

# **Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west- Groningen: *Evaluatie 2007-2012***

W.E. van Duin, K.S. Dijkema, P.-W. van Leeuwen &  
C. Sonneveld  
Rapport C082/13



# IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

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

Publicatiedatum:

juni 2013

**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).

P.O. Box 68

1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

© 2013 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

Inhoudsopgave.....	3
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.....	11
2 Werkwijze en methodes.....	13
2.1 Globale werkwijze.....	13
2.2 Keuze ligging pq's.....	13
2.3 Schaalniveaus.....	15
2.3.1 Peazemerlannen.....	15
2.3.2 Monitoring referentiegebied west-Groningen.....	16
2.4 Opslibbing (SEB).....	18
2.5 Vegetatie pq's.....	18
2.6 Maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten.....	19
2.7 Kliferosie.....	19
2.8 Geplande statistiek.....	20
3 Resultaten.....	25
3.1 Opslibbing (SEB).....	25
3.2 Bepaling maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten.....	29
3.3 Vegetatie (pq's).....	30
3.4 Vegetatiekaarten RWS.....	33
3.5 Kliferosie.....	37
3.6 Langjarige opslibbing en vegetatie meetvakken in west-Groningen.....	37
3.7 Jaargemiddeld hoogwater.....	39
3.8 Statistiek.....	40
4 Conclusies.....	41
5 Mogelijke knelpunten.....	41
6 Aanbevelingen.....	42
7 Referenties.....	43

Verantwoording ..... 44

BIJLAGEN ..... 45

## Samenvatting

Deze rapportage beschrijft de monitoring in het kader van de bodemdaling onder de kwelder de Peazemerlannen. 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 van de jaren 2007 t/m 2012. 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.

### Vaste meetpunten IMARES in de Peazemerlannen en het referentiegebied

In 1995/1996 zijn 30 meetpunten aangelegd in de Peazemerlannen. Door de autonome ontwikkeling (opslibbing en vegetatiesuccessie) in de periode 1995-2007 zijn vooral de meetpunten in de meer kwetsbare lageregelegen vegetatiezones ondervertegenwoordigd geraakt. Daarom zijn in 2007, vooral in die zones, 18 extra meetpunten aangelegd, waarmee het totale aantal meetpunten op 48 is gekomen. Er is namelijk voor gekozen alle reeds vanaf 1995/1996 bestaande meetpunten ook te blijven volgen, hoewel het aantal punten in de middenkwelder daardoor nu wat oververtegenwoordigd is. Omdat de historie van deze punten bekend is, kan een eventueel optredende trendbreuk in opslibbing of vegetatieontwikkeling na 2007 beter worden ontdekt.

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-metpunten opgenomen. Van alle meetpunten is de maaiveldhoogte t.o.v. NAP bekend.

### Aanvullende data RWS referentiegebied

De kwelderwerken van west-Groningen zijn de dichtstbijzijnde kwelders zonder bodemdaling en hebben de best vergelijkbare opslibbing met de Peazemerlannen. Daarnaast is van dit gebied een meetreeks van RWS beschikbaar betreffende de opslibbing en vegetatieontwikkeling van 1960 tot heden. Hierdoor zijn naast de door IMARES uitgevoerde puntmetingen van de opslibbing en hoogte ook metingen van de dwarsraaien (elke honderd meter van dijk tot wad) beschikbaar.

Uit de bovengenoemde meetreeks van RWS blijkt dat de gemiddelde opslibbing over de periode 1992-2007 in het kwelderdeel van de 5 referentiemeetvakken 14 mm/j bedroeg en in de pionierzone 4 mm/j. De vegetatieontwikkeling in de kwelder laat in die periode over het geheel genomen een successie zien van een gevarieerde (lage) kwelder naar het climaxstadium met Zeekweek. Deze autonome ontwikkeling hangt samen met de door opslibbing toenemende hoogte van het maaiveld en het ontbreken van beweiding in de meeste vakken.

### Resultaten 2007-2012

#### *Opslibbing*

In de Peazemerlannen lag de gemiddelde jaarlijkse netto opslibbing gemeten in de verschillende vegetatiezones van pionierzone en kwelder tussen ca. 5-14 mm/j. Op het kale wad en in de pre-pionierzone is een gemiddelde toename in hoogte gemeten van ca. 9 mm/j. In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van ca. 6 mm/j in de lage delen aan de oostkant en ruim 2 mm/j in de kortgegraasde hogeregelegen delen aan de westkant. Tussen pq's uit eenzelfde vegetatiezone worden soms vrij grote verschillen in opslibbing gevonden.

Een vergelijking van de opslibbing van dicht bij elkaar liggende wadsedimentatie-metpunten van Natuurcentrum Ameland (NCA) en SEB-metpunten van IMARES in de dynamische pre-pionierzone liet goed vergelijkbare resultaten zien. 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.

In het referentiegebied, de meetvakken in west-Groningen, lag de gemiddelde jaarlijkse opslibbing iets lager dan in de Peazemerlannen en was ca. 4 mm/j in de kwelder en 7 mm/j in de pionierzone. Het kale wad en de pre-pionierzone vertoonden een erosie van ruim 1 mm/j. Tussen meetpunten in eenzelfde zone waren ook in het referentiegebied soms grote verschillen, vooral in de dynamische laaggelegen, weinig begroeide pre-pionierzone.

#### *Vegetatie*

Over het geheel genomen was de vegetatie in de meeste pq's in de Peazemerlannen stabiel ten opzichte van het beginjaar 2007. In acht pq's heeft successie plaatsgevonden en in drie pq's een lichte regressie wat het vegetatietype betreft. De oorzaak van deze regressie ligt bij twee van deze pq's vooral in het feit dat er een 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 betekend het een lichte regressie.

In het referentiegebied was de vegetatie in de meeste pq's stabiel. Er heeft in vier pq's successie plaatsgevonden en in twee pq's een lichte regressie, die in één geval veroorzaakt is door beweiding.

#### *Statistiek*

Op dit moment wordt een statistische analyse betreffende de eventuele effecten van bodemdaling op de kweldervegetatie niet zinvol geacht. De reden hiervoor is dat er in de meetperiode van 2007-2012 een bodemdaling van 2 mm/j is geweest in de Peazemerlannen, terwijl de opslibbing bij de meeste pq's daar boven lag. Het gevolg van deze netto opslibbing is terug te vinden in de stabiliteit of successie van de vegetatie van de meeste pq's. Daarnaast is de bij enkele pq's waargenomen regressie in vegetatietype te verklaren door andere factoren dan bodemdaling.

## **Conclusies**

#### *Methodes:*

- Alle ingezette methodes om de ontwikkelingen in de kweldervegetatie te monitoren en eventuele effecten van bodemdaling te achterhalen hebben voldaan, met uitzondering van de GPS-methode om de kliferosie te meten. Deze laatste methode bleek niet nauwkeurig genoeg om eventuele verschillen waar te kunnen nemen. Vanaf 2013 zal een andere methode, RTK-GPS, worden ingezet die beter geschikt lijkt, omdat die methode een veel nauwkeuriger plaatsbepaling geeft en ook nog de hoogteligging.

#### *Opslibbing Peazemerlannen:*

- De gemiddelde gemeten opslibbing over de afgelopen 5 jaar in de Peazemerlannen was bij de meeste pq's voldoende om de gemeten bodemdaling over deze periode (2 mm/j) en een Gemiddeld Hoogwater-stijging van 2 mm/j bij te houden. Van de zeven pq's die op dit moment een gemiddelde opslibbing tijdens de hele meetperiode hebben van minder dan 4 mm/j, vertonen zes daarvan sinds 2010 wel een toenemende opslibbingstrend.
- In de westelijke zomerpolder was vroeger inklink het bepalende proces. Nu is er een lage opslibbing gemeten, die soms genoeg is om de zeespiegelstijging bij te houden, maar niet de daar bijkomende bodemdaling. De nog steeds beperkte aanvoermogelijkheid van sediment (o.a. door zomerkade(s) en soms (gedeeltelijk) door sediment en/of vegetatie geblokkeerde duikers) en de vrij hoge ligging van de pq's zorgen voor deze lage opslibbing. Vooral in de lagere delen van de zomerpolder is de drainage vaak minder goed waardoor er water kan blijven staan waardoor de vegetatie kan afsterven. Sedimentatie en drainage in de zomerpolder verdienen daarom extra aandacht.
- Uit zowel de metingen van Natuurcentrum Ameland als IMARES blijkt dat de opslibbing lokaal grote verschillen kan vertonen, niet alleen per locatie, maar ook per jaar. De ordegrrootte van de opslibbing gemeten met de twee methodes bleek goed vergelijkbaar.

#### *Vegetatieontwikkeling Peazemerlannen:*

- De vegetatie bij de meeste pq's is stabiel of vertoont successie, wat verwacht kan worden bij een positieve opslibbingsbalans. Dit laat zien dat er als gevolg van bodemdaling geen kritische grens is overschreden (ervaring tijdens Ameland monitoring), 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 zelfs een opslibbingsachterstand van ruim 15 cm vaak geen gevolgen (regressie) voor de vegetatie had.

- De drie pq's die op basis van het vegetatietype een lichte regressie lieten zien lagen allemaal op de grens van lage kwelder en pionierzone bij het gat in het midden van de dijk. In deze zone is Engels slijkgras zich vrij sterk aan het uitbreiden de laatste paar jaar (kleine poeltjes groeien dicht). Bij twee van deze pq's heeft er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras plaatsgevonden die vooral ten koste is gegaan van onbegroeide delen 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 is ook in het referentiegebied waargenomen (buiten de pq's) en daarom niet het gevolg van bodemdaling.

#### *Opslibbing en vegetatieontwikkeling Referentiegebied*

- De meetpunten in het referentiegebied vertoonden, ondanks een lagere gemiddelde opslibbing, een vergelijkbaar beeld: stabiele vegetatie bij de meeste pq's, successie bij een enkele pq en regressie bij twee pq's, waarvan de oorzaak in één geval beweiding was.

### **Mogelijke knelpunten**

De autonome ontwikkeling in het referentiegebied Groningen wordt en zal worden beïnvloed door het Kwelderherstelplan Groningen. Niet alleen de reeds uitgevoerde inrichtingswerkzaamheden (bv. fysieke verstoring door machines, maaien en graven, tijdens aanpassen drainagesysteem en aanleg van vluchtroutes voor het vee), maar ook het beoogde aangepaste beweidingsbeheer gaat invloed uitoefenen op de ontwikkeling van de hoogteligging, de vegetatie en lokaal mogelijk ook drainage. Hoewel het achterliggende doel, het verhogen van de biodiversiteit, lovenswaardig is, is het voor het bodemdalingsonderzoek de vraag hoe groot de effecten zullen zijn en of de huidige locaties als referentie zullen kunnen blijven dienen.

Niet alleen in het referentiegebied, maar ook in de Peazemerlannen bestaan plannen om de kwelder te gaan beweiden, aangezien die net zoals de Groninger kwelders steeds meer gedomineerd wordt door Zeekweek. Daarnaast zijn er diverse verkenningen geweest om te zien of de zomerpolder (deels) verkwelderd zou kunnen worden. Door aanpassen van het beweidingsbeheer of verkwelderden zal ook hier de autonome ontwikkeling veranderen en zal het moeilijk worden eventuele effecten van bodemdaling te filteren uit andere externe factoren. Verkwelderden van de zomerpolder zal echter wel een hogere opslibbing tot gevolg hebben, waardoor zeespiegelstijging en bodemdaling beter bijgehouden kunnen worden.

### **Aanbevelingen**

- Om een deel van de veranderingen in de vegetatiesamenstelling te kunnen verklaren zou het goed zijn om over betere beweidingsgegevens te beschikken. Gestreefd moet worden naar een jaarlijks overzicht van de beweidingsintensiteit (soort vee en dichtheden) en beweidingstijd (bij voorkeur data). Dit vergt wel medewerking van de betrokkenen met vee op de kwelder.
- In 1995 is door de NAM de maaiveldhoogte gemeten van een vrij uitgebreid grid van punten in de zomerpolder en kwelder van de Peazemerlannen. De coördinaten zijn daarbij ook vastgelegd. Hermeting van deze punten zou een waardevolle aanvulling kunnen zijn op de huidige puntmetingen.
- Gezien de verstoringen van de SEB-palen die kunnen optreden door bv. ijsgang, vee of beheermaatregelen, is het verstandig de koppen minimaal elke 5 jaar te waterpassen.
- Om de eventuele effecten van bodemdaling te kunnen waarnemen moeten er bij voorkeur zo min mogelijk andere externe factoren zijn die (mogelijk vergelijkbare) effecten kunnen veroorzaken, niet alleen in het bodemdalingsgebied, maar ook in het referentiegebied. Dit betekent natuurlijk niet dat alle projecten of initiatieven die zich richten op verhoging van de biodiversiteit (bv. beweiding-projecten) of het voorkomen van toekomstige eventuele nadelige effecten van zeespiegelstijging (bv. verkwelderden) uitgesteld of afgeblazen moeten worden in de monitoringgebieden. Het is echter wenselijk met de beheerders van zowel de Peazemerlannen (It Fryske Gea) als van het referentiegebied (Vereniging van Oevereigenaren) te overleggen wat de mogelijkheden zijn voor een optimale inpassing van de verschillende genoemde aspecten.





# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Midden jaren 90 heeft de NAM door middel van proefboringen bij Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen 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 deel van Friesland bevinden zich ook de Peazemerlannen, een natuurgebied bestaande uit een zomerpolder en een 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 0-referentie zonder bodemdaling wenselijk. IMARES had voor NO-Friesland al een 0-meetserie met SEB- en pq-metingen van 1995-2006 in de Peazemerlannen zelf. Een tweede Peazemerlannen als 0-referentie is er niet. De (westelijke) meetvakken van Rijkswaterstaat (RWS) in de kwelderwerken van Groningen zijn echter geschikt als referentie vanwege de lange reeks gegevens (1960-heden) en vanwege de goede overeenkomsten in opslibbing en vegetatie met NO-Friesland. De kwelderwerken in Friesland zijn bewust niet als referentie gekozen, omdat de opslibbing daar veel hoger is dan in de Peazemerlannen.



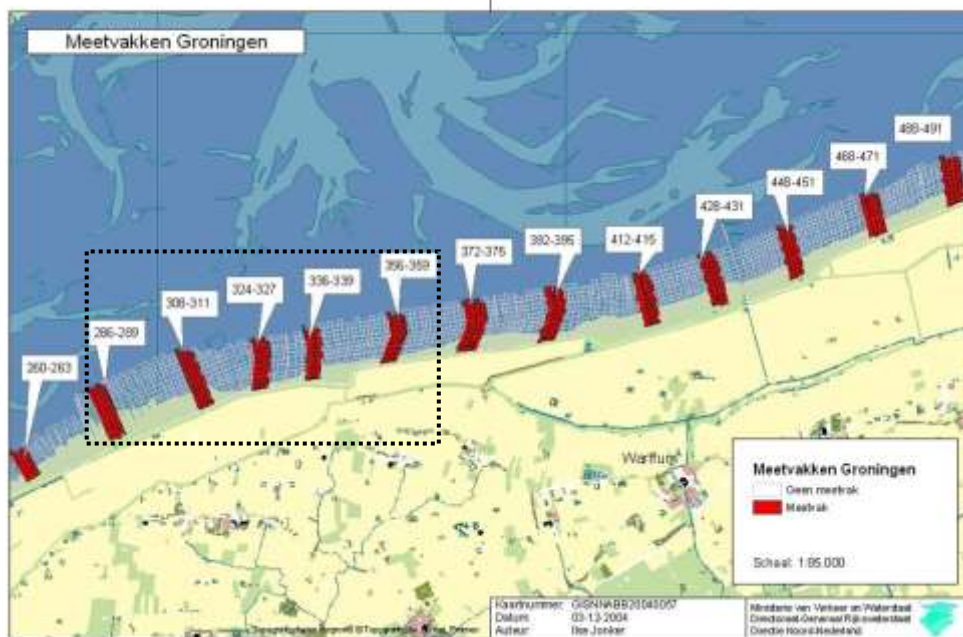
**Foto 1.1** Ligging van de Peazemerlannen en de meetvakken in de Groninger kwelderwerken die als referentiegebied dienst doen.

In de Groninger kwelderwerken liggen 13 meetvakken en in de Friese kwelderwerken 12. Elk RWS-meetvak bestaat uit één reeks bezinkvelden van de dijk naar het wad. De grootte per meetvak is ca. 50 ha en is representatief voor een kustgedeelte van ca. twee kilometer. Vanaf ca. 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-DID (Data-ICT-Dienst, voorheen Adviesdienst Geo-Informatie) 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.

De gegevens van de meetvakken zijn ondergebracht in het **WOK-databestand**. De vegetatiekaarten van RWS-DID en het WOK-databestand van het RWS Waterdistrict Waddenzee worden in samenwerking met IMARES als volgt gebruikt:

- Het rapporteren van de toestand van de kwelderwerken aan de beheerder Rijkswaterstaat en aan de gebruikers in de Stuurgroep Kwelderwerken.
- Trendanalyses over de autonome ontwikkeling en over de effecten van bestaand beheer en van nieuw beheer.
- Inbreng in de trilaterale (Deens-Duits-Nederlandse) Waddenzee-monitoring (TMAP) voor Wadden Sea Quality Status Reports.
- Studies naar de effecten van nieuwe gaswinning, waaronder de bodemdalingstudie van 1993 en de Integrale Bodemdalingstudie Waddenzee van 1998.

Dit WOK-databestand heeft een belangrijke rol gespeeld in een studie (Hoeksema *et al.*, 2004) in opdracht van het kabinet naar de effecten van het Groningen veld (= "Slochteren").



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

### 1.3 Metingen door derden

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

- Berekeningen van de hoogte van de SEB-palen en de vaste punten t.o.v. NAP en van de bodemdaling worden 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 Waterdistrict Waddenzee aangeleverd en de vegetatiekaarten ca. zesjaarlijks door de RWS-DID (zie Bijlage I voor het tijdschema).
- Met betrekking tot de jaarlijkse neerslag en verdamping zal gebruik worden gemaakt van de gegevens, die door Deltares voor het monitoringonderzoek bodemdaling Ameland worden geleverd aan IMARES.
- Data met betrekking tot de bodemdaling worden geleverd door de NAM (Figuur 1.2 en 1.3).

### 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).

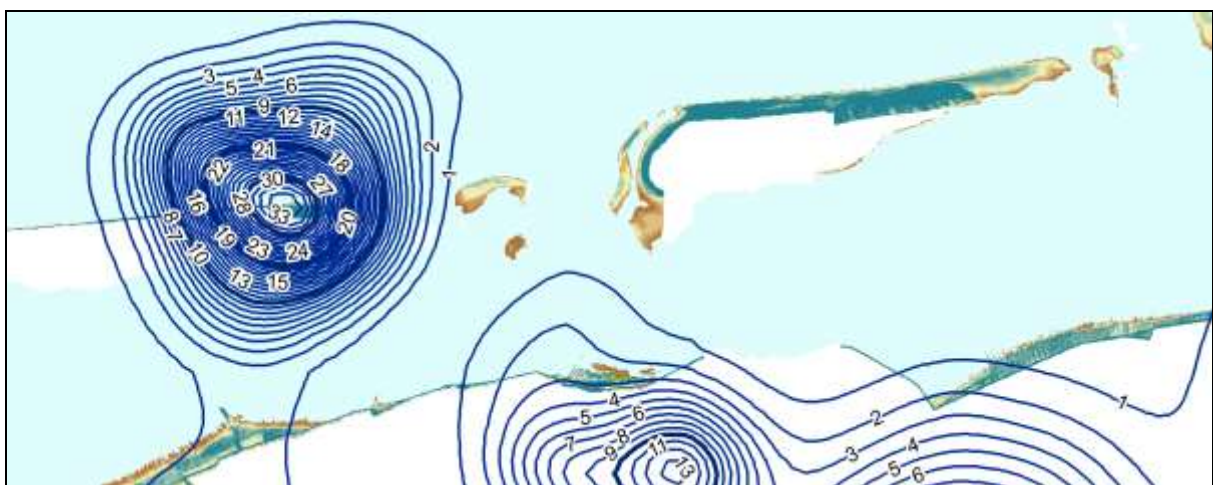
De resultaten van 25 jaar monitoring op Ameland (Dijkema *et al.*, 2005; Dijkema *et al.*, 2011) hebben echter tot een aantal nieuwe of bijgestelde uitgangspunten geleid:

- 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 kommen 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 krekken.
- De afstand tot het wad of tot krekken (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 zullen deze uitgangspunten ook gebruikt worden.



**Figuur 1.2** Diepe bodemdaling (cm) door gaswinning van 1/1/2007 t/m 1/1/2013 (Bron: NAM 2011).



**Figuur 1.3** Totale diepe bodemdaling (cm) door gaswinning t/m 1/1/2013 (Bron: NAM 2011).

## 2 Werkwijze en methodes

### 2.1 Globale werkwijze

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

Jaarlijks worden door IMARES twee SEB- metingen uitgevoerd (eind maart en in augustus/september) en worden vegetatieopnames gemaakt (pq's) bij de kwelder SEB-metpunten in de Peazemerlannen en het referentiegebied. Met het oog op eventuele erosie wordt in de Peazemerlannen 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 worden elk jaar herhaald en er wordt naar gestreefd om het jaarrapport van 2007 steeds verder uit te breiden met de gegevens van het meest recente gepasseerde jaar, 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 Peazemerlannen. Waar van belang of nut worden oudere data ook weergegeven en in andere gevallen wordt verwezen naar van Duin *et al.*, 1997 en 2007.

### 2.2 Keuze ligging pq's

De meetpunten in de Peazemerlannen waren 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 (Figuur 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. Door de autonome ontwikkeling de afgelopen 12 jaar (opslibbing en vegetatiesuccessie) waren vooral de meetpunten in deze meer kwetsbare lagere vegetatiezones ondervertegenwoordigd geraakt. Er is voor gekozen alle reeds bestaande meetpunten ook 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. Ook in de (pre) pionierzone, die gevoelig zou kunnen zijn voor bodemdaling, zijn enkele meetpunten gelegd. Aangezien de zomerpolder mogelijk op niet al te lange termijn wordt uitgedijkt is daarmee bij de uitbreiding van het aantal pq's/SEB meetpunten vast rekening gehouden, zodat de zomerpolder met drie hooggelegen en drie laaggelegen meetpunten ook goed vertegenwoordigd is. 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 meetgevoeligheid vergroot wordt en de oorzaak van veranderingen beter te achterhalen is.

De verdeling van de pq's over de vegetatiezones is weergegeven in Tabel 2.1.

De keuze voor deze verdeling is niet random, maar meer strategisch en ingegeven door diverse argumenten. Per zone zal eerst kort worden ingegaan op de belangrijkste karakteristieken en hun kwetsbaarheid en/of het belang om zones op te nemen in de monitoring. Daarna zal op de aantallen pq's per zone worden 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 opslibbingmetingen via "spijkermetingen" verricht door Natuurcentrum Ameland. 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 slechts 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.

- **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.
- **Midden kwelder:** een hooggelegen zone waarin de biodiversiteit steeds verder terugloopt tot een climaxstadium met vrijwel uitsluitend Zeekweek. Hoewel deze zone niet 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 soortencombinaties 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 termijn wordt uitgedijkt is daar bij het uitzetten van de pq's/SEB-meetpunten rekening mee gehouden. De zomerpolder is daardoor 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

Vegetatiezone volgens SALT97	Aantal pq's Peazemerlannen	Aantal pq's referentiegebied
Kaal wad	2	4
11: pre-pionierzone	3	2
12: pionierzone	-	4
22: lage kwelder met pioniersoorten	6	-
21: lage kwelder (bij gat 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	-
<b>Totaal</b>	<b>48</b>	<b>29</b>

## 2.3 Schaalniveaus

### 2.3.1 Peazemerlannen

Het kwelderonderzoek bestaat uit het periodiek opnemen van opslibbing (zie §2.4) en vegetatie (zie § 2.5) op **twee schaalniveaus**:

#### 1. Puntmetingen (opslibbing en vegetatie)

- Van alle 48 pq's worden twee maal per jaar (in maart en augustus/september) metingen van de opslibbing/inklink<sup>1</sup> uitgevoerd met de SEB-methode. Dergelijke SEB-metingen in de Peazemerlannen 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). **Resultaat:** SEB-grafiek met 2 punten per jaar, per pq en per zone (zie § 3.1).



**Foto 2.1** Overzicht Peazemerlannen met ligging van de 48 meetpunten. (Foto: Google Earth)

---

<sup>1</sup> 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 Peazemerlannen, in verschillende delen van de kwelderwerken en op Ameland is een betrouwbare basis voor interpretatie van de waargenomen processen op één bepaalde locatie.

- Op de kwelder (dus niet in de zomerpolder) zijn in 1995 en 1996 en daarna vanaf 2000 elk jaar vegetatieopnamen<sup>2</sup> volgens de schaal Londo gemaakt in de proefvakken (pq's van 2x2 m). De jaarlijkse frequentie en vegetatieopnamen in pq's volgens de gedetailleerde schaal van Londo zijn noodzakelijk om de effecten van bodemdaling en natuurlijke veranderingen van elkaar te kunnen scheiden. Door uitbreiding van het aantal SEB-meetpunten (zie eerste aandachtspunt) wordt automatisch het aantal vegetatie pq's uitgebreid. Van de nieuwe pq's zullen in ieder geval de kwelder-pq's worden geïnventariseerd en de zomerpolder-pq's alleen indien beweiding en vegetatie dat toelaat. **Resultaat:** vegetatietype volgens SALT97, plaatjes met de opslibbingsbalans en plaatjes met het procentuele aandeel van soortengroepen per 2 jaar (zie o.a. Dijkema *et al.*, 2005).

## 2. Vlakdekkend (structuurkartering en vegetatiekartering)

- Eventuele **erosie van de pionierzone**<sup>3</sup> achter de verdwenen zomerdijk wordt eens per jaar vastgesteld d.m.v. inlopen met GPS van de grenzen van de pionierzone (Zeekraal-/Engels slijkgras-grens) en de lage kwelderzone (Kweldergras-grens die vrijwel gelijk is aan de klifrand). Hiermee worden horizontale veranderingen vastgelegd. Dit is een activiteit die jaarlijks in het najaar vanaf 2007 wordt gedaan. De verticale veranderingen worden met de extra SEB-meetpunten vastgelegd (zie boven). **Resultaat:** GIS-kaart met zonegrenzen en tabel met oppervlakteveranderingen
- Vergelijken van de 6-jaarlijkse **vegetatiekarteringen** van de RWS-DID, om het areaal van de verschillende kwelderzones te bewaken. De drie meest recente kaarten zijn gebaseerd op luchtfoto's uit 1992, 1996 en 2002. In 2010 verschijnt de nieuwste vegetatiekaart gebaseerd op luchtfoto's 2008 en veldwerk 2009. **Resultaat:** zoneringskaarten en oppervlaktes van de zones (zie o.a. van Duin *et al.*, 2007).

### 2.3.2 Monitoring referentiegebied west-Groningen

RWS heeft in de kwelderwerken langs de Groningen noordkust 13 meetvakken met 'pq-achtige' data van de periode 1960-2008. RWS Waterdistrict Waddenzee doet het veldwerk (de laatste jaren in samenwerking met IMARES) en het bestandbeheer. IMARES doet de uitwerking en de verslaglegging aan de Stuurgroep Kwelderwerken. Deze zeldzaam lange reeks met WOK-gegevens (=Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken) heeft in de bodemdalingstudies 1993, 1999 en 2004 een grote rol voor de NAM gespeeld.

Per meetvak liggen in 4 replica **vegetatie-transecten** totaal ca. 50 subvakjes van 1 ha (Figuur 2.1):

- A. Daarvan ligt ca. de helft subvakjes aan de wadkant. De opname van deze vakjes is een jaarlijkse RWS-taak om het areaal van de kwelderwerken (pionierzone en kweldergrens) te kunnen vaststellen.
- B. De jaarlijkse opname van de vegetatie in de overige subvakjes tot aan de dijkzijde is in 2005 gestopt, omdat het geen RWS taak is (kwaliteit van de vegetatie = samenstelling kweldervegetatie, vergelijkbaar met pq's op Ameland). Om de WOK-opnamen in te zetten als een 0-referentie voor de Peazemerlannen zijn opnames van de volledige vegetatiesamenstelling van de subvakjes van wad tot

<sup>2</sup> De successierichting van de vegetatie is een belangrijk gegeven om zowel positieve als negatieve 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 wordt toegepast in b.v. de monitoring-programma's in de kwelderwerken (meetvakken t.b.v. 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.

<sup>3</sup> Uit het WOK-databestand blijkt dat kwelders door de combinatie van een natuurlijke opslibbing en de plantengroei in staat zijn een eventuele versnelde zeespiegelstijging of bodemdaling te volgen. In publicaties is daarvoor 50 cm per eeuw (0,5 cm per jaar) voor de Waddeneilanden en 100 cm per eeuw (1 cm per jaar) voor de vastelandskust genoemd (Dijkema, 1997; Dijkema *et al.*, 1990). In de pionierzone kunnen echter problemen ontstaan, ook zonder zeespiegelstijging en bodemdaling. Door een geringe vegetatiebedekking en voornamelijk eenjarige planten is er in de pionierzone een geringe bescherming van het afgezette sediment, en daardoor netto meestal minder opslibbing. Uiteindelijk kan dat verschil in opslibbing tussen de pionierzone en de kwelder tot kliferosie van de kwelder leiden, d.w.z. de kwelder blijft in hoogte wel groeien, maar het areaal wordt vanaf de zeezijde door laterale erosie aangetast.



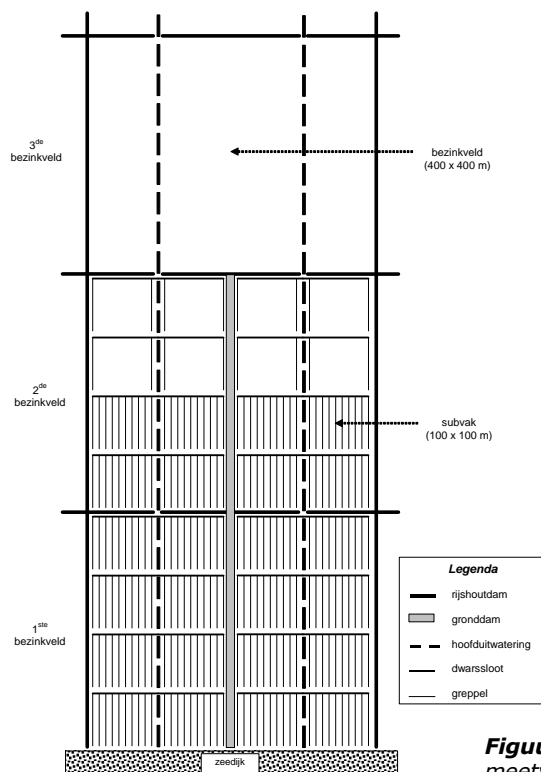
dijk noodzakelijk. Vanwege de grote jaar-op-jaar variatie in met name de eenjarige planten is een jaarlijkse frequentie aan te raden. Daarom is er sinds 2007 een jaarlijkse opname opgenomen in het door de NAM gefinancierde monitoringprogramma dat door IMARES wordt uitgevoerd. Het betreft alleen de opname van de twee buitenste replica transecten (west- en oostzijde per meetvak), in elk van de 5 meetvakken die dienst doen als referentie (zie Figuur 1.2).

Daarnaast laat RWS per subvak eens per 4 jaar zeer gedetailleerde **hoogtemetingen** (waterpassingen met 100 punten per ha) uitvoeren, vanaf 2004 met RTK-GPS.

Samengevat houdt de monitoring van de 0-referentie in de meetvakken van de Groninger kwelderwerken in:

1. **Hoogtemetingen** op meetlijnen door **alle subvakjes**, meetcyclus voor alle meetvakken was **4 jaar, maar dit wordt per 2013 elke 3 jaar**. In 2004 van waterpassen naar RTK-GPS methode overgegaan. Dit is een bestaand onderdeel van WOK-monitoring door RWS Waterdistrict Waddenzee; uitvoering door RWS in ieder geval gegarandeerd t/m 2017.
2. **SEB-opslibingsmetingen** door IMARES t.b.v. vergelijking met de methode Ameland en Peazemerlannen, in 5 meetvakken, 2x per jaar (maart en augustus/september).
3. **Vegetatie pionierzone** (zie A), jaarlijks, teruglopende tijdbesteding. Bestaand onderdeel van WOK-monitoring door RWS Waterdistrict Waddenzee; uitvoering door RWS in ieder geval gegarandeerd t/m 2017.
4. **Vegetatie kwelderzone** (zie B), jaarlijks, door IMARES in 5 meetvakken aan de westkant van de Groninger kwelderwerken. Door RWS na 2005 gestopt, maar op grond van de audits Ameland, waarin een **0-meetgebied** voor de Peazemerlannen noodzakelijk werd geacht, hervat in 2007 voor de NAM.
5. **Vegetatiekaarten** om de 6 jaar, dienen voor een vlakdekkende controle van de meetvakkenmethode en voor 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 2009 (opgeleverd in 2010). Bestaande structureel vastgelegde monitoringactiviteit door RWS-DID.
6. **WOK-bestandbeheer** van de punten 1, 3-4, jaarlijks, teruglopende tijdbesteding. Bestaand onderdeel van WOK-monitoring RWS Waterdistrict Waddenzee; uitvoering door RWS in ieder geval gegarandeerd t/m 2017.

De puntmetingen liggen zoals op Ameland en in de Peazemerlannen: hoogte + vegetatie-pq's gecombineerd in transecten.



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.

## 2.4 Opslibbing (SEB)

Twee maal per jaar (in maart en augustus/september) is van 2007-2012 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.

Er is voor gekozen de metingen uit te zetten vanaf de nazomer-meting en ook de gemiddelden over de jaren steeds te berekenen vanaf dit tijdstip, 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).

## 2.5 Vegetatie pq's

Van alle kwelder-pq's is de ontwikkeling van de vegetatie, bepaald met behulp van SALT97, weergegeven in de bijlagen (Peazemerlannen in Bijlage II en III en referentiegebied Bijlage V). Door de hoge ligging bestaat de vegetatie in de pq's in de zomerpolder en boerenkwelder vaak uit soortencombinaties die niet door SALT97 herkend worden.

De successierichting van de vegetatie is een belangrijk gegeven om zowel positieve als negatieve effecten van natuurlijke veranderingen, van beheersmaatregelen en van bodemdaling door gaswinning te kunnen beoordelen. Het onderzoek aan de vegetatie in de Peazemerlannen en op Ameland in het verleden heeft het volgende 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 zoning. 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 <sup>1</sup>	Friesland <sup>2</sup>	midden Groningen <sup>2</sup>	west Peazemerlannen <sup>3</sup>	Peazemerlannen meting 2007
Midden kwelder		1,46 (beweid)	1,35	1,36	1,29	1,62 (n=15)
		1,36 (onbeweid)				
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	

<sup>1</sup>) Tabel 5.3 in Eysink et al. (1995)

<sup>2</sup>) Tabel 4.6 en 4.7 in Dijkema et al. (1991)

<sup>3</sup>) Berekend uit 2) en gecorrigeerd voor 6 cm lager GHW

## 2.6 Maaiveldhoogte t.o.v. NAP bij de SEB-meetpunten

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 GPS-RTK-set uit te voeren.

De SEB-palen zijn in kleine kringen gemeten (zie Bijlage G). 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 +/- 2cm (verschil tussen starthoogte te meten kring en sluihoogte).

De instellingen van de meetapparatuur:

Tijdens het project is er gewerkt met een Leica GPS Basis Rover. In de rover zitten alle instellingen in de configuratieset. De instellingen die voor dit project zijn afgesproken zijn:

- Coördinatentransformatie: RDNAPTRANS2008
- XY nauwkeurigheid 2 cm
- Z nauwkeurigheid 2 cm
- Aantal waarnemingen per meting is 5
- Elevatiehoek is vastgesteld op 10 °
- Antennehoogte van de gps-stok is 2.00 m.

Deze configuratieset is met de data meegeleverd.

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 opgesteld per dag was. Ook is elke dag op een punt begonnen en is deze aan het einde van de (meting)dag nogmaals gemeten. Dit om te controleren of de GPS-Basis gedurende de dag niet omhoog / omlaag is gekomen.

## 2.7 Kliferosie

Bij het inmeten van de klifrand op de grens van pionierzone en kwelder bij het 'grote gat' in de buitenste zomerkade in het midden van het gebied is geprobeerd onderscheid gemaakt tussen de buitenste rand met pionierbegroeiing en de klifrand. Daarnaast is geprobeerd de daar aanwezige poeltjes groter dan 1x1m ook met de GPS vast te leggen om te voorkomen dat in de toekomst de klifrand erg verschoven lijkt te zijn, terwijl dit veroorzaakt zou kunnen zijn door het doorbreken van de rand die een poeltje omringt. De tracks voor het vaststellen van de klif-/Kweldergras- en pioniergrens lopen van de oostzijde tegenover het muurtje op de kop van de bitumen zomerkade tot langs de geul bij pq 20 (zie Foto 2.2).

Met gebruik van een GPS (Garmin 76Cx) zijn drie routes (*tracks*) gelopen:

1. De klifgrens - deze komt ongeveer overeen met de Kweldergras-grens. Gehanteerde voorwaarden: er moet  $\geq 50\%$  bedekking zijn met vegetatie, er moet een klifje zijn van ca. 10 cm en losse plukken van  $< 1 \times 1 \text{m}$  worden niet meegenomen. Tracksnelheid is 2 sec.
2. De pioniervegetatiegrens - deze komt ongeveer overeen met de Zeekraal-grens in het oosten en midden en met de Engels slijkgras-grens aan westkant. Gehanteerde voorwaarden: Aan de westkant met voornamelijk Engels slijkgras is ook de " $\geq 1 \text{m}^2$  regel" toegepast (kleinere pollen worden niet meegenomen); ook geulen smaller dan 1 m worden niet ingelopen; de grond moet ook zichtbaar stevig zijn en dat komt eigenlijk altijd overeen met een iets hoger ruggetje. Tracksnelheid is 2 sec.
3. De plasjes/poeltjes ( $\geq 1 \text{m}^2$ ) tussen de klifrand en kwelder. De poeltjes bevinden zich voornamelijk in het middelste deel van het gebied. Vanaf 2010 worden bij elk poeltje ook twee *waypoints* gemaakt (bij start en na rondlopen) om poeltjes herkenbaarder te maken in de track. Tracksnelheid op 1 sec.



**Foto 2.2** Start en eindpunt GPS-tracks klif en pioniervegetatie. (Luchtfoto Google Earth)

## 2.8 Geplande statistiek

Voor de statistiek, zoals die voorzien is, wordt verwezen naar de methode die zich reeds bewezen heeft bij de monitoring van de effecten van bodemdaling sinds 1986 op Ameland. De beschrijving van de daar gebruikte methode is in de box hieronder integraal overgenomen uit Dijkema *et al.*, 2005 (§§ 6.1 en 6.2: p. 51-54). Mocht in de toekomst blijken dat er een nog betere methode bestaat of ontwikkeld is of die nog beter is toegespitst op de situatie in de Peazemerlannen, zou die toegepast kunnen gaan worden.

## 6. Statistische analyse van de kwelder pq's Ameland

### 6.1. Inleiding

De statistische analyse van de kwelder pq's heeft betrekking op (1) de relatie tussen de vegetatie en abiotische variabelen, (2) de verandering van de vegetatie in de loop van de tijd, en (3) de mogelijke oorzaken van deze verandering. Evenals in Van Dobben & Slim (2005) is de analyse grotendeels gebaseerd op multivariate technieken; de reden hiervoor is vooral dat een analyse per soort ondoenlijk is door het grote aantal soorten. Er zijn vijf indicatoren gebruikt voor de toestand van de vegetatie: de 'sample scores' langs de eerste drie assen van een DCA (Jongman et al. 1995), de 'natuurbehoudswaarde' NBW (in Van Dobben & Slim (2005) aangeduid als 'CCV'), en het aantal soorten per plot. De NBW kan gezien worden als een schatting van de kans op het aantreffen van Rode Lijst soorten (Wamelink et al. 2003).

Een deel van de bewerkingen is uitgevoerd voor de vier zones die ook elders in deze studie zijn gebruikt (tabel 3.2). In een aantal gevallen heeft de bewerking plaatsgevonden voor het Nieuwlandsrijd en De Hon apart. Omdat op de kwelders grondwaterstand waarschijnlijk geen belangrijke rol speelt, is die hier niet als abiotische variabele gebruikt. Ook zijn geen bodemanalyses verricht. Wel is het belang van opslibbing voor de vegetatie nagegaan, en wel op twee wijzen: (1) als bron van nutriënten, deze is voor elk opnamejaar geschat als de opslibbing per jaar in de voorafgaande periode, en (2) als compensatie voor bodemdaling, deze is geschat als totale opslibbing sinds het begin van de monitoring. Verder is de overvloedingsfrequentie als abiotische variabele gebruikt. Het effect van deze abiotische variabelen op de vegetatie is globaal vastgesteld met behulp van multivariate statistiek.

Het effect van bodemdaling is vastgesteld middels een multipel regressie van de indicatoren voor de toestand van de vegetatie op (1) de hoogte in 1986, (2) de bodemdaling, (3) de opslibbing en (4) de overvloedingsfrequentie. Zoals beschreven in Van Dobben & Slim (2005) bestaat hierbij het risico dat iedere monotone trend ten onrechte aan bodemdaling (en in dit geval mogelijk ook aan opslibbing) wordt toegeschreven. Daarom is een controle uitgevoerd op de grootte van de regressiecoëfficiënten. Dit is gedaan door na te gaan of de temporele verandering in de vegetatie consistent is met (a) de verandering in hoogteligging en (b) het ruimtelijk patroon van vegetatie en hoogteligging in 1986. Of, in andere woorden, de hypothese is getoetst dat als in een pq de hoogteligging verandert van  $Z_0$  in 1986 naar  $Z_t$  in jaar  $t$ , de vegetatie verandert in die van een ander pq dat in 1986 als op hoogte  $Z_t$  lag. In de praktijk kan alleen het omgekeerde van deze hypothese getoetst worden. Dit betekent dat uit de verandering van de vegetatie sinds het begin van de monitoring, de bodemdaling en opslibbing zijn berekend die nodig waren om deze verandering te bewerkstelligen, gegeven het verband tussen vegetatie en hoogteligging zoals dat in 1986 was. Hierbij is rekening gehouden met veranderingen in zeespiegelregime. Vervolgens zijn de 'berekende' en de 'werkelijke' bodemdaling en opslibbing met elkaar vergeleken. Wanneer deze niet met elkaar in overeenstemming waren is geconcludeerd dat de verandering in de vegetatie niet of niet uitsluitend door bodemdaling veroorzaakt kan zijn. Hierbij is ervan uitgegaan dat het effect van een verandering in hoogteligging op de vegetatie zonder tijdsvertraging tot stand komt. In werkelijkheid treedt deze tijdsvertraging waarschijnlijk wel op, voor methoden om deze op te sporen (hier niet gebruikt) en de consequenties daarvan wordt verwezen naar Van Dobben & Slim (2005).

### 6.2. Materiaal en methode

#### 6.2.1. Data

De **hoogteligging** is bepaald uit de gemeten hoogte in 1986, en de bodemdaling en opslibbing die sindsdien hebben plaatsgevonden:

$$Z_t = Z_0 + dZ_t + S_t \quad [1]$$

met:  $Z$ : hoogteligging (in m +NAP),  $dZ$ : bodemdaling sinds 1986,  $S$ : opslibbing sinds 1986; subscript: jaar (0 = 1986) (let er op dat  $dZ$  altijd een negatief getal is).

De **overvloedingsfrequentie** (FF) is voor elk opnamejaar  $t$  bepaald als de som van het aantal overvloedingen over de jaren  $t-2$  tot en met  $t$  (dit in tegenstelling tot Van Dobben & Slim (2005) waar de overvloedingsfrequentie is bepaald als som over  $t-2$  tot en met  $t-1$ ). Het aantal overvloedingen is voor elk jaar en elke hoogteligging direct bepaald uit overvloedingskrommen voor de haven van Nes. Het 'zeespiegelregime' is voor elk jaar gekarakteriseerd als de overvloedingsfrequentie op 1,2 m +NAP voor dat jaar (aangeduid als FF12).

**Ontwatering** en **beweidingsintensiteit** zijn elk geschat in vier klassen (0 = geen, 3 = hoogste intensiteit).

De **opslibbing** is per opnametijdstip berekend als

$$dS_{t_2} = (S_{t_2} - S_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

[2]

met:  $t_2$ : opnamejaar,  $t_1$  = jaar van de vorige opname.

Een aantal pq's is om verschillende redenen beschouwd als verstoord. Deze pq's zijn bij de analyse buiten beschouwing gelaten.

#### 6.2.2. Multivariate methoden

Evenals in Van Dobben & Slim (2005) is voor het karakteriseren van de vegetatie gebruik gemaakt van de sample scores langs de eerste drie assen van een DCA op alle data (dat wil zeggen alle pq / jaar combinaties), waarbij de verstoorde pq's passief gemaakt zijn, dat wil zeggen zij hebben geen invloed op de ordening van de soorten. Voor het vaststellen van het relatieve belang van de abiotische variabelen is gebruik gemaakt van voorwaartse selectie en permutatie in CCA; voor details over deze techniek wordt verwezen naar Ter Braak & Smilauer (2002) en Jongman et al. (1995). Een globaal beeld van de relatie door de tijd tussen pq's, soorten, abiotische variabelen, NBW en aantal soorten is verkregen door het projecteren van al deze variabelen op de eerste drie DCA assen. Hiervan zijn plots gemaakt voor de eerste tegen de tweede, en de eerste tegen de derde as. Getracht is de DCA assen te interpreteren met behulp van de ecologie van de soorten (cf. Heukels, Weeda ecoflora) en van Ellenberg's (1991) ecologische indicatiewaarden. Hiertoe is de correlatie bepaald van de sample scores op elke as met de (ongewogen) gemiddelde Ellenbergwaarden per opname. Voor de interpretatie van de plots wordt verwezen naar Ter Braak & Smilauer (2002) en Jongman et al. (1995); globaal is deze als volgt:

Alle plots kunnen in gelijke schaling op elkaar geprojecteerd worden. Zij hebben in dit geval een 'afstand interpretatie': hoe dichtere twee soorten bij elkaar staan, hoe meer ze samen voorkomen (diagonaal tegenover elkaar staande soorten sluiten elkaar uit). Dit geldt ook voor de opnames ('samples'): hoe dichtere ze bij elkaar staan, hoe meer ze op elkaar lijken (let er op dat elk 'sample' in dit geval één opname van een pq vertegenwoordigt). Wanneer het sample plot en het soorten plot over elkaar geprojecteerd worden, is de afstand tussen elke soort en elke opname een maat voor de waarschijnlijkheid om die soort in die opname aan te treffen.

Let er op dat de weergave van het soortenplot wat minder nauwkeurig kan zijn; in principe is het midden van elke soortnaam de positie van die soort, maar de soortnamen zijn soms wat verschoven omdat anders over elkaar vallende namen het plot onleesbaar zouden maken.

De weergave van de abiotische variabelen kan op twee manieren gebeuren. De **kwantitatieve** variabelen zijn als pijlen weergegeven, deze geven de richting van variatie aan. De projectie van een opname op zo'n pijl geeft een schatting van de verwachtingswaarde van die abiotische variabele in die opname (met basis van de pijl = gemiddelde over alle opnamen, punt van de pijl = gemiddelde plus één standaarddeviatie, punt van de pijl gespiegeld ten opzichte van de oorsprong = gemiddelde min één standaarddeviatie). De projectie van een soort op zo'n pijl geeft op dezelfde wijze de verwachtingswaarde van het optimum van die soort ten opzichte van die abiotische variabele. De **kwalitatieve** variabelen (klassen) zijn weergegeven als het centroid (gemiddelde op elke as) van alle samples die tot deze klasse behoren (de zones en de transecten [Nieuwlandsrijd en De Hon] zijn op dezelfde wijze weergegeven, in sommige gevallen per opnamejaar). De isolijnen plots voor NBW en aantal soorten geven de verwachtingswaarde van deze twee grootheden voor ieder punt van het plot, berekend door middel van lineaire regressie op de sample scores (tweede-orde polynoom).

#### 6.2.3. Univariante methoden

De **veranderingen** in de tijd zijn geanalyseerd met behulp van univariate ANOVA en lineaire regressie op de sample scores op de eerste drie assen, de NBW en het aantal soorten. De bepaling van de significantie van de temporele effecten heeft op twee manieren plaatsgevonden: met ANOVA is bepaald of er überhaupt significante verschillen tussen de jaren zijn, en met lineaire regressie is bepaald of er een significante temporele trend is. De veranderingen in de tijd zijn zichtbaar gemaakt door de gemiddelde sample scores per zone per opnametijdstip in het DCA plot te projecteren. Hierbij is elk pq toegekend aan de zone waartoe het in 1986 behoorde (dit is ook gebeurd bij het bepalen van de significantie van de verschillen tussen de zones).

De bepaling van het **effect van bodemdaling** heeft als volgt plaatsgevonden:

de hypothese is getoetst dat veranderingen in de vegetatie uitsluitend het gevolg zijn van veranderingen in overvloedingsfrequentie, die op hun beurt het gevolg zijn van veranderingen in hoogteligging en in zeespiegelregime. Daartoe is elke vegetatiekarakteristiek  $Y$  gemodelleerd als functie van

overvloedingsfrequentie:

$Y = a_0 + a_1FF + \text{fout}$  [3]  
met: Y: sample score op de eerste, tweede of derde as, NBW of aantal soorten, FF: overvloedingsfrequentie.

De overvloedingsfrequentie is gemodelleerd als functie van hoogteligging en zeespiegelregime:

$FF = b_0 + b_1Z + b_2FF_{12} + \text{fout}$  [4]  
met: FF: overvloedingsfrequentie, Z: hoogteligging,  $FF_{12}$ : overvloedingsfrequentie op 1.2 m +NAP.

Deze lineaire vergelijking is gevalideerd op de met behulp van overvloedingskrommen geschatte overvloedingsfrequenties. De hoogteligging is gemodelleerd als som van de hoogteligging in 1986, de bodemdaling en de opslibbing (vergelijking [1]).

Vervolgens is de bodemdaling gemodelleerd als een lineaire functie van het jaartal en de afstand tot het diepste punt van de bodemdalingschotel (dit model is identiek aan dat gebruikt door Slim & Van Dobben (2005), maar de parametrisatie is opnieuw uitgevoerd). Hierbij is er vanuit gegaan dat de bodemdalingschotel de vorm heeft van een omgekeerde kegel, waarvan de diepte elk jaar evenveel toeneemt. Dit model is gevalideerd op de met het NAM model gesimuleerde bodemdaling. Eerst werd de straal van de bodemdalingschotel geschat door middel van extrapolatie op grond van de data uit 2003:

$Z_{2003} - Z_{1986} = d_0 + d_1D + \text{fout}$  [5]  
met: Z<sub>t</sub>: hoogteligging in jaar t, D: afstand tot het diepste punt van de bodemdalingschotel.

Uit vergelijking [5] volgt dat

$D_0 \approx -d_0 / d_1$  [6]  
met: D<sub>0</sub>: straal van de bodemdalingschotel.

Nu kan de bodemdaling lineair gemodelleerd worden:

$dZ_t = v(J_t - J_0)(D_0 - D) + \text{fout}$  [7]  
met: Z<sub>t</sub>: hoogteligging in jaar t (0, in 1986; 1, in 1987; etc), J<sub>t</sub>: jaartal (J<sub>0</sub> = 1986), D: afstand tot het diepste punt van de bodemdalingschotel (D<sub>0</sub> = straal van de bodemdalingschotel), v: bodemdaling per jaar per meter afstand tot de rand van de bodemdalingschotel.  
Vergelijkingen [1], [3], [4] en [7] kunnen worden gecombineerd tot:

$Y = a_0 + a_1b_0 + b_1Z_0 + b_1v(J - J_0)(D_0 - D) + b_1S + a_1b_2FF_{12} + \text{fout}$  [8]

Deze vergelijking kan gefit worden met behulp van multipele regressie:

$Y = c_0 + c_1Z_0 + c_2(J - J_0)(D_0 - D) + c_3S + c_4FF_{12}$  [9]

met:

$c_0 = a_0 + a_1b_0$

$c_1 = b_1$

$c_2 = b_1v$

$c_3 = b_1$

$c_4 = a_1b_2$

Dit levert twee toetsbare hypothesen:

$c_2 = c_1v$  of  $c_2 / c_1 = v$  of  $(c_2 / c_1) / v = 1$  [10]

(want vergelijking [9] en vergelijking [7] leveren twee onafhankelijke schattingen van v)

en

$c_3 = c_1$  of  $c_3 / c_1 = 1$  [11]

Om deze hypothesen te toetsen is het noodzakelijk de onzekerheid in de quotiënten van de regressiecoëfficiënten te kennen; deze is bepaald met de stelling van Fieller (cf. Finney 1971 p. 78). Hiermee is het 99% betrouwbaarheidsinterval van de quotiënten  $c_2/c_1$  en  $c_3/c_1$  bepaald, en vervolgens is gekeken of de 'werkelijke' waarde van deze quotiënten (in het eerste geval v bepaald uit vergelijking [7], in het tweede geval gelijk aan 1) zich in dit interval bevindt. Alle multivariate berekeningen zijn uitgevoerd met de programma's CANOCO en CanoDraw (Ter Braak & Smilauer 2002), de univariate met het programma GENSTAT version 7.2 (Payne et al. 2003). Alle data zijn ongetransformeerd gebruikt, behalve de overvloedingsfrequenties en de abundanties van de soorten, die gelogaritmiseerd zijn.

## Literatuur

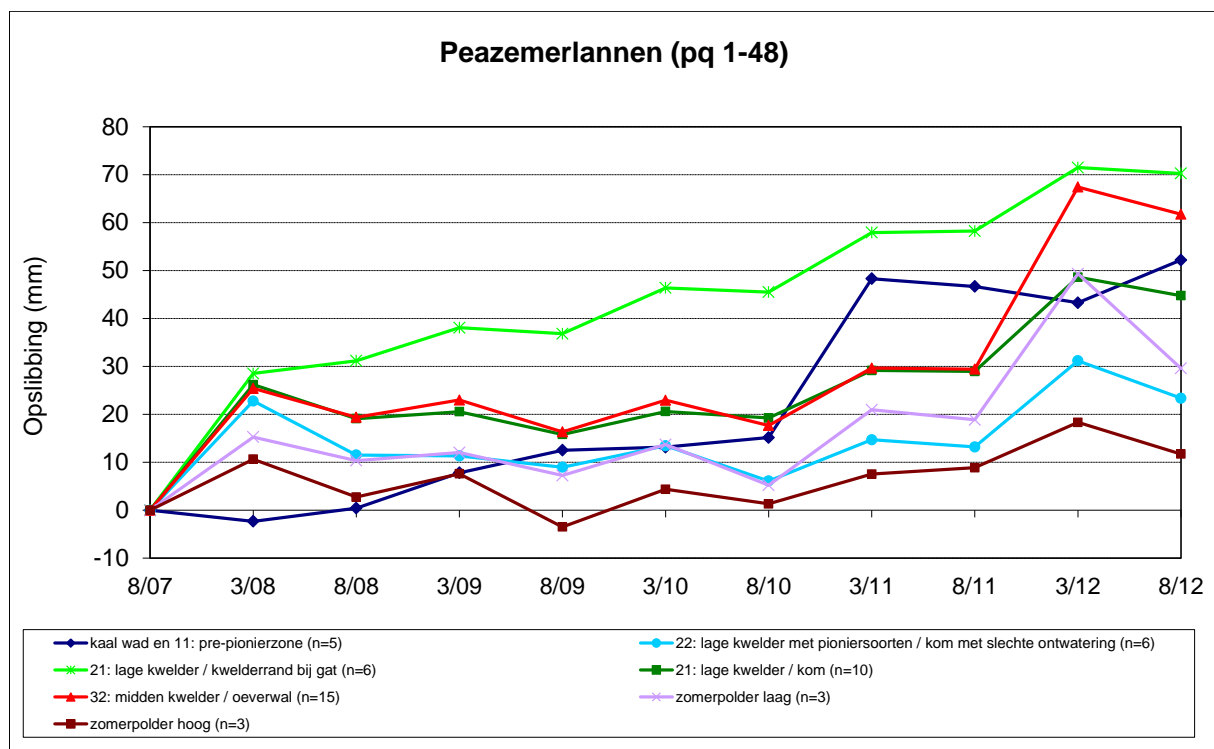
- Ellenberg, H, Weber, H E, Düll, R, Wirth, V, Werner, W, Pauliszen D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18:1-248.
- Finney, D.J. 1971. *Probit Analysis* (third edition). Cambridge University Press, Cambridge.
- Jongman, R H G, Ter Braak, C J F, Van Tongeren, O F R. 1995. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press.
- Payne, R, Murray, D, Harding, S, Baird, D, Soutar D, Lane P. 2003. *GenStat for Windows™ (7th Edition) Introduction*. Lawes Agricultural Trust, Rothamsted.
- Ter Braak, C J F, Smilauer, P. 2002. *CANOCO reference manual and Canodraw for windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca USA, 500 p.
- Van Dobben, H F, Slim, P A. 2005. *Evaluation of changes in permanent plots in the dunes and upper salt marsh at Ameland East: Ecological effects of gas extraction*. In: *Begeleidingscommissie Monitoring Ameland, Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost. Evaluatie na 18 jaar gaswinning. CD (met alle deelrapporten) en samenvatting*. 96 p.
- Wamelink, G W W, Ter Braak, C J F, Van Dobben, H F. 2003. *Changes in large-scale patterns of plant biodiversity predicted from environmental economic scenarios*. *Landscape Ecology* 18: 513-527.



### 3 Resultaten

#### 3.1 Opslibbing (SEB)

In de Peazemerlannen lag de gemiddelde jaarlijkse netto opslibbing<sup>4</sup> gemeten van 2007-2012 in de verschillende vegetatiezones van pionierzone en kwelder tussen ca. 5-14 mm/j. De gemiddelde bodemdaling in deze zelfde periode was 2 mm/j en de GHW-stijging ook 2 mm/j. In de zomerpolder is gemiddeld een opslibbing gemeten van ca. 6 mm/j in de lage delen aan de oostkant en ruim 2 mm/j in de kortgegrasde hogergelegen delen aan de westkant. Op het kale wad en in de pre-pionierzone is een gemiddelde toename in hoogte gemeten van ca. 9 mm/j (Figuur 3.2). Tussen meetpunten in eenzelfde zone 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 IV. Er zijn enkele pq's die over de afgelopen 5 jaar een lagere opslibbing hebben dan 5 mm/j. De metingen laten echter ook zien dat deze aanvankelijke lichte achterstand in enkele jaren kan worden ingelopen. De primaire pionierzone achter de doorbraak in de bitumen zomerkade werd in de bodemdalingstudies van 1993 en 1998 nog als een probleem gezien. Op grond van de daarna voortgezette SEB-metingen en de nu bekende opslibbingscijfers is dat niet meer het geval.



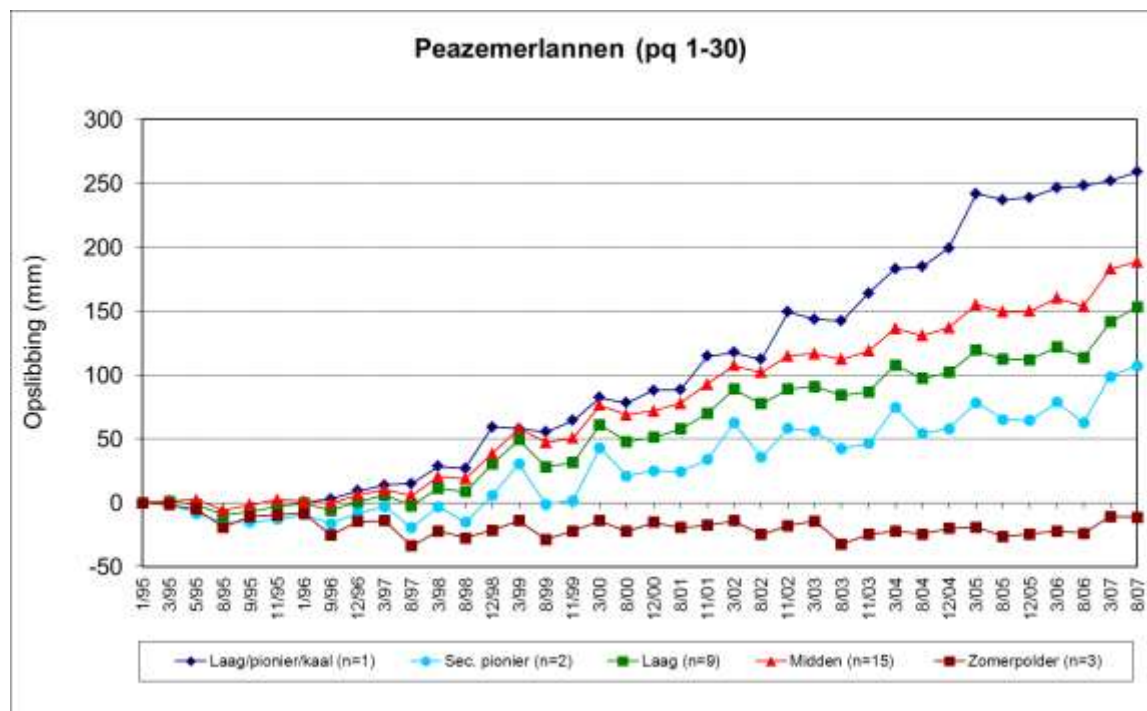
**Figuur 3.2** Maaiveldhoogteontwikkeling (mm+NAP) bij de oorspronkelijke en nieuwe meetpunten in de diverse kwelderzones (met SALT97 code) en zomerpolder van de Peazemerlannen van augustus 2007-augustus 2012.

Doordat in de zomerpolder in de Peazemerlannen de meeste kleppen in de duikers in de loop der jaren verdwenen zijn 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 2007-2012 een 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

<sup>4</sup> Met netto opslibbing wordt bedoeld de resultante van sedimentatie/erosie/inklink/vertrapping. Eventuele bodemdaling is daar niet in meegenomen.

vochtgehalte van de bodem. De zomerpolder is echter wel de zone die met de huidige opslibbing net de zeespiegelstijging kan bijhouden, met name de meetpunten aan de hooggelegen westkant. Het feit dat ze hooggelegen zijn zorgt er aan een kant voor dat de opslibbing laag is, maar geeft daardoor ook ruimte voor enige opslibbingsachterstand zonder grote gevolgen, zolang de drainage maar niet minder wordt.

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

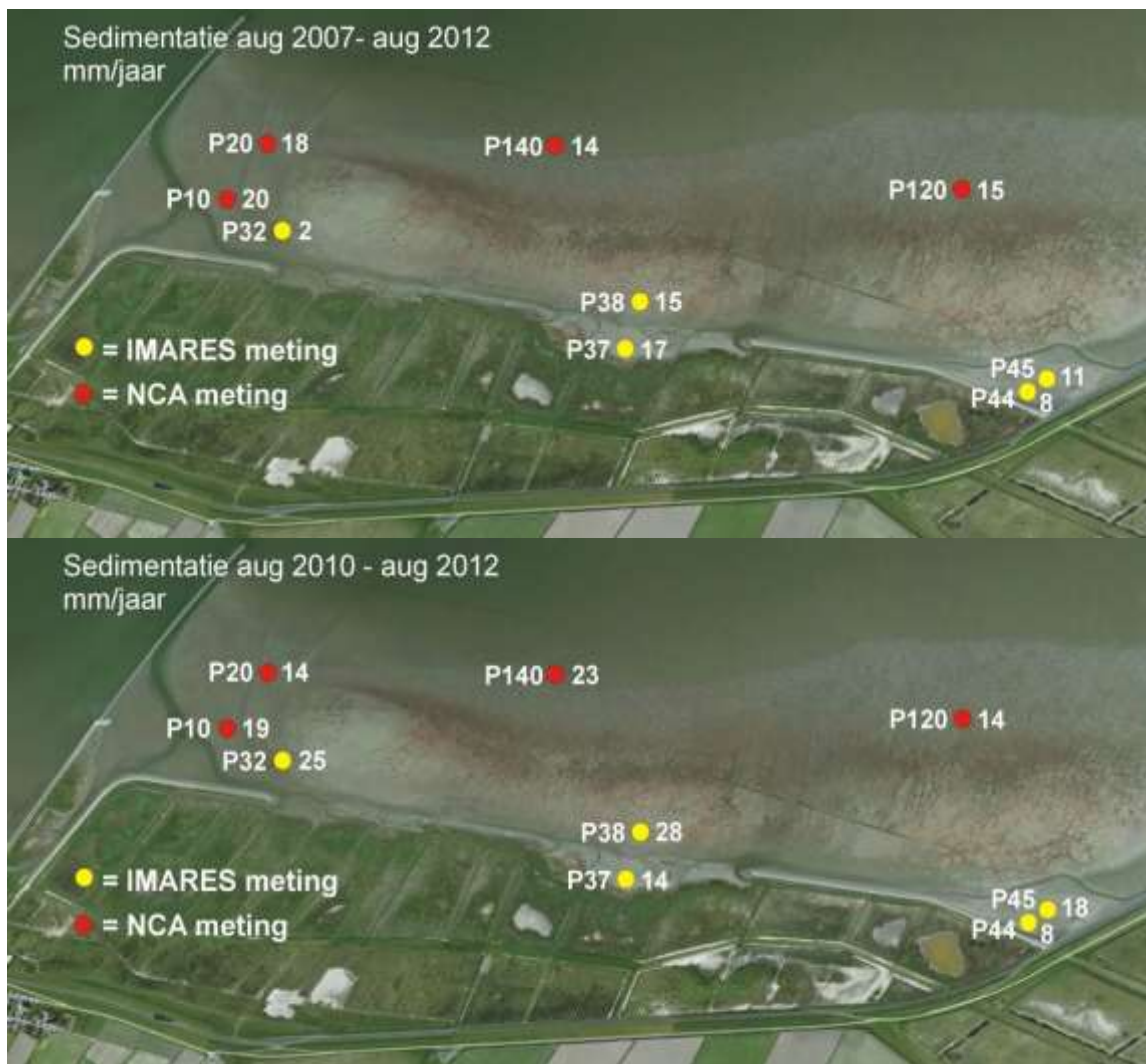


**Figuur 3.3** Maaiveldhoogteontwikkeling (mm) bij de 30 oorspronkelijke meetpunten in de pionierzone, lage en midden kwelder en zomerpolder van 1995-2007.

Voor de kwelder van de Peazemerlannen wordt in Meesters *et al.* (2006; Figuren 4.2-4.5) de verwachting uitgesproken dat de opslibbingsbalans 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 opslibbingsbalans 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. Dat kan 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 (Krol, 2013). Bij deze 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. Op de overgang van de kwelder naar het wad liggen een aantal meetstations van het NCA en IMARES 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.

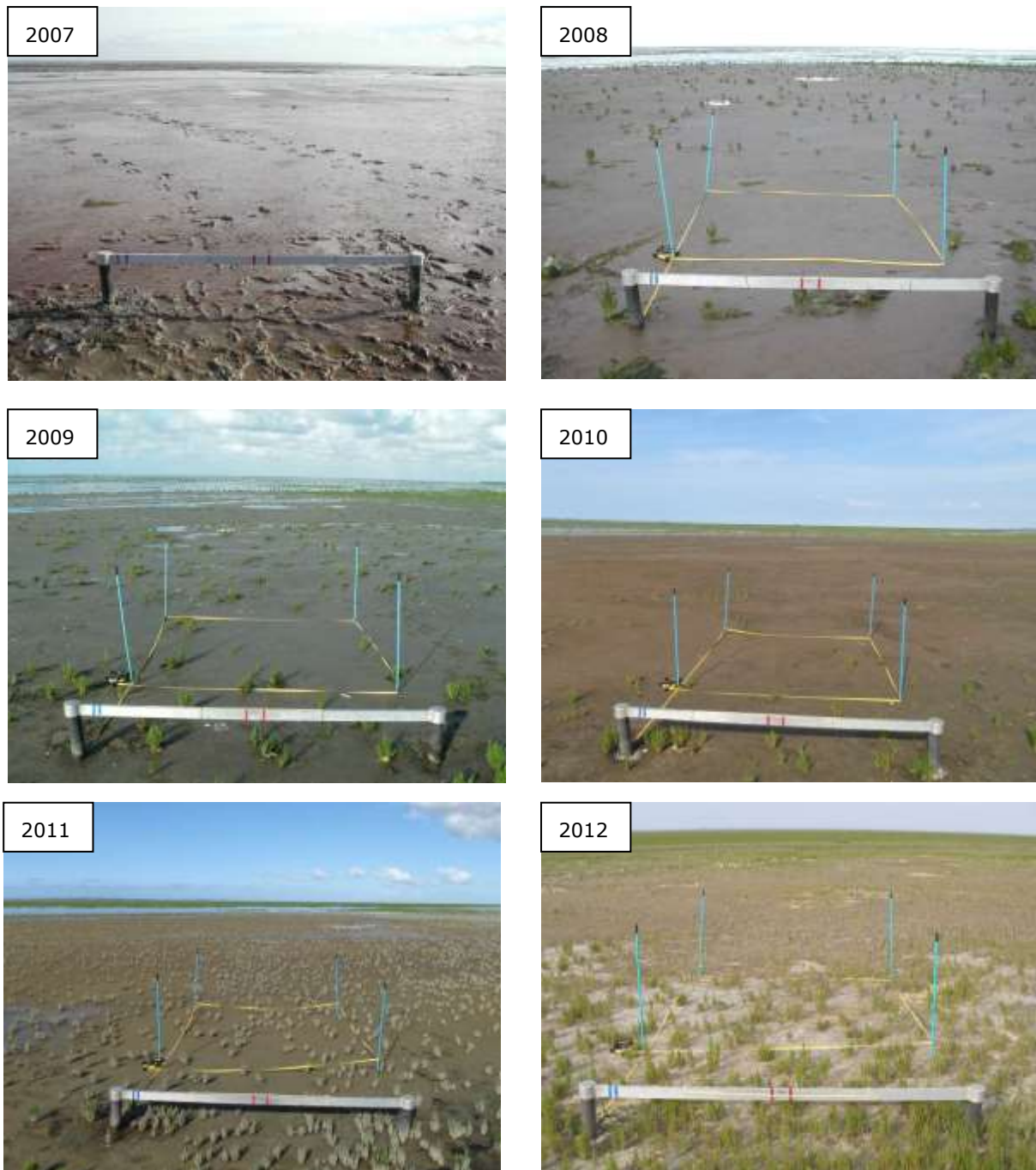


**Figuur 3.4.** Vergelijking van de opslibingsmetingen van NCA (rode punten) en IMARES (gele punten) op de grens van kwelder en wad bij de Peazemerlannen. Boven over periode aug 2007-aug 2012. Onder over periode aug 2010-aug 2012. De P met nummer betreft het meetpunt en het getal achter de stip de opslibing in mm/j.

**Tabel 3.1.** Vergelijking van sedimentatiemetingen van NCA en IMARES op overgang van kwelder naar wad. Er zijn 3 groepjes van 3 vrij dicht bij elkaar liggende punten (eerst meetpunt(en) van NCA gevolgd door die van IMARES).

	aug 2007-aug 2012	aug 2010-aug 2012
Meetpunt/Station	mm/j	mm/j
P10 (NCA)	20	19
P20 (NCA)	18	14
P32 (IMARES)	2	25
P140 (NCA)	14	23
P37 (IMARES)	17	14
P38 (IMARES)	15	28
P120 (NCA)	15	14
P44 (IMARES)	8	8
P45 (IMARES)	11	18
Gemiddeld	13	18

Omdat de meetreeks van IMARES vanaf augustus 2007 t/m augustus 2012 loopt, zijn ook de metingen van NCA over dezelfde periode berekend (zie Tabel 3.1). Aangezien beide meetmethodes een trendbreuk in de sedimentatie laten zien na de zomer van 2010 is ook een uitwerking gemaakt over de periode augustus 2010 – augustus 2012 (Tabel 3.1). De data zijn op een kaartbeeld weergegeven (Figuur 3.4) en ook daaruit blijkt dat de data vrijwel allemaal eenzelfde opslibbingstrend laten zien met een vergelijkbare ordegrrootte. Alleen station P32 valt uit de toon over de periode 2007-2012, maar dit station sedimenteert in de afgelopen twee jaar sterk en over de periode 2010-2012 past het volledig bij de overige stations. De gemiddelde sedimentatie van 13 mm/j over de periode 2007-2012 en 18 mm/j over de periode 2010-2012 (Tabel 3.1) past ook duidelijk bij de waarneming dat het kale wad voor de Peazemerlannen de laatste jaren is overgegaan in een met Zeekraal begroeide pionierzone (zie bv. Foto 3.1 en §3.4).

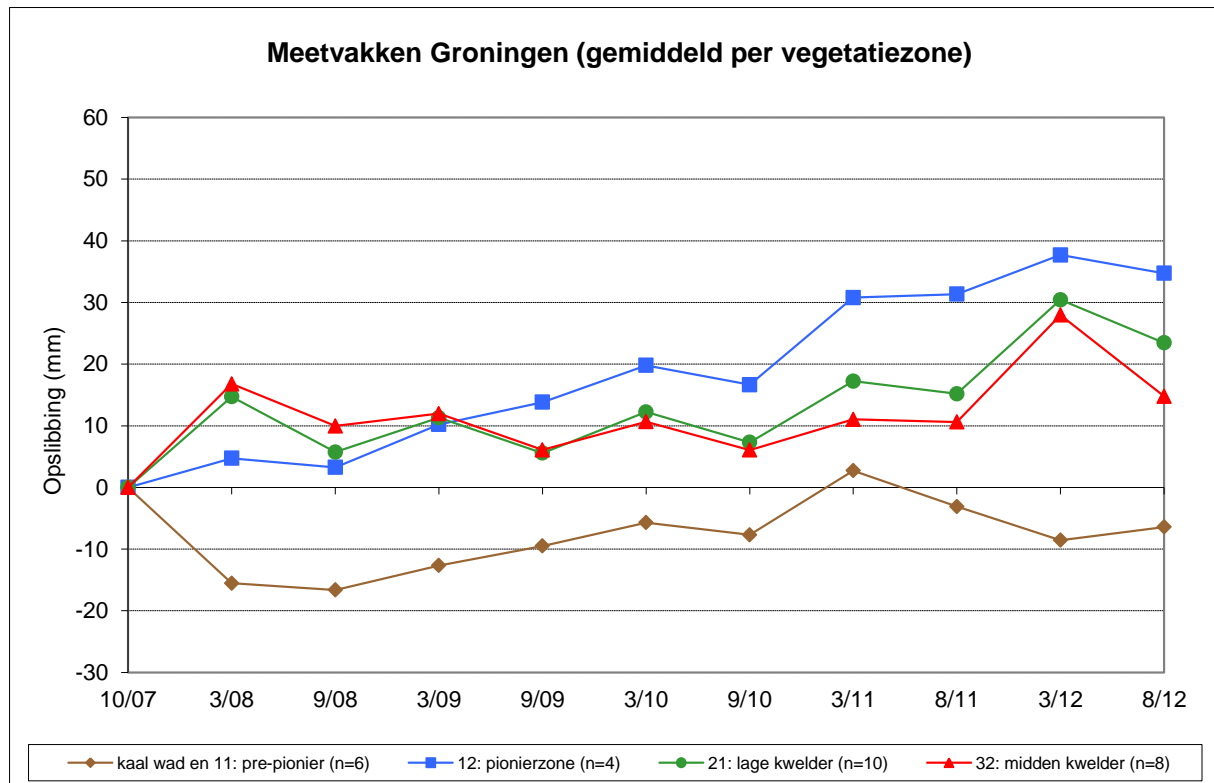


**Foto 3.1** Ontwikkeling pioniervegetatie van 2007-2012 bij het gat in de dijk bij pq 37.



### Referentiegebied

In het referentiegebied, de meetvakken in west-Groningen, ligt de gemiddelde jaarlijkse opslibbing iets lager dan in de Peazemerlanden en bedraagt ca. 4 mm/j in de kwelder en 7 mm/j in de pionierzone (Fig. 3.4). Het kale wad en de pre-pionierzone vertoonden een erosie van ruim 1 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 VI. Tijdens de najaarsmeting van 2012 bleek een van de SEB-palen van 339D te zijn afgemaaid, waardoor deze meting ontbreekt. Omdat nog niet bekend of deze lokatie regelmatig gemaaid gaat worden is de paal nog niet vervangen.



**Figuur 3.5** Maaiveldhoogteontwikkeling (mm+NAP) bij de meetpunten in de onderscheiden kwelderzones (met SALT97 code) in het referentiegebied west-Groningen vanaf 2007-augustus 2011.

Bij de opslibbing geldt in het algemeen, net zoals bij de vegetatie, dat pas na metingen gedurende langere periode (minimaal 5 jaar) een redelijk betrouwbare trend zichtbaar wordt. De verschillen tussen meetpunten, de dynamiek en verschillen tussen jaren die met name door weereffecten worden beïnvloed (regen, droogte, wind, storm) zorgen anders voor onbetrouwbare gemiddeldes.

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

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 voor het vrij constante verschil van ca. 5 cm tussen de metingen van 2008 en 2013 in meetvak 339 kon niet verklaard worden. Daarom is deze meting op 1/5/13 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.

### 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. In 2012 liepen er ca. 100 schapen, vooral in het westelijke deel van de zomerpolder. Hoewel er tijdens de vegetatieopnames wel beweidingssporen van rundvee waren is dit type vee toen niet aangetroffen, terwijl die er in andere jaren wel liepen. Het westelijke deel van de zomerpolder wordt intensief beweid, het middeldeel extensief en het oostelijke deel blijft vrijwel onbeweid, waarschijnlijk omdat er nog weinig gras staat, maar vooral Zeekraal en Schorrenkruid.

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 2012.

**Tabel 3.2** Vegetatiekarakterisering bij start gaswinning in 2007 en samenvatting van de gemiddelde jaarlijkse opslibbing of erosie en vegetatieontwikkeling van de meetpunten in de Peazemerlannen van 2007-2012.

PQ	Vegetatie-type 2007	Vegetatiezone 2007 (SALT97)	Maaiveld 2007 (m+NAP)	Gem. opslibbing 2007-2012 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2012	Bijzonderheden
37	kaal wad	kaal wad	1,04	16,8	Qq3: 12 pionierzone; lage bedekking, stabiel tot lichte successie	
38	kaal wad	kaal wad	0,97	14,8	Qq3: 12 pionierzone; lage bedekking, stabiel tot lichte successie	
32	Qq0	11: pre-pionierzone	0,83	2,0	Qq0: 11 pre-pionierzone; lage bedekking, stabiel	
44	Ss0	11: pre-pionierzone	0,96	7,6	Qq3: 12 pionierzone; vrij stabiel; lichte uitbreiding Zeekraal	
45	Qq0	11: pre-pionierzone	0,88	11,1	Qq3: 12 pionierzone; vrij stabiel; lichte uitbreiding Zeekraal	
47	Qq3	12: pionierzone	1,17	4,7	Qq3: stabiel Zeekraal/Schorrenkruid	Zomerpolder, meestal beweiding koeien en/of schapen
4	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,39	4,3	Pp: 21 lage kwelder; successie van Schorrenkruid naar Kweldergras	
5	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,38	6,3	Pp-u: 21 lage kwelder; successie van Schorrenkruid naar Kweldergras	
6	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,36	6,5	Pp: 21 lage kwelder; successie van pionier Zeekraal/Schorrenkruid naar Kweldergras	
8	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,36	6,4	Pp: 21 lage kwelder; successie van Schorrenkruid naar Kweldergras	
12	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,34	7,2	Pp-u: 21: lage kwelder; successie van Schorrenkruid naar Kweldergras	
46	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,18	9,6	Qq3: 12 pionierzone; vrij stabiel Zeekraal en Schorrenkruid	Zomerpolder, meestal beweiding koeien en/of schapen
48	Qu	22: lage kwelder met pioniersoorten	1,16	3,4	Qu: stabiel Zeekraal/Schorrenkruid	Zomerpolder, meestal beweiding koeien en/of schapen
14	Pp	21: lage kwelder	1,33	6,3	Pp: stabiel Kweldergras	
17	kaal	(oorspr. lage kwelder)	1,40	-2,6	Qq0: 11 pre-pionierzone; lage bedekking, stabiel	In poel; bij regen of na hoog water kans op stagnerend water; sommige jaren veveking van bodem

<b>PQ</b>	<b>Vegetatie- type 2007</b>	<b>Vegetatiezone 2007 (SALT97)</b>	<b>Maaiveld 2007 (m+NAP)</b>	<b>Gem. opslibbing 2007-2012 mm/j</b>	<b>Ontwikkeling vegetatie 2007-&gt;2012</b>	<b>Bijzonderheden</b>
19	Pp	21: lage kwelder	1,58	14,9	Xy5: 32 midden kwelder; successie van Kweldergras naar Zeekweek	
21	Ph3	21: lage kwelder	1,45	4,7	Pp: stabiel Kweldergras maar Zoutmelde vrijwel verdwenen	
24	Pp	21: lage kwelder	1,36	12,8	Ss3: 12 pionierzone; lichte regressie van Kweldergras naar Engels slijkgras	
25	Pp	21: lage kwelder	1,48	12,1	Pp-b: stabiel Kweldergras	
29	Pp-b	21: lage kwelder	1,54	10,3	Xy5: 32 midden kwelder; successie van Kweldergras naar Zeekweek	
31	Pp-u	21: lage kwelder	1,32	5,8	Pp: stabiel Kweldergras	
33	Pp	21: lage kwelder	1,44	5,2	Pp: stabiel Kweldergras	
34	Pp	21: lage kwelder	1,35	21,4	Pp: stabiel Kweldergras	
35	Pp	21: lage kwelder	1,42	16,5	Pp: stabiel Kweldergras	
36	Pp	21: lage kwelder	1,34	16,6	Pps: lichte regressie, uitbreiding Slijkgras ten koste van Kweldergras	
39	P	21: lage kwelder	1,22	16,5	Pps: lichte regressie, van Kweldergras naar Engels slijkgras	
40	P	21: lage kwelder	1,13	2,0	Pp: stabiel Kweldergras, met toenemende bedekking	
41	Pp	21: lage kwelder	1,53	8,9	Jj: 33 midden kwelder met hoge kwelder-soorten; lichte successie van Kweldergras naar Zilte rus	
42	Pp	21: lage kwelder	1,51	7,9	Ppa: stabiel Kweldergras	Grenzend aan poel; bij regen of hoog water kans op stagnant water
43	Ppa	21: lage kwelder	1,52	11,9	Ppa: stabiel Kweldergras/Zeeaster	
7	Xy5	32: midden kwelder	1,49	12,3	Xy5: stabiel Zeekweek	
9	Xy5	32: midden kwelder	1,50	14,8	Xy5: stabiel Zeekweek	
10	Xy5	32: midden kwelder	1,67	13,2	Xy5: stabiel Zeekweek	
11	Xy5	32: midden kwelder	1,53	8,5	Xy5: stabiel Zeekweek	
13	Xy5	32: midden kwelder	1,40	8,1	Xy5: stabiel Zeekweek	
15	Xx5	32: midden kwelder	1,46	11,7	Xy5: stabiel Zeekweek	
16	Xy5	32: midden kwelder	1,46	6,9	Xy5: stabiel Zeekweek	
18	Xy5	32: midden kwelder	1,47	10,0	Xy5: stabiel Zeekweek	
20	Xy5	32: midden kwelder	1,63	9,6	Xy5: stabiel Zeekweek	
22	Xy5	32: midden kwelder	1,63	16,9	Xy3: stabiel Zeekweek	
23	Xy5	32: midden kwelder	1,63	21,9	Xy5: stabiel Zeekweek	
26	Xy5	32: midden kwelder	1,67	13,3	Xy5: stabiel Zeekweek	
27	Xy5	32: midden kwelder	1,59	16,7	Xy5: stabiel Zeekweek	
28	Xy5	32: midden kwelder	1,58	15,0	Xy5: stabiel Zeekweek	
30	Xy5	32: midden kwelder	1,61	6,5	Xy5: stabiel Zeekweek	
1			1,50	2,1		Zomerpolder, beweid: meestal schapen, soms ook koeien
2			1,51	3,9		Zomerpolder, beweid: meestal schapen, soms ook koeien
3			1,48	1,1		Zomerpolder, beweid: meestal schapen, soms ook koeien

Over het geheel genomen was de vegetatie in de meeste pq's in de Peazemerlannen stabiel ten opzichte van het beginjaar 2007. Er heeft in acht pq's successie plaatsgevonden en in drie pq's (24, 36 en 39) een lichte regressie. Dit zijn alle drie pq's die bij het gat, op de grens van lage kwelder en pionierzone liggen. De oorzaak ligt bij twee van 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 betekend het een lichte regressie. Deze ontwikkeling is echter niet het gevolg van bodemdaling. De enige pq die in alle opzichten achterblijft is pq 17, maar die 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 echter 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.

#### Referentiegebied

Ook in het referentiegebied was de vegetatie in de meeste pq's stabiel. Er heeft in vier pq's successie plaatsgevonden en in twee pq's een lichte regressie, die in geval van 359F in ieder geval veroorzaakt is door beweiding en dat is daar ook het doel van de beweiding. 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 kale plekken zijn ontstaan bij de pq's. In 2010 zijn de pq's in meetvak 359 eenmalig van ca. 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 plaatsgevonden. In 2012 hebben er 13 pinken in MV 311 gelopen. Het Groninger kwelderherstelplan, waarvoor de afgelopen 2 jaar inrichtingswerkzaamheden zijn uitgevoerd, houdt onder meer in dat er meer en regelmatig beweide zal gaan worden in de kwelder. De kans is dus groot dat de komende jaren ook in het referentiegebied de beweidingintensiteit zal toenemen.

In Tabel 3.3 wordt een samenvatting gegeven van de resultaten voor het referentiegebied. Voor alle meetpunten wordt de uitgangssituatie vermeld en de ontwikkeling van 2007 naar 2012.

**Tabel 3.3** Vegetatiekarakterisering uitgangssituatie in 2007 en samenvatting van de gemiddelde jaarlijkse opslibbing of erosie en vegetatieontwikkeling van de meetpunten in het referentiegebied van 2007-2012. \* Bij meetvak 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 2007-2012 mm/j	Ontwikkeling vegetatie 2007->2012	Bijzonderheden
286K	Kaal	-	0,83	8,6	Kaal: stabiel	
311N	Kaal	-	0,87	-0,2	Kaal: stabiel	
324K	Kaal	-	0,96	-3,0	Qq0: 11 pre-pionierzone; lichte successie, maar lage bedekking Zeekraal	
359I	Kaal	-	0,87	-7,1	Qq0: stabiel, lage bedekking Zeekraal of kaal	
339K	Sso	11: pre-pionierzone	0,94 *	-1,3	Qq0: stabiel, lage bedekking Zeekraal of kaal	
356I	Qqo	11: pre-pionierzone	0,86	-4,6	Qqo: stabiel, Zeekraal, maar lage bedekking	
339I	Ss3	12: pionierzone	1,34 *	2,2	P: 21 lage kwelder, stabiel tot lichte successie; Engels slijkgras naar Kweldergras, maar lage bedekking	Alle jaren beweide met ca.10 paarden, vertrapping
356F	Ss5	12: pionierzone	1,38	1,5	Ss5: stabiel, Engels slijkgras	Soms beweide met ca. 10 stieren, matige vertrapping
356H	Ss5	12: pionierzone	1,35	7,6	Ss3: stabiel, Engels slijkgras	Soms beweide met ca. 10 stieren, matige vertrapping
359H	Ss3	12: pionierzone	1,11	16,6	Ss5: stabiel, Engels slijkgras	



<b>PQ</b>	<b>Vegetatie-type 2007</b>	<b>Vegetatiezone 2007 (SALT97)</b>	<b>Maaiveld 2007 (m+NAP)</b>	<b>Gem. opslibbing 2007-2012 mm/j</b>	<b>Ontwikkeling vegetatie 2007-&gt;2012</b>	<b>Bijzonderheden</b>
<b>286C</b>	Ppa	21: lage kwelder	1,46	2,2	Ppa: stabiel, Kweldergras	
<b>286I</b>	Ph5	21: lage kwelder	1,42	6,6	Ss5b: 12 pionierzone; regressie van Zoutmelde naar Engels slijkgras	
<b>311L</b>	Ph5	21: lage kwelder	1,46	7,4	Xy5: 32 midden kwelder; successie van Zoutmelde naar Zeekweek	
<b>311M</b>	Ph3	21: lage kwelder	1,40	8,0	Xy3: 32 midden kwelder; successie van Zoutmelde naar Zeekweek	
<b>324H</b>	Pp	21: lage kwelder	1,41	0,8	Pp: stabiel, Kweldergras	
<b>324I</b>	Pps	21: lage kwelder	1,43	2,8	Ph3*: stabiel, Kweldergras/ Zoutmelde	
<b>339F</b>	Ph3	21: lage kwelder	1,35 *	3,8	Pp: stabiel, Kweldergras	Soms beweid met ca. 10 paarden, lichte vertrapping
<b>339H</b>	Pp	21: lage kwelder	1,43 *	9,7	Pp: stabiel, Kweldergras	Soms beweid met ca. 10 paarden, lichte vertrapping
<b>356G</b>	Pp/Ph3	21: lage kwelder	1,47	1,7	Xy3: 32 midden kwelder; successie van Kweldergras naar Zeekweek	Soms beweid met ca. 10 stieren, matige vertrapping
<b>359G</b>	Ph5	21: lage kwelder	1,44	4,0	Xy5: 32 midden kwelder; successie van Zoutmelde naar Zeekweek	
<b>286D</b>	Xy5	32: midden kwelder	1,55	1,6	Xy5: stabiel, Zeekweek	
<b>286F</b>	Xy5	32: midden kwelder	1,48	4,2	Xy5: stabiel, Zeekweek	
<b>286H</b>	Xy5	32: midden kwelder	1,51	5,4	Xy5: stabiel, Zeekweek	
<b>311G</b>	Xy5	32: midden kwelder	1,50	-2,6	Xy5: stabiel, Zeekweek	
<b>311I</b>	Xx5	32: midden kwelder	1,56	2,3 *	Xy5: stabiel, Zeekweek	
<b>311K</b>	Xy5	32: midden kwelder	1,61	1,2	Xy5: stabiel, Zeekweek	
<b>324G</b>	Xy5	32: midden kwelder	1,48	7,7	Xy5: stabiel, Zeekweek	
<b>359F</b>	Xy5	32: midden kwelder	1,49	3,9	Xy3: regressie van Zeekweek naar Zeekweek en Zeeaster	
<b>339D</b>	-----	Soortensamenstelling niet in SALT97; zie tekst	1,98 *	-		Boerenkwelder, alle jaren beweid met ca. 10 paarden, geen vertrapping; in 2012 ook gemaaid waarbij SEB-paal is afgemaaid

PQ 339D ligt in de hoge boerenkwelder en is zeer kort afgegrasd (en zelfs kort gemaaid in 2012). De vegetatie is tot nu toe door de soortensamenstelling, net zoals die in de zomerpolder van de Peazemerlannen, niet met SALT97 te benoemen. Tijdens de monitoringjaren bestond de bedekking voor 60-90% uit grassen met Gewoon struisgras en Rood zwenkgras als hoofdsoorten. De overige bedekking werd meestal gedomineerd door Zilverschoon. Andere regelmatig aanwezige kruiden waren bv. Witte klaver en Aardbeiklaver.

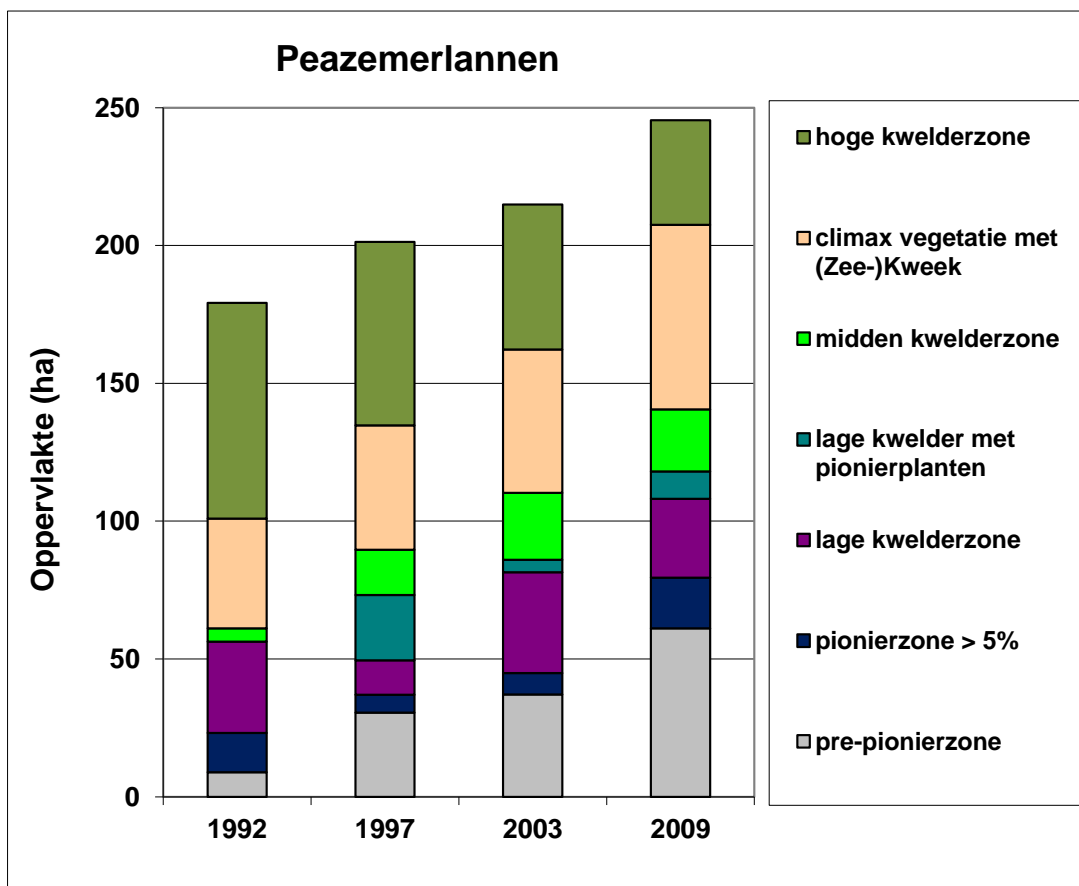
### 3.4 Vegetatiekaarten RWS

De biodiversiteit van de kweldervegetatie wordt door RWS 6-jaarlijks gemeten met vlakdekkende vegetatiekaarten, inclusief de boerenkwelders en soms zomerpolders.

In dit rapport zijn enkele van deze vegetatiekaarten afgeleide vereenvoudigde zonekaarten opgenomen, die een beeld geven van de ontwikkeling van de afgelopen tijd. Op de zonekaarten (Figuur 3.7 en 3.8) en

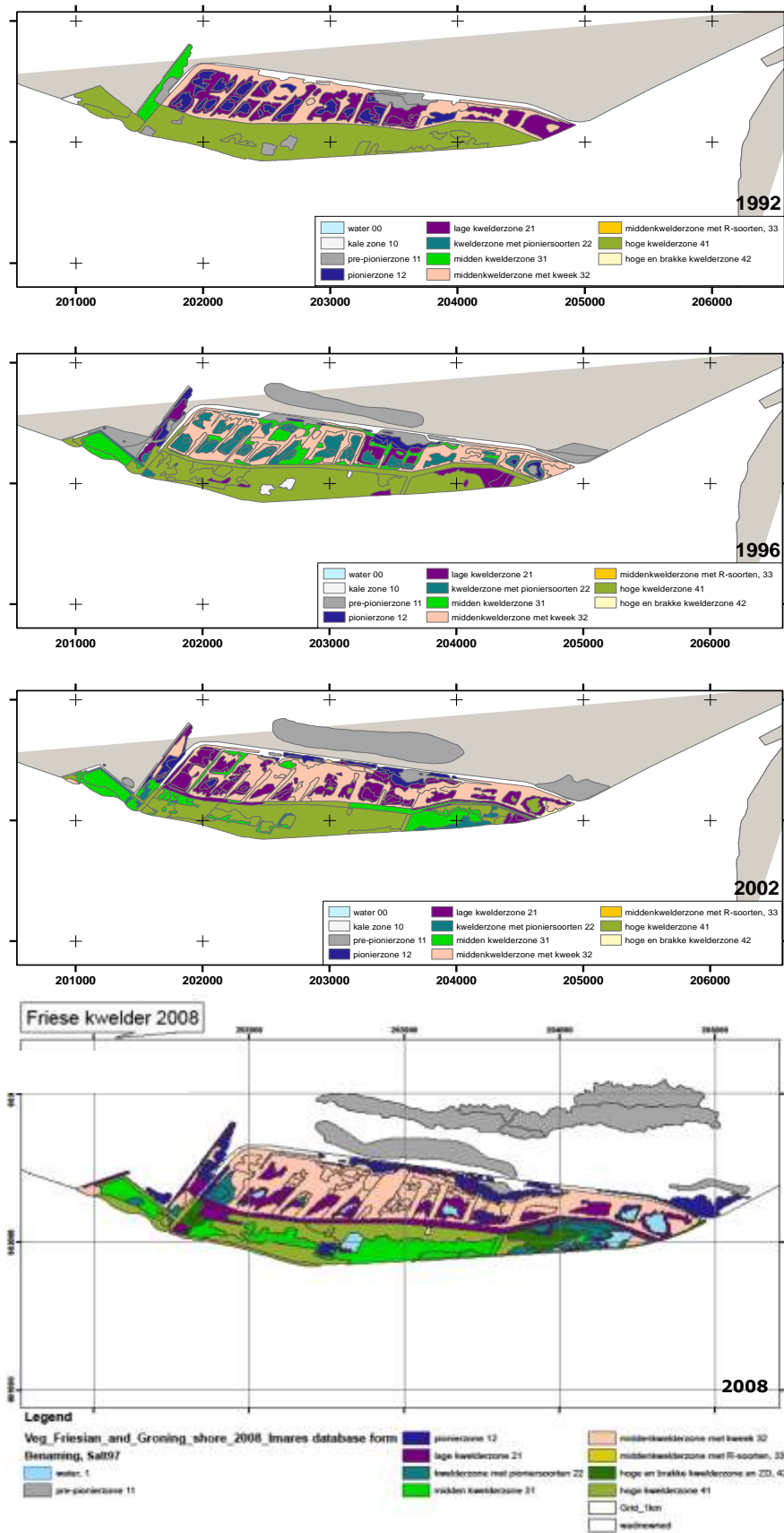
in Figuur 3.6, waar de zoneverschuivingen in de Peazemerlannen zijn samengevat, is de successie/veroudering naar Zeekweek en de afname van de biodiversiteit in de afgelopen 20 jaar duidelijk zichtbaar. Dit is een natuurlijk gevolg van opslibbing in combinatie met de afnemende beweiding. Opvallend voor de Peazemerlannen is verder de toename van de (pre-)pionierzone op het wad vanaf 1992.

In de westelijke Groninger kwelderwerken, langs de Negenboerenpolder, is opmerkelijk dat ca. 20 ha lage kwelderzone is veranderd naar pionierzone. 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.

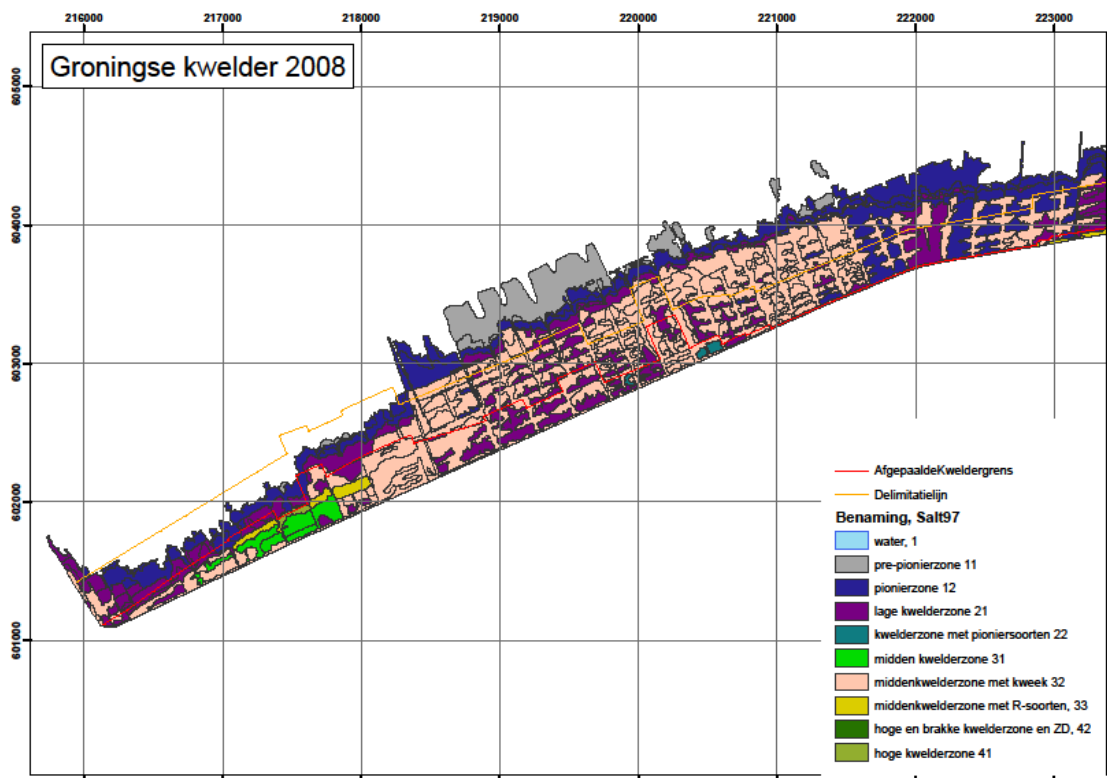
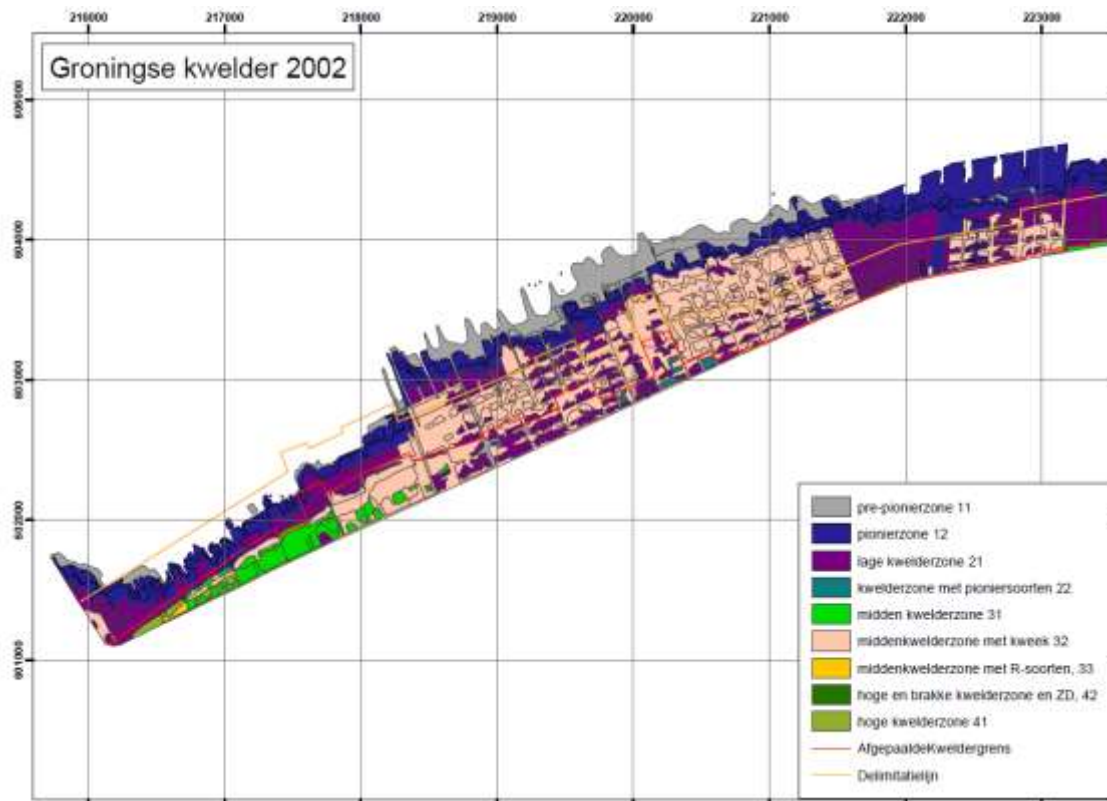


**Figuur 3.6** Ontwikkeling vegetatiezones in de Peazemerlannen van 1992-2009 (gebaseerd op gegevens uit de RWS-vegetatiekaarten uit 1992, 1996, 2002 en 2008).

# Peazemerlannen



Figuur 3.7 Zoneringskaarten van de vegetatie in de Peazemerlannen.



**Figuur 3.8** Zoneringskaarten van de vegetatie in de westelijke Groninger kwelderwerken.

### 3.5 Kliferosie

Door de aanwezigheid van zeer veel poeltjes in het grensgebied van pionierzone en kwelder (aanvankelijk onbegroeid en vaak in ieder geval deel van het jaar gevuld met water (zie Foto 3.2) en in de loop der jaren steeds meer begroeid met Engels slijkgras) was er niet altijd één duidelijke klifrand aanwezig. Vanaf 2009 bleken veel van de in 2007 aanwezige poeltjes deels of vrijwel geheel begroeid waren met Engels slijkgras waardoor de kwalificatie poeltje verviel.



**Foto 3.2** Poeltjes in grensgebied pionierzone en lage kwelder.

Bij het vergelijken van de verschillende tracks is uiteindelijk gebleken dat deze GPS-metingen een te grote onnauwkeurigheid hebben om tot goede resultaten te komen. Het is de bedoeling deze methode te vervangen voor metingen met een recent beschikbaar gekomen RTK-GPS (Trimble R6).

### 3.6 Langjarige opslibbing en vegetatie meetvakken in west-Groningen

Van de historische dataset van RWS met opslibbing en vegetatieontwikkeling in de meetvakken worden in deze rapportage slechts enkele voorbeelden gegeven ter illustratie, omdat de gegevens over 2011 en 2012 nog niet beschikbaar waren. Voor uitgebreide en aanvullende informatie wordt verwezen naar Dijkema *et al.* 2001 en 2012.

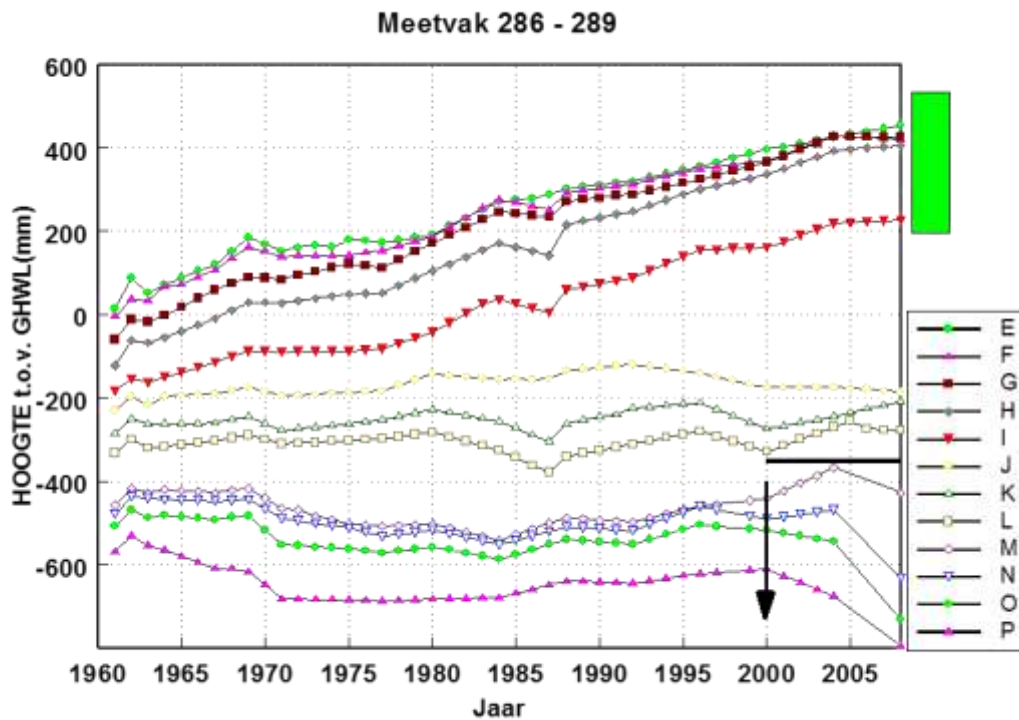
#### *Opslibbing*

In Figuur 3.9 staat de gemiddelde hoogteontwikkeling vanaf 1960 vanaf de dijk (subvak E) tot aan het kale wad (subvak P) in meetvak 286-289. De kweldervakken E t/m I laten een duidelijk stijgende lijn zien. 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. De nieuwe dwarsdam tussen de subvakken L en M uit 2000 heeft direct een toename van de opslibbing tot gevolg. Beide ingrepen laten zien hoe beheermaatregelen een snel en direct effect op de hoogteontwikkeling kunnen hebben.

De gemiddelde opslibbing over 15 jaar (1992-2007) in de 5 referentie-meetvakken per (vegetatie)zone staat vermeld in Tabel 3.5.

**Tabel 3.5** Gemiddelde opslibbing in de 5 Groninger referentie-meetvakken over de periode 1992-2007.

	3 <sup>e</sup> bezinkveld onbegroeid	2 <sup>e</sup> bezinkveld onbegroeid	2 <sup>e</sup> bezinkveld pionierzone	1 <sup>e</sup> bezinkveld kwelderzone
Gemiddelde opslibbing 1992-2007	- 4 mm/j	3 mm/j	4 mm/j	14 mm/j



**Figuur 3.9** 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. De horizontale vette balk geeft aan dat in 2000 een nieuwe dwarsdam is aangelegd tussen vak L en M.

#### Vegetatie

In de laatste jaren is in de transecten duidelijk de toenemende successie/veroudering van de vegetatie te zien. Uiteindelijk leidt een toenemende hoogte van het maaiveld vrijwel altijd tot een soortenarme climaxvegetatie waarin Zeekweek en Spiesmelde domineren. Alleen beweiding en/of een slechte ontwatering kan deze ontwikkeling tegengaan of vertragen. In Tabel 3.5 is de vegetatieontwikkeling samengevat voor de 5 referentie-meetvakken.

**Tabel 3.5** Samenvatting vegetatieontwikkeling in de 5 referentie-meetvakken 1960-2010.

Meetvak	1960-1969	1970-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2007-2010
286 onbeweid								
289 onbeweid								
356 onbeweid ->extensief								
359 onbeweid ->extensief								
308 extensief beweid								
311 extensief beweid								
324 extensief beweid								
327 extensief beweid								
337 extensief beweid								
339 extensief beweid								

**Salt97 soortengroepen:**

**Pionierplanten**

Zeekraal  
Engels slijkgras

**Lage kwelderplanten**

**Diverse zones (= Asteretea)**

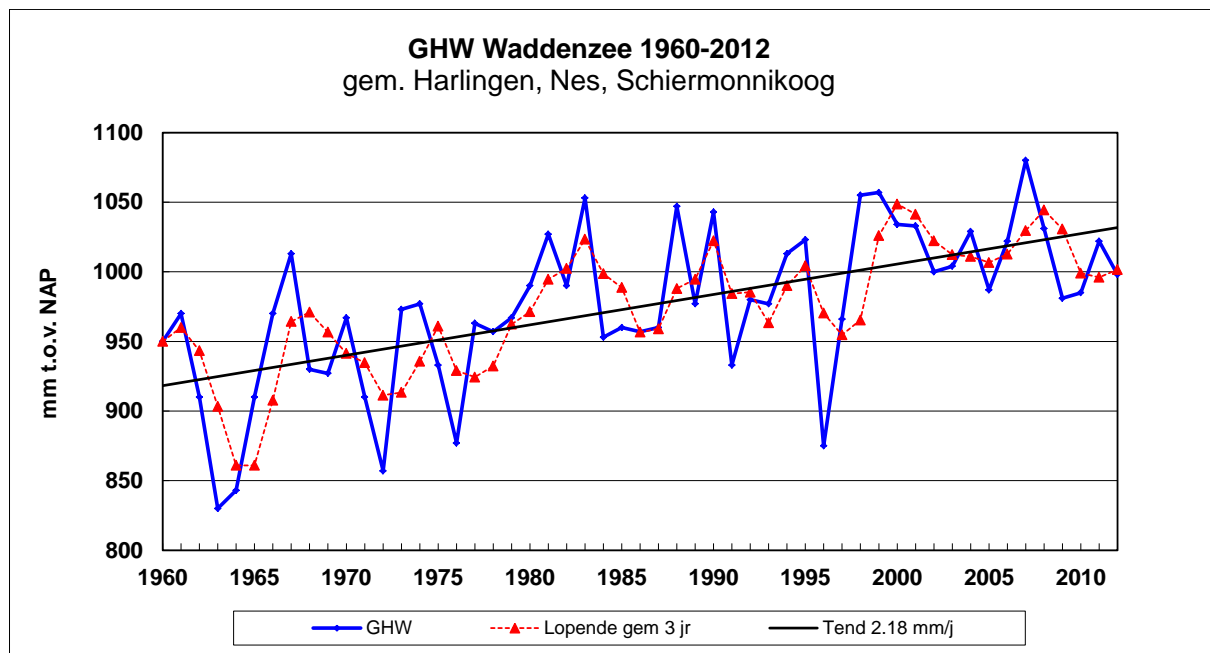
Zeeaster  
Gerande schijnspurrie  
Lamsoor  
Zeeweegbree  
Schorrezoutgras

**Climaxplanten (= "voedselrijk")**

Zeekweek  
Spiesmelde  
Strandmelde

**3.7 Jaargemiddeld hoogwater**

Het jaargemiddelde hoogwater voor Harlingen, Nes en Schiermonnikoog is weergegeven in Figuur 3.10. De jaargemiddelde GHW-lijn 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 1960-2012 is ca. 2 mm/j.



**Figuur 3.10** Jaargemiddelde hoogwater van 1960-2012. (Op basis van RWS-data voor Harlingen, Nes en Schiermonnikoog.)

Opvallend is dat er vier jaren met een vrij laag gemiddeld hoogwater in de laatste vijf jaar zitten, maar dit hoeft niet te betekenen dat er daardoor minder opslibbing plaatsvindt.

### **3.8 Statistiek**

Op dit moment wordt een statistische analyse betreffende de eventuele effecten van bodemdaling op de kweldervegetatie niet zinvol geacht. De reden hiervoor is dat er in de meetperiode van 2007-2012 een bodemdaling van 2 mm/j is geweest in de Peazemerlanden, terwijl de opslibbing bij de meeste pq's daar boven lag. Het gevolg van deze netto opslibbing is terug te vinden in de stabiliteit of successie van de vegetatie van de meeste pq's. Daarnaast is de bij enkele pq's waargenomen regressie in vegetatietype te verklaren door andere factoren dan bodemdaling.

Van de zeven pq's waar de opslibbing gemiddeld over de hele meetperiode  $<4$  mm/j is de opslibbingstrend bij zes daarvan sinds 2010 aan het toenemen, zelfs bij degenen die in de zomerpolder liggen. De enige pq die in alle opzichten achterblijft is pq 17, maar die 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 echter 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.



## 4 Conclusies

### Methodes:

- Alle ingezette methodes om de ontwikkelingen in de kweldervegetatie te monitoren en eventuele effecten van bodemdaling te achterhalen hebben voldaan, met uitzondering van de GPS-methode om eventuele kliferosie te meten. Deze laatste methode bleek niet nauwkeurig genoeg om eventuele verschillen waar te kunnen nemen. Vanaf 2013 zal een andere methode, RTK-GPS, worden ingezet die beter geschikt lijkt, omdat die methode een veel nauwkeuriger plaatsbepaling geeft.

### Opslibbing Peazemerlannen:

- De gemiddelde gemeten opslibbing over de afgelopen 5 jaar in de Peazemerlannen was bij de meeste pq's voldoende om de gemeten bodemdaling over deze periode (2 mm/j) en een Gemiddeld Hoogwater-stijging van 2 mm/j bij te houden. Van de zeven pq's die op dit moment een gemiddelde opslibbing tijdens de hele meetperiode hebben van minder dan 4 mm/j, vertonen zes daarvan sinds 2010 wel een toenemende opslibbingstrend.
- In de westelijke zomerpolder was vroeger inklink het bepalende proces. Nu is er een lage opslibbing gemeten, die soms genoeg is om de zeespiegelstijging bij te houden, maar niet de daar bijkomende bodemdaling. De nog steeds beperkte aanvoermogelijkheid van sediment (o.a. door zomerkade(s) en soms (gedeeltelijk) door sediment en/of vegetatie geblokkeerde duikers) en de vrij hoge ligging van de pq's zorgen voor deze lage opslibbing. Vooral in de lagere delen van de zomerpolder is de drainage vaak minder goed waardoor er water kan blijven staan waardoor de vegetatie kan afsterven. Sedimentatie en drainage in de zomerpolder verdienen daarom extra aandacht.
- Uit zowel de metingen van Natuurcentrum Ameland als IMARES blijkt dat de opslibbing lokaal grote verschillen kan vertonen, niet alleen per locatie, maar ook per jaar. De ordegrootte van de opslibbing van de twee spijkermetingen en SEB-metingen bleek goed vergelijkbaar.

### Vegetatieontwikkeling Peazemerlannen:

- De vegetatie bij de meeste pq's is stabiel of vertoont successie, wat verwacht kan worden bij een positieve opslibbingsbalans. Dit laat zien dat er als gevolg van bodemdaling geen kritische grens is overschreden (ervaring tijdens Ameland monitoring), 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 drie pq's die op basis van het vegetatietype een lichte regressie lieten zien lagen allemaal op de grens van lage kwelder en pionierzone bij het gat in het midden van de dijk. In deze zone is Engels slijkgras zich vrij sterk aan het uitbreiden de laatste paar jaar (kleine poeltjes groeien dicht). Bij twee van deze pq's heeft er een vrij sterke uitbreiding van Engels slijkgras plaatsgevonden die vooral ten koste is gegaan van onbegroeide delen 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 is ook in het referentiegebied waargenomen (buiten de pq's) en daarom niet het gevolg van bodemdaling.

### Opslibbing en vegetatieontwikkeling Referentiegebied

- De meetpunten in het referentiegebied vertoonden, ondanks een lagere gemiddelde opslibbing, een vergelijkbaar beeld: stabiele vegetatie bij de meeste pq's, successie bij een enkele pq en regressie bij twee pq's, waarvan de oorzaak in één geval beweiding was.

## 5 Mogelijke knelpunten

Een goed referentiegebied vinden is vaak een lastige opgave. Met de westelijke kwelderwerken in Groningen werd gedacht daarin vrij goed geslaagd te zijn. De ontwikkelingen tijdens de laatste jaren geven echter aanleiding tot enige zorg. Het Kwelderherstelplan Groningen heeft onder andere tot doel via beweiding de biodiversiteit te herstellen, met name in de delen waar de climaxvegetatie met Zeekweek dominant is. Vanzelfsprekend zal de autonome ontwikkeling in het referentiegebied Groningen hierdoor worden beïnvloed. Niet alleen de inrichtingswerkzaamheden (bv. fysieke verstoring door machines, maaien en graven, tijdens aanpassen drainagesysteem en aanleg van vluchtroutes voor het

vee), maar ook het beoogde aangepaste beweidingsbeheer gaat invloed uitoefenen op de ontwikkeling van de hoogteligging, de vegetatie en lokaal mogelijk ook drainage. Aangezien de locaties waar vee ingezet gaat worden, het type vee en de duur en intensiteit niet vast ligt, maar deels door de situatie van het moment zullen worden bepaald, is het moeilijk te voorspellen of en hoe groot het effect zal zijn en of het gebied nog als referentie zal kunnen blijven dienen.

Niet alleen in het referentiegebied, maar ook in de Peazemerlanden bestaan plannen om de kwelder te gaan beweiden, aangezien die net zoals de Groninger kwelders steeds meer gedomineerd wordt door Zeekweek. Daarnaast zijn er diverse verkenningen geweest om te zien of de zomerpolder (deels) verkwelderd zou kunnen worden. Door aanpassen van het beweidingsbeheer of verkwelderen zal ook hier de autonome ontwikkeling veranderen en zal het moeilijk worden eventuele effecten van bodemdaling te filteren uit andere externe factoren. Verkwelderen van de zomerpolder zal echter wel een hogere opslibbing tot gevolg hebben, waardoor zeespiegelstijging en bodemdaling beter bijgehouden kunnen worden.

## 6 Aanbevelingen

- Om een deel van de veranderingen in de vegetatiesamenstelling te kunnen verklaren zou het goed zijn om over betere beweidingsgegevens te beschikken. Gestreefd moet worden naar een jaarlijks overzicht van de beweidingsintensiteit (soort vee en dichtheden) en beweidingduur (bij voorkeur data). Dit vergt wel medewerking van de betrokkenen met vee op de kwelder.
- In 1995 is door de NAM de maaiveldhoogte gemeten van een vrij uitgebreid grid van punten in de zomerpolder en kwelder van de Peazemerlanden. De coördinaten zijn daarbij ook vastgelegd. Hermeting van deze punten zou een waardevolle aanvulling kunnen zijn op de huidige puntmetingen.
- Gezien de verstoringen van de SEB-palen die kunnen optreden door bv. ijsgang, vee of beheermaatregelen, is het verstandig de koppen minimaal elke 5 jaar te waterpassen.
- Om de eventuele effecten van bodemdaling te kunnen waarnemen moeten er bij voorkeur zo min mogelijk andere externe factoren zijn die (mogelijk vergelijkbare) effecten kunnen veroorzaken, niet alleen in het bodemdalingsgebied, maar ook in het referentiegebied. Dit betekent natuurlijk niet dat alle projecten of initiatieven die zich richten op verhoging van de biodiversiteit (bv. beweidingen-projecten) of het voorkomen van toekomstige eventuele nadelige effecten van zeespiegelstijging (bv. verkwelderingen) uitgesteld of afgeblazen moeten worden in de monitoringgebieden. Het is echter wenselijk met de beheerders van zowel de Peazemerlanden (It Fryske Gea) als van het referentiegebied (Vereniging van Oevereigenaren) te overleggen wat de mogelijkheden zijn voor een optimale inpassing van de verschillende genoemde aspecten.

## 7 Referenties

- Bossinade, J.H., van den Bergs, J. & Dijkema, K.S., 1993. De invloed van de wind op het jaargemiddelde hoogwater langs de Friese en Groninger waddenkust. Rijkswaterstaat Directie Groningen/DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Texel. 22 p.
- 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.
- 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., 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. IMARES-*Texel*; Rijkswaterstaat, Leeuwarden/Buitenpost. 80 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*.
- Esselink, P., 2000. Nature management of coastal salt marshes. Interactions between anthropogenic influences and natural dynamics. Proefschrift Rijksuniversiteit Groningen. 256 p.
- 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.
- 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.
- Janssen, J. A. M., 2001. Monitoring of salt-marsh vegetation by sequential mapping. Proefschrift, Universiteit Amsterdam.
- Krol, J., 2013. Evaluatierapport Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2012. Natuurcentrum Ameland. 30 p.
- 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-*Texel*. 191 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.
- 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.
- 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 C082/13

Projectnummer: 439.61087-03

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

Akkoord: Dr. F. E. Fey-Hofstede  
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 30 mei 2013

Akkoord: Drs. J. Asjes  
Afdelingshoofd Ecosystemen

Handtekening:



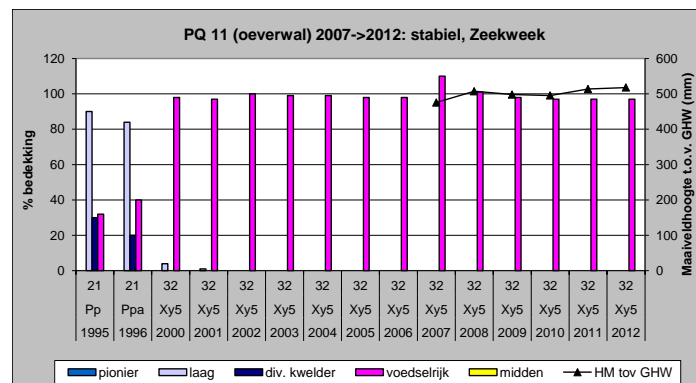
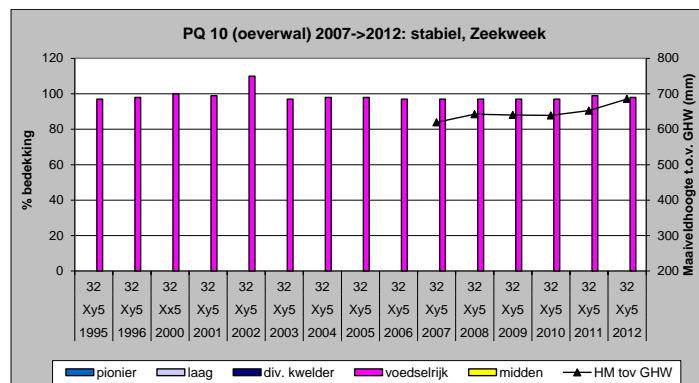
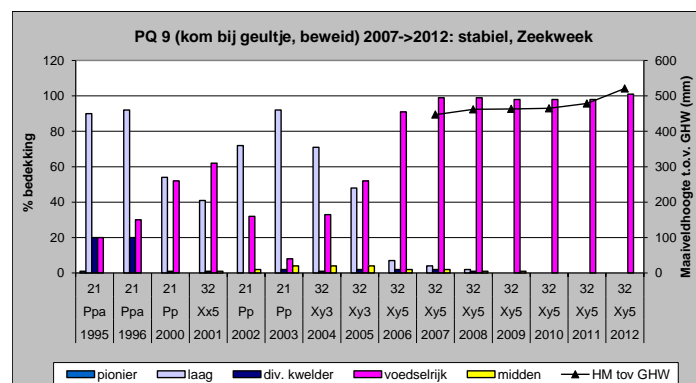
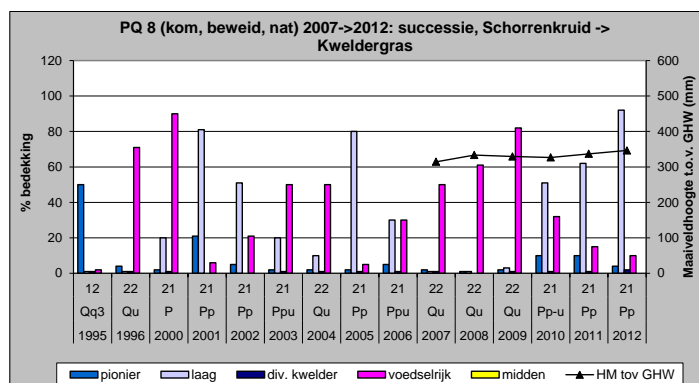
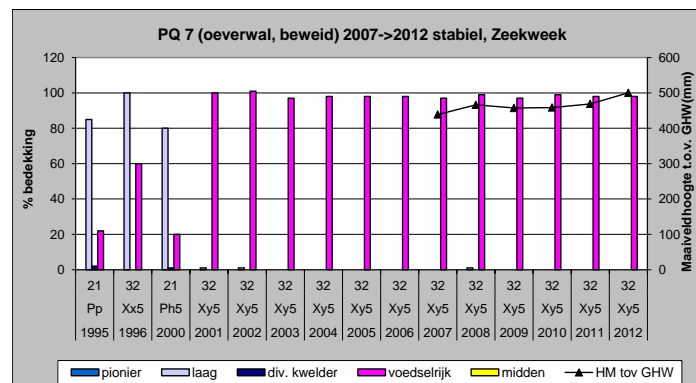
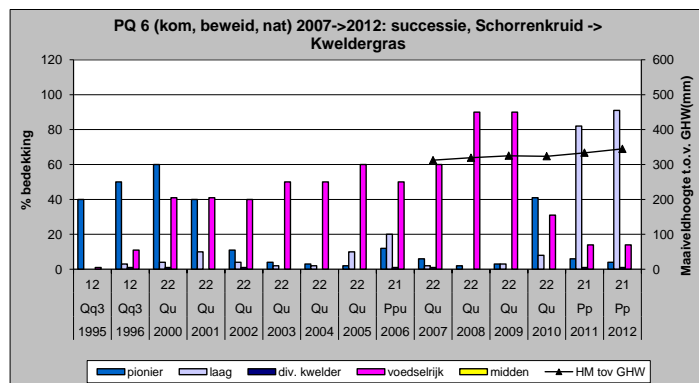
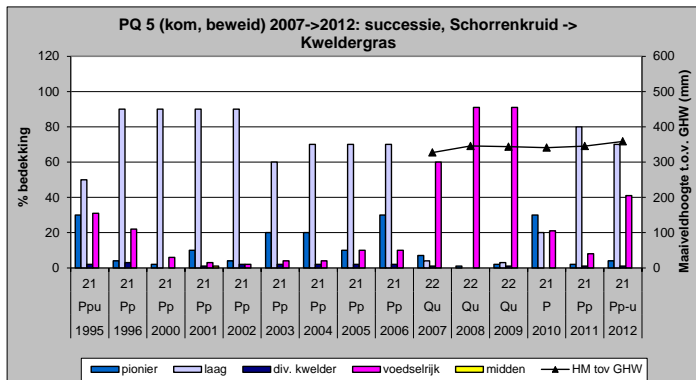
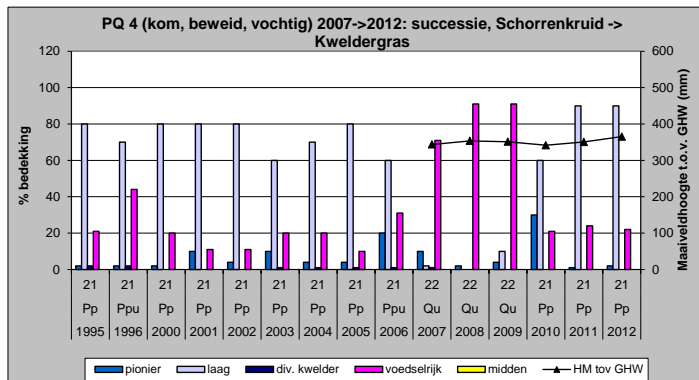
Datum: 24 mei 2013

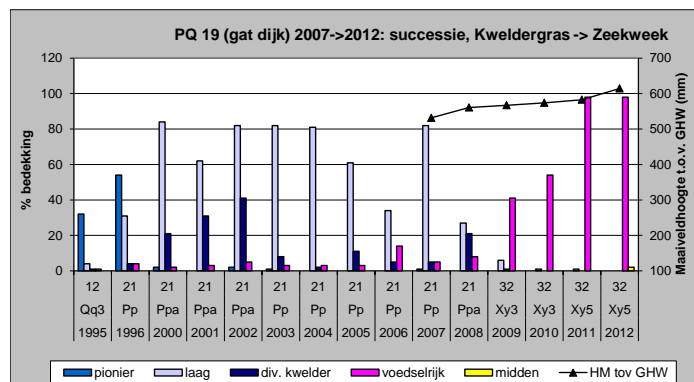
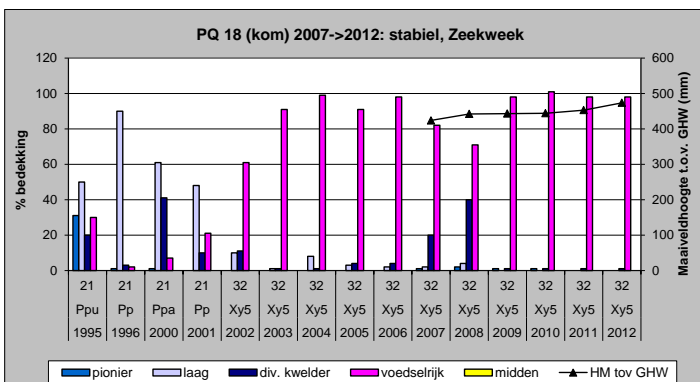
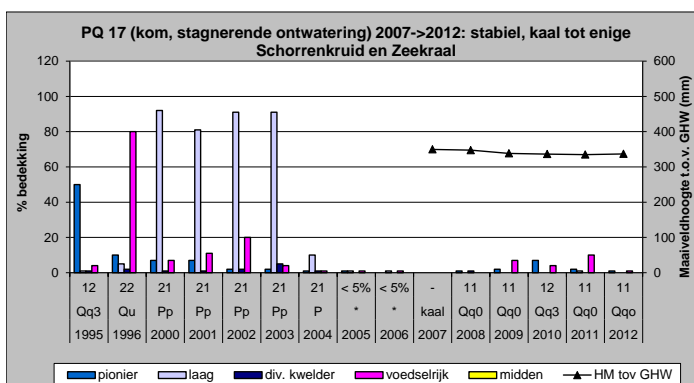
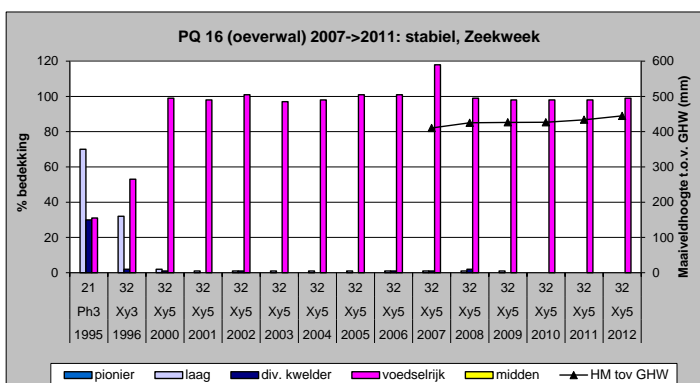
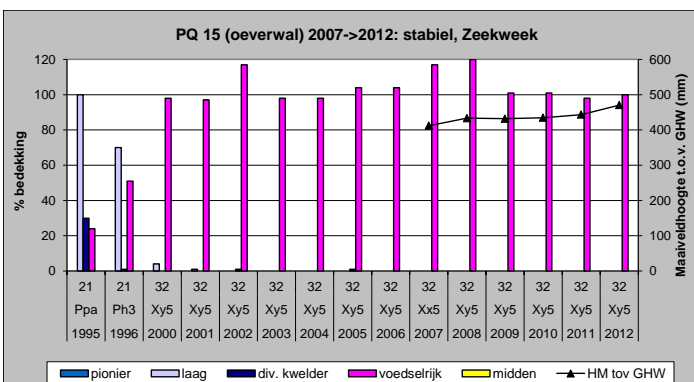
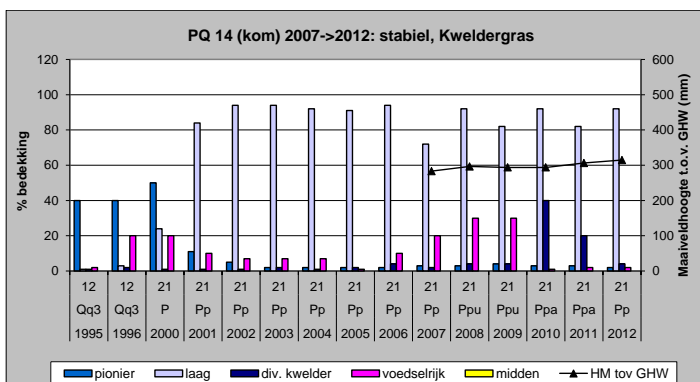
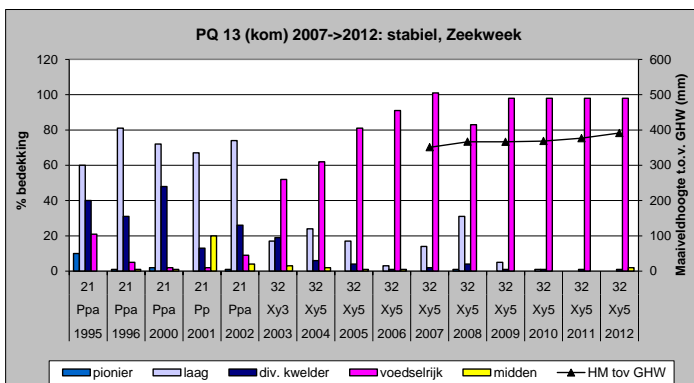
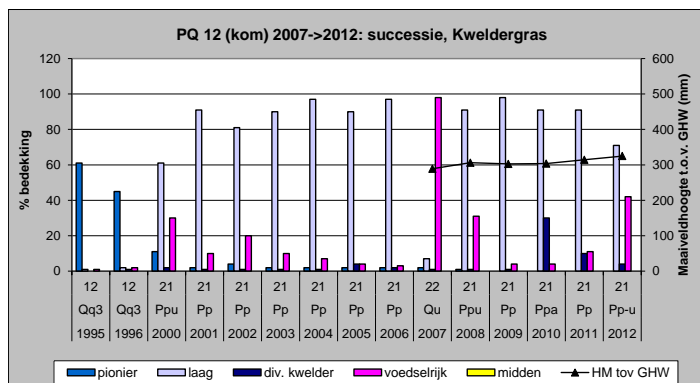
**BIJLAGEN**

## Bijlage A. Programma vegetatiekarteringen kwelders RWS (VEGWOK)

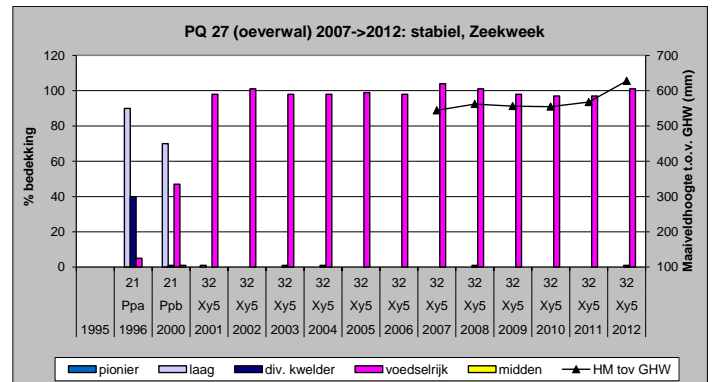
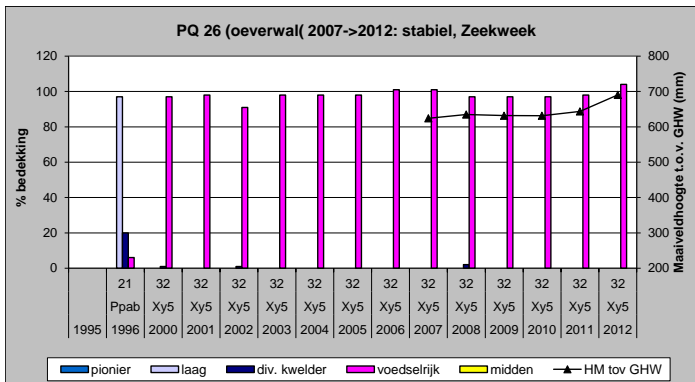
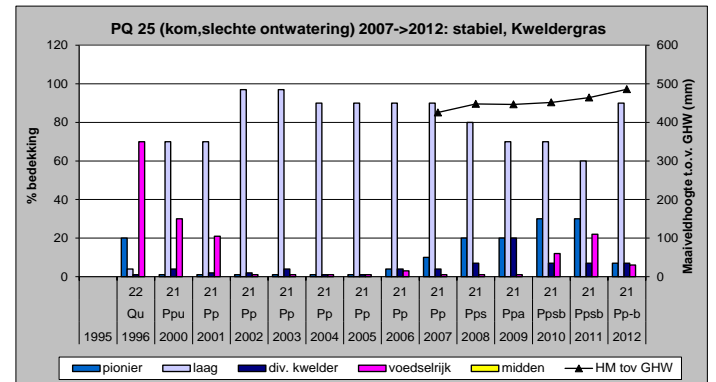
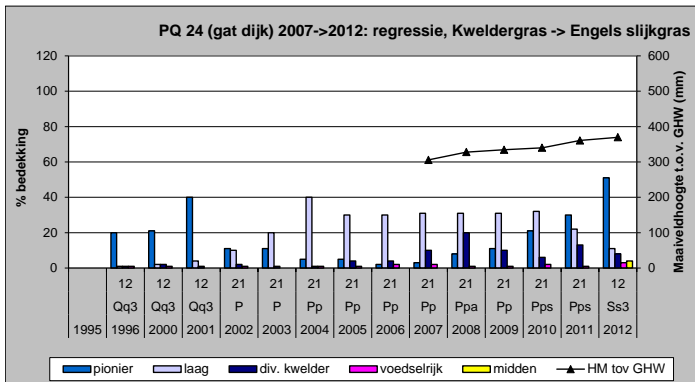
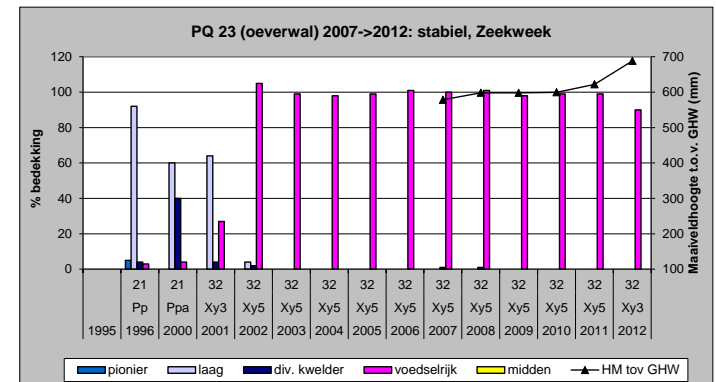
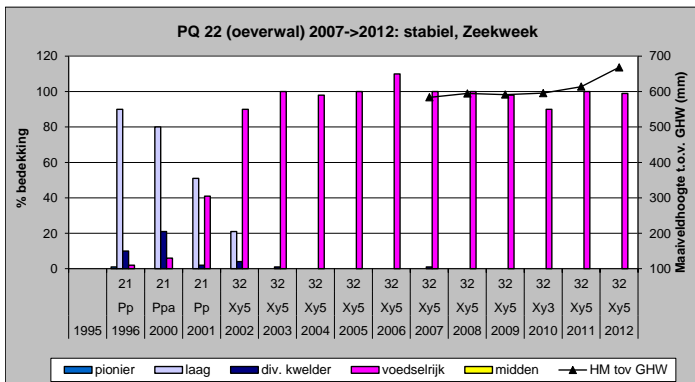
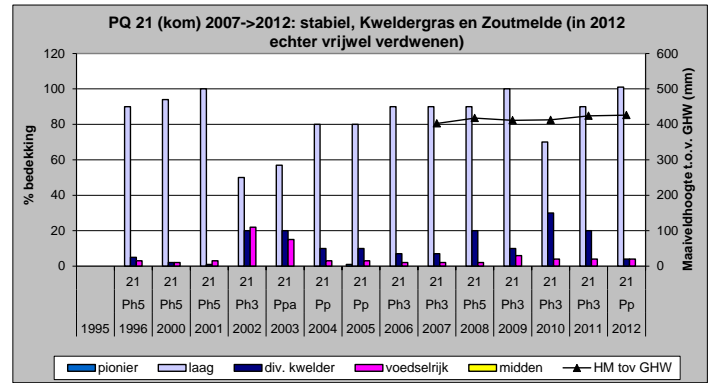
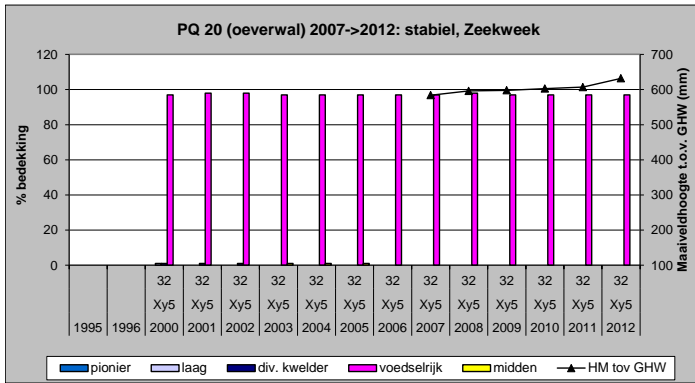
Karteringen:	recentste fotovlucht	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kwelders Noord-Holland	2005	fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding
Kwelders Texel	2005	fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding
Slufter Texel	2005	fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding
Boschplaat Terschelling	1999		fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking
Dollard	1999		fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking
Griend	1999		fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking
Kroonspolders (+Westerveld) Vlieland	2003	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding		
Noordvaarder + Groene Strand Terschelling	2003	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding		
Oosterschelde	2001			fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht
Westerschelde-mond	2001			fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht
<b>Kwelderwerken Groningen/Friesland</b>	2002					uitwerking	afronding			
<b>Ameland</b>	2002					uitwerking	afronding			
Schiermonnikoog	2004	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding	
Rottum	2004	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding	
Westerschelde	2004	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking	afronding	
Haringvliet-monding	2000		fotovlucht	uitwerking	afronding				fotovlucht	uitwerking

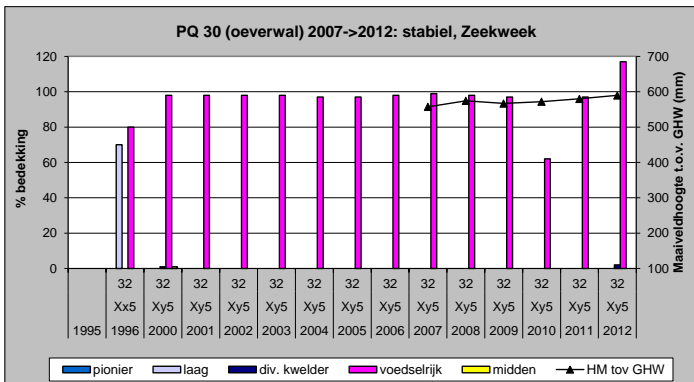
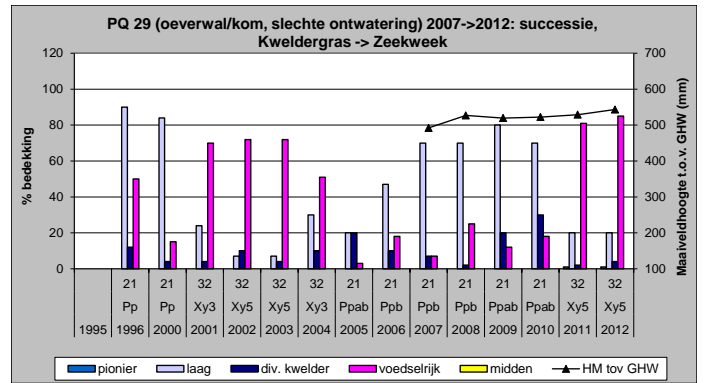
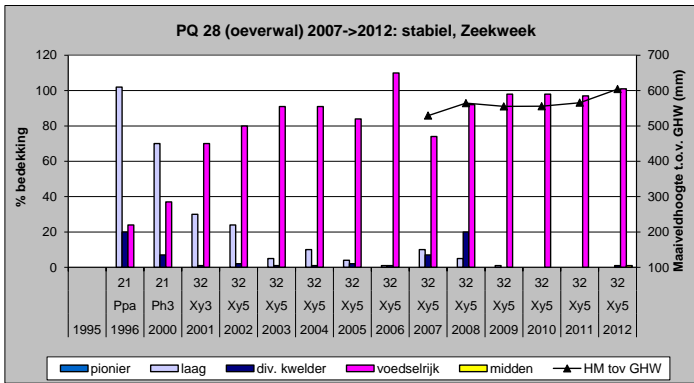
## Bijlage B. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlanden: pq 4-30



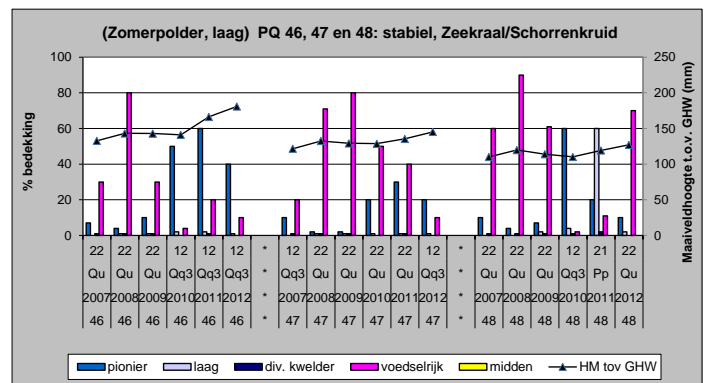
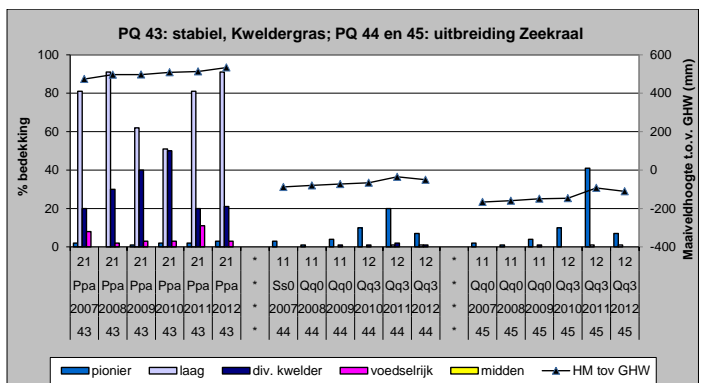
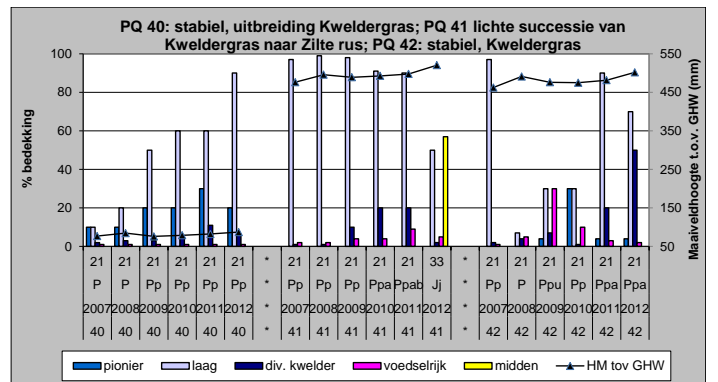
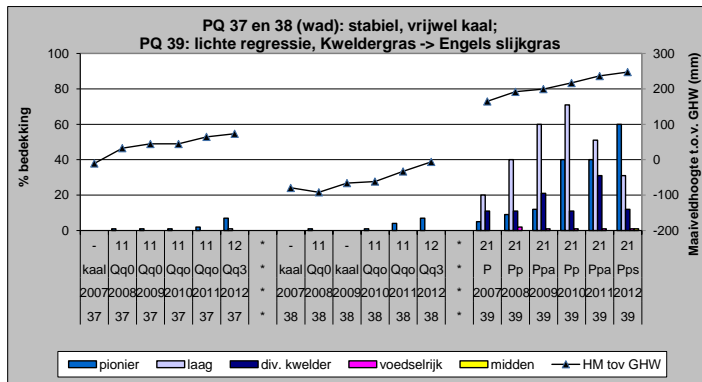
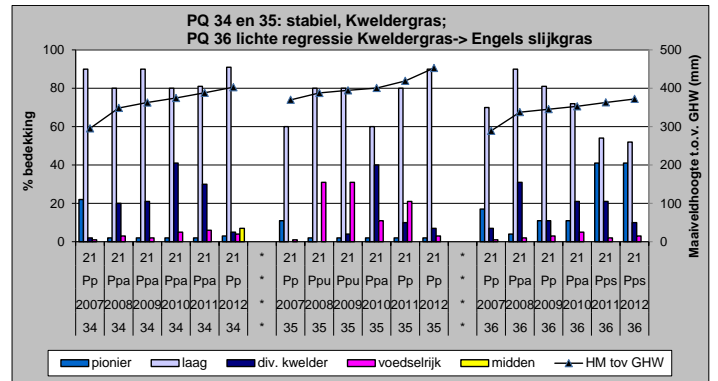
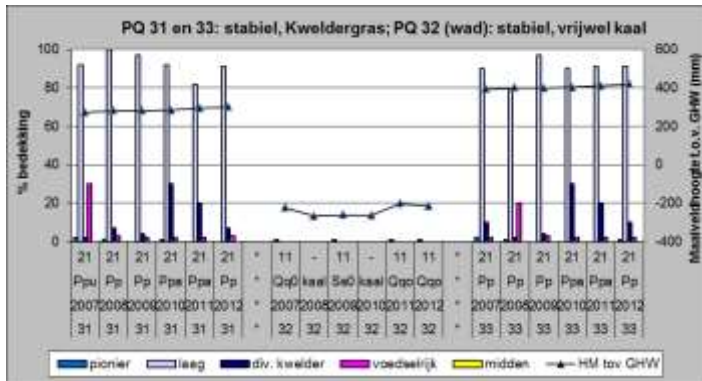




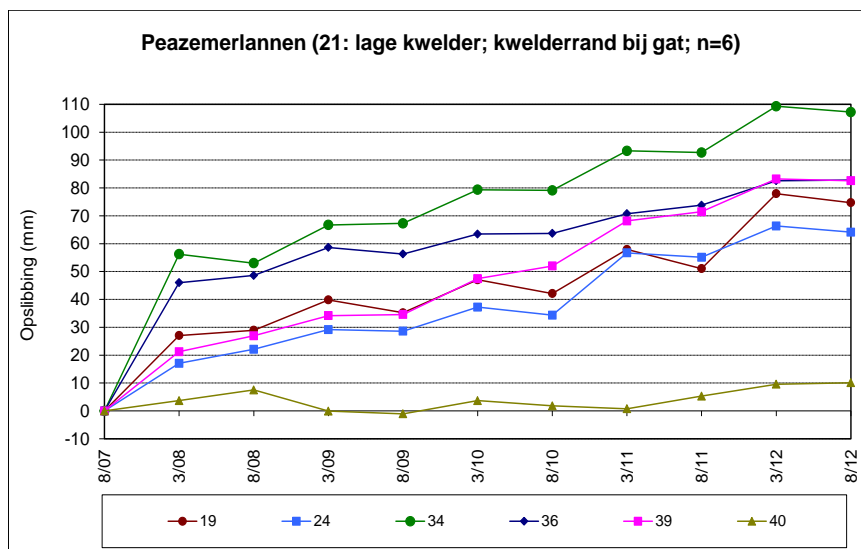
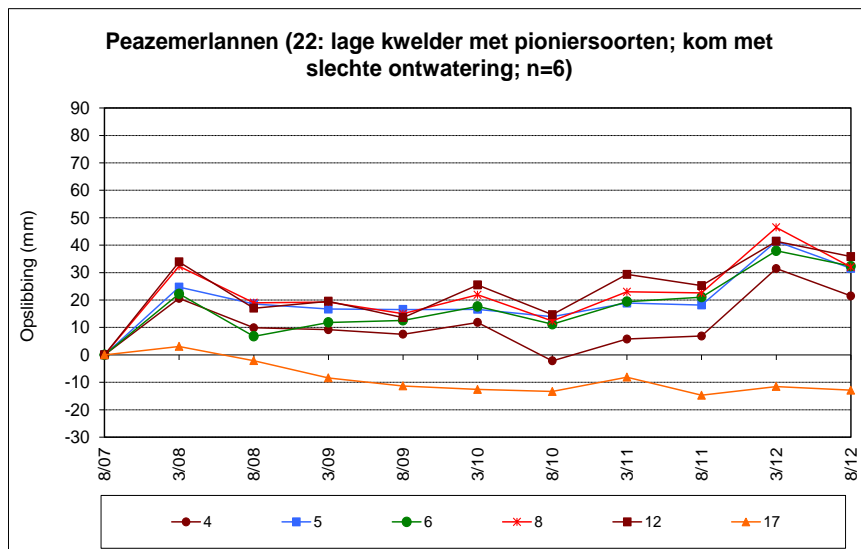
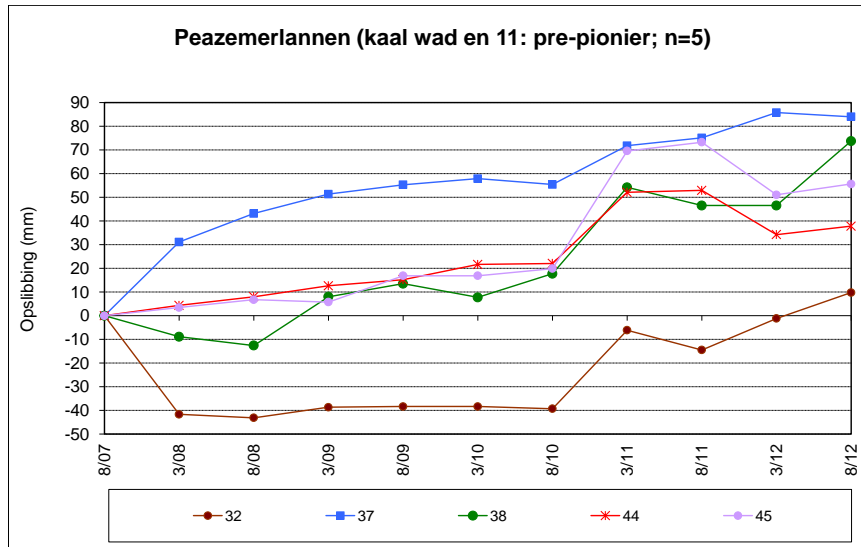


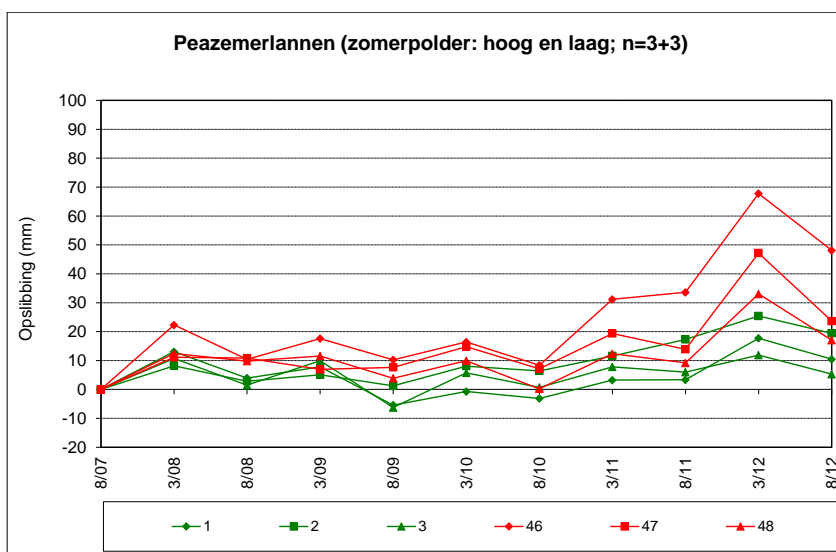
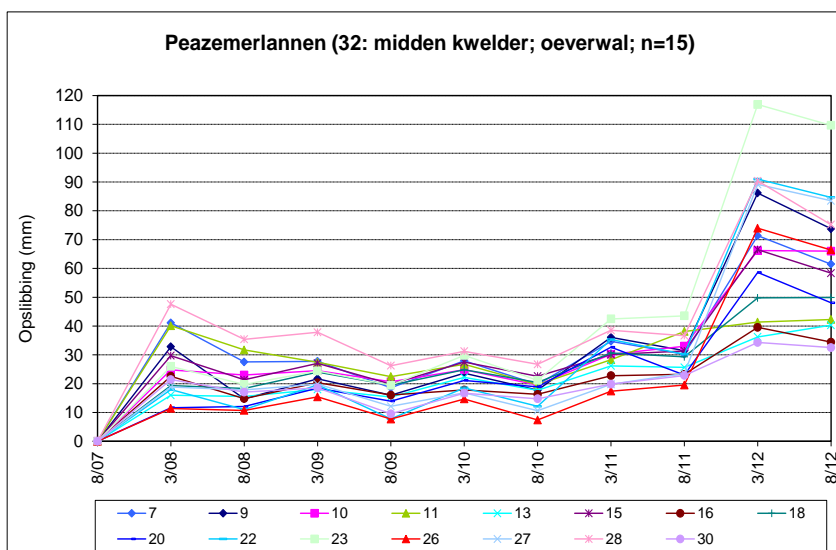
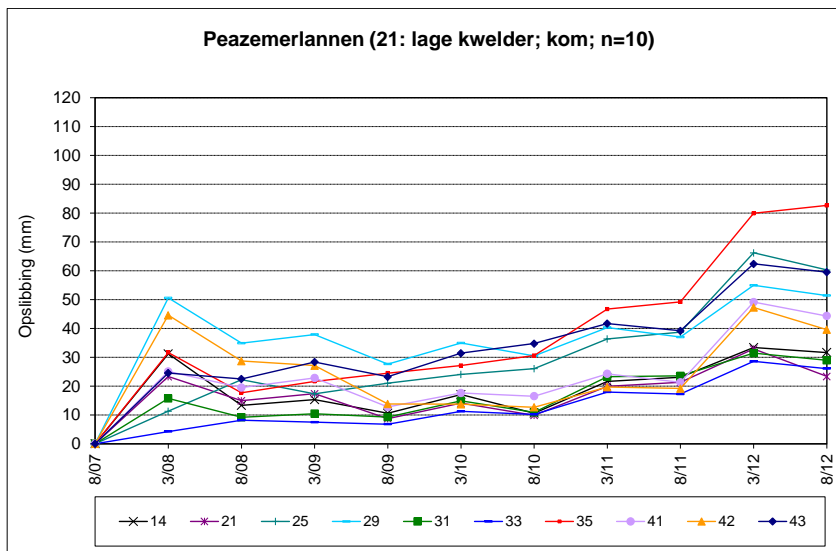


## Bijlage C. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling Peazemerlanden: pq 31-48



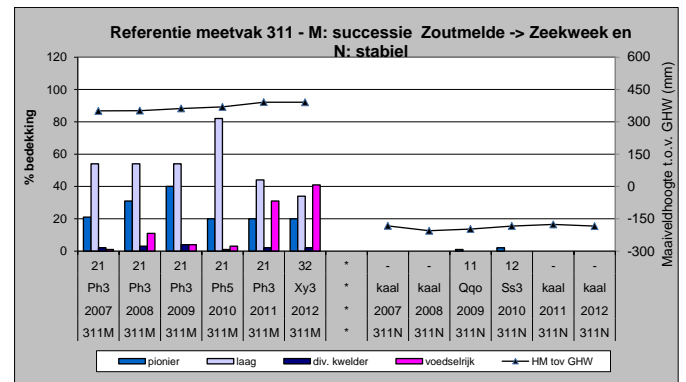
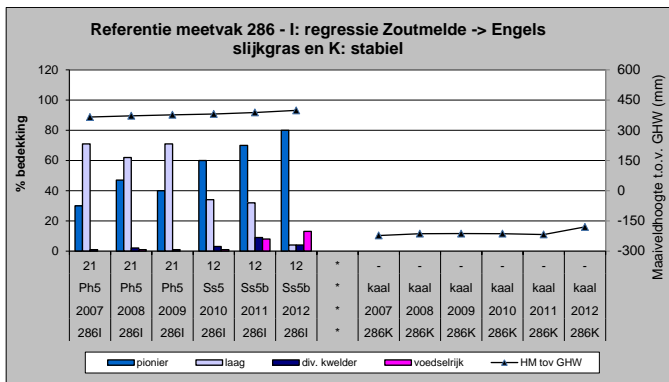
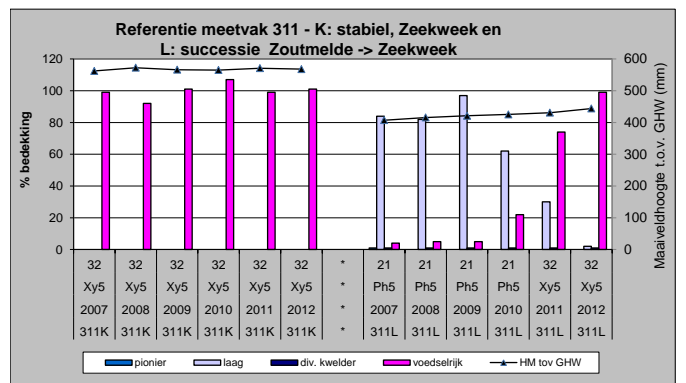
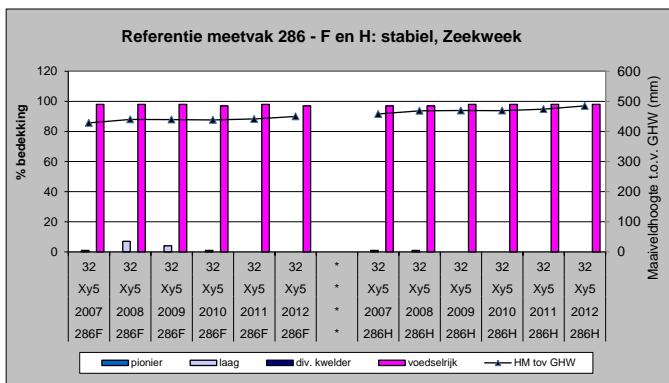
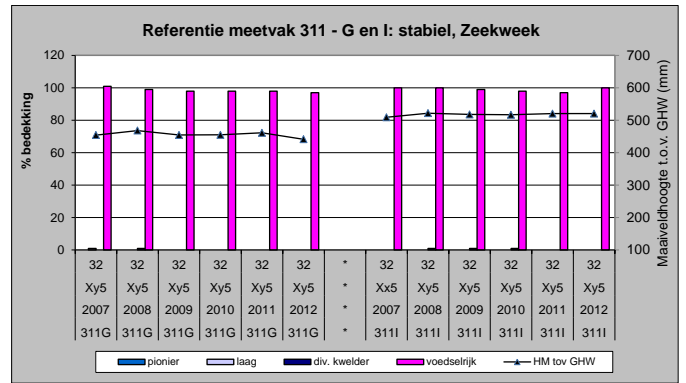
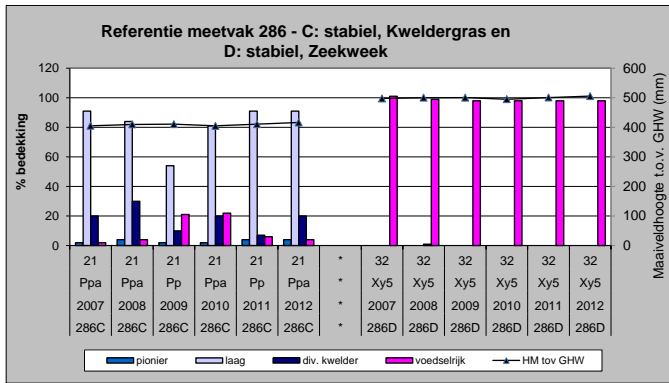
## Bijlage D. Opslibbing Peazemerlannen: afzonderlijke pq's

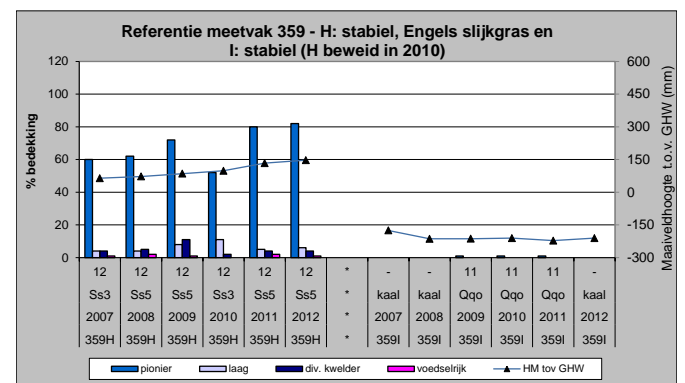
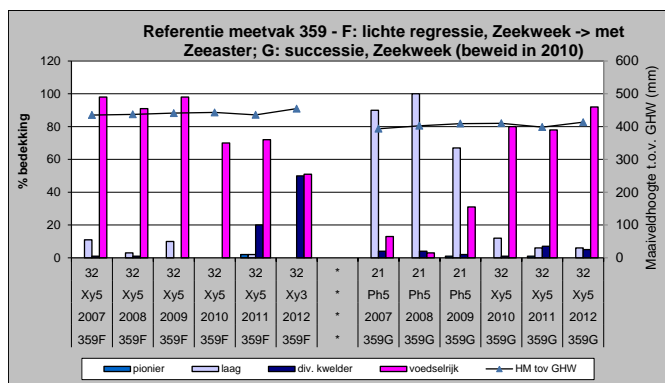
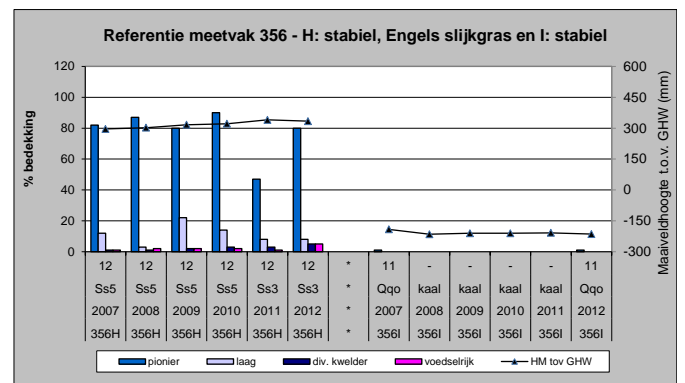
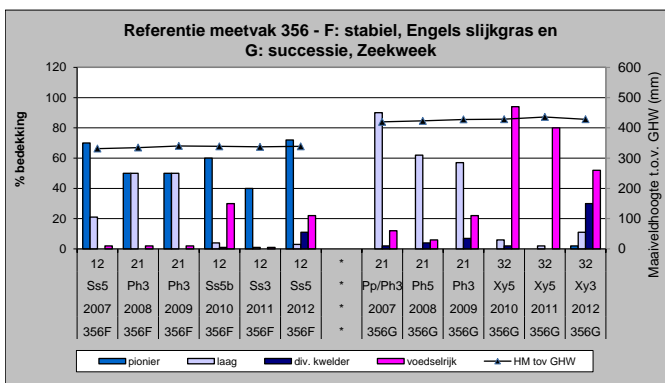
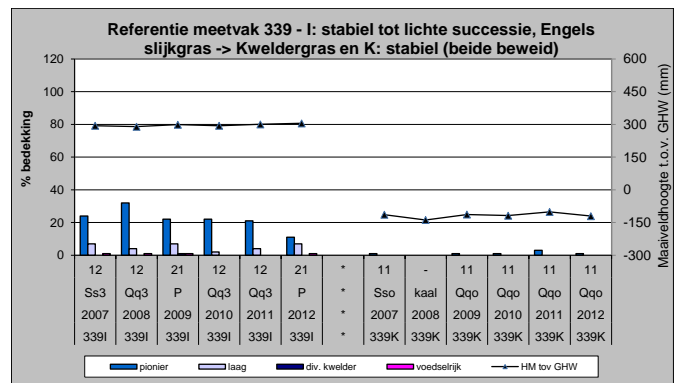
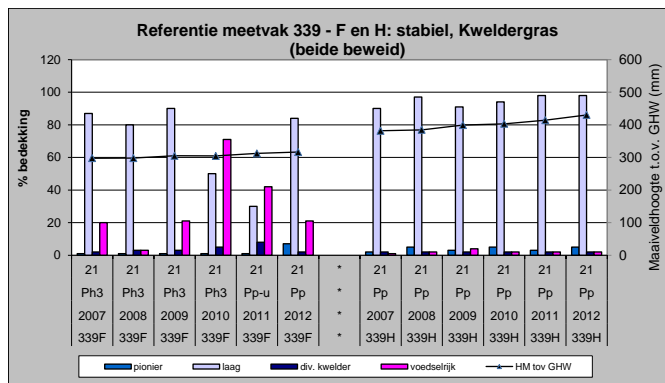
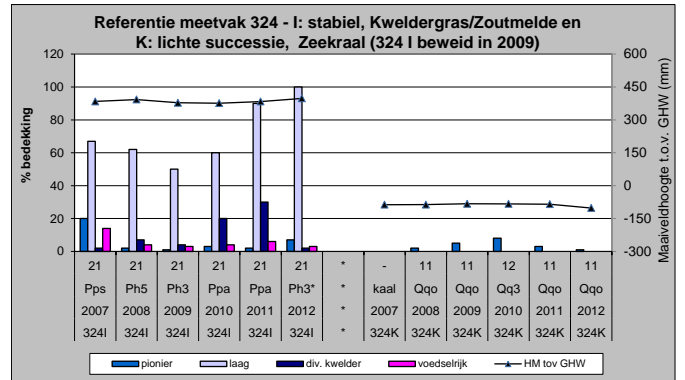
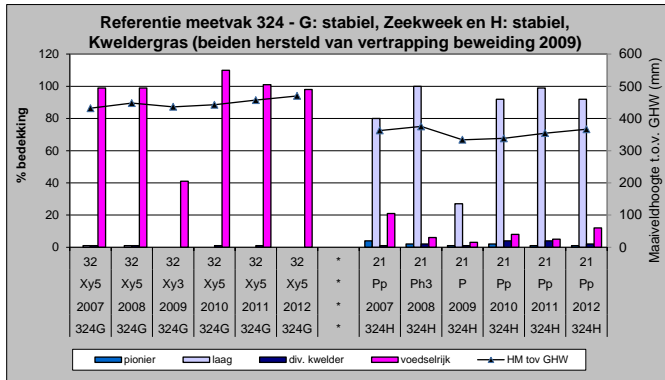




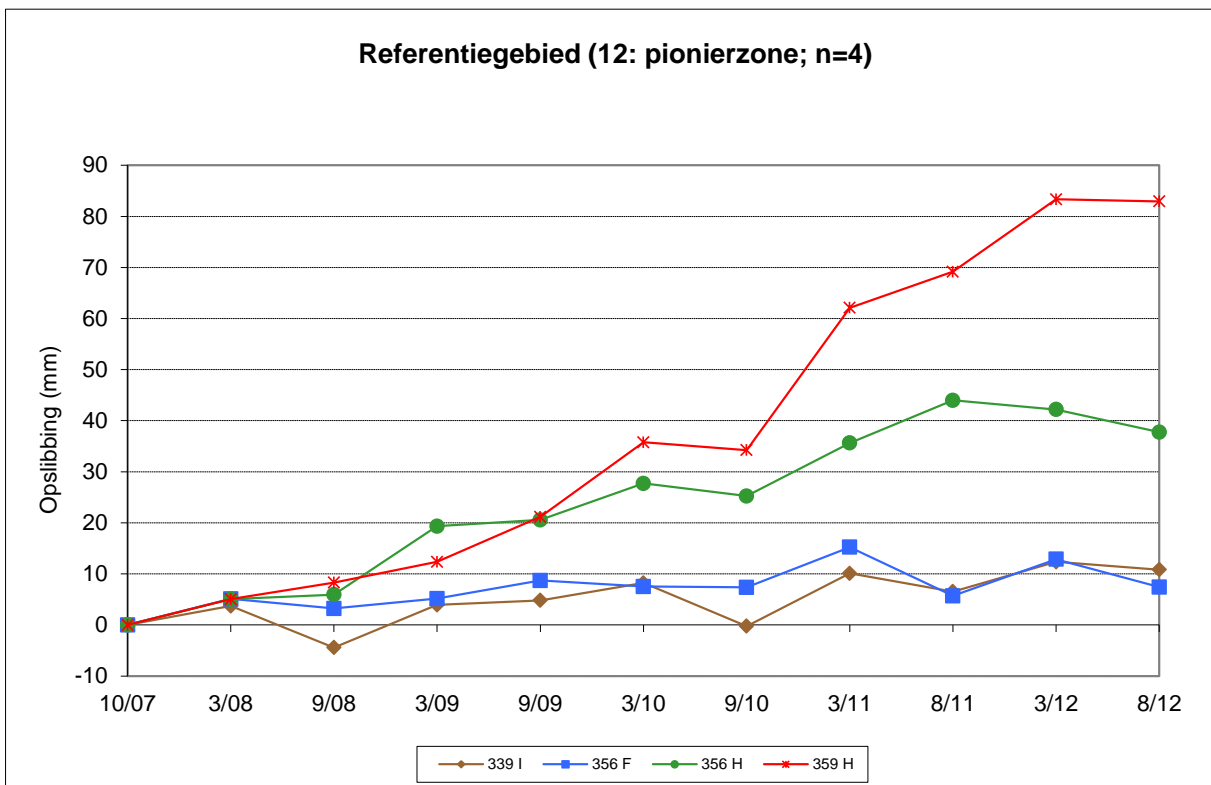
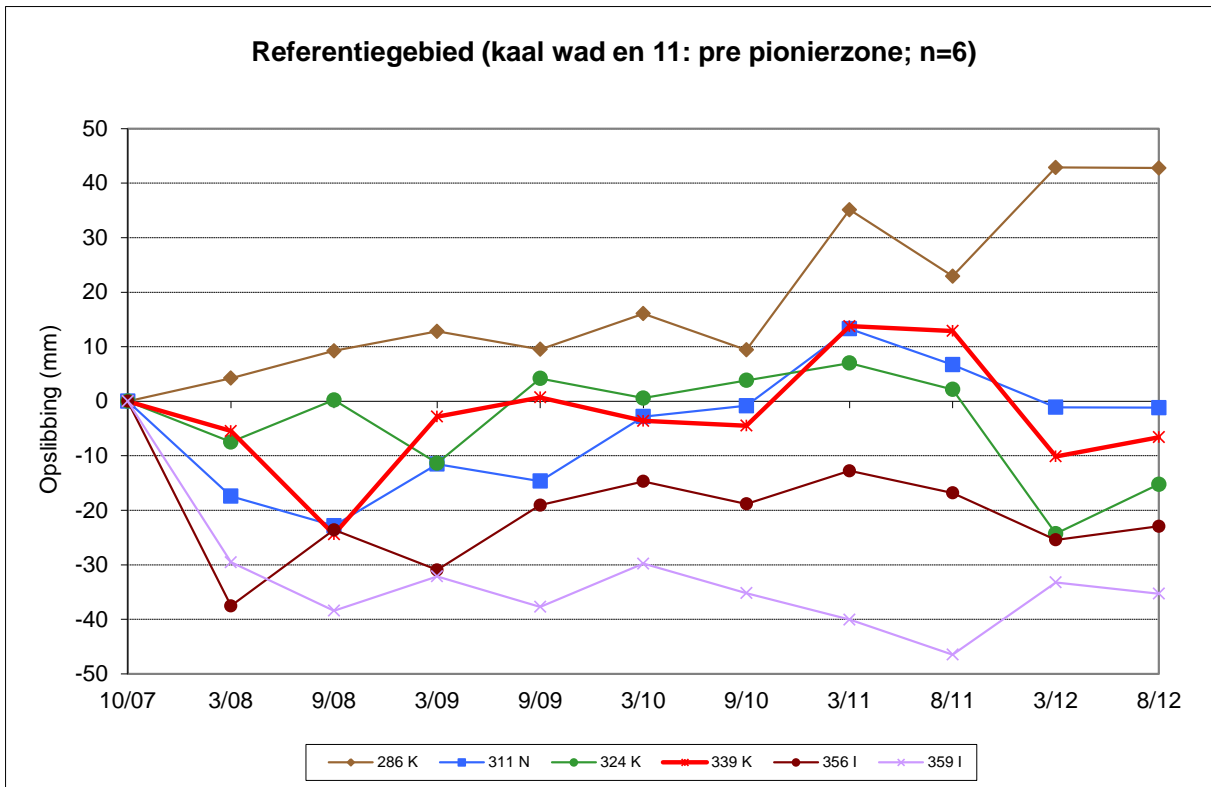
# Bijlage E. Vegetatie- en maaiveldhoogteontwikkeling pq's referentiegebied

## Groningen



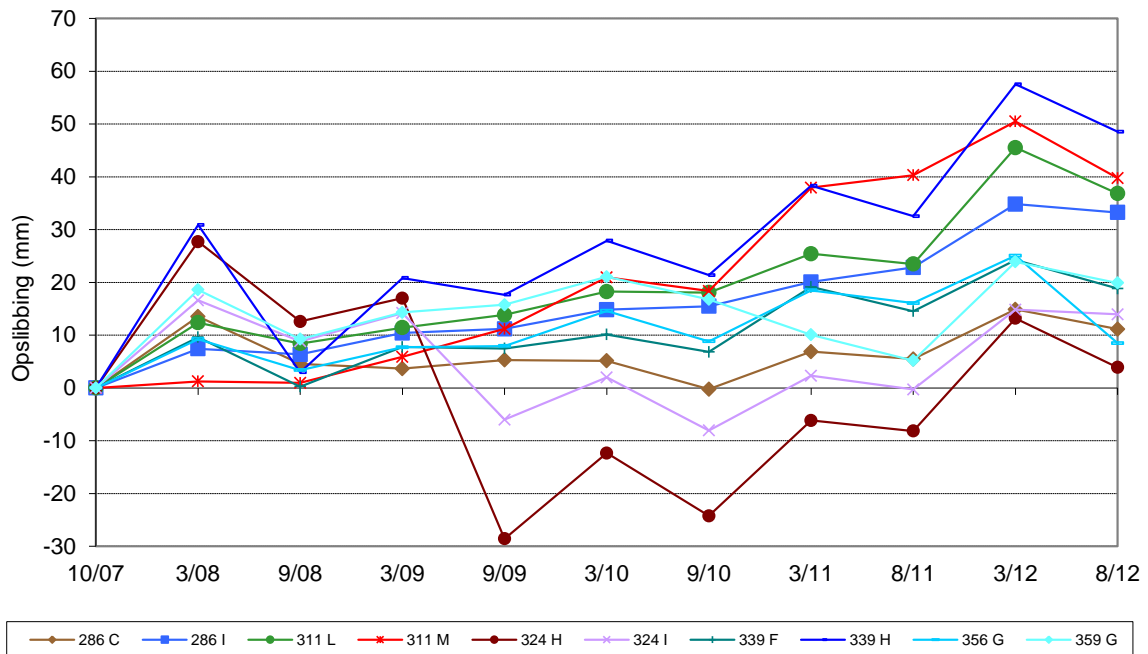


**Bijlage F. Opslibbing referentiegebied west-Groningen: afzonderlijke pq's**

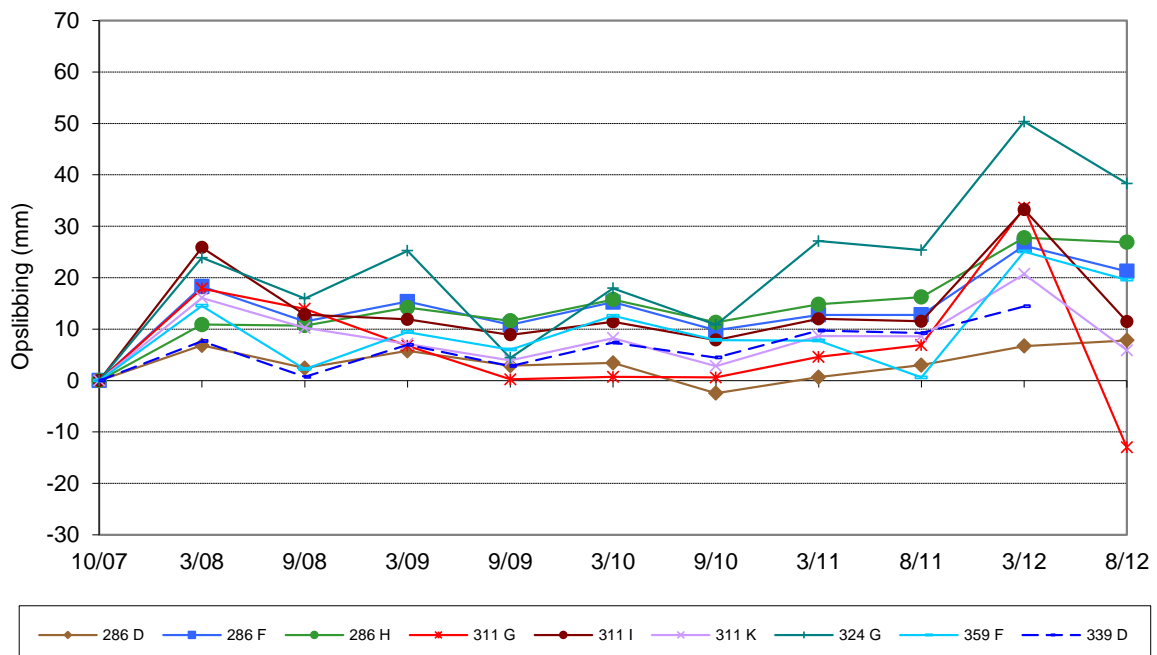




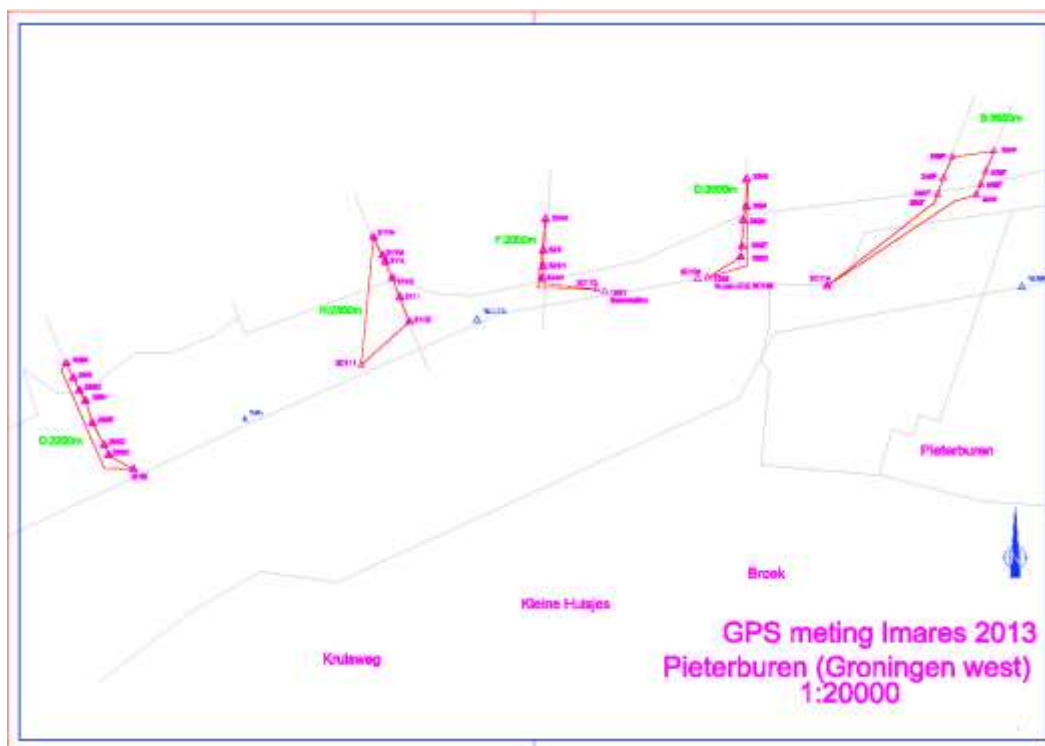
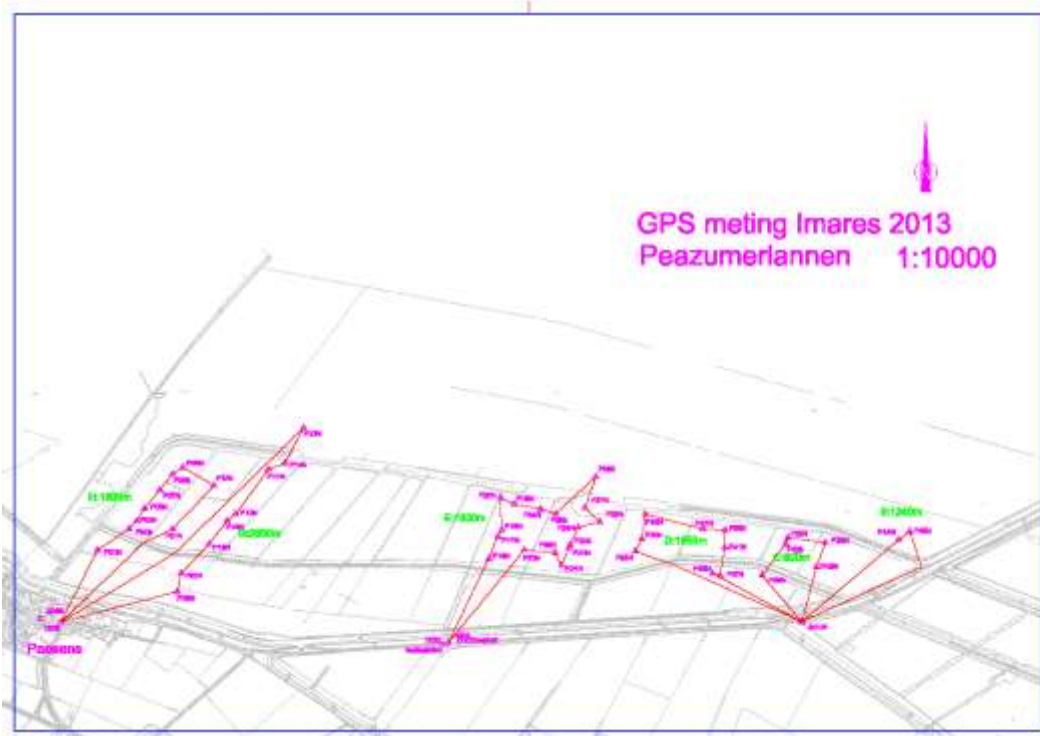
Referentiegebied (21: lage kwelder; n=10)



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



**Bijlage G. Overzicht routes RTK-GPS-meting van de hoogtes SEB-palen  
Peazemerlannen en referentiegebied Groningen door Fugro in maart 2013**



## Bijlage H. Overzicht ontwikkeling pionierzone bij pq 44 van 2007-2012

