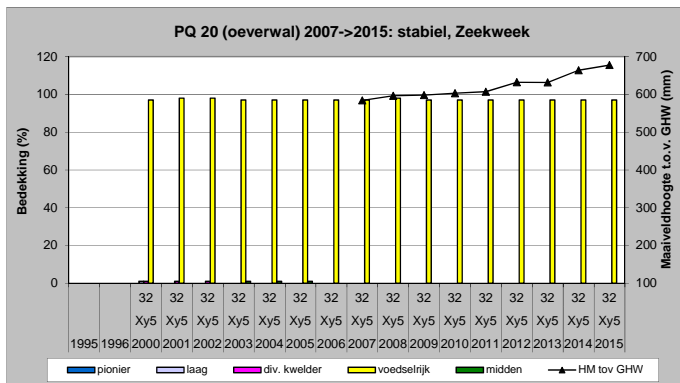
BIJLAGEN

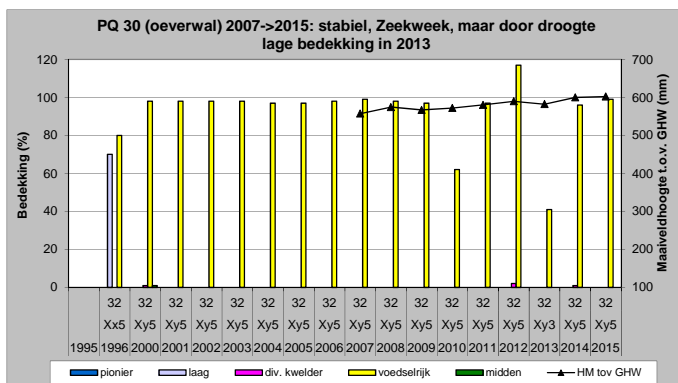
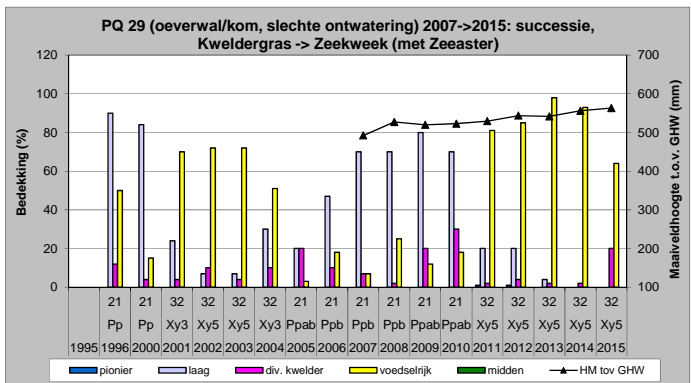
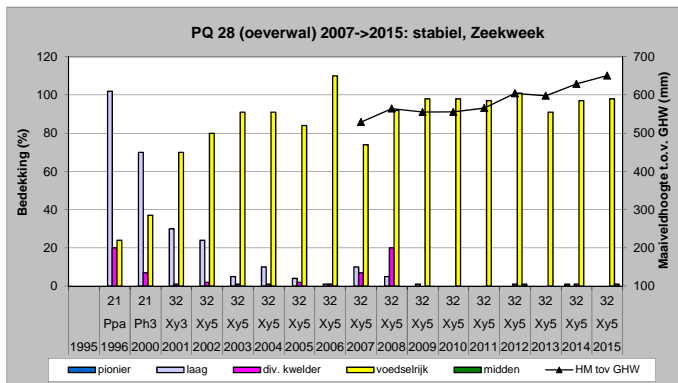
A. Programma vegetatiekarteringen kwelders RWS (VEGWAD)

	Meest recente VEGWAD fotovlucht										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Oosterschelde				fotovlucht	uitwerking						
Westerschelde-mond				fotovlucht	uitwerking						
Kwelderwerken Friesland + Groningen	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding				
Ameland	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding				
Kroonspolders (+Westerveld) Vlieland	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding			
Noordvaarder + Groen strand Terschelling	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding			
Schiermonnikoog	fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding		
Rottum	fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding		
Westerschelde	fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding		
Kwelders Noord-Holland		fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking		
Kwelders Texel		fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking		
Slufter Texel		fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking		
Boschplaat Terschelling			fotovlucht	uitwerking	afronding					fotovlucht	
Dollard + Punt van			fotovlucht	uitwerking	afronding					fotovlucht	
Reide Griend			fotovlucht	uitwerking	afronding					fotovlucht	
Haringvliet-monding			fotovlucht	uitwerking	afronding					fotovlucht	

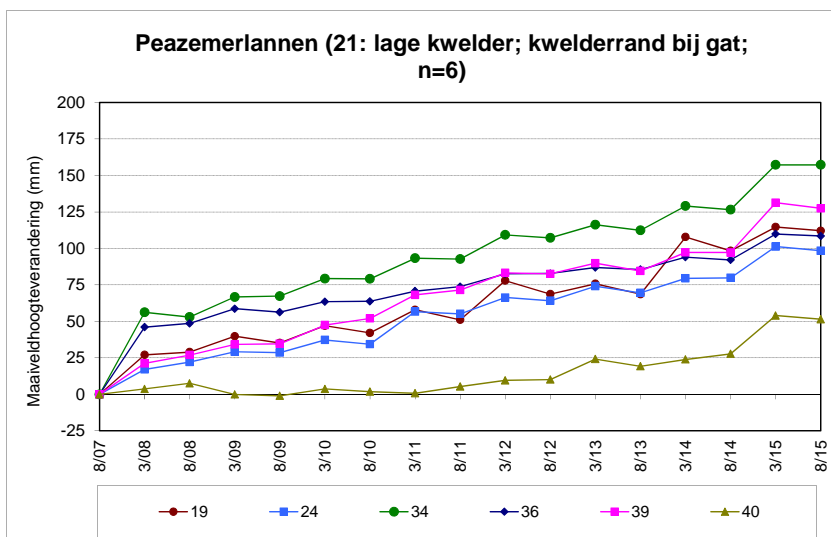
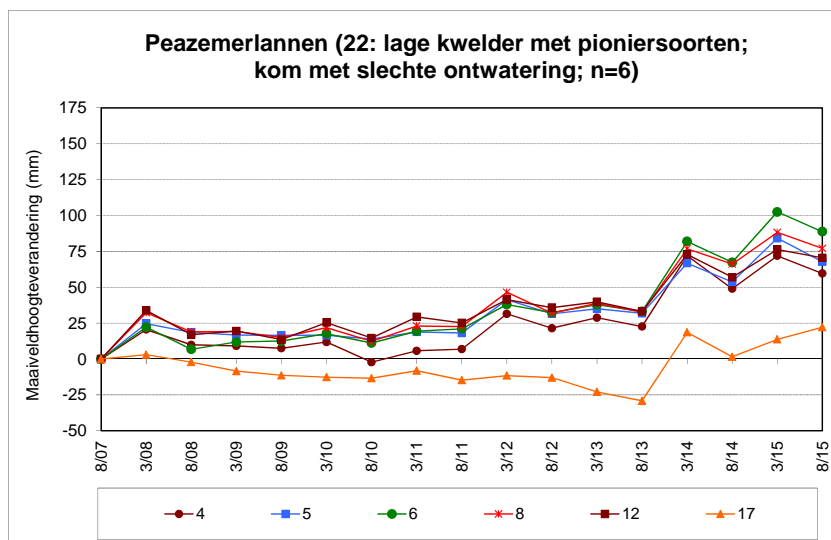
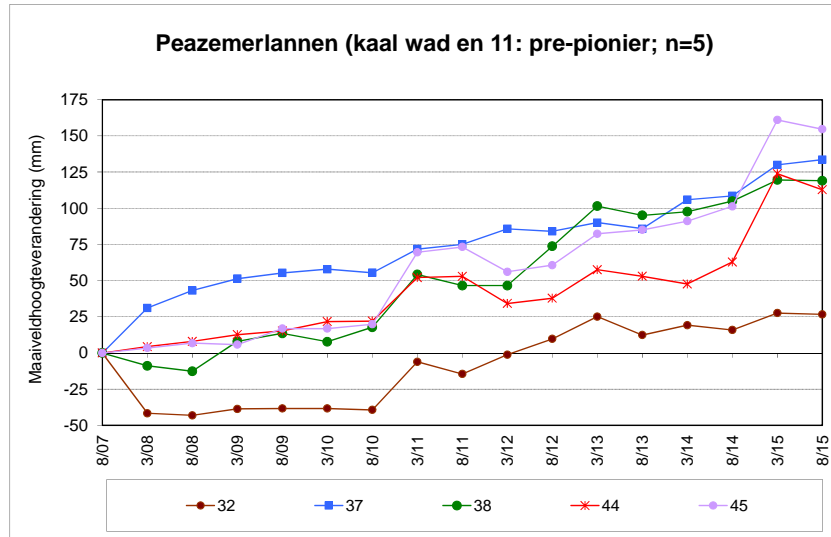
B. Vegetatie- en maaieldhoogteontwikkeling Peazemerlanden: pq 4-30

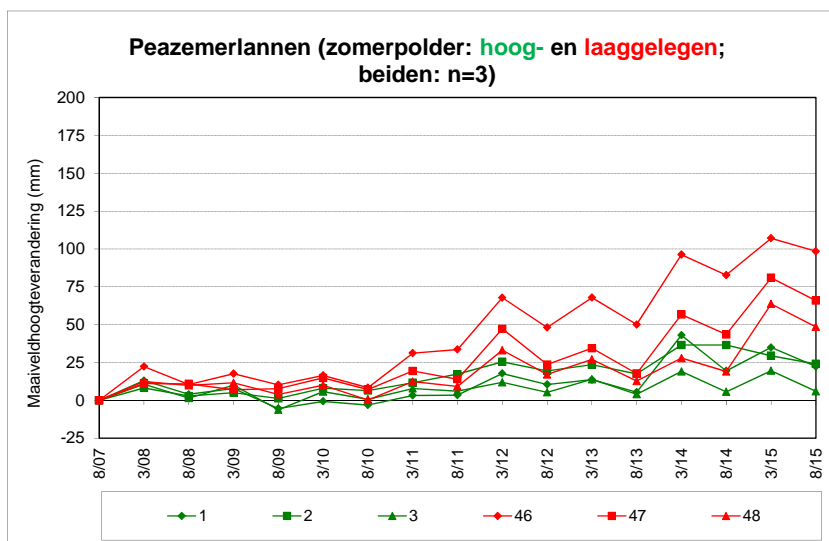
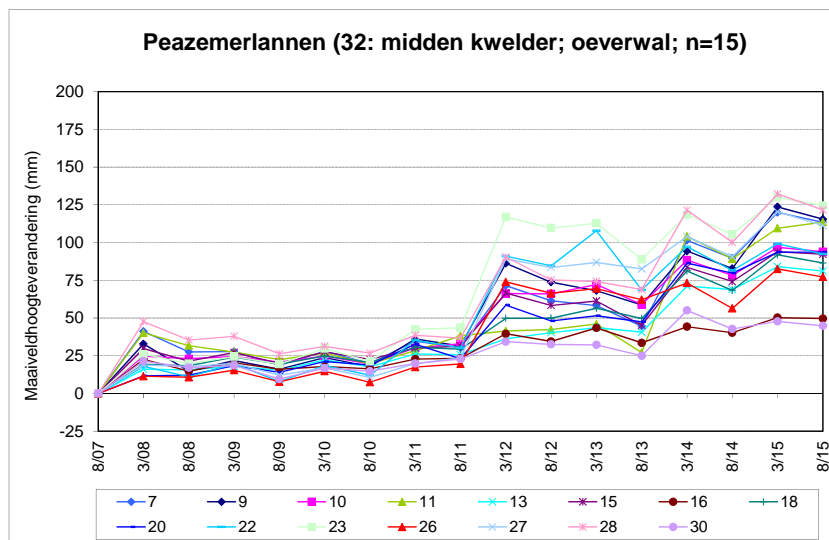
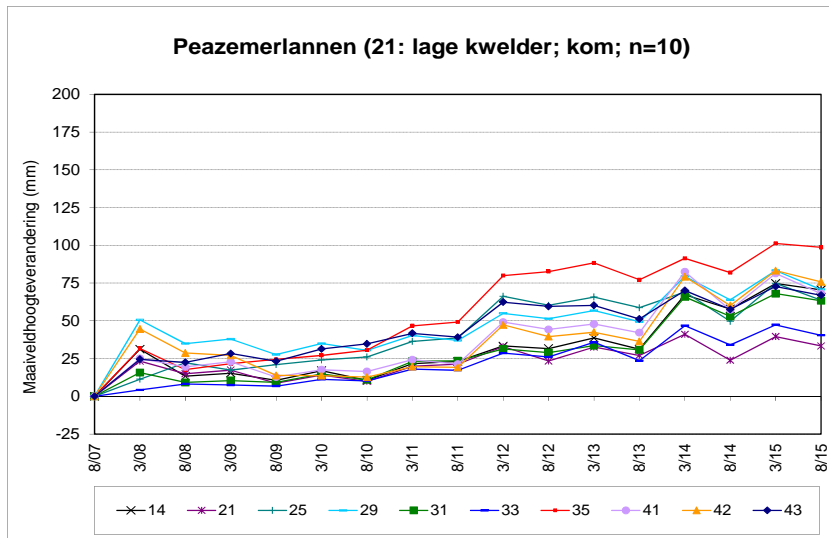




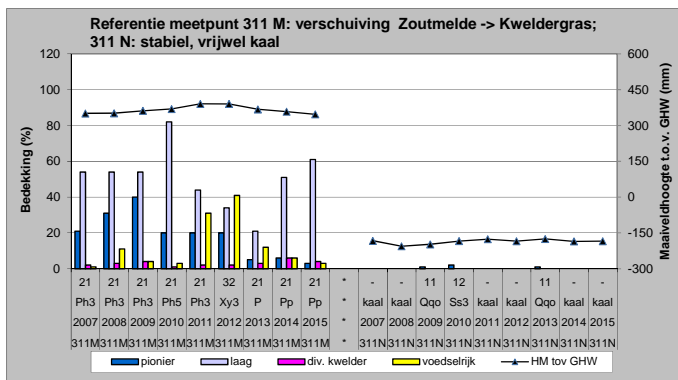
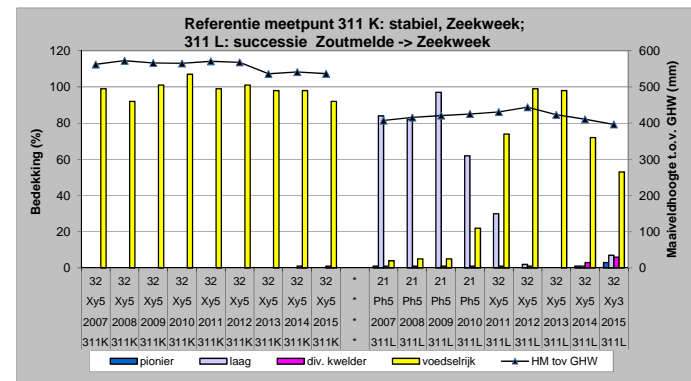
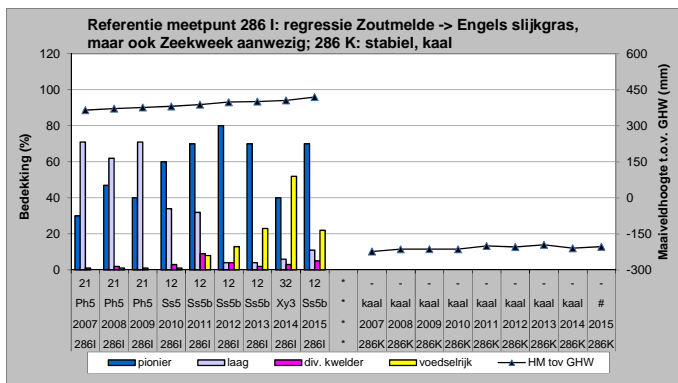
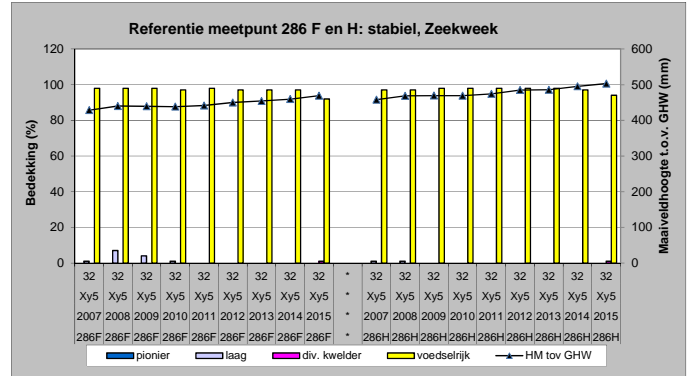
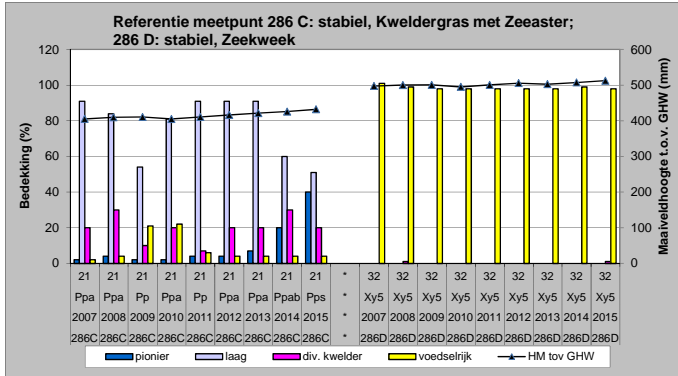


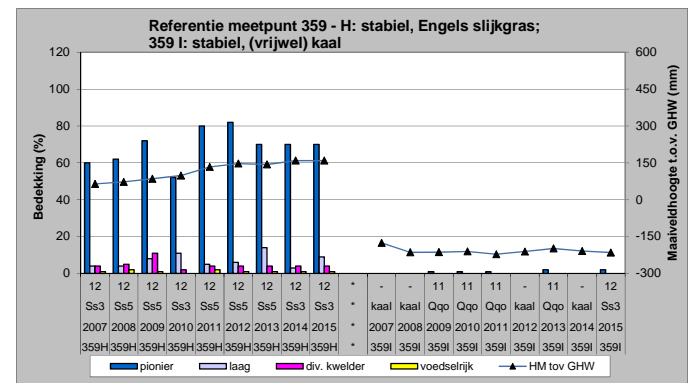
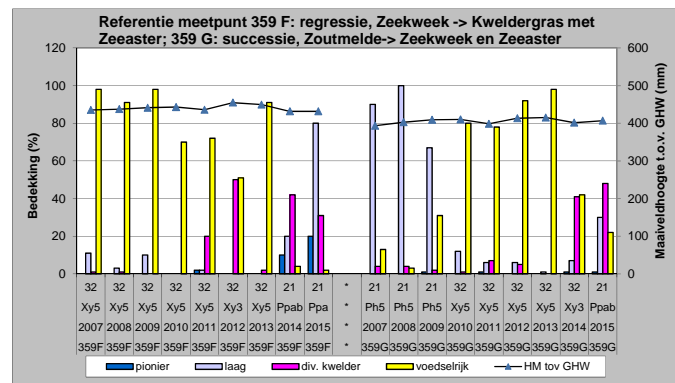
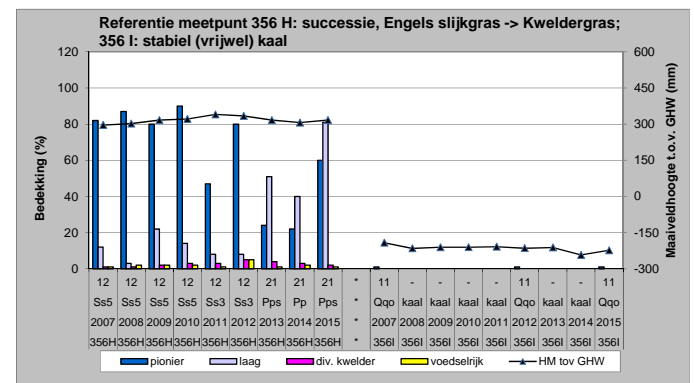
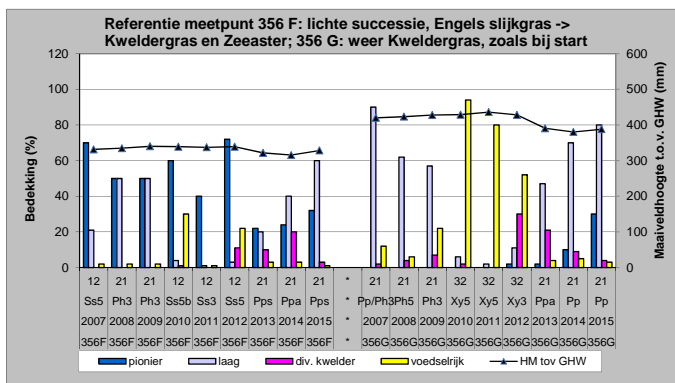
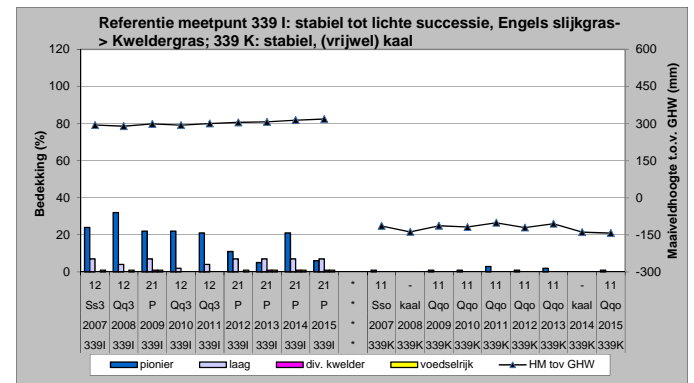
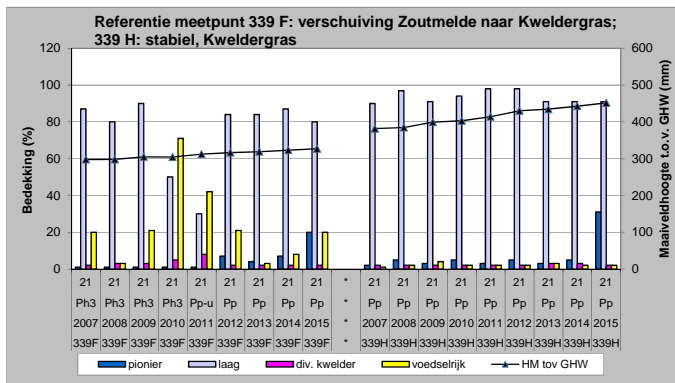
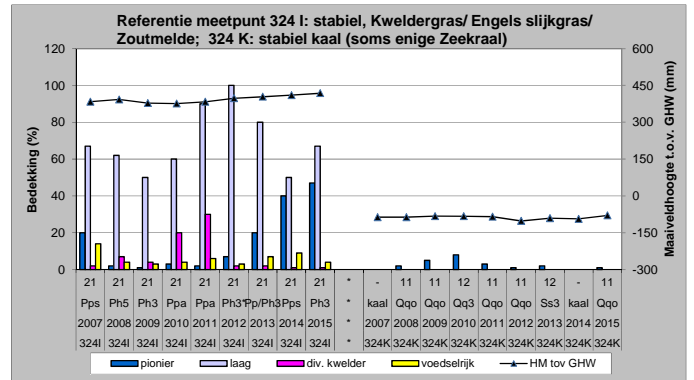
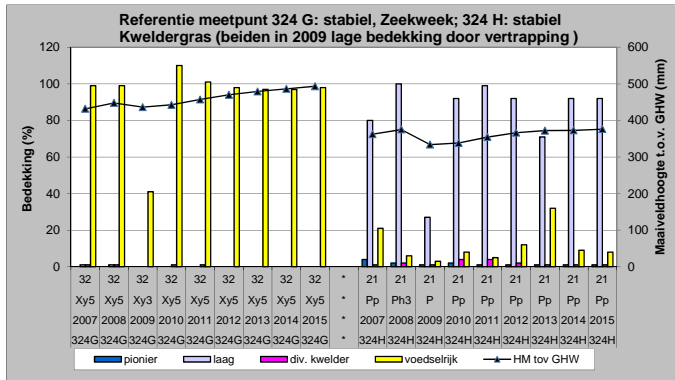
D. Cumulatieve maaiveldhoogteverandering Peazemerlannen: afzonderlijke pq's



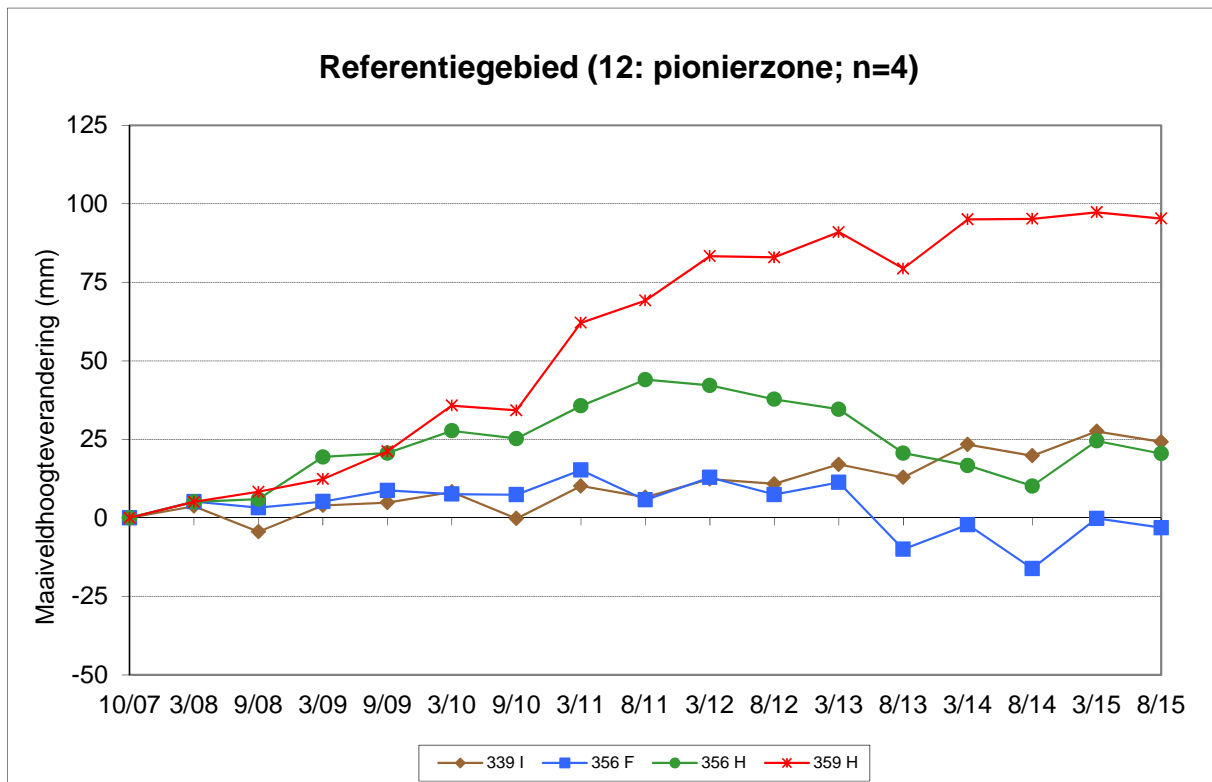
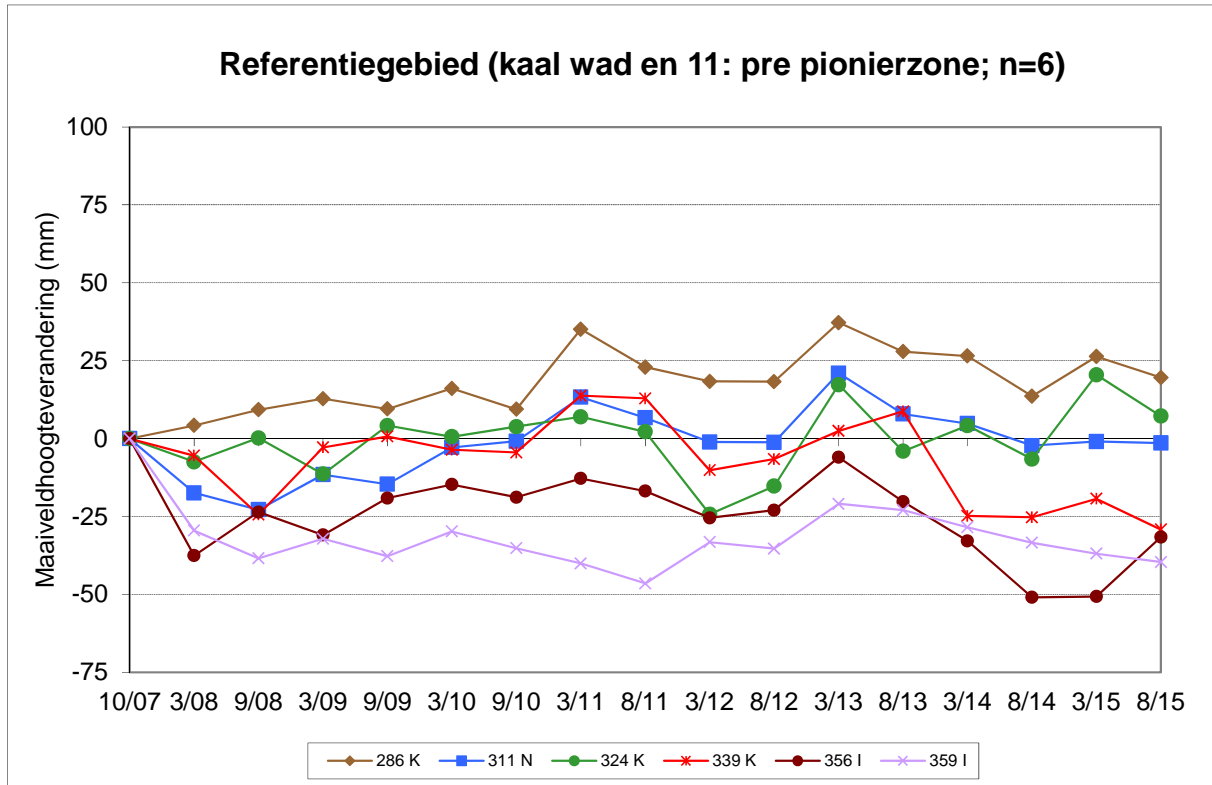


E. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling pq's referentiegebied Groningen

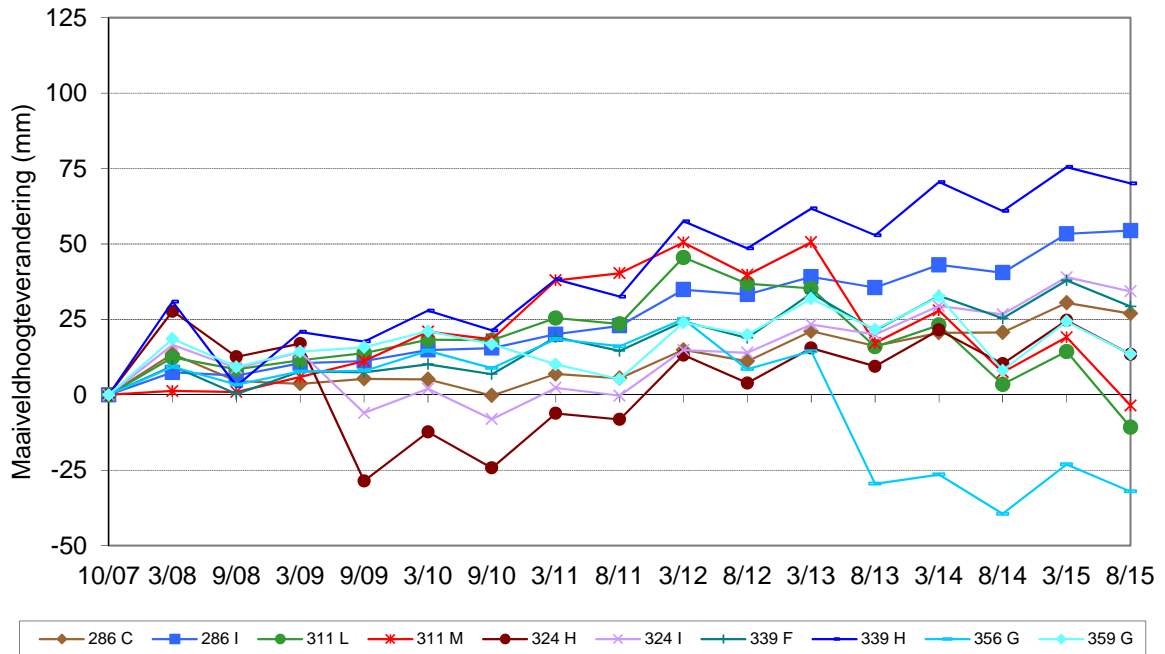




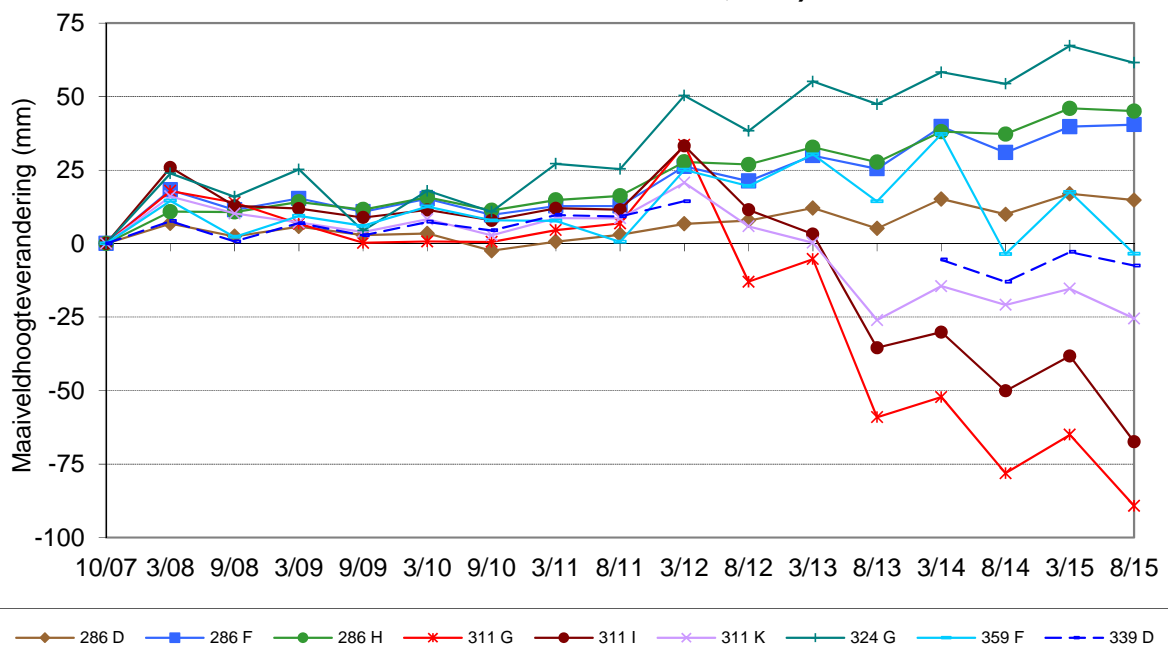
F. Opslibbing referentiegebied West-Groningen: afzonderlijke pq's



Referentiegebied (21: lage kwelder; n=10)



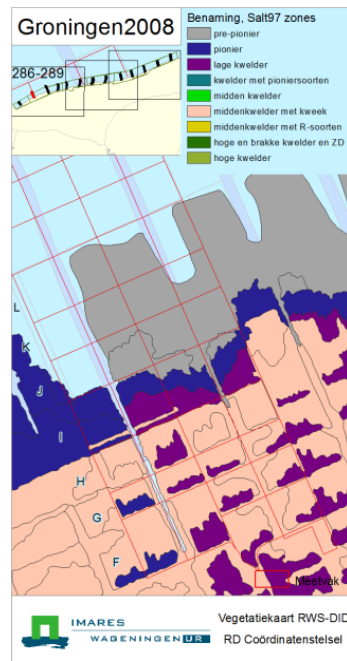
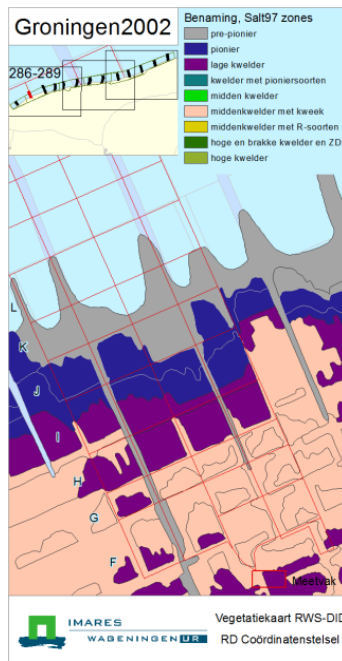
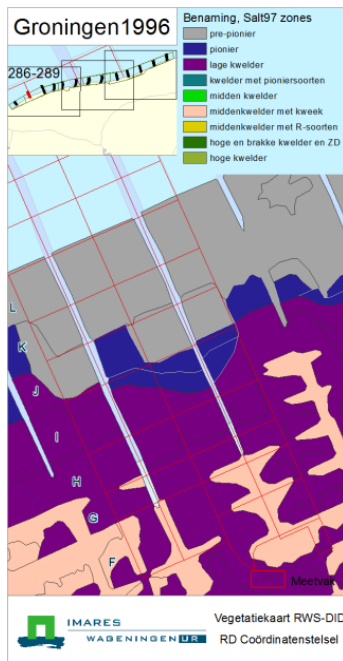
Referentiegebied (32: midden kwelder; n=8 en boerenkwelder; n=1)



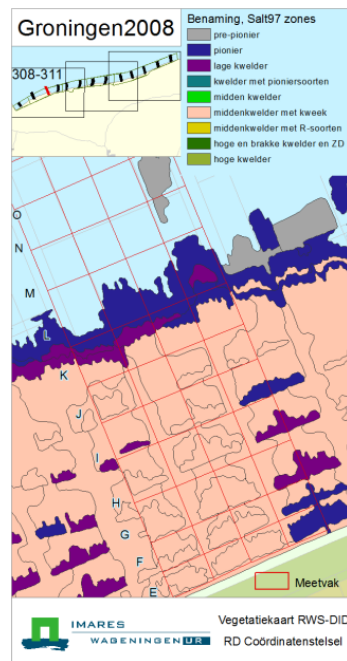
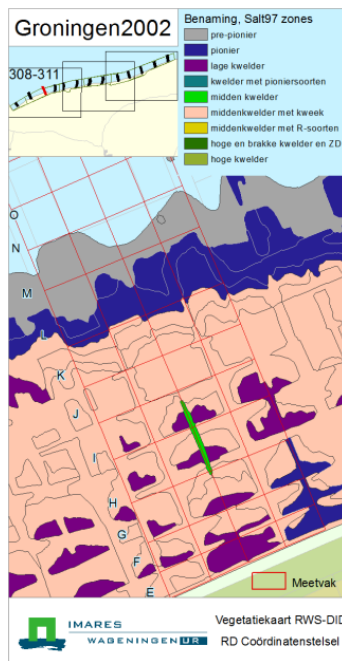
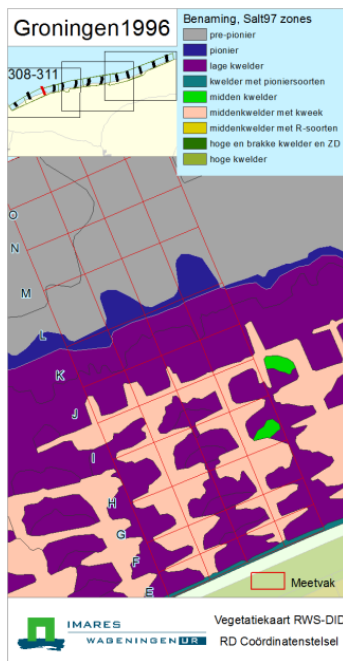
Wegens afmaaien van SEB-paal ontbreken enkele datapunten voor 339D (boerenkwelder).

G. Vegetatieontwikkeling 5 RWS-meetvakken referentiegebied West-Groningen

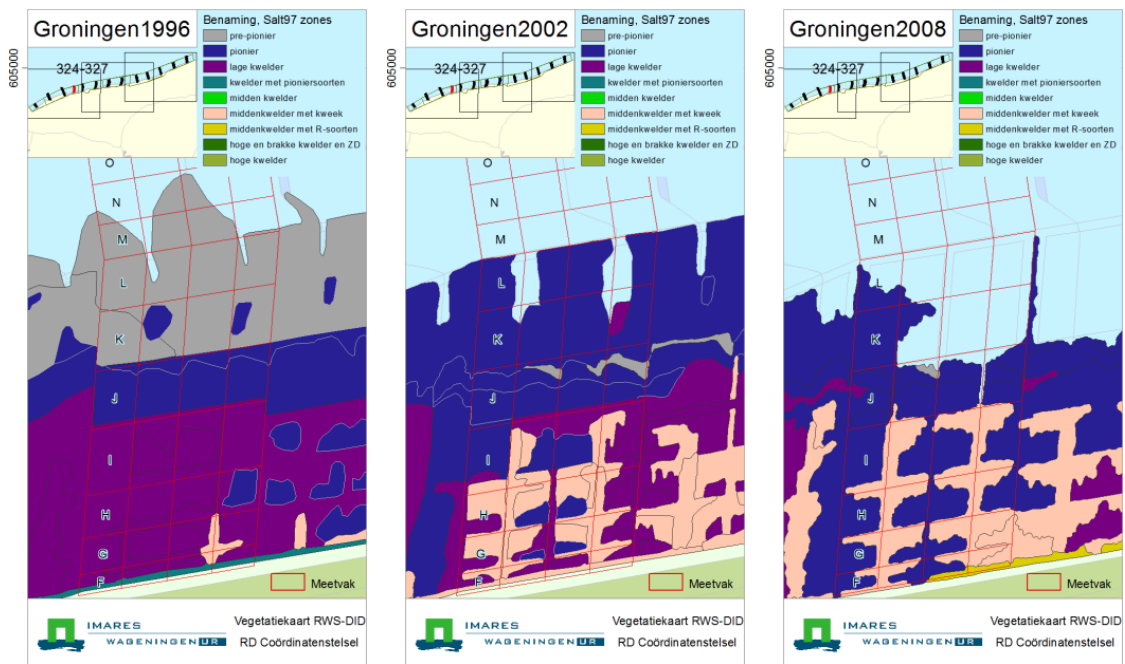
Meetvak 286-289 (Julianapolder):



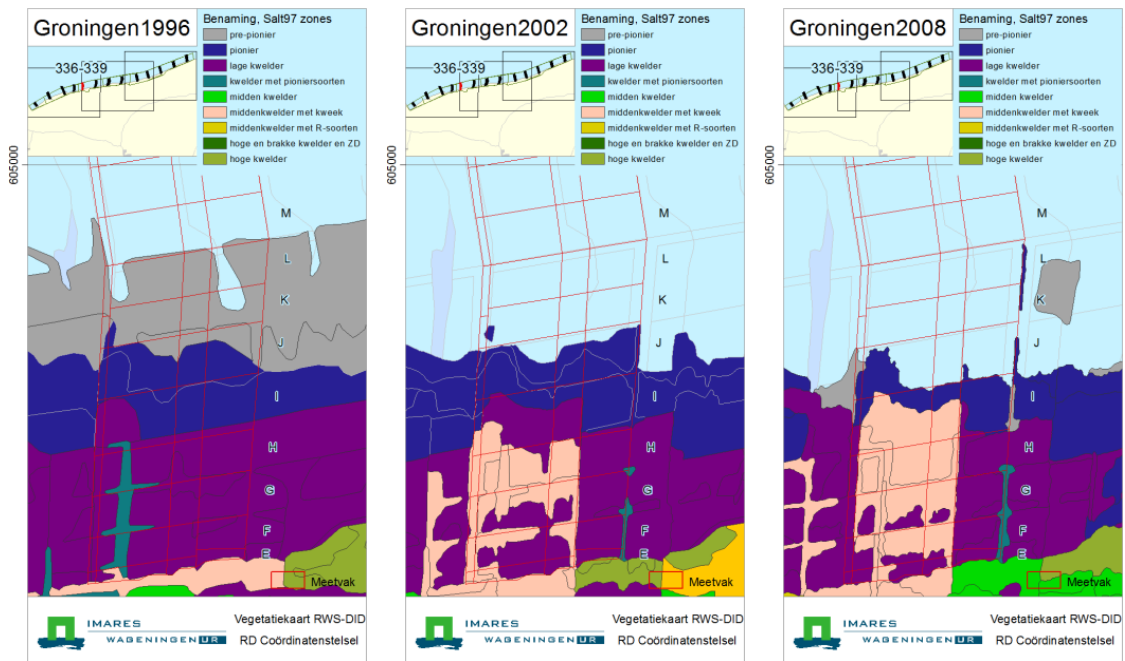
Meetvak 308-311 (Negenboerenpolder):



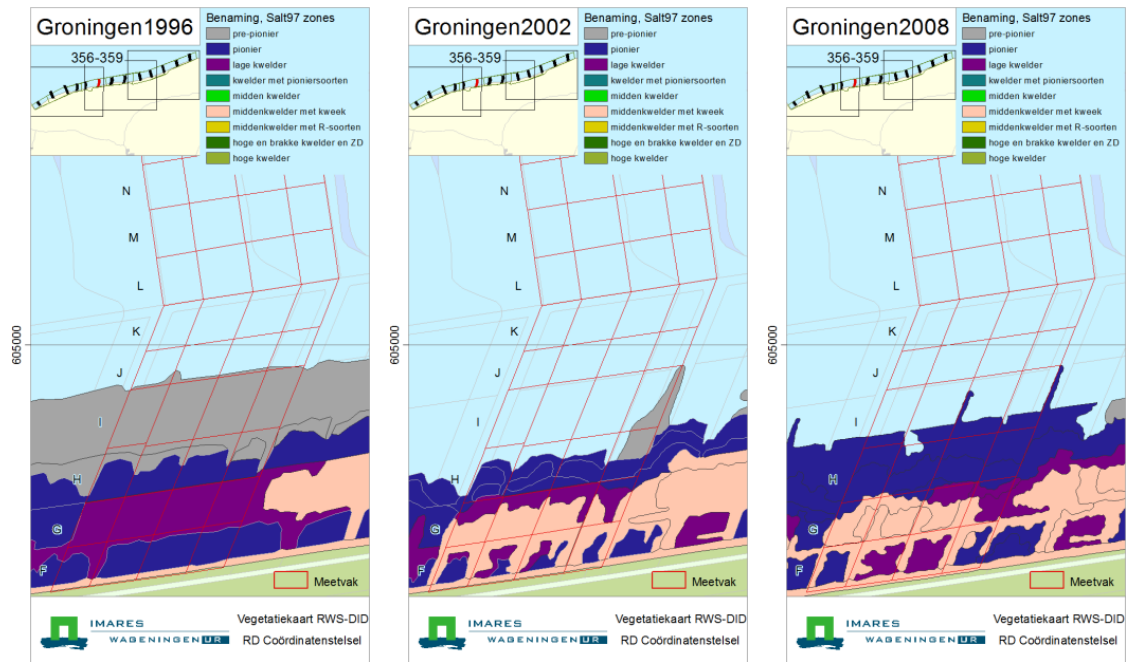
Meetvak 324-327 (Negenboerenpolder):



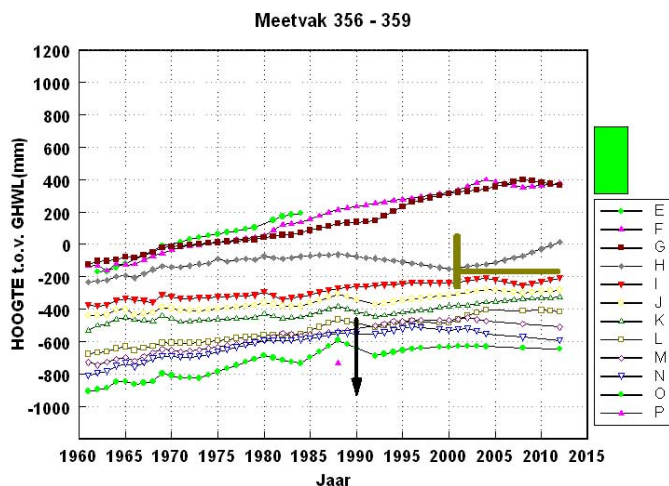
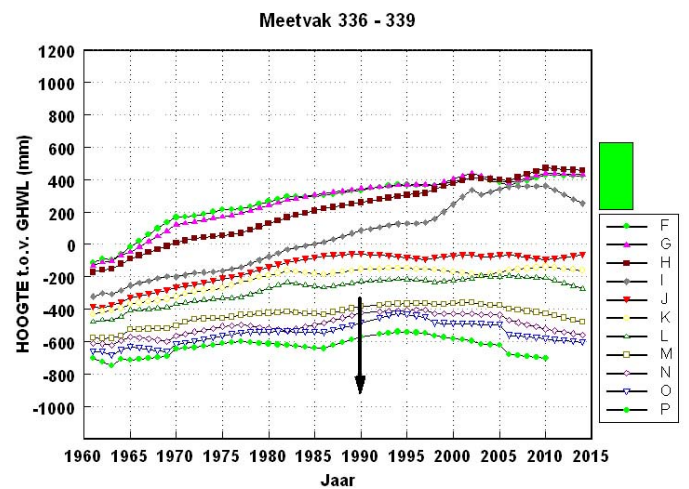
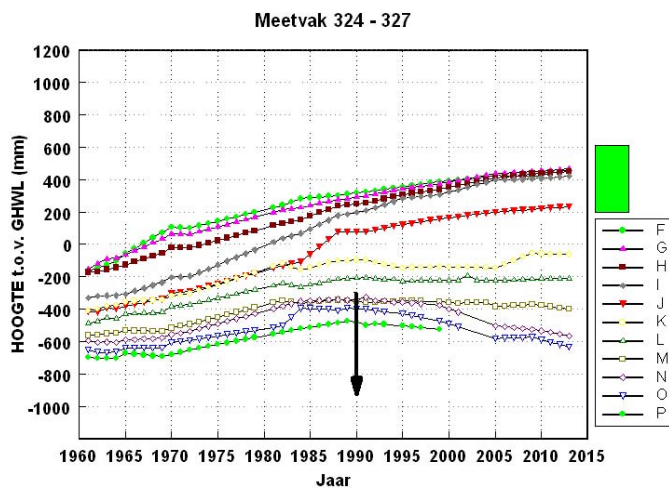
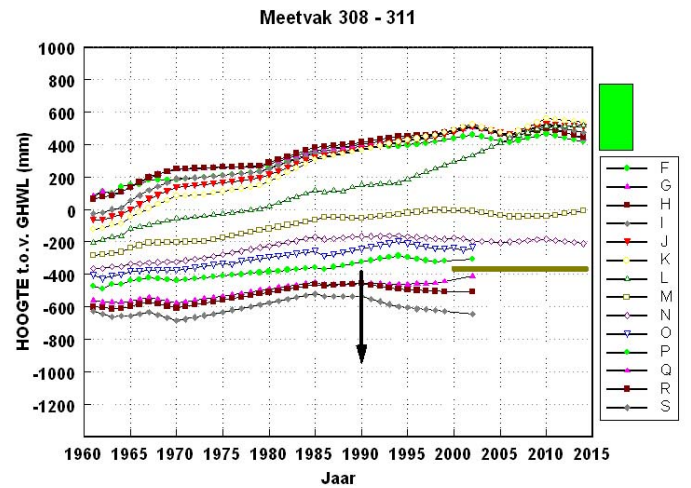
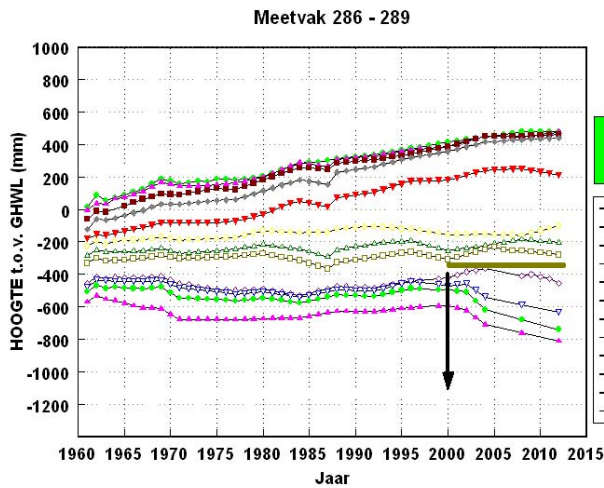
Meetvak 336-339 (Negenboerenpolder):







Meetvak 356-359 (Linthorst-Homanpolder):



H. Hoogteontwikkeling 5 RWS-meetvakken referentiegebied West-Groningen



Legenda

-  kwelderzone
-  Jaar en locatie verlaten buitenste dwarsdam (= evenwijdig aan de kust)
-  Jaar en locatie nieuwbouw tussendam (= langsdam loodrecht op de kust)
-  Jaar en locatie nieuwbouw dwarsdam

I. Vertrappingsschade bij SEB-meting per pq en jaar in referentiegebied West-Groningen

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
286 C									
286 D									
286 F									
286 H									
286 I									
(286 K)									
311 G						-	+	++	++
311 I						-	+	+	++
311 K						-	±	-	+
311 L						-	±	+	++
311 M						+	+	+	++
(311 N)						0	0	0	0
324 G			+					0	0
324 H			++					0	0
324 I			+					0	0
(324 K)			0					0	0
339 D	0	0	-	0	0		0	0	0
339 F	0	0	-	-	0		-	±	-
339 H	±	0	-	-	-		-	-	±
339 I	+	±	-	0	+		+	+	-
(339 K)	0	0	0	0	0		0	0	0
356 F					±		+	+	+
356 G					±		+	+	+
356 H					+		++	+	+
(356 I)					0		0	0	0
359 F				+			±	+	++
359 G				+			-	+	+
359 H				±			±	±	0
(359 I)				0			0	0	0

N.v.t.= geen beweiding; 0= geen vertrappingsschade; - = licht (een enkel spoor, nauwelijks kaal); ± = matig (meer sporen en kleine kale plekken); + = zwaar (kale stukken, meest met duidelijke sporen); ++ = zeer zwaar (vrijwel kaal en diepe sporen waar soms water in staat).

De pq's waar het vee eigenlijk niet komt, omdat ze op het vrijwel kale wad liggen, staan tussen haakjes.