

2390-05

Altenburg & Wymenga



ECOLOGISCH ONDERZOEK

en



Hydro-ecologisch Onderzoek &  
Advies



A&W-rapport 1451

## MONITORING EFFECTEN VAN BODEMDALING OP VEGETATIE IN DE LAUWERSMEER

Derde voortgangsrapportage  
(2009/2010)

in opdracht van



5300-02

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100

A&W-rapport 1451

---

**MONITORING EFFECTEN VAN  
BODEMDALING IN DE LAUWERSMEER**

**Derde voortgangsrapportage  
(2009/2010)**

W. Bijkerk  
R. Buijs  
J.E. Plantinga



<b>Projectnummer</b>	<b>Projectleider</b>	<b>Status</b>
1119.lav	W. Bijkerk	Conceptrapport
<b>Autorisatie</b>	<b>Paraaf</b>	<b>Datum</b>
W.Altenburg		8 april 2010

**BIJKERK, W., R. BUIJS & J.E. PLANTINGA 2010**

Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Derde voortgangsrapportage (2009/2010). A&W-rapport 1451. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

**OPDRACHTGEVER**

Nederlandse Aardolie Maatschappij  
Postbus 28000, Assen  
Telefoon: (0592) 369111

**FOTO VOORPLAAT**

Zilte vegetaties op de Bantswal in 2007,  
Foto Ronald Bakker

**UITVOERDERS**

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv  
Postbus 32, 9269 ZR Feanwalden  
Telefoon: (0511) 47 47 64, Fax: (0511) 47 27 40  
e-mail: info@altwym.nl  
web: www.altwym.nl

Buijs hydro-ecologisch onderzoek en advies  
Heetenseweg 24, 8111 PZ Heeten  
Telefoon: (0572) 382792  
e-mail: buhydro@xs4all.nl

© **ALTENBURG & WYMEGA ECOLOGISCH ONDERZOEK BV**

Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

# INHOUD

---

<b>SAMENVATTING</b>	<b>I</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>1</b>
<b>2. OPZET MEERJARIG ONDERZOEK</b>	<b>3</b>
2.1. Uitgangspunten	3
2.2. Onderzoeksgebied	3
2.3. Onderdelen van het onderzoek	4
2.4. Planning van de onderdelen	6
<b>3. VEGETATIE</b>	<b>7</b>
3.1. Habitatarealen	7
3.2. Beheer	9
3.3. Permanente kwadranten	10
<b>4. GROND- EN OPPERVLAKTEWATER</b>	<b>21</b>
4.1. Geplaatste meetpunten Grond- en oppervlaktewater	21
4.2. Resultaten meetperiode 23 oktober 2007 – 31 december 2009	23
4.3. Grondwaterkwaliteit	24
4.4. Grondwaterregime en modellering	24
<b>5. BODEM</b>	<b>27</b>
5.1. Organische stof in de toplaag	27
<b>6. AANDACHTSPUNTEN</b>	<b>29</b>
6.1. Conceptueel model	29
6.2. Aantal meetpunten	29
6.3. Vertrapping door vee	32
6.4. Peilbeheer	32
<b>LITERATUUR</b>	<b>33</b>

Bijlage 1. Permanente kwadranten 2007-2009

Bijlage 2. Resultaten Organische stofbepalingen.

Bijlage 3. Waterstanden tot en met 2009

Bijlage 5. GxG en Duurlijnen

Bijlage 6. Neerslag en verdamping

## **SAMENVATTING**

In het kader van de gaswinning onder de Waddenzee vanuit de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is een monitoringsprogramma opgesteld waarin voor de periode 2007-2012 verschillende abiotische en biotische parameters worden gevolgd in de Waddenzee en in de Lauwersmeer. In deze derde voortgangsrapportage worden vooral de in 2009 verzamelde gegevens gepresenteerd. De monitoring in de Lauwersmeer richt zich op vegetatieveranderingen en op sturende factoren daarop die onder invloed kunnen staan van bodemdaling als gevolg van gaswinning.

Wat vegetatie betreft, is de voornaamste aandacht bij de monitoring gericht op waardevolle vegetaties als basenminnende duinvalleivegetaties, zilte pioniervegetaties en soortenrijke overstromingsgraslanden. Ruimtelijke verschuivingen worden gevolgd aan de hand van een structuurkartering (habitatarealen) en middels een transectmonitoring van vegetatietypen en plantensoorten. Veranderingen op het niveau van de samenstelling van de vegetatie worden beschreven aan de hand van raaien met permanente kwadranten.

In de raaien met permanente kwadranten worden ook abiotische parameters gevolgd. Het betreft parameters die sturend zijn voor ontwikkelingen in de vegetatie van zoete en basenminnende duinvalleivegetaties en van zoutminnende pioniervegetaties. Zo worden grondwaterstanden en -kwaliteit alsmede bodemchemische parameters als kalk- en zoutprofiel, percentage organische stof, en basenverzadiging gevolgd.

### **Structuurkartering**

In 2008 en 2009 is een structuurkartering van het Lauwersmeer uitgevoerd via een half-automatische classificatie, een zogeheten supervised classification, op basis van luchtfoto's uit 2008 en het algemeen hoogtebestand Nederland. Een visuele vergelijking met een bestaande structuurkaart uit 2006 laat zien dat de halfautomatische classificatie in grote lijnen een goed beeld geeft van de vegetatiestructuur. Maar een vergelijking met een apart gehouden set van trainingsites geeft aan dat op detailniveau er wel afwijkingen zijn. Voor een deel wordt dit veroorzaakt doordat de trainingsites als geheel niet helemaal homogeen kunnen zijn ten aanzien van de bij de classificatie gebruikte resolutie van  $0,5 * 0,5 \text{ m}^2$  omdat de trainingsites zijn gebaseerd op een vegetatiekartering 1:5.000 met een minimum vlakgrootte van  $25 * 25 \text{ m}^2$ . Desondanks geeft het verkregen percentage goed geclassificeerde pixels (tussen 64 en 88%) aan dat indien deze methode in 2012 wordt herhaald, een vergelijking tussen beide jaren kritisch moet worden beoordeeld. Dat betekent dat eventuele grote verschillen moeten worden beoordeeld op basis van de luchtfoto's en veldkennis.

Het beheer van de onderzochte terreinen is in de afgelopen vijf jaren niet veranderd. Ook de begrazingsintensiteit is, waar van toepassing, vrijwel gelijk gebleven.

### **Permanente kwadranten**

In 2007 is het meetnet van permanente kwadranten (pq's) ingericht en opgenomen. De pq's zijn in 2008 wederom opgenomen. In totaal zijn toen (2007 of 2008) 56 permanente kwadranten geplaatst, verdeeld over Bantswal, De Rug, het Terreintje van Juffrouw Alie, De Lasten en de Zuidelijke lob. In 2009 zijn hieraan tien nieuwe kwadranten toegevoegd om op deze wijze enerzijds de verdeling van opnamen over de bodemdalingklassen evenwichtiger

te laten zijn en anderzijds om het aantal kwadranten binnen de waardevolle duinvalleivegetaties te verhogen. In 2009 zijn alle oude en nieuwe kwadranten opgenomen.

De vegetaties van de permanente kwadranten zijn getypeerd als duinvalleivegetaties (26), zilte pioniervegetaties (12), overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (15), overige overstromingsgraslanden (7) en overige graslandvegetaties (6). Het aandeel van duinvalleisoorten lijkt iets toe te nemen binnen de overige graslanden en binnen de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver, maar dit is niet significant. In typen met weinig en lage bedekkingen aan kweldersoorten fluctueert het aandeel kweldersoorten significant over de jaren omdat slechts enkele soorten dit aandeel bepalen. Als Zilte rus toeneemt van 1% naar 3% leidt dit meteen tot een grote percentuele verandering voor de gehele groep. Kruipwilg lijkt vooral binnen de duinvalleivegetaties en binnen de overige graslanden toe te nemen, maar dat is een artefact veroorzaakt door het late opnamemoment in 2007 waardoor in de toen gemaakte delen Kruipwilg is onderschat. Daar waar Duinriet voor kwam, lijkt deze in bedekking iets af te nemen, maar dit is niet significant.

### **Grondwater**

In elke raai met permanente kwadranten zijn in 2007 grondwaterbuizen geplaatst. Veelal betreft het twee tot drie buizen per raai, een enkele keer kon met minder worden volstaan omdat de raai aansluit op bestaande buizen van Staatsbosbeheer. Over de meetperiode van oktober 2007 tot december 2009 blijken de grondwaterstanden tussen locaties en tussen raaien soms sterk te verschillen. Zowel wat betreft de mate van fluctuatie als de standen ten opzicht van maaiveld. Op de Bantswal is de peilfluctuatie het hoogst en deze bedraagt, afhankelijk van de locatie 146 tot 183 cm. Op De Rug en in het Terreintje van Juffrouw Alie is de peilfluctuatie geringer, tussen 98 en 133 cm. Opvallend is de vrij abrupte daling van de grondwaterstanden in de zomerperiode. Alleen op enkele lagere delen van de Rug, de Bantswal en de Zuidelijke lob is in de winterperiode sprake van een (overigens geringe) kweldruk. De grondwaterstanden laten zich goed modelleren op basis van neerslag en verdamping, met name wanneer daar een niet-lineaire component aan wordt toegevoegd die samenhangt met over het maaiveld afstromend water. Vreemd is het feit dat toevoeging van het meerpeil aan het model niet leidt tot een kwalitatief beter model van de voorspelde grondwaterstanden. Dit dient nader onderzocht te worden, want het strookt niet met de verwachting.

### **Bodem**

In 2009 is het organische stofgehalte bij de pq-locaties opnieuw bepaald, dit keer via een andere bemonsteringsmethode. De gewijzigde methode maakt het mogelijk om de hoeveelheid organische stof uit te drukken als gewicht per volumemaat. Onderling verschillen enkele vegetatietypen in de mate van aanwezigheid organische stof. Zo blijken duinvalleivegetaties significant lagere organische stofgehalten te hebben dan de overige overstromingsgraslanden en ook hebben zilte pioniervegetaties significant lagere organische stofgehalten dan overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver en dan de overige overstromingsgraslanden.

### **Aandachtspunten vervolgmonitoring**

Door de Auditcommissie zijn enkele aandachtspunten aangedragen voor het vervolg van de monitoring. In hoofdstuk 6 wordt hier uitgebreid op ingegaan. Voor de monitoringsoepzet leidt dit tot enkele wijzigingen:



De geomorfologische positie van de diverse pq-locaties zal in 2010 worden getypeerd. Van belang is het onderscheid tussen plaatrand en het hogere deel van de plaat. Eventueel aanwezige reliëfverschillen in de omgeving worden eveneens benoemd per pq-locatie.

Het aantal pq-locaties zal worden uitgebreid. Op basis van een power-toets is vastgesteld dat in totaal minimaal 20 samples nodig zijn, om een vrij sterk effect van bodemdaling vast te kunnen stellen bij een meetreeks van 5 jaar. Dit is gebaseerd op het vaststellen van de *interactie* tussen de mate van bodemdaling (twee meetniveaus) en veranderingen in de tijd van de te meten variabele. Thans bestaat het meetnet uit 33 pq-locaties (met elk twee pq's). PQ's waarin een bepaalde indicatorgroep in geen enkel opnamejaar aanwezig is, worden niet in de analyse van veranderingen van deze indicator meegenomen. In dat geval kan dus geen gebruik worden gemaakt van alle 33 pq-locaties en wordt ook het minimum van 20 samples niet gehaald. Het streven is om het aantal pq's dusdanig uit te breiden dat (op basis van de huidige gegevens) minimaal 20 bruikbare pq-locaties per indicatorgroep aanwezig zijn. Op die wijze komen we tot de volgende uitbreiding:

Indicatorgroep	Huidig aantal pq-locaties	Extra pq-locaties
Duinvallei-soorten	17	3
Zilte pioniersoorten	22	-
Kruipwilg	12	8
Duinriet	4	16

Voor pq-locaties met Duinriet is een uitbreiding met 16 pq's waarschijnlijk niet haalbaar. Omdat Kruipwilg en Duinvallei-soorten gezamenlijk in pq's aanwezig (kunnen) zijn, gaan we uit van een uitbreiding van 33 naar 40 pq-locaties (met op elke locatie 2 pq's). Uitbreiding van het aantal pq-locaties heeft overigens alleen zin indien de meetperiode wordt verlengd (tot minimaal 2015).

In de Bantswal zijn effecten zichtbaar van vertrapping van de pq's die liggen naast grondwaterbuizen. De mate van dit effect zal in 2010 worden getypeerd op basis van een driedelige schaal. Indien de mate van vertrapping groot is, zal er worden besloten tot bijplaatsen van pq's op grotere afstand van de buis. Vooralsnog gaan we uit van 6 pq-locaties.



# 1. INLEIDING

---

In het kader van de gaswinning onder de Waddenzee vanuit de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen is een monitoringsprogramma (Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007) opgesteld waarin voor de periode 2007-2012 verschillende abiotische en biotische parameters worden gevolgd. Dit monitoringprogramma maakt deel uit van de vergunning in het kader van de Natuurbeschermingswet, die nodig is om de beoogde gaswinning uit te voeren. Monitoring van vegetatieveranderingen in de Lauwersmeer is één van de onderdelen van het monitoringsprogramma en wordt in dit rapport besproken.

Eventuele effecten van gaswinning zullen het eerst merkbaar zijn in de vorm van bodemdaling, al dan niet resulterend in een verandering in inundatieduur en -frequentie, het chloridegehalte van het grondwater en andere daaraan gerelateerde parameters. Naar verwachting zal de inundatiekans na bodemdaling toenemen, met name op de Bantswal, waar de verwachte bodemdaling het grootst is. Verzilting kan plaats vinden door een toename van zoute kwel ("dijkskwel"), maar ook doordat de zoet-zout grens langs plaatranden hoger in het bodemprofiel komt te liggen. Dit is een gevolg van veranderende lokale grondwaterstromingen vanaf de hoger gelegen plaatdelen, en is door Zoetendaal *et al.* (2005) beschreven als "grondwaterkwel". Daarnaast is de verwachting dat de zone waarin kalkrijk water uittreedt langs de plaatranden iets minder breed wordt.

## Globale effecten op de vegetatie

Op de vegetatie zijn zo drie effecten mogelijk, die met elkaar interfereren (zie Beemster & Bijkerk 2006):

- verschuiving van "nattere" vegetaties naar de hoger gelegen plaatdelen;
- toename van zouttolerante vegetaties; en,
- versterking van het natuurlijke proces van verzuring met daardoor versnelde afname van kalkminnende duinvalleivegetaties.

## Doel van de monitoring

Het doel van de monitoring in de Lauwersmeer is het beschrijven van de veranderingen in de vegetatie en het vaststellen of deze veranderingen een gevolg zijn van bodemdaling.

## Derde voortgangsrapportage

Dit rapport is de derde voortgangsrapportage. In de eerste voortgangsrapportage (Bijkerk *et al.* 2008) is de opzet van het onderzoek uitvoerig beschreven evenals de in 2007 uitgevoerde werkzaamheden en de resultaten ervan. In de tweede tussenrapportage zijn de werkzaamheden en de resultaten van 2008 beschreven. Ook is hierin een opzet uitgewerkt voor de wijze van toetsing en zijn voorstellen van de auditcommissie overgenomen tot aanpassing van het meetnet. In deze derde voortgangsrapportage beschrijven we kort de uitgevoerde werkzaamheden in 2009 (hoofdstuk 2) en de resultaten hiervan (hoofdstukken 3, 4 en 5). Ook geven we aan waar en hoe het meetnet is aangepast.

De volgende rapportage, die in 2011 verschijnt, is uitgebreider van opzet. Daarin beschrijven we de resultaten voor de periode 2007-2010. Omdat dan voor een langere meetperiode ook

diverse herhalingsmetingen zijn uitgevoerd, zullen deze ook worden geanalyseerd in die rapportage.

## 2. OPZET MEERJARIG ONDERZOEK

Dit hoofdstuk beschrijft de globale opzet van de monitoring van vegetatieveranderingen in de Lauwersmeer voor de gehele onderzoeksperiode. Dit hoofdstuk is een verkorte versie van hetgeen in het eerste voortgangsrapport (Bijkerk *et al.* 2008) is beschreven. In de volgende hoofdstukken wordt per onderdeel in meer detail de uitvoering van het onderzoek in 2008 beschreven, waarbij ook de resultaten van dat jaar worden gepresenteerd.

### 2.1. UITGANGSPUNTEN

De volgende uitgangspunten zijn bij de opzet van de monitoring gehanteerd:

- Het onderzoek richt zich op veranderingen in terreindelen met vegetaties die genoemd zijn in bijlage I van de Europese Habitatrichtlijn. (De Lauwersmeer is overigens niet als Habitatrichtlijngebied aangewezen). Deze zijn:
  - Vochtige tot natte duinvalleivegetaties met *Parnassia*, *Moeraswespenorchis* en *Knopbies* (duinvalleivegetaties);
  - Vegetaties met Kortarige zeekraal en Schorrenkruid (zilte pioniervegetaties).
- De monitoring dient een vergelijking mogelijk te maken tussen delen die te maken krijgen met een relatief grote bodemdaling en delen met een relatief geringe bodemdaling. De hierboven genoemde vegetaties komen niet voor in terreindelen waar in het geheel geen bodemdaling verwacht wordt.
- De monitoring dient ook veranderingen in grondwaterkwaliteit in beeld te brengen, zoals aangegeven door de Commissie MER.
- Waar mogelijk zal het onderzoek aansluiten bij eerder of nog lopend onderzoek. Hierbij zijn van belang:
  - Bestaand meetnet grondwaterbuizen van Staatsbosbeheer.
  - Permanente kwadranten die deel uit maken van het Project Terreincondities (Beets *et al.* 2003).
  - Transectmonitoring Lauwersmeer (Tolman 2001).
  - Monitoringsplan Nationaal Park Lauwersmeer (de Leeuw & Bosma 2004) en nulmeting Nationaal Park Lauwersmeer (Beemster & Bijkerk 2006). Dit voor wat betreft de verspreiding van terreintypen ("habitatarealen").
  - De te meten variabelen dienen direct of indirect beïnvloed te kunnen worden door bodemdaling.

### 2.2. ONDERZOEKSGBIED

Op grond van bovengenoemde uitgangspunten ligt de nadruk op het noordelijke deel van het Nationaal Park Lauwersmeer. De zuidelijke kleiige platen en de Marnewaard vallen hier buiten en worden alleen meegenomen in de kartering van vegetatiestructuur. Het gebied wordt beheerd door Staatsbosbeheer, regio Noord.

### 2.3. ONDERDELEN VAN HET ONDERZOEK

We sluiten hier aan bij hetgeen is vastgelegd in het monitoringprogramma 2007 – 2012 (Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007). Waar nodig (bij het onderdeel vegetatieveranderingen), zijn de onderdelen verder gespecificeerd dan in het monitoringprogramma is beschreven.

#### Vegetatieveranderingen

Voor het beschrijven van veranderingen in de vegetatie wordt op drie schaalniveaus onderzoek verricht:

- In het gehele onderzoeksgebied voor wat betreft vegetatiestructuur (habitatarealen);
- Binnen verschillende deelgebieden voor wat betreft ruimtelijke verschuivingen in plantengemeenschappen (transecten); en,
- Op standplaatsniveau met behulp van permanente kwadranten (pq's).

#### Habitatarealen

In het monitoringsprogramma is ook voor de Lauwersmeer voorzien in het monitoren van habitatarealen. Hiermee wordt het areaal bedoeld van vegetatiestructuurtypen, waarmee in grote lijnen het effect van successie en beheer wordt vastgelegd. Dit is onderdeel is in 2008 en 2009 uitgevoerd en de resultaten zijn in deze rapportage opgenomen.

#### Transectmonitoring

Karteren van de vegetatie en aandachtsoorten in een beperkt aantal trajecten, geeft inzicht in verschuivingen van ruimtelijke patronen. In tegenstelling tot een pq-meetnet, dat gedetailleerde informatie geeft over wat er in de vegetatie verandert, legt de transectmonitoring vast hoe veranderingen zich ruimtelijk manifesteren (afgemeten aan lokale vegetietypen). Als bodemdaling tot verschuivingen in vegetatiepatronen leidt, zullen deze vooral loodrecht op de dalingscontouren zichtbaar zijn, en in de gekozen transecten kunnen worden gevolgd. Dit onderdeel is in 2008 uitgevoerd en in de vorige voortgangsrapportage beschreven.

#### Pq-meetnet

Het pq-meetnet geeft informatie over kleinschalige veranderingen in de vegetatie op een bepaalde locatie, zoals veranderingen in het aandeel zilte soorten of soorten van duinvalleivegetaties. Door de pq's in raaien te plaatsen, zijn waargenomen veranderingen te koppelen aan de landschappelijke positie. Door abiotische metingen (zie daar) te verrichten in de nabijheid van pq's, is de koppeling met veranderende standplaatsfactoren mogelijk.

De pq's worden jaarlijks opgenomen, bij voorkeur in begin juli, maar dat laatste was in 2007 niet meer mogelijk zodat deze toen eind september zijn opgenomen. Op advies van de auditcommissie is het meetnet in 2009 aangepast door er tien kwadranten aan toe te voegen. Dit geeft een betere verdeling van de pq's over de verwachte bodemdaling en leidt tot meer pq's binnen de kwetsbare duinvalleivegetaties. In hoofdstuk 3 gaan we hier verder op in.

#### Grondwaterstanden

Ongeveer aan de uiteinden van elke pq-raai zijn grondwaterbuizen geplaatst, zodat eventuele vernatting als gevolg van bodemdaling kan worden geregistreerd. Bij langere raaien is ook in het midden van de raai een grondwaterbuis geplaatst. De buizen dienen om de stijghoogtes van het grondwater te meten. Per locatie zijn in 2007 twee buizen geplaatst, voor een uitgebreidere beschrijving verwijzen we naar de voorgaande rapportages. De locaties van de

buizen zijn weergegeven in de figuren 3.2 tot en met 3.7 van het eerste voortgangsrapport en globaler in figuur 4.1 van deze rapportage.

### **Oppervlaktewaterpeil in het Lauwersmeer**

De verwachting is dat het meerpeil van invloed is op de grondwaterstanden. Dit peil wordt door Waterschap Noorderzijlvest gemeten bij Lauwersoog en Zoutkamp. Omdat het peil als gevolg van opstuwing en windwerking kan variëren binnen het gebied, zijn drie peilschalen geplaatst in 2009 langs de door ons onderzochte platen. Deze zijn voorzien van een diver. In hoofdstuk vier wordt hier nader op in gegaan.

### **Grondwaterkwaliteit**

De buizen worden ook gebruikt voor bemonstering van het grondwater ten behoeve van chemische analyses. Grondwaterkwaliteit is niet alleen direct sturend voor de vegetatie, maar geeft (vaak noodzakelijke) aanvullende informatie over het grondwaterregime en stromingspatronen. De buizen zijn in 2008 bemonsterd in juni en oktober. In 2009 heeft geen grondwaterbemonstering plaats gevonden. In 2010 en 2012 wordt de grondwaterkwaliteit opnieuw bepaald.

## **Bodemchemie**

### **Toplaag**

In de oorspronkelijke planning was het de bedoeling om bij elk pq-locatie in november 2007 en in 2012 monsters te nemen van de toplaag van de bodem (mengmonsters in drievoud). Hieraan worden de volgende parameters bepaald: pH-H<sub>2</sub>O, pH-KCL, NaCl, % organische stof en basenverzadiging. In 2008 is de monsternamen echter opnieuw uitgevoerd vanwege problemen met de chemische bepalingen die er toe hebben geleid dat in 2007 de spreiding van de monsternamen in de tijd te groot was (zie het tweede voortgangsrapport). Op aanraden van de auditcommissie is hiervan de bemonstering voor de organische stofgehalten in 2009 opnieuw uitgevoerd. Het gewichtspercentage organische stof is namelijk een onnauwkeurige parameter voor de stapeling van organische stof. De stapeling kan beter worden afgeleid op basis van een vast volume grond. In hoofdstuk vijf wordt dit nader beschreven.

### **Profielen**

Bij het plaatsen van de grondwaterbuizen (2007) zijn op verschillende dieptes bodemonsters genomen en geanalyseerd. Deze dienen om het kalkprofiel (%CaCO<sub>3</sub>) en het zoutprofiel (Cl) in de bodem vast te stellen. In 2009 zijn volgens planning geen profielmetingen uitgevoerd. In 2012 worden de metingen van 2007 herhaald.

### **Hoogtemetingen**

De NAP-hoogtes van buislocaties en permanente kwadranten worden drie keer gedurende de meetperiode opgemeten met behulp van GPS-RTK. Dit dient om de grondwaterstanden en de pq's te kunnen relateren aan absolute hoogte en te kunnen corrigeren voor veranderingen daarin. In maart 2008 zijn de metingen voor de eerste keer uitgevoerd. De wijze waarop dit is gedaan en de resultaten zijn uitvoerig beschreven in de eerste voortgangsrapportage zodat er hier niet meer op wordt ingegaan. Nieuwe hogtemetingen zijn gepland in 2010 en in 2012.

## 2.4. PLANNING VAN DE ONDERDELEN

De hierboven beschreven onderdelen van het onderzoek zijn in tabel 2.1 op een tijdas geplaatst, zodat inzichtelijk wordt wanneer welk onderdeel zal worden verwerkt.

**Tabel 2.1.**

*Planning van inrichting en bemonstering van de meetnetonderdelen. Een kruis geeft een werkstap aan volgens de oorspronkelijke planning. Extra werkstappen zijn met een uitroepteken aangegeven.*

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Habitatarealen		X				X
Inrichten pq-meetnet	X		!			
Opnemen pq's	X	X	X	X	X	X
Karteren transecten		X				X
Plaatsen grondwaterbuizen	X					
Plaatsen meetpunten oppervlaktewaterpeil			!			
Terreinhoogte		X		X		X
Controle en uitlezen buizen (elk kwartaal)	X	X	X	X	X	X
Bemonsteren en analyse grondwaterkwaliteit (voor- en najaar)		X		X		X
Bemonsteren en analyse toplaag bodem	X	!	!			X
Bemonsteren en analyse t.b.v. kalk en zoutprofielen	X					X
Beknopte voortgangsrapportage	X	X	X	X	X	X
Begin-, tussen- en eindrapportage	X			X		X



## 3. VEGETATIE

### 3.1. HABITATAREALEN

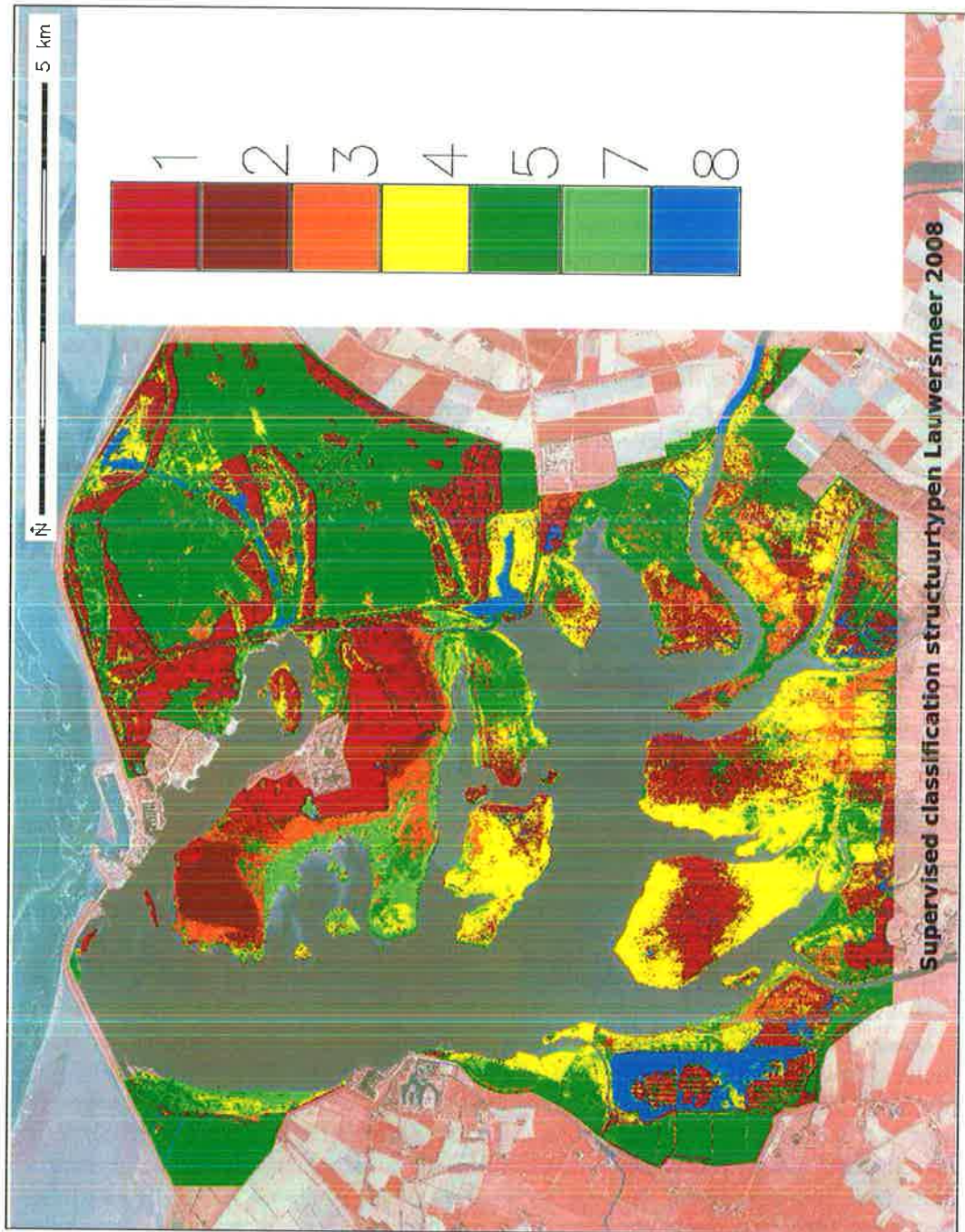
In navolging van de overige rapportages met betrekking tot bodemdaling, is dit onderdeel aangeduid als monitoring habitatarealeen. Maar om verwarring met de habitattypen uit de Natura 2000-richtlijn te voorkomen, is het beter te spreken over structuurtypen. In grote lijnen worden de structuurtypen bepaald aan de hand van een semi-automatische classificatie van luchtfoto-beelden in combinatie met de hoogtekartaart. Op 7 en 8 mei 2008 zijn false colour luchtfoto-opnamen gemaakt van de Waddenzee en van het Lauwersmeer. De resolutie van deze digitale beelden bedroeg 0,45\*0,45 meter. Op grond van deze luchtfoto, de structuurkaart uit 2006 (uit Beemster & Bijkerk 2006) en gebiedskennis, zijn vanuit de vegetatiekaart van 2004 (Van der Veen 2005) vlakken geselecteerd die kunnen dienen als trainingsite voor de classificatie. De sites zijn gegeven de karteerschaal (1: 5.000) redelijk homogeen voor wat betreft de structuurtypen, maar op fijnmaziger schaal is dit niet altijd het geval. Dicht bebouwd terrein is buiten de classificatie gelaten. Als structuurtypen zijn in eerste instantie onderscheiden:

- Opgaand bos
- Dicht struweel
- Open struweel
- Rietvegetaties en rietruigten
- Open voedselrijk grasland
- Open schraal grasland
- Zilte (pionier)vegetaties
- Klein open water

De luchtfoto-beelden zijn opgeplitst in drie banden, namelijk: infrarood, rood en groen. Vanuit het infrarodebeeld zijn afgeleide textuurbeelden gegenereerd. Deze textuurbeelden geven een beeld van de variatie in diverse richtingen van de weerkaatsing van het infrarode licht. Hierbij zijn moving cell algoritmes gebruikt van 3\*3 cellen en van 9\*9 cellen zodat zowel de fijne als grovere textuurverschillen bij de classificatie kunnen worden gebruikt. Textuur is een belangrijk kenmerk om bijvoorbeeld grasland (fijne textuur), struweel en rietland (middelfijne textuur) en bos (grote textuur) te kunnen onderscheiden. Daarnaast is de AHN-hoogtekartaart (na interpolatie) gebruikt als input. De analyse heeft plaatsgevonden met het open source GIS-programma GRASS (Zie Neteler & Mitasova 2008). Van de trainingsites zijn signatures bepaald, waarin zowel de radiometrische als de geometrische informatie is meegenomen. Radiometrisch wil zeggen de pixelwaarden van de verschillende rasterbestanden, met geometrisch wordt bedoeld dat er per structuurklasse verschillende subgroepen van signatures worden onderscheiden. Bijvoorbeeld het open struweel is een afwisseling van (kruipwilg)struweel met grasland. De pixelwaarden van de inputbestanden voor beide vegetaties worden bij een geometrische classificatie niet weggemiddeld, maar juist opgeplitst.

Op basis van deze signatures is een "sequential mapping a posteriori classification (SMAP)" uitgevoerd (zie Neteler & Mitasova 2008). Om de nauwkeurigheid van de classificatie te

bepalen is het resultaat vergeleken met de trainingsites. Daarbij is een afzonderlijke vergelijking gemaakt voor trainingsites die in het model gebruikt zijn en trainingsites die alleen ter verificatie dienen.



**Figuur 3.1.**

Resultaat supervised classificatie structuurtypen Lauwersmeer 2008. 1: Opgaand bos, 2: Dicht struweel, 3: (Zeer) open struweel, 4: Rietmoeras en Riet-aspect binnen grasland; 5: Open grasland, 7: Zilte (pionier)vegetaties, 8: Klein open water.

Uit de vergelijking met trainingsites die in het model zijn gebruikt, lijkt de classificatie in eerste instantie nauwkeurig te zijn: In totaal zijn 87,8% van de pixels goed geclassificeerd en bedroeg de totale kappa 0,84. De kappa-waarde is een maat voor de nauwkeurigheid voor de classificatie. Een visuele inspectie van de classificatie op basis van de structuurkartering uit 2006 (Beemster & Bijkerk 2006) bevestigt dit algemene beeld, maar laat ook zien dat er in detail regelmatig misclassificaties plaats vinden. Daarom is op basis van een veel kleinere set trainingsites die niet in het model zijn gebruikt, nogmaals een nauwkeurighedsanalyse uitgevoerd. Het percentage goed geclassificeerde pixels binnen die vergelijking ligt beduidend lager (46%).

Uiteindelijk hebben we het onderscheid tussen open voedselrijk grasland en open schraal grasland laten vervallen omdat hierin veel misclassificaties voorkomen. De versimpelde classificatie leidt tot een verbetering als het wordt vergeleken met trainingsites die niet in het model zijn opgenomen: de kappa bedraagt 0,45 en het percentage juist geclassificeerde pixels is 64%. Omdat dit echter een beperkte set van niet in het model gebruikte trainingsites betreft, zal de werkelijke nauwkeurigheid waarschijnlijk hoger liggen. Problemen bij deze automatische classificatie doen zich vooral voor bij de klassen:

- Dicht struweel (dat regelmatig als Opgaand bos wordt geclassificeerd); en
- (Zeer) open struweel (dat regelmatig als grasland wordt geclassificeerd).

Beide misclassificaties zijn te begrijpen. Dicht struweel verschilt qua textuur en reflectie slechts in geringe mate van het opgaande bos. Het zeer open struweel bestaat vaak uit grasland met verspreid staande kruipwilgen. Daarnaast overschat de classificatie de zilte pioniervegetaties ten koste van het grasland.

Het resultaat is een structuurkaart van 2008 en deze is weergegeven in figuur 3.1. In 2012 wordt dit herhaald zodat grootschalige veranderingen inzichtelijk worden die (waarschijnlijk) grotendeels door het gevoerde beheer zijn veroorzaakt. Gezien de matige betrouwbaarheid zal dit bij verschillen tussen beide jaren moeten worden geverifieerd op basis van het fotobeeld en gebiedskennis.

### 3.2. BEHEER

Zoals hiervoor al is aangegeven, is beheer een belangrijke factor voor de ontwikkeling van de vegetatie. Op basis van een interview met Jelle de Boer (opzichter SBB, Lauwersmeer) is het beheer doorgesproken. Het gevoerde beheer is vermeld in tabel 3.1.

**Tabel 3.1.**

*Gevoerd beheer binnen de verschillende deelgebieden van het onderzoeksgebied.*

Deelgebied	Beheer
Bantswal	Begrazing. Jaarond met runderen. 's Zomers worden paarden en pony's ingeschaard
De Lasten	Maaien en afvoeren
Juffrouw Alie	Maaien en afvoeren
De Rug	Begrazing. Jaarond paarden en seizoensbeweiding met runderen.
Zuidelijke Lob	Begrazing. Jaarond paarden en seizoensbeweiding met runderen.

Het beheer is in de afgelopen vijf jaren onveranderd gebleven. Dit geldt ook voor de begrazingsintensiteit. De Rug en de Zuidelijke Lob vormen samen met de Zuidelijke Ballastplaat één begrazingseenheid.

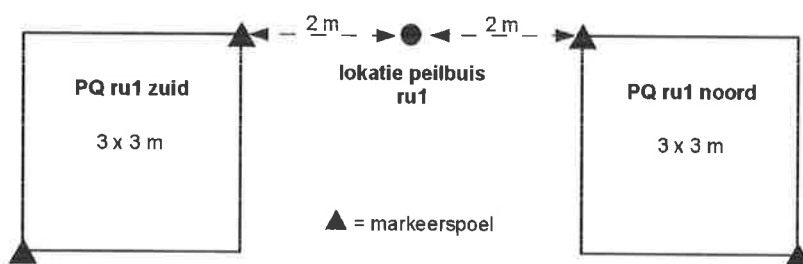
### 3.3. PERMANENTE KWADRANTEN

In totaal zijn in 2007 56 permanente kwadranten (pq's) uitgezet op 28 locaties in vier deelgebieden van het Lauwersmeer. Dit betekent dat er op elke locatie twee pq's zijn opgenomen op doorgaans 3-4 m van elkaar (figuur 3.2).

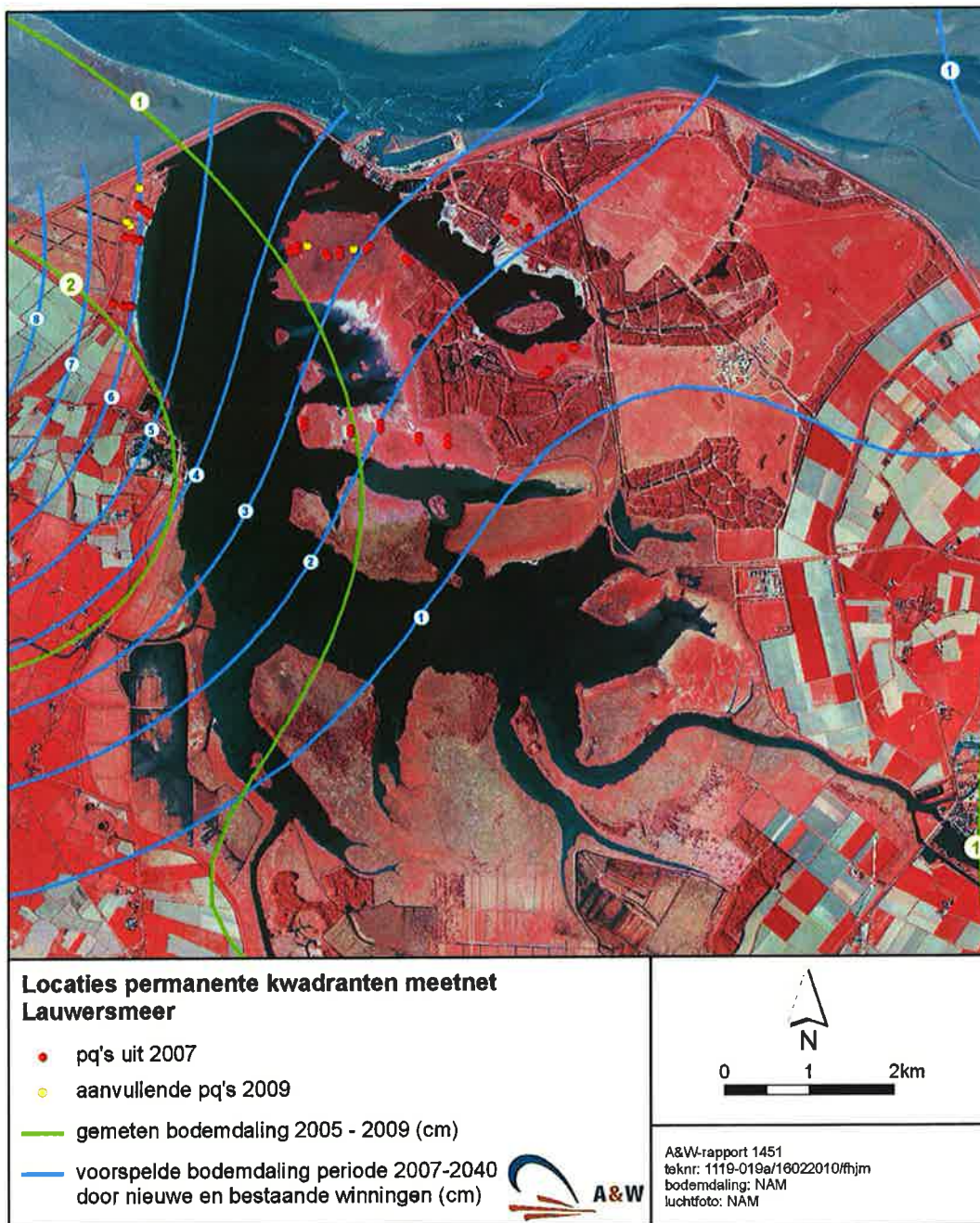
In een aantal gevallen liggen de pq's aan weerszijden van een grondwaterpeilbuis die speciaal voor dit project is geplaatst of een al bestaande grondwaterpeilbuis van Staatsbosbeheer. De pq's hebben een afmeting van drie bij drie meter. Elk pq is vastgelegd door middel van twee markeerspoelen, die op diagonaal tegenover elkaar gelegen hoekpunten onder het maaiveld geplaatst zijn. De vegetatie in de pq's is opgenomen met de decimale schaal van Londo (zie Schaminée *et al.* 1995).

In 2009 zijn 10 pq's bijgeplaatst op advies van de Auditcommissie. Dit om hiermee een evenwichtiger verdeling te krijgen van de pq-locaties over de verwachte bodemsdalingsklassen. In figuur 3.3 zijn de pq-locaties globaal weergegeven. De in 2009 extra geplaatste pq's zijn in deze figuur als gele stippen aangegeven.

Voor de Bantswal en De Rug zijn de locaties in meer detail weergegeven in figuren 3.4 en 3.5 aangezien hier nieuwe pq's zijn geplaatst in 2009. Voor een gedetailleerde weergave van de overige locaties verwijzen we naar het eerste voortgangsrapport (Bijkerk *et al.* 2008).

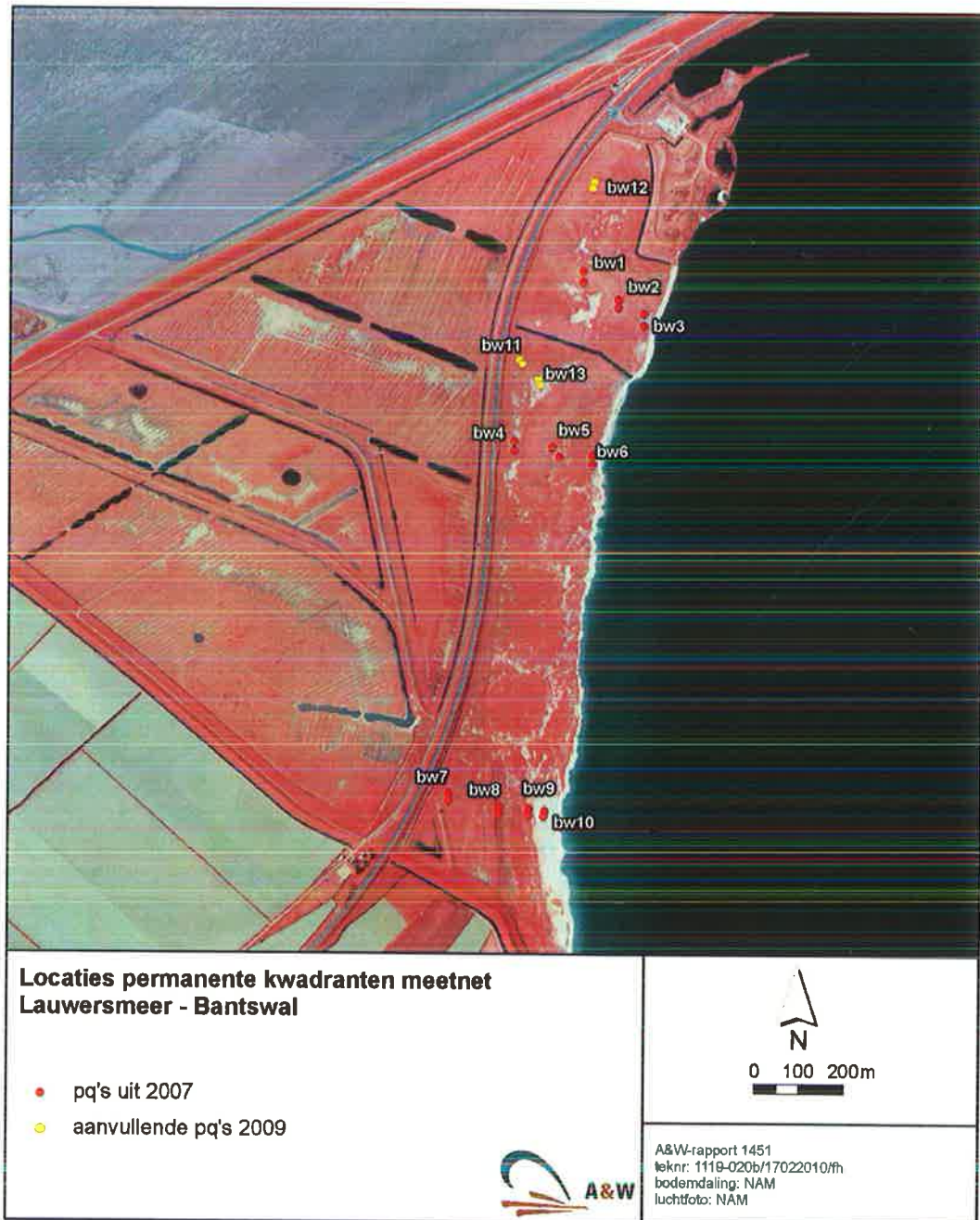


**Figuur 3.2.**  
Plaatsing en markering duplo's per pq-locatie.

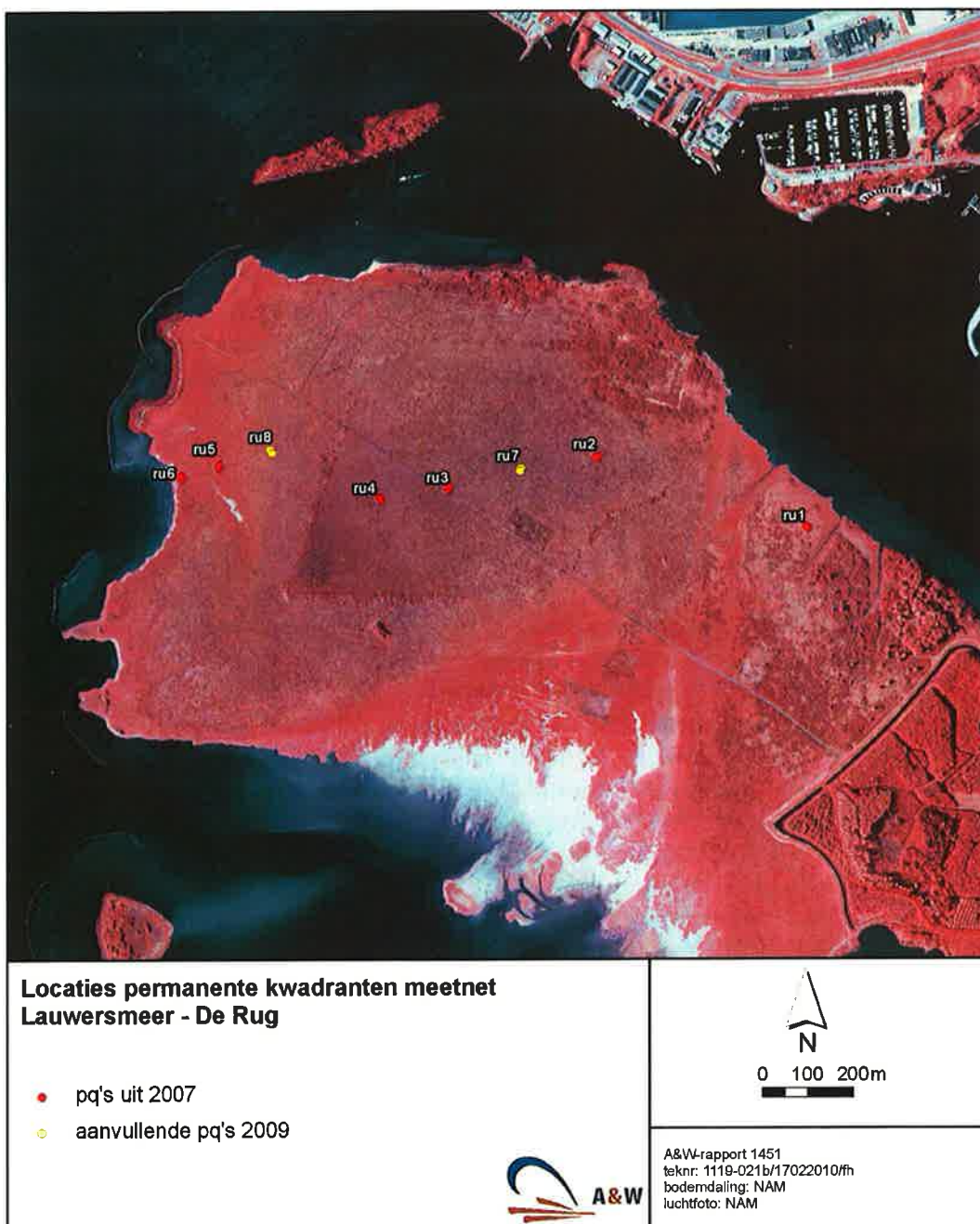


**Figuur 3.3.**

Locatie pq-raaijen. De blauwe lijnen geven de voorspelde bodemdaling weer (in cm) voor de periode 2007 – 2040. De groene lijnen geven de actuele bodemdaling weer in voor de periode 2007 – 2009, gebaseerd op meetgegevens en het bodemdalingsmodel. (Bron voor de dalingscontouren: NAM).



*Figuur 3.4.*  
*PQ-locaties Bantswal.*



**Figuur 3.5.**  
*PQ-locaties De Rug.*

Het reeds eerder geconstateerde probleem van invloed van vee op pq's waartussen grondwaterbuizen zijn geplaatst, doet zich met name nog voor op de Bantswal, waar de begrazingsdruk hoger is dan op de Rug en op de Zuidelijke lob. Ondanks het aangebrachte prikkeldraad wordt de afrastering van de buis nog steeds als schuurplek gebruikt.

In bijlage 1 zijn de opnamen van de pq's weergegeven voor de jaren 2007 t/m 2009. Hierin zijn alle in de pq's gevonden soorten vermeld, met hun bedekkingen. Verder zijn hier voor elk pq de opnamedatum, de totale bedekking van alle soorten, de bedekking van de kruidlaag en de bedekking van de moslaag aangegeven. De tabellen zijn grof geordend, waarbij soorten die typisch zijn voor bepaalde vegetatie-eenheden, zoals duinvalleivegetaties of overstromingsgraslanden, zijn gegroepeerd.

In 2007 zijn de pq's (noodgedwongen) pas opgenomen in september en begin oktober. In 2008 en 2009 zijn de pq's daarentegen allemaal in juli opgenomen. Dit leidde met name voor de pq's in de Lasten en het terreintje van Juffrouw Alie tot verschillen tussen het eerste en de daaropvolgende opnamejaren, omdat dit de terreinen zijn die worden gemaaid. Ook de toekenning van een vegetatietype kan hierdoor worden beïnvloed. Om die reden is de opnameset voor 2007 licht aangepast voor soorten die door het maaien zijn gemist (zie ook vorige voortgangsrapportage). In de opnametabellen (bijlage 1) zijn wijzigingen aangegeven via een sterretje bij de bedekkingswaarden.

### Vegetatiekundige variatie in de opnameset

De pq's kunnen tot de volgende (groe) typen worden gerekend:

- Duinvalleivegetaties (Dv). Op De Rug kenmerken deze zich door het voorkomen van Zeegroene zegge (*Carex flacca*), Parnassia (*Parnassia palustris*) en Knopbies (*Schoenus nigricans*). In het terreintje van Juffrouw Alie ontbreekt Knopbies in de pq's en komt Moeraswespenorchis (*Epipactis palustris*) meer voor. In de Bantswal zijn de duinvalleivegetaties fragmentair ontwikkeld.
- Zilte pioniervegetaties (Zp). Kortarige zeekraal (*Salicornia europaea*) en/of Gewoon kweldergras (*Puccinellia maritima*) kenmerken deze vegetaties. Een enkele keer ontbreken deze soorten, maar dan is er sprake van zeer open vegetaties waarin Melkkruid (*Glaux maritima*) en/of Zilte rus (*Juncus gerardii*) domineren.
- Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*) en Zilte zegge (*Carex distans*) (Oa). Indien Aardbeiklaver ontbreekt, hebben Zilte zegge, Melkkruid en Zilte rus nog een wezenlijk aandeel in de vegetatie. Soms zitten er overgangen bij naar de associatie van Zilte rus.
- Overige overstromingsgraslanden (Oo). Hierin ontbreken Aardbeiklaver en Zilte zegge. Melkkruid en Zilte rus kunnen voorkomen maar in lage bedekkingen.
- Overige graslanden (Go). Dit is een restgroep van pq's die moeilijk in bovengenoemde typen kunnen worden ingedeeld. Het betreft Kamgrasweiden, waar ook Zilte zegge in voor kan komen, en grasland met een aspect van Riet (*Phragmites australis*) en Duinriet (*Calamagrostis epigejos*).

De pq's zijn op basis van de soorten in de eerste opnameronde als volgt te verdelen over de vegetatietypen en deelgebieden (tabel 3.2):



**Tabel 3.2.**

*Verdeling van het aantal permanente kwadraten over de deelgebieden en de initiële vegetatietypen (tussen haken is het aantal extra uitgezette pq's in 2009 vermeld).*

Vegetatietype	Bantswal	De Lasten	De Rug	Juffrouw Alie	Zuidelijke Lob	Totaal
Overig grasland	2	2	2			6
Duinvalleivegetatie	8(4)	2	10(4)	6		26
Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver	6	4	2		3	15
Overig overstromingsgrasland			2		5	7
Zilte pioniervegetaties	10(2)				2	12
Totaal	26	8	16	6	10	66

De vegetatiekundige typering is in deze tabel (en volgende tabellen) iets aangepast ten opzichte van vergelijkbare tabellen uit vorige voortgangsrapportages. Dit is gedaan op grond van correcties van het opnamemateriaal van 2007 wat betreft gemiste soorten door het late opnametijdstip in 2007.

De verdeling van de opnamen is in tabel 3.3 uitgezet tegenover de verwachte mate van bodemdaling in 2040 (zie figuur 3.3). De verwachte bodemdaling is gebaseerd op de prognoses aan de hand van de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen) plus de bestaande winning in Anjum. Door de extra pq's is de verdeling over de verwachte bodemdalingsklassen wat evenwichtiger geworden en tevens is het accent binnen de typen meer komen te liggen op de kwetsbare duinvalleivegetaties.

**Tabel 3.3.**

*Verdeling van het aantal permanente kwadranten over de verwachte bodemdalingsklassen (in cm) voor de periode 2007 - 2040 en de vegetatietypen (tussen haken het aantal extra uitgezette pq's in 2009).*

Vegetatietype	7 - 6	6 - 5	5 - 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	Totaal
Overig grasland	2				2	2	6
Duinvalleivegetatie	6 (4)	2		8 (4)	8	2	26
Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver	4	2		2		7	15
Overig overstromingsgrasland				2	2	3	7
Zilte pioniervegetaties	8 (2)	2			2		12
Totaal	20	6	0	12	14	14	66

Dat in de dalingsklasse van 5 tot 4 cm geen kwadranten liggen, komt omdat deze klasse in het open water ligt. Ook een groot deel van de dalingsklasse van 5 tot 6 cm ligt in het open water.

Een analyse met Canoco is in 2009 niet uitgevoerd. Na de bemonstering in 2010 volgt een uitgebreidere tussenrapportage, waarin in meer detail zal worden ingegaan op de veranderingen die zich hebben voorgedaan over de periode 2007 - 2010.

### Toe- en afname van indicatoren

Per opnamejaar is voor de duinvalleisoorten en de kweldersoorten het gesommeerde bedekkingspercentage bepaald. In bijlage 1 is weergegeven welke soorten tot deze groepen zijn gerekend. Dit is tevens gedaan voor de afzonderlijke soorten Kruiwilg (*Salix repens*) en Duinriet (*Calamagrostis epigejos*). In tabel 3.4 zijn de veranderingen van deze indicatoren weergegeven. Hierin zijn correcties verwerkt voor een aantal soorten die in 2007 waarschijnlijk zijn gemist door het late opnametijdstip.

**Tabel 3.4.**

*Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruiwilg en Duinriet per vegetatietype en jaar. Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.*

Vegtype:	Duinvalleisoorten					Kweldersoorten					Kruiwilg					Duinriet				
	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Zp
2007	23,9	0,7	0,2	0,1	0,0	0,6	0,0	24,6	1,4	26,2	22,8	1,0	2,7	10,0	0,0	2,9	6,7	0,0	0,0	0,0
2008	21,7	1,3	0,5	0,3	0,0	1,9	0,7	30,1	6,0	22,3	30,7	1,8	3,3	10,0	0,0	1,4	6,7	0,0	0,0	0,0
2009	22,3	3,3	0,7	0,0	0,0	1,4	0,5	33,1	3,3	25,3	33,0	2,0	3,3	8,6	0,0	1,8	1,8	0,0	0,0	0,0

Opvallende verschuivingen zijn:

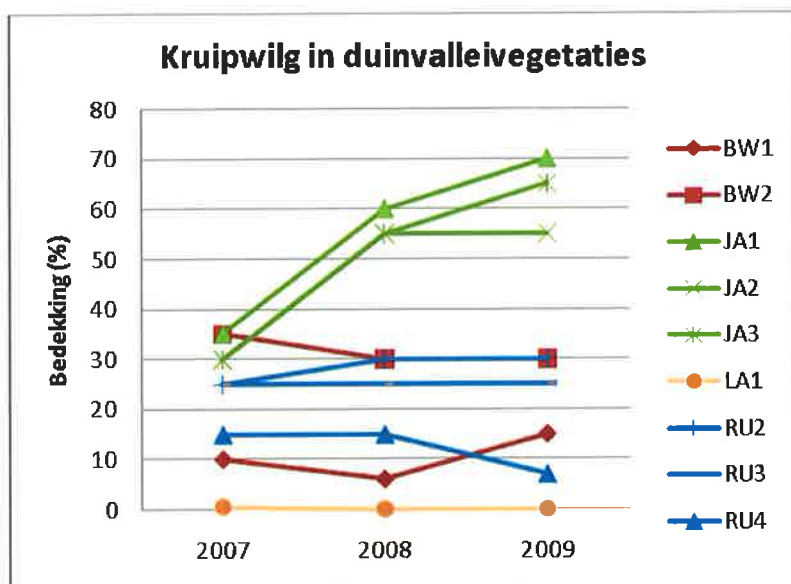
- De toename van duinvalleisoorten in de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver en in de overige graslanden. Mogelijk is dit een waarnemereffect van de herhaalde opnamen, maar ook kan hier het late opnametijdstip in 2007 nog doorheen spelen.
- De fluctuatie in bedekking van kweldersoorten (c.q. met name Zilte rus) binnen de duinvalleivegetaties, de overige overstromingsgraslanden en de overige graslanden. Omdat binnen deze vegetatie-eenheden slechts enkele, licht brakke soorten voorkomen, vallen verschuivingen hier eerder op dan binnen de Zilte pioniervegetaties en de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver.
- De toename van Kruiwilg binnen de duinvalleivegetaties en de overige graslanden
- De afname van Duinriet binnen de duinvalleivegetaties en de overige graslanden.

De in tabel 3.4 geconstateerde toename van Kruiwilg in duinvalleivegetaties is echter een artefact zoals figuur 3.6 laat zien. In deze figuur is de bedekkingsverandering van Kruiwilg weergegeven voor die opnamen die in 2007 tot duinvalleivegetatie zijn gerekend. Daarbij is de bedekking van Kruiwilg gemiddeld over de twee pq's die samen tot één pq-locatie behoren. De figuur laat zien dat:

- De pq's in het Terreintje van Juffrouw Alie een hogere bedekking van Kruiwilg hebben dan de overige pq's.
- De toename alleen plaats vindt in het Terreintje van Juffrouw Alie. Deze interactie lijkt ook significant: Getoetst met ANOVA, zie verder, geldt:  $p < 0,001$ .

Dit laatste is echter een artefact omdat in 2007 de pq's laat (na het maaien) zijn opgenomen en kruiwilgbedekking daardoor is onderschat. In de overige terreinen doet dit probleem

zich niet voor omdat deze met uitzondering van De Lasten worden begraasd en in De Lasten komt in de duinvallei pq's geen Kruiwilg voor.



**Figuur 3.6.**

Verandering in de tijd van de bedekking van Kruiwilg binnen duinvalleivegetaties, gemiddeld per pq-locatie.

### Statistische toetsing van de veranderingen in indicatorgroepen

Bovengenoemde gemiddelden uit tabel 3.4 zijn niet direct statistisch toetsbaar. Dit komt omdat er vele opnamen van pq's zijn, waarin een bepaalde soort of soortgroep in het geheel niet aanwezig is. In zo'n geval is de gesommeerde bedekking gelijk aan 0 (nul) en deze overmaat aan 0-waarden zorgt er voor dat de gesommeerde bedekkingswaarden, ook na transformatie, niet normaal zijn verdeeld. Daarom is, in navolging van de wijze waarop het CBS dit probleem behandelt (mond. med. L. van Duuren), gekeken naar de verandering van de gesommeerde bedekking voor alleen die pq's waarbinnen de soort(groep) in minimaal één van de opnamejaren aanwezig was. Dit is weergegeven in tabel 3.5.

**Tabel 3.5.**

Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruiwilg en Duinriet per vegetatietype en jaar, van alleen die pq's waar de soort(groep) in één van de opnamejaren aanwezig is. Als superscript is het aantal pq's weergegeven waarin de soort(groep) voorkomt. TotAantal = Totaal aantal pq's (gelegd in 2007) binnen het vegetatietype. Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.

Vegetype:	Duinvalleisoorten				Kweldersoorten					Kruiwilg				Duinriet	
	Dv	Go	Oa	Oo	Dv	Go	Oa	Oo	Zp	Dv	Go	Oa	Oo	Dv	Go
2007	23,9 <sup>18</sup>	0,8 <sup>3</sup>	0,4 <sup>3</sup>	0,5 <sup>1</sup>	1,7 <sup>1</sup>	0,0 <sup>0</sup>	24,6 <sup>15</sup>	1,4 <sup>6</sup>	26,2 <sup>10</sup>	22,8 <sup>17</sup>	3,0 <sup>2</sup>	20,0 <sup>2</sup>	35,0 <sup>2</sup>	8,7 <sup>5</sup>	20,0 <sup>2</sup>
2008	21,7 <sup>18</sup>	1,6 <sup>4</sup>	1,0 <sup>4</sup>	1,0 <sup>2</sup>	5,7 <sup>4</sup>	0,8 <sup>3</sup>	30,1 <sup>15</sup>	6,0 <sup>8</sup>	22,3 <sup>10</sup>	30,7 <sup>16</sup>	5,5 <sup>2</sup>	25,0 <sup>2</sup>	35,0 <sup>2</sup>	4,3 <sup>4</sup>	20,0 <sup>2</sup>
2009	22,3 <sup>18</sup>	4,0 <sup>5</sup>	1,6 <sup>7</sup>	0,0 <sup>0</sup>	4,7 <sup>6</sup>	0,6 <sup>3</sup>	33,1 <sup>15</sup>	3,3 <sup>8</sup>	25,3 <sup>10</sup>	33,0 <sup>16</sup>	6,0 <sup>2</sup>	25,0 <sup>2</sup>	30,0 <sup>2</sup>	5,3 <sup>4</sup>	5,5 <sup>2</sup>
TotAantal	18	6	15	7	18	6	15	7	10	18	6	15	7	18	6

Bij de toetsing zijn dus alleen die pq's gebruikt waar de desbetreffende indicator(groep) in één van de opnamejaren aanwezig was. De bedekkingswaarden zijn gemiddeld over de pq-locaties om ruimtelijke pseudoreplicatie te vermijden (twee pq's per pq-locatie). Deze gemiddelde bedekkingswaarden per pq-locatie zijn getransformeerd om een (redelijk) normale verdeling te verkrijgen. Hiervoor is een Arcsinus transformatie gebruikt.

De toetsing is uitgevoerd met een (parametrische) variantie-analyse (ANOVA) en met een non-parametrische toets (Friedman-test), beiden voor herhaalde waarnemingen. De Friedman-test is uitgevoerd omdat een aantal indicatoren, ook na transformatie, niet netjes normaal verdeeld blijken te zijn en dus formeel niet wordt voldaan aan één van de eisen van een variantieanalyse. Deze laatste test is uitgevoerd als controle en alleen op het effect van het opnamejaar. Daar waar de ANOVA aangeeft dat de bedekking van de indicator(groep) verschilt tussen de jaren, zijn ook de resultaten van de Friedman-test vermeld. Overigens gaf de Friedman-test nergens een significantieverschil (op  $p = 0,05$ ) te zien met de ANOVA.

Met de variantieanalyse (ANOVA) is getoetst op:

- de verandering in de tijd van bedekkingswaarden van de indicator(groep).  $H_0$ : De gemiddelde bedekking is voor alle jaren gelijk,  $H_1$ : In (minstens) één van de jaren wijkt de bedekking af van het gemiddelde.
- de verschillen in bedekkingswaarden van de indicator(groep) tussen de initiële vegetatietypen uit 2007.  $H_0$ : De gemiddelde bedekkingswaarden van de indicator(groep) zijn gelijk voor de verschillende initiële vegetatietypen.  $H_1$ : In (minstens) één van de initiële vegetatietypen wijkt de bedekking af van het gemiddelde.
- de verschillen in verandering tussen de initiële vegetatietypen (interactie).  $H_0$ : De mate van verandering in de tijd is gelijk voor de initiële vegetatietypen,  $H_1$ : De mate van verandering verschilt voor (minstens) één van de initiële vegetatietypen.

De volgende voortgangsrapportage is uitgebreider qua opzet. Dan wordt gekeken of eventuele veranderingen mede worden bepaald door de veranderde abiotische omstandigheden die een gevolg van bodemdaling kunnen zijn.

#### Resultaten toetsing

De bedekking van duinvalleisoorten verschilt natuurlijk significant tussen de vegetatietypen ( $F(3,14) = 5,485$ ,  $p = 0,011$ ) omdat duinvalleivegetaties per definitie meer duinvalleisoorten hebben. Er is echter geen significant verschil tussen de jaren ( $p=0,242$ ) en evenmin is er een significante interactie tussen opnamejaar en vegetatietype ( $p=0,097$ ).

De bedekking van kweldersoorten verschilt ook, zoals te verwachten, significant tussen de vegetatietypen ( $F(4,18) = 7,500$ ,  $p = 0,001$ ) omdat zilte pioniervegetaties en de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver per definitie meer kweldersoorten hebben. De bedekking verschilt significant tussen de opnamejaren ( $F(2,36) = 4,463$ ,  $p = 0,019$ ). Dit blijkt ook uit de Friedman-test (Friedman  $\chi^2 = 11,349$ ;  $df = 2$ ,  $p = 0,003$ ). De interactie tussen opnamejaar en het initiële vegetatietype is niet significant ( $p = 0,658$ ).

De kruipwilgbedekking verschilt niet significant tussen de vegetatietypen ( $p=0,703$ ) en evenmin verschilt de bedekking tussen de opnamejaren ( $p=0,176$ ). Ook is er geen significant

interactie-effect aanwezig tussen de vegetatietypen en het opnamejaar ( $p=0,984$ ). Deze conclusies zijn gebaseerd op de gegevens zonder correctie van het boven beschreven artefact. Na een correctie zullen deze conclusies waarschijnlijk ook gehandhaafd blijven.

De bedekking van Duinriet verschilt niet significant tussen de (beide) vegetatietypen ( $p = 0,258$ ). De bedekking verschilt evenmin significant tussen de opnamejaren ( $p = 0,303$ ) en ook is er geen significant interactie-effect aanwezig tussen het vegetatietype en het opnamejaar ( $p = 0,219$ ).

*Toetsing gebaseerd op een mixed effects model.*

Tevens is er getoetst met een variantie-analyse, gebaseerd op een mixed effects model. Deze methode is krachtiger en flexibeler dan de hierboven beschreven ANOVA, maar er bestaat onder statistici discussie of het aantal vrijheidsgraden in de noemer van de F-toets wel adequaat kan worden bepaald en derhalve overschrijdingskansen kunnen worden gegeven (zie: <https://stat.ethz.ch/pipermail/r-help/2006-May/094765.html>). Daarom is deze methode vooralsnog niet als de standaard methode toegepast.

De enige afwijking in resultaten van deze toets ten opzichte van de vorige toetsen doet zich voor bij het tijdseffect bij de bedekking van Kruiwilg. Op basis van een mixed effects model, met pq-locatie en initieel vegetatietype als random effects, blijkt dat de bedekking van Kruiwilg nipt significant verschilt tussen de jaren ( $F(1,23) = 4,591$ ,  $p=0.043$ ). Dit is gebaseerd op de data zonder correctie voor het beschreven artefact als gevolg van de te lage inschatting van Kruiwilg in 2007 in het Terreintje van Juffrouw Alie. Indien hiervoor wel zou worden gecorrigeerd, kan er van uit worden gegaan dat het tijdseffect dan niet significant is.



## 4. GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

### 4.1. GEPLAATSTE MEETPUNTEN GROND- EN OPPERVLAKTEWATER

Om eventuele veranderingen in het grondwaterregime als gevolg van bodemdaling te kunnen registreren zijn in het kader van de monitoring op elf locaties, verspreid over het Lauwersmeergebied, peilbuizen geplaatst (zie overzichtskaart, figuur 4.1). Deze peilbuizen zijn begin oktober 2007 geplaatst. Daarnaast worden in het onderzoek ook de meetgegevens betrokken van een aantal peilbuizen van Staatsbosbeheer (SBB), die sinds november 2000 worden waargenomen.

Om in het verlengde van de peilbuisraaien ook de oppervlaktewaterstand van het Lauwersmeer te kunnen meten, zijn begin december 2009 een drietal oppervlaktemeetpunten geplaatst bij de Bantswal (zuidelijke raai), De Rug en de Zuidelijke Lob. Aanvullend worden ook de beschikbare meetgegevens gebruikt van twee oppervlaktewatermeetpunten van het waterschap Noorderzijlvest, bij de sluisen van Lauwersoog en in de Zoutkamperril bij de Brug van Zoutkamp. In de onderstaande tabel is het aantal meetpunten per deelgebied weergegeven.

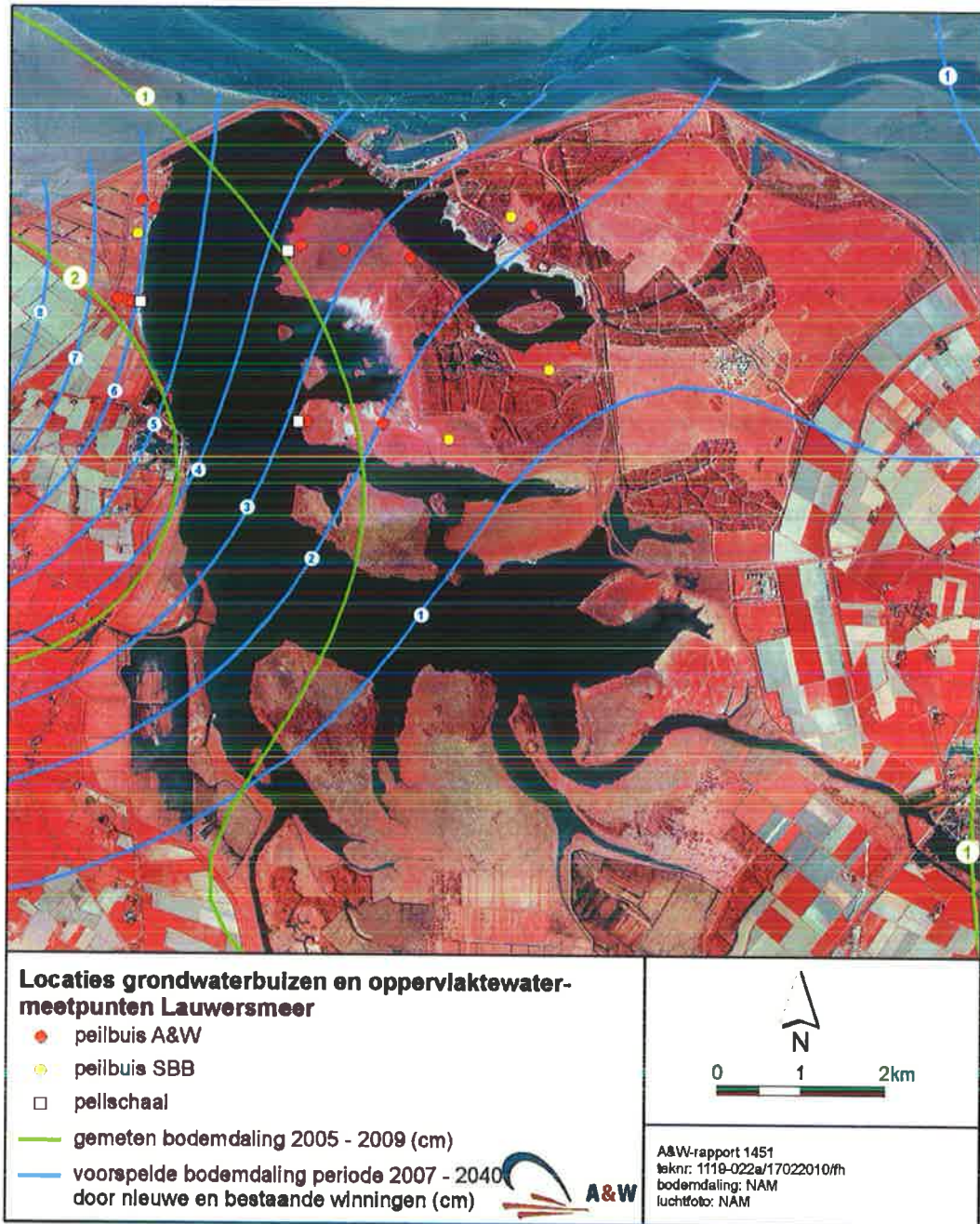
**Tabel 4.1.**  
*Verspreiding meetlocaties Lauwersmeer per deelgebieden*

Deelgebied	Aantal peilbuislocaties		Aantal meetlocaties oppervlaktewater	
	Monitoring	SBB	Monitoring	Ws Noorderzijlvest
Bantswal (noord)	2			
Bantswal (midden)		1		
Bantswal (zuid)	2	1	1	
Juffrouw Alie	1	2		
De Lasten	1	1		
De Rug	3		1	
Zuidelijke Lob	2	1	1	
Brug Zoutkamp				1
Sluisen Lauwersoog				1
Totaal	11	6	3	2

De wijze waarop de buizen zijn geplaatst is beschreven in het eerste voortgangsrapport (Bijkerk *et al.* 2008). In het eerste voortgangsrapport zijn ook de technische gegevens van de buizen en de boorstaten opgenomen.

Op 23 november 2007 zijn de *divers* in de peilbuizen geplaatst en is de meting van start gegaan. Ieder kwartaal vindt een controleronde langs deze meetpunten plaats. Hierbij worden de geregistreerde meetgegevens verzameld en de *dataloggers* op functioneren gecontroleerd. Gedurende de meetperiode van nu ruim twee jaar hebben zich wel defecten aan enkele dataloggers voorgedaan. Het betreft de meetpunten LA3b, RU5a, BW8b en BW9b waar door uitval meetgegevens voor een korte of langere periode ontbreken. De

defecte *divers* zijn bij constatering voor herstel uitgenomen en na reparatie of vervanging weer zo snel mogelijk teruggeplaatst.



**Figuur 4.1.**

*Locaties grondwaterbuizen en oppervlaktewatermeetpunten in het Lauwersmeer. De in 2009 geplaatste peilschalen zijn als witte vierkantjes weergegeven. De blauwe lijnen geven de voorspelde bodemdaling weer (in cm) voor de periode 2007 – 2040. De groene lijnen geven de actuele bodemdaling weer in voor de periode 2007 - 2009, gebaseerd op meetgegevens en het bodemdalingsmodel. (Bron voor de dalingscontouren: NAM).*



In 2009 is een aanpassing van het meetnet doorgevoerd. Er zijn drie peilschalen met divers toegevoegd die het meerpeil meten. Twee divers in ondiepe buizen zijn komen te vervallen vanwege zeer geringe verschillen met de diepere buis. Deze divers zijn voor twee van de drie schalen hergebruikt. Het betreft de ondiepere buizen van de locaties Ja3 en Ru1

De verzamelde waterstandgegevens zijn weergegeven in bijlage 4. Hierin is het peilverloop van het grond- en oppervlaktewater per meetlocatie grafisch weergegeven. De meetgegevens van de in 2009 geplaatste aanvullende oppervlaktewatermeetpunten in het Lauwersmeer ontbreken in het overzicht vanwege de geringe meetperiode.

## **4.2. RESULTATEN MEETPERIODE 23 OKTOBER 2007 – 31 DECEMBER 2009**

Na een meetperiode van ruim twee jaar geeft het waterstandverloop van de meetpunten te zien dat het karakter van het jaarlijkse fluctuatiepatroon nagenoeg hetzelfde blijft. Binnen het Lauwersmeergebied worden per deelgebied en standplaats wel verschillen in peilverloop waargenomen. Zo wordt een relatief vlak peilverloop gevonden in de Bantswal (bij meetpunt BW8ab) en op De Rug (meetpunten RU3ab en RU5ab). Op de lagere delen van De Rug, de Zuidelijke Lob en het zuidoostelijk deel van de Bantswal is sprake van (geringe) kwel of van intermediaire omstandigheden. Met een gemeten stijghoogteverschil tussen het diepe en ondiepe filter van gemiddeld 8 cm is de overdruk bij meetpunt BW8ab, in de zuidelijke raai van de Bantswal, het grootst. Meer grillig en sterker fluctuerend is het peilverloop bij de meetpunten BW1ab, JA3ab en RU1ab. De invloed van getijdenwerking en de invloed van de Lauwerssluizen komt bij deze, nabij voormalige krekken gelegen meetpunten, het sterkst in het peilverloop tot uiting. Een relatief vlak verloop van de grondwaterstand met kortdurende, vrij forse peilstijgingen is waarneembaar bij de meetpunten BW9ab, LA3ab, ZL3ab en ZL5ab.

De opgetreden peilfluctuatie is door de uitzakking van de waterstand in het begin van de zomerperiode aanzienlijk, soms oplopend tot ruim 180 cm. Vanaf eind april en begin mei daalt de grondwaterstand bij alle meetpunten gestaag tot beneden 1 m onder maaiveldniveau. Dit heeft tot gevolg dat de ondiepe buisfilters tijdelijk droogvallen. Op het zuidelijk deel van de Bantswal zakt de waterstand het meest diep weg, tot 160 cm beneden maaiveld bij meetpunt BW8ab. In het midden van De Rug (meetpunt RU3ab) is de uitzakking het meest gering met een daling tot bijna 1 m beneden maaiveld. Vanaf begin juli is in het gehele gebied weer een vrij snelle stijging van de grondwaterstand waarneembaar tot nabij of aan maaiveldniveau. Later in het jaar vinden nog wel enkele tijdelijke dalingen plaats, maar die zijn doorgaans met een uitzakking van 50 tot 75 cm beneden maaiveld minder sterk en langdurig te noemen. De zomerperiode van 2009 geeft een wat grilliger verloop te zien door het ontbreken van een relatief lange droge periode. Op De Rug (met uitzondering van RU1ab), Bantswal en Zuidelijke Lob is de uitzakking van de grondwaterstand geringer dan in het voorgaande jaar. Bij het terreintje van Juffrouw Alie en De Lasten is het niveau van de maximale uitzakking voor 2009 gelijk gebleven in vergelijking tot 2008.

Enkele kentallen van de tot nu toe verzamelde meetgegevens van de monitoring peilbuizen zijn in de onderstaande tabel 4.2 weergegeven. Door droogval van de ondiepe filters bij waterstanden beneden een niveau van 60 cm –mv, ontbreken de waarden voor de ondiepe filters (A) in dit overzicht.

**Tabel 4.2.**

Overzicht kentallen meetreeksen monitoring peilbuizen Lauwersmeer (periode t/m eind december 2009).

peilbuis	BW1A	BW1B	BW3A	BW3B	BW6A	BW6B	BW8A	BW8B	JA3A	JA3B	LA3A	LA3B	RU1A	RU1B	RU3A	RU3B	RU5A	RU5B	ZL3A	ZL3B	ZL5A	ZL5B
gem. waterstand (cm NAP)	-23	-58	-17	-23	-35	-78	-77	-180	-71	-5	-42	-90	-72									
gem. waterstand (cm -mv)	54	17	23	28	36	19	32	19	38	26	28											
hoogste waterstand (cm NAP)	33	-4	1	0	-41	-97	-3	18	-2	-3	-6											
laagste waterstand (cm NAP)	-117	-150	-177	-183	-143	-278	-136	-79	-117	-187	-164											
peilfluctuatie (cm)	150	146	178	183	102	181	133	98	115	184	158											
type grondwaterbeweging	inzijging	inzijging	kwel	geringe kwel	intermediair	intermediair	intermediair	geringe kwel	intermediair	inzijging	geringe kwel											

Per meetlocatie zijn ook de waarden voor de GXG's berekend, te weten de grondwaterstandkarakteristieken gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Hieruit is ook de bijbehorende grondwatertrap afgeleid. In tabel 4.3 zijn de waarden voor deze kentallen weergegeven zoals ze met behulp van het tijdreeksanalyseprogramma Menyanthes (Von Asmuth *et al.* 2005) zijn berekend. Deze waarden zijn zowel voor de monitoring-peilbuizen als reeds bestaande, aanvullende peilbuizen van Staatsbosbeheer berekend en weergegeven. In bijlage 5 worden de durlijnen van het grondwaterstandverloop van de meetpunten weergegeven.

**Tabel 4.3.**

Overzicht grondwaterkarakteristieken GXG (periode t/m eind december 2009).

Meetreeks	BW1B	BW3B	B011B	B013B	BW8B	BW9B	B008	JA3B	B010	B003	LA3B	RU1B	RU3B	RU5B	B005	ZL3B	ZL5B
GHG (cm -mv)	8	-13	26	-4	-7	-3	6	10	4	0	-	1	-2	18	-7	-2	-4
GVG (cm -mv)	32	-10	44	16	-2	7	36	27	25	28	-	23	2	20	6	7	6
GLG (cm -mv)	132	96	113	175	133	105	98	86	69	95	-	80	79	101	65	104	104
Grondwatertrap	V	III	III	V	V	III	III	III	II	III	-	III	II	III	II	III	III

(Door hiaten in de meetreeks ontbreken de gegevens van meetpunt LA3b)

De GXG-waarden laten zien dat zich op de Bantswal de grootste peilfluctuaties voordoen. Van alle deelgebieden heeft dit terrein tevens het sterkste hoogteverloop. Het terreintje van Juffrouw Alie en de De Rug laten de meest geringe peilfluctuaties zien. De hoogste waterstanden en meest langdurige inundaties doen zich voor in de Zuidelijke Lob en de lager gelegen delen van de Bantswal. Dit is ook duidelijk te zien aan het verloop van de berekende durlijnen (bijlage 5).

### 4.3. GRONDWATERKWALITEIT

In 2009 heeft geen onderzoek naar de waterkwaliteit plaats gevonden. In 2010 zal het grondwater weer opnieuw worden bemonsterd en geanalyseerd. De resultaten hiervan zullen worden besproken in de volgende voortgangsrapportage.

### 4.4. GRONDWATERREGIME EN MODELLERING

Met behulp van tijdreeksanalyse (Menyanthes) zijn de meetreeksen van de grondwaterstand per meetpunt doorgerekend. Voor alle grondwaterreeksen is een lineair tijdreeksmodel

gemaakt met neerslag en verdamping (zie bijlage 6 voor overzicht jaargegevens) als verklarende factoren. Ook het peilverloop van het oppervlaktewater in het Lauwersmeer (meetpunten Brug Zoutkamp en Sluizen Lauwersoog) is als aanvullende verklarende factor gebruikt bij de uitgevoerde modellering. Bij een verklaarde variantie van meer dan 70% is er sprake van een redelijk tot goed geslaagde modellering.

Bij de gemodelleerde grondwatermeetreeksen van de meetpunten in het Lauwersmeergebied is de verklaarde variantie voldoende, gemiddeld 80 à 85%. In tabel 4.4 zijn de modelresultaten weergegeven. Het toevoegen van een factor voor niet-lineariteit vanwege oppervlakkige afstroming voor grondwaterstanden boven maaiveld, geeft voor de meeste meetpunten de beste modelresultaten met het hoogste percentage verklaarde variantie en de kleinste waarde voor de FPE (Final Prediction Error), een maat voor de modelkwaliteit volgens de theorie van Akaike.

**Tabel 4.4.**

*Overzicht resultaten modellering grondwatermeetreeksen in Menyanthes.*

*Verklaarde variantie (in %) en FPE (schuingedrukt) per meetpunt voor de gebruikte invloedsfactoren:*

Meetreeks	BW1B	BW3B	B011B	B013B	BW8B	BW9B	B008	JA3B	B010
Prec + Evap	86,9 <i>0,019</i>	85,3 <i>0,019</i>	70,8 <i>0,036</i>	87,2 <i>0,070</i>	74,7 <i>0,028</i>	80,3 <i>0,026</i>	80,7 <i>0,025</i>	79,7 <i>0,012</i>	75,1 <i>0,017</i>
Prec + Evap + Niet Lineariteit	92,8 <i>0,015</i>	93,2 <i>0,011</i>	84,4 <i>0,023</i>	95,0 <i>0,036</i>	94,7 <i>0,013</i>	92,3 <i>0,014</i>	81,3 <i>0,025</i>	81,4 <i>0,011</i>	78,7 <i>0,015</i>
Prec + Evap + Opp.waterpeil	89,1 <i>0,020</i>	85,5 <i>0,023</i>	82,6 <i>0,048</i>	90,0 <i>0,086</i>	77,5 <i>0,042</i>	80,9 <i>0,031</i>	86,9 <i>0,034</i>	82,1 <i>0,011</i>	75,5 <i>0,029</i>

Meetreeks	B003	LA3B	RU1B	RU3B	RUSB	B005	ZL3B	ZL5B
Prec + Evap	76,2 <i>0,034</i>	69,9 <i>0,028</i>	85,2 <i>0,013</i>	76,2 <i>0,014</i>	76,0 <i>0,015</i>	60,9 <i>0,043</i>	77,7 <i>0,033</i>	85,7 <i>0,019</i>
Prec + Evap + Niet Lineariteit	84,5 <i>0,024</i>	92,7 <i>0,010</i>	79,1 <i>0,017</i>	83,3 <i>0,006</i>	92,9 <i>0,006</i>	80,8 <i>0,023</i>	84,5 <i>0,027</i>	91,6 <i>0,014</i>
Prec + Evap + Opp.waterpeil	85,8 <i>0,043</i>	68,4 <i>0,034</i>	87,0 <i>0,013</i>	77,6 <i>0,015</i>	76,5 <i>0,017</i>	80,5 <i>0,055</i>	78,1 <i>0,039</i>	86,9 <i>0,020</i>

Opvallend is dat toevoeging van het oppervlaktewaterpeil (hier nog op basis van metingen van het Waterschap Noorderzijlvest) aan het lineaire model met verdamping en neerslag vrijwel nooit een verbetering van het model te zien geeft. Soms stijgt de verklaarde variantie wel iets, maar uit de toename van de FPE is af te leiden dat dit een gevolg is van de toegenomen modelcomplexiteit en niet kan worden toegeschreven aan een daadwerkelijke kwaliteitsverbetering van het model. Alleen bij de meetpunten RU1b (De Rug) en JA3b (terreintje van Juffrouw Alie) levert toevoeging van het oppervlaktewaterpeil ook een iets betere modelkwaliteit.

Het toevoegen van een extra factor in de vorm van een lineaire trend ter verklaring van de temporele variatie in grondwaterstand, geeft bij vrijwel alle meetpunten geen noemenswaardige verbetering in de modelresultaten te zien.

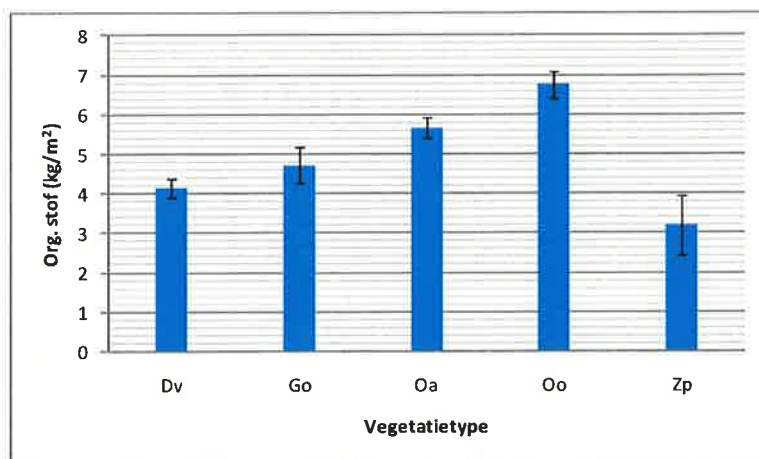


## 5. BODEM

### 5.1. ORGANISCHE STOF IN DE TOPLAAG

In 2009 is alleen het organisch stofgehalte bij de permanente kwadranten opnieuw bepaald. De bepalingen in de voorgaande jaren betroffen het gewichtspercentage organische stof. Naar aanleiding van commentaar van de auditcommissie, is in 2009 het organische stofgehalte bepaald als aandeel binnen een vast volume. Dit omdat bij gelijkblijvende hoeveelheid organische stof, het gewichtspercentage hiervan op de zwaardere kleigrond lager zal uitvallen dan in zandgrond. Daarmee is het gewichtspercentage geen goede maat voor de stapeling van organische stof.

Voor de bepaling van de hoeveelheid organische stof, is in 2009 gebruik gemaakt van pf-ringen met een constante inhoud van 100 ml. De gebruikte pf-ringen zijn 5,1 cm hoog. Aan de bovenzijde van de pf-ringen is los liggend strooisel verwijderd. Per pq-locatie zijn twee pf-ringen gestoken, zodat in totaal 66 monsters zijn genomen. Deze zijn door het laboratorium van de vakgroep Plantenoecologie van de RUG (te Haren) geanalyseerd op bulkdensity en organisch stofgehalte. Voor deze laatste bepaling zijn de monsters gedroogd op zowel 500 °C als op 850 °C. Gezien de soms hoge kalkgehalten, en daardoor gewichtsverlies via koolzuurgas, is besloten om het gloeiverlies bij 500 °C te gebruiken als maat voor het organisch stofgehalte. De verkregen waarden zijn, analoog aan Lammerts (1999), omgerekend naar kg organische stof per vierkante meter (in de bovenste 5 cm van de bodem).



**Figuur 5.1.**

*Gehalte organische stof in de humuslaag in de verschillende onderscheiden vegetatietypen binnen het onderzoeksgebied, gebaseerd op monsters van oktober - november 2009. De foutenbalken geven  $\pm 1$  SE weer. Dv=Duinvalleivegetaties; Go=Overig grasland; Oa=Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.*

De resultaten van de afzonderlijke bepalingen zijn weergegeven in bijlage 2. In figuur 5.1 zijn de gemiddelde hoeveelheden organische stof uitgezet per vegetatietype. Dat laatste is gebaseerd op de opnamegegevens van 2007.

In tegenstelling tot de analyse zoals in de vorige voortgangsrapportage uitgevoerd op het gewichtspercentage organische stof, blijken de vegetatietypen wel te verschillen in het gehalte organische stof als dit wordt bepaald in  $\text{kg/m}^2$ . Een one-way ANOVA, uitgevoerd op de gemiddelden per pq-locatie, laat zien dat het effect van vegetatietype significant is ( $F(4,28)=5,08$ ,  $p<0,01$ ). Uit een Tukey multicomparison-toets blijkt dat op 0,05% significantieniveau alleen de volgende typen onderling significant verschillen in organische stofgehalte: Oo-Dv ( $p=0,034$ ), Zp-Oa ( $p=0,021$ ), Zp-Oo ( $p=0,008$ ). De verschillen tussen duinvalleivegetaties, overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver en overige graslanden zijn niet significant.

## 6. AANDACHTSPUNTEN

Op grond van de hiervoor geschetste analyses en de door de auditcommissie aangedragen knelpunten zijn er een aantal zaken te noemen die nadere aandacht behoeven.

### 6.1. CONCEPTUEEL MODEL

In de voorgaande voortgangsrapportage is een conceptueel model gepresenteerd. Daarin zijn zuurgraad, bodemreliëf (cq. de locatie op de plaat als plaatrand, plaatcentrum) en beheer niet expliciet opgenomen.

De zuurgraad is natuurlijk van invloed op de vegetatieontwikkeling en wordt mede bepaald door de wel in het model opgenomen factoren als kalkgehalte, stapeling van organische stof en grondwaterstroming. Gezien de te verwachten correlatie met deze andere factoren is zuurgraad vooralsnog buiten beschouwing gelaten, maar wordt wel bepaald aan de hand van bodem- en grondwatermonsters. De zuurgraad is desgewenst eenvoudig in het model in te brengen.

Het bodemreliëf zal naar verwachting via grondwaterstromingskarakteristieken ook in het model doorwerken. Maar hiervoor is ook een typering aan te geven voor de diverse pq-locaties. Dit zal in de volgende voortgangsrapportage expliciet worden benoemd.

Het beheer is een belangrijke factor, zoals blijkt uit de verschillen tussen de duinvalleivegetaties van Juffrouw Alie (gemaaid) en die van de Rug (beweid). De beheereffecten monitoren we (grootschalig) via de habitattypenkartering en via de transectkartering. De verwachting is dat bijvoorbeeld Kruipwilg als gevolg van successie bij begrazing sterker toeneemt dan bij maaibeheer. Uit de huidige pq-gegevens blijkt dat overigens nog niet, maar dat heeft er ook mee te maken dat de pq's per deelgebied niet volledig at random zijn gelegd maar gestratificeerd naar vegetatietype: anders zouden op de Rug meer opnamen in het Kruipwilgstruweel zijn gemaakt. Het verschil tussen maaibeheer en beweiding is via het deelgebied expliciet in het model op te nemen, maar hierbij doet het volgende probleem zich voor: de gemaaide terreinen worden alleen aangetroffen in delen van het Lauwersmeer waar een geringe bodemdaling (tot 3 cm in 2040) wordt verwacht.

### 6.2. AANTAL MEETPUNTEN

In de vorige voortgangsrapportage is het minimaal benodigde aantal pq's beargumenteerd, er van uitgaande dat een effectgrootte van 0,5 (50% verandering) dient te worden gedetecteerd. Voor de duinvalleivegetaties is zo berekend dat minimaal 15 samples nodig zijn, uitgaande van een t-toets met gepaarde waarnemingen en bekende variantie van de bedekking van duinvalleisoorten.

Met de inmiddels bijgestelde kennis kan deze berekening nogmaals worden uitgevoerd. Met het programma G\*Power (Faul 2008) kan het benodigd totaal aantal samples per

meetmoment worden bepaald, afhankelijk van de gewenste te signaleren effectgrootte. Dit is uitgevoerd, er van uitgaande dat:

- de bedekking via een ANOVA voor herhaalde metingen wordt getoetst
- er meerdere (>2) herhaalde metingen worden uitgevoerd
- we vooral geïnteresseerd zijn in de **interactie** tussen de veranderingen in bedekking en de mate van bodemdaling (bijvoorbeeld: verandert de bedekking van duinvallei-soorten bij sterke bodemdaling anders dan bij geringe bodemdaling?)
- de correlatie tussen de opeenvolgende opnamejaren per pq gelijk is aan 0,5. Deze parameter is bewust laag genomen. Voor de bedekking duinvallei-soorten blijkt de correlatie tussen de opeenvolgende opnamejaren groter, namelijk 0,9. Een hogere waarde voor de correlatie leidt tot een geringer aantal benodigde samples indien wordt getoetst op interactie-effecten. Dat geldt overigens niet als wordt getoetst op zogeheten “between-effecten”: dan leidt een hogere correlatie tot meer benodigde samples.
- $\alpha = 0,05$
- de power van de toets minimaal 0,8 dient te zijn
- de correctie voor non-sfericiteit 0,75 bedraagt (overeenkomend met Huynh-Feldt correctie)

De effectgrootte is daarbij afhankelijk van het percentage verklaarde variatie ( $\eta^2$ ). Omdat er nog geen variantieanalyse is uitgevoerd op basis van de (voorspelde) bodemdaling, zal de  $\eta^2$  en bijbehorende effectgrootte moeten worden ingeschat. Als we (net als in de vorige voortgangsrapportage) er van uitgaan dat we een vrij sterk effect willen kunnen detecteren, kan een  $\eta^2$  van 0,14 als uitgangspunt worden genomen. Dit komt overeen met een effectgrootte van 0,40. Wil je een middelmatig effect kunnen detecteren, dan is een  $\eta^2$  van 0,06 het uitgangspunt, overeenkomend met een effectgrootte van 0,25. In onderstaande tabel is aangegeven hoe groot dan het totale aantal samples moet zijn dat jaarlijks wordt opgenomen, uitgaande van een evenwichtige verdeling over de bodemdalingsklassen. Hierbij is onderscheid gemaakt in het aantal herhaalde metingen en in het aantal klassen waarin de bodemdaling wordt getypeerd.

**Tabel 6.1.**

*Benodigde totale aantallen pq-locaties, afhankelijk van de vast te stellen effectgrootte van het interactie-effect (bodemdaling \* opnamejaar), het aantal meetjaren en het aantal klassen waarin de bodemdaling wordt weergegeven bij een variantieanalyse voor herhaalde metingen.*

	# dalingsklassen:	Effectgrootte=0,40				Effectgrootte=0,25			
		2	3	4	5	2	3	4	5
# meetjaren	4	12	18	20	25	28	36	44	45
	5	12	15	16	20	26	33	36	40
	6	10	15	16	20	22	30	36	40
	10	8	12	12	15	16	21	28	30

Het onderscheid dat wordt gemaakt in de dalingsklassen is daarmee sterk bepalend voor de benodigde hoeveelheid pq-locaties. Uit figuur 3.3 blijkt dat de dalingsklasse tussen 4 en 6 cm (op basis van verwachte bodemdaling in 2040 ten opzichte van 2007) grotendeels binnen het open water valt. In dat licht lijkt een opsplitsing in twee dalingsklassen (1 t/m 4 cm; nu 40 pq's, 20 pq-locaties, en 4 t/m 7 cm; nu 26 pq's, 13 pq-locaties) een logische verdeling. Temeer daar, indien de grens bij 3 cm daling wordt gelegd, de duinvalleivegetaties uit de



laagste klasse geheel in de gemaaide terreinen liggen en beheer een belangrijker en niet te onderscheiden rol gaat spelen.

Vervolgens is aan de orde of het interactie-effect van het initiële vegetatietype ook in termen van overschrijdingskansen moet kunnen worden bepaald. In principe zijn we hier niet in geïnteresseerd, maar we willen wel kunnen corrigeren voor de invloed van het initiële vegetatietype. Als we voor het gemak uitgaan van het feit dat ook deze interactieterm statistisch moet kunnen worden getoetst, dan is het aantal groepen beduidend groter. Bij twee bodemdalingsklassen en vijf vegetatietypen is het aantal vrijheidsgraden  $(2-1)*(5-1) = 4$ . Bij benadering kan er dan van worden uitgegaan dat in tabel 6.1 gekeken moet worden bij 5 groepen  $(4+1)$ . Uitgaande van 80% kans op het detecteren van vrij sterk effect zijn zo bij vijf jaar meten 20 pq-locaties nodig. Uitgaande van 80% kans op het detecteren van een middelmatig effect zijn 45 pq-locaties nodig.

Op basis van de verzamelde gegevens van de bedekking van Kruiwilg, kan de proef op de som worden genomen (zie par. 3.3). Hierbij zijn gedurende drie jaren de gegevens van 12 pq-locaties geanalyseerd op de bedekking van Kruiwilg. De bedekking van Kruiwilg lijkt toe te nemen van 22% naar 33%, hoewel overigens nadere analyse laat zien dat de toename is gebaseerd op een artefact in de opnamen van 2007. Interactie-effecten waren niet significant (bij vier onderscheiden vegetatietypen). Gezien bovenstaande tabel is dit ook niet verbazingwekkend, want dan zouden meer dan 20 pq-locaties nodig geweest zijn om een vrij sterk interactie-effect aan te kunnen tonen, en meer dan 44 om een middelmatig effect aan te kunnen tonen. Slechts na 10 jaar meten is er 80% kans dat een vrij sterk effect wordt aangetoond met 12 pq-locaties.

Dit voorbeeld laat een manco zien in de proefopzet. In totaal zijn er sinds 2009 33 pq-locaties. Als alle opnamen bruikbaar zijn voor toetsing, dan is dit voldoende om al na vier jaar een vrij sterk interactie-effect aan te kunnen tonen. Indien, zoals gepland, wordt getoetst op de (verandering in) score op de ordinatie-assen vanuit een ordinatieplot dan is er geen probleem, want elke opname krijgt een waarde. Maar als op specifieke indicatorgroepen moet worden getoetst, dan kan dit alleen parametrisch worden gedaan als de selectie wordt gemaakt dat de indicatorgroep in één van de opnamejaren binnen de pq-locatie aanwezig was (zie par. 3.3). Deze selectie beperkt dus het aantal bruikbare pq-locaties.

Daarnaast zijn er andere overwegingen om het aantal pq-locaties uit te breiden:

- indien het detecteren van een kleiner effect wordt gewenst, stijgt het aantal benodigde pq-locaties;
- duinvalleivegetaties zijn gezien hun waarde en kwetsbaarheid uitgebreider bemonsterd dan de andere vegetaties. Dit geeft een scheve steekproef en leidt tot een lagere power van de toets;
- in de Bantswal is een effect van vertrapping waar te nemen binnen sommige pq's, hetgeen een extra versturende factor vormt.

De auditcommissie wijst daarnaast op het mogelijk uitvallen van pq-locaties door aangepast peilbeheer, maaien of begrazing. Naar onze mening is de kans op een grote wijziging in beheer of in peilwijzigingen in de komende jaren zeer gering. Daarnaast is, door te kiezen voor twee pq's per pq-locatie, de kans op het volledig uitvallen van een pq-locatie door een andere oorzaak sterk verkleind.

## Voorstel

Ons voorstel is om het aantal pq-locaties uit te breiden en wel dusdanig dat ook de indicatorgroepen Duinriet en Kruiwilg hierin meer zijn vertegenwoordigd, hoewel dat voor Duinriet lastig zal zijn. Het streven moet zijn om elke indicatorgroep (mogelijk met uitzondering van Duinriet) in minimaal 20 pq-locaties te hebben.

Indicatorgroep	Huidig aantal pq-locaties	Extra pq-locaties
Duinvalleisoorten	17	3
Zilte pioniersoorten	22	-
Kruiwilg	12	8
Duinriet	4	16??

Voor Duinriet is 16 extra locaties geen haalbare optie en dient het streven te zijn om tot 10 pq-locaties uit te breiden. Daarnaast gaan we er van uit dat het totaal aantal pq-locaties wordt uitgebreid van 33 naar minimaal 40, om zodoende ook een middelmatig effect te kunnen detecteren op de scores van de ordinatie-assen. De hiervoor genoemde extra pq-locaties voor de indicatorgroepen leidt al tot deze gewenste toename.

**NB!** Het leggen van extra pq-locaties heeft overigens alleen nut indien de meetperiode wordt verlengd.

### 6.3. VERTRAPPING DOOR VEE

Zoals reeds genoemd, zijn op de Bantswal in sommige pq's effecten zichtbaar van vertrapping door vee dat de omheining van de buis als schuurplek gebruikt. De auditcommissie stelt voor om de locatie van de buizen aan te passen. Gezien de benodigde tijdsinvestering hiervoor en de verstoring die dit oplevert in de tijdsreeksen willen wij voor een andere optie kiezen, namelijk het bijplaatsen van pq's op grotere afstand van de buis. Daarnaast zal de mate van vertrapping worden bijgehouden (afwezig, gering, groot) zodat op grond hiervan kan worden besloten om pq's waarin dit optreedt buiten de analyse te laten. Dit betreft 6 pq-locaties.

### 6.4. PEILBEHEER

Door de auditcommissie wordt als zorgpunt aangedragen dat het peilbeheer een sterk doorkruisende variabele kan zijn. Zoals uit bijlage 4 blijkt, wisselen de peilen in het meer sterk en kortdurend, met name in de herfst- en winterperiode, waarbij het streven is om het peil te sturen op 93 cm -NAP. Vooralsnog verwachten wij geen verandering dit streefpeil. De pieken zijn echter niet te sturen. Wel is het van belang om de oppervlaktewaterpeilen nauwkeurig te monitoren en om een antwoord te verkrijgen op de vreemde conclusie uit hoofdstuk 4 dat toevoeging van het oppervlaktewaterpeil geen positieve bijdrage levert aan het statistische model dat met *Menyanthes* is opgesteld.

## LITERATUUR

- Asmuth, J.R. von, K. Maas en M. Knotters 2005. Handleiding Menyanthes versie 1.6. Kiwa projectnr. 305547050, KIWA water research, Nieuwegein.
- Beemster, N & W. Bijkerk 2006. Natuurwaarden in het Lauwersmeergebied en mogelijke effecten van bodemdaling door gaswinning. A&W-rapport 703. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Bijkerk, W. 2007. Evaluatie hydrologisch meetnet De Mieden. A&W-rapport 932. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden.
- Braak, C.J.F. ter & P. Smilauer 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows users guide. Biometris, Wageningen and České Budějovice.
- Crawley M.J. 2002. Statistical computing. An introduction to Data Analysis using S-plus. 735 pp. Wiley & Sons, Chisester, UK.
- Dobben, H. van & P. Slim 2005. Evaluation of changes in the dunes and upper salt marsh at Ameland East. Ecological effects of gas extraction.
- Faul F. 2008. G\*Power vs. 3.0.10. Universität Kiel. Website: <http://www.psych.uni-duesseldorf.de/aap/projects/gpower/>.
- Lammerts, E.J. 1999. Basiphilous pioneer vegetation in dune slacks on te Dutch Wadden Sea Islands. Proefschrift R.U. Groningen. ISBN 90 367 1120 7. Rijksuniversiteit Groningen.
- Leeuw, C.C. de, & J. Bosma, 2004. Monitoring- en evaluatieplan Nationaal Park Lauwersmeer. Altenburg & Wymenga, Veenwouden en Bureau Vandertuuk BV, Beetsterzwaag. A&W-rapport 468.
- Grootjans, A.P., E.J. Lammerts en F. van Beusekom, 1995. Kalkrijke duinvalleien op de Waddeneilanden. KNNV, Utrecht.
- Nederlandse Aardolie Maatschappij 2007. Winning Waddengas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Monitoringsprogramma 2007 – 2012. NAM documentnr. EP20070101533. NAM, Assen.
- Neteler, M. & H. Mitasova 2008. Open Source GIS: A GRASS GIS Approach. Third Edition. The International Series in Engineering and Computer Science: Volume 773. 406 pages, 80 illus., Springer, New York ISBN: 038735767X | ISBN-13: 978-0-387-35767-6
- Nienhuis, P.R., F.H. Everts, D.P. Pranger & A.P. Grootjans 2001. Effectvoorspelling peilverandering Veerse Meer op de vegetatie van de Schotsman. Everts & De Vries ecologisch onderzoek, Groningen.
- Wijngaart, R. van & R. Pahlplatz 2002. Inventarisatie en Monitoring van natuurwaarden op Defensieterreinen: Marnewaard. Dienst Gebouwen, Werken & Terreinen (DGW&T) van het Ministerie van Defensie.
- Rooij, S.A.M. van & H.J. Drost (red.) 1996. Het Lauwersmeergebied: 25 jaar onderzoek ten dienste van natuurontwikkeling en beheer. Flevobericht nr. 387. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Schaminée, J. E.J. Weeda & V. Westhoff 1995. De vegetatie van Nederland. Deel 1. Inleiding tot de plantensociologie – grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus Press. Leiden.
- Van der Veen K., W. Bijkerk & M. Brongers 2005. De Vegetatie van de Lauwersmeer in 2004. A&W-rapport 572. Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek bv, Veenwouden
- Zoetendal, J.R., Y. de Leeuw & N. Zwaanswijk. 2005. Effectenstudie aardgaswinningen Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Grontmij, Drachten.



## **BIJLAGEN**

1. Gegevens permanente kwadranten 2007/2009
2. Resultaten organische stofbepalingen 2009
3. Grondwaterstandskarakteristieken najaar 2007-najaar 2009
4. GxG en duurlijnen
5. Neerslag en verdamping



## **BIJLAGE 1. PERMANENTE KWADRANTEN 2007-2009**





**Bantswal**

Item	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
... (repeated for all items) ...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Bantswal (deel 2)

Q2-woordlys	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	
Amad																																
Amad	28	27	28	29	27	27	27	28	27	28	28	28	27	27	27	27	28	27	27	28	27	27	28	27	27	28	27	27	28	27	27	28
Amad	29	28	29	29	28	28	28	29	28	29	29	28	28	28	28	28	29	28	28	29	28	28	29	28	28	29	28	28	29	28	28	29
Amad	30	29	30	30	29	29	29	30	29	30	30	29	29	29	29	30	29	29	30	29	29	30	29	29	30	29	29	30	29	29	30	29
Amad	31	30	31	31	30	30	31	30	31	31	30	30	30	30	30	31	30	30	31	30	30	31	30	30	31	30	30	31	30	30	31	30
Amad	32	31	32	32	31	31	32	31	32	32	31	31	31	31	31	32	31	31	32	31	31	32	31	31	32	31	31	32	31	31	32	31
Amad	33	32	33	33	32	32	33	32	33	33	32	32	32	32	32	33	32	32	33	32	32	33	32	32	33	32	32	33	32	32	33	32
Amad	34	33	34	34	33	33	34	33	34	34	33	33	33	33	33	34	33	33	34	33	33	34	33	33	34	33	33	34	33	33	34	33
Amad	35	34	35	35	34	34	35	34	35	35	34	34	34	34	34	35	34	34	35	34	34	35	34	34	35	34	34	35	34	34	35	34
Amad	36	35	36	36	35	35	36	35	36	36	35	35	35	35	35	36	35	35	36	35	35	36	35	35	36	35	35	36	35	35	36	35
Amad	37	36	37	37	36	36	37	36	37	37	36	36	36	36	36	37	36	36	37	36	36	37	36	36	37	36	36	37	36	36	37	36
Amad	38	37	38	38	37	37	38	37	38	38	37	37	37	37	37	38	37	37	38	37	37	38	37	37	38	37	37	38	37	37	38	37
Amad	39	38	39	39	38	38	39	38	39	39	38	38	38	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38	38	39	38
Amad	40	39	40	40	39	39	40	39	40	40	39	39	39	39	39	40	39	39	40	39	39	40	39	39	40	39	39	40	39	39	40	39
Amad	41	40	41	41	40	40	41	40	41	41	40	40	40	40	40	41	40	40	41	40	40	41	40	40	41	40	40	41	40	40	41	40
Amad	42	41	42	42	41	41	42	41	42	42	41	41	41	41	41	42	41	41	42	41	41	42	41	41	42	41	41	42	41	41	42	41
Amad	43	42	43	43	42	42	43	42	43	43	42	42	42	42	42	43	42	42	43	42	42	43	42	42	43	42	42	43	42	42	43	42
Amad	44	43	44	44	43	43	44	43	44	44	43	43	43	43	43	44	43	43	44	43	43	44	43	43	44	43	43	44	43	43	44	43
Amad	45	44	45	45	44	44	45	44	45	45	44	44	44	44	44	45	44	44	45	44	44	45	44	44	45	44	44	45	44	44	45	44
Amad	46	45	46	46	45	45	46	45	46	46	45	45	45	45	45	46	45	45	46	45	45	46	45	45	46	45	45	46	45	45	46	45
Amad	47	46	47	47	46	46	47	46	47	47	46	46	46	46	46	47	46	46	47	46	46	47	46	46	47	46	46	47	46	46	47	46
Amad	48	47	48	48	47	47	48	47	48	48	47	47	47	47	47	48	47	47	48	47	47	48	47	47	48	47	47	48	47	47	48	47
Amad	49	48	49	49	48	48	49	48	49	49	48	48	48	48	48	49	48	48	49	48	48	49	48	48	49	48	48	49	48	48	49	48
Amad	50	49	50	50	49	49	50	49	50	50	49	49	49	49	49	50	49	49	50	49	49	50	49	49	50	49	49	50	49	49	50	49

Juffrouw Alie

Table with columns for years (2010-2019) and various categories (e.g., Aard, Dier, Planten, etc.). Each row contains numerical data for each year and a descriptive label for the category.



De Rug

Table with columns for 'Pöytäkirjat' (minutes) and 'Pöytäkirjat' (minutes) and rows for various companies like 'Cera Bice', 'Cera Bice s.r.l.', 'Cera Bice s.p.a.', etc. Each row contains a list of numbers and names.

Zuidelijke Lob

Werkzaamheid	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030			
Maand	05	07	08	07	07	06	07	07	06	07	07	06	07	07	06	07	07	06	07	07	06	07	07	06	07	07	06	07	07	06	07	07	
Daag	28	27	28	27	27	26	27	27	26	27	27	26	27	27	26	27	27	26	27	27	26	27	27	26	27	27	26	27	27	26	27	27	
Uur	12	11	12	11	11	10	11	11	10	11	11	10	11	11	10	11	11	10	11	11	10	11	11	10	11	11	10	11	11	10	11	11	
... (rest of the table rows follow a similar pattern) ...																																	

## BIJLAGE 2. RESULTATEN ORGANISCHE STOFBEPALINGEN.

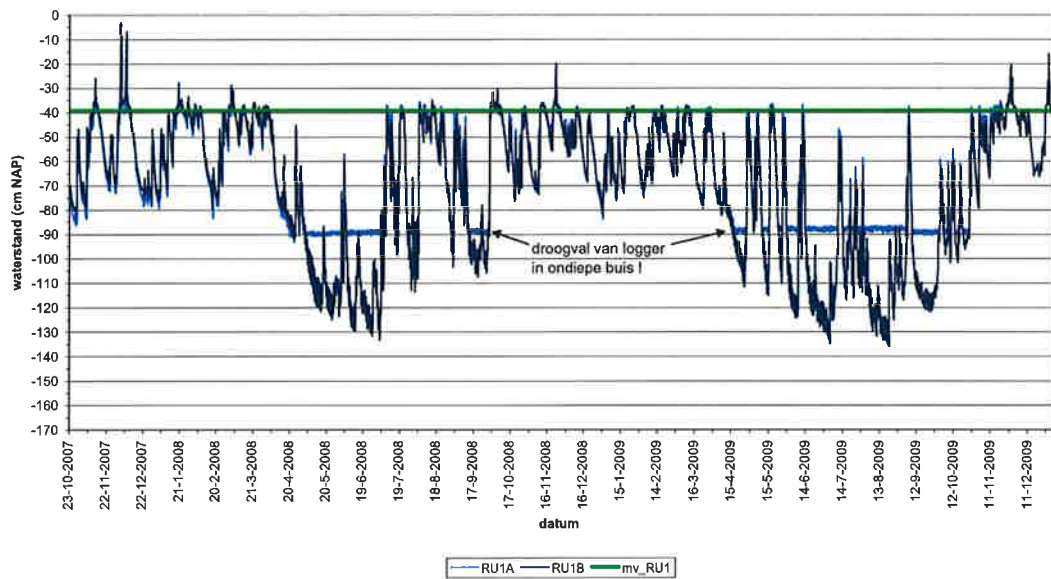
Volgnr.	datum	locatie	opmerkingen	ringnr.	%	Bulk density g dr. gr./ cm <sup>3</sup>	%gloeiverlies (gem)		% CO <sub>2</sub>	Org. Stof	
					vocht		500° C	850° C		(g / 100cc)	(kg/m <sup>2</sup> )
1	27-okt-09	BW 1A	ten W van 1N	201	27,56	1,00	7,93	8,34	0,42	7,91	3,70
2	27-okt-09	BW 1B	ten W van 1Z	204	26,32	1,07	10,20	10,42	0,22	10,95	5,13
3	27-okt-09	BW 2A	ten W van 2N	207	22,42	1,08	7,49	7,78	0,29	8,10	3,79
4	27-okt-09	BW2B	ten W van 2Z	210	18,66	1,38	4,78	5,06	0,27	6,58	3,08
5	27-okt-09	BW3A	ten W van 3N	213	23,82	1,54	3,32	7,46	4,14	5,10	2,39
6	27-okt-09	BW3B	ten W van 3Z	216	26,18	1,47	3,09	5,21	2,11	4,54	2,13
7	27-okt-09	BW4A	ten W van 4N	200	29,38	1,14	4,64	7,21	2,57	5,28	2,47
8	27-okt-09	BW4B	ten W van 4Z	203	22,43	1,52	2,17	6,34	4,17	3,29	1,54
9	27-okt-09	BW5A	ten W van 5N	206	46,94	0,75	14,68	17,30	2,62	11,02	5,16
10	27-okt-09	BW5B	ten W van 5Z	209	50,69	0,61	20,04	21,83	1,79	12,27	5,74
11	27-okt-09	BW6A	ten W van 6N	212	64,14	0,42	34,47	35,50	1,03	14,40	6,74
12	27-okt-09	BW6B	ten W van 6Z	215	44,80	0,82	13,93	18,39	4,45	11,39	5,33
13	27-okt-09	BW7A	ten W van 7N	199	41,22	0,86	15,71	19,45	3,74	13,59	6,36
14	27-okt-09	BW7B	ten W van 7Z	202	35,75	1,08	12,26	14,78	2,53	13,18	6,17
15	27-okt-09	BW8A	ten W van 8N	205	59,90	0,54	23,00	29,13	6,13	12,42	5,82
16	27-okt-09	BW8B	ten W van 8Z	208	61,46	0,50	30,92	35,26	4,34	15,60	7,31
17	27-okt-09	BW9A	ten W van 9N	211	48,87	0,82	19,24	23,92	4,68	15,86	7,42
18	27-okt-09	BW9B	ten W van 9Z	214	63,90	0,50	35,00	39,52	4,52	17,67	8,27
19	27-okt-09	BW10A	ten W van 10N	181	19,56	1,75	2,72	7,04	4,32	4,77	2,23
20	27-okt-09	BW10B	ten W van 10Z	186	19,72	1,74	3,43	8,50	5,07	5,96	2,79
21	27-okt-09	JA3A	ten O van JA3N	189	54,95	0,55	19,16	19,33	0,17	10,52	4,93
22	27-okt-09	JA3B	ten O van JA3Z	192	54,59	0,55	18,34	18,68	0,34	10,03	4,70
23	27-okt-09	JA2A	ten N van JA2W	195	58,94	0,49	20,57	20,75	0,18	10,17	4,76
24	27-okt-09	JA2B	ten N van JA2O	198	48,82	0,75	11,72	12,62	0,90	8,78	4,11
25	27-okt-09	JA1A	ten N van JA1W	182	46,97	0,76	10,92	11,03	0,10	8,31	3,89
26	27-okt-09	JA1B	ten N van JA2O	185	55,73	0,59	16,17	16,40	0,23	9,57	4,48
27	28-okt-09	LA3A	ten N van LA3W	184	78,38	0,22	50,93	53,04	2,10	11,11	5,20
28	28-okt-09	LA3B	ten N van LA3O	187	77,21	0,24	50,16	50,61	0,45	11,94	5,59
29	28-okt-09	LA2A	ten N van LA2W	190	46,86	0,78	11,43	11,61	0,18	8,86	4,15
30	28-okt-09	LA2B	ten N van LA2O	193	41,04	0,92	10,70	10,88	0,18	9,82	4,60
31	28-okt-09	LA1A	ten N van LA1W	196	41,18	0,87	8,57	8,69	0,12	7,48	3,50
32	28-okt-09	LA1B	ten N van LA1O	188	45,42	0,82	11,03	11,23	0,20	9,07	4,25
33	28-okt-09	LA4A	ten N van LA4W	183	43,28	0,90	10,24	10,53	0,30	9,26	4,34
34	28-okt-09	LA4B	ten N van LA4O	191	43,68	0,87	10,16	10,36	0,20	8,80	4,12
35	28-okt-09	ZL5A	ten W van ZL5N	57	65,20	0,45	32,21	32,37	0,16	14,54	6,81
36	28-okt-09	ZL5B	ten W van ZL5Z	60	63,13	0,48	28,11	28,40	0,29	13,56	6,35
37	28-okt-09	ZL4A	ten W van ZL4N	63	17,89	1,68	1,68	3,90	2,22	2,84	1,33
38	28-okt-09	ZL4B	ten W van ZL4Z	66	17,70	1,77	1,52	5,14	3,62	2,68	1,25
39	28-okt-09	ZL3A	ten W van ZL3N	67	64,22	0,47	28,71	29,03	0,32	13,59	6,36

Volgnr.	datum	locatie	opmerkingen	ringnr.	vocht	bulk density dr. gr./ cm3	%gloeiverlies (gem)		% CO2	Org. Stof	
							500° C	850° C		(g / 100cc)	(kg/m2)
40	28-okt-09	ZL3B	ten W van ZL3Z	72	57,54	0,40	34,06	16,20	2,15	13,76	6,44
41	28-okt-09	ZL2A	ten W van ZL2N	56	42,96	0,97	7,87	8,87	0,99	7,66	3,58
42	28-okt-09	ZL2B	ten W van ZL2Z	59	57,07	0,62	21,23	11,83	0,60	13,22	6,19
43	28-okt-09	ZL1A	ten W van ZL1N	68	62,20	0,50	24,55	14,77	0,22	12,21	5,72
44	28-okt-09	ZL1B	ten W van ZL1Z	71	67,40	0,43	41,18	11,35	0,17	17,61	8,24
45	28-okt-09	RU1A	ten O van RU1N	222	37,68	1,00	7,75	8,14	0,38	7,75	3,63
46	28-okt-09	RU1B	ten O van RU1Z	225	38,40	1,04	7,40	7,82	0,42	7,73	3,62
47	28-okt-09	RU2A	ten N van RU2W	228	78,57	0,37	5,47	5,84	0,37	2,03	0,95
48	28-okt-09	RU2B	ten N van RU2O	231	26,78	1,16	7,32	7,60	0,28	8,49	3,97
49	16-nov-09	W12A	ten W van BW12N	163	46,08	0,78	12,62	2,78	0,16	9,84	4,61
50	16-nov-09	W12B	ten W van BW12Z	164	45,77	0,78	13,67	3,88	0,22	10,71	5,01
51	16-nov-09	W11A	ten ZW van BW11N	164(stift)	53,70	0,63	18,66	9,06	0,40	11,68	5,47
52	16-nov-09	W11B	ten ZW van BW11Z	166	48,47	0,72	13,63	4,26	0,62	9,80	4,59
53	16-nov-09	W13A	ten W van BW13N	167	40,67	0,95	8,28	3,32	0,05	7,90	3,70
54	16-nov-09	W13B	ten W van BW13Z	168	30,28	1,29	4,94	3,69	0,74	6,39	2,99
55	16-nov-09	RU6A	ten W van RU6N	169	74,61	0,30	52,70	13,15	0,45	15,65	7,33
56	16-nov-09	RU6B	ten W van RU6Z	170	65,66	0,41	31,75	12,11	0,36	12,94	6,06
57	16-nov-09	RU5A	ten W van RU5N	171	60,37	0,53	28,73	19,02	0,29	15,19	7,11
58	16-nov-09	RU5B	ten W van RU5Z	172	74,75	0,27	43,07	13,39	0,32	11,42	5,34
59	16-nov-09	RU8A	ten ZW van RU8N	173	64,32	0,48	29,18	19,64	0,47	13,94	6,53
60	16-nov-09	RU8B	ten ZW van RU8Z	174	66,28	0,39	31,98	12,36	0,38	12,39	5,80
61	16-nov-09	RU4A	ten W van RU4N	175	42,41	0,88	7,42	7,62	0,20	6,55	3,07
62	16-nov-09	RU4B	ten W van RU4Z	176	46,84	0,81	12,68	2,96	0,28	10,25	4,80
63	16-nov-09	RU3A	ten W van RU3N	178	51,13	0,72	17,21	7,50	0,29	12,42	5,81
64	16-nov-09	RU3B	ten W van RU3Z	179	34,64	1,10	6,87	7,05	0,17	7,56	3,54
65	16-nov-09	RU7A	ten NW van RU7N	180	31,47	1,25	4,37	4,75	0,38	5,44	2,55
66	16-nov-09	RU7B	ten NW van RU7Z	177	33,75	1,16	4,11	4,31	0,21	4,78	2,24

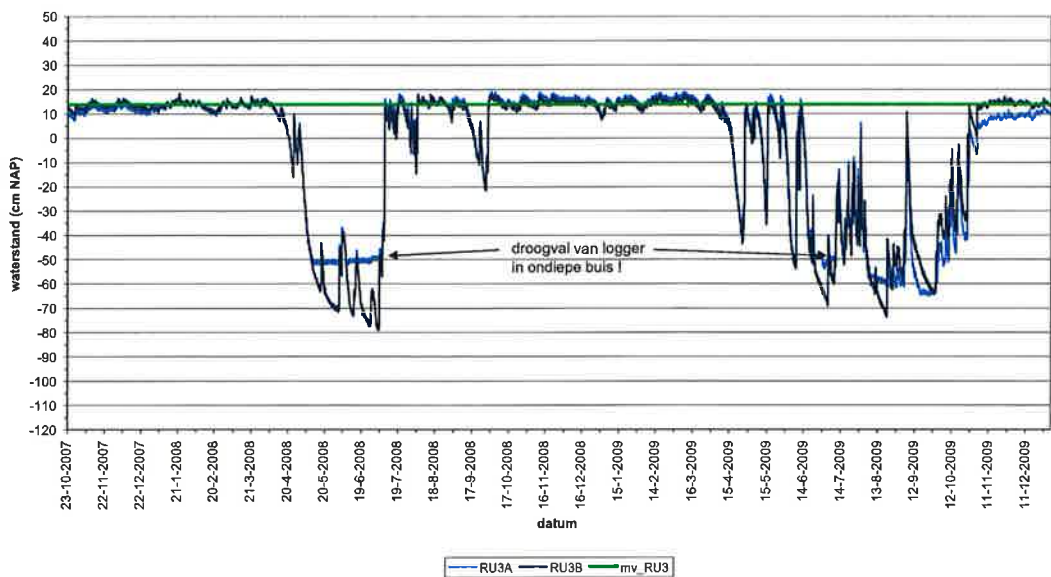


## BIJLAGE 3. WATERSTANDEN TOT EN MET 2009

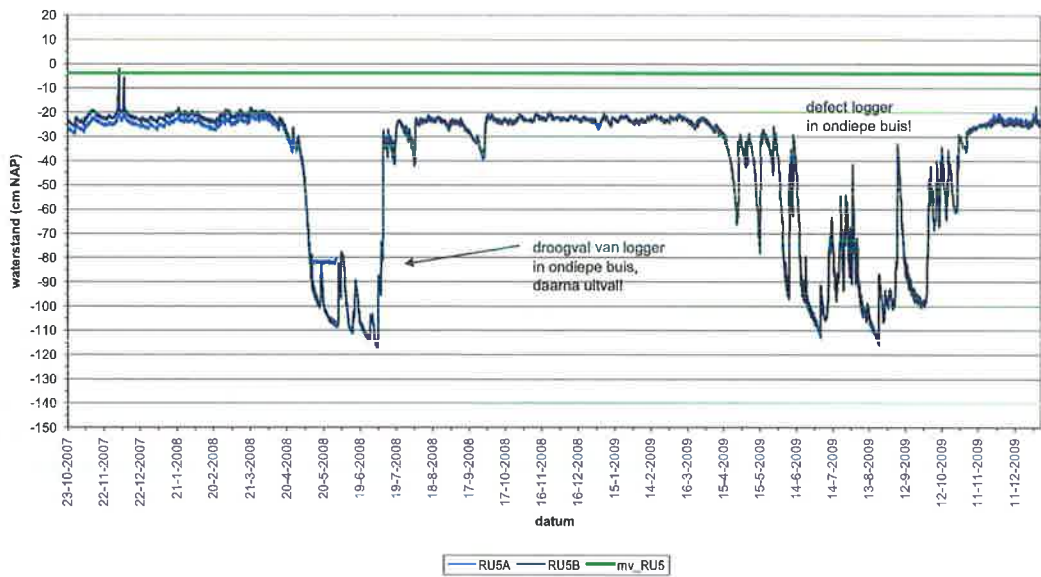
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



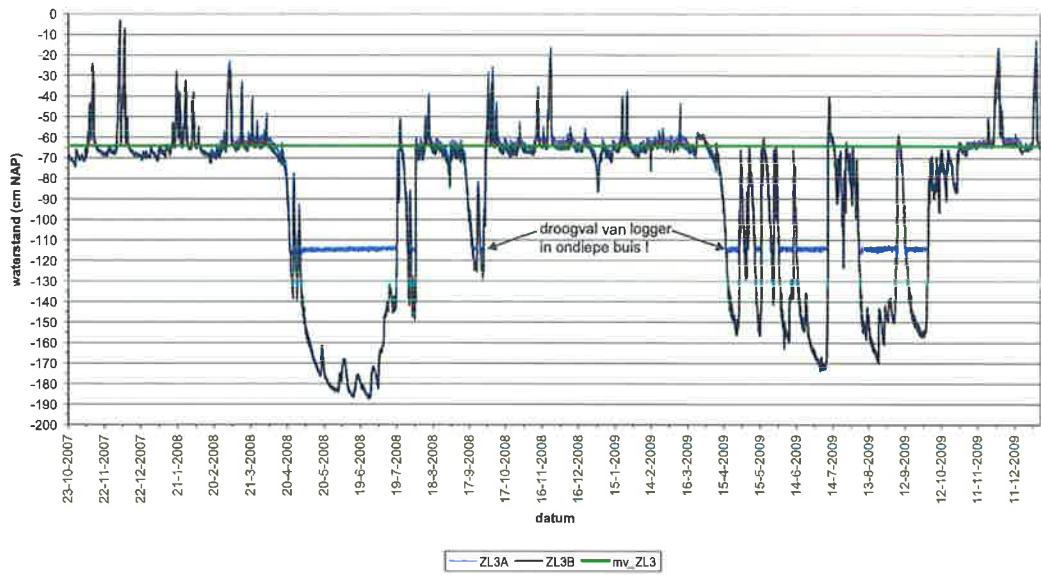
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



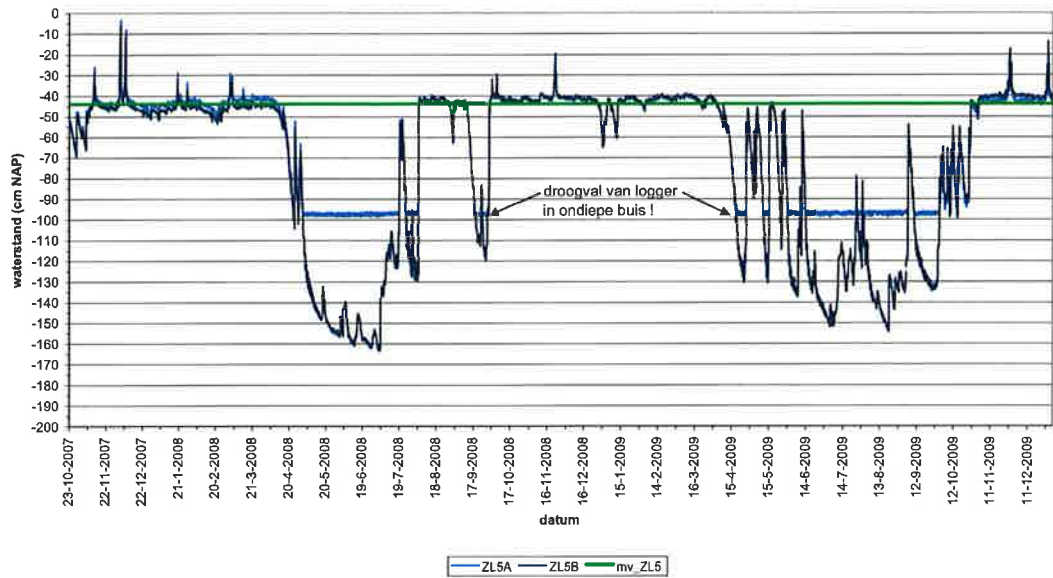
Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



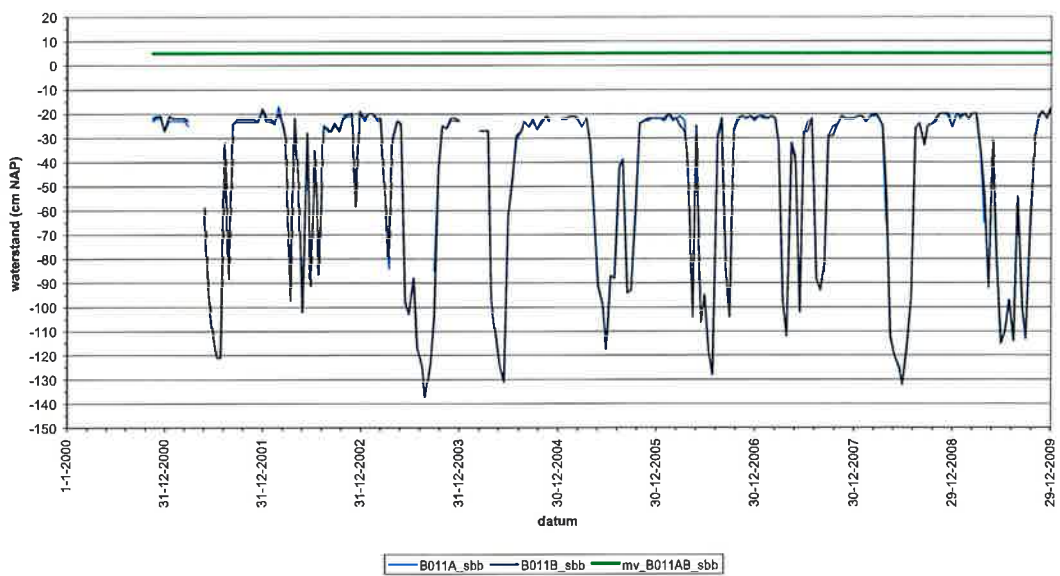
Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



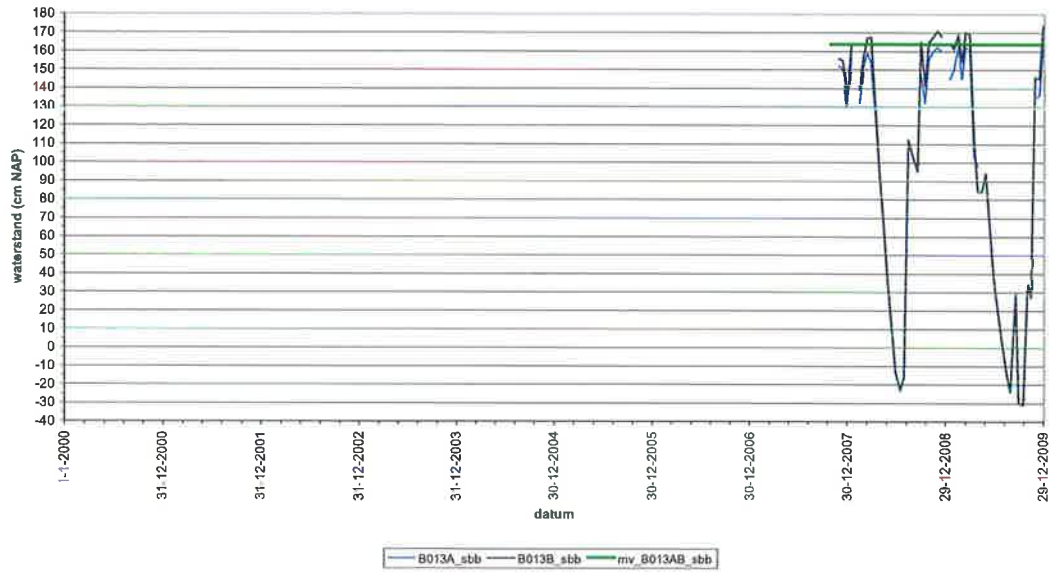
Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



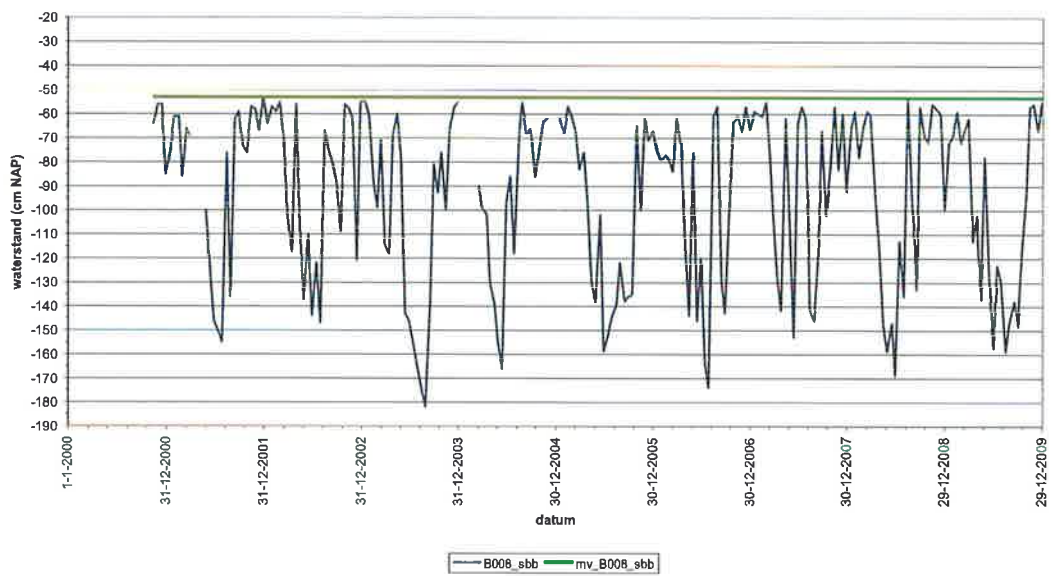
Lauwersmeer SBB (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



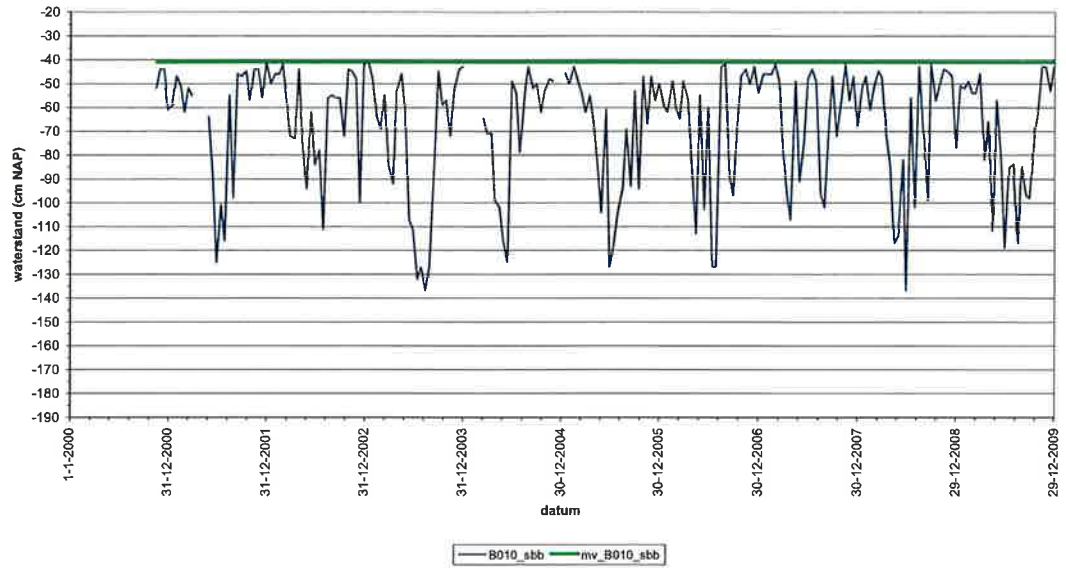
Lauwersmeer SBB (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



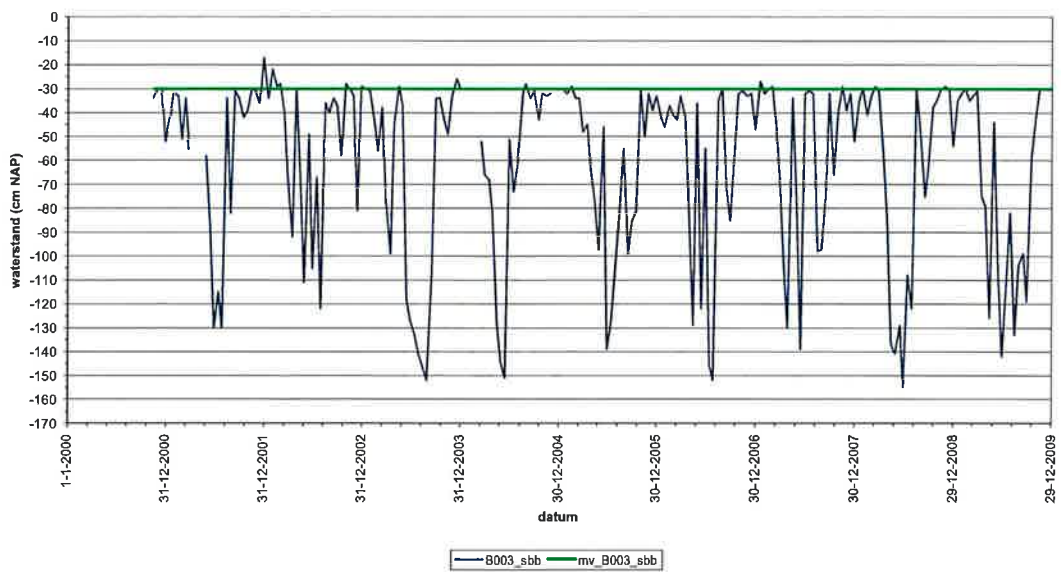
Lauwersmeer SBB (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



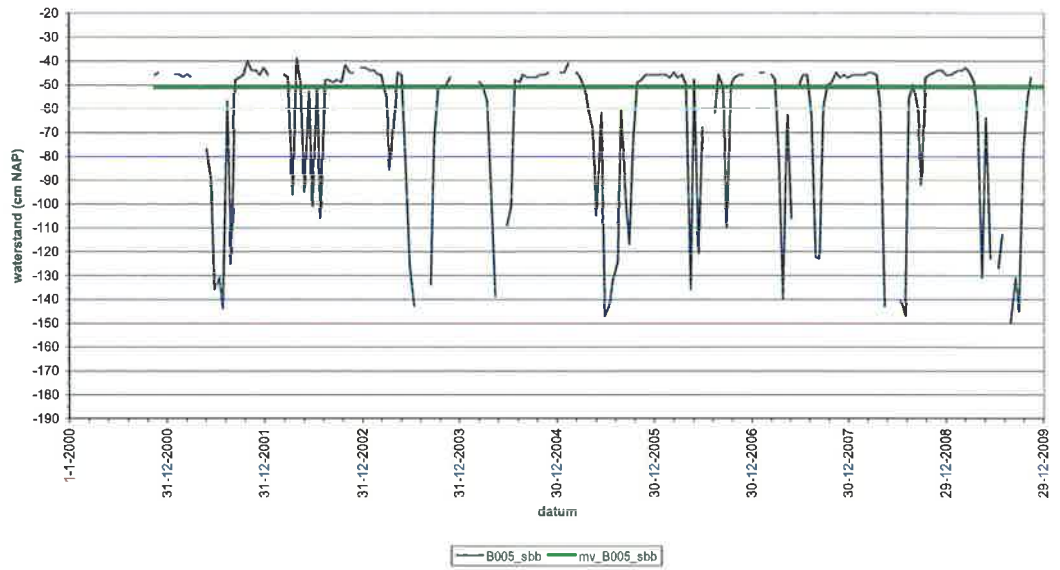
Lauwersmeer SBB (terrein van Juffrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



Lauwersmeer SBB (De Lasten) - meetreeks in cm NAP

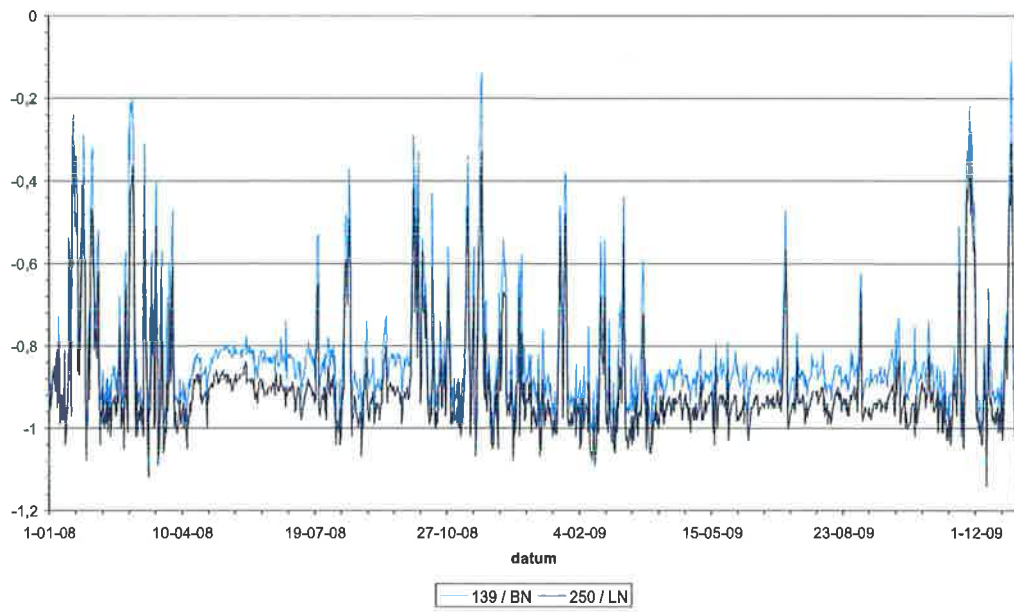


Lauwersmeer SBB (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



Lauwersmeer - peilverloop bij Brug Zoutkamp (139) en Sluizen Lauwersoog (250)

Waterstand in m +NAP



## BIJLAGE 5. GXG EN DUURLIJNEN

Time series	GT	MLGL	MG	MSGI	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> BW1b_2	V	-1.32	-0.67	-0.32	-0.08	0.31
<input checked="" type="checkbox"/> BW3b_2	III	-0.96	-0.21	0.10	0.13	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> B011B_2	III	-1.13	-0.52	-0.41	-0.20	0.05

r.t.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

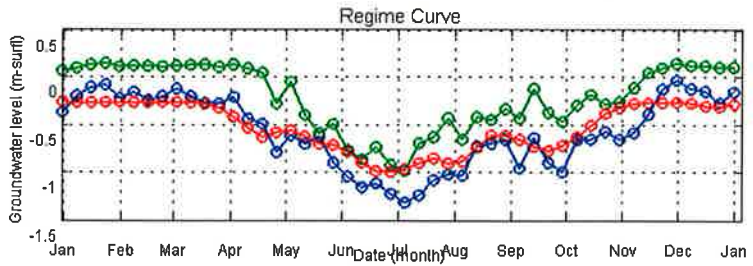
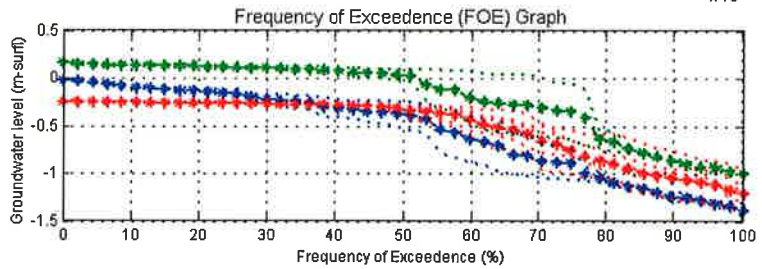
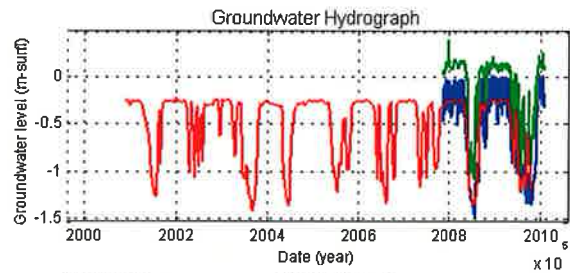
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGI	MHGL	surf.l.
<input checked="" type="checkbox"/> BWSb_2	V	-1.33	-0.32	0.92	0.97	-0.12
<input checked="" type="checkbox"/> BWSb_2	III	-1.95	-0.33	-0.07	0.03	-0.59
<input checked="" type="checkbox"/> B013b_2	V	-1.75	-0.54	-0.18	0.04	1.64

r.l.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

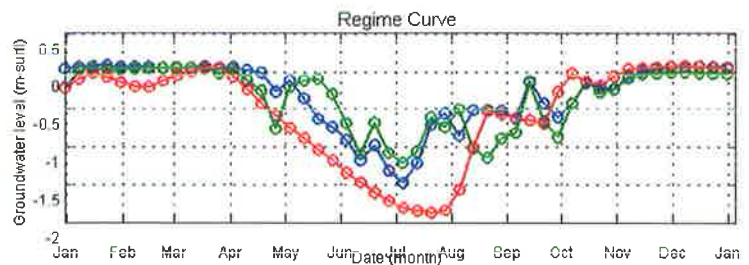
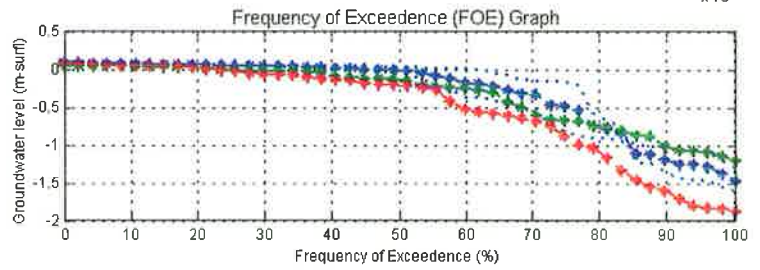
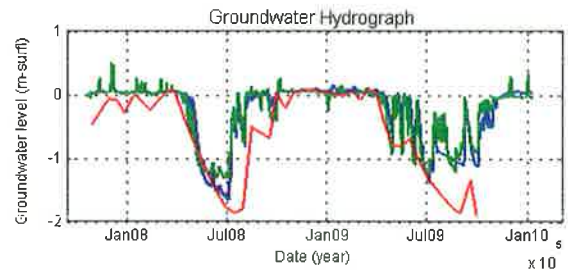
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %

close



Time series	GT	MLGL	MG	MSGI	MHGL	surf.l.
<input checked="" type="checkbox"/> JA3b_2	III	-0.86	-0.39	-0.27	-0.10	-0.41
<input checked="" type="checkbox"/> B008_1	III	-0.98	-0.42	-0.38	-0.06	-0.53
<input checked="" type="checkbox"/> B010_1	II	-0.59	-0.27	-0.25	-0.04	-0.41

r.l.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

below period

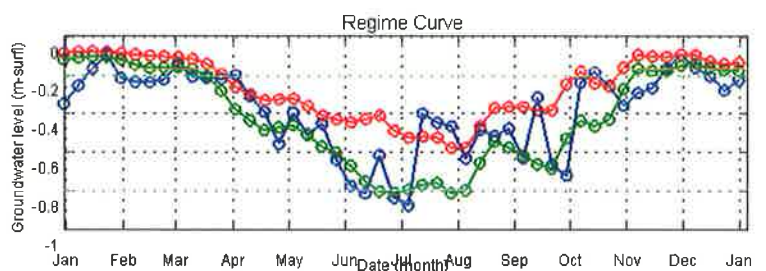
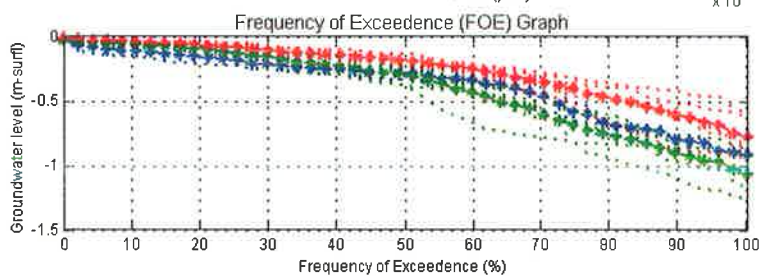
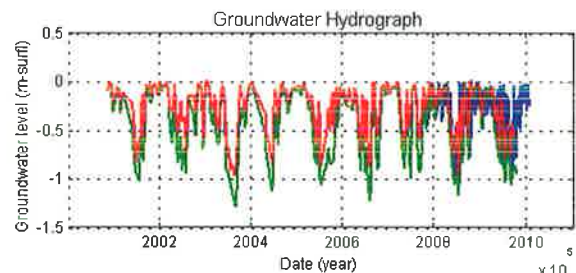
**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

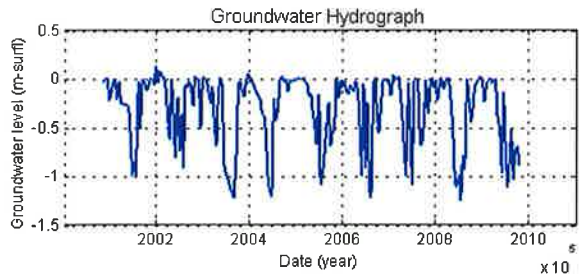
Percentile  %

close





Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> B003_1	III	-0.95	-0.31	-0.20	0.00	-0.30



r.i.surface le...  plot MxGL statistics

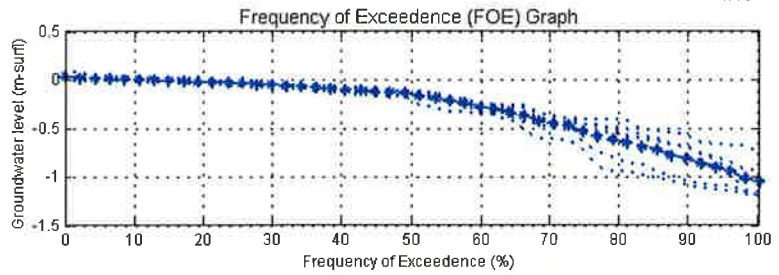
**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %



**NOP graphs**

above level

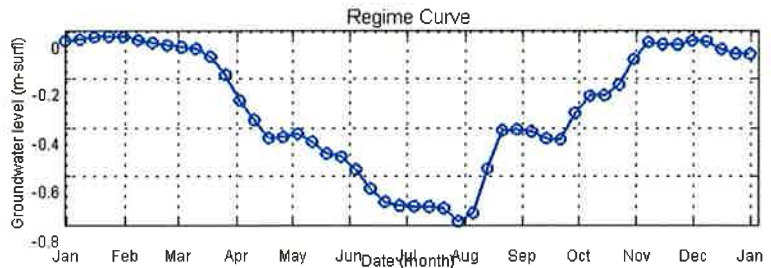
below period

**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

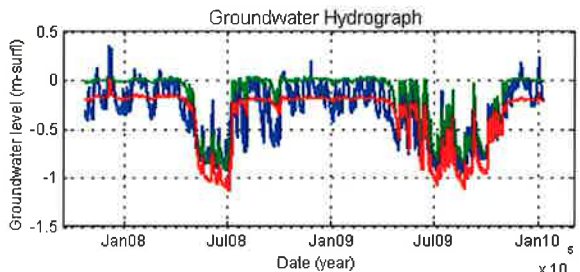
Percentile  %



close

Door hiaten in de meetreeks ontbreken de gegevens van meetpunt LA3b.

Time series	GT	MLGL	MG	MSGL	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/> RU1b_2	III	-0.90	-0.36	-0.23	-0.01	-0.39
<input checked="" type="checkbox"/> RU3b_2	II	-0.79	-0.20	-0.02	0.02	0.14
<input checked="" type="checkbox"/> RU5b_2	III	-1.01	-0.40	-0.20	-0.10	-0.04



r.i.surface le...  plot MxGL statistics

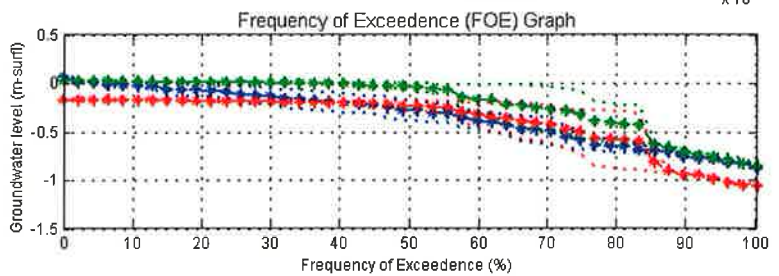
**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %



**NOP graphs**

above level

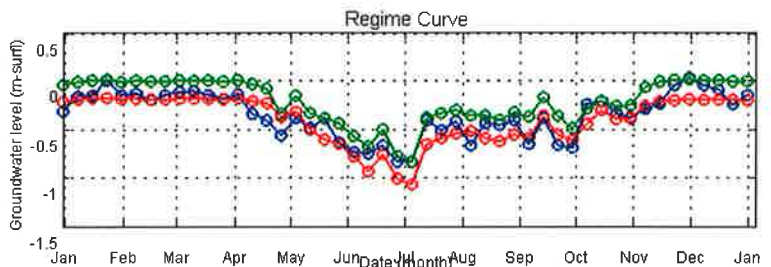
below period

**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %



close

Time series		GT	MLGL	MG	MSGI	MHGL	surf. l.
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL3b_2	III	-1.04	-0.30	-0.07	0.02	-0.84
<input checked="" type="checkbox"/>	ZL5b_2	III	-1.04	-0.32	-0.06	0.04	-0.44
<input checked="" type="checkbox"/>	B005_1	II	-0.65	-0.12	-0.06	0.07	-0.51

r.l.surface le...  plot MxGL statistics

**FOE graphs**

All FOE graphs

Average FOE graph

Total FOE graph

Percentile  %

**NOP graphs**

above level

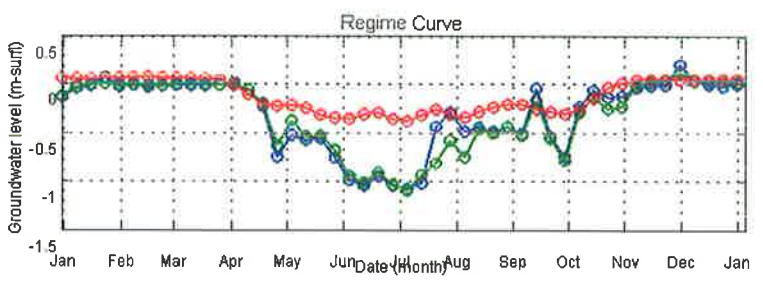
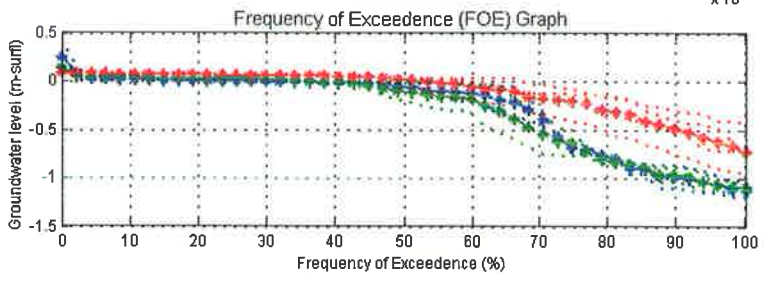
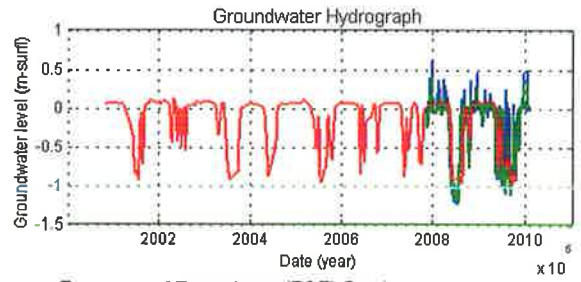
below period

**Regime curves**

All regime curves

Average regime curve

Percentile  %



## BIJLAGE 6. NEERSLAG EN VERDAMPING

Jaarlijkse neerslag en verdamping (KNMI station Lauwersoog)

