

2157-7

Altenburg & Wymenga



ECOLOGISCH ONDERZOEK

en



Hydro-ecologisch Onderzoek &
Advies



A&W-rapport 1241

MONITORING EFFECTEN VAN BODEMDALING OP VEGETATIE IN DE LAUWERSMEER

Tweede voortgangsrapportage
(2008/2009)

in opdracht van



NAM Bron van energie

A&W-rapport 1241

**MONITORING EFFECTEN VAN
BODEMDALING IN DE LAUWERSMEER**

**Tweede voortgangsrapportage
(2008/2009)**

W. Bijkerk
R. Buijs
R. Bakker



Projectnummer	Projectleider	Status
1119.lav	W. Bijkerk	Eindrapport
Autorisatie	Paraaf	Datum
W.Altenburg		29 januari 2009

BIJKERK, W., R. BUIJS & R. BAKKER 2009

Monitoring effecten van bodemdaling op vegetatie in de Lauwersmeer. Tweede voortgangsrapportage (2008/2009). A&W-rapport 1241. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Veenwouden

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 Veenwouden
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

SAMENVATTING	I
1. INLEIDING	1
2. OPZET MEERJARIG ONDERZOEK	3
2.1. Uitgangspunten	3
2.2. Onderzoeksgebied	3
2.3. Onderdelen van het onderzoek	4
2.4. Planning van de onderdelen	6
3. VEGETATIE	7
3.1. Habitatarealen	7
3.2. Transectmonitoring	8
3.3. Permanente kwadraten	11
4. GRONDWATER	19
4.1. Geplaatste peilbuizen	19
4.2. Resultaten grondwaterstanden 23 oktober 2007 – 27 oktober 2008	20
4.3. Grondwaterkwaliteit	21
5. BODEM	23
5.1. Profielen	23
5.2. Toplaag	25
6. VERDERE ANALYSE VAN DE RESULTATEN	29
6.1. Sleutelfactoren en vegetatieindicatoren	29
6.2. Richting en mate van vegetatieverandering	31
6.3. Veranderingen in de sleutelfactoren	32
6.4. Verandering in sleutelfactoren door bodemdaling	33
6.5. Verandering in vegetatie door veranderingen in de sleutelfactoren	35
6.6. Vegetatieveranderingen door bodemdaling	35
LITERATUUR	37

Bijlage 1. Permanente kwadraten 2007

Bijlage 2. Oppervlakteveranderingen (in ha) van vegetatietypen binnen de transecten.

Bijlage 3. grondwaterstanden 2007-2008

Bijlage 4. Analyse grondwaterkwaliteit

Bijlage 5. Analyse toplaag bodem 2008

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 tweede voortgangsrapportage worden vooral de in 2008 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 kwadraten.

In de raaien met permanente kwadraten 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.

Omdat de meetreeks pas in de loop van 2007 is gestart is dit voortgangsrapport vooral beschrijvend van aard. Er wordt wel ingegaan op verschillen in de ruimte maar slechts in geringe mate op verschillen in de tijd.

In 2008 is een transectkartering uitgevoerd in 5 transecten min of meer haaks op de verwachte bodemdalingsschotel. De transectkartering is vergeleken met de vegetatiekartering uit 2004. Hieruit blijkt dat er aan de meerszijde vegetatie is verdwenen door afkalving. Ook is het areaal aan zilte pioniervegetaties achteruitgegaan. Op de Rug hebben duinvalleivegetaties zich uitgebreid.

In 2007 is het meetnet van permanente kwadraten (pq's) ingericht en opgenomen. De pq's zijn in 2008 wederom opgenomen. In totaal zijn 56 permanente kwadraten geplaatst, verdeeld over Bantswal, De Rug, het Terreintje van Juffrouw Alie, De Lasten en de Zuidelijke lob. De vegetaties van de permanente kwadraten zijn te typeren als duinvalleivegetaties (16), zilte pioniervegetaties (10), overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (14) en overige graslandvegetaties (16). Er doen zich enkele opvallende verschillen voor, maar die hebben te maken met het feit dat de opnameronde in 2007 pas in oktober plaats heeft gehad, waardoor met name duinvalleisoorten zijn gemist in de Lasten en het Terreintje van Juffrouw Alie. De totale bedekking van soorten van duinvalleivegetaties is daardoor in de overige graslanden significant toegenomen. Binnen de andere vegetatietypen doen zich verder geen significante effecten voor wat betreft de totale bedekking aan duinvalleisoorten, kweldersoorten en verruiging met Kruiwilg of Duinriet. Verder is vastgesteld dat de grondwaterbuizen vooral in de bantswal een aantrekkende werking hebben

op het vee. Daardoor wordt rondom de buizen de vegetatie verstoord, hetgeen invloed kan hebben op de daarbij gelegen pq's.

In elke raai met permanente kwadraten 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. Per locatie zijn twee buizen geplaatst met filterdieptes op 60 en 200 cm beneden maaiveld. Over de meetperiode van oktober 2007 tot oktober 2008 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. Opvallend is de vrij abrupte daling van de grondwaterstanden vanaf mei 2008 tot augustus 2008. Op drie locaties met nieuw geplaatste buizen is in deze periode sprake van enige kweldruk; op drie locaties betreft het een infiltratiedruk en op vijf locaties is het drukverschil tussen beide buizen gering tot nihil.

Bij de permanente kwadraten zijn in 2008 opnieuw bodemmonsters genomen van de toplaag. Uit de analyses blijkt dat de pH vrijwel overal ongeveer neutraal is. Het organische stofgehalte in de toplaag van de bodem verschilt niet significant tussen de vegetatietypen. De overige parameters zijn nog niet geanalyseerd.

Op basis van het kalkprofiel blijkt dat de bodem vrijwel nergens ontkalkt is, ook niet in de toplaag. Wel heeft de toplaag doorgaans lagere kalkgehaltenes dan de ondergrond. De laagste gemeten waarde bedraagt 0,4% koolzure kalk en dit is slechts op één locatie gemeten.

Aanpassingen aan de monitoringsopzet

Op basis van de reactie van de auditcommissie, worden vanaf 2009 een aantal aanpassingen doorgevoerd op de monitoringsopzet. Zo zal:

- Het aantal permanente kwadraten worden uitgebreid, om een evenwichtiger verdeling te krijgen in de spreiding van de kwadraten over de bodemdalingsklassen;
- In 2009 opnieuw bodemmonsters worden genomen van de toplaag, waarbij de bemonsteringsmethode er op is gericht om een uitspraak te kunnen doen over de stapeling van organische stof (in kg/m³) in plaats van het nu gebruikte percentage organische stof.
- In 2009 het hydrologische meetnet worden aangepast, zodat ook het meerpeil aan de randen van drieplaten continu met divers kan worden gemeten. Drie ondiepe buizen komen hierdoor te vervallen.

Een complicerende factor is het verschil in beheer over de verschillende terreinen. In 2009 wordt Staatsbosbeheer gevraagd om de verschillende beheersvormen op kaart aan te leveren.

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.

Tweede voortgangsrapportage

Dit rapport is de tweede voortgangsrapportage. Het betreft echter nog een werkversie (preconcept) omdat van enkele onderdelen de resultaten nog moeten worden verwerkt. 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 deze tussenrapportage wordt de opzet van de meerjarige monitoring van vegetatieveranderingen in de Lauwersmeer slechts beknopt beschreven (hoofdstuk 2). Per monitoringsonderdeel wordt ingegaan op de uitgevoerde werkzaamheden in 2008 (hoofdstukken 3 t/m 5). De resultaten van de werkzaamheden worden in deze hoofdstukken en in bijlagen weergegeven. In hoofdstuk 6 zal een voorzet worden gedaan voor de verdere analyse van de gegevens.

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 kwadraten 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 is het onderzoeksgebied (vooralsnog) beperkt tot het noordelijke deel van het Nationaal Park Lauwersmeer. De zuidelijke kleiige platen en de Marnewaard vallen hier buiten. Het gebied wordt beheerd door Staatsbosbeheer, regio Noord. Een eventuele uitbreiding van het onderzoeksgebied met de Marnerwaard zou (ons inziens) nog steeds een optie kunnen zijn omdat daar de bodemdaling, ten gevolge van de

winningen Moddrgat, Lauwersoog en Vierhuizen, relatief gering is. Volgens een kartering uit 2001 komen er rond het zoute kwelgebied zilte pionier- en duinvalleivegetaties voor (Wijngaart & Pahlplatz 2002).

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.

2.3.1. 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 kwadraten (pq's).

Habitatarealen

In het monitoringsprogramma is ook voor de Lauwersmeer voorzien in het monitoren van habitatarealen. Hiermee wordt het areaal bedoeld van vegetatiestructuurtypen als dicht opgaand bos, dicht struweel, open struweel, rietvegetaties, open grasland en (zilte) pioniervegetaties. In grote lijnen wordt hiermee het effect van successie en beheer vastgelegd.

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 locale vegetatietypen). Als bodemdaling tot verschuivingen in vegetatiepatronen leidt, zullen deze vooral loodrecht op de dalingscontouren zichtbaar zijn, en in de gekozen transecten kunnen worden gevolgd. De gekarteerde transecten zijn weergegeven in figuur 3.1.

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. Per locatie zijn twee dicht bij elkaar gelegen pq's geplaatst om op die wijze ook de variatie binnen een locatie inzichtelijk te kunnen maken. De locaties met pq's is globaal weergegeven in figuur 3.2. In meer detail zijn de locaties weergegeven in figuur 3.2 t/m 3.7 van het eerste voortgangsrapport.

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.

Een lastig punt bij dit monitoringsonderdeel vormt de referentie (de blanco). Het ontbreekt in de opzet aan pq's in zilte vegetaties of in duinvalleivegetaties die geheel niet onder invloed staan van bodemdaling. Een dergelijke blanco is niet voorhanden. We hebben getracht de pq's dusdanig verspreid te plaatsen dat er (globaal van west naar oost) sprake is van een afnemende invloed van bodemdaling.

2.3.2. 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. De onderzijde van de filters bevinden zich op 60 cm of 200 cm beneden maaiveld. Naast deze in 2007 geplaatste buizen wordt ook gebruik gemaakt van het bestaande hydrologisch meetnet van Staatsbosbeheer. Deze buizen worden eens in de 14 dagen opgenomen. De locaties van de buizen is weergegeven in de figuren 3.2 t/m 3.7 van het eerste voortgangsrapport.

2.3.3. 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 2010 en 2012 wordt de grondwaterkwaliteit opnieuw bepaald.

2.3.4. 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-H₂O, pH-KCL, NaCl, % organische stof en basenverzadiging. Door problemen met de analyse van de monsters in 2007 moesten van diverse locaties nieuwe monsters genomen worden hetgeen er toe heeft geleid dat de spreiding in de tijd van de monsternamen groot was (tot in maart 2008). Daarbij is voor enkele locaties gecontroleerd of daardoor verschillen in de analyseresultaten zijn ontstaan. Dit laatste bleek niet uit te sluiten, zodat is besloten om in november 2008 de gehele monsternamen en analyse opnieuw uit te voeren. In tegenstelling tot 2007 zijn de monsters in 2008 niet gestoken met een bodemhapper maar met een rassekeuzeboor.

Profielen

Bij het plaatsen van de grondwaterbuizen (2007) zijn op verschillende dieptes bodemmonsters genomen en geanalyseerd. Deze dienen om het kalkprofiel (%CaCO₃) en het zoutprofiel (Cl) in de bodem vast te stellen. In 2012 worden deze metingen herhaald.

2.3.5. Hoogtemetingen

De NAP-hoogtes van buislocaties en permanente kwadraten 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. Deze hoogtemetingen zijn echter niet bedoeld om een uitspraak te doen omtrent de actuele bodemdaling als gevolg van de gaswinning. Daarvoor heeft de NAM een eigen meetnet opgezet, waarvan de resultaten overigens wel worden meegenomen bij de beschrijving van veranderingen in de eindrapportage. 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.

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

	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					
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 habitatareale. 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 hoogtekaart. 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 homogeen voor wat betreft de structuurtypen. Als structuurtypen zijn onderscheiden:

- Opgaand bos
- Dicht struweel
- Open struweel
- Rietvegetaties en rietruigten
- Open voedselrijk grasland
- Open schraal grasland
- Zilte pioniervegetaties
- 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-hoogtekaart (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 te verificatie dienen.

Het resultaat is een structuurkaart van 2008. In 2012 wordt dit herhaald zodat grootschalige veranderingen inzichtelijk worden die (waarschijnlijk) grotendeels door het gevoerde beheer zijn veroorzaakt.

De analyse van dit onderdeel was op het moment van het schrijven van deze rapportage nog niet afgerond. Daarom beperken we ons vooralsnog tot de methode. Indien mocht blijken dat we met de gebruikte computersoftware niet tot een acceptabel resultaat kunnen komen, dan zal de interpretatie van de structuurtypen visueel worden uitgevoerd op basis van de luchtfoto's van 2008.

Wel is in 2008 een pilot uitgevoerd op bovenbeschreven wijze. Hieruit bleek dat bij deze methode 95% van de pixels van de trainingsites correct werden geclassificeerd. Deze waarde is echter overtrokken omdat in de pilot het classificatieresultaat alleen is vergeleken met de pixels van de trainingsites die ook als input in het model dienden.

3.2. TRANSECTMONITORING

In 2008 zijn volgens de planning gegevens over flora en vegetatie verzameld in vijf raaien in de noordelijke helft van het Lauwersmeer (zie figuur 2.1). Deze gegevens worden hierna vergeleken met de situatie in 2004 (Van der Veen *et al.* 2005). Voor een uitgebreide beschrijving van de gebruikte vegetatietypologie wordt verwezen naar Van der Veen *et al.* (2005). Voor het Terreintje van Juffrouw Alie gaat het om een vergelijking met de gegevens van 2000 (Tolman 2001). Bij de eerste opnameronde zijn enkele delen van transecten niet opgenomen. In 2008 is alleen een deel van De Lasten niet opgenomen, omdat dit was gemaaid.

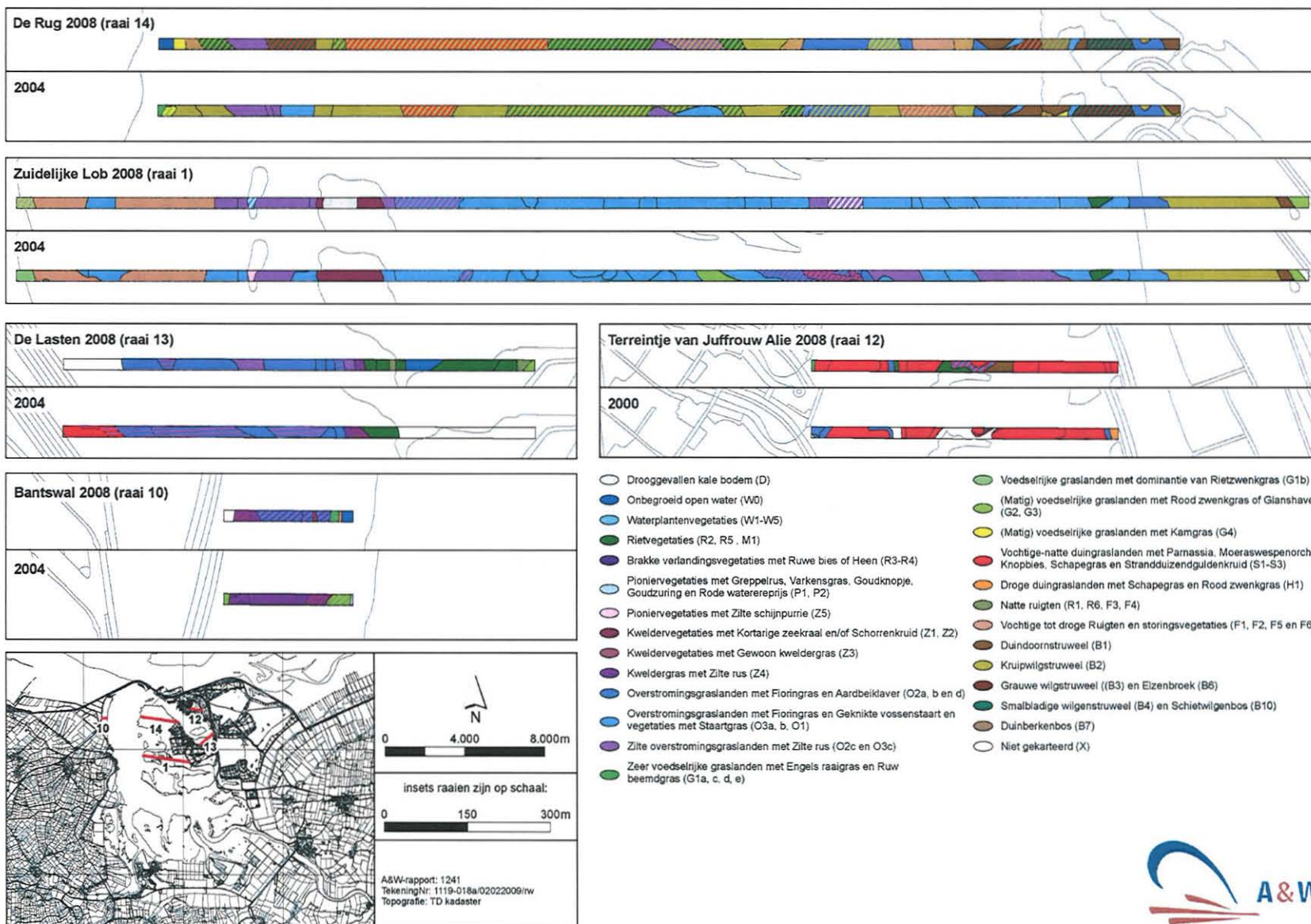
In figuur 3.2 is de verspreiding van de vegetatietypen binnen de transecten op kaart weergegeven voor zowel 2004 (Terreintje van Juffrouw Alie: 2000) als 2008. In bijlage 2 zijn de oppervlakten van de aangetroffen vegetaties per raai weergegeven, met de waarden van beide opnamejaren naast elkaar. De oppervlakten niet geïnventariseerde delen zijn ook opgenomen in de tabel.

De gegevens per raai

Hieronder worden de verschuivingen in de patronen van de vegetaties per raai kort toegelicht, waarbij de focus licht op verschuivingen van zilte pioniervegetaties en van duinvalleivegetatievegetaties.

Bantswal (transect 10)

De Bantswal betreft de meest zilte van de set opgenomen raaien. In een lage strook langs het water komen vegetaties van zilt milieu voor, die in het midden overgaan in overstromingsgrasland met Aardbeiklaver, met daarin nog plantensoorten van zilt milieu, zoals Kwelderzegge en Dunstaart. Opmerkelijk is het voorkomen van zilte pioniermilieus aan de wegzijde van deze raai, waarbij zelfs soorten als Zeekraal en Schorrenkruid optreden.



Figuur 3.1 (vorige pagina).

Vegetatiekaarten van de onderzochte transecten.

In dit transect valt direct de afslag van een brede strook grond aan de oostzijde op. Verder is in 2008 aan de westkant een strookje van de raai niet opgenomen in verband met de aanleg van een pijpleiding. De kartering laat een toename van overstromingsgrasland met Aardbeiklaver zien, die ten koste is gegaan van pioniervegetaties van zilt milieu.

Terreintje van Juffrouw Alie (transect 12)

In dit terrein komen vooral duinvalleivegetaties voor. De duinvalleivegetaties zijn in dit terrein goed ontwikkeld, waarbij soorten als Parnassia en Moeraswespenorchis aspectbepalend aanwezig zijn. In het midden van de raai ligt struweel van smalbladige wilgen. Verder lopen enkele slenken door het terrein met daarin rietvegetaties, welke de raai op enkele plaatsen doorsnijden.

In 2000 zijn rietvegetaties en struwelen in het midden van de raai niet opgenomen. Vegetaties van zilt milieu komen hier niet voor. Aan de westzijde van het transect hebben duinvalleivegetaties zich uitgebreid ten koste van overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver. Ook lijkt het oppervlak van rietvegetaties iets toegenomen, maar dat is vooral toe te schrijven aan het feit dat in 2000 delen van het transect niet waren gekarteerd.

De Rug (transect 14)

Deze lage raai loopt aan de oostzijde door stuweel en in een groot middendeel door iets hoger gelegen gronden met Kruipwilgstruweel. Overstromingsgraslanden tussen de opgaande struwelen in het oosten en de brede zone met Kruipwilg zijn veelal soortenarm en op slechts een enkele plek zilt (Vorm met zilte rus). Eenzelfde relict van zilte omstandigheden wordt aangetroffen in de westzijde van de raai.

Aan de westzijde is sinds 2004 een flinke strook grond afgekald. Overstromingsgrasland met Zilte rus lijkt hier wat aan oppervlakte te hebben ingeboet. Verder komen duinvalleivegetaties in 2008 over grotere oppervlakten voor, voornamelijk in complex met Kruipwilgstruweel en rietvegetaties. Rietvegetaties zijn wat betreft oppervlak iets toegenomen.

De Lasten (transect 13)

Dit transect loopt vanaf de weg aan de westzijde schuin door het terrein, waarbij het door diverse typen grasland loopt, dat plaatselijk is op te vatten als duinvalleivegetatie. Aan de oostkant eindigt het transect in rietland en ruigten met riet.

In 2004 is een groot deel van het riet aan de oostzijde niet gekarteerd. In 2008 is een geringer oppervlakte als overstromingsgrasland met Zilte rus gekarteerd dan in 2004. Dit lijkt iets te zijn doorgeschoven naar overstromingsgrasland met Aardbeiklaver. Een kleine oppervlakte met verschillende pioniervegetaties van zilt milieu in 2004 heeft zich in 2008 gehandhaafd.

Zuidelijke Lob (transect 1)

Deze langste raai begint aan de westzijde in een enigszins verruigd terrein met Duinriet en enkele relicten van het Knopbiesverbond, om over een zeer grote lengte met overstromingsgraslanden pas aan de oostkant weer over te gaan in iets droger terrein met Kruipwilgstruweel. Binnen het uitgestrekte terrein met overstromingsgrasland komen op twee plaatsen zilte pioniervegetaties voor met soorten als Zeekraal en Schorrenkruid.

Zowel de pioniervegetaties van zilt milieu als het zilt overstromingsgrasland met Zilte rus heeft flink terrein prijsgegeven aan overstromingsgrasland met Fioringras en Geknikte vossenstaart. Dit duidt op verzoeting van de bovenste bodemlaag.

Conclusie

Concluderend kan gesteld worden dat sinds 2004 de ontzilting van het terrein gestaag is voortgeschreden, wat voornamelijk in de Bantswal tot grotere verschuivingen heeft geleid. Op de Zuidelijke lob is deze afname geringer. Vooral op de Rug hebben vochtig tot natte duingraslanden met Parnassia, Moeraswespenorchis en Knobbies zich verder uitgebreid.

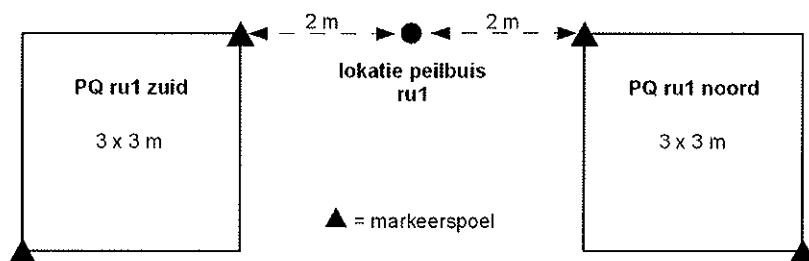
3.3. PERMANENTE KWADRATEN

In totaal zijn 56 permanente kwadraten (pq's) uitgezet op 28 locaties in 4 deelgebieden van het Lauwersmeer. Dit betekent dat er op elke locatie twee pq's zijn opgenomen op doorgaans 3-4 m van elkaar (figuur 3.1). De pq's zijn als volgt over de deelgebieden verdeeld:

- Bantswal: 20 pq's op 10 locaties op 3 transecten
- De Rug: 12 pq's op 6 locaties op 1 transect
- Terreintje van Juffrouw Alie: 6 pq's op 3 locaties op 1 transect
- De Lasten: 8 pq's op 4 locaties op 1 transect
- Zuidelijke lob: 10 pq's op 5 locaties op 1 transect

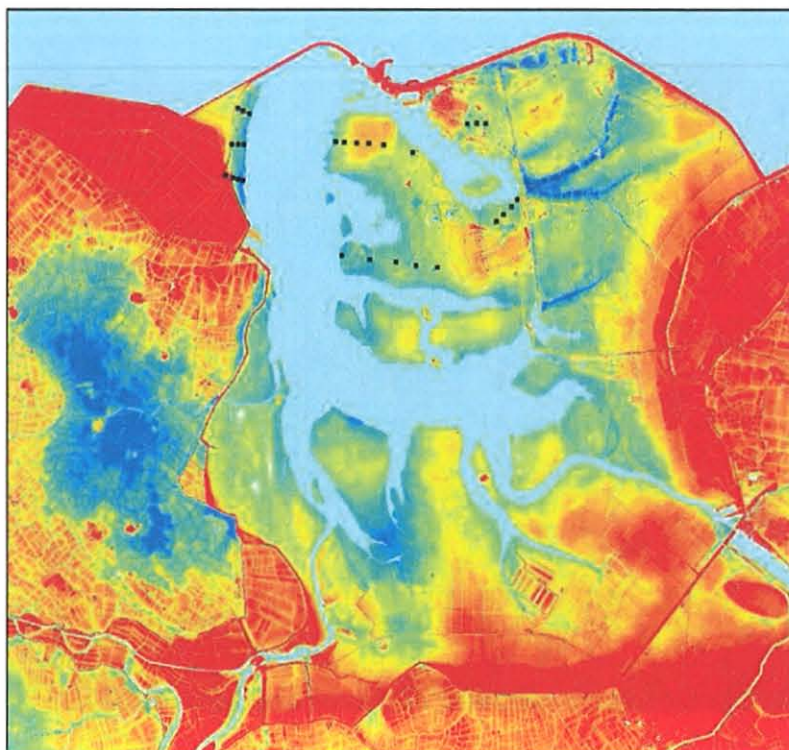
In een aantal gevallen liggen de pq's aan weerszijden van een grondwaterpeilbuis die speciaal voor dit project is geplaatst of een al bestaande grondwaterpeilbuis van Staatsbosbeheer (figuur 3.1). De pq's hebben een afmeting van drie bij drie meter. Elk pq is vastgelegd door middel van twee markeerspoelen, die op diagonaal tegenover elkaar gelegen hoekpunten onder het maaiveld geplaatst zijn (figuur 3.2). De vegetatie in de pq's is opgenomen met de decimale schaal van Londo (zie Schaminée *et al.* 1995).

De locaties van de permanente kwadraten is globaal weergegeven in figuur 3.3. Een gedetailleerde weergave van de locaties is te vinden in het eerste voortgangsrapport (Bijkerk *et al.* 2008).



Figuur 3.2

Plaatsing en markering duplo's per pq-locatie.



Figuur 3.3.
Locatie pq-raaien

In bijlage 1 zijn de opnamen van de pq's weergegeven voor de jaren 2007 en 2008. 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.

Op locaties waar vee aanwezig is en waar een peilbuis tussen de twee pq's geplaatst is, zijn de peilbuizen afgerasterd met prikkeldraad. Dit om te voorkomen dat het vee de circa één meter boven het maaiveld uitstekende buis als schuurplek gebruikt en de vlakbij gelegen pq's vertrapt worden. In 2008 is gebleken dat het vee de peilbuizen ondanks het prikkeldraad toch als schuurplek gebruikt. De invloed hiervan op de vegetatie in de twee meter verderop gelegen pq's lijkt bij De Rug en de Zuidelijke Lob mee te vallen. Bij de Bantswal, waar de begrazingsdruk aanzienlijk groter is, lijkt de invloed van vee (vertrappen, vlaaien, kort afgegraasd gras) op de vegetatie in de pq's groter te zijn.



Figuur 3.4.

Invloed van begrazing rond de grondwaterbuizen op de Bantswal (Bw9). Duidelijk is het vetrapte deel direct rond de buis te zien, maar ook op iets grotere afstand doet dit zich voor.

In 2007 zijn de pq's (noodgedwongen) pas opgenomen in september en begin oktober. In 2008 zijn de pq's daarentegen allemaal in juli opgenomen. Een aantal verschillen tussen de twee sets pq's van 2007 en 2008 is dan ook te verklaren door de verschillende seizoenen waarin de opnamen gemaakt zijn. Dit is vooral te zien bij De Lasten en het terreintje van Juffrouw Alie: in 2008 zijn hier vóór het maaien veel meer soorten gevonden dan in 2007 na het maaien. Sommige soorten, zoals Addertong (*Ophioglossum vulgare*), Vleeskleurige orchis (*Dactylorhiza incarnata*), Geelhartje (*Linum catharticum*), Stijve ogentroost (*Euphrasia stricta*), Geelhartje (*Linum catharticum*), Rode ogentroost (*Odontites vernus s. serotinus*) en Kleine ratelaar (*Rhinanthus minor*) kunnen na het maaien nauwelijks of niet teruggevonden worden. Ook in de andere gebieden zijn seizoensgebonden verschillen te zien tussen de opnamesets van 2007 en 2008: bij de Zuidelijke Lob zijn vooral Late ogentroost (*Odontites vernus s. serotinus*) en Aardbeiklaver (*Trifolium fragiferum*) bijna alleen in 2008 aangetroffen, bij De Rug geldt dit voor Vleeskleurige orchis, Liggende vetmuur (*Sagina procumbens*) en Kleine klaver (*Trifolium dubium*).

Variatie in de opnamenset

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

- Duinvalleivegetaties (D). 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 ontbreekt Aardbeiklaver. 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 aangetroffen soorten in 2007 als volgt verdeeld over de vegetatietypen en deelgebieden (tabel 3.1):

Tabel 3.1

Verdeling van het aantal permanente kwadraten over de deelgebieden en vegetatietypen.

Vegetatietype	Bantswal	De Lasten	De Rug	Juffrouw Alie	Zuidelijke Lob	Totaal
Overig grasland	2	4	2			8
Duinvalleivegetatie	4		6	6		16
Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver	6	4	2		3	15
Overig overstromingsgrasland			2		5	4
Zilte pioniervegetaties	8				2	10
Totaal	20	8	12	6	10	56

De verdeling van de opnamen is ook afgezet tegenover de verwachte mate van bodemdaling in 2040. De verwachte bodemdaling is gebaseerd op de prognoses aan de hand van de nieuwe winningen (Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen) plus de bestaande winning in Anjum. Dit is weergegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2

Verdeling van het aantal permanente kwadraten over de verwachte bodemdalingsklassen (in cm) voor de periode 2007 - 2040 en de vegetatietypen.

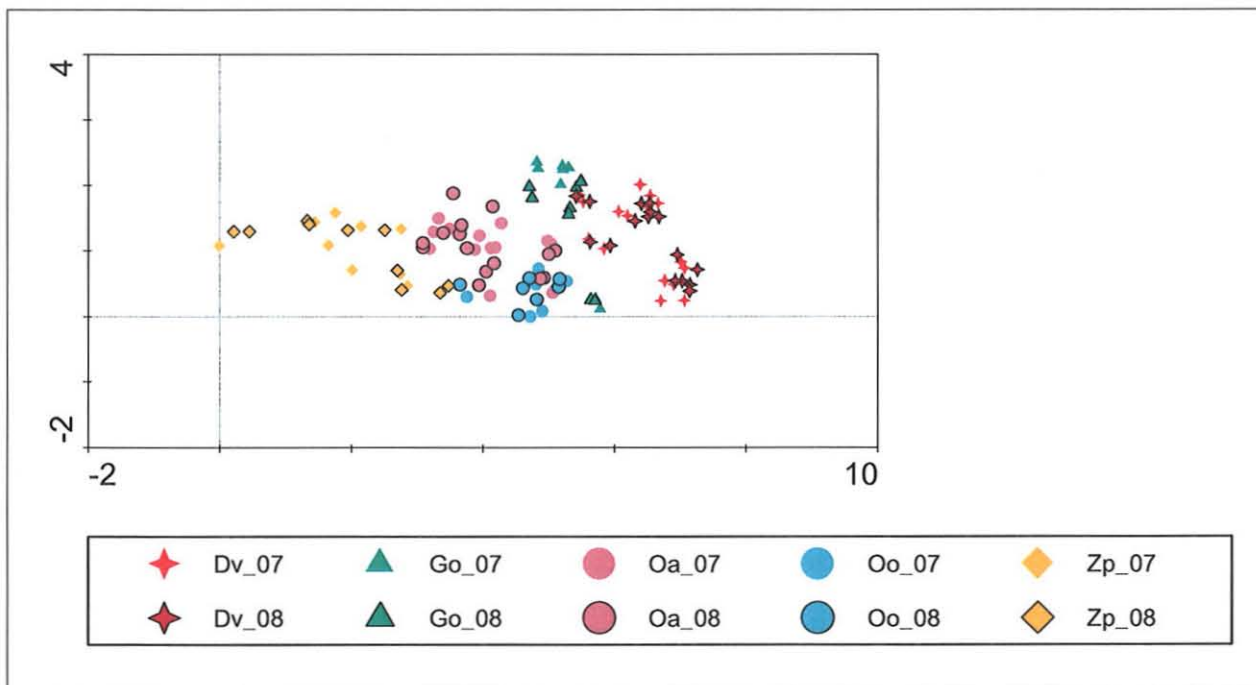
Vegetatietype	7 - 6	6 - 5	5 - 4	4 - 3	3 - 2	2 - 1	Totaal
Overig grasland	2				2	4	8
Duinvalleivegetatie	4			6	6		16
Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver	6			2		7	15
Overig overstromingsgrasland				2	2	3	7
Zilte pioniervegetaties	2	6			2		10
Totaal	14	6	0	10	12	14	56

Dat in de dalingsklasse van 5 tot 4 cm geen kwadraten liggen, komt omdat deze klasse in het open water ligt. Als wordt uitgegaan van de toegekende vegetatietypen in 2008, komt de verdeling iets anders te liggen aangezien, door het late opnametijdstip in 2007, in De Lasten (2 tot 1 cm daling) soorten zijn gemist, zodat een deel van de opnamen uit 2007 onterecht niet als duinvalleivegetatie zijn aangemerkt. De uiteinden van de dalingsreeks zijn met 14 kwadraten goed bemonsterd, maar in de klassen van 6 tot 5 cm bodemdaling en van 4 - 3 cm bodemdaling is het aantal kwadraten aan de lage kant.

Mede op aangeven van het commentaar van de auditcommissie stellen we voor om vanaf 2009 aanvullende kwadraten te leggen in de gebiedsdelen die in deze klassen vallen. In de klasse van 6 – 5 cm bodemdaling (Bantswal) betreft het zes aanvullende kwadraten in zilte pioniervegetaties en (indien mogelijk) duinvalleivegetaties, in de klasse 4 – 3 cm betreft het twee aanvullende kwadraten in duinvalleivegetaties en twee in overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver.

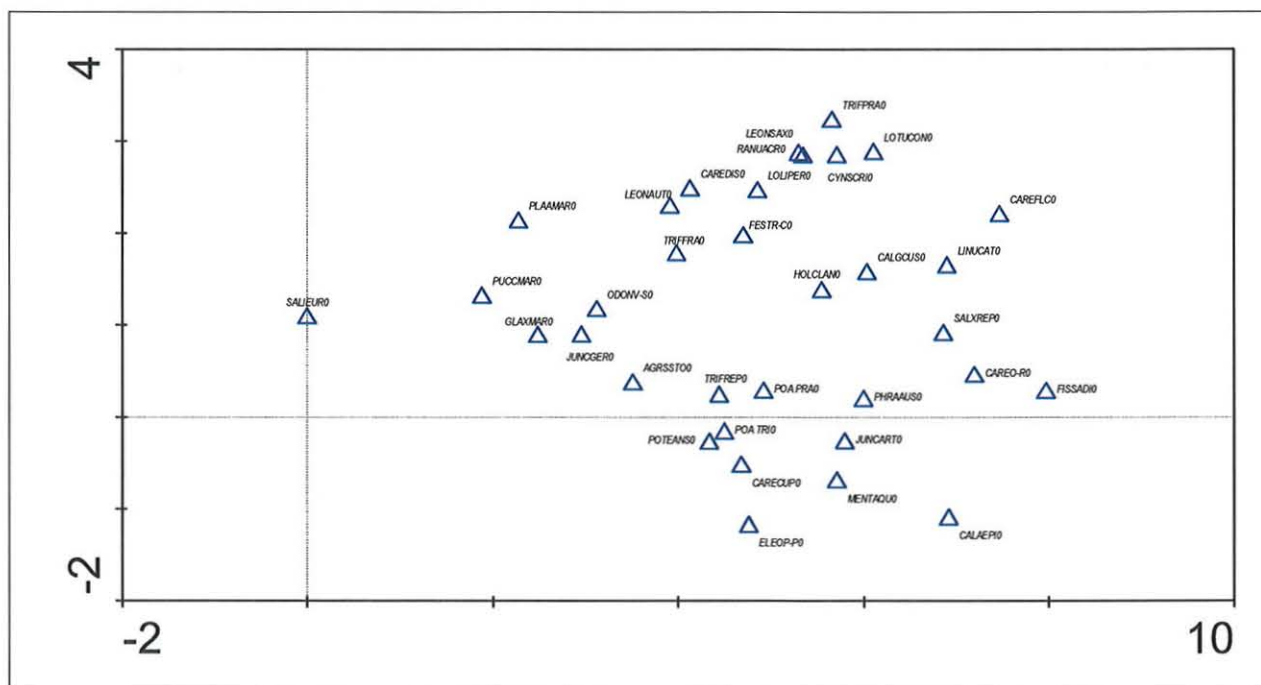
In figuur 3.5 is een scatterplot van de opnamen weergegeven, gebaseerd op een Dendrocentric Correspondence Analysis (DCA), gemaakt met het ordinatieprogramma CANOCO 4.5 (Ter Braak & Smilauer 2002). In deze figuur is de spreiding van alle opnamen weergegeven over de eerste twee ordinatiecassen. In de DCA is gekozen voor dendrocentric by segments en de bedekking van de soorten is logaritmisch getransformeerd. De eigenwaarden van de eerste vier assen in het DCA zijn respectievelijk: 0,700; 0,269; 0,173 en 0,122. De eerste drie assen verklaren 19,7% van de totale variantie van de soortsoorten.

Uit figuur 3.5 blijkt dat de eerste as vooral een zout-zoet gradiënt weergeeft, van de zilte pioniervegetaties (Zp) links in het diagram via overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver (Oa) naar duinvalleivegetaties (Dv). In figuur 3.6 is de scatterplot van de plantensoorten weergegeven. Hierbij zijn alleen die plantensoorten in de figuur opgenomen die in meer dan 9 opnamen aanwezig zijn en in de ordinatie een gewicht hebben hoger dan 10. Op basis van de plantensoorten lijkt de variatie op de tweede as voornamelijk te worden bepaald door vocht of inundatie. Als de meetreeks langer is (bij de volgende tussenrapportage van 2010) zal de relatie met de abiotische variatie verder worden onderzocht.



Figuur 3.5.

Scatterplot (assen 1 en 2) van de opnamen uit een DCA. In de figuur is verschil gemaakt tussen het vegetatietype en het jaar van de opname. Dv=Duinvalleivegetaties; Go=Overig grasland; Oa=Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver; Oo=Overig overstromingsgrasland; Zp=Zilte pioniervegetatie.

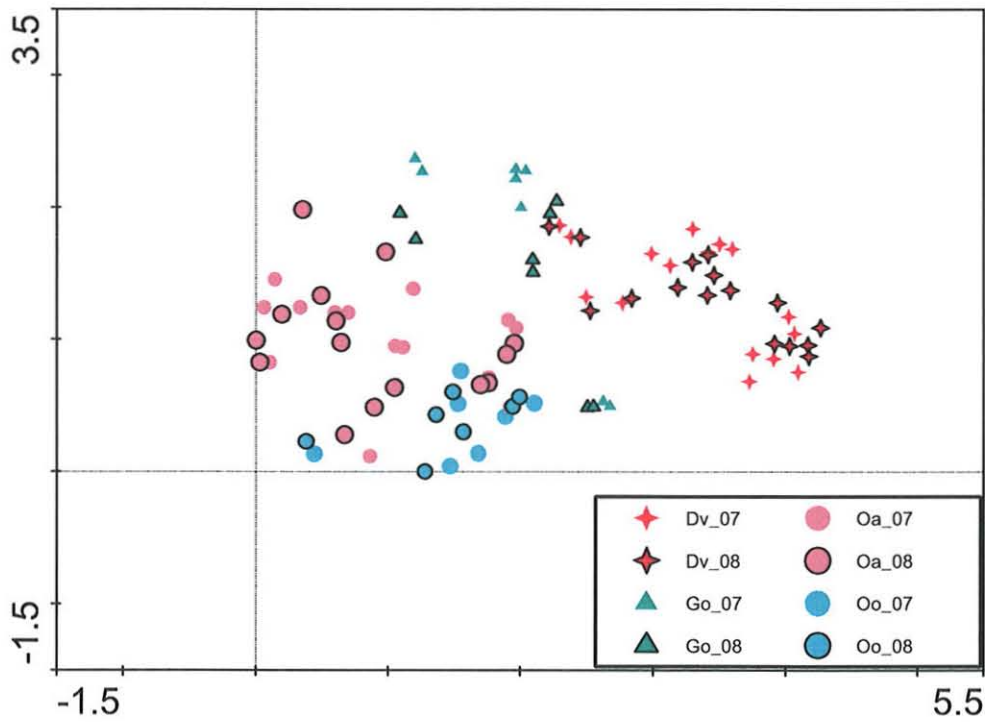


Figuur 3.6.
Scatterplot (assen 1 en 2) van de soorten uit de DCA.

Uit figuur 3.5 is nog geen duidelijke trend in de tijd af te leiden. Wel valt op dat van de overige graslanden de opnamen uit 2008 iets dichterbij de duinvalleivegetaties liggen. Ook zijn twee pq's van de zilte pioniervegetaties in 2008 opgeschoven in de richting van overig overstromingsgrasland.

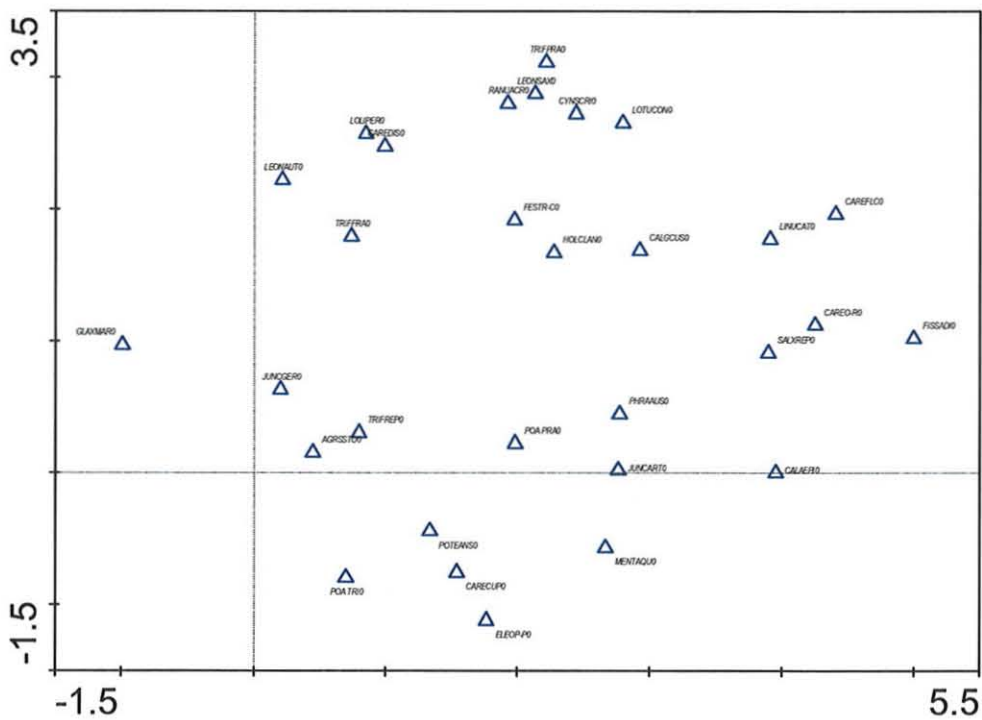
Omdat de zilte pioniervegetaties en de daarvoor kenmerkende soorten in hoge mate de DCA-plots van figuren 3.5 en 3.6 bepalen, is tevens een DCA uitgevoerd zonder deze zilte pioniervegetaties. De resultaten hiervan zijn voor de eerste twee assen weergegeven in figuren 3.7 (opnamen) en 3.8 (soorten). De eigenwaarden van de eerste vier assen in dit DCA zijn respectievelijk: 0,583; 0,228; 0,150 en 0,120. De eerste drie assen verklaren 20,4% van de totale variantie van de soortgegevens. Ook in deze plots lijkt de eerste as (x-as), mede bepaald te worden door het zoutgehalte met zoutminnende soorten als Melkkruid en Zilte rus links in het diagram en zoutmijdende soorten als Groot vedermos (*Fissidens adianthoides*) en Zeegroene zegge (*Carex flacca*) rechts. De tweede as (y-as) wordt voornamelijk bepaald door vocht en mogelijk overstromingsduur. Soorten van voedselrijke overstromingsgraslanden (Zilverschoon, Gewone waterbies, Valse voszegge) komen onder in het diagram terecht terwijl soorten van Kamgrasgemeenschappen (Kamgras, Rode klaver, Scherpe boterbloem en Gewone rolklaver) boven in het diagram staan.

Een globale, visuele, vergelijking tussen 2007 en 2008 levert ook hier nog weinig op, hetgeen gezien de korte tijdspanne ook niet verwacht werd. Het lijkt alsof de spreiding van duinvalleivegetaties op de tweede as (y-as in figuur 3.7) iets geringer is geworden. De verschillen en de tijdsperiode zijn echter te gering om dit aan afname van de overstromingsdynamiek te wijten. Als er een langere meetreeks beschikbaar is (2010), worden dergelijke verschuivingen statistisch getoetst.



Figuur 3.7.

Scatterplot (assen 1 en 2) van de opnamen uit een DCA, zonder zilte pioniervegetaties. In de figuur is verschil gemaakt tussen het vegetatietype en het jaar van de opname. Dv=Duinvalleivegetaties; Go=Overig grasland; Oa=Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver; Oo=Overig overstromingsgrasland..



Figuur 3.8.

Scatterplot (assen 1 en 2) van de soorten uit de DCA, zonder zilte pioniervegetaties.

Toe- en afname van indicatoren

Per opname is voor de duinvalleisoorten en de kweldersoorten het gesommeerde bedekkingspercentage bepaald. In bijlage 1 is weergegeven welke soorten tot deze groepen zijn gerekend. Vervolgens is voor deze twee soortsgroepen evenals voor Kruipwilg (*Salix repens*) en Duinriet (*Calamagrostis epigejos*) gekeken of de bedekking van deze soorten en soortsgroepen in 2008 verschilt van 2007.

Tabel 3.3.

*Gemiddelde gesommeerde bedekkingspercentage van duinvalleisoorten, kweldersoorten, Kruipwilg en Duinriet per vegetatietype. Go=Overige graslanden; Dv=Duinvalleivegetaties; Oa=Overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties. +-=verschil in gemiddelde bedekking tussen 2008 en 2007. **=significant ($p < 0,01$ bij tweezijdige *t*-toets voor gepaarde waarnemingen).*

	Go			Dv			Oa			Oo			Zp		
	2007	2008	+-	2007	2008	+-	2007	2008	+-	2007	2008	+-	2007	2008	+-
Duinvalleisoorten	0,1	2,3	2,1**	26,1	24,1	-1,9	0,2	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Kweldersoorten	1,3	4,3	3,0	0,0	0,1	0,1	24,1	28,7	4,6	1,4	5,6	4,1	27,2	22,0	-5,2
Kruipwilg	0,9	1,4	0,5	25,6	34,5	8,9	2,7	3,3	0,7	10,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Duinriet	5,0	5,0	0,0	3,3	1,6	-1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

In tabel 3.3 zijn per vegetatietype de gemiddelden van de gesommeerde bedekkingspercentages van deze soortsgroepen en soorten weergegeven. Een toetsing met een *t*-toets voor gepaarde steekproeven (de twee opnamen van elk pq vormen een paar) laat zien dat alleen het verschil tussen 2007 en 2008 van duinvalleisoorten binnen de overige graslanden significant is ($p=0,0062$; $n=8$; tweezijdig getoetst). De overige verschillen zijn niet significant.

Dit verschil komt overeen met de geconstateerde (geringe) verschuivingen in het ordinatiediagram. De toename van duinvalleisoorten in de overige graslanden is echter te wijten aan het feit dat door het late tijdstip van de opnamen in 2007 deze soorten zijn gemist in De Lasten en het Terreintje van Juffrouw Alie omdat ze al waren weggemaaid. Bij volgende analyses zullen deze soorten aan de data van 2007 worden toegevoegd en ook zal het type waar nodig worden gewijzigd van Overig grasland naar Duinvalleivegetaties.

Verder valt op dat de afname van Zilte pioniervegetaties, zoals waargenomen bij de transectmonitoring, zich niet vertaalt in een significante afname van deze soorten binnen de pq's in dit vegetatietype. Binnen de meeste andere vegetatietypen zijn kweldersoorten als geheel iets in bedekking toegenomen. Daar betreft het vooral een toename van Zilte rus, maar de toename is niet significant. Ook verrijging met Kruipwilg in de duinvalleivegetaties is op basis van deze twee opnamejaren nog niet statistisch vast te stellen.

4. GRONDWATER

4.1. GEPLAATSTE PEILBUIZEN

Om eventuele veranderingen in het grondwaterregiem als gevolg van bodemdaling te kunnen registreren, zijn in het kader van de monitoring op elf locaties, verspreid over het Lauwersmeergebied, peilbuizen begin oktober 2007 geplaatst (zie figuren 3.2 t/m 3.7).. Daarnaast worden in het onderzoek ook de meetgegevens betrokken van een aantal bestaande peilbuizen van Staatsbosbeheer (SBB), die sinds november 2000 worden waargenomen. In de onderstaande tabel is het aantal meetpunten per deelgebied weergegeven.

Tabel 4.1.

Verspreiding van peilbuislocaties in De Lauwersmeer over de deelgebieden

Deelgebied	Aantal peilbuislocaties	
	Monitoring	SBB
Bantswal (noord)	2	0
Bantswal (midden)	0	1
Bantswal (zuid)	2	1
Juffrouw Alie	1	2
De Lasten	1	1
De Rug	3	0
Zuidelijke Lob	2	1
Totaal	11	6

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. Op 5 november 2007 is een eerste controleronde uitgevoerd waarbij de Divers naar behoren bleken te werken en geen bijzonderheden zijn geconstateerd. In 2008 zijn de Divers op 3 en 17 maart, 20 juni en 27 oktober gecontroleerd en uitgelezen. Bij de laatstgenoemde uitleesronde zijn defecten aan de dataloggers van de meetpunten RU5a en BW9b geconstateerd. Beide Divers zijn voor herstel uitgenomen en op 9 december 2008 weer gerepareerd teruggeplaatst.

De verzamelde gegevens van het eerste meetjaar zijn weergegeven in bijlage 3. Hierin is het peilverloop van het grondwater per meetlocatie grafisch weergegeven.

4.2. RESULTATEN GRONDWATERSTANDEN 23 OKTOBER 2007 – 27 OKTOBER 2008

Binnen het Lauwersmeergebied zijn vrij grote verschillen in peilverloop waar te nemen. Een relatief vlak peilverloop wordt gevonden in de Bantswal (bij meetpunt BW8ab) en op De Rug (meetpunten RU3ab en RU5ab). Op De Rug, de Zuidelijke Lob en in het lagere gedeelte van het zuidoostelijk deel van de Bantswal is sprake van kwel. Met een gemeten stijghoogteverschil tussen het diepe en ondiepe filter van gemiddeld 8 cm is de overdruk bij meetpunt BW8ab, in de zuidelijk 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 komt bij deze, nabij voormalige kreken 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 gehad dat de ondiepe buisfilters tijdelijk zijn drooggefallen. 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.

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 waterstand 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.

peilbuis	BW1A	BW1B	BW3A	BW3B	BW4A	BW4B	BW6A	BW6B	JA3A	JA3B	LA3A	LA3B	RU1A	RU1B	RU3A	RU3B	RU5A	RU5B	ZL3A	ZL3B	ZL5A	ZL5B
gem. waterstand (cm NAP)	-	-18	-	-56	-	-37	-	-78	-	-75	-	-179	-	-69	-	-2	-	-39	-	-92	-	-69
gem. waterstand (cm -mv)	-	49	-	15	-	25	-	28	-	34	-	18	-	30	-	16	-	35	-	28	-	25
hoogste waterstand (cm NAP)	-	33	-	-6	-	3	-	-2	-	-40	-	-100	-	-5	-	18	-	-4	-	-4	-	-2
laagste waterstand (cm NAP)	-	-114	-	-152	-	-175	-	-185	-	-141	-	-279	-	-135	-	-80	-	-119	-	-188	-	-160
peilfluctuatie (cm)	-	147	-	146	-	179	-	183	-	101	-	179	-	130	-	98	-	115	-	184	-	158
type grondwaterbeweging	inzijging		inzijging		kwel		kwel		intermediair		inzijging		geringe kwel		geringe kwel		geringe kwel		intermediair		kwel	

In de volgende voortgangsrapportage (2009/2010) zullen de meetgegevens een periode van meer dan één volledig kalenderjaar beslaan. Per meetlocatie kunnen dan de waarden voor de GXG's, grondwaterstandskarakteristieken als gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG), worden berekend en weergegeven, aangevuld met een duurlijn van het grondwaterstandverloop. De huidige verzamelde meetgegevens zijn nog onvoldoende om deze berekening toe te laten.

4.3. GRONDWATERKWALITEIT

In 2008 is de waterkwaliteit van het grondwater op twee momenten bepaald. De 11 geplaatste grondwaterpeilbuizen zijn op 20 juni en 28 oktober bemonsterd en door de Radboud Universiteit Nijmegen (B-Ware) geanalyseerd op de belangrijkste chemische parameters. De analysesresultaten zijn in bijlage 4 in tabelvorm weergegeven. De bemonstering van oktober vond plaats in een relatief natte periode, de bemonstering van juni in een drogere periode waardoor de ondiepe buisfilters door droogval niet konden worden bemonsterd.

De analysesresultaten geven voor beide bemonsteringsdata vergelijkbare resultaten te zien. De chloridegehalten geven voor de juni bemonstering iets hogere waarden te zien door het effect van indamping, hetgeen ook resulteert in een hogere waarde voor het elektrisch geleidend vermogen (EGV). In samenspraak met de opgetekende zoutprofielen van de onderzochte raaien in het Lauwersmeergebied (Eerste voortgangsrapportage 2007/2008) zijn de aangetroffen chloridegehalten voor de meetpunten in de Bantswal het hoogst (tussen de 5.000 en 10.000 mg Cl⁻ /l). Met name bij de meetpuntlocaties BW3ab en BW9ab is zowel het grondwater tot op 60 cm beneden maaiveld als tot op 200 cm beneden maaiveld geclassificeerd als matig brak (3.000 - 10.000 mg Cl⁻ /l). Ook het wat diepere grondwater bij de Lasten (LA3b) en het lager gelegen midden van de Zuidelijke lob (ZL3b) is matig brak. Het in juni bemonsterde oppervlaktewater van het Lauwersmeer (zijde Bantswal) geeft met een waarde van ongeveer 3.000 mg Cl⁻ /l licht tot matig brakke omstandigheden te zien. Licht brak (1.000 - 3.000 mg Cl⁻ /l) zijn de omstandigheden bij het ondiepe filter (a) van meetpunt LA3 in de Lasten, midden zuidelijk op de Bantswal (BW8ab) en het diepe filter (b) bij meetpunt RU5 in het laag gelegen westelijk deel van de Rug. Het wat diepere grondwater bij het meest westelijk op de Zuidelijke lob gelegen meetpunt ZL5 is zwak brak (300 - 1.000 mg Cl⁻ /l), evenals het dieper grondwater op het hoog gelegen noordelijk deel van de Bantswal (meetpunt BW1b). Bij de overige meetpunten op de Rug, de Zuidelijke lob en het Terreintje van Juffrouw Alie (zowel ondiep als iets dieper) is er sprake van zoet tot zeer zoet grondwater (< 300 mg Cl⁻ /l).

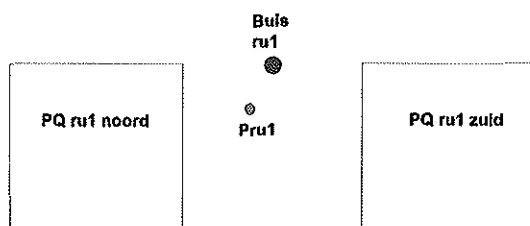
Het optreden van enige kwel in de gebiedsdelen Bantswal, de Rug en de Zuidelijke lob wordt ook onderstreept door de relatief hoge waarden voor Calcium (200 tot meer dan 400 mg Ca₂⁺ /l) en bicarbonaat (variërend van 600 tot meer dan 1500 mg HCO₃⁻ /l). Ook is het aangetroffen ijzergehalte met 3 tot 7 mg Fe₂⁺ /l, relatief hoger dan bij de overige locaties.

De mate van trofie is over het algemeen matig hoog, er worden bij enkele monsterpunten van het diepere grondwater relatief hoge stikstofwaarden gevonden (10 - 50 mg NH₄⁺ /l). Ook is het fosfaatgehalte hier vrij hoog (3 - 6 mg P /l). Sterk eutrofe omstandigheden (hoge N- en P-waarden) worden aangetroffen bij de meetpunten Bantswal BW3ab, BW8b en BW9b, maar ook op de Rug bij RU5b, op de Zuidelijke lob bij ZL3b en de Lasten bij meetpunt LA3b. Op de Rug is het ondiep bemonsterde grondwater bij de meetpunten RU1a en RU3a zwak eutroof te noemen, ook het wat diepere grondwater bij meetpunt JA3b (Terreintje van Juffrouw Alie). Mesotrofe omstandigheden (N en P arm) zijn alleen gevonden voor het ondiepe grondwater van meetpunt JA3a.

5. BODEM

5.1. PROFIELEN

In 2007 zijn bodemonsters genomen op locaties waar grondwaterbuizen zijn geplaatst (zie figuur 5.1) op dieptes van 20-30, 40-50, 60-70, 100-110 en 150-160 cm beneden maaiveld. Van deze bodemonsters is het percentage kalk (%CaCO₃) en het zoutgehalte (in mg Cl⁻/100 g droge grond) bepaald, om de ontkalkingsdiepte en variatie in het zoutgehalte te bepalen.



Figuur 5.1.
Locatie profielbemonstering (Pru1) bij locatie 1 op De Rug

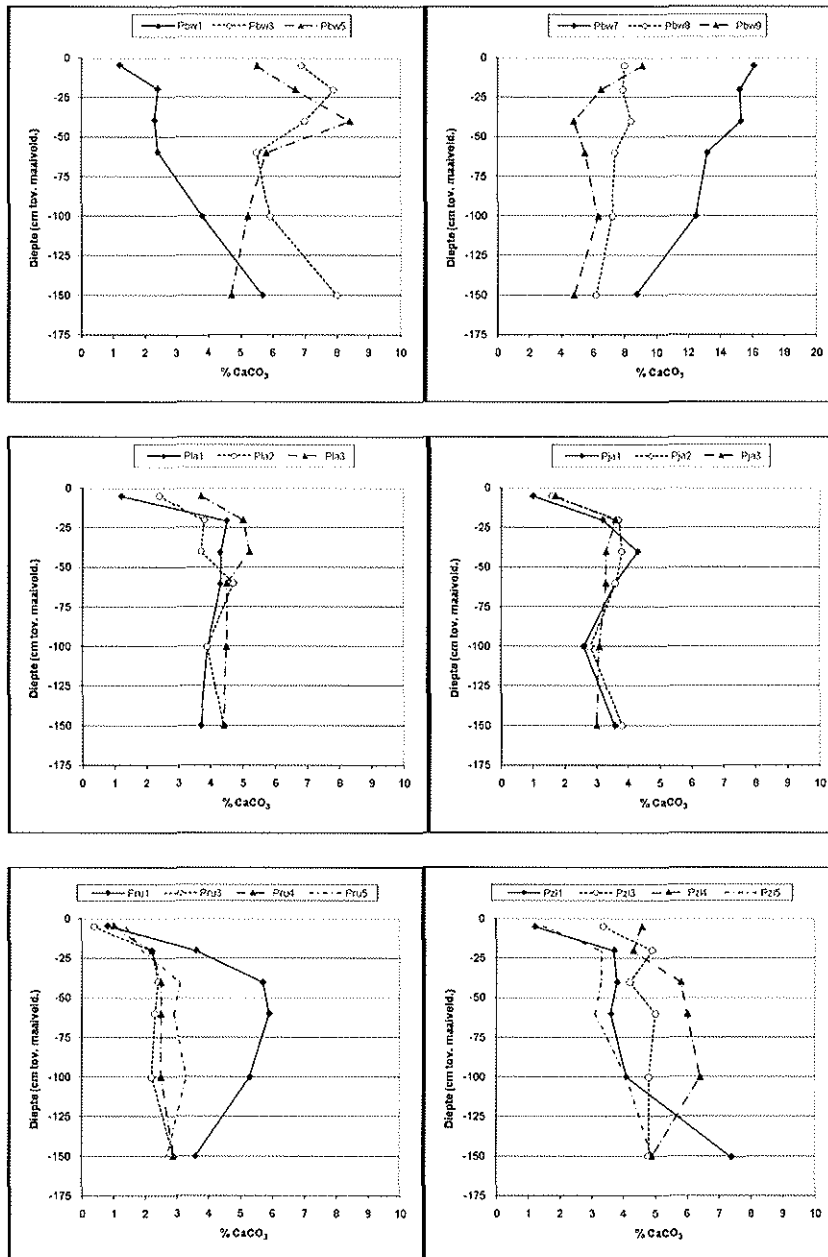
De chemische analyses zijn uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor grond en gewas (Blgg) te Oosterbeek.

5.1.1. Kalkprofiel

In het eerste voortgangsrapport is reeds vastgesteld dat de bodem vanaf 20 cm beneden maaiveld nergens is ontkalkt (Bijkerk *et al.* 2008). Van deze kalkprofielen ontbreken echter de gehalten in de toplaag (0 – 10 cm). Omdat in 2008 de toplaag bij de permanente kwadraten opnieuw is bemonsterd (zie paragraaf 5.2), zijn ook de kalkgehalten hierin bepaald. Deze waarden zijn aanvullend gebruikt bij het beschrijven van de kalkprofielen. De kalkgehalten van de toplaag (0-10 cm) zijn dus gebaseerd op de monsternamen van oktober 2008, de kalkgehalten dieper dan 20 cm zijn gebaseerd op de monsternamen van oktober 2007. De kalkprofielen zijn weergegeven in figuur 5.2.

In vergelijking met de kalkgehalten in de ondergrond, blijkt dat de toplaag veelal beduidend minder kalk bevat, maar dat deze vrijwel nergens als ontkalkt is aan te merken. Alleen bij de locatie Ru3 (op De Rug) is het kalkgehalte 0,4 % CaCO₃ en daarmee aan te merken als kalkloos (volgens Nienhuis 2001). Grootjans *et al.* (1995) hanteren een kalkgehalte beneden 0,2% als zijnde ontkalkt.

Opvallend is het hoge kalkgehalte van de toplaag bij Bw7 (Bantswal). Dit wordt veroorzaakt door één van de triplo's, die waarschijnlijk in een schelpenbak is genomen.



Figuur 5.2

Kalkprofielen van de onderzochte raaien Bantswal Noord (Pbw1, Pbw3,) Bantswal midden (Pbw5), Bantswal zuid (Pbw7, Pbw8, Pbw9), De Lasten (Pla1, Pla2, Pla3), Juffrouw Alie (Pja1, Pja2, Pja3), De Rug (Pru1, Pru3, Pru4, Pru5) en de Zuidelijke lob (Pzl1, Pzl3, Pzl4, Pzl5). De kalkgehaltes van de toplaag (5 cm -mv) zijn gebaseerd op monsters uit 2008, de overige waarden op basis van de profielbemonstering in 2007.

5.1.2. Zoutprofielen

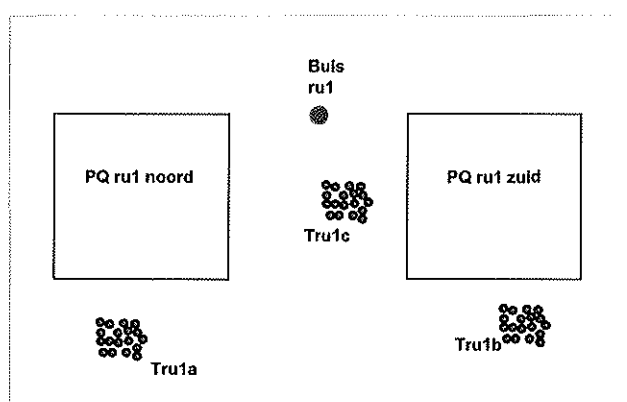
De zoutprofielen zijn reeds gepresenteerd in het eerste voortgangsrapport. Die gegevens zijn veelal consistent met de grondwaterkwaliteitsbepalingen uit 2008 (zie paragraaf 4.3). Dat wil zeggen dat hogere chloridegehalten in de bodem zijn gemeten op de Bantswal (Bw1 op grotere diepte; Bw3; Bw 9) en soms op grotere diepte in de Lasten (La3), de Rug (Ru5) en

de Zuidelijke lob (Z13). Opvallend is wel dat het hogere chloridegehaltes in de bodem op 150 cm diepte, zoals gemeten in Z15 zich niet vertaalt naar een hoog chloridegehalte in het grondwater.

5.2. TOPLAAG

Bij alle permanente kwadraten zijn in 2007 bodemmonsters genomen van de toplaag. Per locatie zijn op drie sublocaties monsters gestoken. De sublocaties liggen naast beide pq's en er tussen in (zie figuur 5.3). Door Blgg zijn van elke sublocatie de volgende parameters bepaald: pH-KCL, pH-water, Percentage organische stof, kationen uitwisselingscapaciteit van de klei en het humuscomplex (CEC), percentage basenbezetting van Calcium, Magnesium, Natrium en Kalium, de totale basenverzadiging en het gehalte aan Natrium (mg/kg grond).

Omdat sommige monsters niet volledig waren geanalyseerd na de eerste bemonsteringsronde in november 2007, zijn voor deze locaties nieuwe monsters gestoken in februari en maart 2008. Ook zijn toen vier monsters opnieuw genomen die in november 2007 wel volledig zijn geanalyseerd. Dit om eventuele seizoensinvloeden op de resultaten in beeld te brengen. Dit leverde het beeld op dat de invloed van het seizoen op sommige bodemparameters aanzienlijk was. Daarom is eind oktober tot begin november 2008 de bodembemonstering van de toplaag nogmaals geheel uitgevoerd. Verschil met de bemonstering in 2007 was dat er in 2008 gebruik is gemaakt van een rassekeuzeboor. Deze boor met een diameter van 2,5 centimeter, wordt ongeveer 5 cm diep in de grond gestoken, vervolgens enkele malen rondgedraaid en er dan weer eruit getrokken. Na ongeveer 25 van deze monsternames per sublocatie is er genoeg materiaal verzameld voor de analyse. Dit is een voordeel ten opzichte van de eerder gebruikte bodemhapper, waarbij er ongeveer 40 monsters per sublocatie gestoken moeten worden.



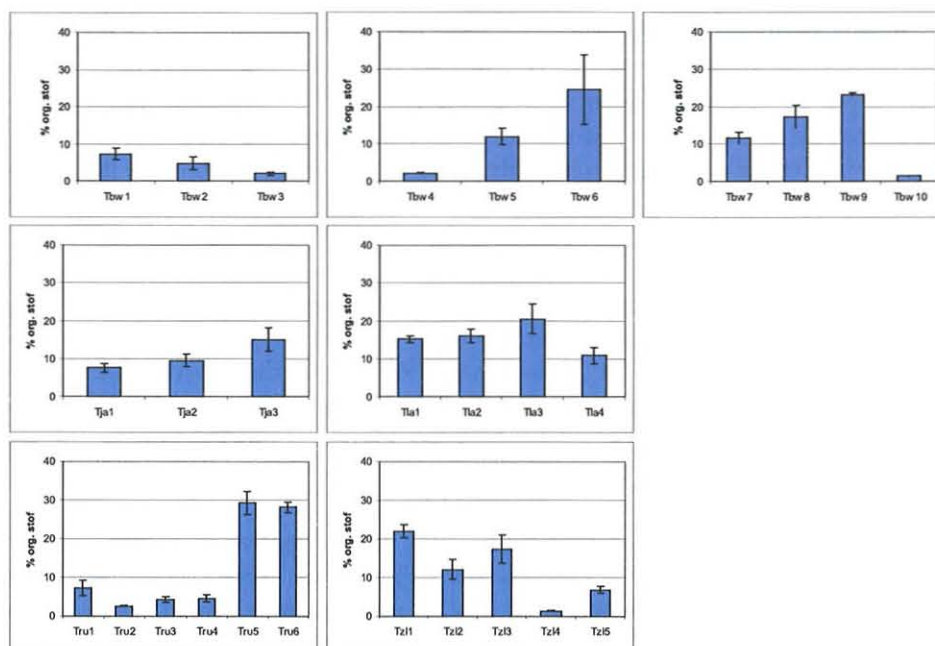
Figuur 5.3.

Werkwijze toplaagbemonstering (Tru1) bij locatie 1 op De Rug. Groene stippen zijn afzonderlijke monstertjes met de graslandboor (2007) of rassekeuzeboor (2008) die zijn samengevoegd tot één submonster.

Door gebruik te maken van drie sublocaties per monsterlocatie is het mogelijk om een uitspraak te doen over de variatie op zeer korte afstand. Voor sommige parameters kan deze aanzienlijk zijn.

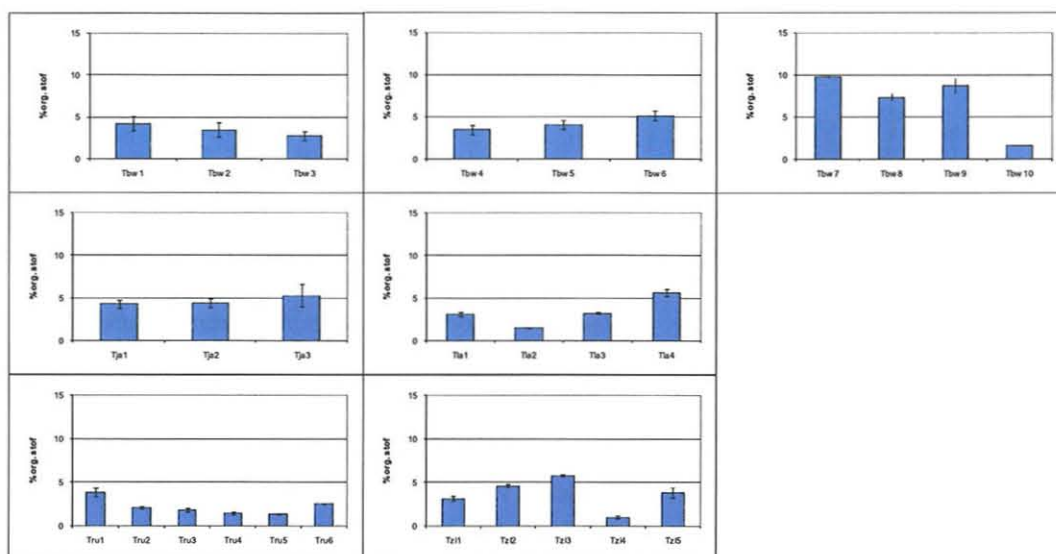
5.2.1. Organische stof

De organische stofgehalten in de toplaag van de verschillende locaties is weergegeven in figuren 5.4 (monsternamen najaar 2007 en voorjaar 2008) en 5.5 (najaar 2008).



Figuur 5.4

Percentage organische stof in de humuslaag in de verschillende raaien binnen het onderzoeksgebied, gebaseerd op monsters november 2007 – maart 2008.



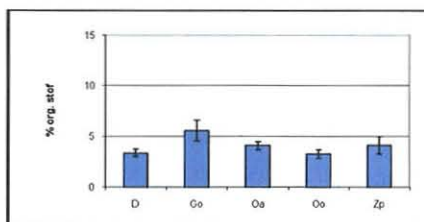
Figuur 5.5.

Percentage organische stof in de humuslaag in de verschillende raaien binnen het onderzoeksgebied, gebaseerd op monsters van oktober – november 2008. NB. De schaal van de Y-as in figuur 5.5 verschilt van die in figuur 5.4.

Opvallend is het grote verschil in de bepalingen van 2008 ten opzichte van die uit 2007. Gemiddeld genomen zijn de gemeten percentages organische stof in 2008 een factor twee lager dan in 2007 rond de pq's in duinvalleivegetaties, zilte pioniervegetaties en overige graslanden. In de overstromingsgraslanden zijn scheelt het gemiddeld zelfs een factor 3. Het lijkt onwaarschijnlijk dat dit daadwerkelijke veranderingen betreft, maar eerder duidt het op een verandering van monsternamen of in de analysetechniek. Het verschil in monsternamen zou het gebruik van de rasekeuzeboor in plaats van de bodemhapper kunnen zijn. Vanwege de verschillen in (onder andere) organische stofgehalte tussen 2008 en 2007 en de grotere variantie hiervan in 2007 stellen we voor om de bemonstering in 2007 in zijn geheel buiten beschouwing te laten.

Het organische stofgehalte in bodems met duinvalleivegetaties ligt tussen 1,5% en 5,3%. De waarden liggen in de range van waarden die gemeten zijn in Knopbies-vegetaties op de Waddeneilanden (Grootjans *et al.* 1995, Lammerts, 1999) en in die van de Zilte zeggevegetaties op de Schotsman (Nienhuis *et al.* 2001). Op de Rug zijn de waarden binnen de duinvalleivegetaties het laagst (1,5% tot 2,1%) en in het Terreintje van Juffrouw het hoogst (4,3% tot 5,3%).

In figuur 5.6 zijn de gemiddelde organische stofgehalten uitgezet per vegetatietype (bepaald op basis van de opnamegegevens van 2007). Hieruit blijkt dat de overige graslanden in de toplaag hogere organische stofgehalten bevatten dan de andere vegetatietypen. Deze andere vegetatietypen verschillen weinig van elkaar. Het betreft een genest design (vegetatietypen met daarbinnen bodemmonsters die elk bestaan uit drie replica's). Uit een variantieanalyse voor zo'n genest design blijkt dat de verschillen in organische stofgehalte tussen de vegetatietypen niet significant zijn. De verschillen in organische stofgehalten tussen de bodemmonsters binnen elk vegetatietype zijn wel significant ($F(5,10)=23,408$; $p<0,000$). De verschillen tussen de replica's per monsterlocatie zijn niet significant.



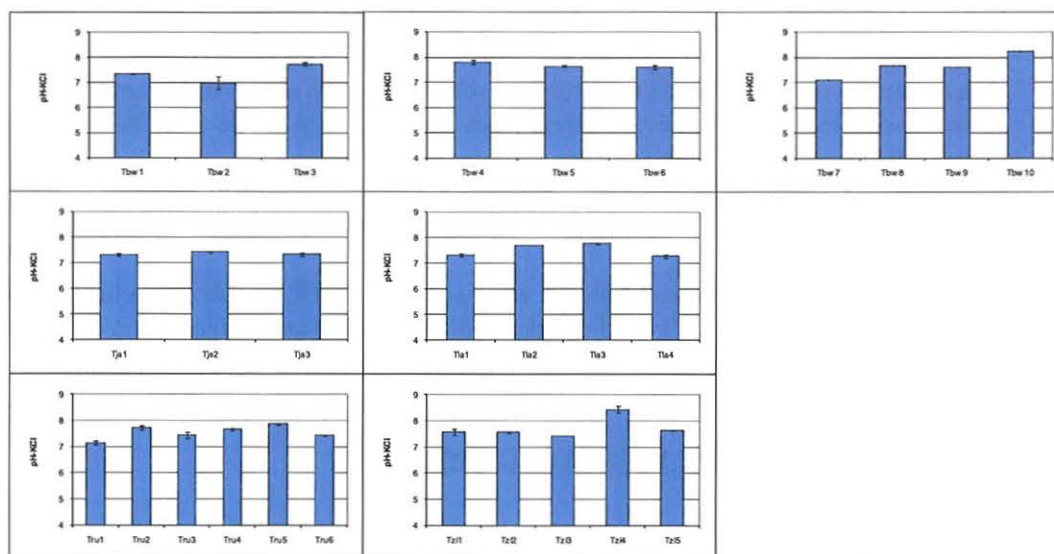
Figuur 5.6.

Percentage organische stof in de humuslaag in de verschillende onderscheiden vegetatietypen binnen het onderzoeksgebied, gebaseerd op monsters van oktober - november 2008. D=Duinvalleivegetaties; Go=Overig grasland; Oa=Overstromingsgrasland met Aardbeiklaver; Oo=Overige overstromingsgraslanden; Zp=Zilte pioniervegetaties.

Door de auditcommissie is opgemerkt dat het percentage organische stof als parameter een minder relevante parameter is. Er kan beter worden gewerkt met het gewicht organische stof per oppervlakte-eenheid (kg/m^2). Daarvoor moet echter het monster te relateren zijn aan een volumemaat. Om dit probleem op te lossen zullen in 2009 aanvullende bodemmonsters worden gestoken met pf-ringen met een vast volume en diameter. Na droging wordt hiervan het organische stofgehalte bepaald door gewichtsverlies bij verbranding, zodat het organische stofgehalte kan worden omgerekend in kg/m^2 .

5.2.2. Zuurgraad

De pH-KCl waarden uit 2008 wijken weinig af van die gemeten in 2007. Volledigheidshalve zijn de waarden weergegeven in figuur 5.7. De gemiddelde zuurgraad varieert op alle locaties tussen 7 en 8. De gemiddelde pH neemt af van zilte pioniervegetaties (7,8) → overige overstromingsgraslanden (7,7) → de Aardbeiklaver-vorm van het overstromingsgrasland (7,6) → duinvalleivegetaties (7,4) → overige graslanden (7,2). Maar de verschillen tussen de vegetatietypen; tussen bodemonsters binnen de vegetatietypen; en tussen de replica's per monsterlocatie zijn niet significant. Dit is getoetst met een variantieanalyse voor geneste designs.



Figuur 5.7.
pH in de humuslaag in de verschillende raaien binnen het onderzoeksgebied.

6. VERDERE ANALYSE VAN DE RESULTATEN

Zodra er gegevens beschikbaar zijn over een langere meetreeks (bij de tussenrapportage in 2010) zal er een uitvoeriger analyse van de resultaten plaatsvinden. Hierbij staan de volgende vragen centraal:

1. Welke sleutelfactoren bepalen de variatie in de vegetatie in ruimte en tijd?
2. Is er sprake van een verandering in de vegetatie over de afgelopen jaren?
3. Is er sprake van een verandering in de sleutelfactoren over de afgelopen jaren?
4. Zijn de veranderingen in de sleutelfactoren te relateren aan de mate van bodemdaling?
5. Is de verandering in vegetatie te relateren aan veranderingen in de sleutelfactoren die sturend zijn voor de vegetatie?
6. Is daarmee een verandering in de vegetatie te relateren aan de bodemdaling en in welke mate draagt de bodemdaling bij aan deze vegetatieveranderingen?

Onderstaande uitwerking is vooral bedoeld als discussiestuk. De exacte uitwerking is bij Altenburg & Wymenga nog niet geheel uitgekristalliseerd en hierover zullen we in de zomer van 2009 ook nog contact opnemen met de heer Han van Dobben (Alterra).

6.1. SLEUTELFACTOREN EN VEGETATIEINDICATOREN

Indicatoren in de vegetatie

Om de eerste vraag te beantwoorden moet eerst worden bepaald welke indicatoren gebruikt worden om de vegetatie te beschrijven. Van de permanente kwadraten worden alle soorten genoteerd met hun bedekkingen. Dit zijn er echter zoveel dat ze in de analyse onmogelijk afzonderlijk te beschouwen zijn. Om tot heldere en ook ecologisch interpreteerbare indicatoren te komen, richten we ons in eerste instantie op relevante soortsgroepen. Het gebruik van groepen heeft bovendien als voordeel dat de kans dat door toeval een hele groep verdwijnt of sterk toeneemt veel minder groot is dan bij een enkele soort.

- Als maat voor de natte kalkrijke tot kalkhoudende omstandigheden nemen we de groep van duinvalleisoorten (zie bijlage 1).
- Als maat voor zilte tot brakke omstandigheden nemen we de groep van de kweldersoorten. Deze groep is (vooralsnog) vrij breed genomen met daarbinnen zowel strikte zoutplanten (Kortarige zeekraal) als planten van brakke omstandigheden (Zilte rus).
- Voor verzuiving die optreedt als gevolg van stapeling van organische stof nemen we (afzonderlijk) Kruiwilg en Duinriet.

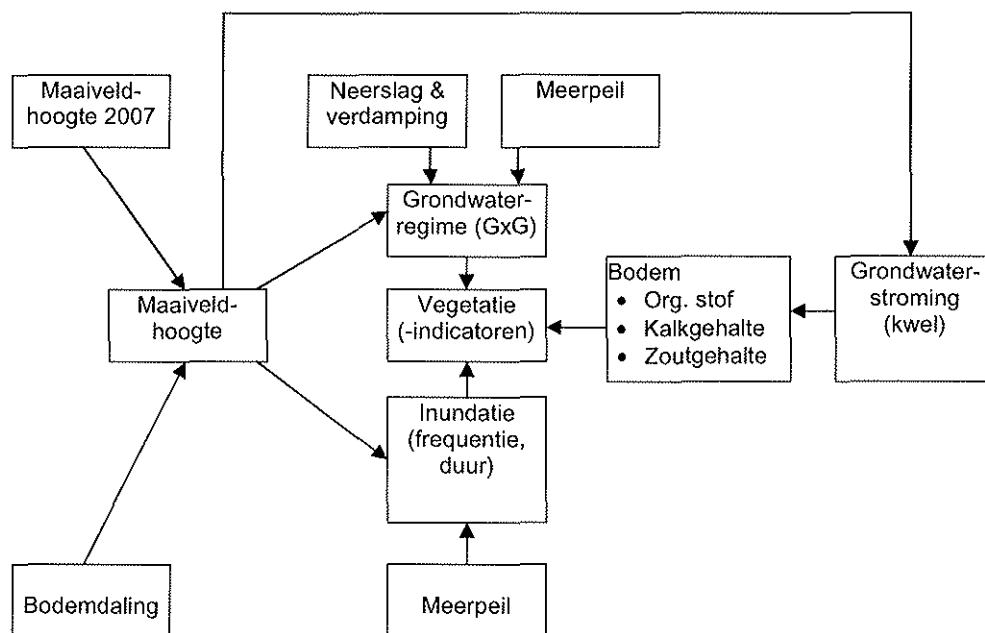
Van deze soorten en soortsgroepen vormt de totale bedekking per groep per opname de indicator.

Om toch de totale soortensamenstelling en -bedekking mee te wegen zal ook gebruik worden gemaakt van de scores van de verschillende opnamen op de eerste drie ordinaatassen in een indirecte gradiëntanalyse, vergelijkbaar met de monitoring van bodemdaling op Ameland-Oost (Van Dobben & Slim 2005). Het voordeel hiervan is dat ook deze scores te

relateren zijn aan milieufactoren zodat ze ook ecologisch te interpreteren zijn. Maar er moet echter wel worden bedacht dat de eerste drie assen van een ordinatie als geheel vaak maar een klein deel verklaren van de totale variantie in soortensamenstelling en –bedekking. Van Dobben en Slim (2005) vonden voor de de eerste drie assen een totale verklaarde variantie van 14%, in onze dataset vinden we voor deze assen (met opnamen uit 2007 en 2008) een verklaarde variantie van 20%.

Conceptueel model

Op grond van onze huidige kennis over het systeem zijn het grondwaterregime, het optreden van inundaties, bodemparameters en natuurlijk het gevoerde beheer belangrijke factoren die van invloed zijn op de vegetatie. Met uitzondering van het gevoerde beheer, worden deze factoren onder meer beïnvloed door de maaiveldhoogte. Dit kan direct zijn, omdat lagere delen eerder worden overstroomd of een hogere grondwaterstand kennen ten opzichte van maaiveld. Maar ook op een indirecte wijze omdat de plaatranden via lokale kwel calcium krijgen aangevoerd, waardoor tevens stapeling van organische stof minder snel verloopt. Stapeling van organische stof is een sleutelfactor in de successie van vegetaties van kalkrijke duinvalleien (Grootjans *et al.* 1995, Lammerts 1999). Evenzo kan door veranderende lokale grondwaterstromingen vanaf de hoger gelegen plaatdelen, de zoet-zout grens langs plaatranden hoger in het bodemprofiel komen te liggen (Zoetendaal *et al.* 2005).



Figuur 6.1.

Voorlopig conceptueel model van het effect van bodemdaling op vegetatieindicatoren

In figuur 6.1 is een (voorlopig) conceptueel model weergegeven, waarin deze sturende factoren zijn verwerkt evenals de conditionele factoren die de sturende factoren mede bepalen. Hierbij moet men zich bedenken dat de werkelijkheid overigens nog beduidend ingewikkelder is. Zo beïnvloedt de vegetatie op haar beurt ook weer de stapeling van organische stof (kruipwilgstruweel produceert meer bladafval dan een kortgrazige vegetatie), de grondwaterstand heeft eveneens een effect op stapeling van organische stof, inundatie kan ook direct optreden door overvloedige neerslag ter plaatse et cetera. Anderzijds is het model zoals gepresenteerd in figuur 6.1 al zo uitgebreid dat een dosis-effect relatie tussen

bodemdaling en verandering van een vegetatieindicator lastig is te bepalen: een multiële regressie van onder meer bodemdaling op een indicator zal ongetwijfeld een effect van bodemdaling laten zien, maar door het netwerk van invloeden zal dit effect waarschijnlijk niet reproduceerbaar zijn.

In het vervolg van dit hoofdstuk richten we ons voornamelijk op de analyse van de gegevens van de permanente kwadraten (pq). De structuurtypenkartering en de transectmonitoring zullen in eerste instantie van belang zijn bij de interpretatie van de pq gegevens hoewel de transectmonitoring ook kwantitatief gebruikt zal worden bij vergelijking van de oppervlaktes ingenomen door de verschillende vegetatietypen.

Bepaling van sleutelfactoren

Een eerste indruk van welke factoren het meest bijdragen aan de variatie in soortensamenstelling en bedekking wordt via ordinaties verkregen. Dit voeren we uit met behulp van het programma Canoco. Een eerste indirecte gradiëntanalyse op basis van de opnamen uit 2007 en 2008 is te vinden in figuren 3.3 t/m 3.6. In een directe gradiëntanalyse (zal waarschijnlijk een canonische correspondentie analyse zijn) worden gemeten abiotische variabelen direct in de ordinatie meegenomen. Via een forward selection wordt het belang van de afzonderlijke factoren bepaald en beperkt tot een behapbaar aantal. Via een lineaire multiële regressie bepalen we de regressiecoëfficiënt en de significantie waarin de factoren invloed hebben op de vegetatieindicatoren.

Invloed van maaiveldhoogte op vegetatieindicatoren

Omdat de maaiveldhoogte centraal staat in het model, is op basis van de gegevens van 2007 gekeken of de indicatoren Bedekking duinvalleisoorten, Bedekking kweldersoorten en Bedekking Kruipwilg gecorreleerd zijn aan de maaiveldhoogte in 2007. Als dit namelijk niet zo is, dan zal verandering van de maaiveldhoogte (door bodemdaling) waarschijnlijk evenmin een directe invloed hebben op deze indicatoren. (Op zich zou bodemdaling dan overigens nog wel een invloed kunnen hebben, maar dan vanwege het feit dat de vegetatie reageert op de storing zelf).

6.2. RICHTING EN MATE VAN VEGETATIEVERANDERING

Hierbij wordt gekeken of, hoe en in weke mate de vegetatie, afgemeten aan de indicatoren, veranderd in de looptijd van het onderzoek. Dit zonder ons druk te maken over de achterliggende oorzaken. In de deze voortgangsrapportage is voor de jaren 2007 en 2008 vergeleken of de waarde van enkele van de indicatoren verschilt tussen de jaren 2007 en 2008 (zie tabel 3.3). Voor de toetsing kon hierbij nog worden volstaan met een t-toets voor gepaarde waarnemingen omdat het een vergelijking tussen twee jaren betrof. Bij de analyses in de komende jaren maken we gebruik van een gemixed lineair model, waarbij de afzonderlijke opnamen als toevalsfactor worden beschouwd en het opnamejaar als vaste (continue) factor. Bij de opnamen is dan nog sprake van een genest design omdat de twee opnamen per locatie pseudoreplica's zijn. Op basis van dit model wordt de mate van veranderingen van de indicatoren en de significantie ervan bepaald.

Is het aantal pq's voldoende?

Zoals in hoofdstuk 2 is beschreven, zijn in totaal op 28 locaties permanente kwadraten uitgezet, waarbij per locatie 2 pq's zijn gelegd. De vraag is nu of deze 56 opnamen voldoende zijn. Voor een simpele vergelijking van twee gemiddelden uit onafhankelijke populaties is de volgende formule van belang: $n=8*s^2/d^2$ (Crawley 2002). Hierbij is N de benodigde hoeveelheid samples; s^2 is de variantie en d is de effectgrootte die je wilt waarnemen.

Met andere woorden: hoe kleiner de effectgrootte die je wilt kunnen vaststellen, des te meer samples je nodig hebt. Ook neemt de hoeveelheid samples lineair toe met de variantie in de gegevens. Voor veldexperimenten wordt vaak gewerkt met een effectgrootte van 25 tot 50% (Crawley 2002).

Nu is er echter geen sprake van onafhankelijke waarnemingen, omdat het herhaalde metingen betreft. Met behulp van het computerprogramma G-power (Faul 2008) is het mogelijk om ook voor herhaalde metingen zogeheten powerberekeningen uit te voeren. We hebben voor het gemak aangenomen dat dit met een t-toets voor gepaarde waarnemingen wordt getoetst. Hierbij gaan we uit van een te detecteren effectgrootte van 50%. Dat wil zeggen dat we een verandering ten opzichte van de eerste meting willen kunnen vaststellen als deze kleiner is dan 0,5 of groter dan 1,5 keer de eerste waarde. Afhankelijk van de indicator wordt eenzijdig getoetst, bij $\alpha=0,05$ en $1-\beta=0,8$ ($1-\beta$ is de "power" van de toets). A priori (zonder kennis over de aanwezige variantie) is zodoende vastgesteld dat 27 samples gewenst zijn. Dat wordt met de huidige set (28 locaties) nipt gehaald.

Voor 2007 weten we echter de variantie en het gemiddelde van enkele indicatoren. De gemiddelde totale bedekking van bijvoorbeeld duinvalleisoorten binnen de duinvalleivegetaties is 26,1% met een standaarddeviatie van 18,8. Als we een afname tot minder dan 13% bedekking waar willen kunnen nemen, dan zijn met genoemde overschrijdingskans (0,05) en power (0,8) hiervoor 15 samples nodig. Nu hebben we 20 pq's binnen de duinvalleivegetaties (uitgaande van de typering uit 2008), zodat dit voldoende lijkt. Er zit echter wel een addertje onder het gras, namelijk de 16 pq's betreffen 8 locaties met elk twee pq's op ongeveer 6 meter afstand van elkaar zodat ze wellicht niet als volstrekt onafhankelijk moeten worden beoordeeld.

Het huidige meetnet zal, ook gezien de verdeling over de bodemdalingsklassen (zie par. 3.2), worden uitgebreid met 2 opnamen in de duinvalleien, 2 opnamen in de overstromingsgraslanden met Aardbeiklaver en 6 opnamen in de Bantswal (te verdelen over zilte pioniervegetaties en waar mogelijk duinvalleivegetaties). Daarmee verwachten we voldoende opnamen te hebben om uitspraken te kunnen doen over verandering in vegetatieindicatoren.

Mocht blijken dat de vegetatieindicatoren door de jaren heen niet veranderen, dan is het onwaarschijnlijk dat bodemdaling een effect heeft. Maar het is niet onmogelijk: mogelijk was de samplegrootte toch te klein of er is sprake van een doorkruisende variabele zodat zonder bodemdaling een temporeel effect wel zou zijn opgetreden.

6.3. VERANDERINGEN IN DE SLEUTELFACTOREN

De sleutelfactoren worden gemeten aan de hand van bodemchemische parameters, grondwaterkwaliteit, grondwaterstanden en overstromingsfrequentie. De bodemchemische parameters worden in 2012 opnieuw gemeten. De grondwaterkwaliteit in 2010 en in 2012. De grondwaterstanden worden continue gemeten en vanuit de grondwaterstandsmetingen kunnen ook overstromingsfrequentie en duur worden afgeleid. Voor de sleutelfactoren wordt vastgesteld er een temporele trend aanwezig is in de meetwaarden. Of de trend te correleren is aan bodemdaling wordt hierbij overigens nog niet vastgesteld.

Grondwaterregime en overstroming

Temporele verandering in het grondwaterregime toetsen we middels een lineaire regressie. Hetzelfde doen we ook met de overstromingsfrequentie en de overstromingsduur.

Bodemchemie

In het tweede voortgangsrapport is voorgesteld om de meetreeks uit 2008 als eerste waarde te gaan gebruiken en de meetreeks uit 2007 vanwege methodische problemen te negeren. Een vergelijking met 2012 wordt uitgevoerd met een mixed lineair model met jaar als vaste variabele, rekening houdend met de geneste structuur. Omdat de veranderingen af kunnen hangen van het vegetatietype, zal het vegetatietype (als toevalsvariabele) ook in het model worden gebruikt. Vervolgens wordt middels stapsgewijze simplificatie het minimaal adequate model geselecteerd.

Grondwaterkwaliteit

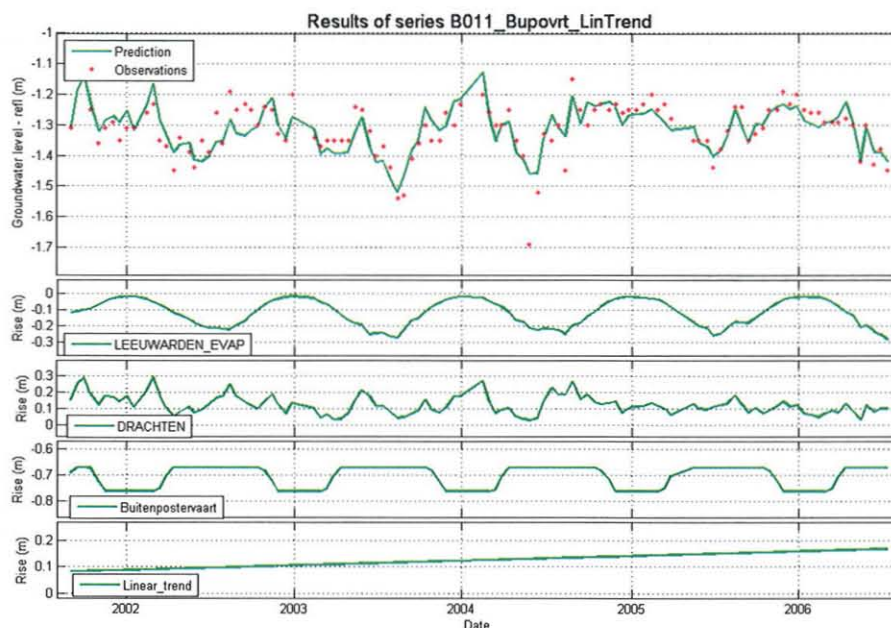
Hierbij betreft het metingen van drie jaren in zowel voorzomer als najaar. Ook hierbij wordt middels een mixed effect model bepaald of er een temporele trend is voor een grondwaterkwaliteitsparameter.

6.4. VERANDERING IN SLEUTELFACTOREN DOOR BODEMDALING

Vervolgens trachten we veranderingen in de sleutelfactoren te relateren aan de mate van bodemdaling. Overigens is het ook best mogelijk dat een sleutelfactor, als bijvoorbeeld grondwaterregime, niet significant in de tijd veranderd maar dat er toch een effect van bodemdaling meespeelt. Een aantal zeer droge jaren zou het vernattende effect van bodemdaling bijvoorbeeld kunnen compenseren.

Grondwaterregime en inundatie

Het grondwaterregime (en daarmee ook de mate van inundatie, want dat leidt tot grondwaterstanden boven maaiveld) modelleren we met het computerprogramma Menyanthes (Von Asmuth *et al.* 2005). Daarmee is het mogelijk om te grondwaterstanden te modelleren op basis van neerslag, verdamping, oppervlaktewaterpeilen en ook op basis van een lineaire trend. De lineaire trend volgt uit de aanname dat er naast de fluctuaties in neerslag, verdamping en meerpeil nog een andere, in de tijd lineair verlopende, variabele de temporele variatie in grondwaterstand verklaart. Figuur 6.2 illustreert dit aan de hand van een voorbeeld uit een evaluatie van een hydrologisch meetnet (Bijkerk 2007). Het belang van de lineaire trend wordt vastgesteld door de trend uit het volledige model te verwijderen, waarna vervolgens de verklaarde variantie en het Akaike's Informatie Criterium (AIC) van beide modellen wordt vergeleken.



Figuur 6.2.

Voorbeeld van een modellering van grondwaterstandsgegevens op basis van verdamping, neerslag, oppervlaktewaterpeil en een lineaire trend.

Als de maaiveldhoogtes rond de peilbuizen constant worden gehouden op het niveau van 2007, dan zal een lineaire trend mogelijk door de bodemdaling worden veroorzaakt. We vergelijken de lineaire trend en de snelheid van bodemdaling om te zien of dit waarschijnlijk is.

Een belangrijke variabele is het peilverloop in het Lauwersmeer. Momenteel wordt dit verloop gemeten door het Waterschap Noorderzijlvest bij Lauwersoog en bij Zoutkamp. Op aanraden van de auditcommissie, stellen we voor om dit peil ook langs enkele platen te meten met behulp van divers, zodat de tijdreeks en ook de locaties beter aansluiten bij die van de grondwatermeetreeks. Waarschijnlijk zullen we hiervoor een drietal grondwaterbuizen gaan opheffen uit de meetreeks. Welke dat worden, zal nader worden vastgesteld maar gezien het soms geringe verschil tussen diepe en ondiepe buizen, kan hierop worden bezuinigd.

Bodemchemie en grondwaterkwaliteit

We gaan er van uit dat sleutelfactoren vanuit bodemchemie en grondwaterkwaliteit niet constant zijn, maar ook over de tijd veranderen. Bij het verklaren van de veranderingen in bodemchemische en grondwaterkwaliteitsparameters door bodemdaling doet het probleem zich voor dat er geen referentie is zonder bodemdaling. Het organische stofgehalte in de bodem neemt in de loop van de successie toe en de ontzilting schrijdt in het Lauwersmeer gewoon voort. Veranderingen in deze parameters hebben dus hun oorzaak in een natuurlijke component en (mogelijk) in een bodemdalingscomponent. Als we aannemen dat die natuurlijke component overal even groot is, dan kan met een multiplere regressie of een (gemengd) lineair model het effect van de bodemdaling worden onderscheiden van de natuurlijke component. De aanname is overigens nogal bepalend en aantoonbaar niet correct: op zandige platen is de ontzilting langzamer gegaan dan op de kleiige platen en ook zal

bijvoorbeeld het organisch stofgehalte in een kruipwilgstruweel sneller toenemen dan in een gemaaid schraalland. Daarom is het waarschijnlijk meer zinvol om het vegetatietype als toevalsfactor mee te wegen in een gemengd effect model, waarbij het jaar en de mate van bodemdaling als vaste factor worden gebruikt. Een andere aanname in deze benadering is dat de bodemchemie en grondwaterkwaliteit in een korte tijdsspanne reageren op bodemdaling.

6.5. VERANDERING IN VEGETATIE DOOR VERANDERINGEN IN DE SLEUTELFACTOREN

Bij de veranderingen in sleutelfactoren als gevolg van bodemdaling is al het probleem beschreven dat (tenminste voor de bodemchemische en grondwaterkwaliteitsparameters) aangenomen moet worden dat deze constant en binnen afzienbare tijd reageren op bodemdaling, omdat anders een effect niet gemeten kan worden. Voor de vegetatieindicatoren geldt dat probleem in nog sterkere mate omdat naar onze mening een vegetatie niet direct reageert op kleine en geleidelijke veranderingen en als dat al gebeurt dan wordt dit mogelijk overvleugeld door ruis. Dit is ook beschreven door van Dobben en Slim (2005), die een kleinere regressiecoëfficiënt vonden voor het temporele effect dan voor het gehele effect (ruimtelijk en temporeel) van een sleutelfactor op een vegetatieindicator. In navolging van Van Dobben en Slim (2005) zullen we het temporele effect van de sleutelfactoren op de vegetatieindicatoren toetsen aan de hand van een lineair model, waarbij de constante wordt bepaald door de pq , en voor alle pq 's een gemeenschappelijke regressiecoëfficiënt wordt aangehouden.

6.6. VEGETATIEVERANDERINGEN DOOR BODEMDALING

Uiteindelijk is de vraag van belang of de vegetatieveranderingen toe kunnen worden geschreven aan bodemdaling. Door Van Dobben en Slim (2005) is al benadrukt dat hiervoor een simpele multiële regressie te kort schiet. Als er zich een lineaire verandering voordoet in een vegetatieindicator en er een regressie wordt uitgevoerd op oscillatoire factoren (grondwaterstand, inundatie) en een lineaire factor (bodemdaling) dan zal de lineaire trend in de vegetatie snel worden toegeschreven aan bodemdaling.

De benadering om vanuit vegetatieveranderingen de mate van bodemdaling terug te voorspellen en dit te vergelijken met de werkelijke bodemdaling is ons inziens echter ook niet direct toepasbaar. Dat heeft alles te maken met het feit dat vegetatie niet binnen korte termijn (en meetbaar) reageert op bodemdaling en omdat dan geen rekening wordt gehouden met het "geheugen" van de vegetatie. Door bijvoorbeeld opbouw van organische stof in het verleden zal een hele andere vegetatie ontstaan dan op een qua maaiveldhoogte vergelijkbare plek waar deze opbouw niet heeft plaatsgevonden.

Wij stellen daarom een meer deductieve benadering voor:

Als bodemdaling een effect heeft op een aantal sleutelfactoren en deze sleutelfactoren hebben een effect op een vegetatieindicator dan is het aannemelijk dat bodemdaling ook een effect heeft op die vegetatieindicator. Vanuit een vegetatieverandering wordt dan kwalitatief terug geredeneerd naar bodemdaling en niet direct kwantitatief via één gecombineerd model.

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 duinvaleien 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 Defensierreinen: 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. Flevovericht 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 kwadraten 2007/2008
2. Oppervlakteveranderingen per vegetatietype binnen de transecten
3. Grondwaterstandskarakteristieken najaar 2007-najaar 2008
4. Chemische parameters bodemprofielen
5. Chemische parameters toplaag bodem

BIJLAGE 1. PERMANENTE KWADRATEN 2007

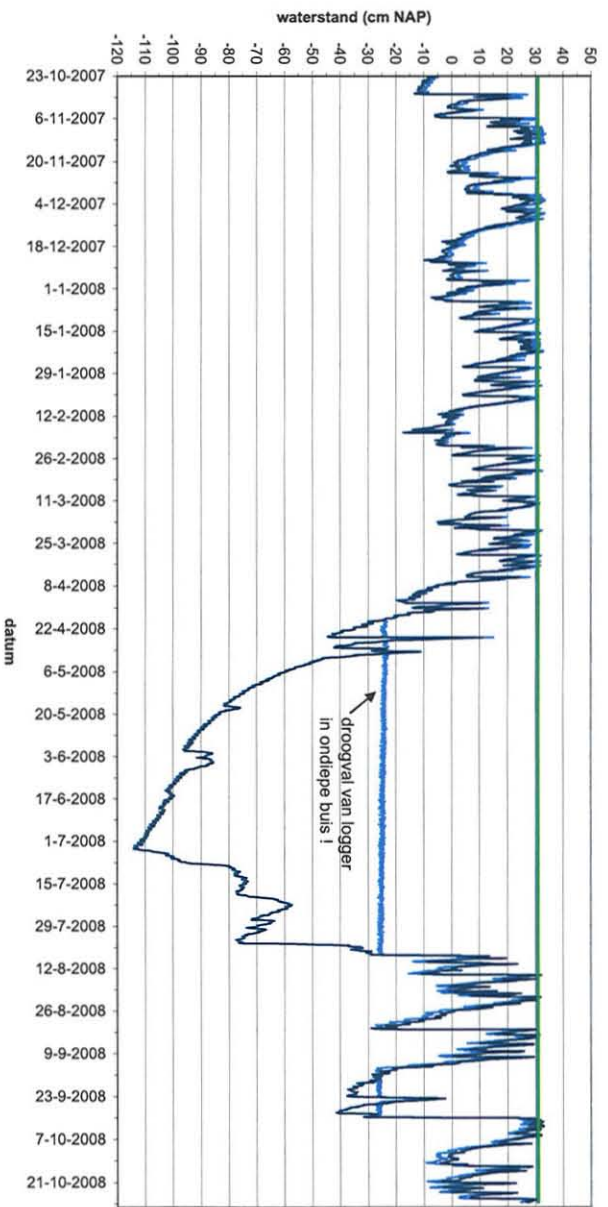
BIJLAGE 2. OPPERVLAKTEVERANDERINGEN (IN HA) VAN VEGETATIETYPEN BINNEN DE TRANSECTEN.

Code	Gemeenschap	Vorm	Bantswal		De Rug		Zuidelijke Lob		De Lasten		Juff. Alie
			2004	2008	2004	2008	2004	2008	2004	2008	2008
B1a	Duindoorn	typisch			0.240	0.193	0.043	0.045			0.082
B1b	Duindoorn	Gewone vlier			0.160	0.040					
B2	Kruipwilg				1.626	1.097	0.411	0.370			
B3a	Grauwe wilg	riet en overige moerasplanten			0.126	0.067	0.001				
B3c	Grauwe wilg	ruigtesoorten				0.064					
B5b	Schietwilg	grazige vorm			0.081	0.100					
D	Drooggevallen kale bodem							0.174	0.005		
F1	Duinriet				0.231	0.332	0.377	0.504	0.001		
F3	Harig wilgenroosje		0.031	0.001							
F5	Hennegras				0.027		0.120	0.049			
F6	Akkerdistel			0.010							
G1b	Engels raaigras en Ruw beemdgras	(co-)dominant Rietzwenkgras			0.001		0.062	0.077			
G1c	Engels raaigras en Ruw beemdgras	hooilandsoorten		0.027	0.021						0.012
G1d	Engels raaigras en Ruw beemdgras	Kamgras				0.003		0.019			
G2a	Rood zwenkgras	soortenarme vorm	0.065		0.014		0.156	0.032			
G2b	Rood zwenkgras	Madeliefje en Kleine klaver			0.001			0.058		0.027	
G4	Kamgras		0.002		0.037	0.045		0.006	0.002	0.187	
M1	Oeverzegge							0.013			
O2a	Fioringras en Aardbeiklaver	soortenarme vorm			0.130	0.255	0.091	0.135		0.010	
O2b	Fioringras en Aardbeiklaver	Fraai duizendguldenkruid en Zilte zegge	0.025	0.153	0.005		0.070		0.097	0.142	0.075
O2c	Fioringras en Aardbeiklaver	veel Zilte rus			0.058	0.202	0.663	0.085	0.399	0.163	
O2d	Fioringras en Aardbeiklaver	Rood zwenkgras		0.003	0.120	0.133			0.358	0.503	
O3a	Fioringras en Geknikte vossenstaart	met dominantie van Fioringras			0.346	0.105	1.942	2.077		0.004	
O3b	Fioringras en Geknikte vossenstaart	Gewone waterbies			0.014	0.013	0.242	0.250			
O3c	Fioringras en Geknikte vossenstaart	veel Zilte rus			0.205	0.121	0.031	0.561			
P1a	Greppelrus en Varkensgras	Goudknopje	0.008								
P2a	Goudzuring en Rode waterereprijs	typische vorm						0.003			
R3	Ruwe bies						0.000				
R5a	Riet	waterriet								0.232	
R5b	Riet	soortenarme vorm								0.043	
R5c	Riet	Fioringras					0.057		0.012	0.004	0.007
R5d	Riet	Heen en/of Ruwe bies							0.096	0.037	0.009
R5e	Riet	moeraskruiden			0.239	0.472		0.059		0.096	0.070
R6a	Ruig riet	Duinriet								0.022	
R6c	Ruig riet	Harig wilgenroosje								0.011	
R6d	Ruig riet	Grote brandnetel				0.078					
R6e	Ruig riet	Haagwinde							0.012	0.011	
R6g	Ruig riet	Koninginnenkruid								0.020	

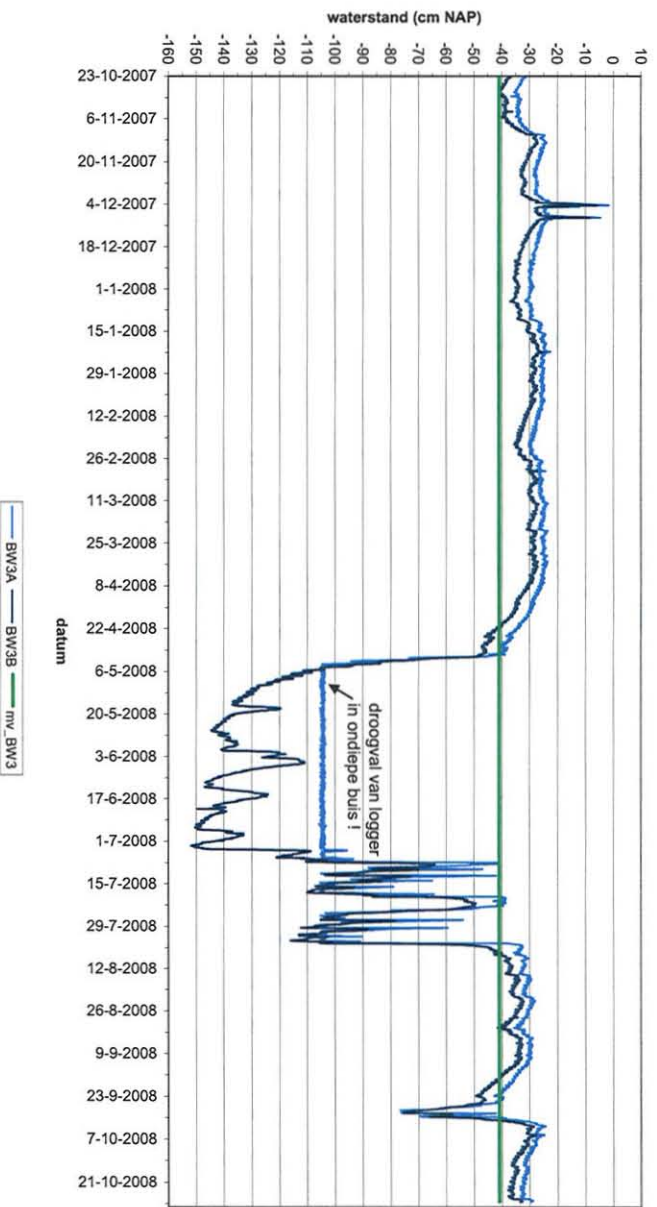
S1a	Parnassia en Moeraswespenorchis	typische vorm			0.077	0.348					0.081
S1b	Parnassia en Moeraswespenorchis	meer dan 50 % Kruipwilg						0.041			0.692
S1c	Parnassia en Moeraswespenorchis	Waterpunge									0.039
S2	Parnassia en Knopbies										0.003
	Schapegras en										
S3	Strandduizendguldenkruid				0.002						0.047
S4a	Moeraswespenorchis	Meiorchis en Rietorchis							0.095	0.055	
		Vleeskleurige orchis en									
		Rietorchis							0.079		
S4b	Moeraswespenorchis										
W0	Open water			0.039		0.053					0.116
X	Niet gekarteerd										0.037
Z1a	Kortarige zeekraal	typische vorm		0.029			0.226	0.116			0.001
Z1b	Kortarige zeekraal	Zilte schijnspurrie	0.037							0.016	
Z2	Schorrenkruid		0.002	0.000							
Z3	Gewoon kweldergras			0.001			0.102	0.016	0.005	0.001	
Z4a	Zilte rus	typische vorm	0.100	0.100	0.002		0.070	0.004	0.045	0.034	
Z4b	Zilte rus	Rood zwenkgras			0.006				0.002	0.004	
Z4c	Zilte rus	Kwelderzegge	0.199	0.070							
Z5	Zilte schijnspurrie						0.029	0.013			
Totaal:			0.470	0.434	3.769	3.724	4.693	4.707	1.226	1.761	1.116

BILJAGE 3. GRONDWATERSTANDEN 2007-2008

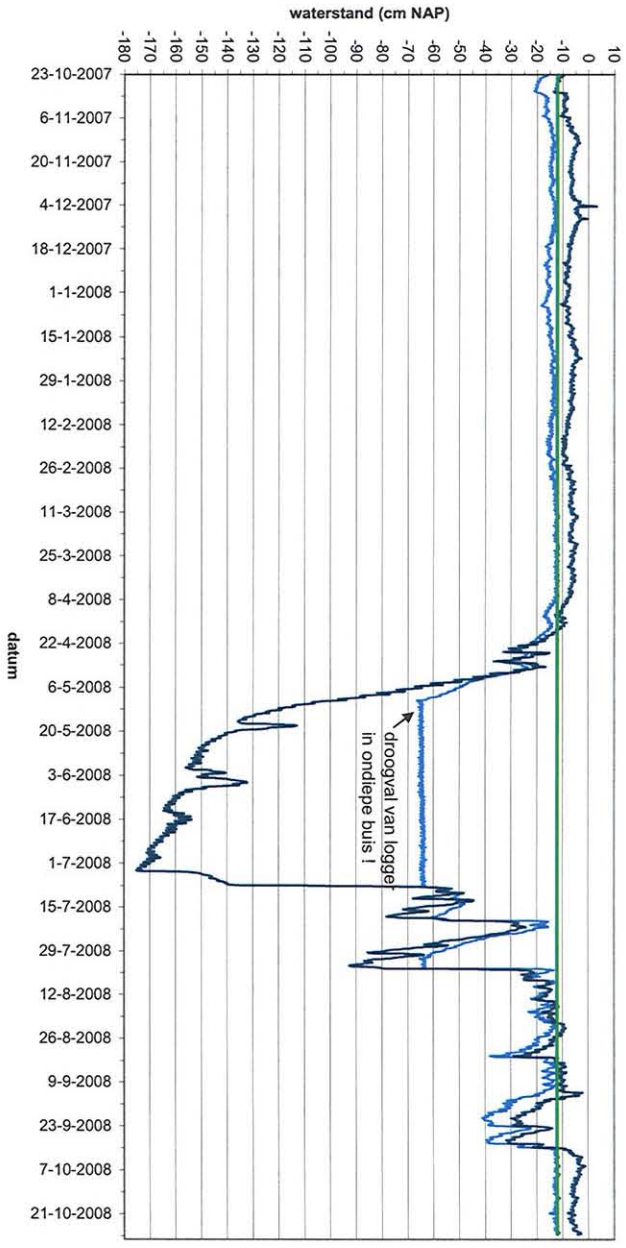
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



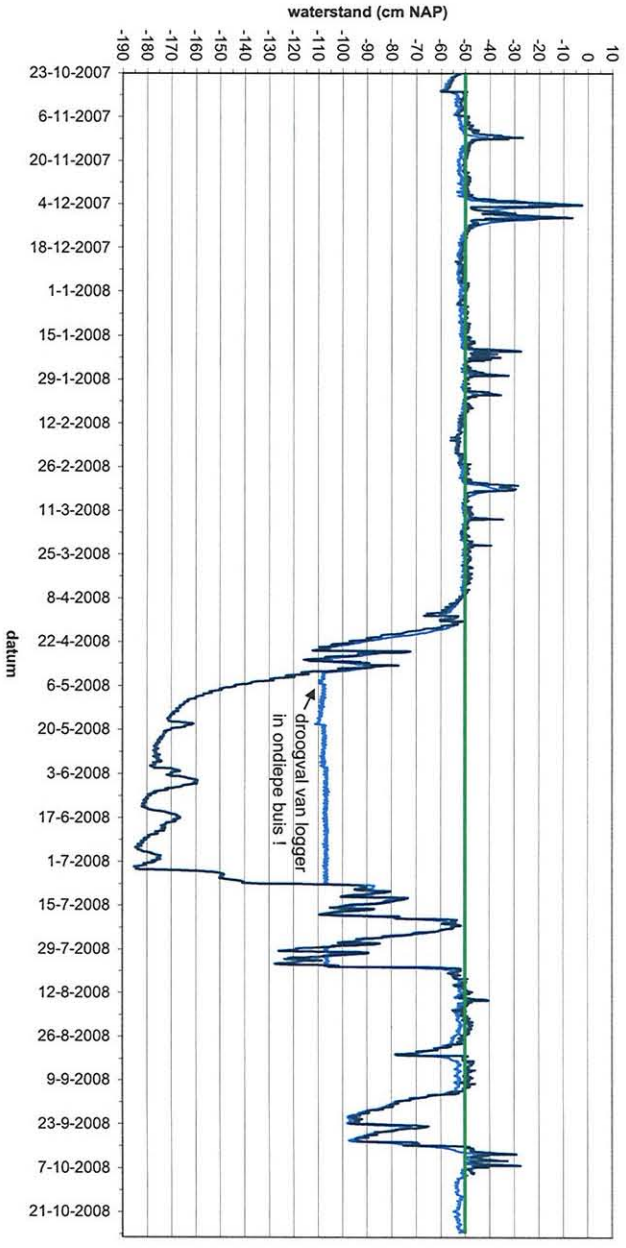
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



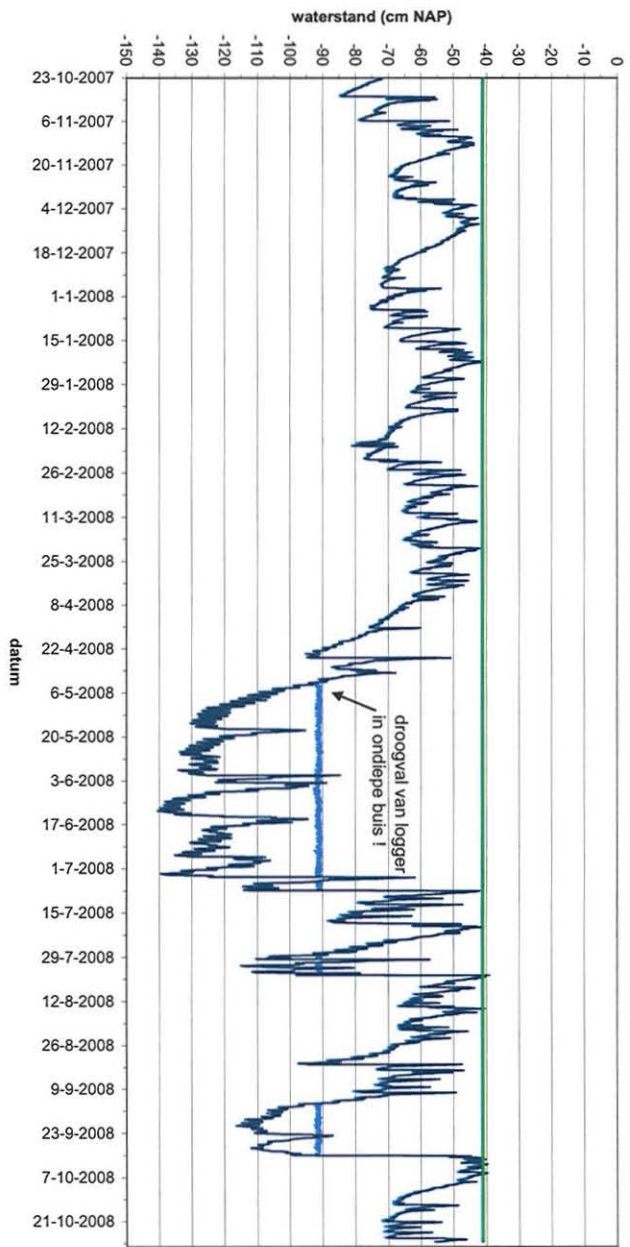
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



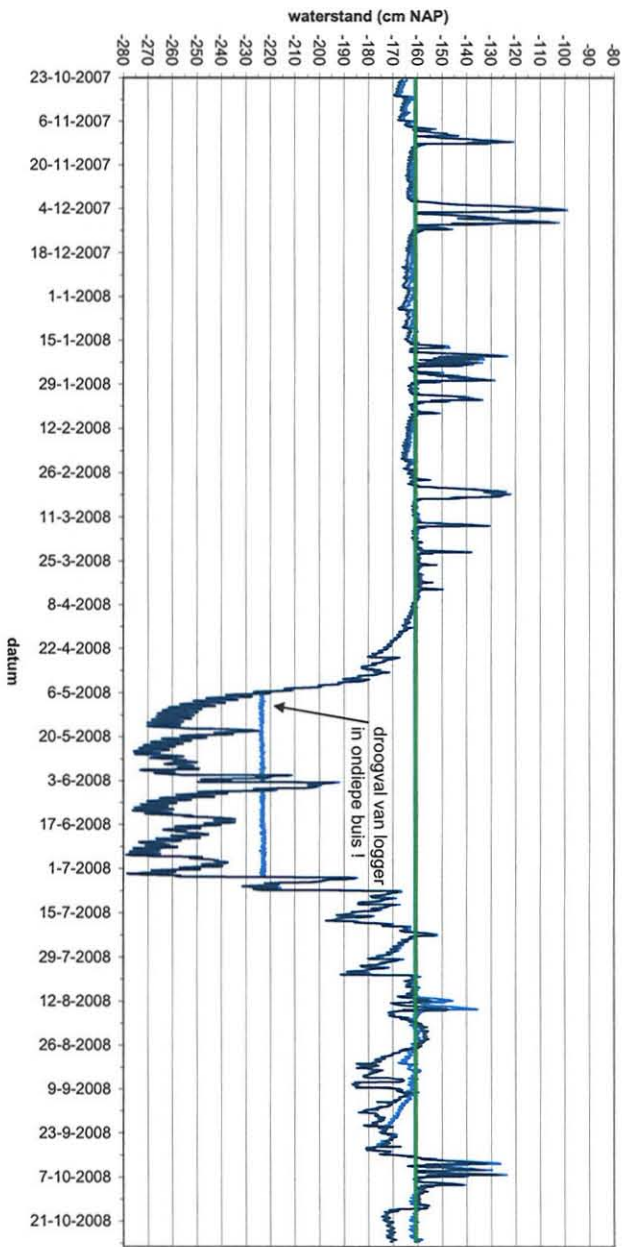
Lauwersmeer (Bantswal) - meetreeks in cm NAP



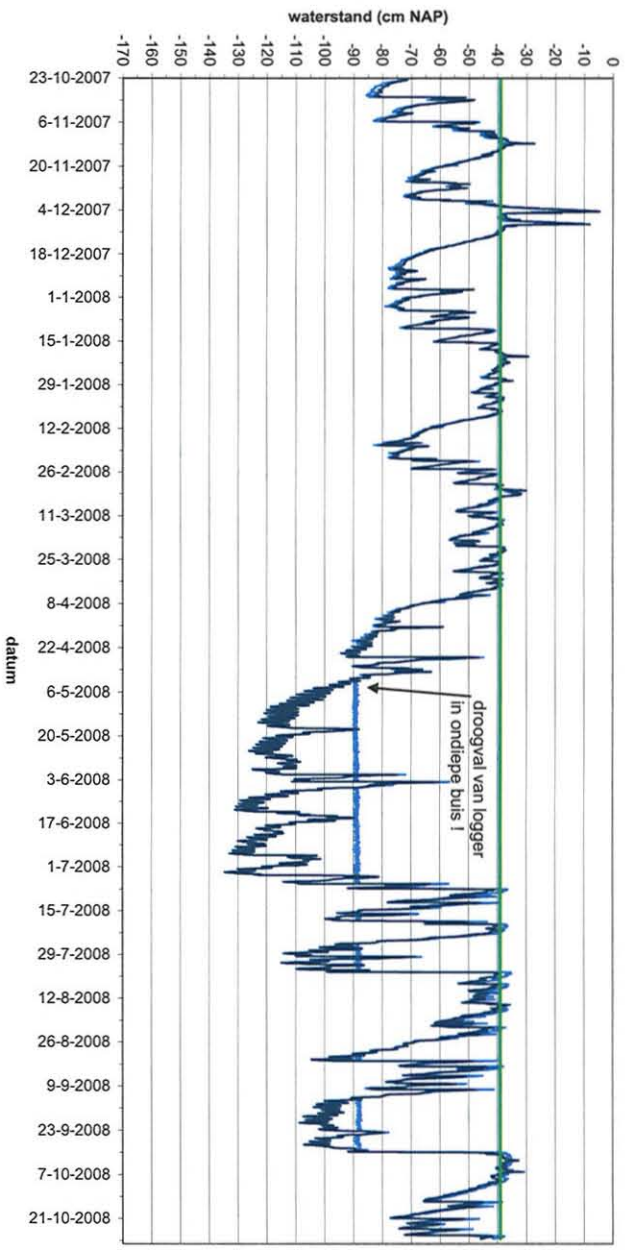
Lauwersmeer (terrein van Jufvrouw Alie) - meetreeks in cm NAP



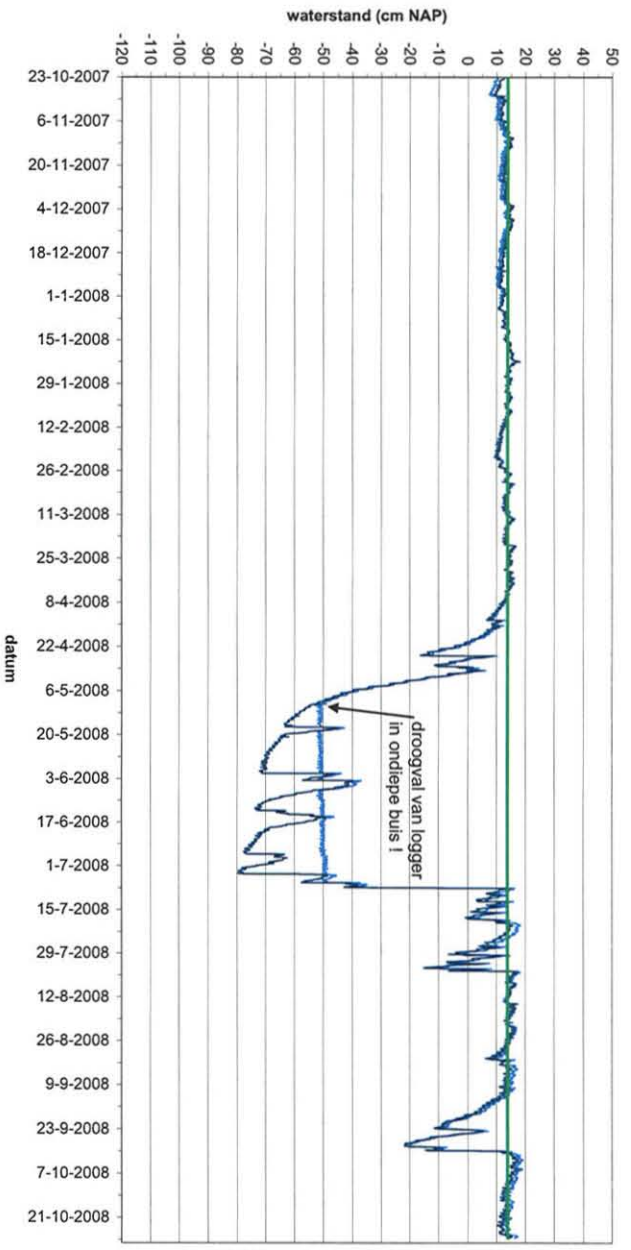
Lauwersmeer (De Lasten) - meetreeks in cm NAP

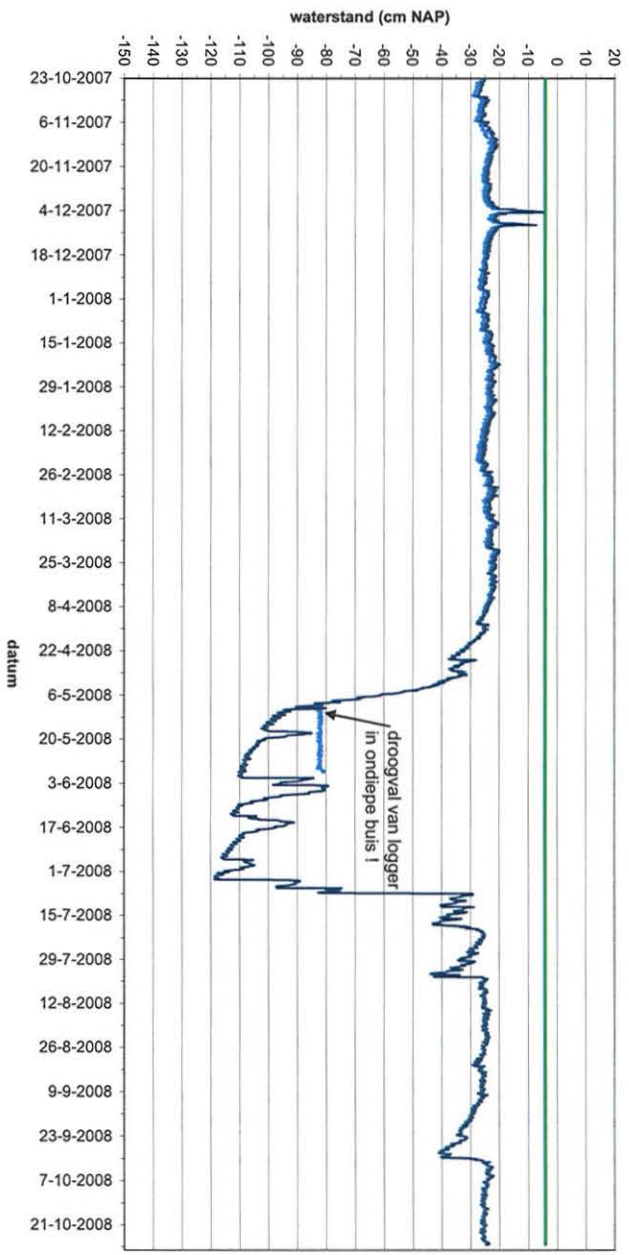


Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP

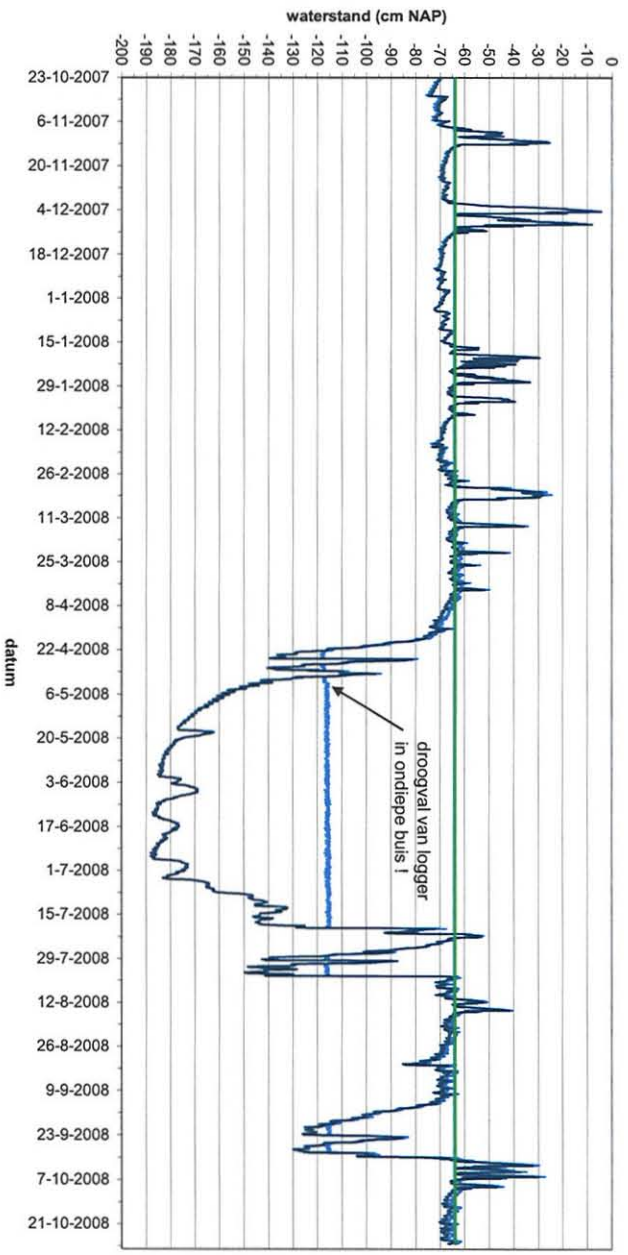


Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



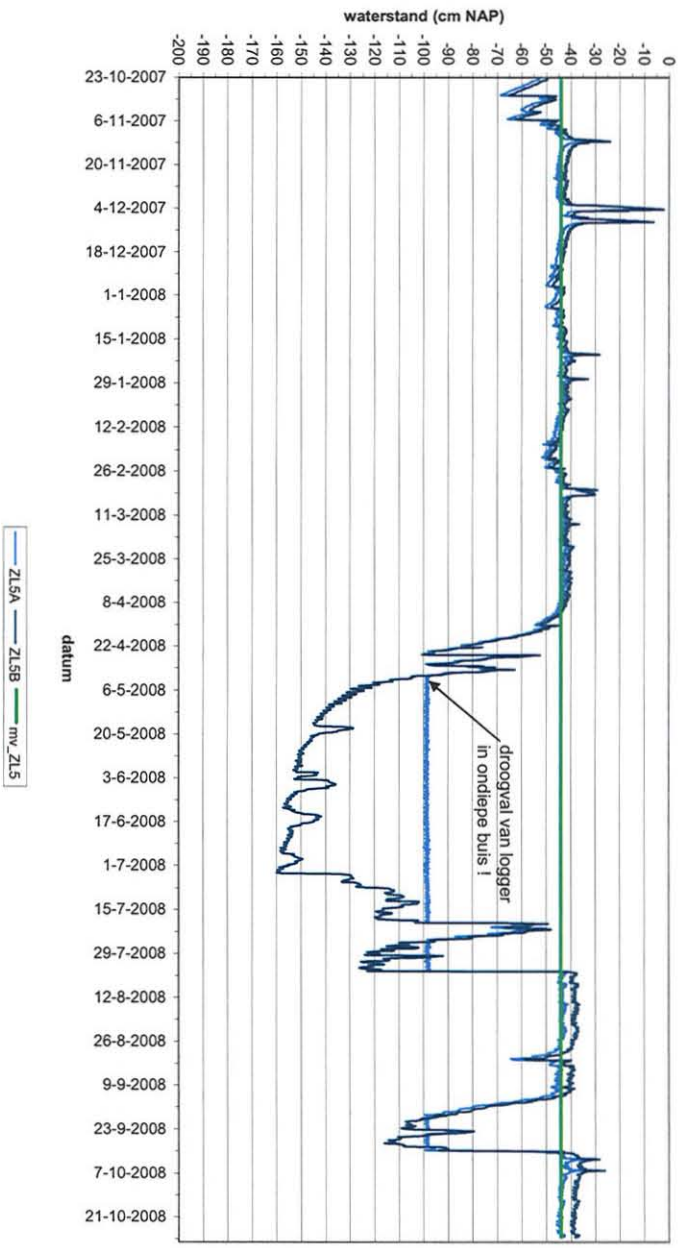


Lauwersmeer (De Rug) - meetreeks in cm NAP



Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP

Lauwersmeer (Zuidelijke Lob) - meetreeks in cm NAP



BIJLAGE 4. ANALYSE GRONDWATERKWALITEIT

Analyseresultaten van de grondwaterbemonstering op 20 juni 2008:

Bemonsterings datum	Monster code	Extinctie (E450)	pH	mS cm ⁻¹ EC	µequiv L ⁻¹ alkal.	µmol L ⁻¹ CO ₂	µmol L ⁻¹ HCO ₃	µmol L ⁻¹ Na	µmol L ⁻¹ K	µmol L ⁻¹ Cl	µmol L ⁻¹ NO ₃	µmol L ⁻¹ NH ₄	µmol L ⁻¹ o-PO ₄	µmol L ⁻¹ Ca	µmol L ⁻¹ Mg	µmol L ⁻¹ S	µmol L ⁻¹ Mn	µmol L ⁻¹ P	µmol L ⁻¹ Si	µmol L ⁻¹ Zn	µmol L ⁻¹ Fe	µmol L ⁻¹ Al
20-6-2008	BW1b	0,006	7,5	4,4	9885	725	9233	17386	1318	17625	51,7	13,2	17,7	3560	2781	1503	1,9	25,0	888	0,1	2,2	4,3
20-6-2008	BW3b	0,029	7,3	42,7	21010	2301	19993	232780	6777	273220	99,9	835,8	179,6	9426	39288	10661	25,6	205,5	923	0,1	3,8	2,7
20-6-2008	BW_sbb B13b	0,004	7,0	3,0	10500	2930	10838	8046	1027	3661	18,3	15,9	4,1	8850	3331	8547	20,1	6,9	621	2,9	7,0	1,0
20-6-2008	BW8b	0,046	7,9	6,7	18430	579	17513	49806	1879	31773	1,0	158,1	98,6	1641	3265	7141	4,4	99,1	943	0,0	2,8	3,9
20-6-2008	BW9b	0,043	7,4	44,1	18330	1790	17016	219920	7424	255232	253,2	945,6	95,8	8892	40786	13670	13,9	110,3	701	0,0	2,3	3,4
20-6-2008	JA3b	0,003	7,2	0,9	8459	1191	8547	820	168	983	<1	51,1	1,1	4054	342	300	10,4	1,3	546	0,0	3,9	0,3
20-6-2008	LA3b	0,042	7,1	22,2	14832	2988	15187	157373	3665	163866	252,7	673,6	181,5	3241	17432	8965	0,1	185,1	685	0,0	0,6	0,0
20-6-2008	RU1b	0,009	8,1	1,3	20040	375	18616	2091	424	1939	<1	40,8	6,1	4925	1051	157	21,8	9,0	1305	0,0	16,6	0,2
20-6-2008	RU3b	0,005	7,2	1,0	9203	1551	10088	924	273	1204	<1	91,7	1,1	4072	572	33	12,8	1,8	840	0,1	6,7	0,1
20-6-2008	RU5b	0,021	8,0	30,6	36390	812	32836	180306	3843	198216	<1	2989,4	228,0	8770	25473	2849	0,4	247,2	685	0,0	1,1	0,5
20-6-2008	ZL3b	0,019	7,9	50,7	27020	875	25952	266373	7535	265437	59,8	3020,9	299,6	9573	2782	13658	7,5	325,5	460	0,0	4,0	1,9
20-6-2008	ZL5b	0,023	8,0	5,2	27660	596	25590	35562	1749	25224	0,0	521,0	251,2	2517	5930	119	10,3	265,6	968	0,0	9,1	0,0
20-6-2008	oppw Lauwersi	0,013	8,6	4,7	3662	23	3402	29230	704	30370	<1	39,9	6,8	2146	3531	1822	0,9	9,1	16	0,0	0,5	0,4

opmerking: Ondiepe filters stonden droog op monsternamedatum, derhalve geen monsters!

Bemonsterings datum	Monster code	Extinctie (E450)	pH	mS cm ⁻¹ EC	Alkaliniteit meq l ⁻¹	CO ₂ mg l ⁻¹	HCO ₃ ⁻ mg l ⁻¹	Na ⁺ mg l ⁻¹	K ⁺ mg l ⁻¹	Cl ⁻ mg l ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg l ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg l ⁻¹	o-PO ₄ ³⁻ mg l ⁻¹	Ca ²⁺ mg l ⁻¹	Mg ²⁺ mg l ⁻¹	S (tot.) mg l ⁻¹	Mn ²⁺ mg l ⁻¹	P (tot.) mg l ⁻¹	Si ⁴⁺ mg l ⁻¹	Zn ²⁺ mg l ⁻¹	Fe ²⁺ mg l ⁻¹	Al ³⁺ mg l ⁻¹
20-6-2008	BW1b	0,006	7,5	4,4	9,89	31,90	563,22	399,87	51,53	625,69	3,20	0,24	1,68	142,77	67,59	144,37	0,11	0,77	24,95	0,01	0,12	0,12
20-6-2008	BW3b	0,029	7,3	42,7	21,01	101,25	1219,56	5363,95	264,97	9699,30	6,20	15,04	17,06	377,99	954,70	1024,10	1,41	6,37	25,95	0,00	0,21	0,07
20-6-2008	BW_sbb B13b	0,004	7,0	3,0	10,50	128,96	661,14	185,06	40,17	129,97	1,13	0,29	0,39	354,88	80,94	821,02	1,10	0,21	17,45	0,19	0,39	0,03
20-6-2008	BW8b	0,046	7,9	6,7	18,43	25,46	1068,30	1145,53	73,48	1127,93	<0,06	2,85	9,37	65,80	79,34	685,93	0,24	3,07	26,50	0,00	0,15	0,11
20-6-2008	BW9b	0,043	7,4	44,1	18,33	78,77	1037,96	5058,16	290,28	9060,74	15,70	17,02	9,10	356,58	991,10	1313,15	0,77	3,42	19,69	0,00	0,13	0,09
20-6-2008	JA3b	0,003	7,2	0,9	8,46	52,40	521,37	18,85	6,56	34,91	<0,06	0,92	0,11	162,58	8,31	28,79	0,57	0,04	15,35	0,00	0,22	0,01
20-6-2008	LA3b	0,042	7,1	22,2	14,83	131,52	926,43	3619,57	143,32	5817,24	15,67	12,12	17,24	129,96	423,60	861,16	0,01	5,74	19,25	0,00	0,03	0,00
20-6-2008	RU1b	0,009	8,1	1,3	20,04	16,50	1135,59	48,09	16,60	68,84	<0,06	0,73	0,58	197,50	25,53	15,08	1,20	0,28	36,68	0,00	0,93	0,00
20-6-2008	RU3b	0,005	7,2	1,0	9,20	68,28	615,34	21,25	10,68	42,75	<0,06	1,65	0,11	163,28	13,90	3,16	0,70	0,06	23,61	0,00	0,37	0,00
20-6-2008	RU5b	0,021	8,0	30,6	36,39	35,72	2002,98	4147,03	150,28	7036,67	<0,06	53,81	21,66	351,68	619,00	273,68	0,02	7,66	19,26	0,00	0,06	0,01
20-6-2008	ZL3b	0,019	7,9	50,7	27,02	38,52	1583,05	6126,58	294,63	9423,01	3,71	54,38	28,46	383,89	67,60	1311,95	0,41	10,09	12,93	0,00	0,22	0,05
20-6-2008	ZL5b	0,023	8,0	5,2	27,66	26,22	1561,02	817,93	68,39	895,47	0,00	9,38	23,87	100,95	144,10	11,40	0,56	8,23	27,21	0,00	0,51	0,00
20-6-2008	oppw Lauwersi	0,013	8,6	4,7	3,66	1,00	207,53	672,29	27,51	1078,13	<0,06	0,72	0,64	86,04	85,81	175,02	0,05	0,28	0,46	0,00	0,03	0,01

opmerking: Ondiepe filters stonden droog op monsternamedatum, derhalve geen monsters!

Bantswal

Species	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Male	9	7	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	
Female	9	7	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	13	24	
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...

Species names list including: Schoenus argenteus, Pteronia pilosula, ... (list of species names)

