

## RAPPORT

# Eindrapportage Pilot Markermeer Moeras

Beantwoording onderzoeksvragen en  
monitoringsresultaten morfodynamica, geotechniek en  
ecologie

Klant: RWS

Referentie: RDCOR\_9V6742.A4\_R0197\_902199\_f

Versie: 01/Finale versie

Datum: 6 oktober 2015



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 151  
6500 AD Nijmegen  
Netherlands  
Rivers, Deltas & Coasts  
Trade registration number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**  
+31 24 323 93 46 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Eindrapportage Pilot Markermeer Moeras

Ondertitel:

Referentie: RDCOR\_9V6742.A4\_R0197\_902199\_f

Versie: 01/Finale versie

Datum: 6 oktober 2015

Projectnaam:

Projectnummer: 9V6742.A0

Auteur(s): Petra Dankers (Royal HaskoningDHV), Bernadette Wichman (Deltares), M. van Kerkvoorde (Buro Bakker)

Opgesteld door: Petra Dankers

Gecontroleerd door: Fred Haarman

Datum/Initialen: 8 oktober 2015

Goedgekeurd door: Roelof Moll

Datum/Initialen: 8 oktober 2015

Classificatie

Open



## Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Achtergrond	3
1.2	Opzet van deze rapportage	3
1.3	Onderzoeksvragen	4
<b>2</b>	<b>Eindrapportage Geotechniek</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Eindrapportage Morfodynamica</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Eindrapportage Ecologie</b>	<b>7</b>

## 1 Inleiding

### 1.1 Achtergrond

Aannemersbedrijf Fa. Gebr. van der Lee heeft in opdracht van Rijkswaterstaat in het Markermeer nabij de Houtribdijk tussen Trintelhaven en Lelystad een “pilot moeras” aangelegd. Deze pilot moeras is onderdeel van het innovatieve onderzoeksprogramma Natuurlijk(er) Markermeer – IJmeer (NMIJ). Hierin onderzoekt Rijkswaterstaat maatregelen die de ecologische kwaliteit van het Markermeer en IJmeer duurzaam verbeteren. Het proefmoeras is circa 10 hectare groot en is onderdeel van een onderzoek naar de technische haalbaarheid van de aanleg/realisatie van een grootschalig moeras op een slibrijke bodem. De aanleg ervan is gestart in 2013. Reeds tijdens de uitvoering is gestart met een zeer uitgebreid monitoringsprogramma welke als doel heeft de ontwikkeling van de pilot nauwkeurig te volgen. Focus tijdens de monitoring heeft gelegen op geotechnische ontwikkeling (consolidatie en zetting), morfodynamica en ecologie. Waar mogelijk gelinkt aan aanlegmethodieken en ontwerp.

Om richting te geven aan de monitoringsopzet en de uitwerking daarvan zijn door RWS onderzoeksvragen opgesteld. De tijdens de pilot verzamelde meetdata zijn geanalyseerd met als doel deze te gebruiken ter beantwoording van de onderzoeksvragen. In voorliggende rapportage worden de monitoringsresultaten van de pilot gepresenteerd en geanalyseerd. Vervolgens zijn deze, naast andere kennisbronnen, gebruikt om de onderzoeksvragen te beantwoorden.

### 1.2 Opzet van deze rapportage

In deze rapportage wordt een onderscheid gemaakt tussen de verschillende hoofdonderwerpen, Geotechniek, Morfodynamica en Ecologie. Deze onderdelen zijn als deelrapport door een andere partij geschreven en daarom integraal als apart hoofdstuk in dit eindrapport opgenomen. Alle drie de deelrapporten geven een uitgebreide analyse van de monitoringsresultaten en daarnaast een beantwoording van de onderzoeksvragen welke specifiek gelden voor het betreffende deelonderwerp. In de volgende hoofdstukken zijn de volgende deelrapporten opgenomen:

Hoofdstuk 2 – Geotechnisch advies NMIJ pilot moeras – Deltares

Hoofdstuk 3 – Morfologische ontwikkeling pilot moeras – Royal HaskoningDHV

Hoofdstuk 4 – Ecologische monitoring Markermeereiland – Buro Bakker

Deze onderdelen staan niet los van elkaar en zijn onderling afgestemd. Zo zijn bijvoorbeeld consolidatieberekeningen van de geotechnische analyse gericht op gebiedsdelen die volgens morfologische analyse niet sterk zijn beïnvloed door erosie of sedimentatie en zijn de resultaten ten aanzien van zetting en consolidatie uit de geotechnische analyse weer gebruikt voor de morfologische analyse. Bij de uitwerking van de ecologische onderzoeksvragen is o.a. gebruikt gemaakt van de hydrodynamica metingen en is de relatie met maaiveldhoogte ontwikkeling bekeken.



### 1.3 Onderzoeksvragen

Een overzicht van de te beantwoorden onderzoeksvragen en bijbehorende subvragen is opgenomen in onderstaande tabel. Tevens is aangegeven in welk hoofdstuk deze onderzoeksvragen behandeld worden.

Nr.	Onderzoeksvraag	Subvragen	
H8	Hoe verloopt de consolidatie en zetting van een met schone baggerspecie opgehoogd gebied op de zettingsgevoelige Markermeerbodembodem?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoe verloopt de consolidatie en zetting in de compartimenten en hoe is dit gerelateerd aan de verschillen in sedimentsamenstelling binnen het compartiment?</li> <li>Hoe verloopt de consolidatie en zetting in de proefvakken en hoe is dit gerelateerd aan het materiaal, de methode van aanbrengen en het waterpeil in de proefvakken?</li> </ul>	Hoofdstuk 2
H10	Gegeven de ecologische eisen aan hoogteligging in het grootschalige moeras (en dus niet de pilot) resulterend in 25% ongestoord water van ca. 4 meter diep, 35% ondiep water van ca. 1 meter diep, 30% plas/dras ca. 0 meter diep en 10% droog (gemiddeld 1 meter boven waterpeil) en maaiveldval, wat is de meest wenselijke ophoogstrategie?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zorgt natuurlijke variatie in ophoging en zetting van de ondergrond voor de gewenste verdeling in diepteklassen?</li> <li>Hoe creëer je de gewenste diepteklassen als deze niet natuurlijk ontstaan?</li> <li>Hoe corrigeer je een maaiveldniveau als dit (lokaal) niet aan de gewenste hoogte voldoet?</li> </ul>	Hoofdstuk 2
H12	Welke aanlegmethodes kunnen het best gekozen worden voor het aanbrengen van de baggerspecie, het insluiten van de specie (compartimenteringsdammen, en /of metalen damwanden, en /of geotubes, geocontainers, geobags; andere oplossing?) en het versnellen van consolidatie?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welke methode kan het best gebruikt worden om de buitenrand te creëren?</li> <li>Welke methode kan het best gebruikt worden om het ophoogmateriaal aan te brengen (initieel en correctief)?</li> <li>Wat is de te verwachten eindzetting van het materiaal (dit kan getest worden door een proefvak versneld te laten consolideren d.m.v. drains)?</li> </ul>	Hoofdstuk 2
H3	Welke Hydro- en morfodynamiek is wenselijk voor het realiseren van een duurzaam moeras (= een zich zelf in stand houdend moerasgebied van enige omvang d.w.z. zonder al te veel beheerinspanning functionerend)?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welke morfologische processen zijn te herkennen in de pilot (erosie en sedimentatie van zowel de buitenrand als in de compartimenten)?</li> <li>Op welke locaties vinden de morfologische processen plaats en hoe houden deze verband met events (stormen) en reguliere weersomstandigheden?</li> </ul>	Hoofdstuk 3
H4	Wat is de relatie van een duurzame ontwikkeling van een moeras met het waterpeil?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welke invloed heeft het waterpeil en variaties in waterpeil op aanwezigheid van vogels en vissen en het algemene uiterlijk van de pilot (afvoer detritus, aanwezigheid algen etc.)?</li> <li>Welke invloed heeft het waterpeil op de ontwikkeling van vegetatie. Vergelijk hierbij de resultaten uit het gesloten en open compartiment evenals de voor vogels afgeschermd gebied?</li> </ul>	Hoofdstuk 4
H7	Hoe kan gefaseerde aanleg van het grootschalige moeras het best worden uitgevoerd? (Modulaire opzet?)		Hoofdstuk 3
H15	Hoe snel verloopt de natuurontwikkeling in de pilot moeras en wat is het ecologisch rendement?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoe ontwikkelt de vegetatie zich onder verschillende omstandigheden in het gehele gebied?</li> <li>Hoe ontwikkelt de vogel en visstand zich na aanleg van de pilot?</li> <li>Zijn er verschillen in vegetatieontwikkeling tussen het met holoceen materiaal opgehoogde gebied en de randen?</li> </ul>	Hoofdstuk 4

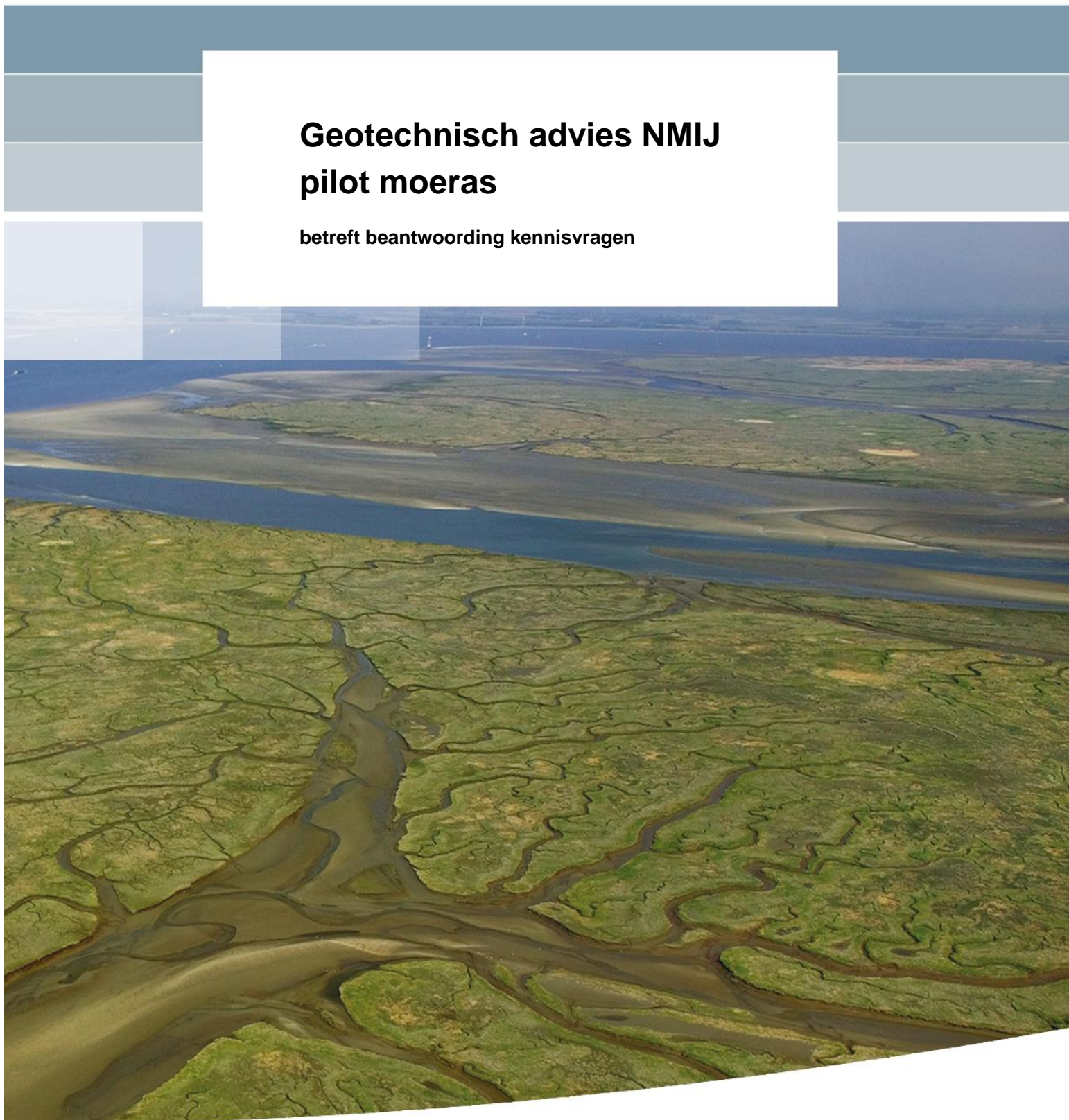
Open



## 2 Eindrapportage Geotechniek

**Geotechnisch advies NMIJ  
pilot moeras**

betreft beantwoording kennisvragen





# **Geotechnisch advies NMIJ pilot moeras**

**betreft beantwoording kennisvragen**

dr. B.G.H.M. Wichman

1201198-019











**Titel**  
Geotechnisch advies NMIJ pilot moeras

<b>Opdrachtgever</b> Royal HaskoningDHV	<b>Project</b> 1201198-019	<b>Kenmerk</b> 1201198-019-ZWS-0004- ydh	<b>Pagina's</b> 9
--	-------------------------------	--	----------------------

**Trefwoorden**  
Slib, consolidatie, eindzetting

**Samenvatting**

In dit rapport zijn de onderzoeksvragen H8, H10 en H12 met betrekking het NMIJ pilot moeras beantwoord. Hiertoe zijn de monitoringsgegevens die betrekking hebben op de optredende zettingen geanalyseerd en met modellering is hierin meer inzicht verkregen. Er wordt aandacht besteed aan diverse aspecten bij baggeren en aanleg, voor zover deze direct effect hebben op de optredende zetting. Daarnaast zijn conclusies getrokken over de noodzaak tot aanbrengen van beschermende randen en compartimentering. Tevens is inzicht verkregen in het effect van een natuurlijke variatie in materiaal samenstelling op de mate van zetting.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	sept. 2015	dr. B.G.H.M. Wichman		dr. G. Greeuw		ir. L. Voogt	
2	okt. 2015	dr. B.G.H.M. Wichman		dr. G. Greeuw		ir. L. Voogt	

**Status**  
definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 De opdracht	1
1.2 Werkzaamheden	1
1.3 Gebruikte documenten en overleggen	2
1.4 Leeswijzer	2
<b>2 Beantwoording van onderzoeksvragen</b>	<b>3</b>
2.1 Onderzoeksvragen bij H8	3
2.1.1 Antwoord op hoofdvraag H8	3
2.1.2 Nadere toelichting en antwoorden op subvragen H8	4
2.2 Onderzoeksvraag bij H10	5
2.2.1 Antwoord op hoofdvraag H10:	5
2.2.2 Nadere toelichting en antwoord op subvraag bij H10.	6
2.3 Onderzoeksvraag bij H12	6
2.3.1 Antwoord op hoofdvraag H12	7
2.3.2 Nadere toelichting en antwoord op subvraag bij H12.	7
<b>3 Referenties</b>	<b>9</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Bijlage: toelichting achtergronden</b>	<b>A-1</b>
A.1 De maaiveldaling in de open en gesloten compartimenten	A-2
A.2 Consolidatie van het aangebrachte materiaal	A-3
A.3 Zetting van de Markermeerbodern	A-7
A.4 Klink van het aangebrachte materiaal	A-9
A.5 De zettingen van de randen	A-10
A.6 Aanvulling met figuren proefvakken	A-13
<b>B Bijlage: hoogte profielen beide compartimenten</b>	<b>B-1</b>
<b>C Bijlage</b>	<b>C-2</b>
C.1 Overzicht sectiegrenzen uit stochastisch ondergrondmodel bij Houtribdijk	C-2
C.2 Selectie ondergrondprofielen uit stochastisch ondergrondmodel	C-2
C.3 Invoer parameters DSettle berekeningen	C-2





# 1 Inleiding

## 1.1 De opdracht

Op 30 juli 2015 heeft Deltares opdracht gekregen van Royal Haskoning DHV, kenmerk RDCHW\_BE1640-101\_L0002\_413190\_f, voor het uitvoeren van aanvullende werkzaamheden voor de 'Pilot Moeras' als onderdeel van het project 'NMIJ-Natuurlijker Markermeer IJmeer'. Het uiteindelijke doel van deze opdracht is de volgende kennisvragen te beantwoorden:

Nr.	Onderzoeksvraag	Subvragen
H8	Hoe verloopt de consolidatie en zetting van een met schone baggerspecie opgehoogd gebied op de zettingsgevoelige Markermeerbodem?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoe verloopt de consolidatie en zetting in de compartimenten en hoe is dit gerelateerd aan de verschillen in sedimentsamenstelling binnen het compartiment?</li> <li>- Hoe verloopt de consolidatie en zetting in de proefvakken en hoe is dit gerelateerd aan het materiaal, de methode van aanbrengen en het waterpeil in de proefvakken?</li> </ul>
H10	Gegeven de ecologische eisen aan de hoogteligging in het grootschalige moeras (en dus niet de pilot) resulterend in 25% ongestoord water van ca. 4 meter diep, 35% ondiep water van ca. 1 meter diep, 30% plas/dras ca. 0 meter diep en 10% droog (gemiddeld 1 meter boven waterpeil) en maaiveldvaling, wat is dan de meest wenselijke ophoogstrategie?	Zorgt de natuurlijke variatie in ophoging en zetting van de ondergrond voor de gewenste verdeling in diepteklassen?
H12	Welke aanlegmethodes kunnen het best gekozen worden voor het aanbrengen van de baggerspecie, het insluiten van de specie (compartimenteringsdammen, en/of metalen damwanden, en/of geotubes, geocontainers, geobags, andere oplossing?) en het versnellen van consolidatie?	Wat is de te verwachten eindzetting van het materiaal (dit kan getest worden door een proefvak versneld te laten consolideren door middel van drains)?

## 1.2 Werkzaamheden

De kennisvragen zijn beantwoord op basis van een analyse van gerelateerde meetgegevens. Het betreft de analyse van de zettingen aan maaiveld van het slib in de open en gesloten compartimenten, de hierbij optredende zetting van de ondergrond en de consolidatie van het opgebrachte materiaal. Tevens zijn de zettingen van de randen geanalyseerd. Om inzicht te krijgen in de oorzaak van de maaiveldzettingen en het verloop ervan zijn er een aantal modelberekeningen uitgevoerd, die een kwalitatieve duiding ondersteunen. Er is getracht inzicht te geven in de te verwachten (eind)zetting van het slib, resp. van de randen. Tevens zijn de resultaten uit de proefvakken beschouwd voor wat betreft het effect van de variatie in samenstelling van het slib, de wijze van aanbrengen ervan en het effect van consolidatie versnellende maatregelen. Voor zover relevant voor het beantwoorden van de genoemde

onderzoeksvragen wordt soms verwezen naar de rapportage 'Beantwoording onderzoeksvragen', 20152225-R042087-IH-C t.b.v. het project "20152225 - Markermeer Moeras" door Fa. Gebr. van der Lee, Revisie : C Datum : 30 juni 2015 Project : 31031527.

### 1.3 Gebruikte documenten en overleggen

Er is gebruik gemaakt van de monitoringsdossiers tot en met periode 9 en het dossier met geotechnisch onderzoek, zoals door de opdrachtgever beschikbaar gesteld onder:

<https://royalhaskoningdhv.box.com/s/209dxcbyrbl2e0492uz0v0lr1phei7sf>.

Er is gebruik gemaakt van de volgende stukken:

- Monitoringsdossier Aanleg Pilot Markermeer Moeras Zaaknr. 31031527, Deelrapportage: Bijlage A- Zettingsmetingen, periode 9: tot juni 2015.
- Hoogte plaatjes van maaiveld metingen periode 4 tot en met periode 9 (laatste plaatjes zijn van 28 augustus 2015).
- Doc. Type: Aangepast ontwerp kades, Fa. Gebr. Van der Lee, Project 31031527, datum 20-03-2013.
- Uitvoeringsplan Pilot Markermeer moeras, Fa. Gebr. Van der Lee, Zaaknr. 31031527, datum 20-03-2013.
- Powerpoint van Petra Dankers van Royal HaskoningDHV getiteld: Het aanleggen van een moeras in het Markermeer, wat hebben we geleerd, update 6 augustus 2014.
- Powerpoint van Lies de Graaf van Gebr. Van der Lee getiteld: Markermeer Moereseiland, aanleg en monitoring, 2 oktober 2014.
- Rapport Geotechnisch bodemonderzoek, t.b.v. het project '20131878-Markermeer Moeras', BMNED, 7 oktober 2013, documentnummer 20131878-R041288-PD.
- Rapportage Geotechnisch veldwerk betreffende Markermeer moereseiland; Fugro Geoservices B.V., januari 2015 Opdrachtnummer: 6014-0034-000, documentnaam: 6014-0034-000\_21.KR01\_v02.doc.
- Excel bestand 'collection\_Fugro\_resultaten', door Deltares ontvangen in februari 2015.
- Kaartje boringen en zakbaken dd. 16-10-2014, ontvangen van vd Lee op 12 juni 2015.
- Planning monitoring moereseiland tabel 2-Tabel metingen-verificatie+planning.
- Excel bestand 'Totaal-grafieken in Excel', zoals ontvangen van van der Lee in september 2015.
- rapportage 'Beantwoording onderzoeksvragen', 20152225-R042087-IH-C t.b.v. het project "20152225 - Markermeer Moeras" door Fa. Gebr. van der Lee, Revisie : C Datum: 30 juni 2015 Project : 31031527.

Er heeft overleg plaatsgevonden met de opdrachtgever (op 28 augustus 2015, en 15 september 2015) en met Aannemersbedrijf Fa. Gebr. van der Lee (op 15 september 2015), met als doel de meetgegevens te valideren en de bruikbaarheid ervan te beoordelen. Tevens is navraag gedaan naar hoe de uitvoering is verlopen, en waar en waarom is afgeweken van het oorspronkelijke plan. Er is ook gebruik gemaakt van de inzichten van de opdrachtgever ten aanzien van de morfologische processen in het eiland en het optreden van stormschades.

### 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de onderzoeksvragen beantwoord. In bijlagen A t/m C van dit rapport is achtergrond informatie gegeven.

## 2 Beantwoording van onderzoeksvragen

### 2.1 Onderzoeksvragen bij H8

De hoofdvraag luidt: Hoe verloopt de consolidatie en zetting van een met schone baggerspecie opgehoogd gebied op de zettingsgevoelige Markermeer bodem?

De subvragen luiden:

- Hoe verloopt de consolidatie en zetting in de compartimenten en hoe is dit gerelateerd aan de verschillen in sedimentsamenstelling binnen het compartiment?
- Hoe verloopt de consolidatie en zetting in de proefvakken en hoe is dit gerelateerd aan het materiaal, de methode van aanbrengen en het waterpeil in de proefvakken?

De subvragen betreffen het optreden van mogelijke verschillen in zetting als gevolg van een variabele sediment samenstelling, en het effect van consolidatie versnellende maatregelen, de vigerende waterstand, en de methode van aanbrengen van het slib.

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen de volgende processen, die bijdragen aan de zetting aan maaiveld:

- De mogelijke variatie in en orde grootte van de zetting van de Markermeerbodem.
- Als het slib onder het waterniveau blijft: consolidatie van het aangebrachte materiaal, wat leidt tot een laagdikte reductie. Dit verschilt afhankelijk van de consistentie van het materiaal ('yoghurt' of 'klontjes pap', bijv.) en de samenstelling en het gewicht van de vaste delen.
- Klink van het materiaal dat (tijdelijk) droog komt te liggen.

#### 2.1.1 Antwoord op hoofdvraag H8

Uit de analyse van de resultaten uit het pilot moeras Markermeer blijkt dat de eigenschappen van de baggerspecie zeer bepalend zijn voor de grootte en de snelheid van de daling van het opgehoogde maaiveld, en onder water van het sliboppervlak.

Naast de samenstelling en het gewicht van de vaste delen is ook de consistentie van het materiaal heel bepalend. In de pilot was er geen sprake van homogeen slib, maar van yoghurt met klontjes van centimeters grootte. Uit diverse literatuur blijkt dat het modelleren van dit type materiaal een grote uitdaging is. Uit de waarnemingen gedaan bij de pilot blijkt dat de consolidatie snel gaat. De bereikte eindzetting van het slib komt overeen met FSconbagberekeningen. De zetting ten gevolge van slibconsolidatie wordt berekend op circa 55 tot 90 cm na 2 jaar, en verklaart voor een belangrijk deel de gemeten zetting van 60 tot 100 cm van de hoger gelegen maaiveld delen.

Het consolidatie verloop wordt in sterke mate beïnvloed door de wijze van baggeren en de wijze van aanbrengen van het slib. Het baggeren en het transport bepaalt het watergehalte en de consistentie van het materiaal, d.w.z. of het klonterig is of homogeen. Klonterig slib consolideert aanzienlijk sneller dan homogeen slib.

De wijze van deponeren heeft veel effect op de consolidatie, en dus op de zettingen en zettingsverschillen. Zoals: het snel in één laag of geleidelijk deponeren, grootte van valhoogte (onder water), de stroomsnelheden, het al dan niet verplaatsen van het stortpunt.

Naast de consolidatie van het opgebrachte slib, is er duidelijke zetting van de Markermeerbodem onder het slib en onder de randen.

De zakbaakmetingen onder de sliblaag en in de randen laten zien dat de zetting na 2 jaar (op 16 juli 2015) veelal 20 cm tot 40 cm bedraagt, iets wat qua grootte redelijk overeen komt met

de modellering met DSettle (24 cm na 4 jaar). Deze zetting bereikt naar verwachting zijn 90% eindwaarde na 4 jaren, wat ook volgt uit DSettle (bij juiste keuze van de consolidatie coëfficiënt  $C_v$ ). Na 4 jaar is de zetting, die dan veroorzaakt wordt door kruip, veel kleiner. In de DSettle berekeningen is gebruik gemaakt van ondergrondkennis uit een eerder project [1]. Zeer lokaal is er ten gevolge van heterogeniteit een grotere zetting mogelijk dan die volgt uit het globale ondergrondmodel, [1] iets wat ook volgt uit een aantal zakbaakmetingen. De door BMNED uitgevoerde sonderingen [6] bevestigen dat de ondergrond ter plekke van de pilot over het algemeen weinig heterogeen is.

Verder treedt er klink op van boven water gelegen delen, die voor een gerijpte toplaag van 1 m enkele decimeters kan bedragen.

De resultaten uit de analyse en modellering van de metingen staan in onderstaande tabel:

	Zetting ondergrond		Consolidatie ophooglaag		Totaal	
	na 2 jaar	90% eindsituatie	na 2 jaar	90% eindsituatie	na 2 jaar	90% eindsituatie
<b>Randen</b>	20-40 cm	3 jaren	nvt	nvt	20-40 cm	3 jaren
<b>Gesloten compartiment</b>	10-30 cm	2 jaren	60-90 cm	2 jaren	70-100 cm	2 jaren
<b>Open compartiment</b>	2-15 cm	2 jaren	55-60 cm	2 jaren	60-70 cm	2 jaren
<b>Proefvakken</b>	2-20 cm	1 jaar	10-40 cm	1 jaar	10-60 cm	1 jaar

Tabel 2.1 Resultaten uit analyse en modellering van de metingen.

### 2.1.2 Nadere toelichting en antwoorden op subvragen H8

Er is een vergelijking gemaakt van de 8 proefvakken om het effect te onderzoeken van de samenstelling van het vulmateriaal, de consolidatie versnellende maatregelen, de waterstand, en de wijze van aanbrengen van het slib.

Voor het open en gesloten compartiment zijn de zakbaakmetingen en metingen van de hoogte van het sliboppervlak geanalyseerd en vergeleken met de modellering met DSettle en Fonobar. Ook de randen van de compartimenten zijn meegenomen. De eigenschappen van de Markermeerbodem zijn gebaseerd op kennis uit eerdere projecten, met onder andere een stochastisch ondergrond model [1].

Hier volgt een samenvatting van de bevindingen. Een meer kwantitatieve onderbouwing is gegeven in Bijlage A.

Het materiaal in beide compartimenten bestaat grotendeels uit een sterk siltige, organische klei, met enkele veenresten, en heeft bij depositie een consistentie als 'klontjes pap'. Het is dus geen homogeen slib.

Uit de hoogtemetingen van sliboppervlak volgt dat naast morfologische processen, ook een maaiveld daling optreedt van hoger gelegen delen die vanaf 14 januari 2014 qua reliëf weinig veranderen. Deze maaiveld daling is orde 60 tot 100 cm, en treedt grotendeels op in het eerste jaar.

Uit consolidatieberekeningen met FSConbag aan het slib (deels gerijpt met hoogte 1,5 m +NAP) volgt een zetting van het sliboppervlak na 2 jaren van ongeveer 90 cm. Na circa 5 jaar is de zetting vrijwel voltooid en bedraagt dan 100 cm. Hierbij is de bodem drainerend verondersteld en is rekening gehouden met de klontstructuur van het slib door de doorlatendheid een factor 4 te vergroten. Bij de pilot verloopt de consolidatie nog sneller, maar dit hangt over het algemeen sterk af van de samenstelling van het slib en deze versnelling zal zeker niet altijd het geval zijn.

De conclusie is dat consolidatie substantieel bijdraagt aan de gemeten maaiveldddaling, maar dat de snelheid waarmee dit gebeurt onzeker is.

De zetting van de Markermeerbodern is kleiner dan van de sliblaag, volgens berekeningen met DSettle ongeveer 24 cm aan het einde van de hydrodynamische periode van 4 jaar, met veel kleinere zettingen daarna. De zakbaakmetingen laten zien dat de zetting van de Markermeer bodern afvlakt na 2 jaar, waarbij zettingen worden gemeten van 8 tot 59 cm vanaf 21 januari 2014. De Markermeerbodern lijkt zich dus lokaal wat meer te zetten, maar de meetfouten en problemen met de zakbaken maken het moeilijk om hierover zekerheid te verkrijgen.

De klink van hoger gelegen materiaal kan 10 tot 20 cm bedragen, afhankelijk van de mate van drooglegging. Er is structuurvorming zichtbaar, wat duidt op rijping. In [7] wordt hier nader op ingegaan.

De zakbaakmetingen in de randen suggereren dat de hydrodynamische periode van de bodernzetting 2 tot 5 jaar duurt, en de gemeten zetting bedraagt 20 tot 40 cm (vanaf 25-9-2013). Volgens berekeningen met DSettle duurt de hydrodynamische periode 4 jaar, waarbij op dat moment de zetting 25 tot 28 cm bedraagt. De Markermeerbodern lijkt zich wat meer te zetten en dit gaat iets sneller dan berekend. De keuze van de grondparameters hangt hier uiteraard mee samen en blijft moeilijk zonder verdere proefresultaten.

Uit de metingen van het sliboppervlak in de 8 proefvakken volgt dat het veen zich het minst zet, het slib het meest (maar dit blijkt niet goed meetbaar), en het holocene materiaal uit het open compartiment en de klei geven een vergelijkbare zetting. Er is geen effect van de aangebrachte drainage te zien. Het materiaal uit het open compartiment (in vakken 1 t/m 3) en de klei (in vak 4) bereiken min of meer een eindzetting na ongeveer 1 jaar, voor het venige materiaal in vak 5 is er vrijwel geen zetting en voor het slib (in vakken 6 t/m 8) zijn de metingen niet goed te interpreteren door de grote uitschieters. Er is niet gerekend aan deze proefvakken, omdat de dichtheden aan het begin niet bekend waren. De consolidatie van het holocene materiaal blijkt snel ten einde te zijn, en sneller dan verwacht voor een laag van 4 m homogeen slib.

## 2.2 Onderzoeksvraag bij H10

De hoofdvraag luidt:

Gegeven de ecologische eisen aan de hoogteligging in het grootschalige moeras (en dus niet de pilot) resulterend in 25% ongestoord water van ca. 4 meter diep, 35% ondiep water van ca. 1 meter diep, 30% plas/dras ca. 0 meter diep en 10% droog (gemiddeld 1 meter boven waterpeil) en maaiveldddaling, wat is dan de meest wenselijke ophoogstrategie?

Met als subvraag:

Zorgt de natuurlijke variatie in ophoging en zetting van de ondergrond voor de gewenste verdeling in diepteklassen?

### 2.2.1 Antwoord op hoofdvraag H10:

De achtergrond van deze vraag is dat moet worden nagegaan welke aanlegmethodes het gewenste resultaat zouden kunnen opleveren, qua diepteklassen voor het grote moeras, en qua zetting in de tijd.

In de NMIJ pilot moeras is gewerkt met diverse aanlegmethodes, en met ophoogmateriaal dat mechanisch werd ontgraven uit de vaargeul Amsterdam-Lemmer en vervolgens



getransporteerd in schepen. Het ontgraven materiaal bestaat grotendeels uit holocene Markermeer bodem. Er zal waarschijnlijk ook bijmenging van de hierboven gelegen toplaag van slap slib hebben plaatsgevonden. Er is verder bijna geen water bijgemengd. Hierdoor heeft het aangebrachte materiaal de consistentie gekregen van 'klontjes pap'. Dit feit heeft het erg lastig gemaakt om voldoende hoogteverschillen te creëren (meer dan enkele decimeters over een afstand van 100 meter), ook met geoptimaliseerde aanlegmethoden, zoals een transportband en het werken vanaf een ponton met een kraan. Er is in het gesloten compartiment enig hoogteverschil (orde 1 meter boven NAP) gerealiseerd bij aanleg, waarna het slib door golfwerking naar de oostzijde is verplaatst. Daar is het slib gerijpt en werd daardoor minder vatbaar voor golfaanval. Om bij aanleg grotere hoogteverschillen te creëren is het noodzakelijk om ophoogmateriaal te gebruiken met een betere consistentie dan 'pap met klontjes', d.w.z. er moet minder zacht slib worden meegebaggerd, zodat bij aanleg het gewenste reliëf kan worden bereikt en dit reliëf niet aan het toeval wordt overgelaten, waarbij bijvoorbeeld windgolven het slib verplaatsen. Verder is er steeds het risico dat door golfaanval het bereikte reliëf wordt afgeslagen, zodat een goede beschermende dam nodig is.

Als er toch met slapper slib moet worden gewerkt is het advies om gefaseerd op te hogen. Wanneer consolidatie en rijping het materiaal hebben verstevigd is dit een betere ondergrond voor extra te deponeren slib. Het aanbrengen van een overhoogte (boven het waterniveau) kan, met name als deze gaat rijpen, de consolidatie versnellen. Ook wordt het sliboppervlak door rijping steviger en minder vatbaar voor afslag.

In [7] is een beschouwing t.a.v. te hanteren overhoogten gegeven gegeven het type aanvulmateriaal en de te realiseren eindhoogte.

#### 2.2.2 Nadere toelichting en antwoord op subvraag bij H10.

De consistentie, samenstelling en het gewicht van de vaste delen van het aangebrachte materiaal bepalen in hoge mate het consolidatiegedrag en de eindzetting, wat ook enigszins te zien is in de proefvakken.

Echter in de compartimenten werd grotendeels eenzelfde holoceen materiaal aangebracht, te weten sterk siltige, organische klei, met enkele veenresten, zodat de 'natuurlijke' variatie in ophoogmateriaal niet de gewenste zettingsverschillen geeft.

De proefvakken laten zien dat het type vulmateriaal een aanzienlijk effect heeft op de gemeten zetting, zie paragraaf 2.3.

Wat betreft de zetting van de Markermeerbodem onder het grote moeras: Met een stochastisch ondergrond model kan geschat worden in welke segmenten van de waterbodembodem de zettingen het grootst zijn. Op de locatie en de schaal van de pilot varieert het type ondergrond niet zoveel. Er kunnen op bepaalde locaties (andere dan die van de pilot) zettingsverschillen optreden tot maximaal 1 meter over een afstand van 50 meter voor aanvullagen van ca. 5 m dik op een Markermeerbodem op ca. -4 m NAP [2].

Samenvattend kan gesteld worden dat er op grotere schaal, mede afhankelijk van de locatie, verschillen in zetting van de waterbodembodem kunnen gaan optreden die significant zijn voor het bereiken van de gewenste diepteklassen. Als er gevarieerd wordt met het type ophoogmateriaal treden er ook substantiële verschillen in zetting op.

### 2.3 Onderzoeksvraag bij H12

De hoofdvraag luidt:

Welke aanlegmethodes kunnen het best gekozen worden voor het aanbrengen van de baggerspecie, het insluiten van de specie (compartimenteringsdammen, en/of metalen

damwanden, en/of geotubes, geocontainers, geobags, andere oplossing?) en het versnellen van consolidatie?

De subvraag luidt:

Wat is de te verwachten eindzetting van het materiaal (dit kan getest worden door een proefvak versneld te laten consolideren door middel van drains)?

En verder: Is het zinvol gebleken dit te testen (in een proefvak) waarbij de consolidatie met behulp van drains wordt versneld?

### 2.3.1 Antwoord op hoofdvraag H12

De aanleg van het pilot moeras Markermeer was een try-out van diverse aanlegmethodes.

In [7] zijn diverse aanlegmethodes voor de randen en voor de (correctieve) ophoging beschreven en geanalyseerd. Slib is aangebracht met behulp van onderlossen, met een transportband, en met de inzet van een kraan vanaf een ponton om het slib te verplaatsen. Op de schaal van de pilot heeft dit redelijk gewerkt. Hoe een groter moeras van slibeilanden moet worden aangelegd is nog de vraag. Het is van belang dat de slib eilanden goed bereikbaar blijven, zodat er gemakkelijk kan worden gedeponereerd, gecorrigeerd en desnoods later ook nog slib kan worden aangevuld.

Het slib uit de pilot moest worden ingesloten met een rand, omdat het anders niet blijft liggen en te gemakkelijk wegslaat door golfaanval.

Er werd gekozen voor een smalle harde rand bestaande uit geocontainers met daarop geotubes en een bestorting als toplaag.

Deze rand was zwaar en zette zich flink, waardoor er aanvullende bestortingen nodig waren.

Als er met lichter materiaal kan worden gewerkt en met een breder profiel (van zand bijv.) kunnen het gewicht en de hoogte van de randen worden beperkt. Er zal dan minder zetting optreden. Ook kunnen de randen dan beter ondoorlatend worden gemaakt.

Indien er met slib met een soortgelijke consistentie en samenstelling als in de pilot wordt gewerkt, zal naar verwachting de consolidatie vrij snel kunnen optreden (in enkele jaren, afhankelijk van de dikte en de ondergrond). Echter weinig materiaal, dat hier en daar in het Markermeer voorkomt, zal zich slecht zetten, wat volgt uit de waarnemingen in het betreffende proefvak.

In de pilot hebben de drains in de proefvakken niet goed gewerkt; mogelijk zijn deze geknakt of te snel dichtgeslibd. Bij zettingssnelheden zoals nu gemeten zijn drains waarschijnlijk niet echt nodig.

De ervaringen met de pilot kunnen worden veralgemeniseerd voor als er grotendeels onder water snel wordt opgehoogd met een dikke laag slap slib. Er kunnen dan nauwelijks hellingen worden gecreëerd (meer dan enkele decimeters over 100 meter). Bij hydraulisch baggeren is het slib nog waterrijker dan in de compartimenten van de pilot. Als steeds op hetzelfde punt wordt gelost kan de zandfractie, als het watergehalte hoog is, segregeren. Het zand komt het dichtst bij het lospunt terecht, terwijl de rest van het slib zich wel over grotere afstanden verspreidt. Als opwerveling en verspreiding van het aangebrachte slib ongewenst is, moet deze worden beschermd met een rand. Door al dan niet tijdelijk te compartimenteren kunnen er hoogteverschillen worden gecreëerd. Als het materiaal is gerijpt en geconsolideerd, kunnen delen van de scheidingswanden worden verwijderd.

### 2.3.2 Nadere toelichting en antwoord op subvraag bij H12.

Wat betreft de eindzetting van het materiaal waarmee het gesloten en open compartiment zijn gevuld: De oppervlakte profieldelen GC1 en GC2 (gesloten compartiment) bereiken een eindzetting van resp. 0,9 m en 0,7 m na 227 dagen (op 29-9-2014).

Het oppervlakte profieldeel OC1 (open compartiment) vertoont rond 400 dagen nog enige zetting, die veroorzaakt zou kunnen zijn door het wegzakken van het onder de toplaag gelegen slappe slib richting de geul, die zich steeds iets verdiept en verbreedt. De grootte van de eindzetting hangt af van de dikte en dichtheid van het opgebrachte materiaal, maar ook van de mate van rijping van de toplaag, welke werkt als een bovenbelasting.

In Figuur 2.1 is de zetting in de proefvakken 1 t/m 4 weergegeven. Dit is gedaan om te laten zien wat het effect is van het type materiaal waarmee de proefvakken zijn gevuld, en of er een effect van de aangebrachte drainage te zien is. De figuren voor de andere proefvakken zijn opgenomen in Bijlage A.

Tabel 2.2 geeft de condities in de proefvakken 1 t/m 8.

Proefvak	Verbinding met compartiment	Verticale drainage of bemaling	Vulmateriaal	Wijze van aanbrengen
1	open	geen drainage	als in open compartiment	mechanisch
2	open	drainage	als in open compartiment	mechanisch
3	gesloten	geen drainage bemaling (die niet werkt)	als in open compartiment	mechanisch
4	open	drainage	klei (holoceen)	mechanisch
5	open	drainage	venig holoceen	mechanisch
6	open	geen drainage	slib uit vaargeul	hydraulisch
7	gesloten	geen drainage	slib uit vaargeul	hydraulisch
8	gesloten	geen drainage	slib uit vaargeul	hydraulisch

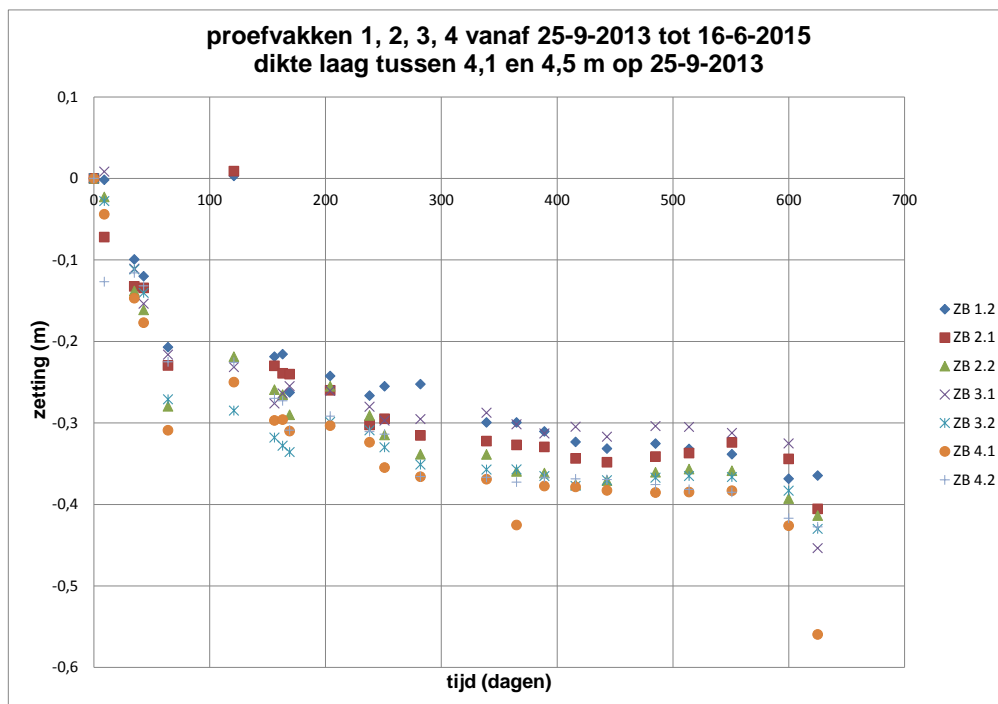
Tabel 2.2 De condities in de proefvakken 1 t/m 8. De beginhoogten staan aangegeven in de titel van de figuren 2.1 en A.12 t/m A.14

De proefvakken hebben een afmeting van 10 bij 10 meter. De zakbaken staan in de hoeken, dus niet optimaal. Mogelijk is er ten gevolge van de wrijving van het slib met de damwanden wat minder zetting in de hoeken.

Het blijkt dat het veen zich het minst zet, het slib uit de vaargeul het meest (maar de metingen zijn slecht te interpreteren, vooral in het begin), en het materiaal uit het open compartiment en de klei geven een vergelijkbare zetting. Er is geen effect van de aangebrachte drainage te zien. Het materiaal uit het open compartiment en de klei bereiken min of meer de eindzetting na 500 dagen.

Figuur 2.1 laat zien dat het materiaal in de proefvakken 1 t/m 4 overeenkomstig zettingsgedrag heeft, en dat na 400 dagen de zetting niet meer toeneemt, maar na 600 dagen weer wel. De oorzaak van dit laatste effect is onduidelijk. Mogelijk is er een fout gemaakt met de referentie van de zakbaakmetingen, omdat bij alle proefvakken deze verdachte zetting aan het einde optreedt. De drainage in proefvak 2 maakt de zetting niet sneller dan die in proefvak 1. Proefvak 4 bestaat uit ander materiaal (meer kleiig) dan proefvakken 1 t/m 3, dat zich meer lijkt te zetten, maar ondanks de drainage gaat dit niet sneller. De vraag rijst of de drains wel werken, misschien slibben ze te snel dicht.

De tijdsduur van 400 dagen tot het bereiken van de eindzetting komt goed overeen met die uit het open compartiment, zie Figuur A.3 met de zettingscurve van de profielzone OC1, en is wat trager dan de zetting van zones GC1 en GC2.



*Figuur 2.1 Zetting in proefvakken 1, 2, 3 (alle drie met materiaal als in open compartiment) en proefvak 4 (klei) zoals gemeten met de zakbaken. Zakbaak B 1.1 is niet getoond, want hier waren problemen met de voetplaat.*

De figuren voor de overige proefvakken zijn opgenomen in Bijlage A.6.

### 3 Referenties

- [1] Rapport Grondmechanisch onderzoek Houtribdijk, Deltares 29-7-2009, kenmerk 1001656-002-GEO-0002.
- [2] Rapport Advisering Houtribdijk onderdeel A; studie van vragen bij golfbreker en voorland opties, Deltares 29-9-2009, kenmerk 1001676-002-GEO-0005.
- [3] Monitoringsdossier Aanleg Pilot Markermeer Moeras, Zaaknr. 31031527, Deelrapportage: Bijlage A- Zettingsmetingen, periode 9: tot juni 2015.
- [4] Rapportage Geotechnisch veldwerk betreffende Markermeer moereseiland; Fugro Geoservices B.V., januari 2015 Opdrachtnummer: 6014-0034-000, documentnaam: 6014-0034-000\_21.KR01\_v02.doc.
- [5] Rapport Zettingsberekeningen Pilot Moeras Markermeer, Deltares juni 2015, kenmerk 1201198-016-ZWS-0005-ydh.
- [6] Rapport Geotechnisch bodemonderzoek, t.b.v. het project '20131878-Markermeer Moeras', BMNED, 7 oktober 2013, documentnummer 20131878-R041288-PD.
- [7] Rapportage 'Beantwoording onderzoeksvragen', 20152225-R042087-IH-C t.b.v. het project "20152225 - Markermeer Moeras" door Fa. Gebr. van der Lee, Revisie : C Datum: 30 juni 2015 Project : 31031527.



## **A Bijlage: toelichting achtergronden**

## A.1 De maaiveldvaling in de open en gesloten compartimenten

Uit de Hovercraft metingen van het maaiveld, zoals uitgezet als hoogteplaatjes op een aantal tijdstippen (zie figuren in bijlage B voor voorbeelden), blijkt dat een beperkt deel van het open compartiment nauwelijks te lijden heeft gehad van stormschade en/of erosie en sedimentatie vanuit de geul (zie Figuur B.1, omcirkeld oppervlakte deel OC1 dat in de tijd is gevolgd, zie bijlagen B.4 en B.5). Voor het gesloten compartiment is dit een veel groter deel (zie Figuur B.1, omcirkelde oppervlakte delen GC1 en GC2 die in de tijd zijn gevolgd, zie bijlagen B.2 en B.3). Te zien is dat het reliëf in de as-built situatie op 14 januari 2014 in deze ongeschonden delen op latere tijdstippen duidelijk zichtbaar blijft in het kleurenpatroon, hoewel het geheel wel daalt. De keuze van het tijdstip van de as-built situatie lijkt wat willekeurig, maar er zijn geen eerdere metingen aan het gerealiseerde sliboppervlak gedaan.

Het materiaal in beide compartimenten bestaat grotendeels uit een sterk siltige, organische klei, met enkele veenresten, en heeft bij depositie een consistentie als 'klontjes pap'. Het is dus geen homogeen slib, maar de term 'slib' zal voor het gemak meestal in dit rapport gebruikt worden.

Tijdens de periode van aanleg is er voor het gesloten compartiment naar gestreefd een zo groot mogelijk verloop in maaiveld hoogte te creëren. Dit verliep moeizaam, omdat het slib zijdelings wegstroomde. Het reliëf in de as-built situatie op 14 januari 2014 was het maximaal haalbare. In het gesloten compartiment is het reliëf spontaan ontstaan in de periode december 2013 t/m medio januari 2014, waarbij slib vanuit het westelijke deel verplaatst is naar het oostelijke deel. Dit zou het gevolg kunnen zijn van golfaanval. Vanaf 14 januari 2014 heeft dit reliëf een zodanige stevigheid dat dit niet meer door golfwerking is verplaatst of in sterke mate is aangetast. Deze stevigheid is het gevolg van uitdroging en rijping tot op een flinke diepte (geschat op maximaal 1 meter).

Uit het verloop in maaiveldhoogte van de in figuren in bijlage B aangegeven ongeschonden oppervlakteprofiel delen, volgt dat de hoogteverschillen in de tijd grotendeels intact blijven, terwijl er een daling optreedt van orde 70 cm in 1 jaar tijd, uitgaande van de as-built situatie op 24 januari 2014 (zie paragraaf 2.1.2). Omdat er stormschade was opgestreden, is op 20 maart 2014 het slib langs de oostelijke rand aangevuld tot ongeveer NAP-hoogte. Dit doet geen afbreuk aan het beeld van de zakking van de ongeschonden oppervlakteprofiel delen. Op 30 juni 2015 lag de pilot er zoals weergegeven in Figuur A.1 bij. Deze figuur is ontleend aan Google Earth.



Figuur A.1 Opname op 30 juni 2015 van NMIJ pilot moeras (ontleend aan Google Earth)

## A.2 Consolidatie van het aangebrachte materiaal

Tijdens de aanleg heeft er waarschijnlijk consolidatie van het aangebrachte materiaal plaatsgevonden, maar het is niet goed bekend hoeveel, aangezien de dichtheid bij storten niet is gemeten. Wel is op foto's (zie Figuur A.2 ) duidelijk zichtbaar dat het materiaal bestaat uit klonterig materiaal, die naar verwachting al snel consolideert omdat het poriewater door de macroporiën kan uittreden. Hierbij worden de macroporiën door het eigen gewicht van het slib enigszins gedicht. Dit materiaal bestaat grotendeels uit een sterk siltige, organische klei, met enkele veenresten.



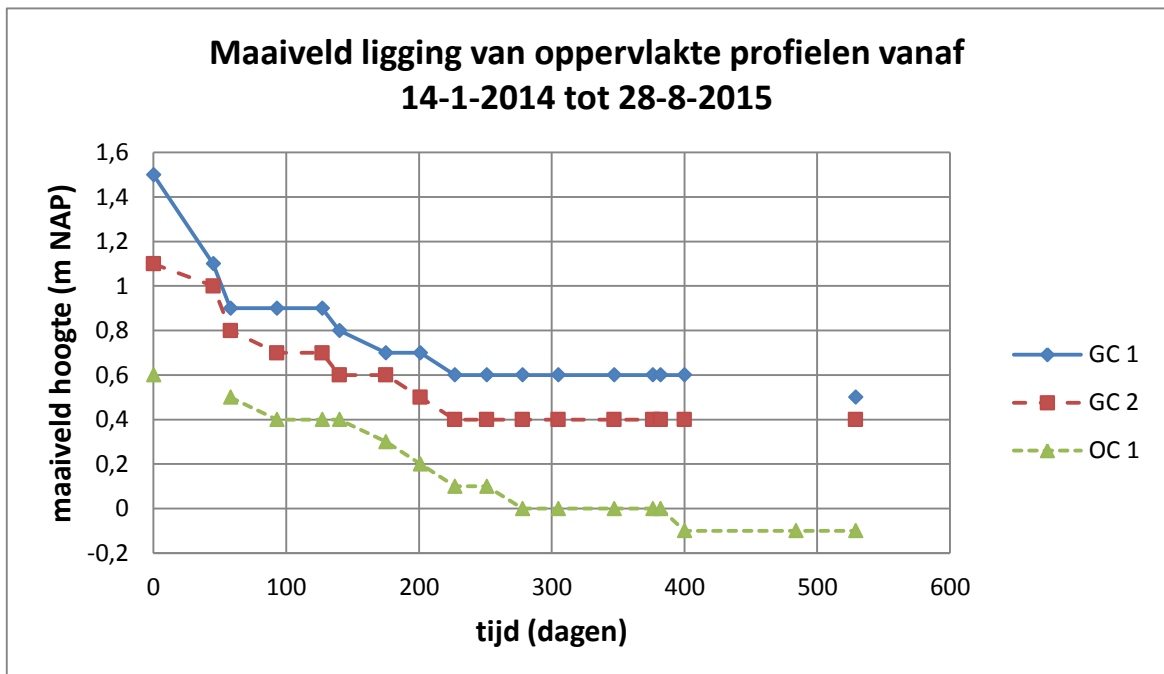


*Figuur A.2 Het storten van het holocene materiaal met een transport band*

Uit analyses van grondmonsters uit de handboringen op 6 oktober 2014 (dus ca. 9 maanden later) volgen waarden voor de dichtheid, die gebruikt zijn voor het optimaliseren van de consolidatie modellering. Er kon geen relatie worden gelegd tussen verschillen in sediment samenstelling in de compartimenten en de hoogteligging van het maaiveld, mede door het beperkte x,y-raster en aantal van de handboringen. Door de wijze van aanbrengen, waarbij relatief lang op de hoger gelegen delen is gelost, is er waarschijnlijk wel segregatie van het opgebrachte materiaal opgetreden, wat het hoger gelegen materiaal steviger maakt. Het hoger gelegen materiaal droogt sneller uit en rijpt waardoor dit steviger wordt.

Dat het hoger gelegen materiaal steviger is, zou kunnen verklaren waarom het reliëf aan maaiveld vanaf 14 januari 2014 in de tijd nauwelijks wordt verstoord, hoewel er wel zetting optreedt van het geheel. Zones GC1, GC2 en OC1 zoals aangegeven in bijlage B.1 zijn in de tijd gevolgd en nader geanalyseerd.

Het maaiveld in de zones GC1, GC2 en OC1 zet zich als volgt, zie Figuur A.3. GC 1 zet over de periode 14-1-2014 tot 28-8-2015 (529 dagen) met 1 m, GC2 met 0,7 m en OC1 met 0,7 m. GC1 en GC2 bereiken de eindzetting na 227 dagen (op 29-9-2014). De maaiveldhoogtes op die datum kloppen goed met die uit de op 6-10-2014 uitgevoerde handboringen HB12, HB13, HB14 en HB15 [4]. OC1 blijft tot 400 dagen zetten, daarna is het stabiel. Er zijn geen handboringen gedaan op die plek. Een mogelijke oorzaak voor de zetting van OC1 is: daar de nabij gelegen geul zich blijft verbreden en verdiepen, kan het onder de toplaag gelegen slappe slib hier naartoe stromen, zodat de toplaag bij OC1 blijft zakken. Er is getracht het gedrag van de zone GC1 met FSConbag te modelleren, om na te gaan hoe groot de bijdrage aan de maaiveldaling ten gevolge van consolidatie is.



Figuur A.3 Maaiveld ligging van oppervlakte profiel zones GC1, GC2 en OC1 met reliëf dat intact blijft. Tussen 400 en 500 dagen zijn hoger gelegen delen niet gemeten, vanwege het broedseizoen.

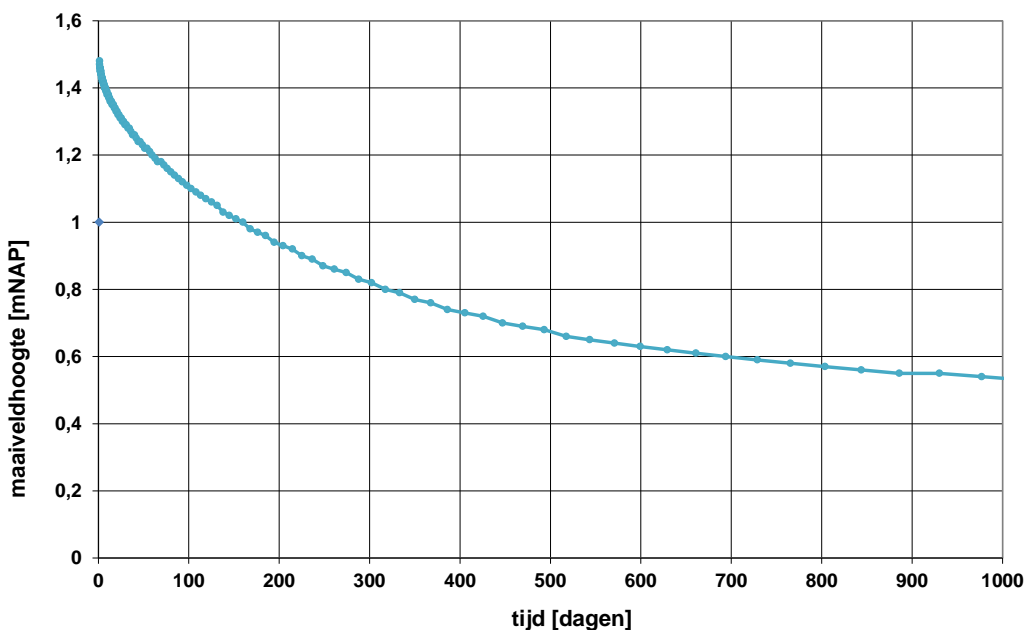
Uit consolidatieberekeningen met het slibmodel FSConbag volgt dat de sliblaag zich ter plekke van GC1 uiteindelijk tot maximaal 1 meter zet, ten opzichte van de as-built situatie op 14 januari 2014, en dat de consolidatie na 3 jaar vrijwel ten einde is, zie Figuur A.4. Deze zetting van 1 meter duidt er op dat de consolidatie van de sliblaag in belangrijke mate bijdraagt aan de maaiveldaling van GC1. In FSConbag wordt gewerkt met homogeen slib, wat een lage doorlatendheid heeft. Het holocene vulmateriaal bestaat echter uit klontjes pap, wat waarschijnlijk een grotere doorlatendheid heeft vanwege de aanwezige macroporiën.

De FSConbag berekeningen zijn uitgegaan van een snelle depositie (in 1 dag) van de 4 meter dikke sliblaag op een gedraineerde bodem tot 0 m NAP (met een nat volumegewicht van  $14 \text{ kN/m}^3$  gedeponeed vanaf 14 januari 2014) met daarbovenop een bovenbelasting van 1,5 meter gerijpt slib met volumegewicht  $14 \text{ kN/m}^3$ . Dit geeft een maaiveldhoogte van + 1,5 NAP op 15 januari 2014, wat het hoger gelegen deel GC1 van het gesloten compartiment representeert. Dit deel is in december 2013 en januari 2014 ontstaan door golfwerking, en daarna verandert het oppervlakte profiel nauwelijks, wat duidt op rijping van de toplaag.

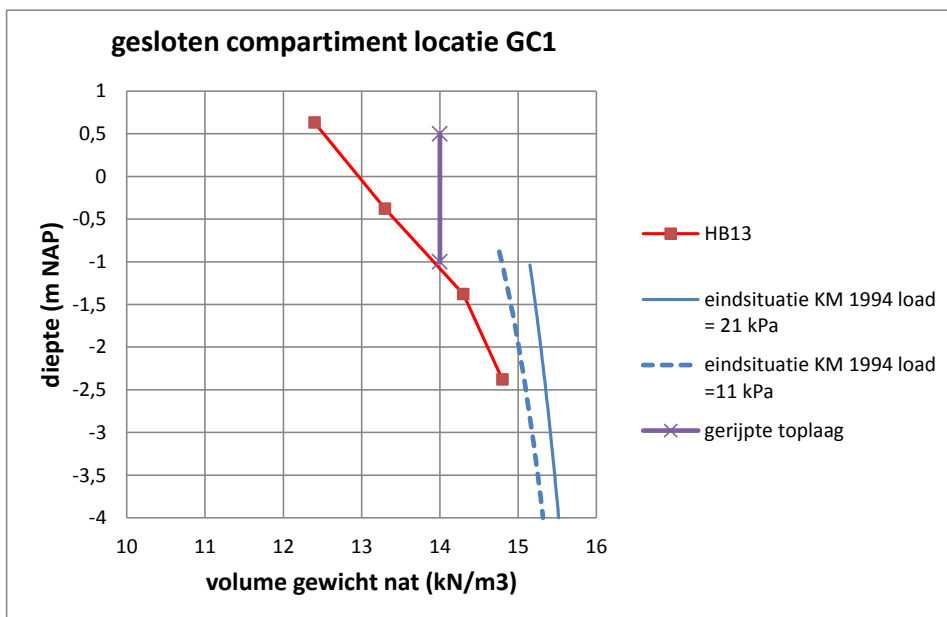
In een tweede berekening met FSConbag is, uitgaande van de eindhoogte van -1 m NAP (dit is zonder de gerijpte toplaag), het onderwaterzakken van de toplaag meegenomen, wat een reductie geeft in bovenbelasting van 21 kPa naar 11 kPa. De als bovenbelasting gemodelleerde gerijpte toplaag zakt dan dus 1 meter onder water. Er is vanuit gegaan dat de gestructureerde toplaag drainerend is. De keuze van de slibparameter set 'KM 1994' is onderbouwd in [5]. De doorlatendheid van set 'KM 1994' is met een factor 4 verhoogd om zo rekening te houden met de klontstructuur van het slib en zo de tijdschaal van de maaiveldmetingen beter te benaderen. In Figuur A.5 is te zien dat het dichtheidsprofiel uit de handboring HB13, welke op 6 oktober 2014 uit het hoger gelegen deel GC1 is genomen, redelijk aansluit bij het berekende eindprofiel (met en zonder rekening te houden met

onderwaterzakken van de toplaag). Tevens is in Figuur A.5 de gerijpte toplaag met een dichtheid van  $14 \text{ kN/m}^3$  aangegeven.

In de pilot gaat de consolidatie wat sneller dan berekend en is de eindzetting na 300 dagen vrijwel bereikt, zoals volgt uit de reeks maaiveld metingen uit Figuur A.3. De oorzaak van de snellere consolidatie in het veld is, naast de meer open slibstructuur, ook de onzekerheid in de consolidatieparameters. Het is zeer goed denkbaar dat slib met een andere herkomst en samenstelling langzamer consolideert dan in de pilot is gemeten. Daarnaast verdampt er water en rijpt de toplaag. De met FSConbag voorspelde eindzetting en bijbehorend dichtheidsprofiel zijn minder onzeker, omdat hiervoor de effectieve spanning als gevolg van het (gemiddelde) eigen gewicht van de sliblaag bepalend is en niet de doorlatendheid. Als in het veld de eindzetting is bereikt dan is er een volledig dragend korrelskelet en zijn er dus geen wateroverspanningen meer. Voor nauwkeurigere simulaties is het nodig dat het te storten slib (met de consistentie die te verwachten is) in het laboratorium wordt onderzocht met kolomproeven en speciale consolidatieproeven.



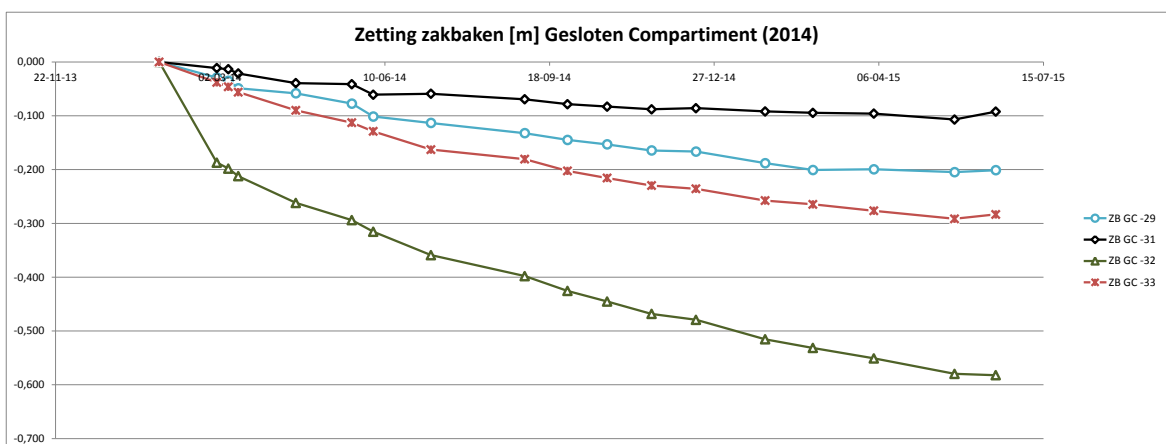
Figuur A.4 Het zettingsverloop zoals berekend met FSConbag voor locatie GC1 (zonder onderwaterzakken).



Figuur A.5 Vergelijking handboring HB13 met situatie na voltooiing consolidatie voor een laag van 4 m KM 1994 slib met 1,5 m toplaag (met nat volumegewicht 14 kN/m<sup>3</sup>) als bovenbelasting. HB13 is genomen toen de consolidatie vrijwel ten einde was

### A.3 Zetting van de Markermeerbodern

De zakbaakmetingen vanaf 21 januari 2014 (na de herplaatsing) zijn te zien in Figuur A.6 voor het gesloten compartiment. De positie van zakbaken ZB GC-29, ZB GC-31, ZB GC-32 en ZB GC-33 is daar waar het oppervlakteprofiel in de tijd grotendeels in tact blijft (zones GC1 en GC2). Voor deze zakbaken varieert de eindzetting tussen de 8 en 59 centimeter. De primaire zetting lijkt grotendeels ten einde te zijn, iets dat ook volgt uit de metingen aan maaiveld van de ongeschonden oppervlakteprofiel delen GC1 en GC2.



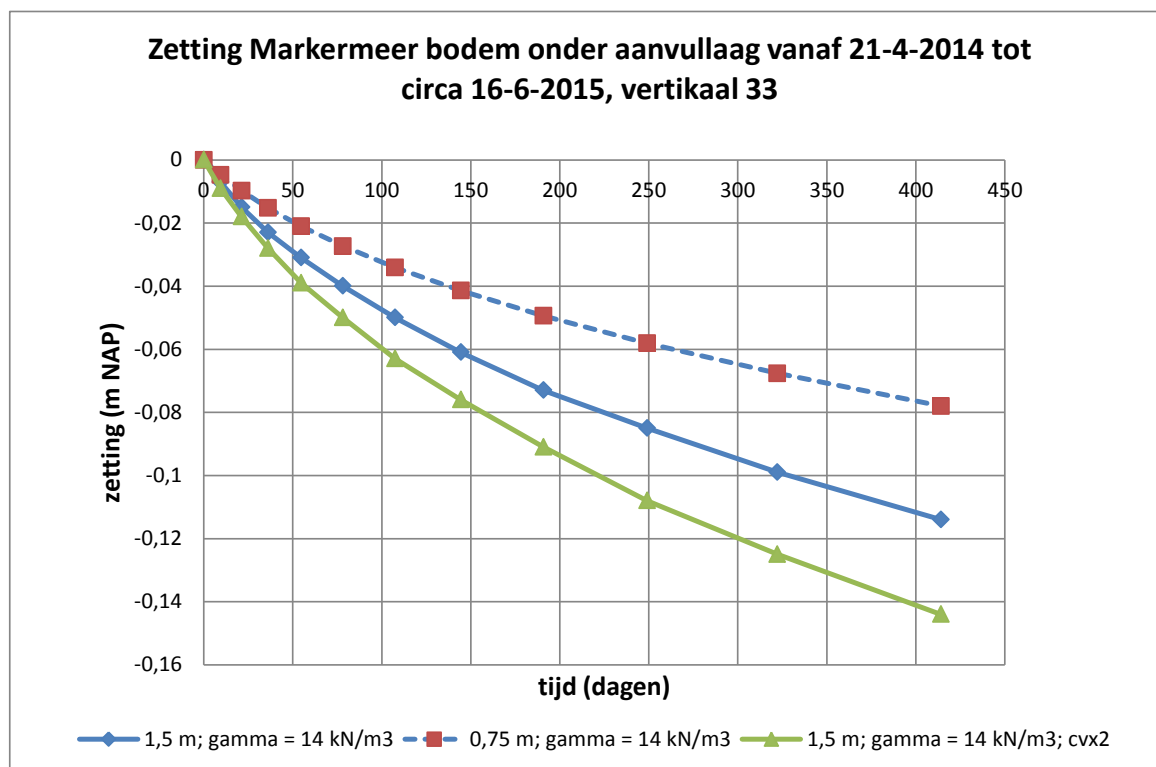
Figuur A.6 Zakbaakmetingen voor de intacte zones in het gesloten compartiment vanaf 21 januari 2014 tot 16 juni 2015. Op de y-as staat de zetting in meters, op de x-as staat de datum

Er zijn geen resultaten uit samendrukkingsproeven voor de Markermeer bodern beschikbaar, wat betekent dat de zettingparameters van de Markermeer bodern moesten worden geschat. Dit is gedaan op basis van een stochastisch ondergrondmodel dat ten behoeve van de versterking van de Houtribdijk is ontwikkeld, zie [1]. De samendrukkingseigenschappen zijn hierbij per laag geschat [2].

Uit DSettle berekeningen volgt dat de zetting op 16 juni 2015 (ten tijde van de laatste zakbaak metingen) tussen 8 cm en 12 cm ligt voor een sliblaag met een hoogte van 0,75 m NAP resp. 1,5 m NAP en een volume gewicht van  $14 \text{ kN/m}^3$ , zie (onderstaande) Figuur A.7. De Markermeer bodem is op -4 m NAP gekozen. Als de consolidatie coëfficiënten met een factor 2 worden verhoogd wordt de zetting op 16 juni 2015 voor de 1,5 m dikke sliblaag 14 cm.

De zettingen zijn weergegeven vanaf 21 januari 2014, na herplaatsing van de zakbaken. De berekende primaire zetting is pas na 3000 dagen ten einde en bedraagt 18, resp. 26 cm (vanaf 21 januari 2014). Als de consolidatie coëfficiënten met een factor 2 worden verhoogd is de primaire zetting na 1500 dagen ten einde, d.w.z. na 4 jaar. Op dat moment is de zetting dan 24 cm (vanaf 21 januari 2014).

In de eerste 43 dagen vanaf 9 december 2013 (compartimenten zijn gevuld) tot 21 januari 2014 treedt er volgens DSettle een zetting op van 7 resp. 10 cm. Met tweemaal hogere consolidatiecoëfficiënten wordt de laatste waarde 11 cm. In het veld zijn van deze periode geen betrouwbare metingen, aangezien de bakens scheef gingen staan.



Figuur A.7 De met DSettle berekende zetting van de Markermeerbodem onder de sliblaag

De met de zakbaken gemeten zettingen lopen veel meer uiteen en zijn veelal groter dan wat volgens de berekeningen verwacht kan worden. Het effect op de zetting van de variatie in bodemopbouw in sectie 13 uit het probabilistische ondergrondmodel is maximaal 10 cm.

De grotere zettingen uit de zakbaakmetingen zijn mogelijk het gevolg van een lokaal meer samendrukbare ondergrond dan die uit het probabilistische ondergrond model, of de voetplaten zakken wat weg in de zachte bodem, met name bij ZB GC-32.

De berekende zetting vanaf 21 januari 2014 is duidelijk kleiner dan de daling van het maaiveld van de ongeschonden oppervlakteprofiel delen uit het gesloten compartiment uit



Figuur A.3. Voor het open compartiment is er geen bruikbare zakbaakmeting in het noordwestelijke deel OC1 (met het oppervlakte profiel dat intact blijft).

De algehele conclusie is dat de zetting van de Markermeerbodem een niet te verwaarlozen bijdrage levert aan de maaiveldaling.

#### A.4 Klink van het aangebrachte materiaal

Als het slib tijdelijk droog ligt, zal er klink en rijping optreden, zeker gezien de samenstelling van het opgebrachte kleiige materiaal. In [7] is hier nader op ingegaan.

In Figuur A.8 is zichtbaar dat in de toplaag over een diepte van minstens 20 cm structuurvorming optreedt, waarbij grove baksteen achtige delen ontstaan.



Figuur A.8 Voorbeelden van klink en rijping van de droogvallende delen van het in de pilot aangebrachte holocene materiaal (Bron foto materiaal Royal HaskoningDHV 19-8-2015)

Naast verdamping, zorgt evapotranspiratie via de aanwezige begroeiing voor deze structuurvorming en klink. Het is niet bekend hoe groot deze klink is, omdat de ligging van het freatische vlak in de hoger gelegen oppervlakte delen niet bekend is. Uit ervaring met klei blijkt dat structuurvorming tot diep (orde 1 meter) in de kleilaag kan doordringen. De opdrachtgever gaf aan dat het waterpeil in het gesloten compartiment in het middendeel tegen de scheidingsdam met het open compartiment kunstmatig hoger (ongeveer een decimeter hoger dan de buitenwaterstand) werd gehouden. Dit is gedaan om een geleidelijke land-water overgang te behouden. De waterstand in de aan de buitenranden van het gesloten compartiment gelegen delen is steeds vrijwel gelijk aan de buitenwaterstand geweest. Klink kan een aantal decimeters bedragen, afhankelijk van de mate van drooglegging.

In de eerder vermelde FSConbagberekeningen is gewerkt met een bovenbelasting ten gevolge van een laag van 1 m stevig gerijpt materiaal, zie paragraaf A.2.

## A.5 De zettingen van de randen

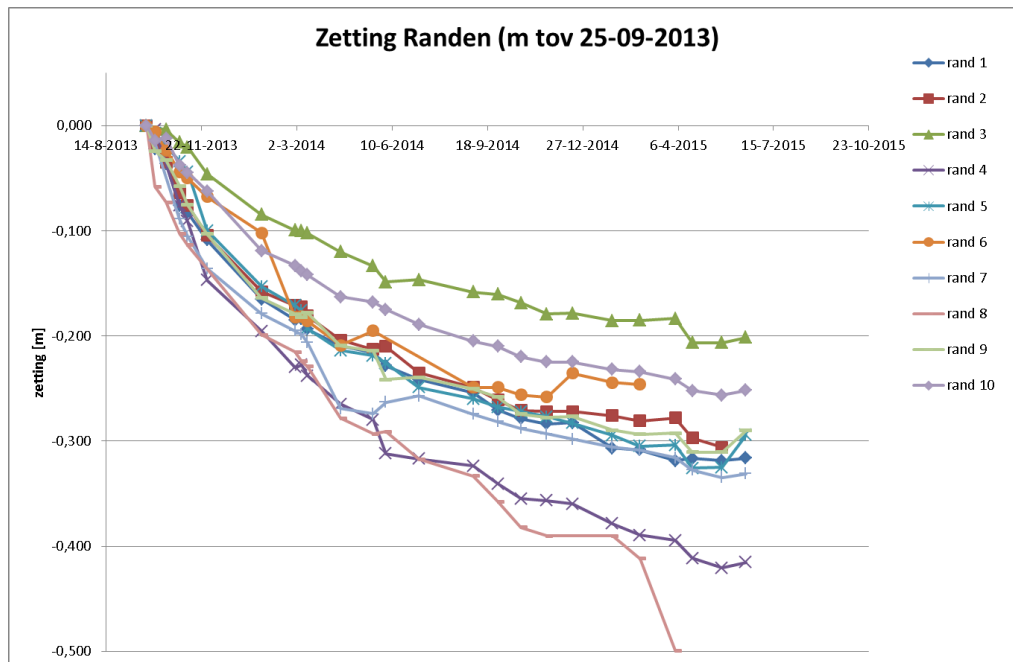
De zetting van de randen, zoals gemeten met de zakbaken, vanaf 25 september 2013 varieert tussen de 20 en 40 cm, zie Figuur A.9. In de periode daarvoor trad er een zetting op tussen de 6 en 37 cm, zie [3]. De zakbaken steunen in het midden van de constructie tussen de onderste twee geocontainers.

De grote zettingen van de randen bij aanleg kunnen mede het gevolg zijn van squeezing (dat is zijdelings wegpersen van slap materiaal) tijdens de bouw.

Er zijn meerdere oorzaken voor zetting van de randen aan te geven:

- Zetting van de Markermeer bodem ten gevolge van het opgebrachte gewicht.
- Squeezing van de toplaag van zacht slib op de Markermeerbodem bij het aanbrengen van de geocontainers. Er is squeezing geobserveerd. Dit zou gemonitord zijn, maar gegevens hiervan ontbreken.
- Het nazakken van het materiaal in de geocontainers en geotubes onder het gewicht van de bestorting. Het vulmateriaal bestaat uit zuiver zand. De vorm van de elementen kan wat platter worden.
- Door golfwerking kan de constructie deformer en elementen kunnen verschuiven.

In Figuur A.9 zetten de meest noordelijke zakbaak (rand 4) en de meest zuidelijke zakbaak (rand 8) het snelst en de zakbaken bij de noordelijke instroom opening (rand 3) en die in de compartimenteringsdam (rand 10) het langzaamst. Ook blijken er plotselinge overgangen in de mate van zetting op te treden tussen de diverse secties. De bovenkant van de rand zou het laagst liggen aan de zuidwest zijde van het gesloten compartiment. De zakbaakmetingen in de randen suggereren dat de hydrodynamische periode circa 2 tot 5 jaar duurt (zie Figuur A.9, ontleend uit [3]), waarna de zettingssnelheid duidelijk afneemt. De DSettle berekeningen laten zien dat deze periode langer duurt (ruim 8 jaar). Dit wordt 4 jaar als de consolidatie coëfficiënten met een factor 2 worden verhoogd.

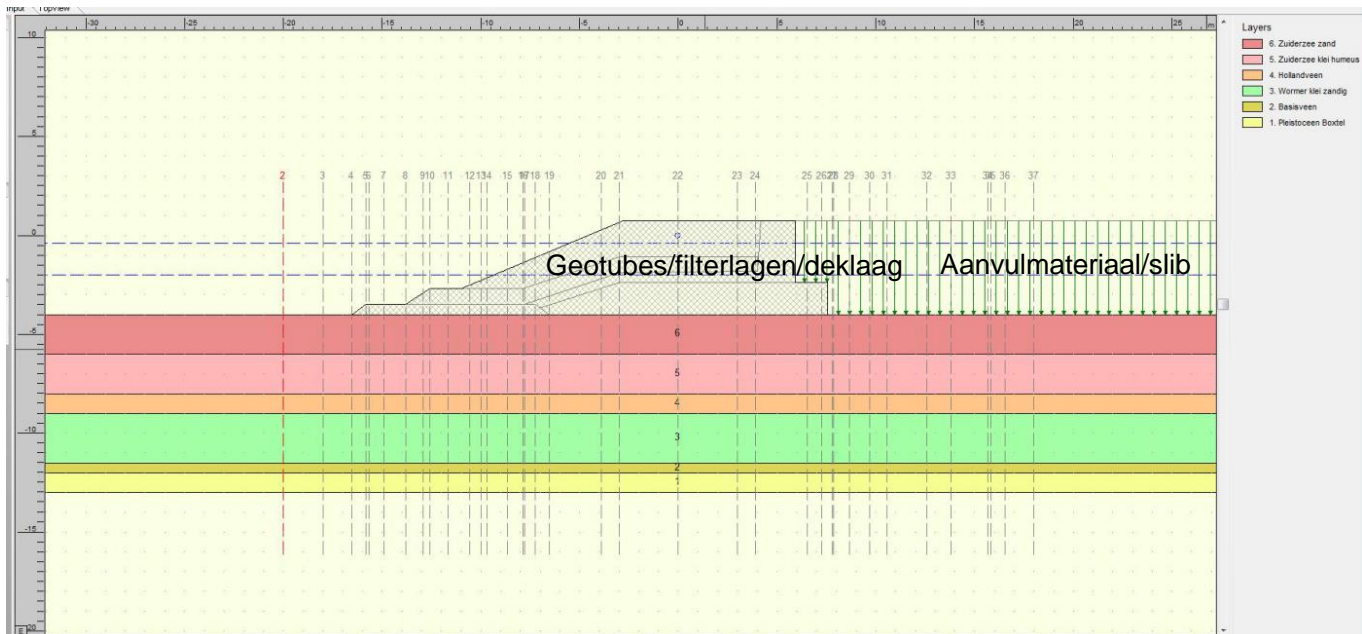


Figuur A.9 De zettingen van de randen vanaf 25 september 2013 tot 16 juni 2015 (730 dagen). Op 25 september 2013 is met behulp van sonderingen de onderzijde van de geocontainers vastgesteld en de zettingen uit de zakbaken zijn geplot vanaf deze datum (met 0 m zetting op 25 september 2013)

Er zijn zettingsberekeningen met DSettle uitgevoerd, zie bijlage C. De aanleg van de rand bij meetpunt 'rand 7' is aangehouden als referentie. Dit houdt in dat de DSettle berekening is gestart met een snelle ophoging vanaf de datum dat daar de eerste container werd geplaatst (op 18 juni 2013). 'Rand 7' bevindt zich aan de westzijde ter hoogte van de compartimenteringsdam.



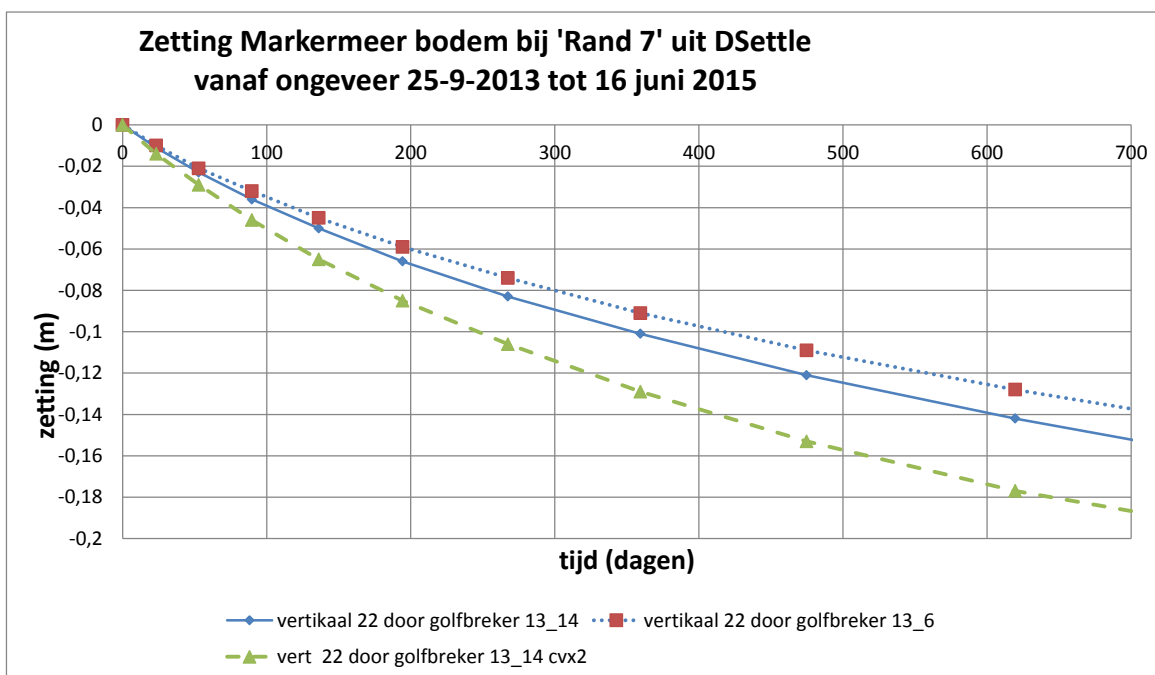
Het dwarsprofiel ziet er als volgt uit (zie Figuur A.10):



Figuur A.10 Voorbeeld DSettle ondergrond Sectie 13 profiel 14 met rand en slibvulling

Volgens DSettle treedt er op 16 juni 2015 (na 829 dagen voor de grondopbouw uit sectie 13) in totaal 42 cm tot 48 cm zetting op. In de eerste 99 dagen tot 25-09-2013 treedt er 15 cm tot 19 cm aan zetting op.

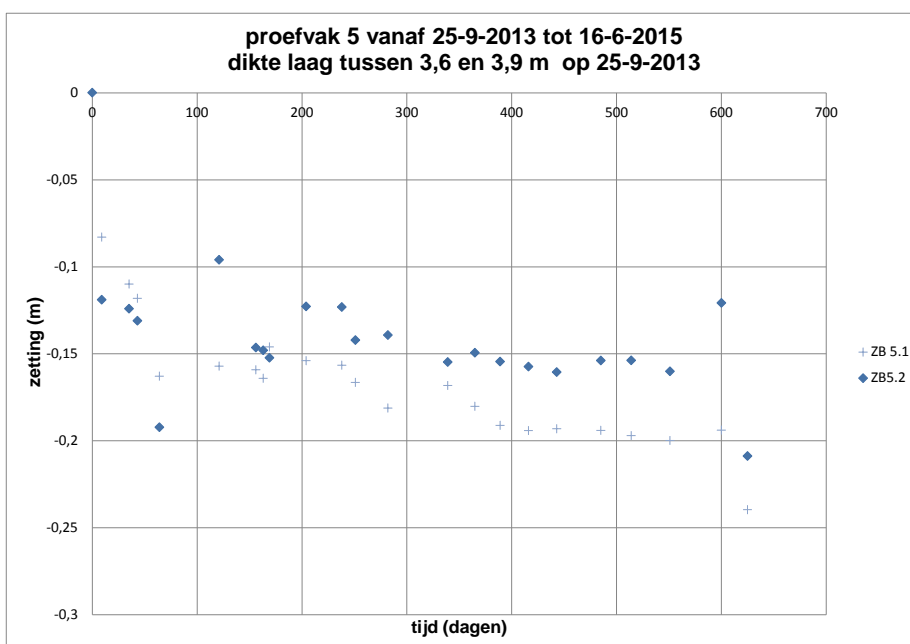
Figuur A.11 laat de zetting vanaf 25 september 2013 tot 16 juni 2015 zien en is grofweg te vergelijken met Figuur 2.9. Het verloop in zetting in beide figuren komt redelijk overeen, hoewel er flinke verschillen zijn in de gemeten waarden per zakbaak en de zakbaken een grotere zetting te zien geven dan de 13 tot 19 cm uit de DSettle berekeningen. Aan het einde van de hydrodynamische periode van ca. 8 jaren bedraagt de zetting 25 tot 28 cm (gerekend vanaf 25-9-2013) en met 2 maal grotere consolidatie coëfficiënten is deze 25 cm na 1500 dagen (dit is 4 jaren), wat qua grootte beter aansluit bij de zakbaakmetingen. Mogelijk is de grondopbouw lokaal iets ongunstiger dan wat volgt uit het probabilistische ondergrondmodel, zodat de zakbaken meer zetting laten zien. Na 30 jaar is de zetting met DSettle 27 cm tot 32 cm (gerekend vanaf 25-9-2013).



Figuur A.11 Zetting van rand voor typische grondopbouw Markermeerbodem (sectie 13 profielen 6 en 14 uit het stochastisch ondergrondmodel [1])

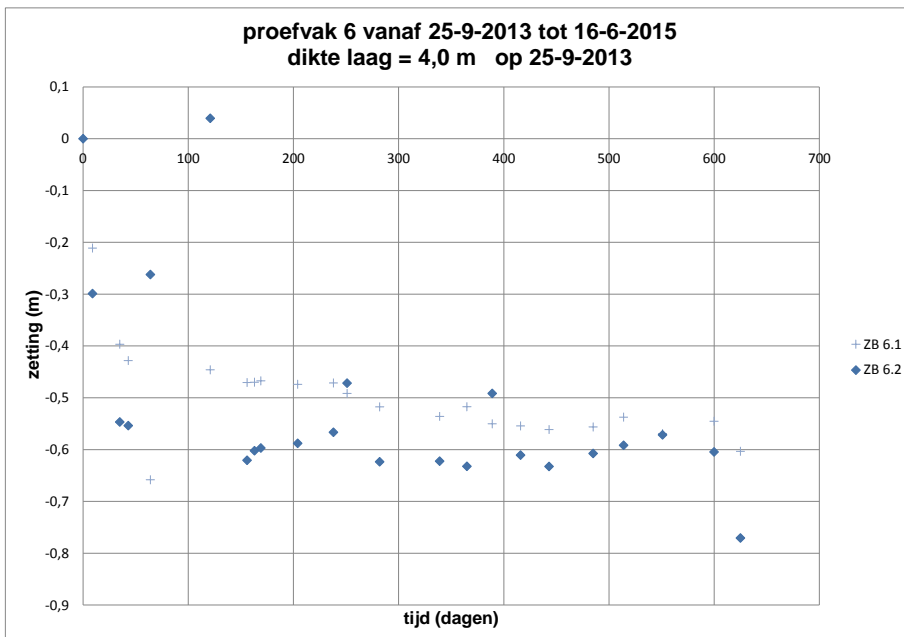
## A.6 Aanvulling met figuren proefvakken

Figuur A.12 laat zien dat het venige materiaal nauwelijks zet, ondanks de aangebrachte drainage.



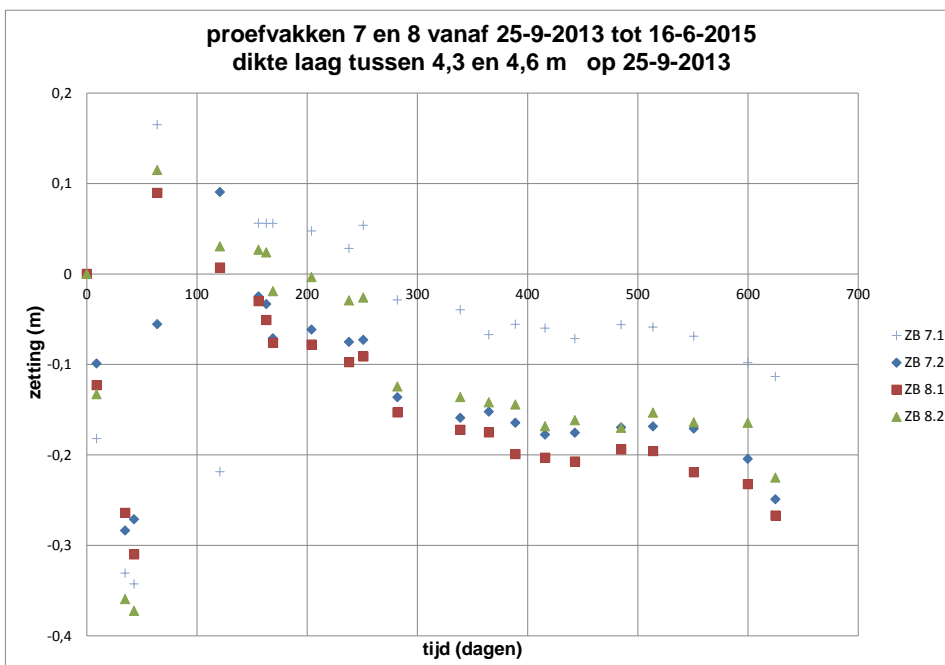
Figuur A.122 Zetting in proefvak 5 (met veenachtig materiaal), zoals gemeten met de zakkaken

Figuur A.13 laat zien dat het slib zich veel en snel zet, ,maar na 100 dagen gebeurt er niet veel meer.



Figuur A.133 Zetting in proefvak 6 (hydraulisch aangebracht slib), zoals gemeten met de zakbaken

Figuur A.14 laat zien dat de zakbaak metingen erg onbetrouwbaar zijn in de eerste 100 dagen. Er tekent zich wel een trend af na 200 dagen en er wordt niet duidelijk een eindzetting bereikt.



Figuur A.144 Zetting in proefvakken 7 en 8 (hydraulisch aangebracht slib), zoals gemeten met de zakbaken

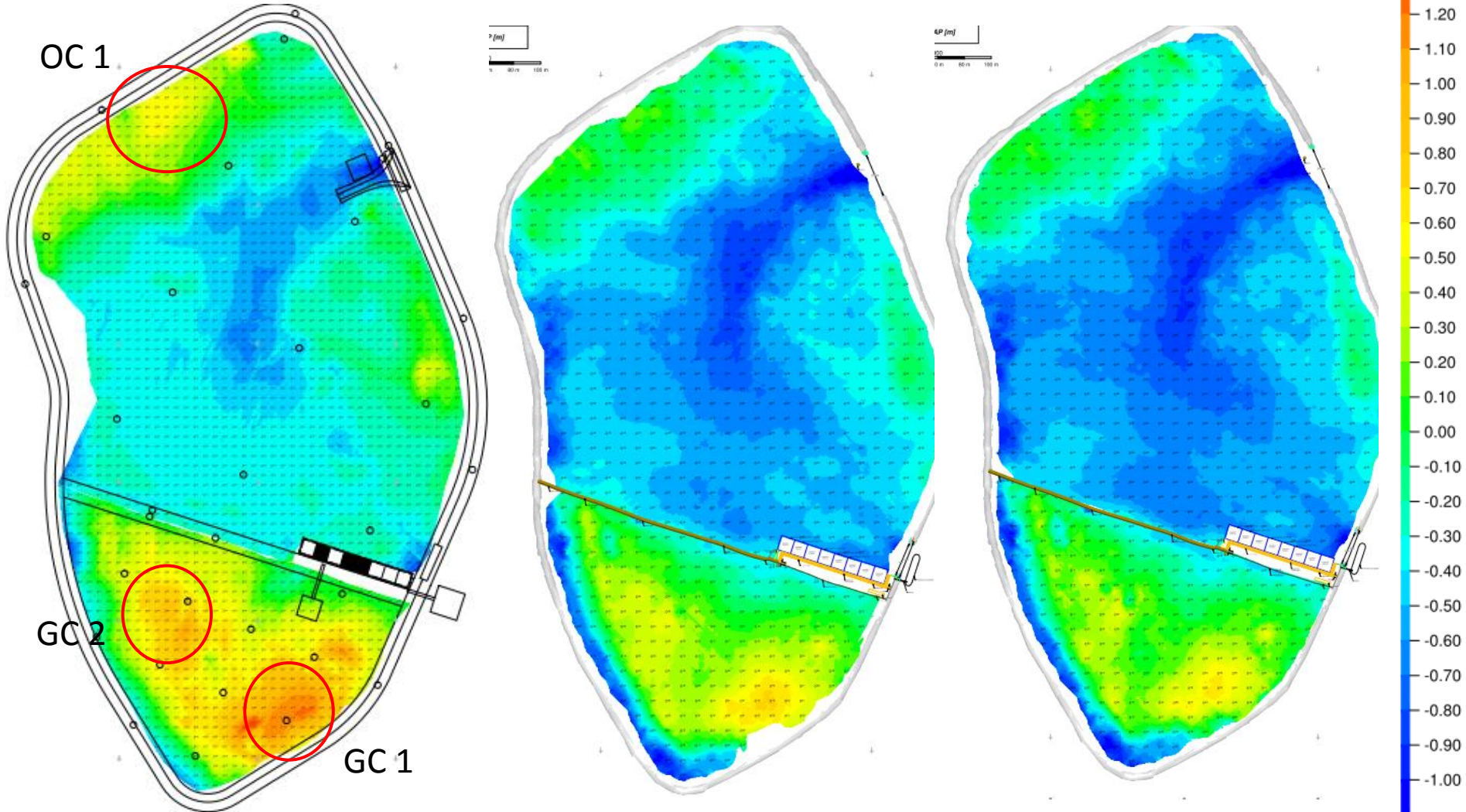
## **B Bijlage: hoogte profielen beide compartimenten**

# Gesloten compartiment Maaiveld hoogte uit Hovercraft metingen

14-1-2014 as built

29-9-2014

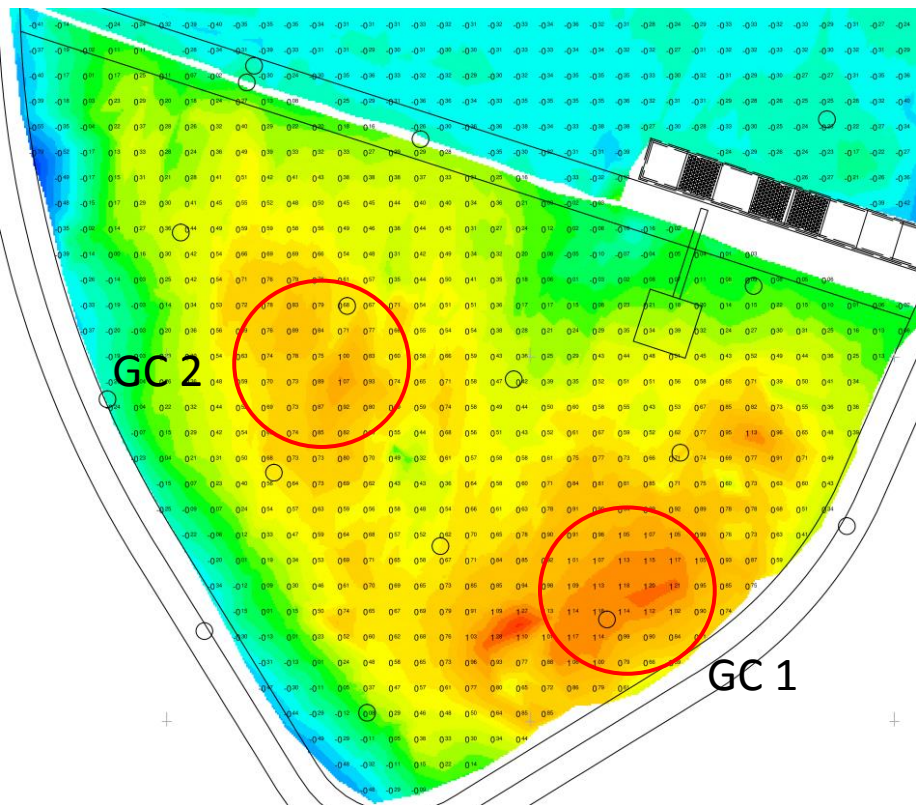
16-12-2014



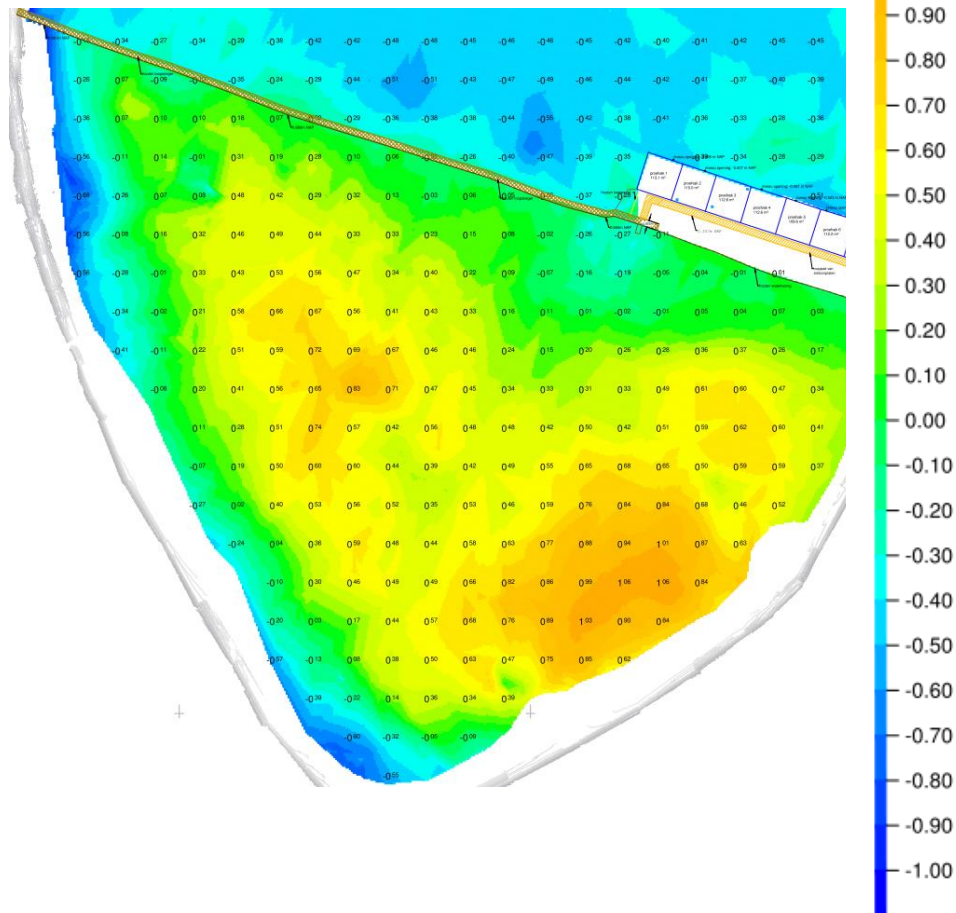


# Gesloten compartiment: maaiveld hoogte uit Hovercraft metingen

14-1-2014 as built



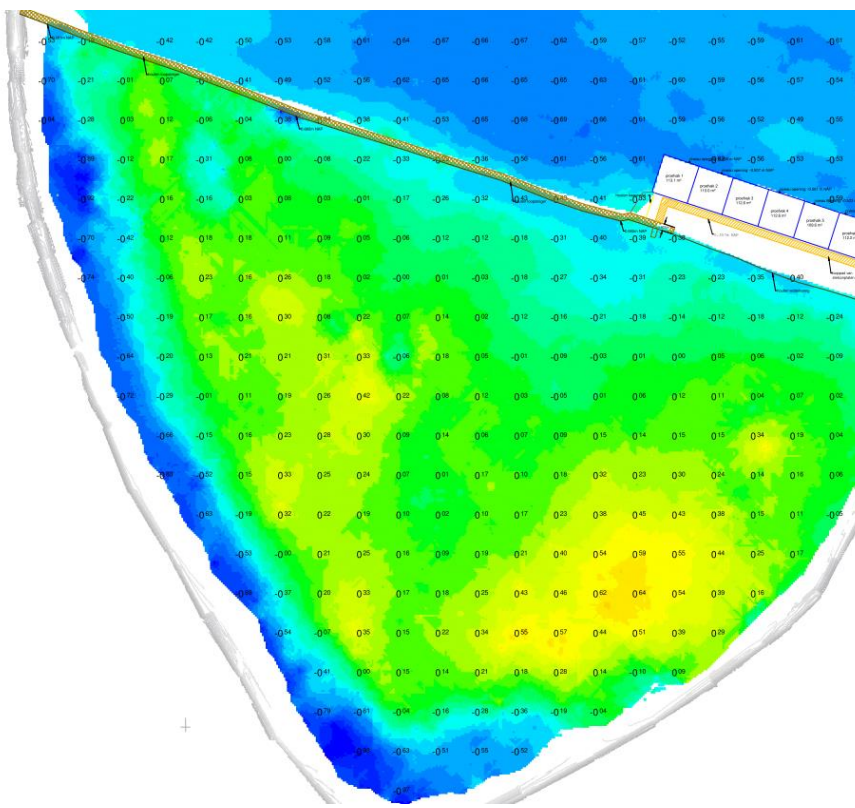
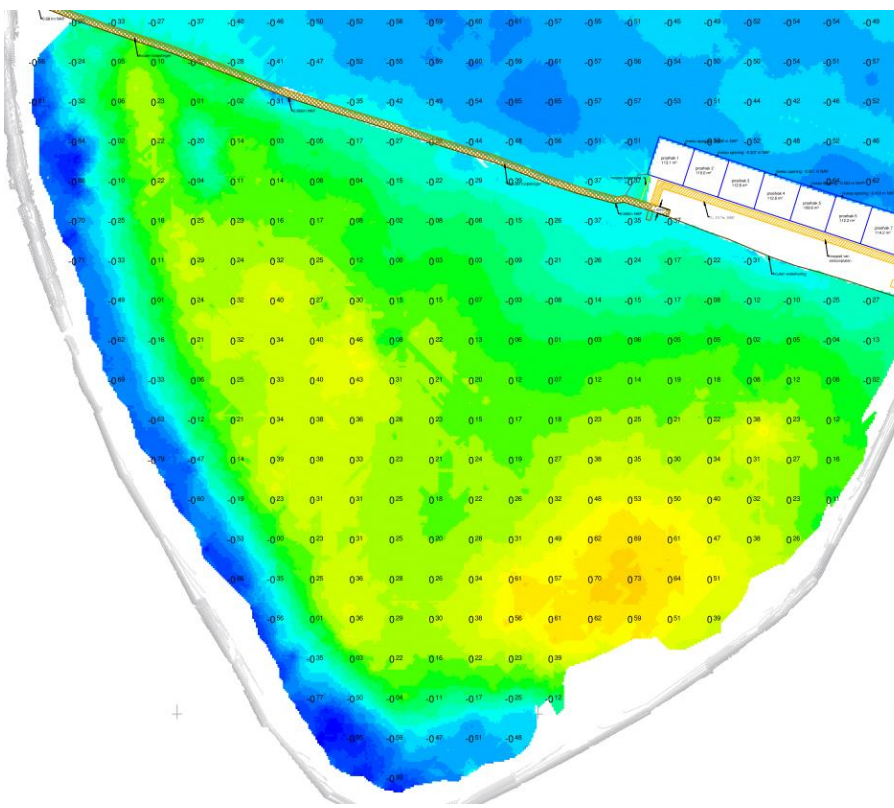
13-3-2014



Gesloten compartiment:  
maaiveld hoogte uit Hovercraft metingen

29-9-2014

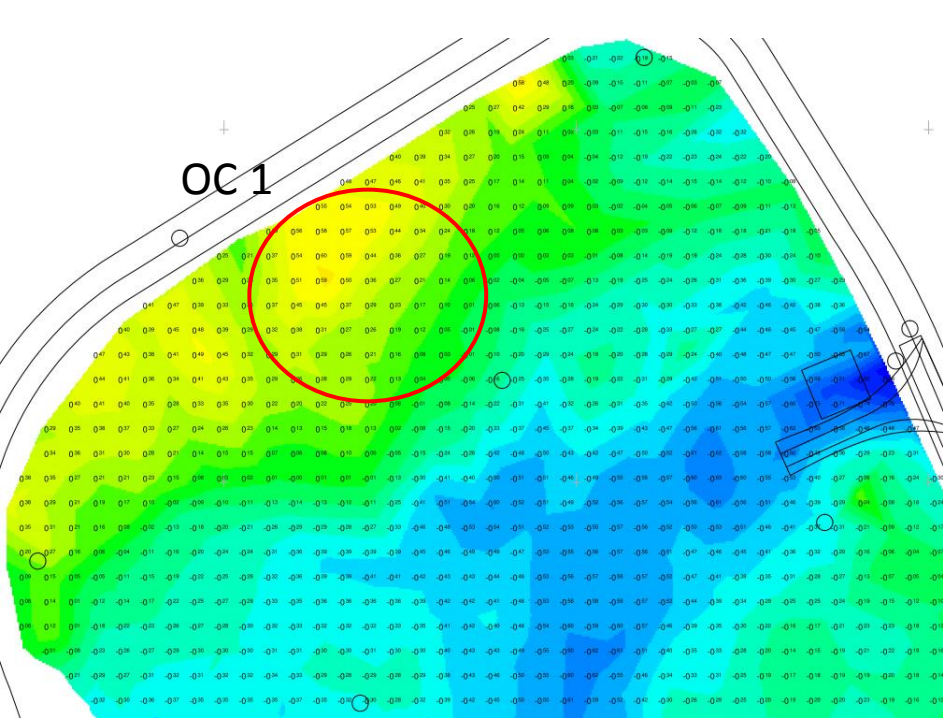
16-12-2014



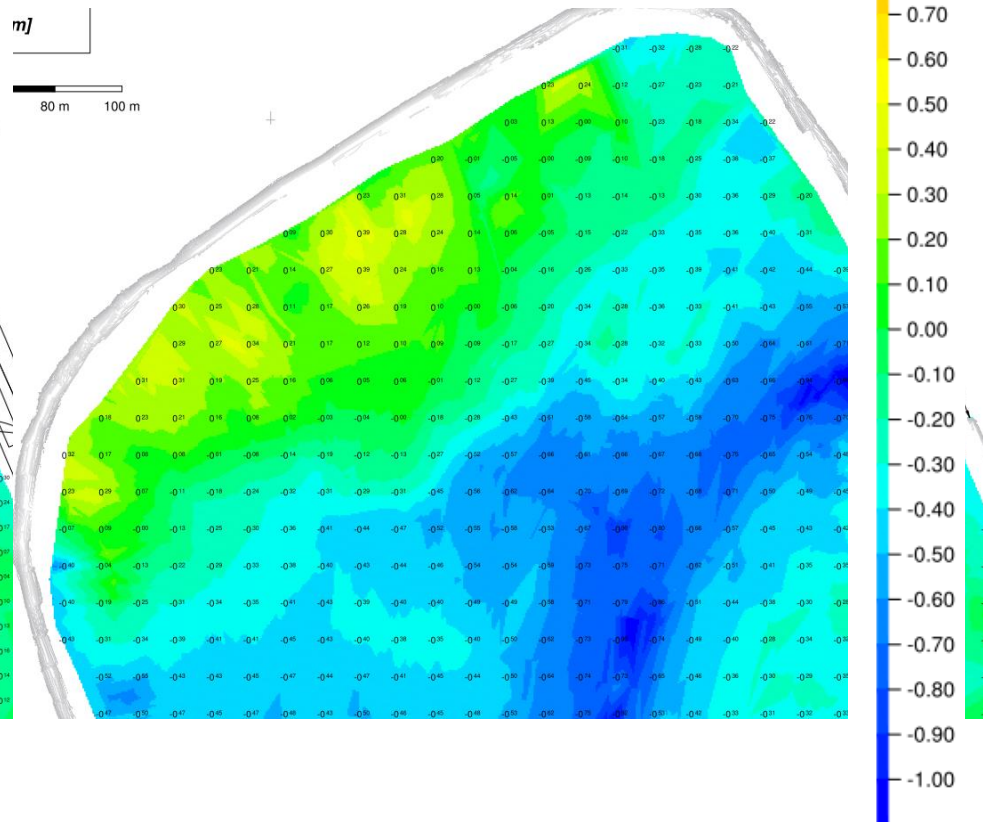


Deel uit open compartiment:  
maaiveld hoogte uit Hovercraft metingen

14-1-2014 as built



13-3-2014

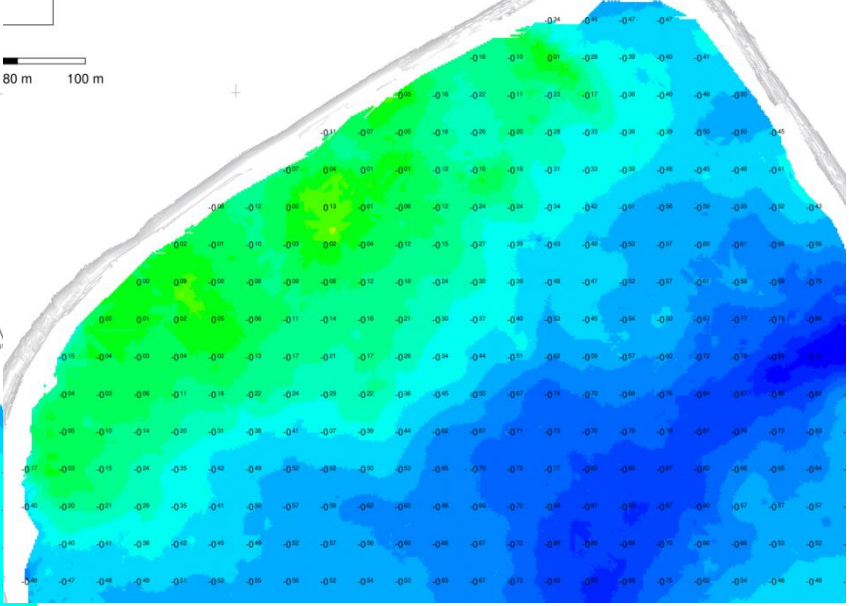
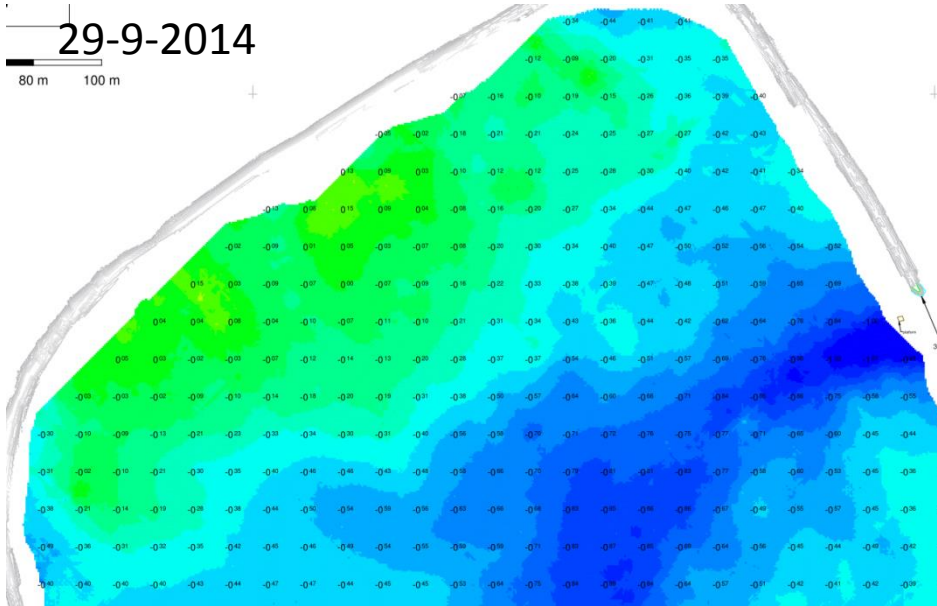




Deel uit open compartiment:  
maaiveld hoogte uit Hovercraft metingen

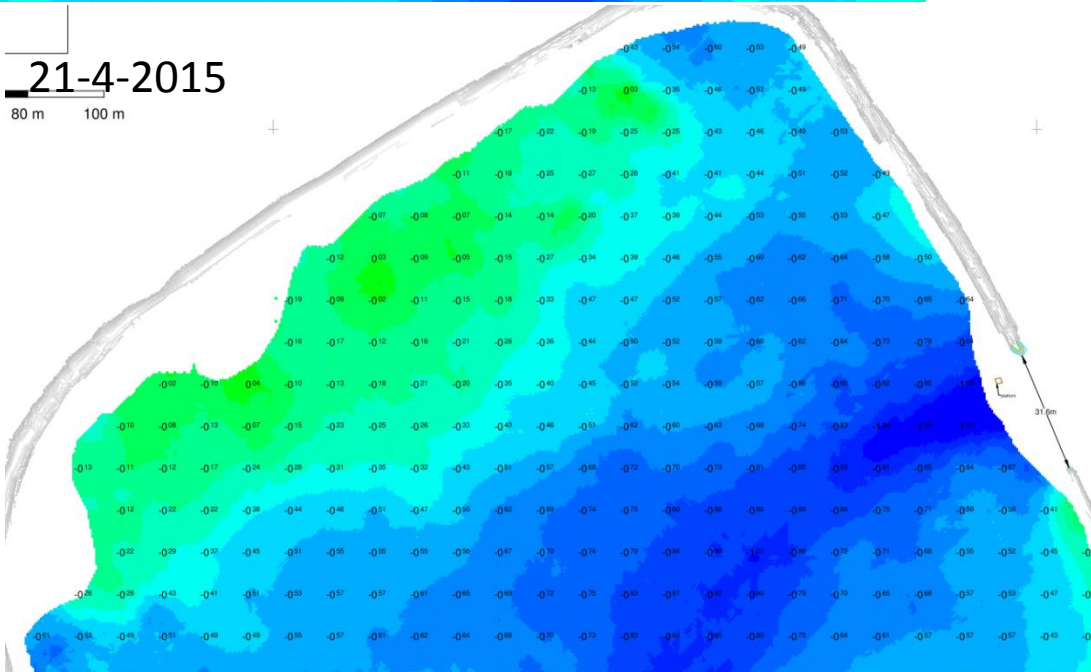
16-12-2014

29-9-2014



21-4-2015

80 m 100 m

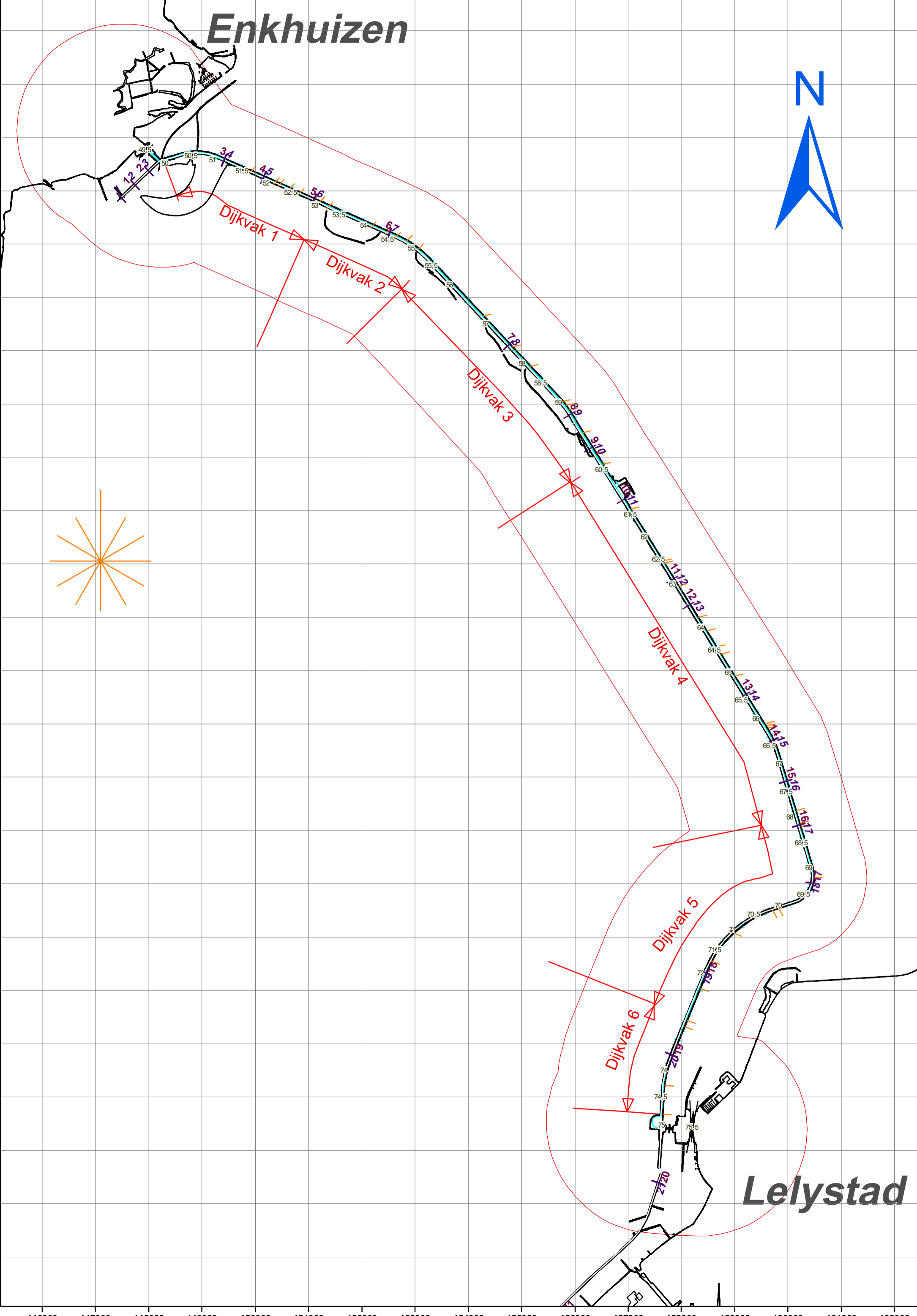
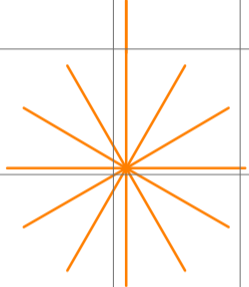
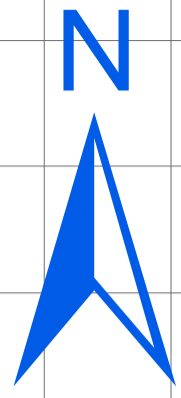


## **C Bijlage**

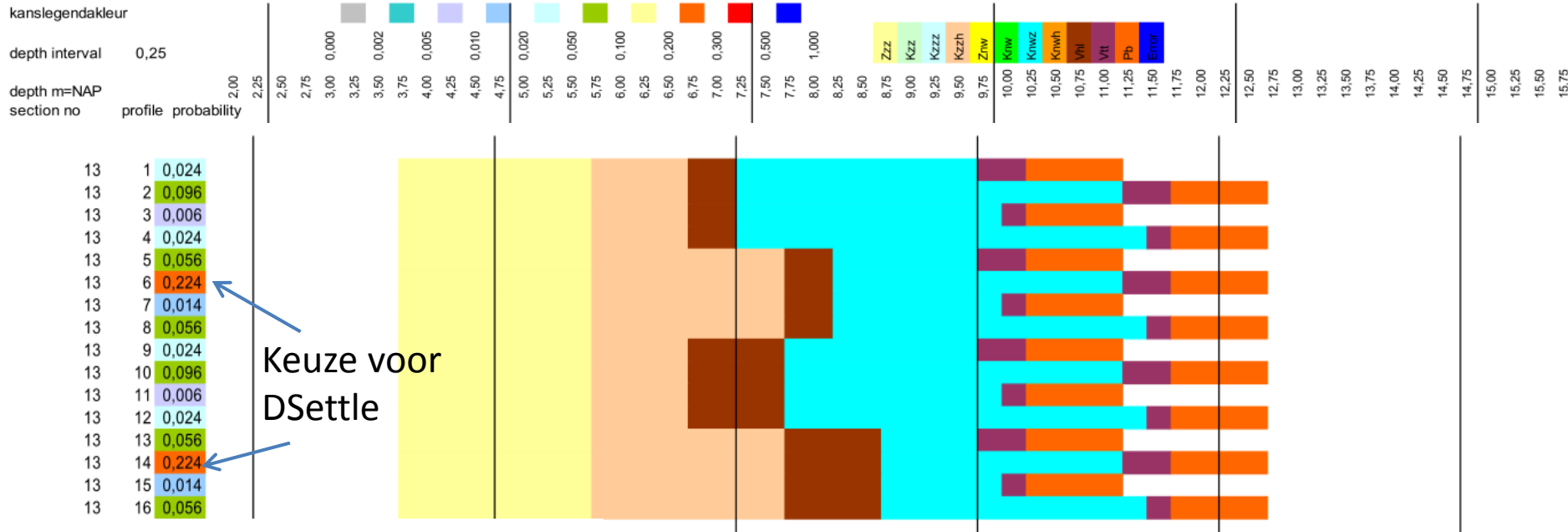
- C.1 Overzicht sectiegrenzen uit stochastisch ondergrondmodel bij Houtribdijk**
- C.2 Selectie ondergrondprofielen uit stochastisch ondergrondmodel**
- C.3 Invoer parameters DSettle berekeningen**

**Enkhuizen**

**Lelystad**



# Bijlage C.2 selectie ondergrondprofielen uit stochastisch ondergrondmodel



HOUTRIBDIJK		
grondsoort		
Zzz	Zuiderzee zand	z
Kzz	Zuiderzee klei	k
Kzzz	Zuiderzee klei zandig	k
Kzzh	Zuiderzee klei humeus	k
Znw	Wormer zand	z
Knw	Wormer klei	k
Knwz	Wormer klei zandig	k
Knwh	Wormer klei humeus	k
Vhl	Hollandveen	v
Vtt	Basisveen	v
Pb	Pleistoceen Bostel	z

## Bijlage C.3 Invoer DSettle rand pilot

Cv	
m <sup>2</sup> /s	
drained	Zuiderzee zand
6 * 10 <sup>-8</sup>	Zuiderzee klei
1 * 10 <sup>-7</sup>	Zuiderzee klei zandig
3 * 10 <sup>-8</sup>	Zuiderzee klei humeus
drained	Wormer zand
3 * 10 <sup>-8</sup>	Wormer klei
6 * 10 <sup>-8</sup>	Wormer klei zandig
1 * 10 <sup>-8</sup>	Wormer klei humeus
2 * 10 <sup>-8</sup>	Hollandveen
6 * 10 <sup>-8</sup>	Basisveen
	Pleistoceen:

In een tweede serie DSettle berekeningen zijn deze waarden voor de consolidatiecoëfficiënt Cv met een factor 2 verhoogd.

	γ nat [kN/m <sup>3</sup> ]	γ dr [kN/m <sup>3</sup> ]	MSettle	MStab input	OCR	Cp'	Cs'
			input				
			Cp	Cs			
Zuiderzee zand	18,5	17	800	1E+09	1,5	200	1E+09
Zuiderzee klei	16	16	84	1E+09	1,5	21	125
Zuiderzee klei zandig	17	17	2000	1E+09	1,5	500	60
Zuiderzee klei humeus	14	14	50	1E+09	1,5	12,5	70
Wormer zand	18	18	800	1E+09	1,5	200	1E+09
Wormer klei	14	14	50	1E+09	1,5	12,5	70
Wormer klei zandig	16	16	84	1E+09	1,5	21	125
Wormer klei humeus	13	13	40	1E+09	1,5	10	60
Hollandveen	10	4,5	25	1E+09	1,5	6,25	35
Basisveen	11	12	33,2	1E+09	1,5	8,3	50
Pleistoceen:	-	-	-	-	-	-	-
Steen:	20,2	16,2	-	-	-	-	-
Geotube zand	20	18	-	-	-	-	-

Pleistoceen is steeds heel stijf genomen.

materiaal	Nat volume gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Droog volume gewicht [kN/m <sup>3</sup> ]	Type belasting in DSettle
geotubes	20	18	non uniform load
filterlaag 1a	20,2	16,2	non uniform load
filterlaag 1c	20,2	16,2	non uniform load
filterlaag 2	20,2	16,2	non uniform load
deklaag	20,2	16,2	non uniform load
Aanvulmateriaal (slib)	18	18	non uniform load

PL-lijnen:

Pleistoceen = -2 m NAP

Freatisch vlak = waterstand Markermeer = -0,4 m NAP

### 3 Eindrapportage Morfodynamica



## RAPPORT

# Morfologische ontwikkeling Pilot Moeras

Klant: RWS

Referentie: RDCOR\_9V6742.A4\_R0198\_902199\_f

Versie: 01/Finale versie

Datum: 8 oktober 2015



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 151  
6500 AD Nijmegen  
Netherlands  
Rivers, Deltas & Coasts  
Trade registration number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**  
+31 24 323 93 46 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Morfologische ontwikkeling Pilot Moeras

Ondertitel:  
Referentie: RDCOR\_9V6742.A4\_R0198\_902199\_f  
Versie: 01/Finale versie  
Datum: 8 oktober 2015  
Projectnaam:  
Projectnummer: 9V6742.A4  
Auteur(s): Petra Dankers

Opgesteld door: Petra Dankers en Frederieke Doorn

Gecontroleerd door: Fred Haarman

Datum/Initialen: 8 oktober 2015 

Goedgekeurd door: Roelof Moll

Datum/Initialen: 8 oktober 2015 

Classificatie

Project gerelateerd



## Disclaimer

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.*



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1	Achtergrond	4
1.2	Doel en werkwijze	4
1.3	Onderzoeksvragen	4
1.4	Gebruikte literatuur	5
<b>2</b>	<b>Aanleg en Monitoring</b>	<b>6</b>
2.1	Metadata	6
2.2	Monitoringsprogramma	7
<b>3</b>	<b>Analyse morfologische ontwikkeling</b>	<b>9</b>
3.1	Morfologische onderdelen	9
3.2	Hydrodynamica	9
3.3	Randen	11
3.4	Compartimenten	12
3.4.1	Algemene ontwikkeling en visuele monitoring	12
3.4.2	Maaiveldhoogteontwikkeling	15
3.5	Geul	20
3.6	Buitengebied	23
3.7	Turbiditeit	27
<b>4</b>	<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>Beantwoording onderzoeksvragen</b>	<b>33</b>
5.1	Hoofdvraag H3	33
5.2	Subvragen H3	33
5.3	Hoofdvraag H7	38

## Bijlagen

### Maaiveld Plots

### WindRoses

### Troebelheid



## 1 Inleiding

### 1.1 Achtergrond

Aannemersbedrijf Fa. Gebr. van der Lee heeft in opdracht van Rijkswaterstaat in het Markermeer nabij de Houtribdijk tussen Trintelhaven en Lelystad een “proefmoeras” aangelegd. Deze “pilot moeras” is onderdeel van het innovatieve onderzoeksprogramma Natuurlijk(er) Markermeer – IJmeer (NMIJ). Hierin onderzoekt Rijkswaterstaat maatregelen die de ecologische kwaliteit van het Markermeer en IJmeer duurzaam verbeteren. Het proefmoeras is circa 10 hectare groot en is onderdeel van een onderzoek naar de technische haalbaarheid van de aanleg/realisatie van een “grootschalig” moeras op een slibrijke bodem. De aanleg ervan is gestart in 2013. Reeds tijdens de uitvoering is gestart met een zeer uitgebreid monitoringsprogramma welke als doel heeft de ontwikkeling van het proefmoeras nauwkeurig op te volgen.

Royal HaskoningDHV heeft van Aannemersbedrijf Fa. Gebr. van der Lee de opdracht gekregen om de tijdens de pilot verzamelde meetdata te analyseren met als doel deze aan te wenden ter beantwoording van een aantal door opdrachtgever Rijkswaterstaat geformuleerde onderzoeksvragen. In het kader van deze opdracht is onderhavige rapportage tot stand gekomen.

In deze rapportage wordt voor de onderzoeksvragen welke betrekking hebben op hydrodynamica en morfologie een antwoord geformuleerd.

### 1.2 Doel en werkwijze

Het doel van deze rapportage is inzicht geven in de hydrodynamische en morfologische processen welke een rol spelen in de ontwikkeling van de moeras pilot en de hydrodynamisch en morfologische effecten welke een gevolg zijn van de aanwezigheid van de moeras pilot. Hiertoe worden allereerst de monitoringsgegevens welke betrekking hebben op hydrodynamica en morfologie geanalyseerd. Dit geeft inzicht in de processen welke in het onderzoeksgebied spelen. Vervolgens is de analyse toegespitst op de beantwoording van de onderzoeksvragen met betrekking tot morfologie en hydrodynamica.

### 1.3 Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvraag en subvragen zullen op basis van de verzamelde gegevens en op basis van algemene kennis worden beantwoord:

Nr	Onderzoeksvraag	Subvraag
H3	Welke Hydro- en morfodynamiek is wenselijk voor het realiseren van een duurzaam moeras (= een zich zelf in stand houdend moerasgebied van enige omvang d.w.z. zonder al te veel beheerinspanning functionerend)?	Welke morfologische processen zijn te herkennen in de pilot (erosie en sedimentatie van zowel de buitenrand als in de compartimenten)? Op welke locaties vinden de morfologische processen plaats en hoe houden deze verband met events (stormen) en reguliere weersomstandigheden?
H7	Hoe kan gefaseerde aanleg van het grootschalige moeras het best worden uitgevoerd? (Modulaire opzet?)	

De eerste vraag, H3, is gerelateerd aan morfologie en zal o.a. aan de hand van de hier gepresenteerde data worden beantwoord. Vraag H7 is slechts deels gerelateerd aan morfologie maar zal toch in het hoofdstuk "Beantwoording onderzoeksvragen" worden behandeld omdat deze vraag niet in één van de andere deelrapporten aan bod komt.

## 1.4 Gebruikte literatuur

De beschrijving van de morfologische ontwikkeling en de beantwoording van de onderzoeksvraag en subvragen gebeurt o.a. aan de hand van de monitoringsresultaten welke tijdens de monitoringsperiode zijn verzameld. Deze monitoringsresultaten zijn deels opgenomen in onderliggende rapporten. De voor deze rapportage gebruikte documenten en gegevens zijn opgenomen in Tabel 1. Daarnaast is voor de beantwoording van de onderzoeksvragen gebruik gemaakt van algemene kennis.

Tabel 1: Overzicht gebruikte literatuur en gegevens

Document	Documentnummer	Datum	Opgesteld door
Monitoringsdossier Bijlage B – Data analyse	P13078	Gehele monitoringsperiode	NORTEK Oceanografische Instrumenten en Diensten B.V.
Excelbestanden –Verwerkte data Nortek	FL63 Campbell.xlsx FL64 Campbell.xlsx 2100 NM01.xlsx	14-09-2015	NORTEK Oceanografische Instrumenten en Diensten B.V.
Geonique xyz-data	Geonique.zip	14-09-2015	Geonique
Monitoringsdossier Bijlage A		Gehele monitoringsperiode	Gebr. Vd Lee

## 2 Aanleg en Monitoring

### 2.1 Metadata

Tabel 2: Overzicht mijlpaaldata aanlegfase

Mijlpaal	datum
1e container	18-6-2013
1e container 2e laag	28-6-2013
laatste container 2e laag Gesloten Compartiment	24-7-2013
start baggerwerkzaamheden	5-8-2013
laatste container 2e laag Open Compartiment	22-8-2013
Eerste stortsteen	18-9-2013
Invaaropening - tussenkade gesloten	5-10-2013
Invaaropening - Open Compartiment gesloten	31-10-2013
Laatste stortsteen	19-11-2013
Baggerwerkzaamheden gereed (eiland vol)	27-11-2013

Tabel 3: Overzicht belangrijke werkzaamheden beheer- en monitoringsfase

Datum		Werkzaamheden
van	tot	
06-10-14	09-10-14	Fugro handboringen
16-12-14		Monitoringsbezoek + Fugro boringen in proefvak 7+8 en vintesten
02-03-15	05-03-15	Aanvoer materieel/materiaal voor werkzaamheden klei onder looppad
06-03-15	27-03-15	Klei verwerken onder looppad, houten schot aanbrengen
27-03-15		Nortek onderhoudsbezoek + gaten gebrand in proefvakken 7+8
03-04-15		Vervolg klei verwerken onder looppad + met klei versterken van dijkje in gesloten compartiment
03-04-15		Herstel stormschade (looppad hersteld, vegetatiegebied opgeruimd)
10-04-15	13-04-15	aanvoer materieel naar Kwelderwerken
14-04-15	22-04-15	Opscheppen en verwerken slib Kwelderwerken

## 2.2 Monitoringsprogramma

In en rond het moeras zijn 4 meetpalen geplaatst. Twee palen buiten het moeras (FL63, FL64) en twee palen in het moeras (2100 NM01 en 2101 NM02). Meetpaal FL63 is hierbij bedoeld als referentie paal. Een overzicht van de sensoren en gemeten parameters op de verschillende meetpalen is gegeven in Tabel 4.

Monitoring is gestart op 5 juli 2013 voor meetpaal FL63 en 8 augustus voor meetpaal FL64. Voor de overige twee meetpalen is monitoring gestart op 11 maart 2014

De morfologische monitoring bestond uit de volgende onderdelen:

- visuele opname van erosie en sedimentatieprocessen van buitenranden, in instroomopeningen en in de compartimenten (maandelijks), gekoppeld aan coördinatenstelsel;
- meting van erosie- en sedimentatiepatronen tot een afstand van 200 m vanaf de waterlijn van de pilot oevers (halfjaarlijks gebiedsdekkend meten, gekoppeld aan coördinatenstelsel, voor en na stormseizoen zodat verschilkaarten kunnen worden gemaakt);
- meting van drie dwarsprofielen in aan te leggen geul in het hydraulisch open compartiment (direct na aanleg geul en 2 en 4 maanden na aanleg);
- maaiveldmetingen van beide compartimenten maandelijks en na gereed aanleg per kwartaal.

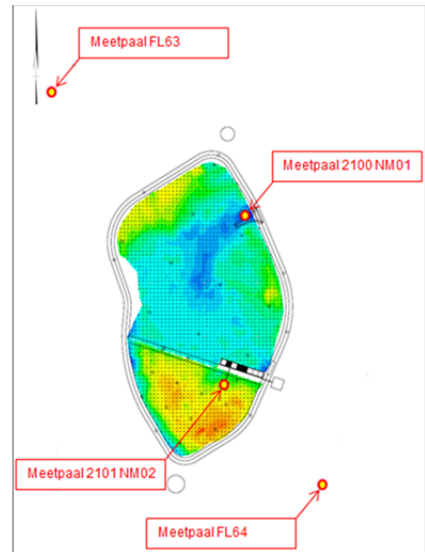
Tabel 4: Overzicht monitoringsprogramma

Instrument	Parameter	Naam/kenmerk	Eenheid
Windsensor	Windsnelheid gemiddeld	WSgem	(m/s)
	Windsnelheid max	WSmax	(m/s)
	Windrichting gemiddeld	WRgem	Graden
Stappenbaak	Waterniveau gemiddeld	WaterLevel_AVG_S	(mNAP)
	Significante golfhoogte	Hm0	(m)
OBS1	Troebelheid sensor diep	OBS_Turbidity_1_Avg	(NTU)
OBS2	Troebelheid sensor ondiep	OBS_Turbidity_2_Avg	(NTU)
ADCP	Stroomsnelheid	V	(m/s)
	Stroomrichting	D	(Graden)
Datalogger	Batterij voltage	Batt_Voltage_Avg	(V)

Tabel 1. Overzicht parameters en sensoren meetpaal FL63

Instrument	Parameter	Naam/kenmerk	Eenheid
Stappenbaak	Waterniveau gemiddeld	WaterLevel_AVG_S	(mNAP)
	Significante golfhoogte	Hm0	(m)
OBS1	Troebelheid sensor diep	OBS_Turbidity_1_Avg	(NTU)
OBS2	Troebelheid sensor ondiep	OBS_Turbidity_2_Avg	(NTU)
ADCP	Stroomsnelheid	V	(m/s)
	Stroomrichting	D	(Graden)
Datalogger	Batterij voltage	Batt_Voltage_Avg	(V)

Tabel 2. Overzicht parameters en sensoren meetpaal FL64



Instrument	Parameter	Naam/kenmerk	Eenheid
Druksensor	Waterniveau gemiddeld	WaterLevel_AVG_S	(mNAP)
Temperatuursensor	Temperatuur	TEMPC_Avg	(°C)
OBS	Troebelheid sensor	Turbidity	(NTU)
ADCP	Stroomsnelheid	velMAG	(m/s)
	Stroomrichting	velDir	(Graden)
	Significante golfhoogte	Hm0	(m)
Datalogger	Batterij voltage	Batt_Voltage_Avg	(V)

Tabel 3. Overzicht parameters en sensoren meetpaal 2100 NM01

Instrument	Parameter	Naam/kenmerk	Eenheid
Druksensor	Waterniveau gemiddeld	WaterLevel_AVG_S	(mNAP)
	Significante golfhoogte	Hm0	(m)
Temperatuursensor	Temperatuur	TEMPC_Avg	(°C)
OBS	Troebelheid sensor	Turbidity	(NTU)
Datalogger	Batterij voltage	Batt_Voltage_Avg	(V)

Tabel 4. Overzicht parameters en sensoren meetpaal 2101 NM02

### 3 Analyse morfologische ontwikkeling

#### 3.1 Morfologische onderdelen

Ten behoeve van deze morfologische analyse is het moeras opgedeeld in verschillende morfologische eenheden. Te weten randen, compartimenten, de geul, openingen en het buitengebied. Voor al deze eenheden is, voor zover de data hiervoor beschikbaar was, een analyse gemaakt van de veranderingen in de tijd en de reden waarom deze veranderingen opgetreden zijn. Daarnaast is een algemeen beeld gegeven van de hydrodynamica en wordt een analyse uitgevoerd van de turbiditeit in en rondom het projectgebied.

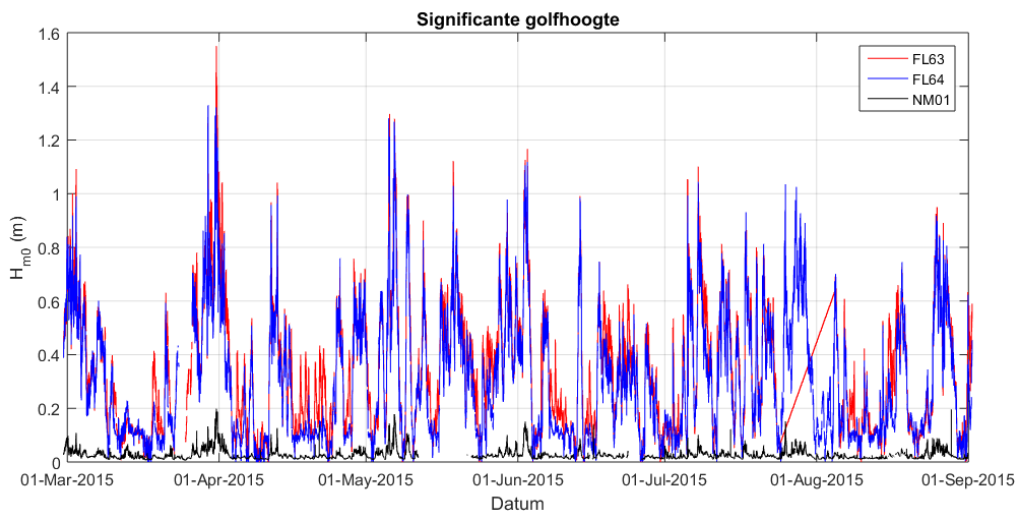
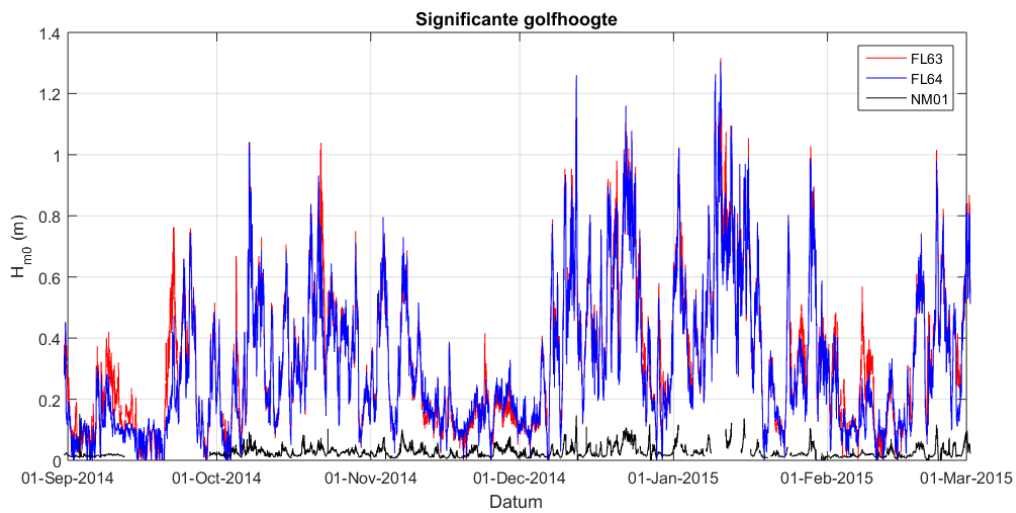
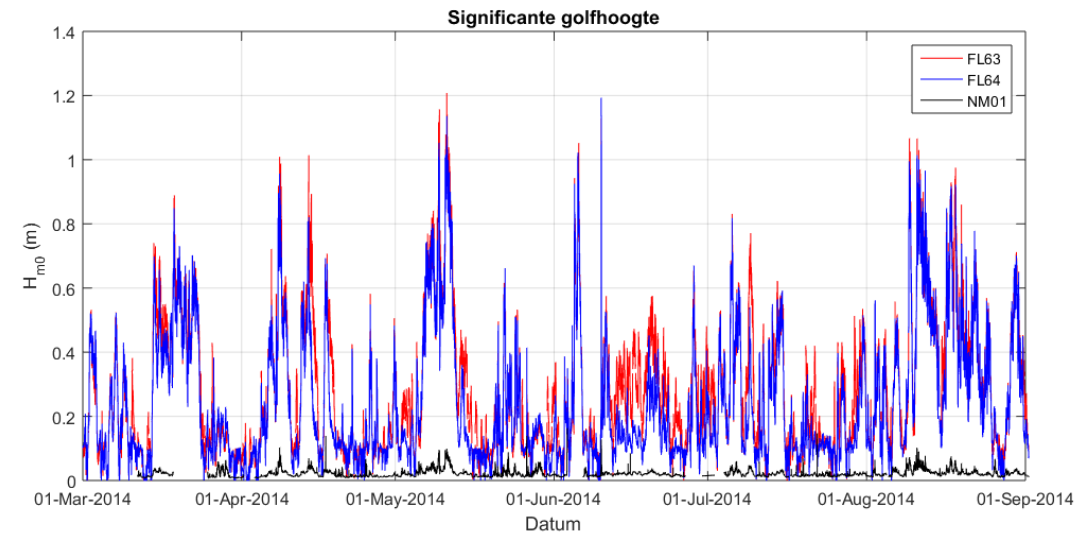


*Figuur 1: Pilot moeras met morfologische eenheden*

#### 3.2 Hydrodynamica

Morfologische veranderingen zijn een gevolg van wind, golven en stroming, de hydrodynamica. Tijdens de gehele monitoringsperiode zijn verschillende hydrodynamische parameters gemeten waar in de morfologische analyse naar wordt verwezen. De belangrijkste parameter voor de morfologische ontwikkeling, in dit geval de golven, wordt weergegeven in Figuur 2. In Bijlage 2 zijn windgegevens opgenomen. Detailinformatie over de overige hydrodynamica parameters is terug te vinden in de deelrapporten hydrodynamica.





Figuur 2: Significante golfhoogte gemeten op referentie meetpaal FL63 in, achtereenvolgens, eerste semester 2014, tweede semester 2014, eerste semester 2015

De significante golfhoogte is gemeten op drie verschillende locaties; FL63 (referentiepaal), FL64 (paal in de luwte) en NM01 (paal in opening moeras). De significante golfhoogtes bij FL63 en FL64 komen sterk overeen en hebben dezelfde magnitude met maxima van ongeveer 1,2 m. De golfhoogte bij NM01 heeft een veel lagere magnitude, orde centimeters met maxima van 0,2 m, maar volgt wel hetzelfde patroon van pieken en dalen. De golfhoogte bij NM01 is veel lager omdat deze meetpaal in het moeras zelf ligt en de golven al worden gebroken voor ze de meetpaal bereiken.

Gedurende het grootste deel van de meetperiode is de gemeten golfhoogte bij FL63 groter dan of gelijk aan de hoogte bij FL64. De verschillen liggen in de orde centimeters en in sommige gevallen een tiental centimeters. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de aanwezigheid van het moeras in beperkte mate zorgt voor een luwtegebied in het achterliggende gebied. Alleen eind november 2014 is de golfhoogte bij FL64 gedurende enige tijd hoger dan de golfhoogte bij FL63. Dit is een periode met wind uit de richting OZO. Bij deze windrichting ligt FL64 niet in de luwte en de FL63 juist wel.

Gedurende de wintermaanden zijn de verschillen tussen FL64 en FL63 minimaal en is de golfhoogte bij FL64 zelfs een periode hoger. Tijdens de zomermaanden zijn de verschillen echter groter en is de golfhoogte bij FL63 vaak hoger. Deze tegenstelling tussen winter en zomer valt samen met een verschil in overheersende windrichting tijdens de zomer en wintermaanden. De wintermaanden zijn gekenmerkt door een meer zuidelijke wind terwijl in de zomermaanden een meer westelijke wind overheerst. De ligging van de beide palen ten opzichte van het moeras en de houtribdijk samen met de windrichting verklaren het verschil in golfhoogte. Bij wind uit het noorden en westen ligt paal FL64 in de luwte van het moeras terwijl FL63 onbeschermd is. Bij wind uit het zuiden zijn de condities voor beide palen meer gelijk en zijn beide onbeschermd.

### 3.3 Randen

De randen bestaan uit geocontainers, geotubes en stortsteen. De geocontainers en tubes zijn gevuld met zand. Gezien het feit dat harde en stevige materialen zijn gebruikt om de randen vorm te geven is het niet waarschijnlijk dat veel morfologische veranderingen optreden aan de randen zelf. De voornaamste verandering aan de randen bestaat uit een verlies van hoogte. Er zijn drie oorzaken van dit verlies aan hoogte. Deels is dit een gevolg van het uitzakken (uit vorm raken) van de geocontainers. Deels is het hoogteverlies een gevolg van consolidatie van de ondergrond ten gevolge van het gewicht van de randen op de ondergrond (de bodem van het meer). De consolidatie of zetting van de ondergrond wordt uitgebreid beschreven in de geotechnische analyse. Een derde oorzaak van het hoogteverlies is het verlies en/of verplaatsen van stortstenen tijdens stormen. In Figuur 3 is duidelijk te zien dat in augustus 2015 (bijna 2 jaar na aanleg) er grote verschillen zijn ontstaan in de hoogteligging van de rand.





*Figuur 3: Hoogteverschillen in rand augustus 2015. De gebieden liggen naast elkaar.*

## 3.4 Compartimenten

### 3.4.1 Algemene ontwikkeling en visuele monitoring

De aanleg van de compartimenten was afgerond op 27 november 2013. In feite is dit het startpunt van de morfologische ontwikkeling. Wel zijn er in de periode daarna nog verschillende zaken aangepast. Deze aanpassingen zijn terug te vinden in tabel 2. De eerste metingen van het maaiveld dateren van 25 januari 2014. In veel gevallen wordt de morfologische ontwikkeling dan ook vanaf deze datum beschreven. Wat betreft de visuele monitoring (morfologische veranderingen) richten wij ons voornamelijk op het gesloten compartiment. Een groot deel van dit compartiment ligt boven water waardoor visuele inspectie gemakkelijk verloopt.

**Mei 2014** - Vanaf de aanleg is **uitdroging van de toplaag** opgetreden. Tijdens een bezoek aan het gebied in mei 2014 zijn duidelijk krimp-scheuren in de klei zichtbaar. De toplaag is uitgedroogd en gerijpt. Korstvorming is opgetreden en het gebied is enigszins beloopbaar. In de scheuren tussen de kleiblokken is de grond nog duidelijk vochtig. In deze scheuren zijn de eerste planten te herkennen. Opvallend is de grote hoeveelheid schelpresten in het materiaal. In het gehele compartiment komen deze **schelpresten** voor. Voor een groot deel zijn deze schelpresten opgemengd in het opgebrachte materiaal, ze zitten als het ware vast in de kleiblokken. Een deel van de schelpresten bevindt zich als los schelpengruis op het maaiveld.



*Figuur 4: Gesloten compartiment met uitgedroogde toplaag, 7 mei 2014*





*Figuur 5: Krimpscheuren en schelpenresten in klei, 7 mei 2014*

**Augustus 2015** – Ruim een jaar later ligt het gesloten compartiment er geheel anders bij. De opvallendste veranderingen worden hieronder genoemd waarbij ook wordt ingegaan op de ontwikkeling gedurende het afgelopen jaar, de oorzaken van de veranderingen en de te verwachten toekomstige ontwikkeling.

Opvallend is de **uitgebreide begroeiing** van het gebied. Het eerste groeiseizoen (2014) waren slechts mondjesmaat planten aanwezig. Waarschijnlijk omdat de bodem nog niet voldoende gerijpt was voor plantengroei. In het tweede groeiseizoen is het gehele droogliggende gebied begroeid (figuur 6). De aanwezigheid van begroeiing zal effect hebben op de toekomstige morfologische veranderingen. De planten beschermen de toplaag van het sediment tegen erosie. Tijdens stormen, als het gehele gebied onder water staat, zal erosie van de toplaag veel minder optreden dan in de voorbije periode. Dit betekent echter niet dat erosie niet optreedt. De erosie van sedimentdeeltjes vanaf de toplaag treedt minder op (tijdens de zomerperiode), massa-erosie zal echter wel optreden. Massa-erosie is de erosie van grotere delen, vaak langs al bestaande breuklijnen of zwakke plekken (bijvoorbeeld de krimpscheuren in Figuur 5). Het belang van massa erosie wordt hieronder beschreven.



*Figuur 6: Boveraanzicht van het gesloten compartiment 19 augustus 2015*

Langs de randen van het boven water gelegen deel zijn **steilranden** te herkennen (Figuur 7). Deze steilranden komen langs de gehele geëxponeerde rand voor. Alleen het boven water gelegen deel dat aan de binnenrand grenst (in Figuur 6 rechtsonder te zien) heeft geen steilranden maar een geleidelijk profiel van droog naar nat. De steilranden zijn ontstaan ten gevolge van golfaanval en de daaruit resulterende massa-erosie.



*Figuur 7: Steilranden*

Dat deze golfaanval op zo'n grote schaal erosie heeft kunnen veroorzaken heeft twee redenen:

- De buitenrand van de pilot is doorlaatbaar. De stortstenen welke bovenop de geotubes liggen beschermen de pilot enigszins maar ze zijn niet waterdicht. Water kan gemakkelijk tussen de stenen door komen. Dit is tijdens elk bezoek ook duidelijk zichtbaar geweest. Golven lopen als het ware door de stortstenen heen. Tijdens normale weersomstandigheden is er daarmee een continue lichte golfaanval op de buitenranden van het opgebrachte materiaal. Deze aanval vindt veelal op dezelfde hoogte (m +NAP) plaats. Dit zorgt voor de vorming van steilranden.
- De buitenranden liggen lager dan gepland. Dit is het gevolg van een grotere zetting van de ondergrond dan verwacht, het aanbrengen van meer stortsteen dan gepland (zwaarder) en het uitzakken van de geocontainers. Tijdens rustig weer en normale omstandigheden beschermt de rand het binnengelegen gebied. Bij iets hogere golven zullen de golven gemakkelijk over de rand heen komen en steilranden kunnen veroorzaken. Tijdens stormen wordt de gehele rand gemakkelijk overspoeld. Er kan dan zowel massa-erosie optreden bij de steilranden (de uitgedroogde blokken klei eroderen als blok waarna ook weer gemakkelijker kleine sedimentdeeltjes van de blokken kunnen eroderen) als erosie van het oppervlak van het gehele gebied, zogenaamde oppervlakte erosie waarbij sedimentdeeltjes individueel van het oppervlak loskomen.

Al tijdens de eerste bezoeken aan de pilot is opgevallen dat achter de stortstenen rand aan de zuidwest zijde een erosielaagte is ontstaan. In eerste instantie heeft deze erosielaagte nog een enigszins beperkte omvang. In de eindfase van het project, augustus 2015, is dit gebied flink uitgebreid, tot enkele tien tellen meters breed en tot 1,5 m diep, en is vrijwel het gehele gesloten compartiment omringd door een erosielaagte. Ook de ontwikkeling van de erosielaagte is terug te voeren op de lage, water doordringbare randen. In het stuk over maaiveldontwikkeling wordt hier verder op ingegaan. In Figuur 8 worden foto's gepresenteerd waarin de ontwikkeling van de erosielaagte is te volgen.



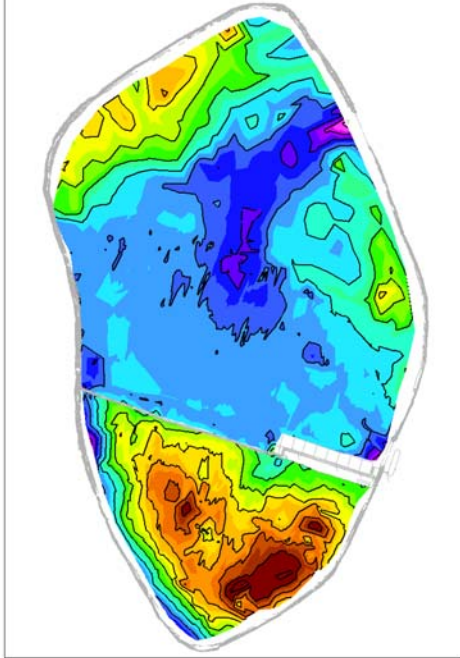
*Figuur 8: Ontwikkeling van de erosielaagte in het gesloten compartiment op respectievelijk 19 februari 2014, 26 augustus 2014 en 19 augustus 2015*

### 3.4.2 Maaiveldhoogteontwikkeling

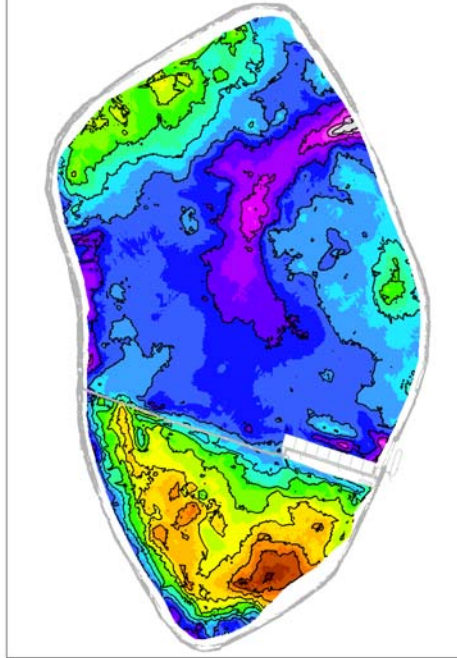
Tijdens de monitoringsperiode is elke maand een maaiveldhoogtemeting uitgevoerd. De resultaten van deze metingen zijn opgenomen in Bijlage 1. Een aantal figuren uit de bijlage is hieronder ook opgenomen en toegelicht. In Figuur 9 zijn opeenvolgend de maaiveldhoogtemeting van januari 2014, juni 2014, april 2015 en augustus 2015 weergegeven. De beelden vertonen een aantal witte vlekken. Dit is het gevolg van het feit dat op verschillende momenten niet in het gehele gebied metingen verricht konden worden.



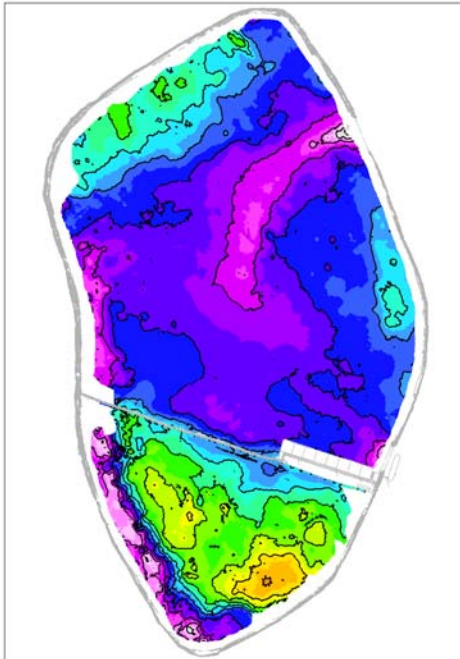
25-01-2014



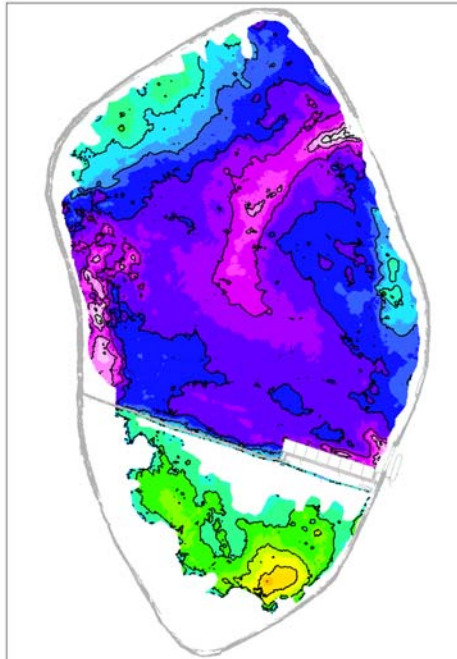
03-06-2014



03-04-2015

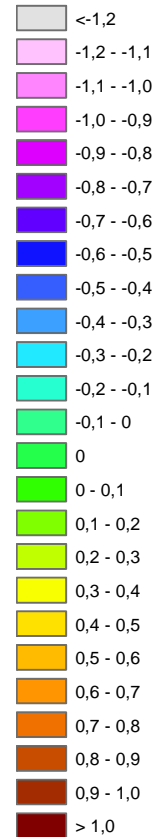


28-08-2015



**Legend**

[mNAP]



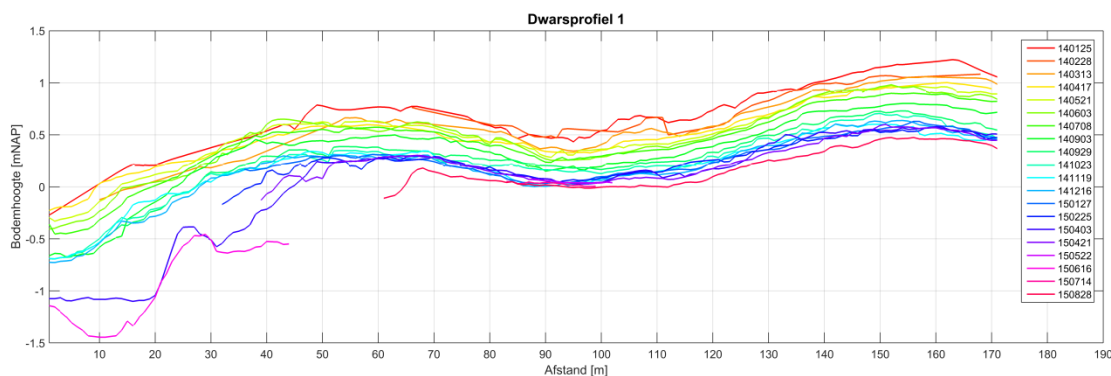
Figuur 9: Bodemhoogte t.o.v. NAP.

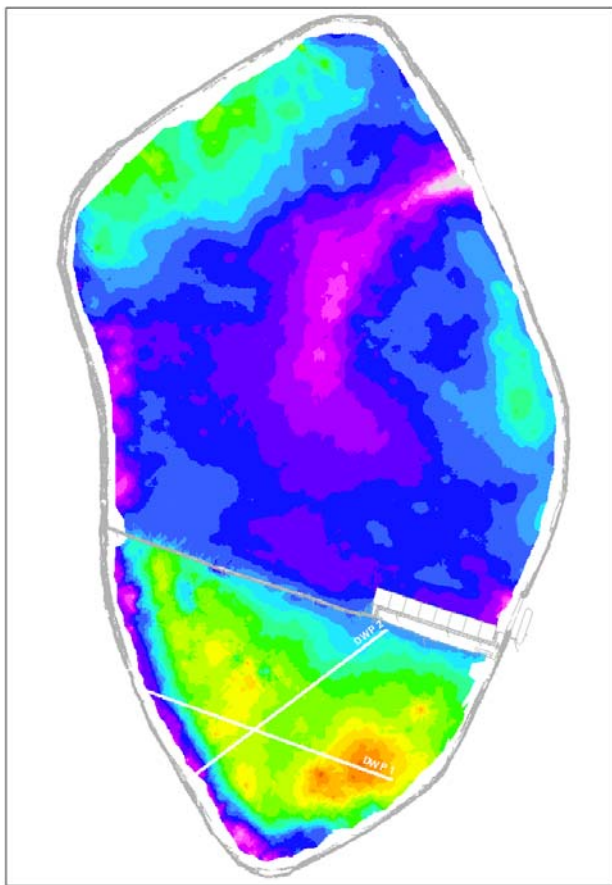
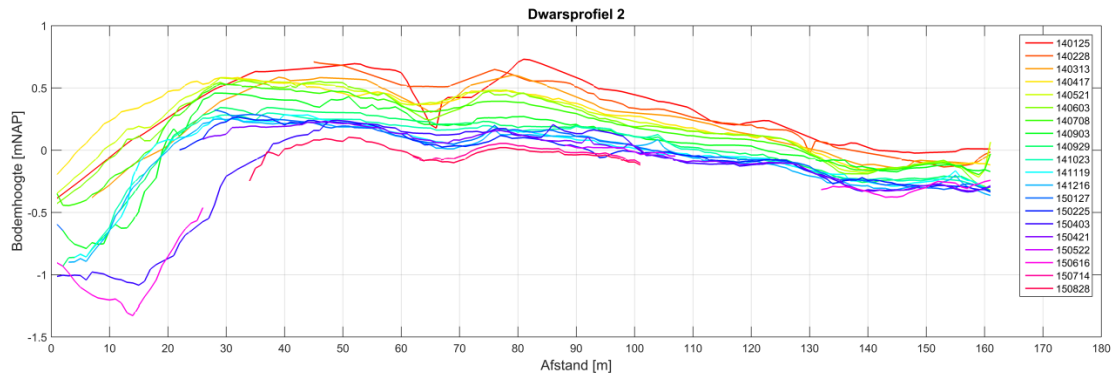
Er zijn een aantal zaken die opvallen:

- Het algemene morfologische patroon blijft hetzelfde gedurende de gehele monitoringsperiode. Dat wil zeggen, de hogere plekken blijven de hogere plekken, de lagere plekken blijven lagere plekken. Er vindt, behalve in het gebied van de erosie laagte langs de rand, geen grootschalige vervlaking van het terrein plaats.



- Het gehele gebied verliest hoogte. Dit is een gevolg van de consolidatie van het opgebrachte materiaal, de zetting van de ondergrond en de erosie van het opgebrachte materiaal. De totale verlaging van het gebied bedraagt ongeveer 0,70 – 0,90 m op de hogere (deels droge) delen en ongeveer 0,3 – 0,4 m op de lagere delen (altijd onder water). De profielen in Figuur 8 bevestigen dit beeld. Hierbij geeft profiel 1 het maaiveldverloop van het droge deel en profiel 2 het maaiveldverloop van deels droog deel (eerste stuk) en deels nat deel (tweede stuk vanaf ongeveer 150 m).
- Uit de zakbaakmetingen (zie achtergrondrapportage geotechniek) blijkt dat de zetting van de ondergrond orde 0,1 – 0,3 m bedraagt. In combinatie met bovenstaand punt resulteert dit in maximaal 0,3 m consolidatie en erosie van het opgebrachte materiaal in de natte delen tot 0,4 – 0,8 m consolidatie en erosie van het opgebrachte materiaal op de hoger gelegen droge delen.
- De ontwikkeling van de erosielaagte langs de zuidwestelijke rand van de pilot is goed te volgen. In de eerste plot van figuur 7, feitelijk net na oplevering van het gebied, is al te zien dat het gebied achter de rand vrij laag ligt. Dit was voor een deel ook gepland, aangezien in het gesloten compartiment materiaal met een helling aangebracht zou worden zodat een geleidelijke land-water overgang zou ontstaan. In de opvolgende figuren, zie ook de bijlage, is te zien dat de erosielaagte zich in laterale zin uitbreidt en ook dieper wordt. Een maximale diepte van meer dan -1 m NAP wordt bereikt. De ontwikkeling van de erosielaagte is in de profielen 1 en 2 in Figuur 8 ook goed te volgen.
- In het open compartiment valt op dat ook daar een dieper gedeelte ontstaat achter de westelijke rand. Voor een deel is deze verdieping te verklaren vanuit het feit dat consolidatie en zetting optreedt. Toch lijkt ook hier golferosie op te treden gezien de ligging direct achter de rand en het patroon van de verdieping (niet geleidelijk en meer dan het overige deel van het open compartiment).
- De geul die sinds de aanleg aanwezig is in het open compartiment lijkt zich uit te breiden en komt ongeveer 0,5 meter dieper te liggen.
- Uit de dwarsprofielen 1 en 2 in Figuur 10 volgt dat in verschillende delen van het gebied verschillende processen een belangrijke rol hebben. Profiel 1 laat zien dat, in de zone langs de zuidwestelijke rand tot 40 meter de pilot in, erosieprocessen belangrijk zijn voor de ontwikkeling van de pilot. In het gebied vanaf 40 m vanaf de rand zijn erosieprocessen veel minder belangrijk. Consolidatie van het ophoogmateriaal en zetting van de ondergrond zijn hier de belangrijkste vormende processen.





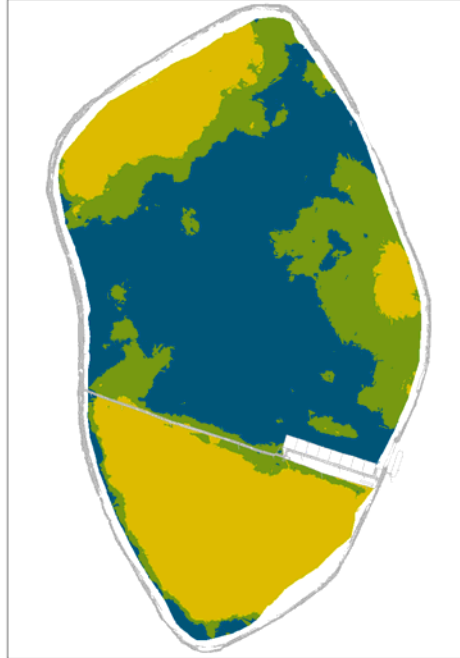
Figuur 10: Ontwikkeling dwarsprofielen in het gesloten compartiment.

In Figuur 11 is voor dezelfde data als in Figuur 7 een plot gemaakt waarin de natte en droge delen te herkennen zijn. In Bijlage 1 zijn deze figuren ook terug te vinden. Er is een onderscheid gemaakt tussen gebieden hoger dan NAP -0,2 m (lichtgroen), tussen NAP -0,2 en -0,4 m (donkergroen) en lager dan NAP -0,4 m (blauw). De lichtgroene delen liggen boven zomerpeil en zullen, tijdens normale omstandigheden, droog zijn.

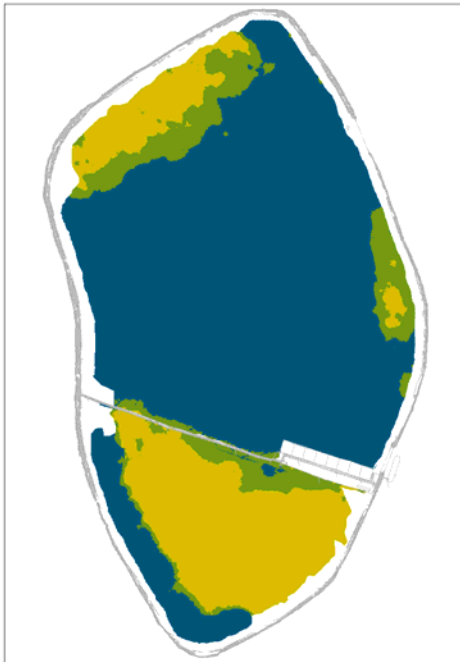
25-01-2014



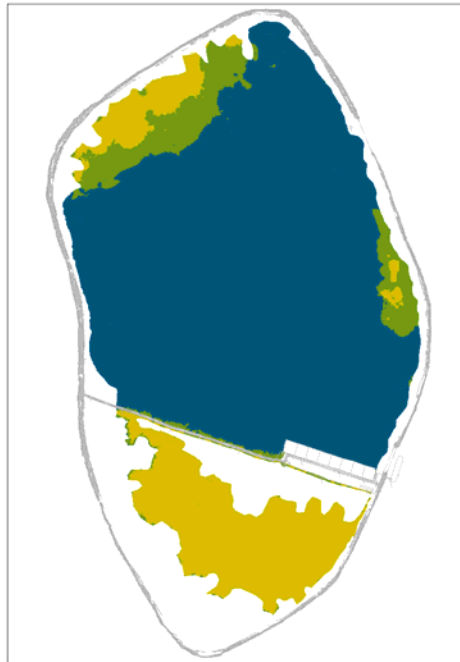
03-06-2014



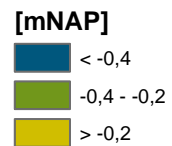
03-04-2015



28-08-2015



**Legend**

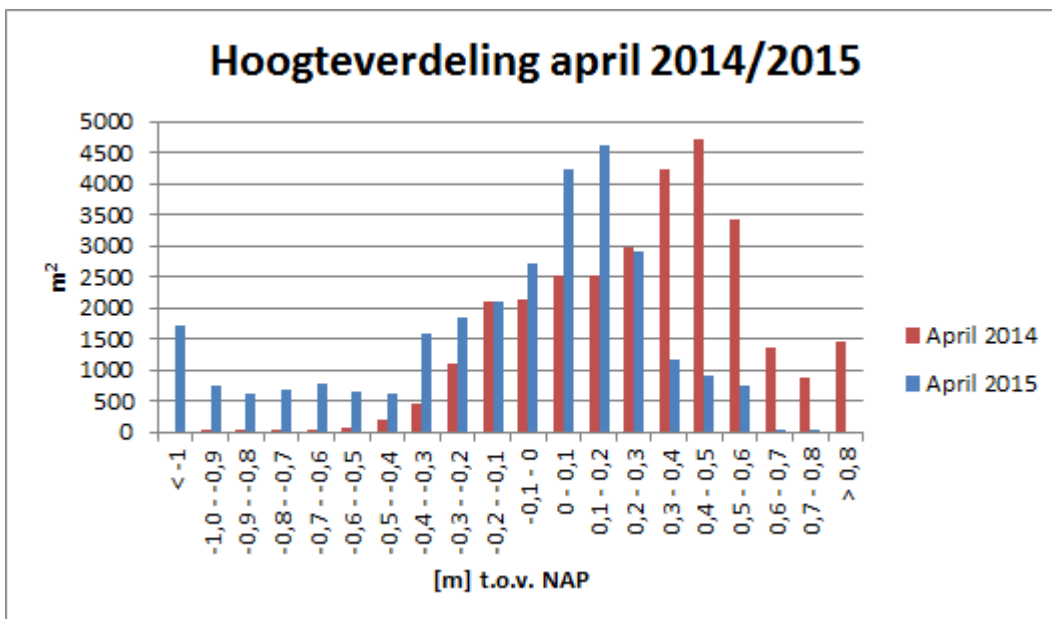


*Figuur 11: Bodemhoogte t.o.v. NAP.*

De donkergroene delen liggen tussen zomer en winterpeil in. Als het streefpeil wordt gehaald zijn deze gebieden in de zomer nat en in de winter droog. De blauwe delen liggen onder het winterpeil. Deze gebieden liggen altijd onder water. In deze figuur is heel duidelijk te zien dat het gehele gebied natter is geworden. Vooral het open compartiment is van relatief droog en plas/dras veranderd in een gebied dat vrijwel geheel altijd onder water ligt.

Morfologische processen (met name erosie tijdens stormen) zullen deels debet zijn aan deze maaiveldverlaging en daarmee vernatting van het gebied. Echter, het is de verwachting dat consolidatie van het opgebrachte materiaal en zetting van de ondergrond een belangrijke bijdrage hebben geleid aan deze vernatting. Dit kan worden geconcludeerd vanwege de volgende feiten:

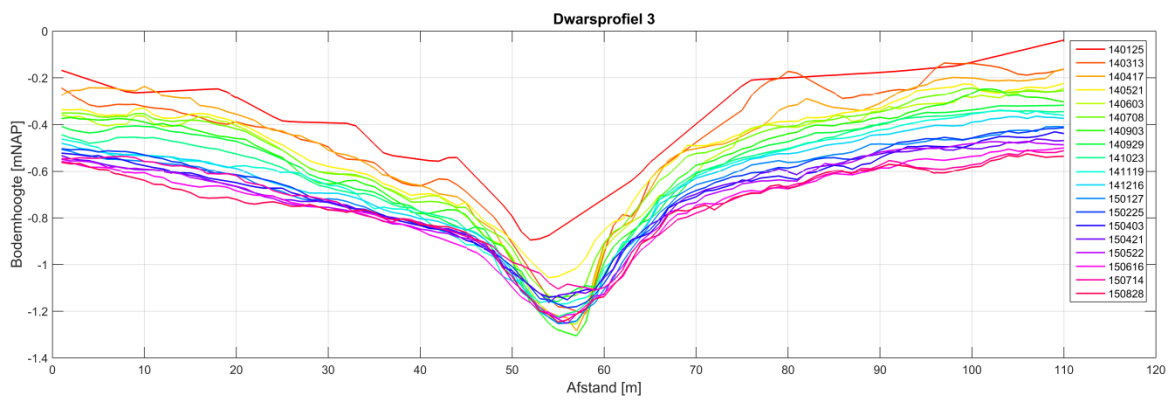
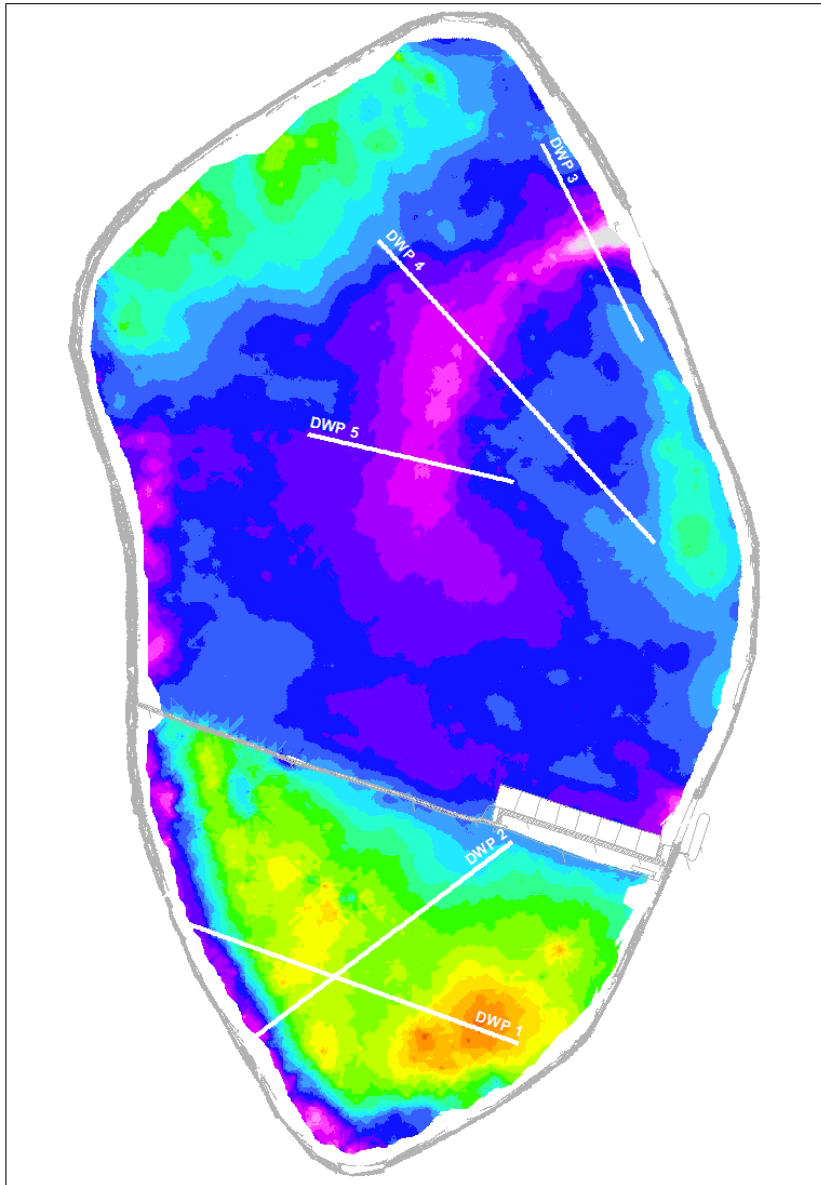
- De vernatting van zowel het gesloten compartiment als open compartiment heeft een redelijk vast patroon. De verdeling van hogere en lagere delen blijft gelijk (zie ook figuur 12 waarin de klassenverdeling in april 2014 en april 2015 wordt vergeleken). Als morfologische veranderingen en met name erosie tijdens stormen een belangrijke rol zouden spelen dan zou naar verwachting het gebied veel meer uitvlakken. De vernatting langs de zuidwestelijke randen van vooral het gesloten compartiment zijn, zoals eerder al besproken, wel een gevolg van morfologische veranderingen (golf erosie).
- De consolidatie en zetting van de pilot (open compartiment) tot medio 2015 ligt in de orde van 0,3 – 0,4 meter. Gezien het feit dat een groot deel van het open compartiment is aangelegd op een hoogte van NAP -0,2 tot -0,4 m zal dit compartiment zich nu grotendeels onder water bevinden.
- Uit de resultaten van de proefvakken (rapportage geotechniek) volgt dat de ongestoorde consolidatie van het ophoogmateriaal ongeveer 0,3 -0,4 m bedraagt. Dit is dezelfde waarde als de totale maaiveldhoogtedaling in het open compartiment (natte delen). Dit betekent dat netto erosie- en sedimentatieprocessen geen rol van betekenis spelen in het open compartiment.

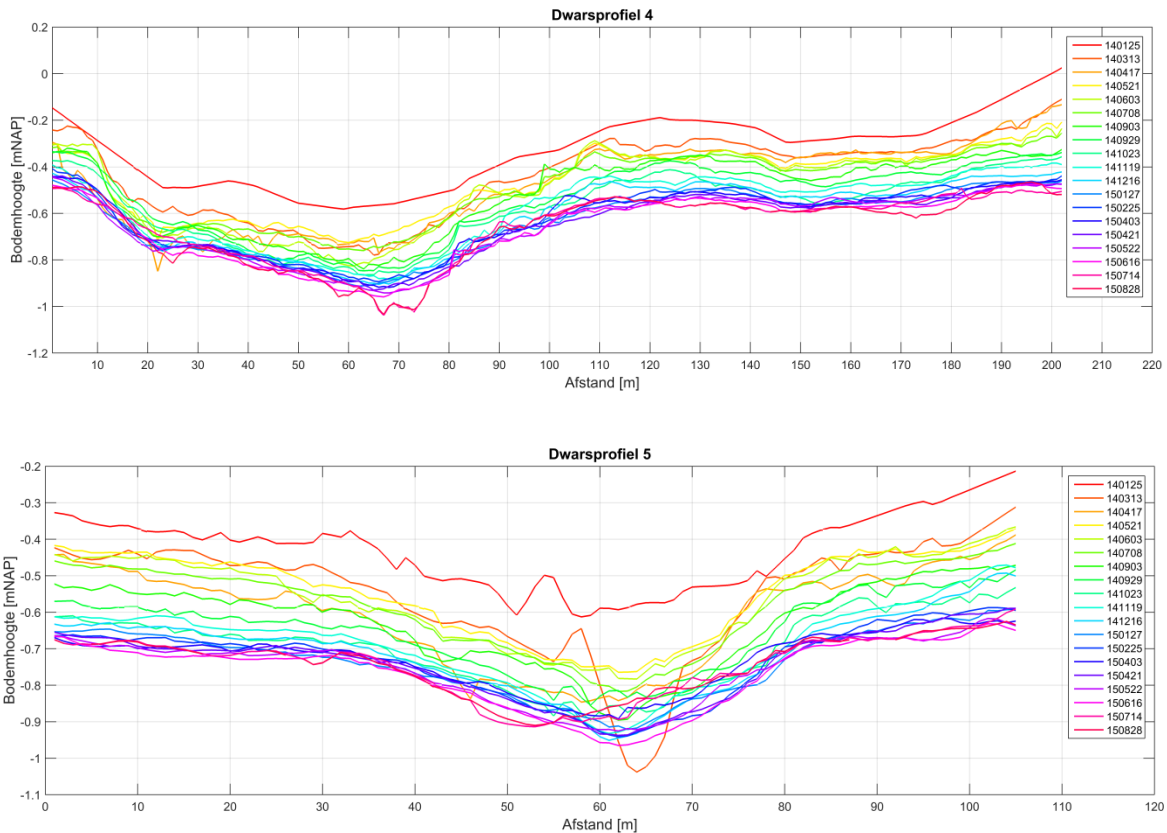


Figuur 12: Overzicht hoogteverdeling open en gesloten compartiment in april 2014 en april 2015

### 3.5 Geul

Aan de luwe zijde (Houtribdijk) van de pilot bevindt zich een opening in de rand van het open compartiment. Deze opening is tijdens de aanleg gebruikt door de schepen om naar binnen te varen waarna het sediment werd geklapt. Ten gevolge van deze aanlegmethode is een geul ontstaan welke al duidelijk herkenbaar is in de As Built figuur. (Figuur 9). In de periode volgend op de aanleg is de ontwikkeling van deze geul gevolgd langs 3 raaien welke zijn aangegeven in Figuur 13.





Figuur 13: Ontwikkeling dwarsprofielen van geul in open compartiment

De eerste maaiveldhoogtemeting is uitgevoerd op 25 januari 2014. Vervolgens is voor elke maand een dwarsprofiel weergegeven in de figuren. Deze dwarsprofielen zijn niet apart opgemeten maar zijn afgeleid uit de maandelijkse vlakdekkende maaiveldhoogtemetingen. Opvallend is dat vooral de eerste 2 maanden grote veranderingen zijn opgetreden. Dwarsprofiel 3 laat zien dat na 1,5 maand de geul zelf orde 0,30 m dieper is geworden in deze periode. Langs de randen van de geul heeft een maaiveld daling van ongeveer 0,1 m plaatsgevonden. In de daarop volgende periode is er een geleidelijke daling van het gehele maaiveld waar te nemen waarbij de zaksnelheid van het maaiveld vanaf voorjaar 2015 iets af lijkt te nemen. In totaal over de gehele gemeten periode is de maaiveldhoogte van de geul ongeveer 0,50 m gedaald. Dit geldt voor zowel het geul gedeelte zelf als het gebied direct naast de geul. Deze daling van maaiveldhoogte zal een gevolg zijn van voornamelijk consolidatie en zetting maar ook deels van netto erosie. Dwarsprofiel 4 en 5 vertonen een soortgelijk beeld. In de eerste 2 maanden een verdieping van de geul en een iets kleinere verdieping van het omliggende gebied. In de daarop volgende maanden een geleidelijke verdieping van het gehele profiel, zowel geul als omliggend gebied.

In dwarsprofiel 5 laat de lijn van 13 maart 2014 een vreemd patroon zien, de geul is plotseling veel dieper. Dit is het gevolg van een interpolatie fout in de data. Verder valt op dat in profiel 5 de lijn van april 2014 over het geheel lager ligt dan de maanden die er op volgen. De meting van april 2014 vindt plaats net na een aantal ruwe periodes (zie figuur golven 1). Het zou kunnen dat het gehele gebied op dat moment flink is geërodeerd. De hogere maaiveld ligging in de daarop volgende periode is echter lastig te verklaren. Het is eind mei 2014 al enige tijd wat rustiger weer dus fijn sediment heeft goed kunnen sedimenteren in het gebied. Dit zou dan echter allereerst vooral in de geul sedimenteren waardoor uitvlakking zou optreden. Dit is niet te zien, het profiel van de geul blijft de gehele tijd relatief stabiel. Daarnaast komt dit patroon ook niet voor in dwarsprofiel 3 en 4. Daarom is het aannemelijk dat de lijn van 17 april 2014 een offset fout heeft.



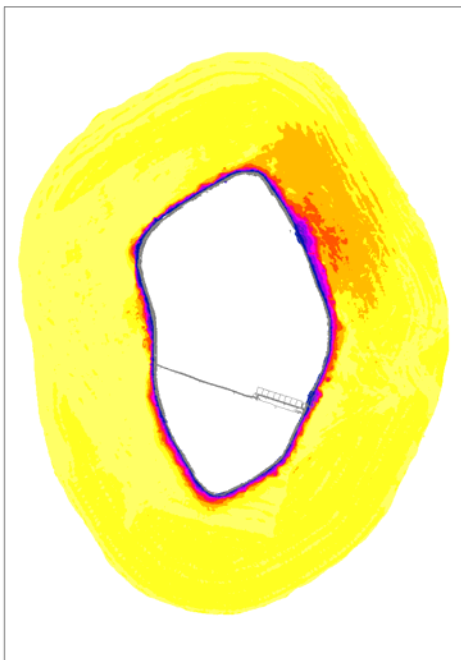
Op hoofdlijnen kan uit de analyse van geulprofielen het volgende worden geconcludeerd:

- De geul en omliggend gebied zijn in geheel gedaald. Er heeft, behalve wellicht in de eerste twee maanden, geen uitschuring van de geul plaatsgevonden. Dit betekent dat een groot deel van de groei en verdieping van de geul een gevolg is van consolidatie en zetting.
- Naast consolidatie en zetting kan ook erosie tijdens stormen enige rol hebben gespeeld. In het gehele gebied kan resuspensie van de toplaag optreden. Dit sediment wordt vervolgens gemakkelijk uit het pilot gebied getransporteerd. Tijdens stormen maken de relatief kleine hoogteverschillen in het gebied geen verschil, het is de verwachting dat overal evenveel materiaal van de toplaag verdwijnt. Het is daarom moeilijk om aan te tonen of en hoeveel erosie er heeft plaatsgevonden. Omdat het opvallend is dat het gebied niet is uitgevlakt lijkt het erop dat consolidatie en zetting belangrijker zijn geweest dan netto erosie. Dit vermoeden wordt versterkt door het feit dat de totale maaiveldddaling niet veel verschilt met de ingeschatte hoeveelheid consolidatie en zetting. Dit betekent dat er voor erosie, behalve in de eerste paar maanden na aanleg, vrijwel geen ruimte meer is.
- In de eerste paar maanden heeft de grootste maaiveldddaling plaatsgevonden. Deze initiële daling is het gevolg van de initiële zetting van de Markermeerbodem en consolidatie van het opgebrachte materiaal.
- Er heeft geen laterale verplaatsing van de geul plaatsgevonden. De geul is morfologisch vrij stabiel.

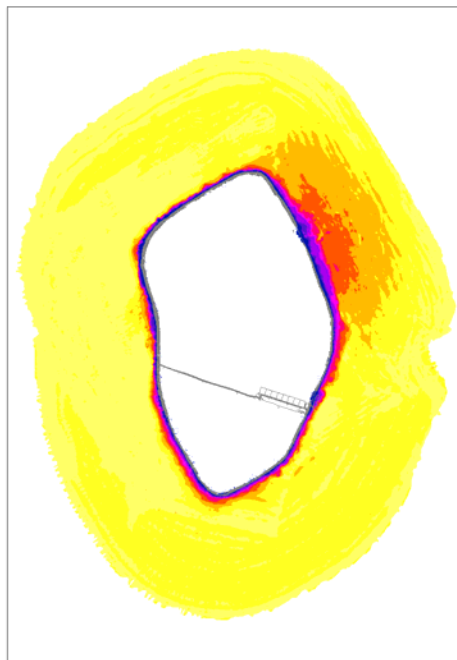
### 3.6 Buitengebied

De erosie- en sedimentatiepatronen van het gebied tot 200 m rondom de pilot locatie zijn elk half jaar opgemeten. De resultaten van deze metingen zijn gepresenteerd in Figuur 15. Hierin is steeds het verschil weergegeven ten opzichte van de 0-meting (voor aanleg van de pilot).

07-03-2014

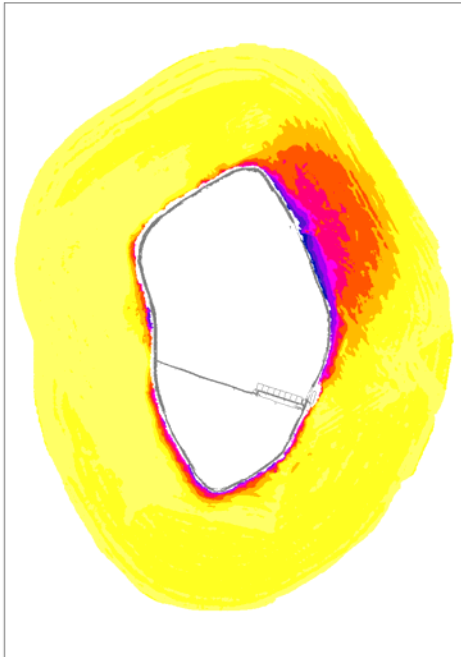


24-09-2014

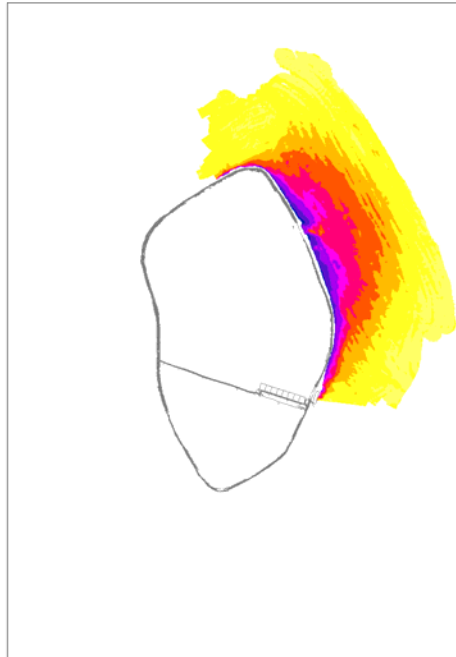




10-03-2015



21-09-2015

**Legend****[m]**

< -0,5
-0,5 - 0
0 - 0,2
0,2 - 0,4
0,4 - 0,6
0,6 - 0,8
0,8 - 1,0
1,0 - 1,5
1,5 - 2,0
> 2,0

Figuur 15: Verschilkaart [m] t.o.v. nulmeting (voor de aanleg van het moeras) van het buitengebied.

In deze figuur is goed te zien dat aan de luwe zijde van de pilot een sedimentatiegebied is ontstaan. Dit gebied ligt aan de noordoost zijde van de pilot, goed beschermd tegen de, veelal uit het zuidwesten komende, hogere windsnelheden. De aanslibbing aan deze zijde van de pilot kan dan ook goed verklaard worden vanuit dit luwte effect. Echter, precies aan deze zijde bevindt zich ook de opening in de rand van het open compartiment. De aanslibbing kan daarom ook (deels) een gevolg zijn van de aanwezigheid van de open rand en erosie vanuit het open compartiment. Er is een analyse uitgevoerd naar de gesedimenteerde en geërodeerde hoeveelheden sediment.

Allereerst is de hoeveelheid sediment achter de pilot bepaald. Deze is vergeleken met de vermindering aan sedimentvolume in de pilot (vermindering sedimentvolume is combinatie van zetting, consolidatie en erosie). Als het sedimentvolume achter de pilot vele malen groter is dan de volume vermindering in de pilot dan zal (een deel van) het sediment achter de pilot gesedimenteerd zijn als gevolg van het luwte effect (sediment elders uit het Markermeer). Als de volumes dezelfde orde grootte hebben of als de volumevermindering in de pilot vele malen groter is dan de volume toename achter de pilot zal er of geen luwte effect zijn of zal er een gecombineerd luwte effect en erosie, consolidatie en zetting effect zijn.

Tabel 5: Sedimentatie in het buitengebied

Datum	Buitengebied
	sedimentatie luwtezone t.o.v. referentie [m <sup>3</sup> ]
07-03-14	15.082
24-09-14	18.397
10-03-15	27.123
22-09-15	29.187

Tabel 6: Volumevermindering in de compartimenten

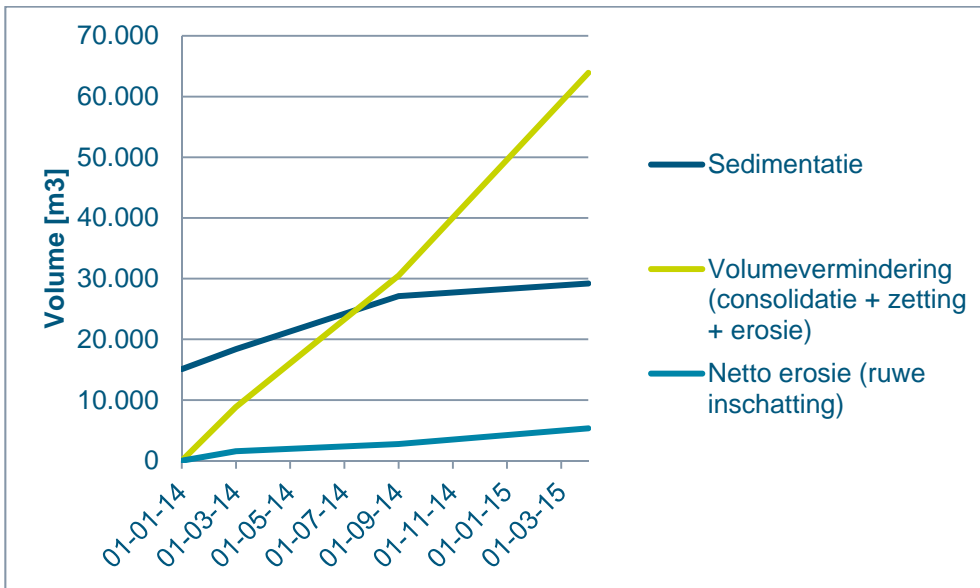
Datum	Open compartiment volume vermindering [m <sup>3</sup> ]	Gesloten compartiment volume vermindering [m <sup>3</sup> ]	Totaal volume vermindering [m <sup>3</sup> ]	Hoeveelheid consolidatie en zetting vanaf jan. 2014 [m] <sup>*</sup>	Consolidatie en zetting volume vermindering [m <sup>3</sup> ]	Netto Erosie [m <sup>3</sup> ]
13-03-14	-4.773	-4.071	-8.844	0,05 – 0,10	-7.296	-1.549
29-09-14	-19.762	-10.717	-30.479	0,20 – 0,35	-27.742	-2.737
03-04-15	-48.125	-15.766	-63.891	0,5	-58.556	-5.335

*\*getallen zijn ruwe inschatting, afgeleid uit consolidatie en zetting gegevens (maaiveldaling) van open en gesloten compartiment*

Een lastige factor bij het bepalen van de netto erosie hoeveelheid uit het pilot gebied is de mate van consolidatie en zetting. Feitelijk weten we in de compartimenten niet goed welk deel van de maaiveldaling (en dus het volume verlies) een gevolg is van erosie en welk van consolidatie van het aangebrachte materiaal en zetting van de ondergrond. Daarom wordt eerst naar de totale volume vermindering gekeken (eventueel effect consolidatie niet meegenomen) waarbij gelet wordt op het patroon van de volume vermindering (Tabel 6 kolom 4) en het patroon van de gesedimenteerde hoeveelheden (Tabel 5 kolom 2), zie ook Figuur 16.

In de eerste 2 maanden na start van de metingen (start is 25 januari 2014) is het volume in het pilot gebied met 9.000 m<sup>3</sup> afgenomen. Tegelijkertijd is ruim 15.000 m<sup>3</sup> sediment in het luwtegebied (buitengebied) terecht gekomen. Ook als rekening wordt gehouden met dichtheidsverschillen van materiaal in de pilot en nieuw gesedimenteed materiaal (er worden geen grote dichtheidsverschillen verwacht aangezien in beide gevallen het materiaal nieuw is geplaatst) is de hoeveelheid in het luwtegebied groter dan de volume vermindering in de pilot. Het volume in het luwtegebied is echter bepaald ten opzichte van de referentie situatie. Dit is de situatie vóór de aanleg van de pilot. Het is daarom erg aannemelijk om te stellen dat het materiaal dat is gesedimenteed in het luwte gebied deels daar terecht is gekomen ten gevolge van de aanleg activiteiten en deels ten gevolge van het luwte effect (Sediment uit Markermeer) en erosie uit het moeras. Tijdens de aanleg werd slib in de compartimenten gestort. In eerste instantie was alleen een lage buitenring aanwezig (1 laag geocontainers) tezamen met een opening in de rand waardoor schepen naar binnen konden varen. Gezien het feit dat het materiaal in de begin periode nog geheel ongeconsolideerd was, het pilot gebied nog niet goed was afgesloten en tijdens het storten veel materiaal in suspensie wordt gebracht, heeft in deze begin periode, tijdens de aanleg, veel materiaal het gebied kunnen verlaten.

Na deze eerste grote volume hoeveelheid zijn in de opeenvolgende semesters respectievelijk 3.000 (zomer), 8.000 (winter) en 2.000 m<sup>3</sup> (zomer) gesedimenteed in het buitengebied.



Figuur 16: Weergave sedimentatie in het buitengebied en volumevermindering in het moeras

De oorsprong van het in het luwtegebied gesedimenteerde materiaal in de periode na aanleg (om een goede vergelijking te kunnen maken bekijken we de periode vanaf maart 2014) is moeilijker vast te stellen. Als helemaal geen rekening wordt gehouden met consolidatie en zetting hebben we het over een totale volume vermindering (beide compartimenten samen) van ongeveer 55.000 m<sup>3</sup>. (maart 2014 – april 2015). Het sedimentatie volume in het luwtegebied bedraagt in deze periode ongeveer 12.000 m<sup>3</sup>. Als echter rekening wordt gehouden met een consolidatie en zetting hoeveelheid van in totaal 0,5 m (afgeleid uit consolidatie en zetting metingen in geotechniek rapportage) over deze periode (maart 2014 – april 2015) blijft er van de 55.000 m<sup>3</sup> een volume verlies over van ruim 3.000 m<sup>3</sup>. Dit getal is een ruwe inschatting. Uit de consolidatie- en zettingsmetingen zijn getallen te herleiden voor de totale maaiveld daling (0,7 – 0,9 m maaiveld daling) maar deze zijn veelal voor hoger gelegen (droge) gebieden. De compartimenten hebben natte en droge delen waarbij de natte delen minder snel consolideren (0,3 – 0,4 m maaiveld daling). Deze 3.000 m<sup>3</sup> is de geschatte netto hoeveelheid erosie uit beide compartimenten samen vanaf maart 2014. Een groot deel van dit volume zal uit de erosielaagte net achter de zuidwestelijke rand zijn gekomen.

De hoeveelheid netto erosie uit de compartimenten (met alle onzekerheden omgeven) is van kleiner dan de hoeveelheid sedimentatie in het luwtegebied. Het is daarom de verwachting dat een deel van het sediment dat uit de compartimenten verdwijnt in het luwtegebied zal sedimenteren. Daarnaast zal ook sediment elders uit het Markermeer in het luwtegebied sedimenteren.

Met betrekking tot de analyse van sedimentatiegegevens van het buitengebied en de relatie met erosie en consolidatie van het binnengebied kan het volgende geconcludeerd worden:

- Sedimentatie achter de pilot is voor een belangrijk deel gevolg van aanleg activiteiten.
- In de periode na aanleg vindt sedimentatie plaats van ongeveer 14.000 m<sup>3</sup> (maart 2014 – september 2015), of 12.000 m<sup>3</sup> voor de periode maart 2014 – maart 2015.
- Er lijkt een duidelijk verschil te zijn tussen de hoeveelheid sedimentatie in de zomer en winterperiode.
- Het is moeilijk vast te stellen of in de periode na aanleg de sedimentatie in het luwtegebied een gevolg is van erosie uit de pilot en/of sedimentatie van slib uit het Markermeer.

Meest waarschijnlijk is dat beide aspecten een bijdrage leveren. Vooral gezien het feit dat de hoeveelheid erosie uit het moerasgebied kleiner lijkt te zijn dan de hoeveelheid sedimentatie achter het moeras.

- Het volumeverlies uit het moeras lijkt groter te zijn in de winter dan in de zomer (extra effect golferosie in winter). Gezien de beperkte monitoringsperiode is deze relatie niet met zekerheid vast te stellen.

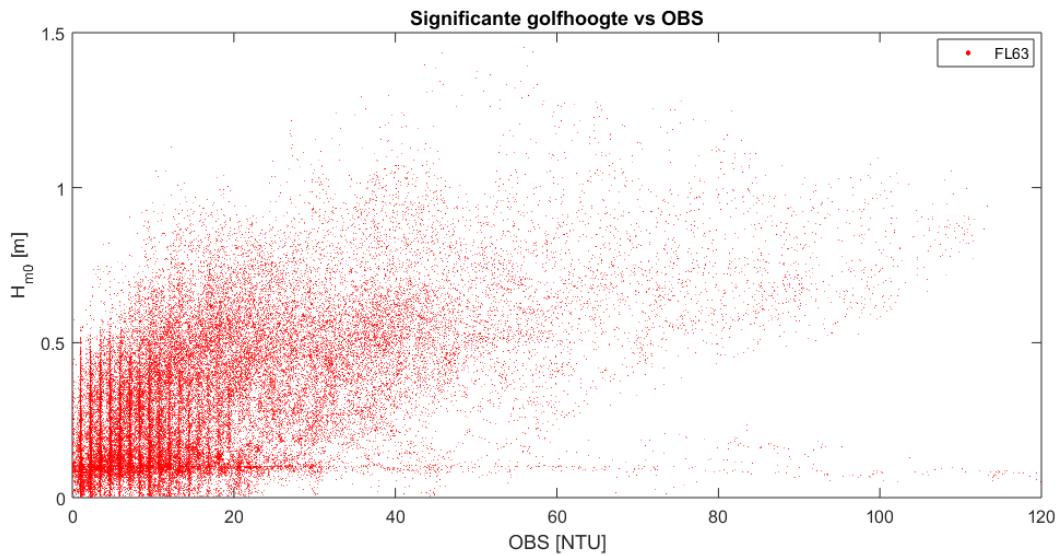
Voor een goede vergelijking tussen het open en gesloten compartiment dient de volumevermindering in het gesloten compartiment met drie te worden vermenigvuldigd ( oppervlakte is 3x zo klein). Dit leidt tot een fictieve volumevermindering van ongeveer 15.000 m<sup>3</sup> per half jaar in het gesloten compartiment. De volume vermindering in het open compartiment bedraagt in de opeenvolgende halve jaren ongeveer 5.000, 15.000 en 28.000 m<sup>3</sup>. Uit een vergelijking van deze getallen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het eerste jaar is de volumevermindering, relatief gezien, in het open compartiment kleiner dan in het gesloten compartiment. Het laatste half jaar is de volumevermindering in het open compartiment juist groter.
- Het gesloten compartiment heeft het maaiveld hoger liggen. De consolidatie verloopt hierdoor sneller. Daarnaast heeft in het gesloten compartiment vanaf het begin erosie net achter de rand opgetreden. Beide aspecten zorgen voor een grotere volumevermindering dan in het open compartiment.

### 3.7 Turbiditeit

De turbiditeit, gemeten bij de verschillende meetpalen is weergegeven in Figuur 18. De turbiditeitswaarde is vanuit praktische overwegingen aangegeven in NTU (Nephelometric Turbidity Unit). In Bijlage 3 worden dezelfde grafieken getoond waarbij de turbiditeit is omgezet naar een concentratie in mg/l. Hierbij wordt opgemerkt dat de kalibratie bij lage concentraties niet goed verloopt waardoor een deel van de data wegvalt.

De turbiditeit bij alle meetpalen volgt het patroon van de golfhoogte, hoge golven zorgen voor meer resuspensie en dus voor een hogere turbiditeit. Deze relatie is weergegeven in Figuur 17. Gedurende de eerste periode zit er veel verschil in de gemeten turbiditeit per meetpaal. Het sediment dat is aangebracht in de pilot is in deze periode nog gemakkelijk te resuspendieren. Naarmate het sediment meer vast komt te liggen en consolideert worden de verschillen in troebelheid tussen de verschillende palen kleiner.



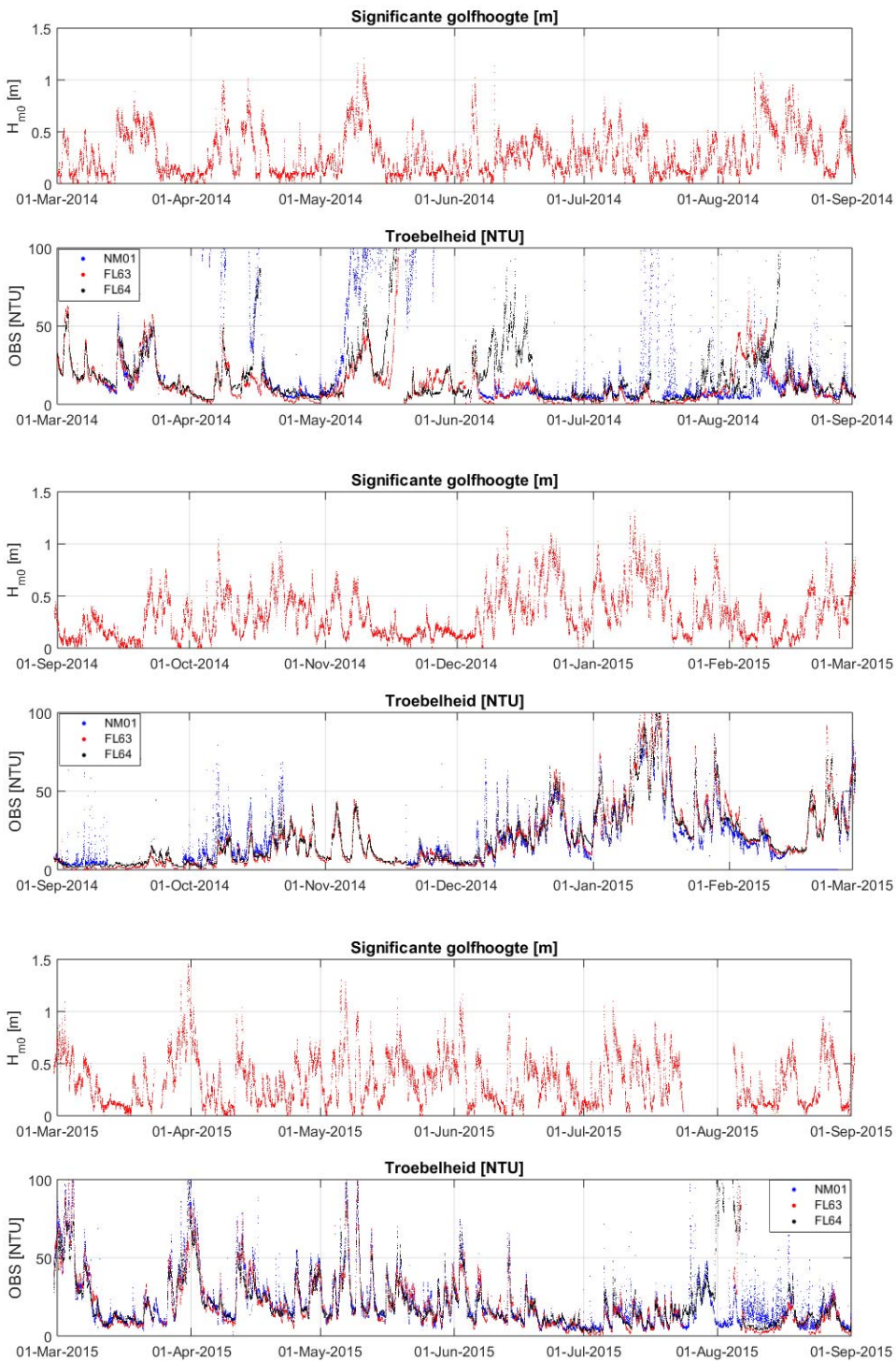
Figuur 17: Relatie tussen significante golfhoogte en turbiditeit bij meetpaal FL63

Periodes van storm zijn gedefinieerd als periodes waarin de significante golfhoogte hoger is geweest dan 0.90 m. Tijdens de storm in mei 2014 is een zeer grote toename van de turbiditeit zichtbaar. In het moeras is deze toename het grootst (meetpaal in de opening), gevolgd door de paal in de luwte en daarna door de referentiepaal. Vlak na de storm is de turbiditeit het grootst. De waarden in het moeras vallen zelfs buiten de schaal van de plot en het sediment lijkt uit het moeras te spoelen.

Tijdens de eerst volgende storm is er een grote toename in turbiditeit in de luwte terwijl deze bij de andere twee palen niet zichtbaar is. Sediment is waarschijnlijk terechtgekomen in het luwtegebied achter de pilot en tijdens de storm in juni 2014 weer in resuspensie gebracht.

Naarmate de tijd toeneemt, en dus ook de mate van consolidatie en rijping van het oppervlak, wordt de reactie op storm voor de verschillende locaties minder afwijkend.

Stormen waarbij er een grote afwijking is in troebelheid tussen de referentiepaal en de andere twee palen zijn voornamelijk stormen die worden gedomineerd door een zuid westelijk wind richting.



Figuur 18: Significante golfhoogte en troebelheid voor meetpaal FL63, FL64 en NM01 tijdens drie semesters



## 4 Samenvatting en conclusies

In en rond het pilot gebied vinden verschillende morfologische processen plaats. De meeste morfologische veranderingen hangen samen met **erosie, sedimentatie, consolidatie** en **zetting**. Meer specifiek hebben we het over **sortering** en **uitspoeling** van materiaal, **golferosie, vorming van steilranden** en **massa-erosie**. In en rond het pilot gebied kunnen verschillende morfologische eenheden worden gedefinieerd. Er zal per morfologische eenheid kort worden aangegeven welke morfologische processen zijn opgetreden en hoe deze verband houden met de weersomstandigheden, het ontwerp van de pilot en eventueel de aanlegmethode. Daarnaast worden kort de aspecten hydrodynamica en turbiditeit belicht aangezien deze verband houden met de morfologische processen.

### Randen

Gezien het feit dat de randen bestaan uit geocontainers, geotubes en stortsteen zullen morfologische processen hier vrijwel geen rol spelen. De veranderingen welke zijn opgetreden aan de randen zijn een gevolg van consolidatie en zetting. Alleen de erosie van stortstenen tijdens storm of vanwege instabiliteit kan als morfologische proces worden beschouwd. Het spreekt voor zich dat het verplaatsen van stortstenen alleen kan optreden bij grote golfhoogtes. IJsgang zal een grote morfologische verandering van de randen kunnen veroorzaken. Tijdens de monitoringsperiode heeft echter geen ijsgang plaats gevonden. Indien de randen op een andere manier worden uitgevoerd, bijvoorbeeld een zandige oever/rand waarbij het materiaal niet beschermd wordt door geotextiel, zullen morfologische processen veel meer vrij spel hebben.

### Compartimenten

De compartimenten zijn onderhevig geweest aan consolidatie van het aangebrachte materiaal, erosie en sedimentatie en zetting van de ondergrond. Bij de ontwikkeling van de compartimenten kan een onderscheid worden aangebracht in het open en gesloten compartiment.

In het gesloten compartiment zijn de volgende morfologische processen opgetreden:

- Rijping en uitdroging van het oppervlak. Deze toplaag was vervolgens minder goed erodeerbaar dan de natte toplaag van het open compartiment.
- Massa-erosie. Vanwege de uitdroging van de toplaag zijn kleiblokken ontstaan welke voornamelijk als geheel erodeerden. De erosie van deze blokken is ontstaan ten gevolge van de golven welke gemakkelijk over de lage rand heen konden komen.
- Steilranden zijn gevormd als een gevolg van de massa-erosie.
- Golven hebben niet alleen gezorgd voor steilranden maar ook voor het ontstaan van een erosielaagte achter de zuidwestelijke rand.
- Uitspoeling van fijn sediment is opgetreden op in ieder geval een deel van de zichtbare (droge) delen. De uitspoeling is te herkennen aan de grote hoeveelheid schelpen aan het oppervlak. Net na aanleg waren minder schelpresten aanwezig aan het oppervlak. Uitsortering van materiaal heeft plaatsgevonden waarbij het grovere materiaal (schelpenresten) is blijven liggen. Deze uitsortering heeft kunnen plaatsvinden doordat tijdens ruwer weer water (golven) op de normaal drogere delen kan komen, sediment in suspensie brengt en transporteert.

In het open compartiment heeft ook erosie plaatsgevonden. Dit compartiment ligt echter grotendeels onder water waardoor de visuele kenmerken van erosie, zoals hierboven genoemd, niet opgenomen zijn.

De maaiveldhoogte ontwikkeling is voor zowel het open als gesloten compartiment maandelijks opgenomen.



Hieronder volgende de belangrijkste aspecten m.b.t. maaiveldontwikkeling:

- Het algemene morfologische patroon blijft gedurende de gehele monitoringsperiode gelijk (hogere plekken blijven hogere plekken, lagere plekken blijven lagere plekken). Er vindt geen grote herverdeling van materiaal plaats. Dit indiceert dat erosie geen grote rol speelt en dat het materiaal al snel enige stevigheid heeft. Bij heel slap materiaal en grootschalige erosie zou een uitvlakking van het gebied verwacht worden.
- Het gehele gebied verliest hoogte. Dit is een gevolg van de consolidatie van het opgebrachte materiaal, de zetting van de ondergrond en de erosie van het opgebrachte materiaal. De totale verlaging van het gebied bedraagt ongeveer 0,70 – 0,90 m op de hogere (deels droge) delen en ongeveer 0,3 – 0,4 m op de lagere delen (altijd onder water).
- Het volumeverlies uit de compartimenten lijkt groter in de winter dan in de zomer, dit zou logischerwijs samen hangen met golven welke voor erosie achter de zuidwestelijke rand zorgen. Gezien de beperkte tijdschaal van monitoring is het verschil in volumeverlies tijdens de zomer en winter niet met zekerheid vast te stellen.
- Omdat de randen relatief laag zijn en niet waterdicht kunnen golven, zowel tijdens rustig weer maar vooral tijdens stormen gemakkelijk voor erosie zorgen net achter de stortstenen rand. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van een erosielaagte direct achter de rand. Vrijwel direct vanaf het begin is deze erosielaagte aanwezig achter de zuidwestelijke rand. Ruim 1 jaar na aanleg heeft de erosielaagte zich uitgebreid (verdiept en verbreed) en is deze ook aanwezig langs de minder geëxponeerde rand (maar nog niet langs de luwe zijde).
- In verschillende delen van de pilot spelen verschillende processen een belangrijke rol bij de vorming van het landschap. Langs de stortstenenrand zorgt erosie voor de ontwikkeling van het profiel. Vanaf een afstand van zo'n 40 meter uit de rand zijn erosieprocessen minder belangrijk. Consolidatie van het ophoogmateriaal en zetting van de ondergrond zijn hier de belangrijkste vormende processen.

### Geul

In het open compartiment bevindt zich een geul. Deze loopt van de opening in het open compartiment richting de middenrand. De aanwezigheid van de geul is in eerste instantie een gevolg van de aanleg methode (doorgang voor schepen). Na de aanleg is deze geul niet dichtgestroomd. Blijkbaar was de instroom en uitstroom van water groot genoeg en de stevigheid van het materiaal groot genoeg om uitvlakken van de geul te voorkomen. De geul heeft zich gedurende de monitoringsperiode wel ontwikkeld. Dit betrof voornamelijk een verandering in hoogteligging. De geul heeft zich niet duidelijk vergroot.

- De geul en omliggend gebied zijn in geheel gedaald. Er heeft vrijwel geen netto uitschuring van de geul plaatsgevonden en ook geen laterale verplaatsing. Morfologische processen lijken geen grote rol te spelen. Consolidatie en zetting zijn belangrijker voor de maaiveld daling geweest.
- In de eerste paar maanden heeft de grootste maaiveld daling plaatsgevonden. Deze initiële bodemdaling is het gevolg van de initiële zetting van de Markermeer bodem en consolidatie van het opgebrachte materiaal.

### Buitengebied

De diepte van een zone van 200 m rond het pilot gebied is gedurende de monitoringsperiode elk half jaar ingemeten. Uit de monitoringsgegevens volgt dat aan de luwe zijde van de pilot (tussen de pilot en de houtribdijk) sedimentatie heeft plaatsgevonden. Dit is ook de locatie waar zich een opening in de rand bevindt. In het verdere omliggende gebied heeft geen sedimentatie plaatsgevonden.

Uit een analyse van de monitoringsgegevens blijkt dat:

- Sedimentatie achter de pilot voor een belangrijk deel het gevolg is van de aanleg activiteiten. Tijdens de aanleg is veel sediment in het luwe gebied terecht gekomen. In de periode na aanleg is de sedimentatie hoeveelheid een factor 2 – 5 kleiner.
- De hoeveelheid sedimentatie in de periode na aanleg (reguliere sedimentatie) is niet direct terug te herleiden naar storm events omdat slechts elk half jaar een opname van de bodemligging is gemaakt. Wel volgt uit de monitoringsresultaten dat de in de winterperiode meer sedimentatie optreedt en een relatie met ruwe omstandigheden voor de hand ligt.
- De sedimentatie in het luwe gebied achter de pilot (in de periode ná aanleg) kan een gevolg zijn van luwte werking van de pilot en/of van erosie uit de pilot en vervolgens sedimentatie in het luwe gebied. In het eerste geval is het gesedimenteerde materiaal afkomstig uit het Markermeer, in het tweede geval is het sediment afkomstig uit het pilot gebied. De herkomst van het materiaal is moeilijk vast te stellen op basis van de monitoringsresultaten maar het is zeer waarschijnlijk dat beide aspecten een bijdrage leveren.

#### **Turbiditeit**

De turbiditeit is gemeten op verschillende locaties in en rondom de pilot. Uit de monitoringsresultaten volgt duidelijk dat de turbiditeit gerelateerd is aan golfhoogte (en daarmee ook aan windkracht). Wat betreft turbiditeit vallen de volgende zaken op:

- In het eerste half jaar na aanleg komen tijdens ruw weer hoge turbiditeits waarden voor bij de meetpaal in de opening. Het materiaal in de pilot heeft nog weinig stevigheid en wordt gemakkelijk in suspensie gebracht.
- In een volgende stormperiode komen de hoogste turbiditeitswaarden voor bij de meetpaal achter de pilot. Waarschijnlijk wordt het materiaal dat in de eerdere fase uit de pilot is gespoeld en net achter de pilot is terechtgekomen, geresuspendeerd.
- Naarmate de tijd toeneemt zal ook de mate van consolidatie en rijping van het aangebrachte materiaal toenemen. De verminderde erodibiliteit van de pilot uit zich in het feit dat er geen grote verschillen meer zijn in de gemeten turbiditeitswaarden in de pilot en bij de meetpalen rond de pilot.

## 5 Beantwoording onderzoeksvragen

### 5.1 Hoofdvraag H3

H3 Welke Hydro- en morfodynamiek is wenselijk voor het realiseren van een duurzaam moeras (= een zich zelf in stand houdend moerasgebied van enige omvang d.w.z. zonder al te veel beheerinspanning functionerend)?

Een zichzelf in stand houdend moeras ontstaat als natuurlijke processen, zoals erosie en sedimentatie, mogen optreden zodat zij hun opbouwende én afbrekende werking kunnen uitvoeren. Golfaanval op de randen en buitenste delen van een moeras zorgen voor resuspensie van sediment. In de pilot is dit duidelijk opgetreden achter de stortstenen randen waar een erosielaagte is ontstaan. Golven kunnen echter ook zorgen voor transport van sediment op een oever een daarmee voor de opbouw van een oeverzone. In de pilot was geen geleidelijke overgang (oever aanwezig) maar een stortstenen rand. Hierdoor heeft de opbouwende werking niet kunnen optreden. Een ander belangrijk onderdeel voor een duurzaam systeem is een variabele en natuurlijke waterstand. Lager in de zomer en hoger in de winter met een variatie daaromheen. Dit zorgt voor voldoende ontwikkeling van begroeiing langs de randen (erosie preventie) en, indien geen stortstenen rand aanwezig, een betere verdeling van de golfenergie op de oevers waardoor de erosie- en sedimentatieprocessen over een groter gebied worden verspreid.

Welke hydro- en morfodynamiek wenselijk is hangt helemaal af van het ontwerp van een moeras. Feitelijk is voor elke hydro – en morfodynamiek een moerassysteem te ontwerpen, in sommige gevallen zullen alleen iets meer niet natuurlijke oplossingen (zoals stortstenen randen) gebruikt moeten worden.

### 5.2 Subvragen H3

- Welke morfologische processen zijn te herkennen in de pilot (erosie en sedimentatie van zowel de buitenrand als in de compartimenten)?
- Op welke locaties vinden de morfologische processen plaats en hoe houden deze verband met events (stormen) en reguliere weersomstandigheden?

De subvragen hangen sterk met elkaar samen en zullen dan ook tezamen worden beantwoord.

In en rond het pilot gebied vinden verschillende morfologische processen plaats. De meeste morfologische veranderingen hangen samen met **erosie** en **sedimentatie**. Meer specifiek hebben we het over **sortering** en **uitspoeling** van materiaal, **golferosie**, **vorming van steilranden** en **massa-erosie**. In en rond het pilot gebied kunnen verschillende morfologische eenheden worden gedefinieerd. Er zal per morfologische eenheid kort worden aangegeven welke morfologische processen zijn opgetreden en hoe deze verband houden met de weersomstandigheden, het ontwerp van de pilot en eventueel de aanlegmethode. Daarnaast worden kort de aspecten hydrodynamica en turbiditeit belicht aangezien deze verband houden met de morfologische processen.

#### Randen

- Gezien de aard van de rand (stortsteen) geen morfologische processen behalve erosie van stortstenen tijdens storm of vanwege instabiliteit.
- IJsgang zal een grote morfologische verandering van de randen kunnen veroorzaken. Tijdens de monitoringsperiode heeft echter geen ijsgang plaats gevonden.

- Indien de randen op een andere manier worden uitgevoerd, bijvoorbeeld een zandige oever/rand waarbij het materiaal niet beschermd wordt door geotextiel, zullen morfologische processen veel meer vrij spel hebben.

### Compartimenten

- De compartimenten zijn onderhevig geweest aan consolidatie, erosie en sedimentatie van het aangebrachte materiaal en zetting van de ondergrond.
- Rijping en uitdroging van het hoge (droog liggende) oppervlak. Deze toplaag was vervolgens minder goed erodeerbaar dan de natte toplaag van de lager liggende natte delen.
- Massa-erosie. Vanwege de uitdroging van de toplaag zijn kleiblokken ontstaan welke voornamelijk als geheel erodeerden. De erosie van deze blokken is ontstaan ten gevolge van de golven welke gemakkelijk over de lage rand heen konden komen.
- Steilranden zijn gevormd als een gevolg van de massa-erosie.
- Tijdens stormen hebben golven gezorgd voor aanzienlijke erosie (tot 1,5 m verdieping) vlak achter de zuidwestelijke rand.
- Uitspoeling van fijn sediment is opgetreden. De uitspoeling is te herkennen aan de grote hoeveelheid schelpen aan het oppervlak. Deze uitspoeling kan plaatsvinden als tijdens ruwer weer het water (golven) verder het gebied in komen.



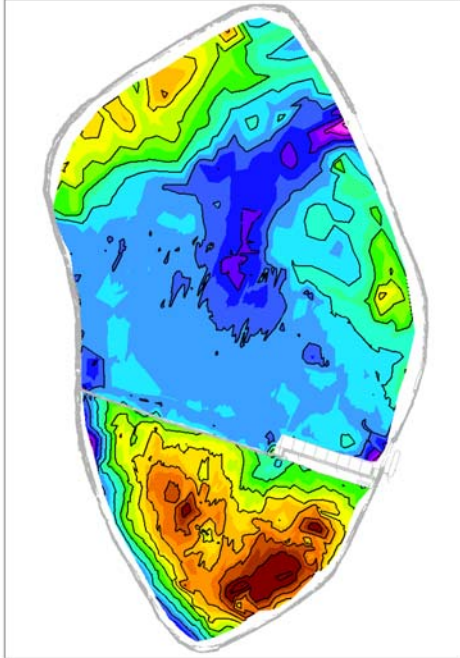
*Steilranden, krimpscheuren door uitdroging, schelpenresten door uitspoeling en massa-erosie langs bestaande breukvlakken.*

- Erosie speelt geen grote rol. Het algemene morfologische patroon blijft gedurende de gehele periode gelijk (hoger plekken blijven hoger, lagere plekken blijven lager).
- Het gehele gebied verliest hoogte. Voor de eerste anderhalf jaar is dit 0,70 – 0,90 m op de droge delen en 0,3 – 0,4 in de natte (onder water) delen.

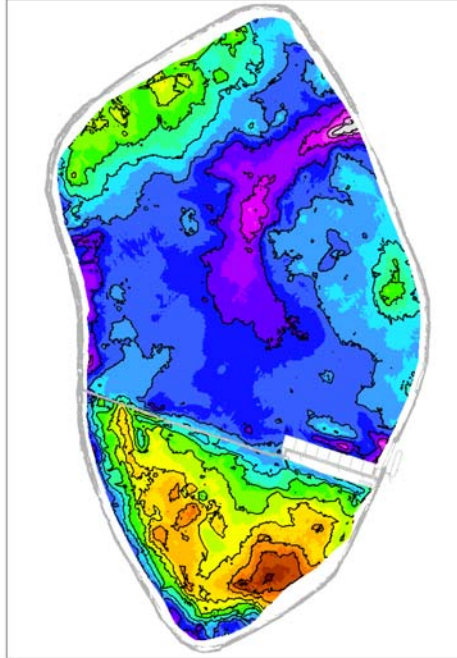
- De stortstenen randen zijn relatief laag en niet waterdicht. De golven hebben hierdoor gezorgd voor de ontwikkeling van een erosielaagte direct achter de zuidwestelijke (geëxponeerde) rand..
- In het open compartiment bevindt zich een geul. Deze loopt van de opening in het open compartiment richting de middenrand. De aanwezigheid van de geul is in eerste instantie een gevolg van de aanleg methode (doorgang voor schepen). Na de aanleg is deze geul niet dichtgeslibd. Blijkbaar was de instroom en uitstroom van water groot genoeg en de stevigheid van het materiaal groot genoeg om uitvlakken van de geul te voorkomen.
- In de eerste paar maanden heeft de grootste maaiveldaling plaatsgevonden. Deze initiële bodemdaling is het gevolg van de initiële zetting van de Markermeerbodem en consolidatie van het opgebrachte materiaal.



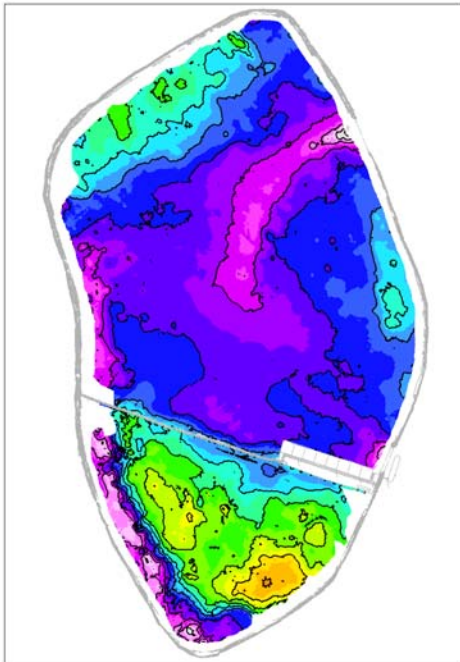
25-01-2014



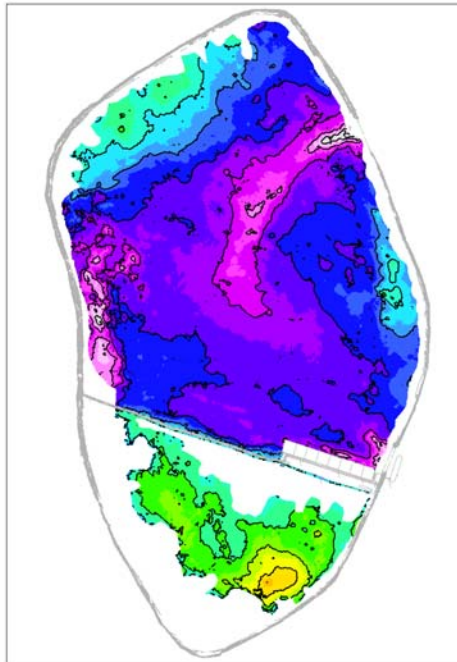
03-06-2014



03-04-2015

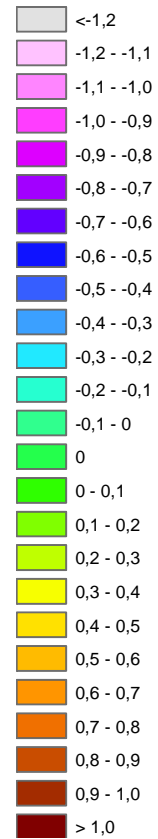


28-08-2015



**Legend**

[mNAP]

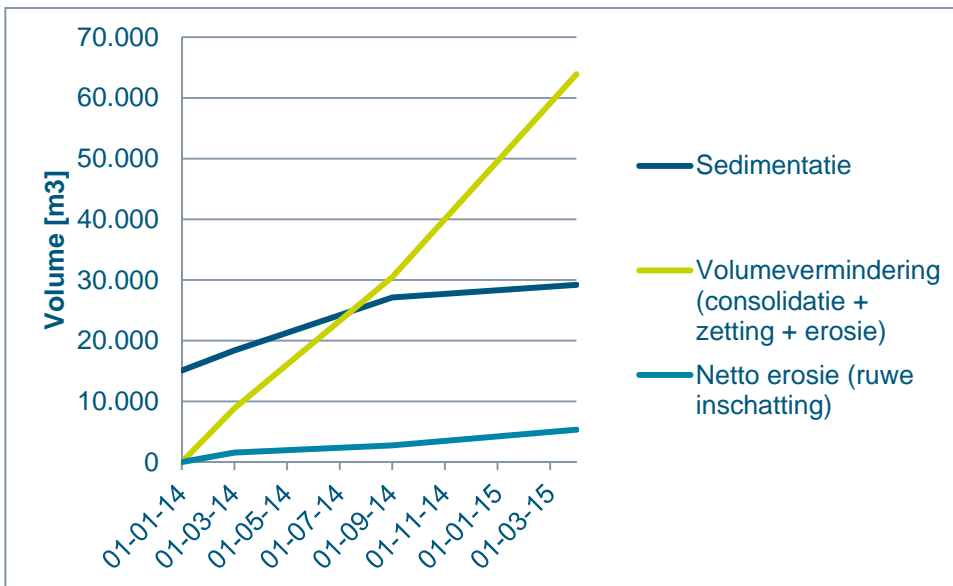


*Maaiveldhoogte ontwikkeling in het moeras*

**Buitengebied**

- De diepte van een zone van 200 m rond het pilot gebied is gedurende de monitoringsperiode elk half jaar ingemeten. Uit de monitoringsgegevens volgt dat aan de luwe zijde van de pilot (tussen de pilot en de houtribdijk) sedimentatie heeft plaatsgevonden. Dit is ook de locatie waar zich een opening in de rand bevindt.

- Sedimentatie achter de pilot (15.000 m<sup>3</sup> tijdens de aanlegperiode) is voor een belangrijk deel het gevolg van de aanleg activiteiten. In de periode na aanleg is de sedimentatie hoeveelheid een factor 2 – 3 kleiner.
- De hoeveelheid sedimentatie in de periode na aanleg (reguliere sedimentatie) is niet terug te herleiden naar storm events omdat slechts elk half jaar een opname van de bodemligging is gemaakt. Wel volgt uit de monitoringsresultaten dat de sedimentatie in de winterperiode (8.000 m<sup>3</sup>) hoger is dan de sedimentatie in de zomerperiode (3.000 m<sup>3</sup>) voor gedurende de korte 1 jaar durende monitoringsfase.
- De herkomst van het materiaal in het luwe gebied achter de pilot is lastig vast te stellen. Het is zeer waarschijnlijk dat het materiaal zowel uit het moeras afkomstig is als uit het Markermeer.



Verhouding tussen sedimentatie in luwe zone buitengebied (blauw), volumevermindering in moeras (rood) en ruwe schatting netto erosie in moeras (groen)

### Turbiditeit

- De turbiditeit is gemeten op verschillende locaties in en rondom de pilot. Uit de monitoringsresultaten volgt duidelijk dat de turbiditeit gerelateerd is aan golfhoogte (en daarmee ook aan windkracht).
- In het eerste half jaar na aanleg komen tijdens ruw weer hoge turbiditeits waarden voor bij de meetpaal in de opening. Het materiaal in de pilot heeft nog weinig stevigheid en wordt gemakkelijk in suspensie gebracht.
- In een volgende stormperiode komen de hoogste turbiditeitswaarden voor bij de meetpaal achter de pilot. Waarschijnlijk wordt het materiaal dat in de eerdere fase uit de pilot is gespoeld en net achter de pilot is terechtgekomen, geresuspendeerd.
- Naarmate de tijd toeneemt zal ook de mate van consolidatie en rijping van het aangebrachte materiaal toenemen. De verminderde erodibiliteit van de pilot uit zich in het feit dat er geen grote verschillen meer zijn in de gemeten turbiditeitswaarden in de pilot en bij de meetpalen rond de pilot.



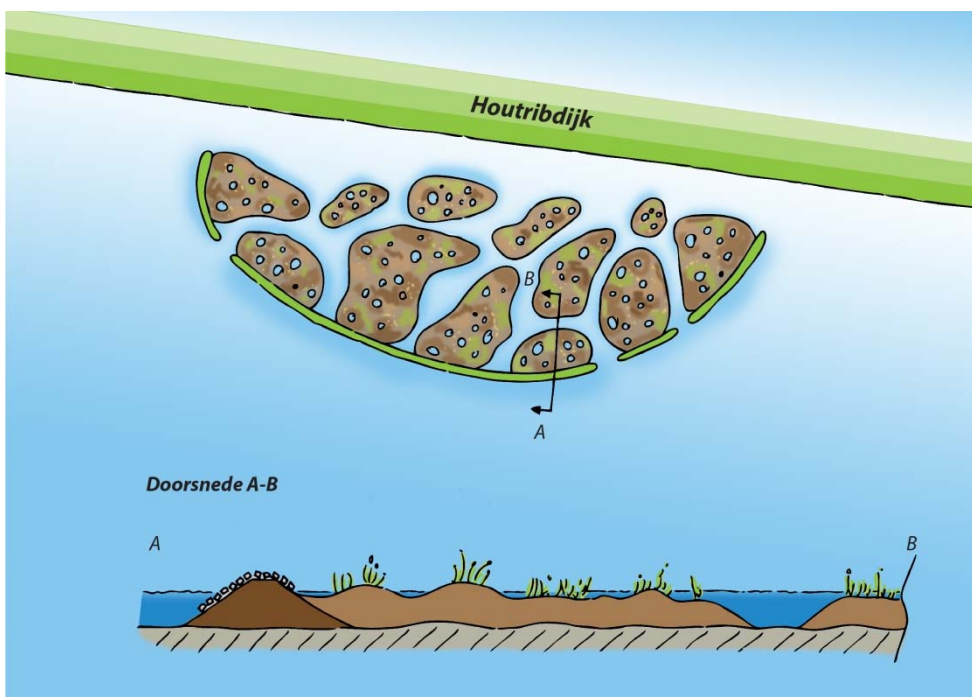
### 5.3 Hoofdvraag H7

H7 Hoe kan gefaseerde aanleg van het grootschalige moeras het best worden uitgevoerd? (Modulaire opzet?)

In de moeras pilot is geëxperimenteerd met een kleinschalig moeras van 10 ha. Tijdens de aanleg en de monitoringsfase in de twee opvolgende jaren is gebleken dat de aanwezigheid van randen, welke de golfenergie dempen of zelfs weghalen, essentieel is om een duurzaam aanwezig moeras te creëren.

Randen van stortsteen of ander hard materiaal zijn nodig aan de geëxponeerde zijde. Zachte randen van zand zijn ook een mogelijkheid. Het is dan echter van belang om een lange vooroever te creëren waar de golfenergie op wordt gedempt. Aan de luwe zijde is een rand nodig als gekozen wordt voor het gebruik van slib in het moeras.

Bij een gefaseerde aanleg, waarbij in verschillende fases delen van het moeras worden aangebouwd, is het verstandig om allereerst een luw gebied te creëren. Dit kan aan de hand van het aanleggen van een rand zoals hierboven beschreven. Er kan gekozen worden voor aparte modules met elk hun eigen (harde) rand (verschillende delen moeras zoals de pilot bij elkaar) of voor één grote rand/golfbreker waarachter verschillende modules kan worden aangelegd (zie onderstaande figuur). In dit laatste geval kan er gemakkelijker worden gewerkt tijdens de aanleg vanwege de luwte en hoeft ook niet elke module door een harde rand te worden beschermd. Er kan gemakkelijker worden gevarieerd met zachte oeverbescherming en daaruit voortvloeiende land-water overgangen.



Het sediment dat toegepast gaat worden in het moeras bepaalt in belangrijke mate de uiteindelijke vormgeving. Hydraulisch gebaggerd slib bevat veel water en zal aan alle kanten goed beschermd moeten worden. Door het gebruik van dit materiaal zal een vrij vlak gebied ontstaan. Bij mechanisch gebaggerd slib heeft het materiaal iets meer stevigheid. Bescherming aan alle zijden (eventueel met zand) is nog steeds nodig maar tegelijkertijd kan er ook wat reliëf worden aangebracht in het moeras. Bij toepassing van zand (met een deel slib) kan een stevige module worden opgebouwd waarbij reliëf kan worden opgebouwd en bescherming van de module niet direct nodig is.



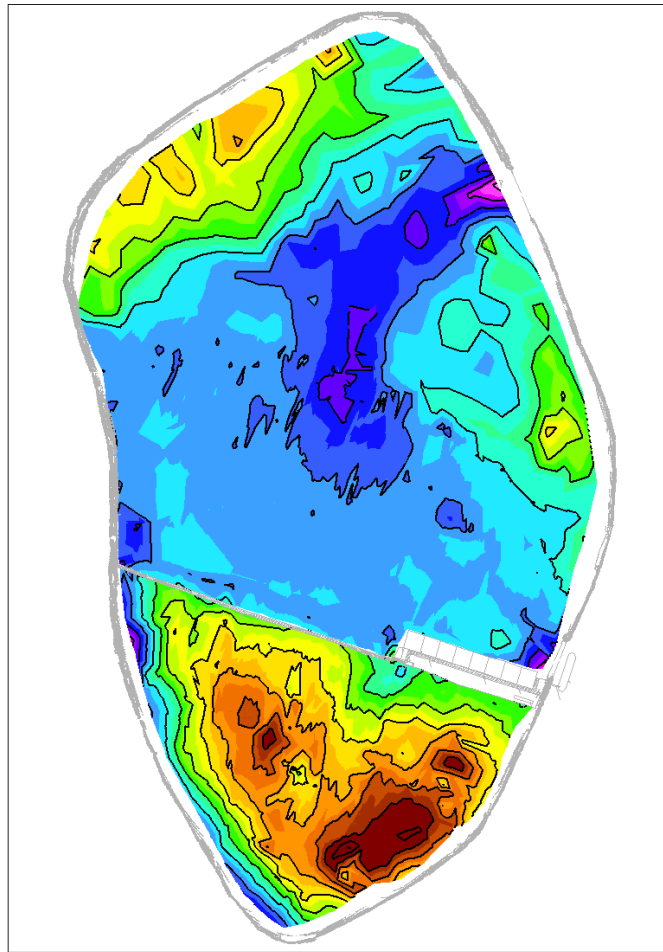
Bij een gefaseerde aanleg is het te verwachten dat in verschillende fases ander materiaal beschikbaar is om het moeras te ontwikkelen. Dit heeft als voordeel dat verschillende modules kunnen worden opgebouwd, elk met hun eigen type basismateriaal en daarom ook elk met hun eigen daaruit voortvloeiende mate van reliëf, type randafwerking en ecologische ontwikkeling.

## Appendix 1

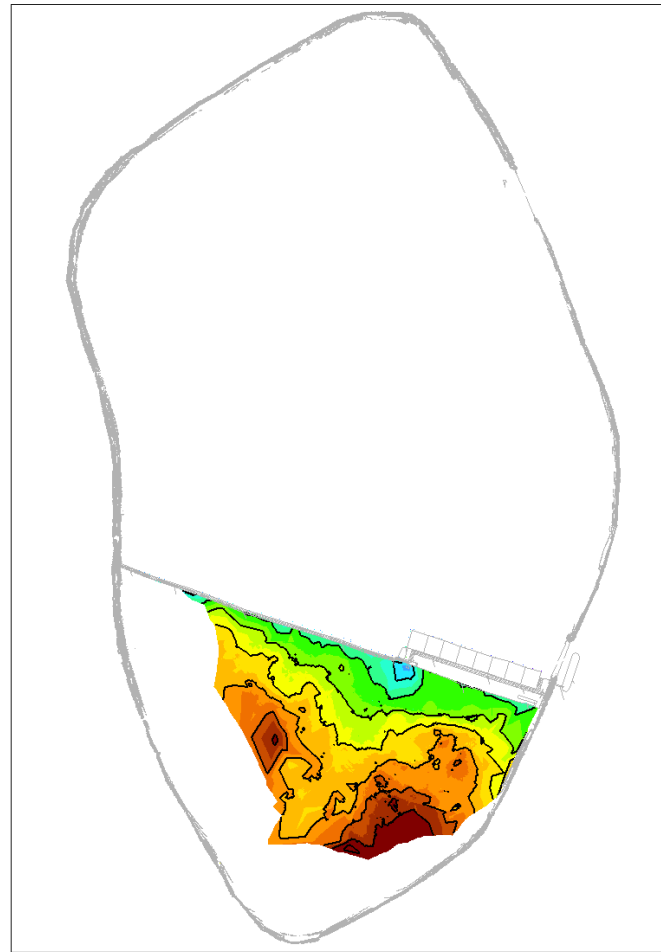
### Maaiveld Plots



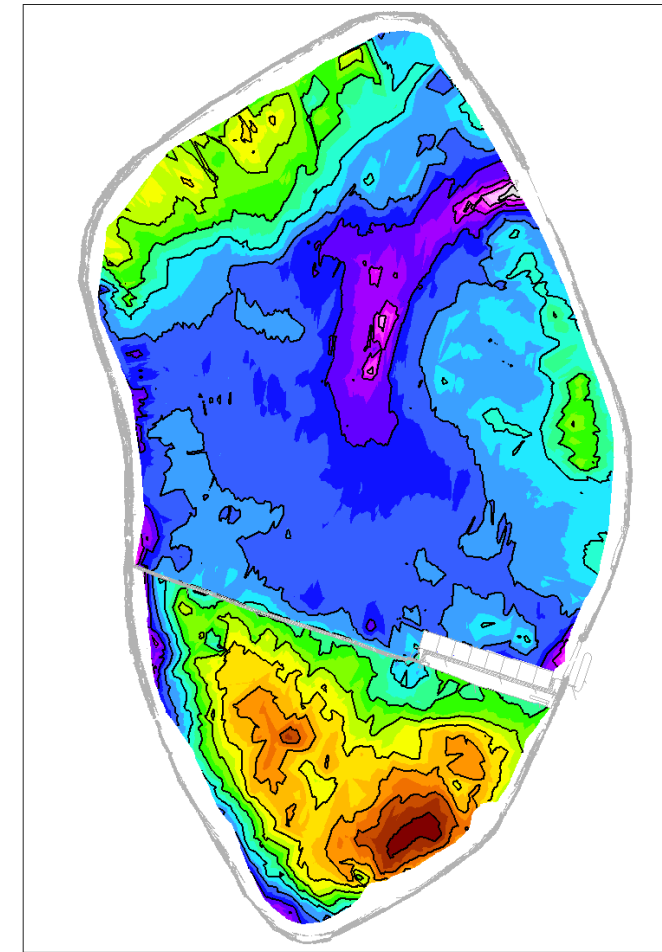
25-01-2014



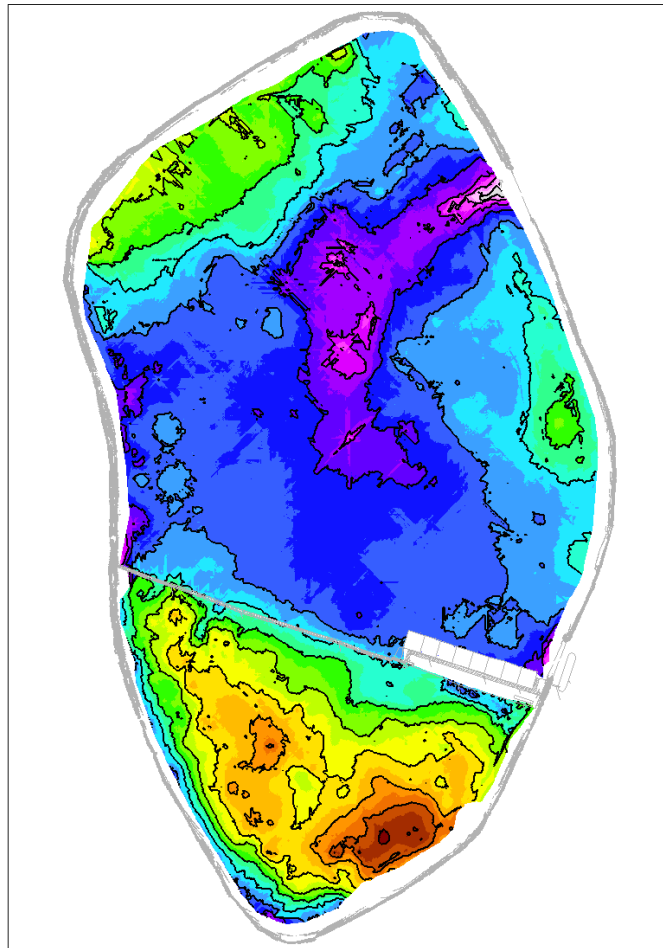
28-02-2014



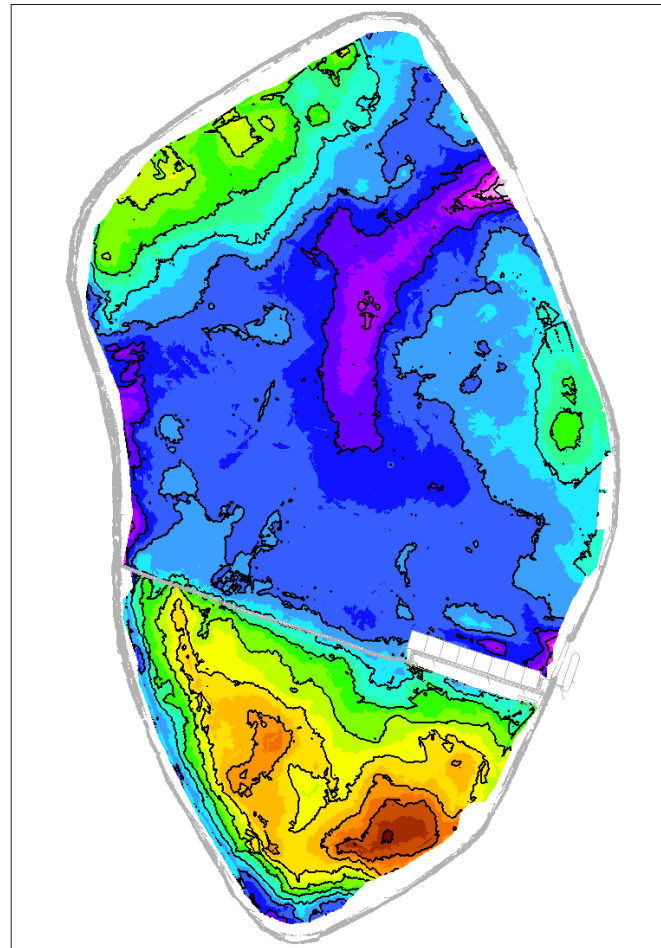
13-03-2014



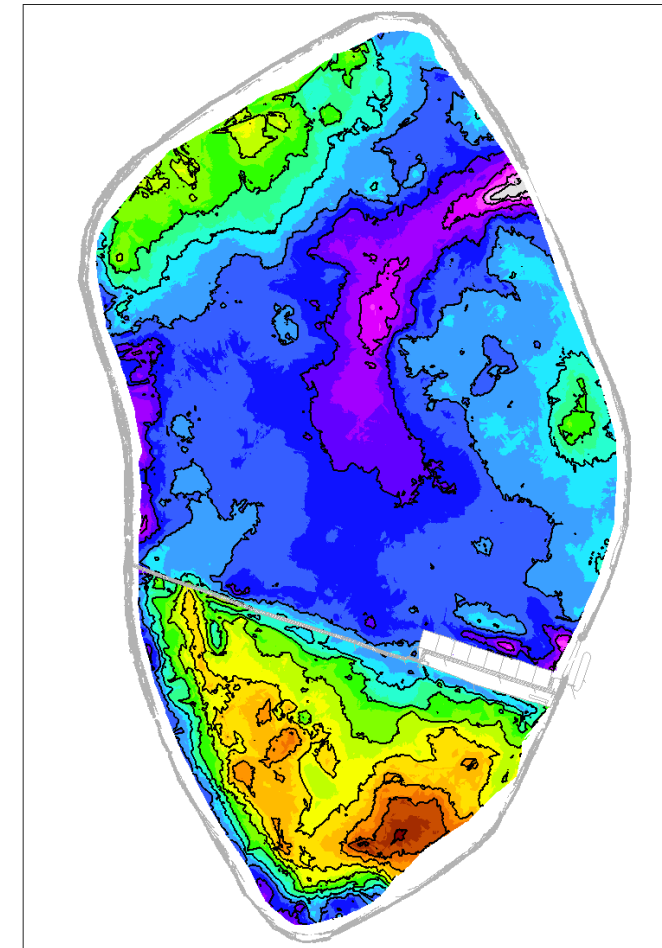
17-04-2014



21-05-2014

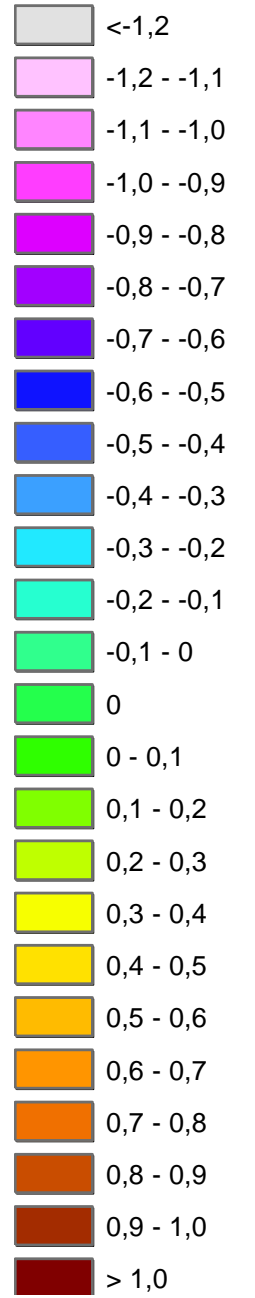


03-06-2014



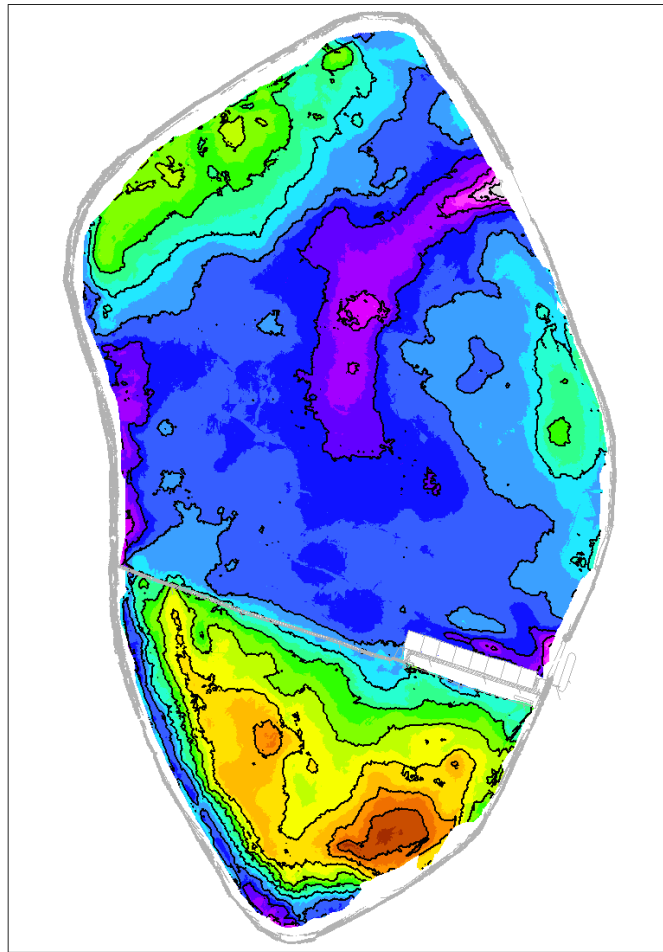
**Legend**

[mNAP]

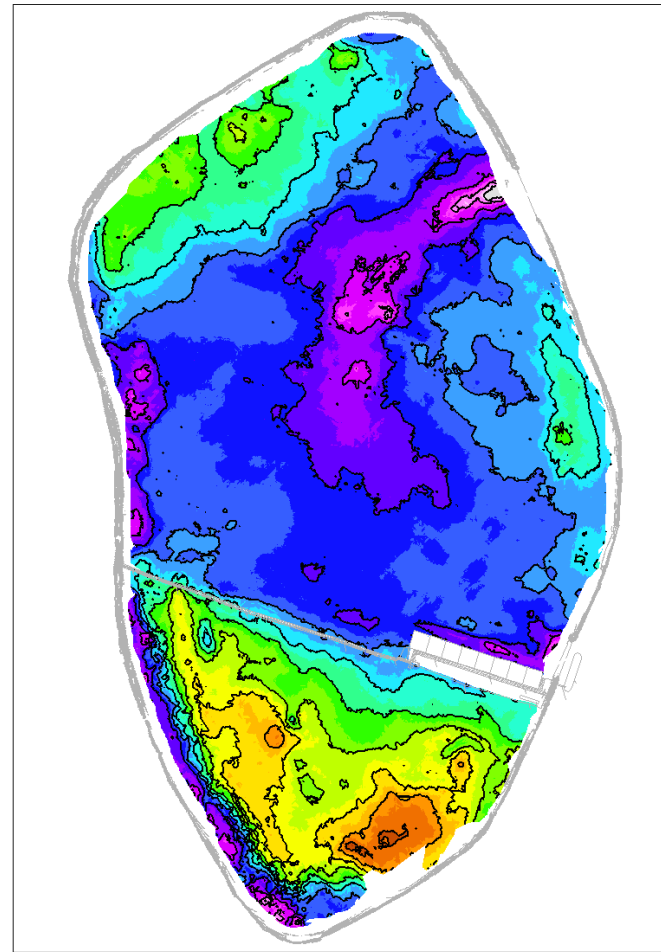




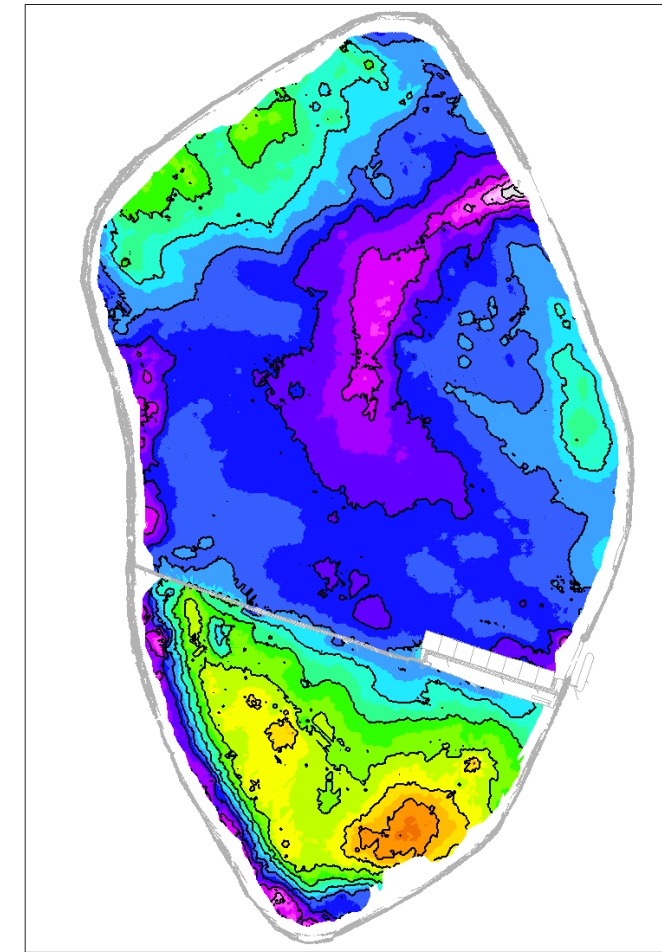
08-07-2014



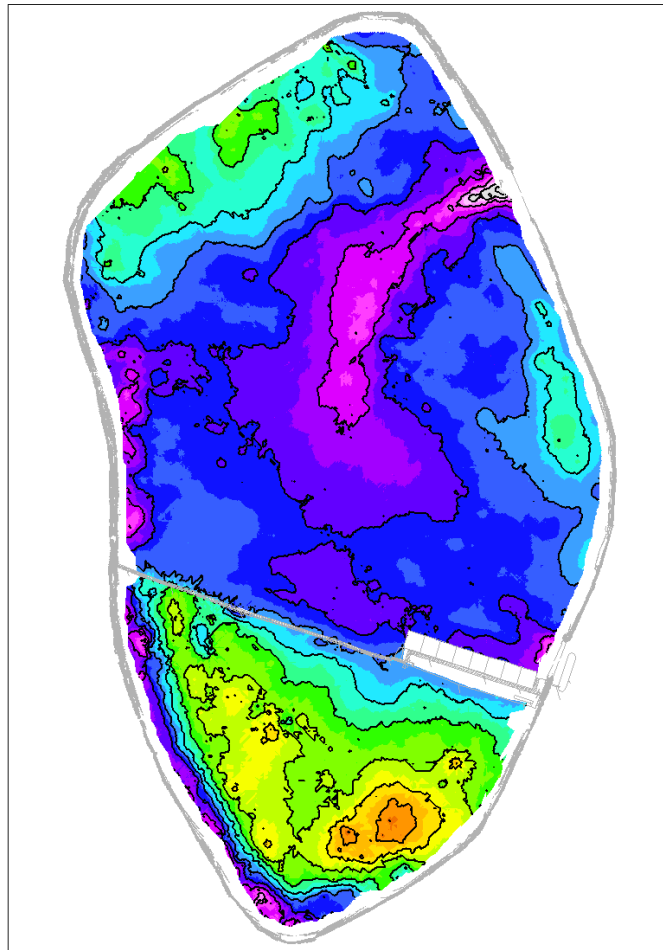
03-09-2014



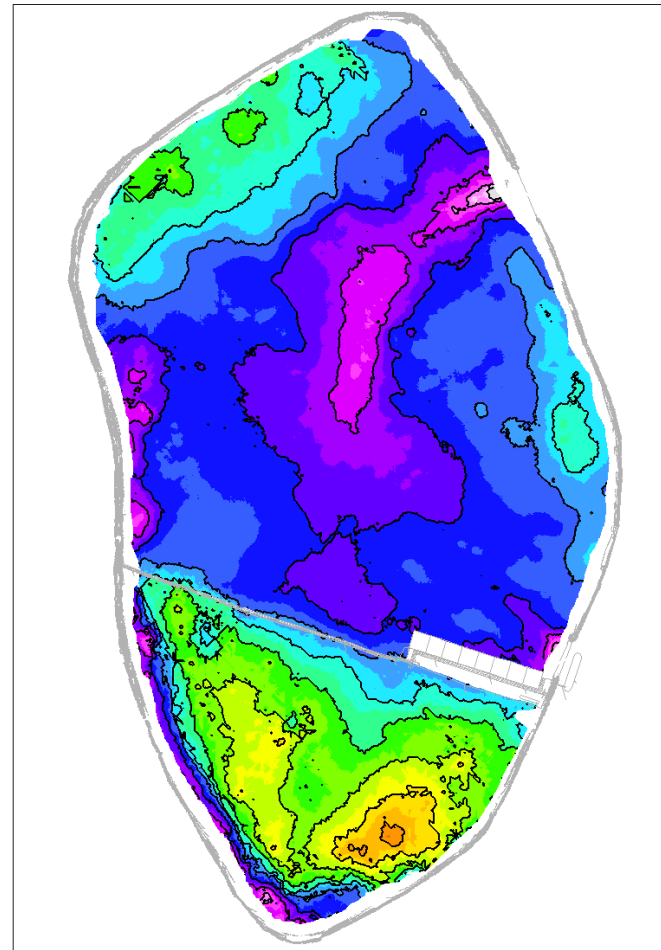
29-09-2014



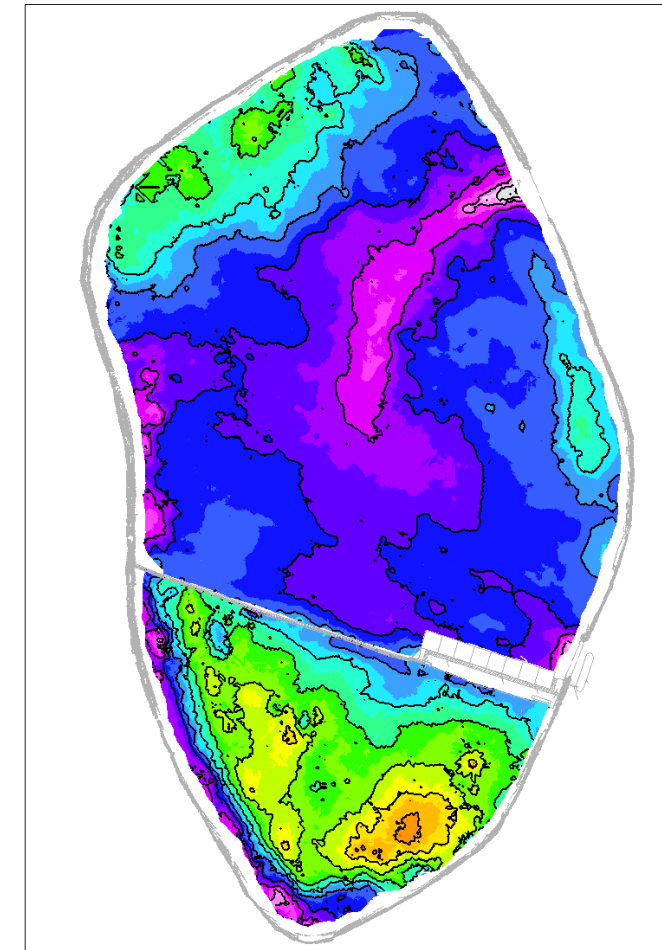
23-10-2014



19-11-2014

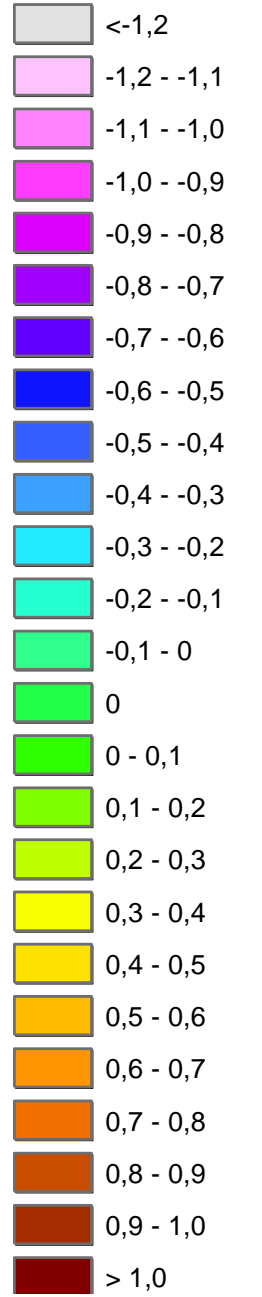


16-12-2014

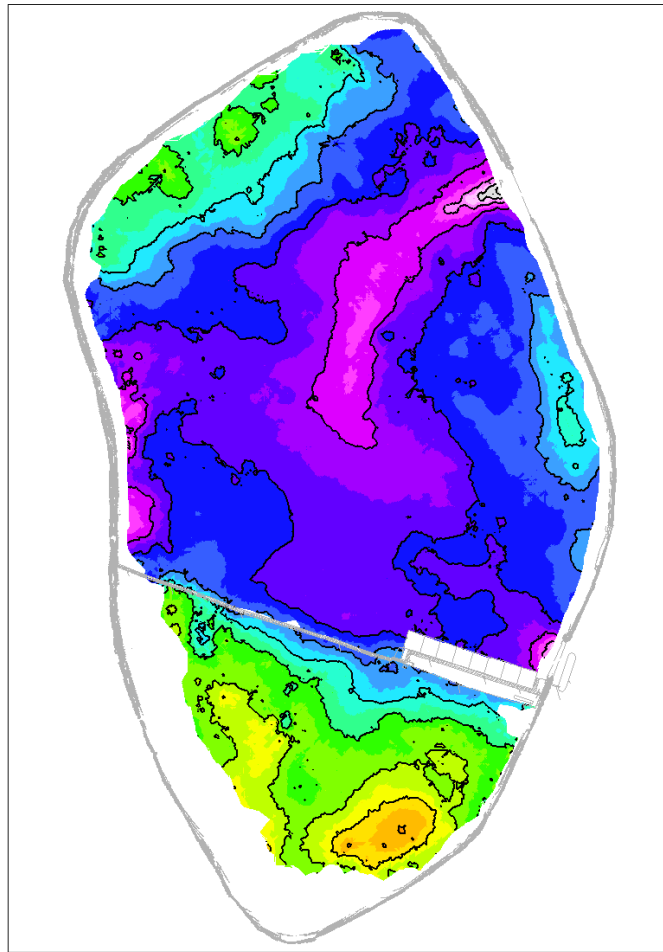


**Legend**

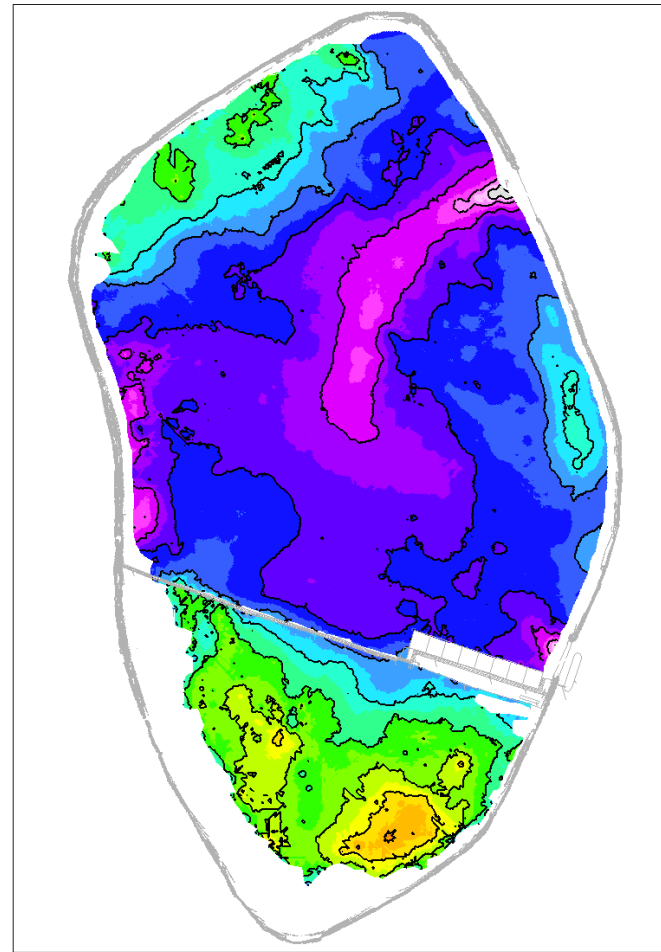
**[mNAP]**



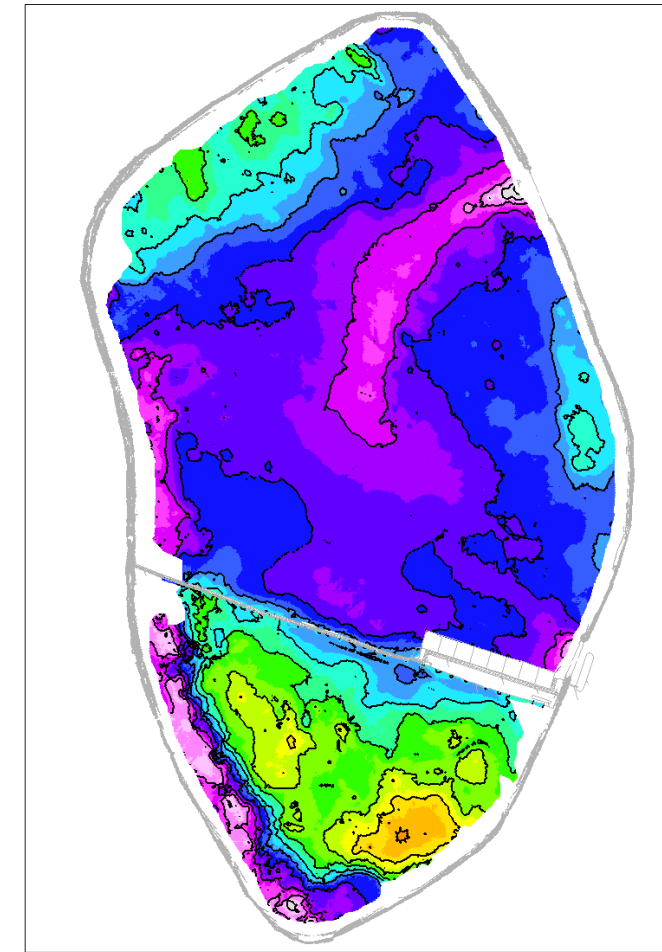
27-01-2015



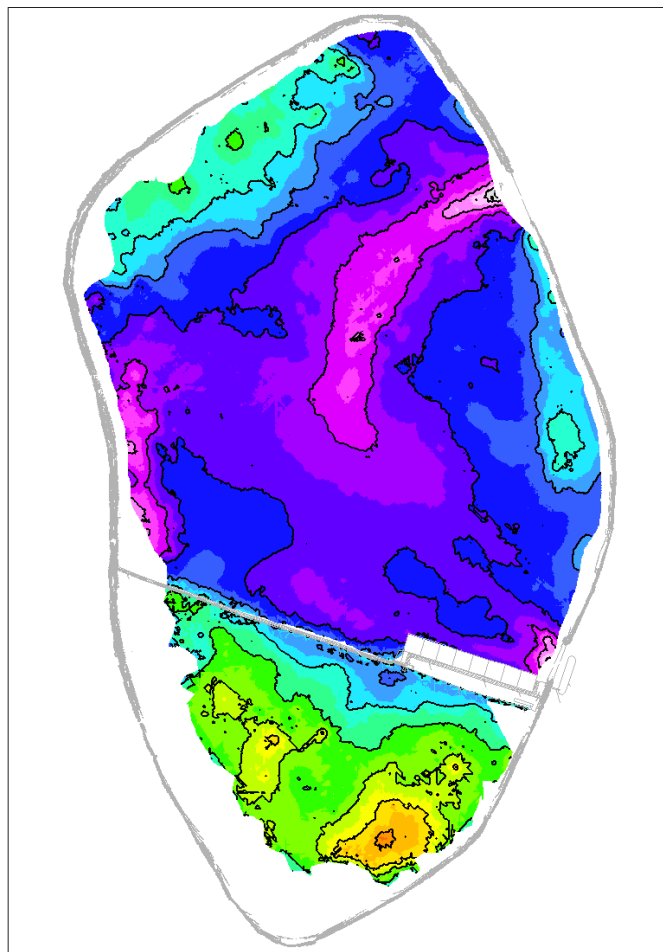
25-02-2015



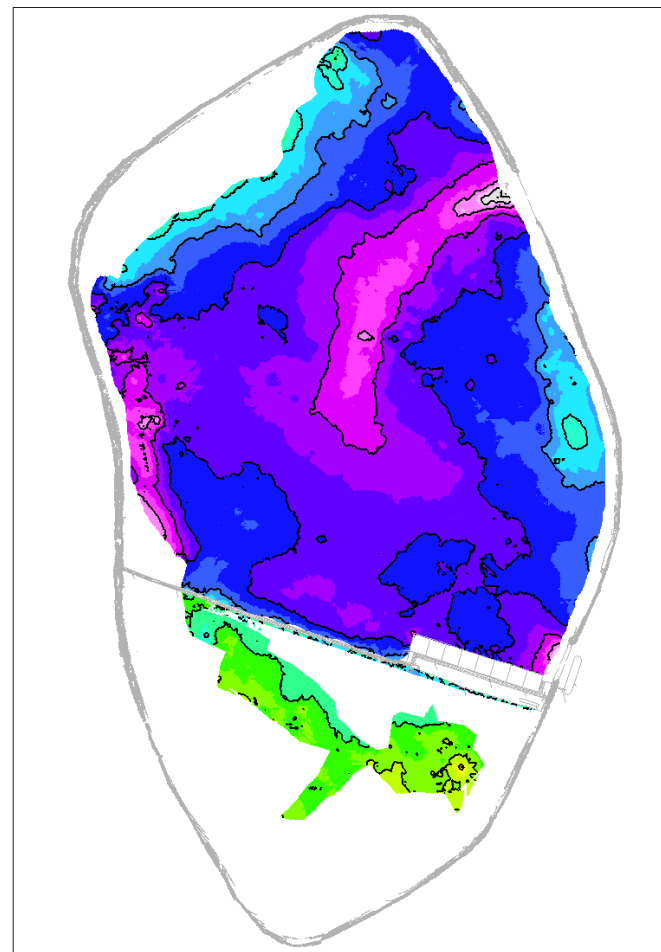
03-04-2015



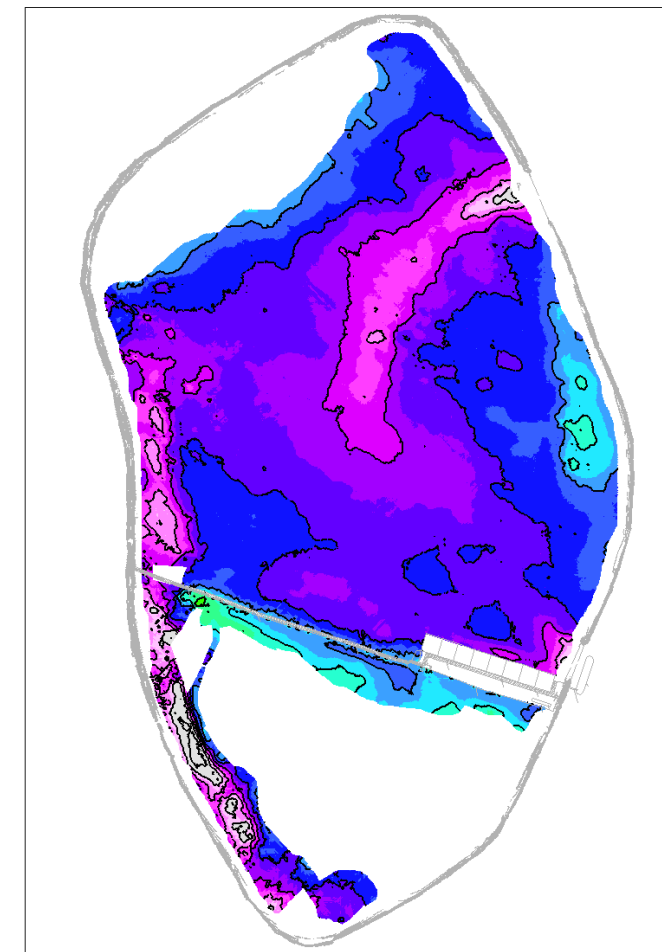
21-04-2015



22-05-2015

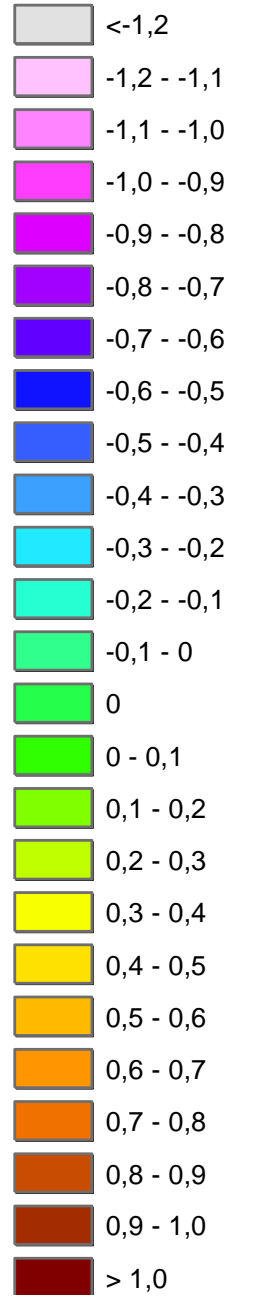


16-06-2015



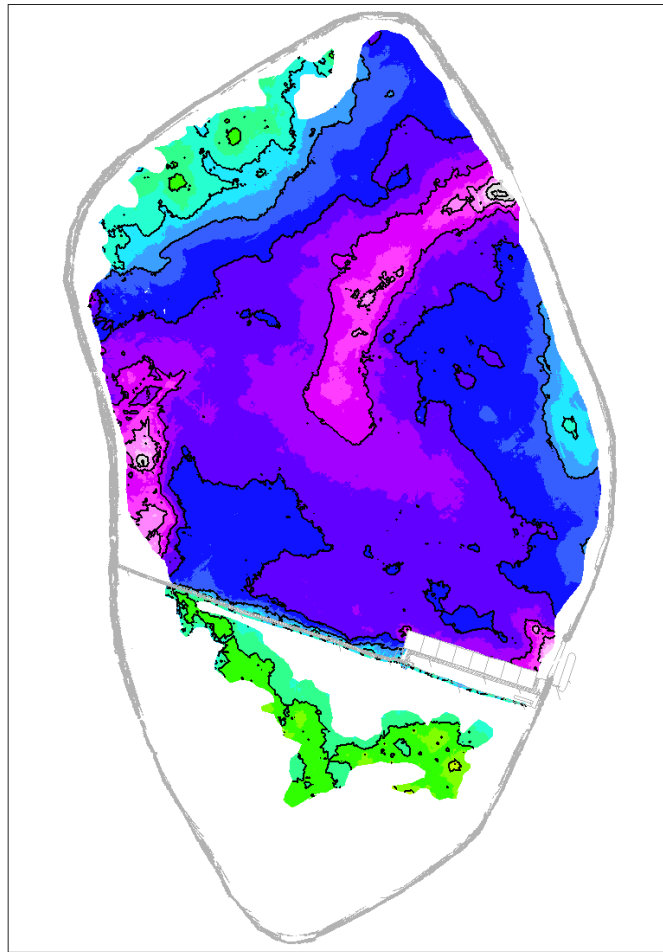
**Legend**

**[mNAP]**

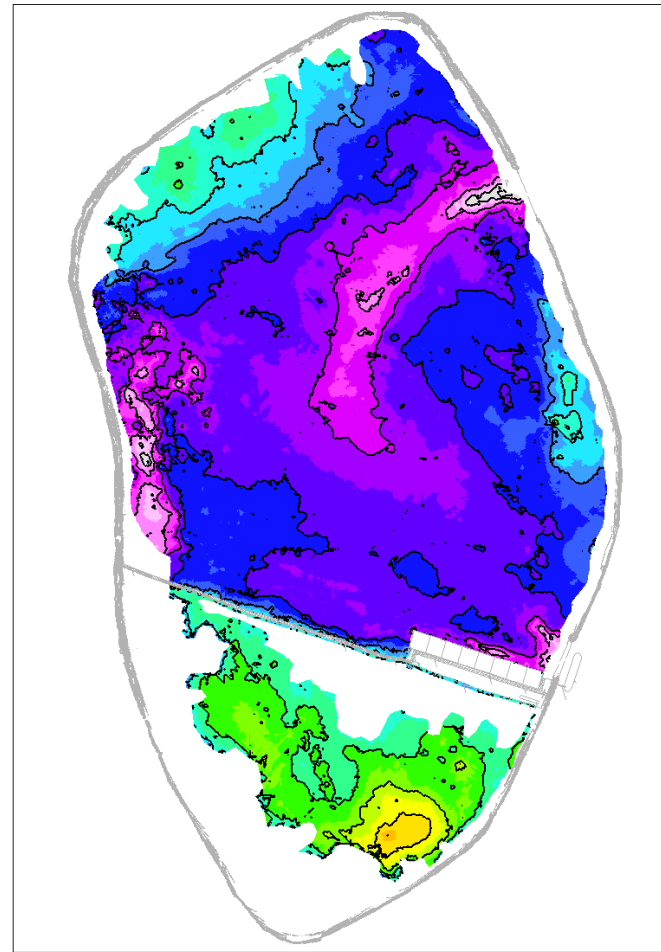




14-07-2015

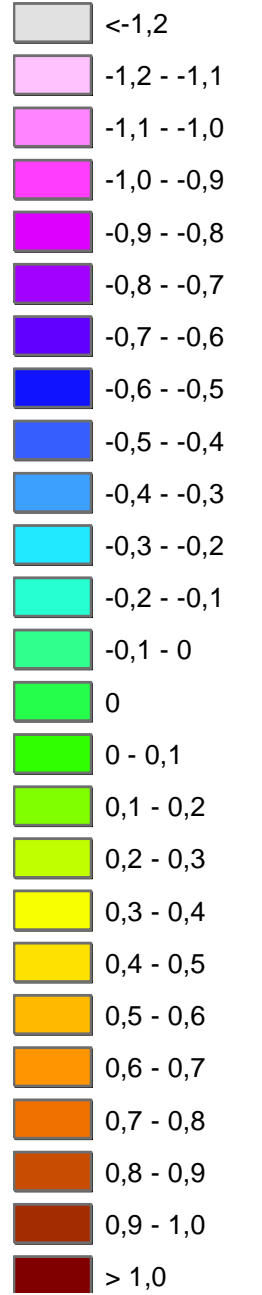


28-08-2015



**Legend**

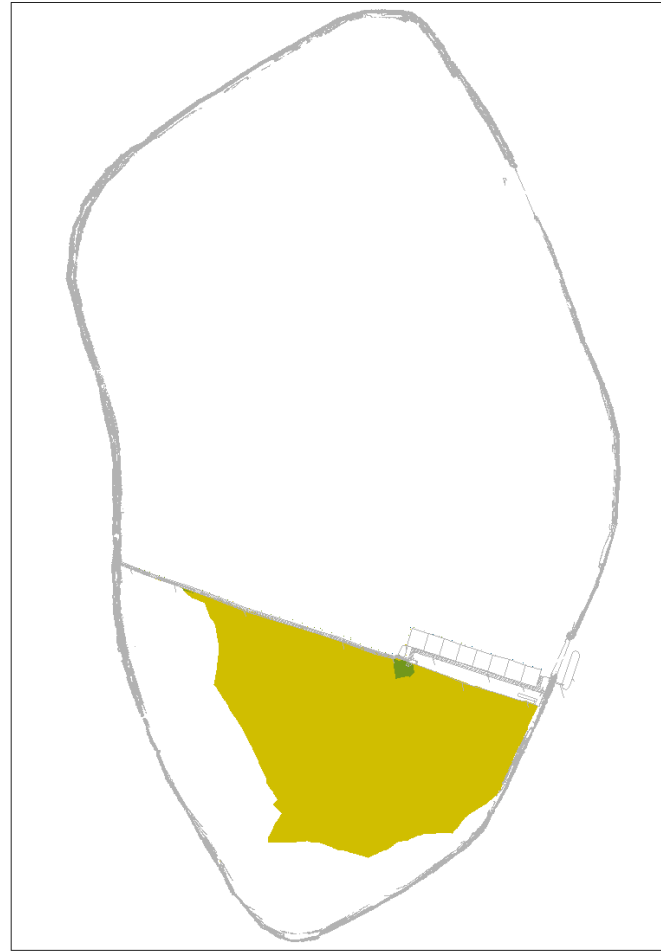
[mNAP]



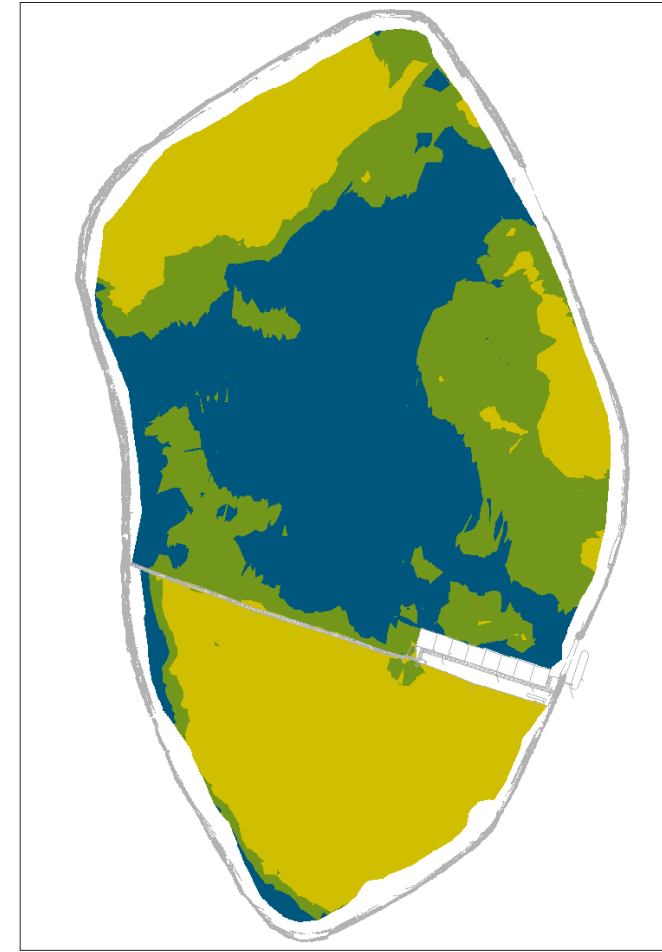
25-01-2014



28-02-2014



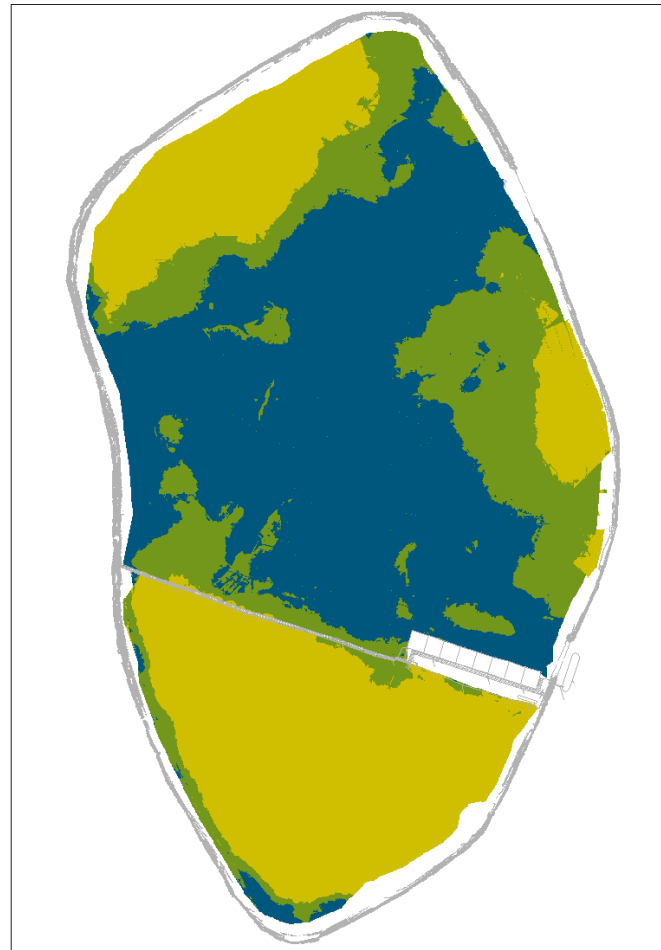
13-03-2014



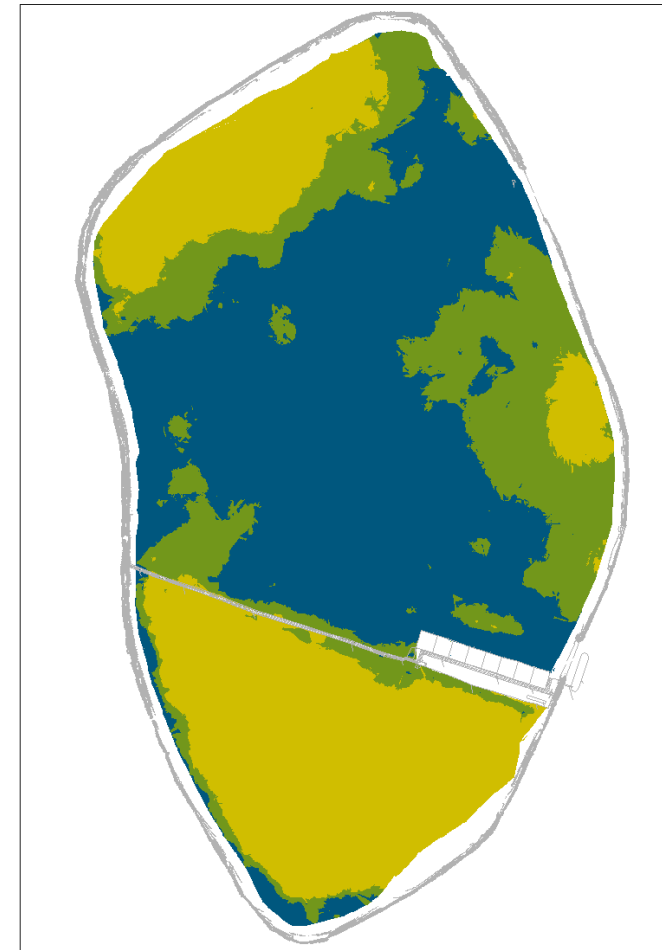
17-04-2014



21-05-2014

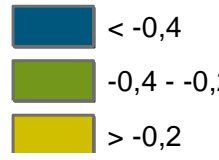


03-06-2014

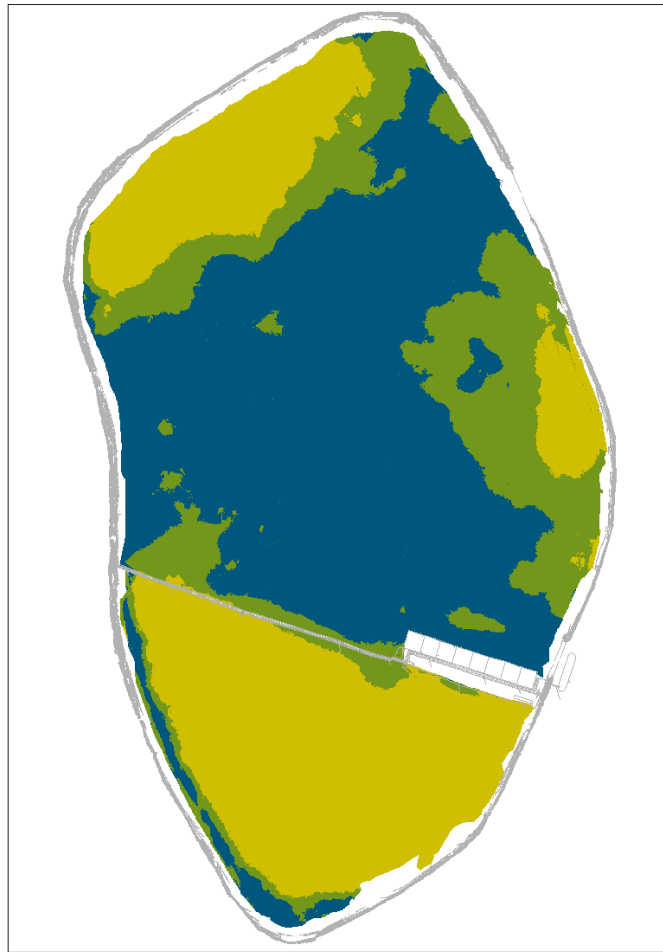


Legend

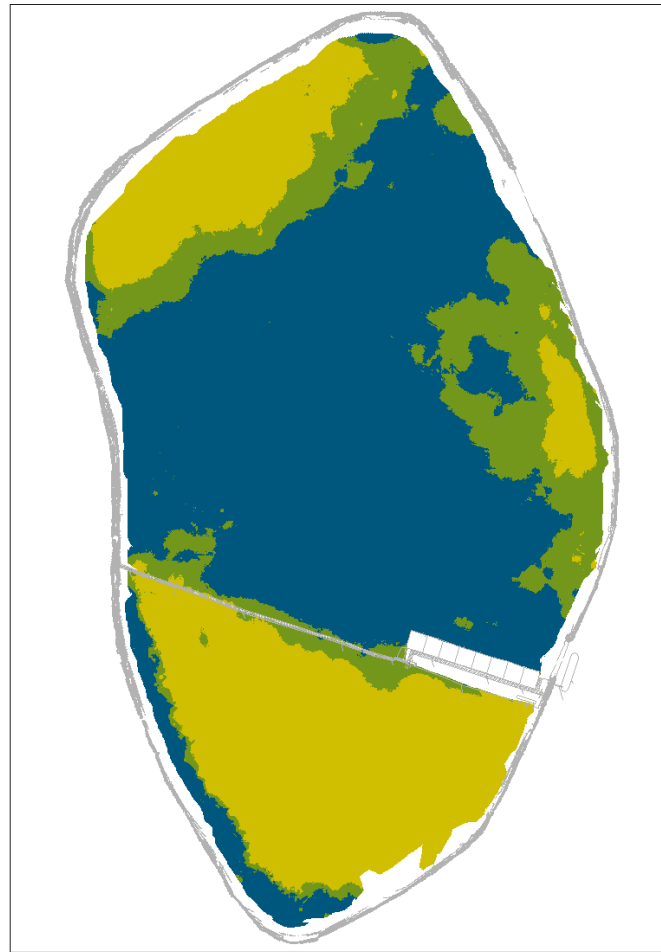
[mNAP]



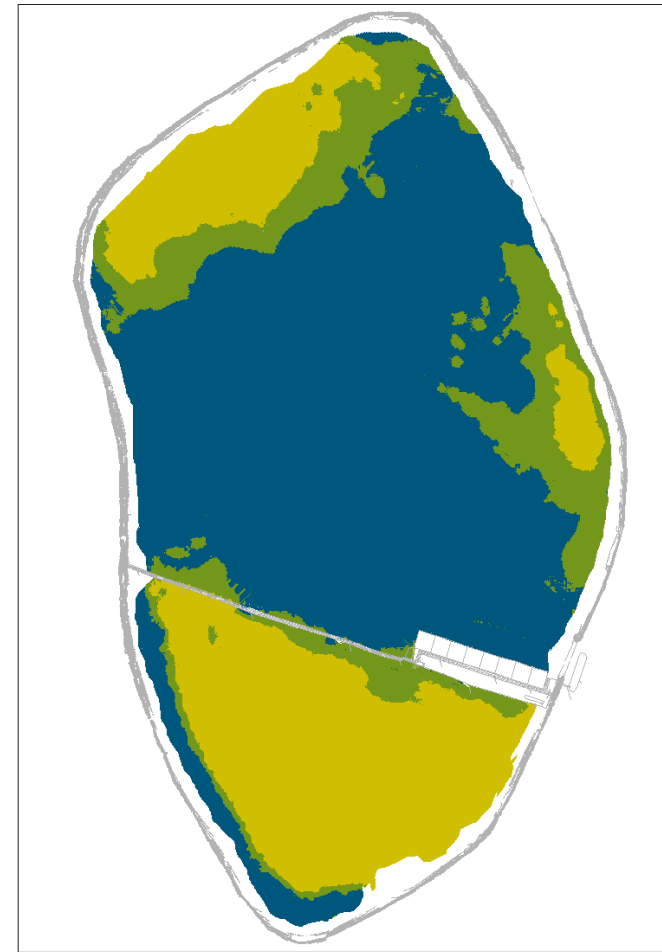
08-07-2014



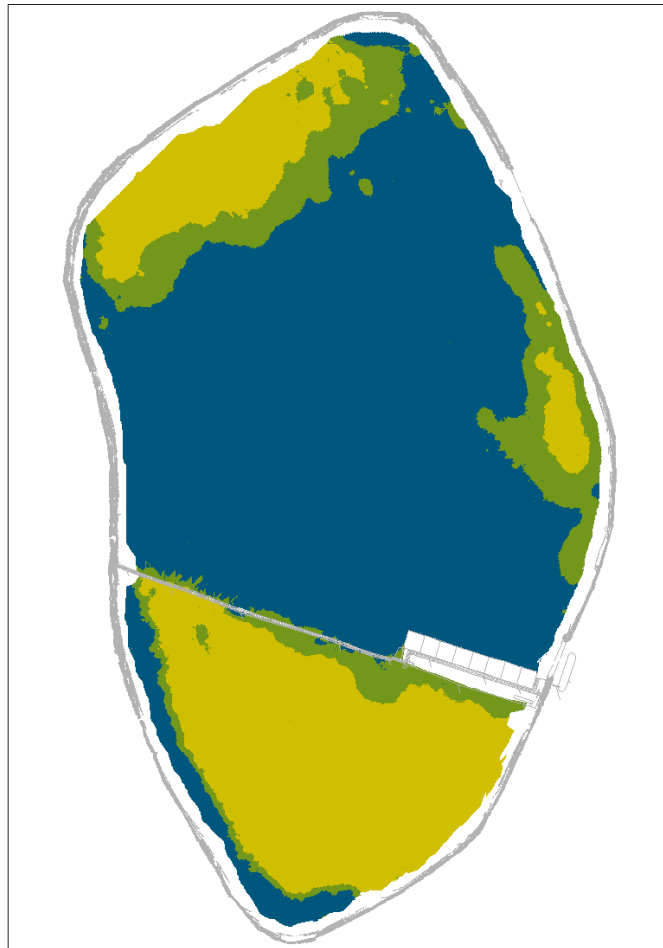
03-09-2014



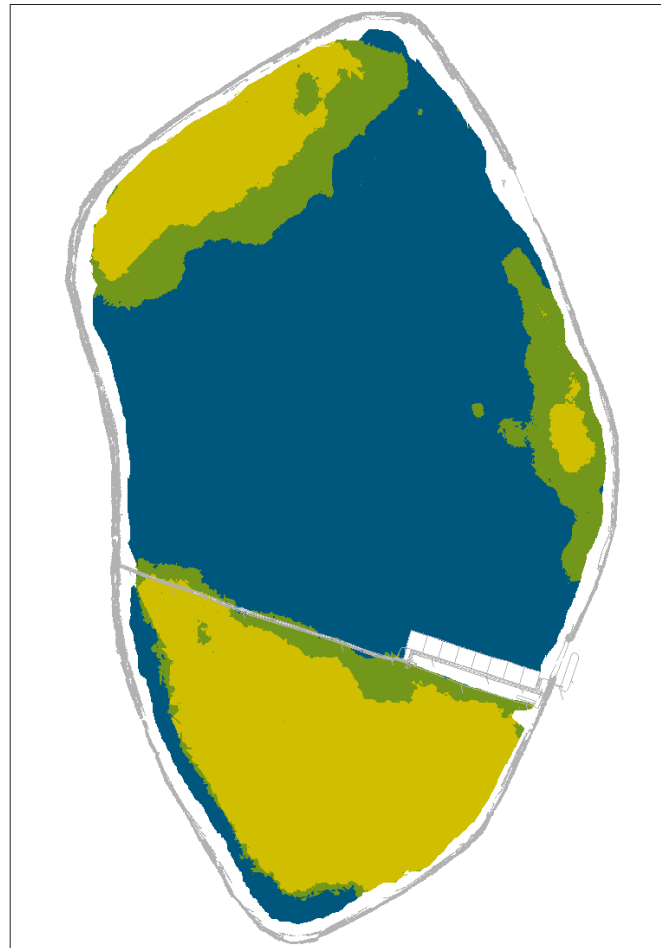
29-09-2014



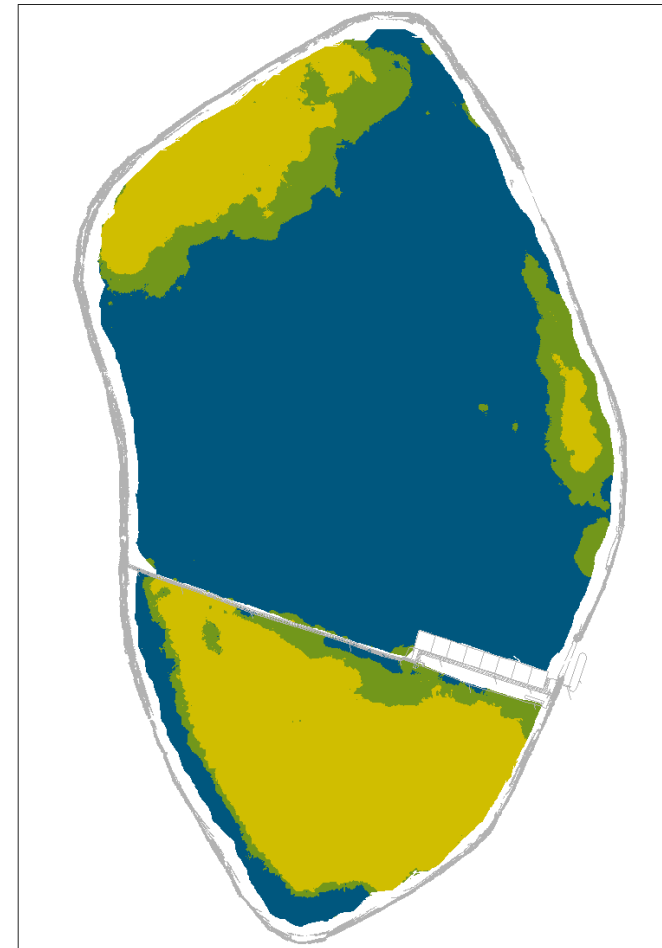
23-10-2014



19-11-2014



16-12-2014



Legend

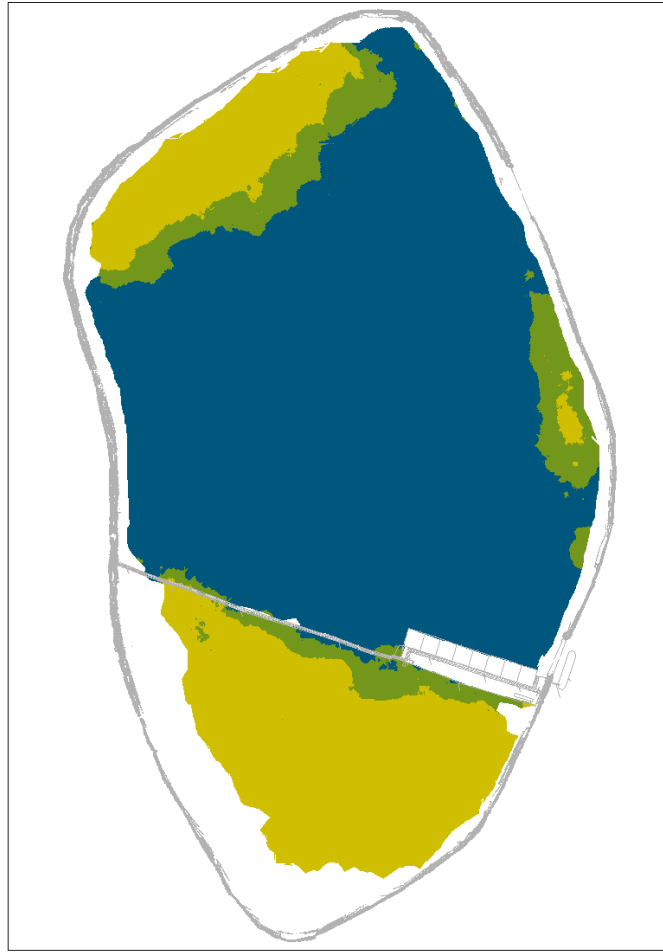
[mNAP]

< -0,4

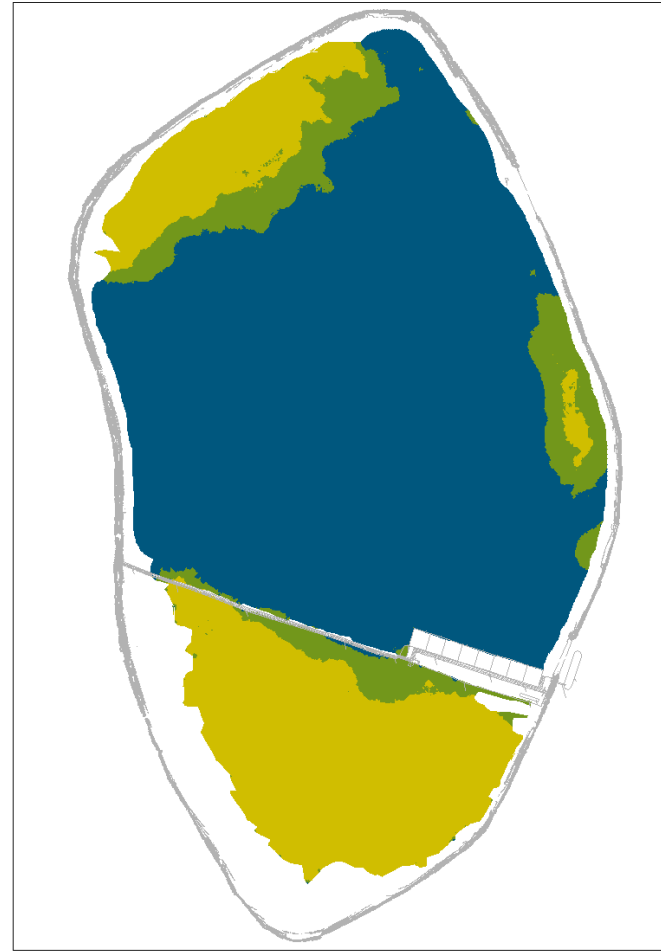
-0,4 - -0,2

> -0,2

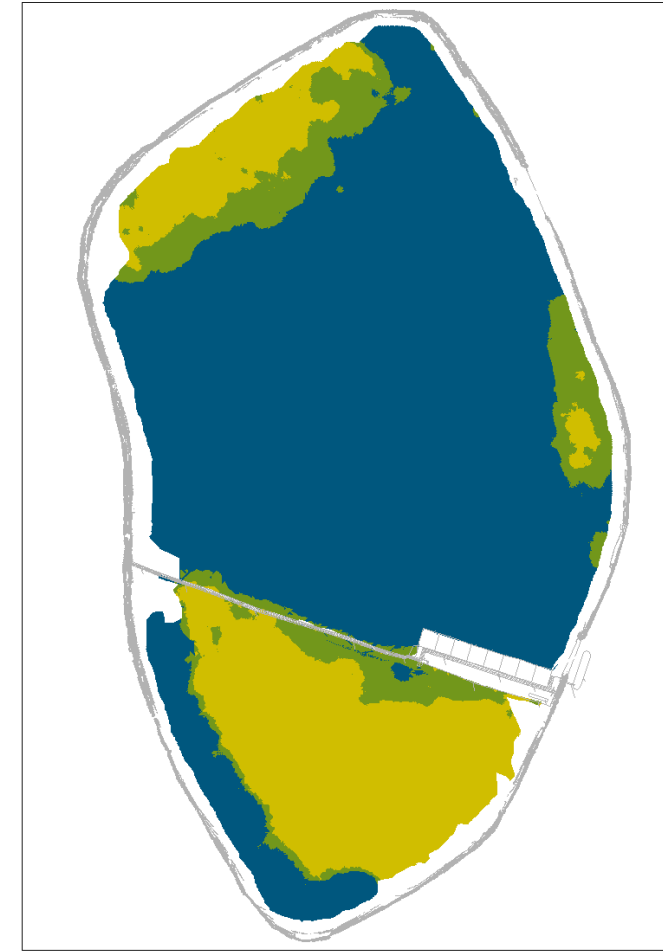
27-01-2015



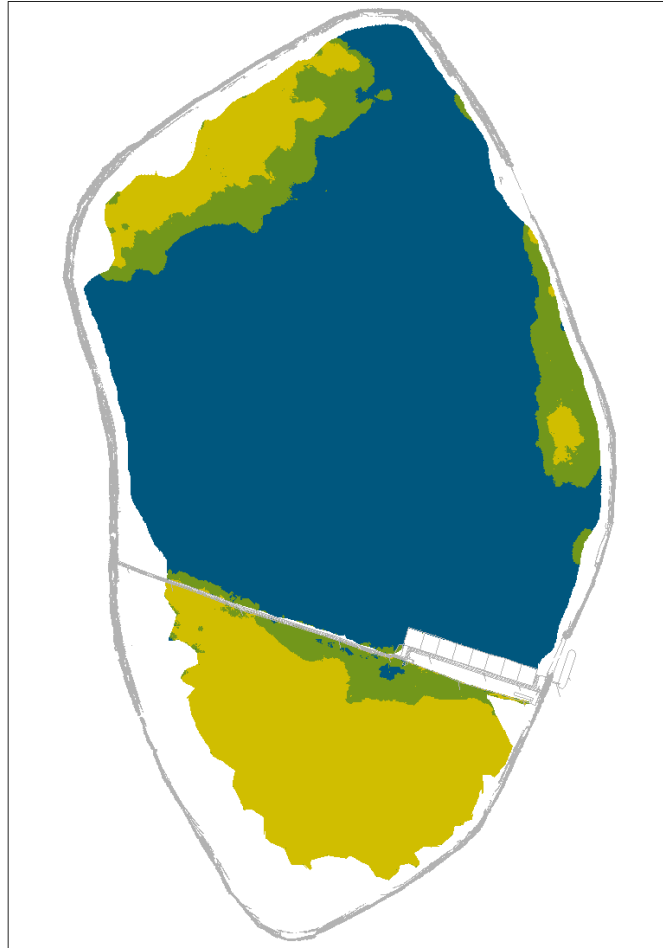
25-02-2015



03-04-2015



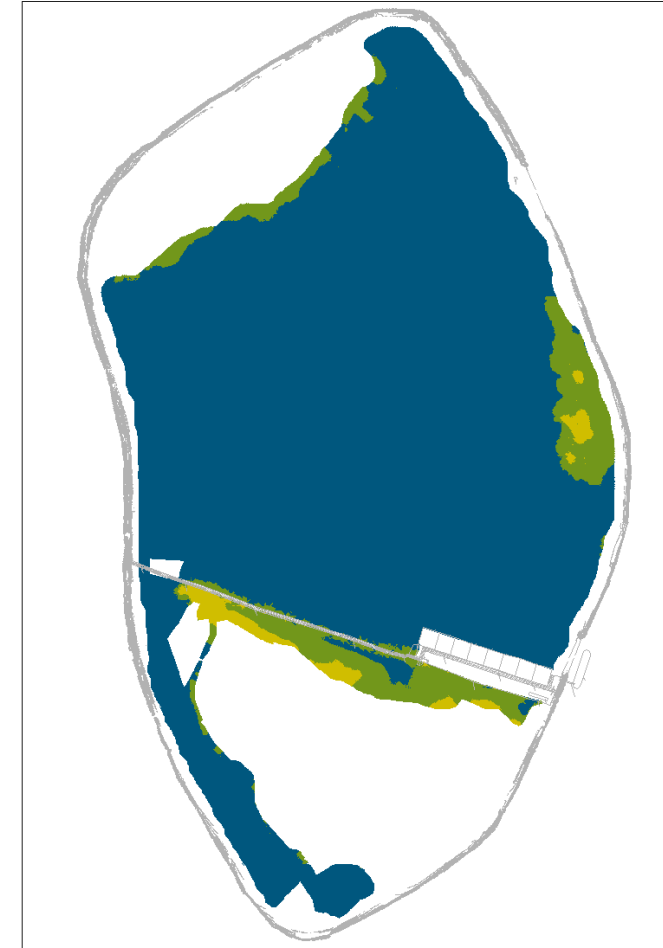
21-04-2015



22-05-2015




16-06-2015



Legend

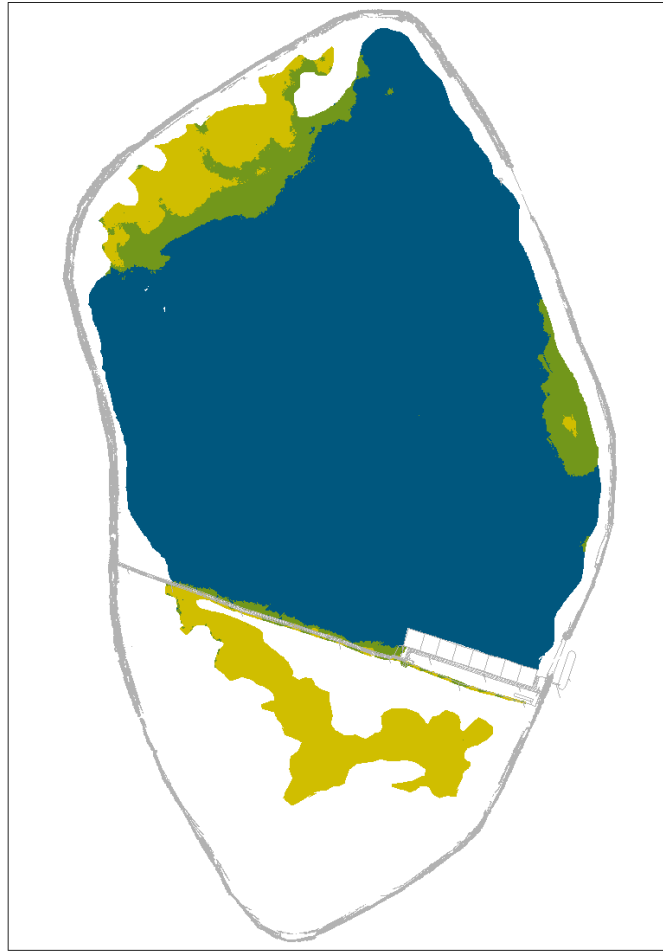
[mNAP]

 <math>< -0,4</math>

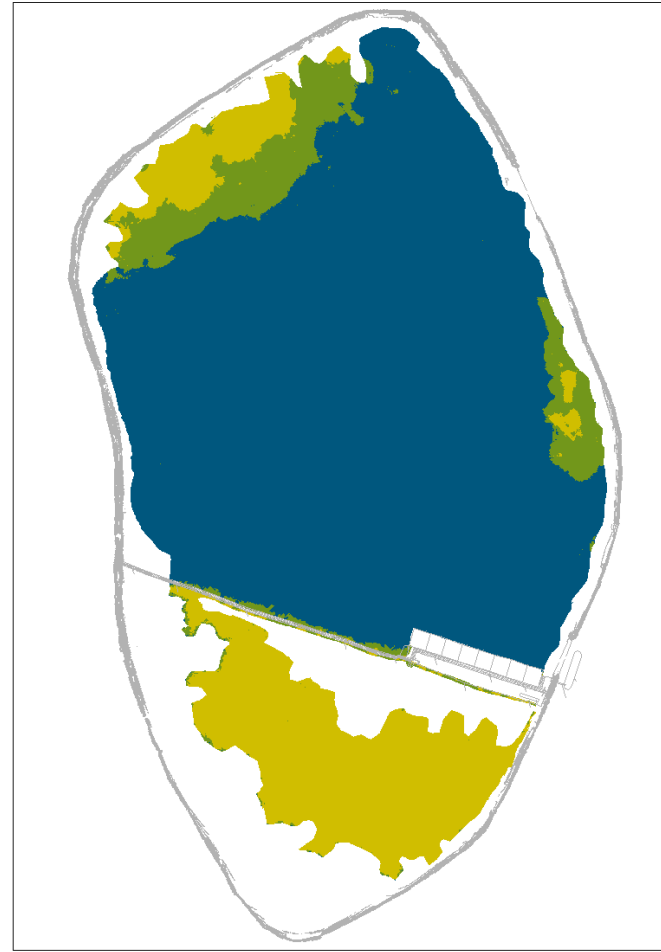
 <math>-0,4 - -0,2</math>

 <math>> -0,2</math>

14-07-2015




28-08-2015



**Legend**

**[mNAP]**

 < -0,4

 -0,4 - -0,2

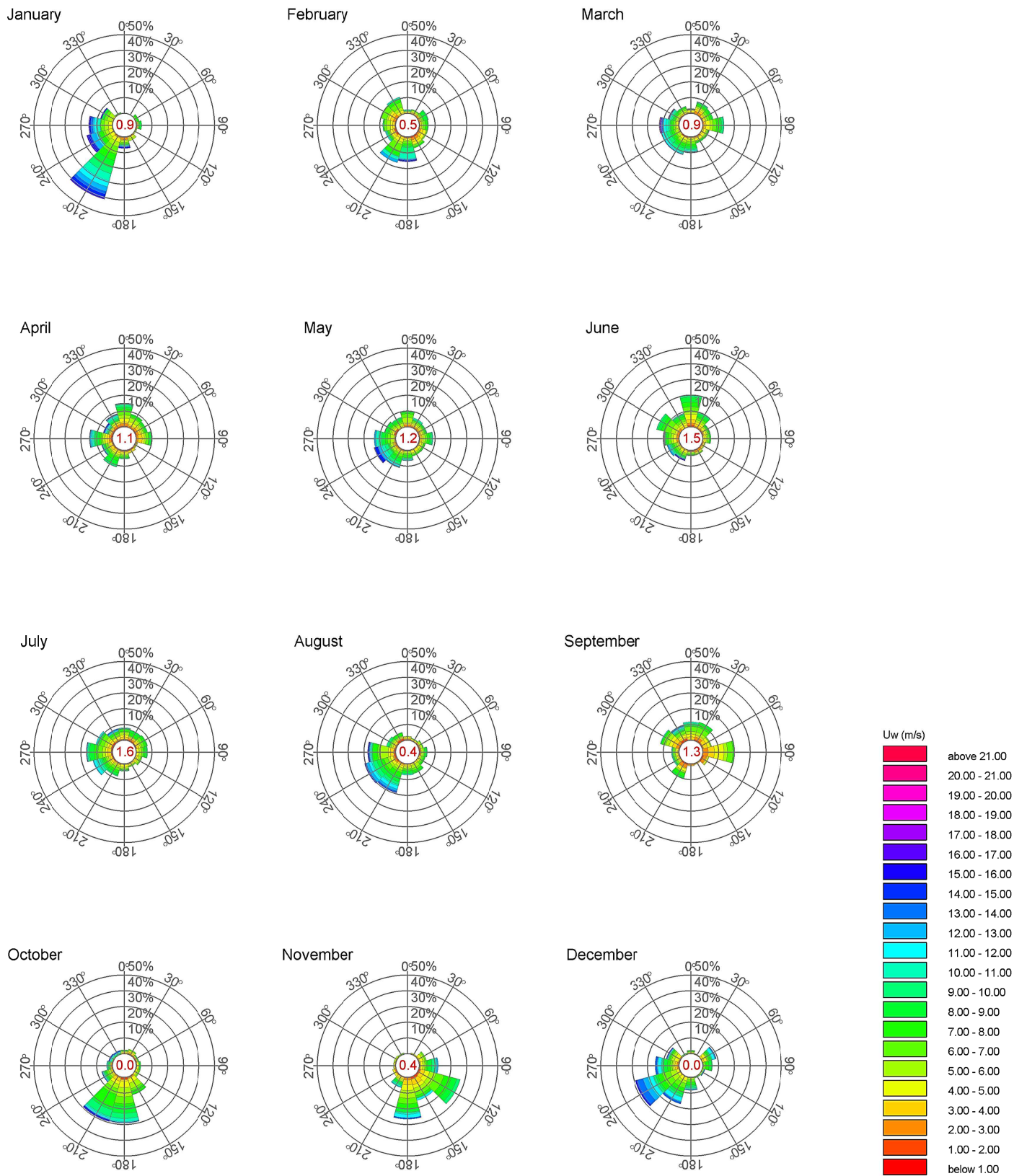
 > -0,2

## Appendix 2

### WindRoses







Data set 201403 201507

Meetgegevens Pilot Markermeer Moeras

Season : All months

Nortek

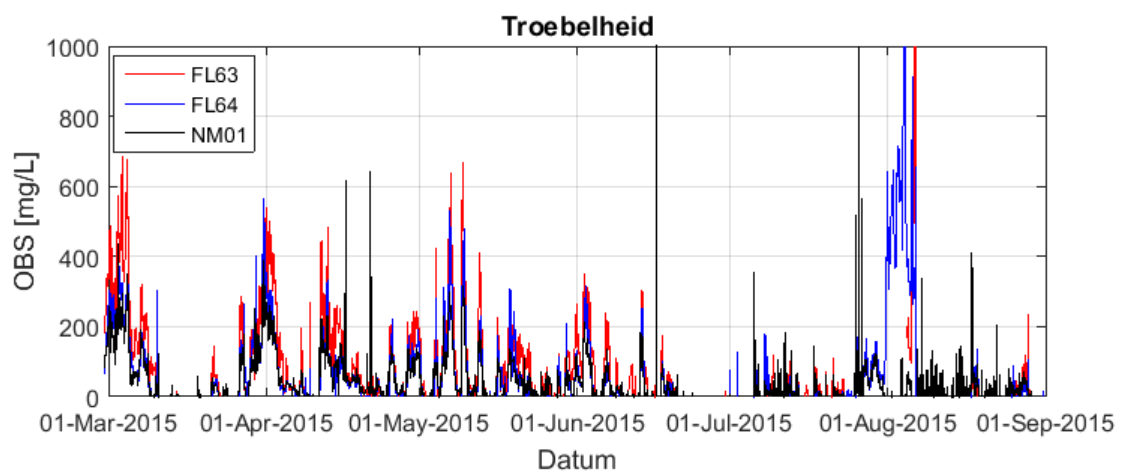
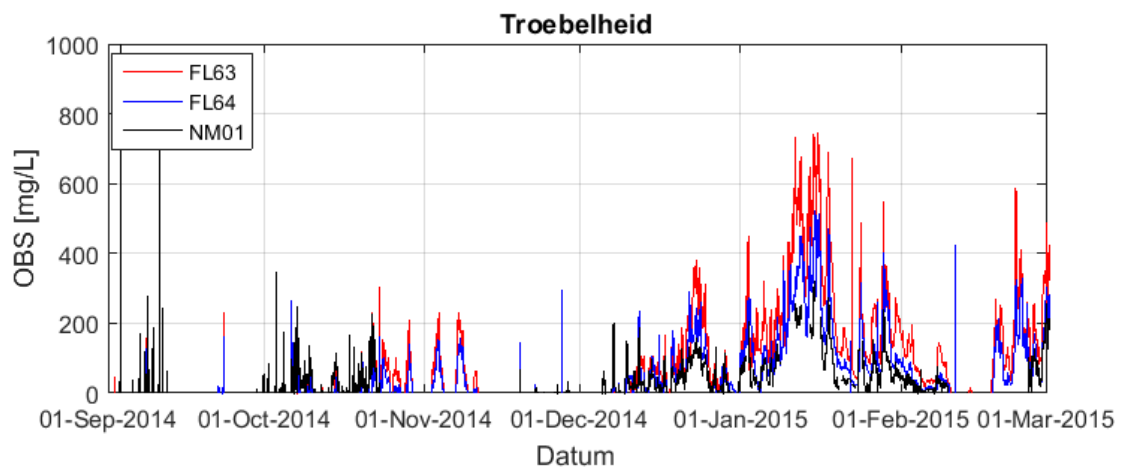
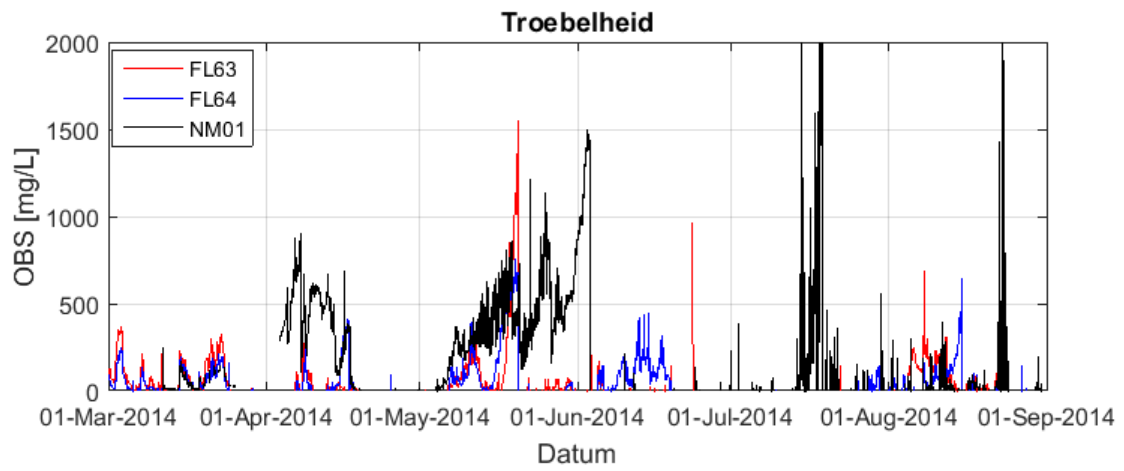
moeras v2

Fig. 13

## Appendix 3

### Troebeheid







With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,500 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

### **Our connections**

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

### **Memberships**

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.

## 4 Eindrapportage Ecologie



# Ecologische monitoring Markermeereiland

2014 - 2015



*buro bakker* adviesburo voor ecologie





## Ecologische monitoring Markermeereiland 2014 – 2015

**Status**  
definitief

**Datum**  
10 september 2015

**Handtekening voor akkoord**  
Ir. M.S. van Kerkvoorde

# Inhoud

1   Inleiding	7	
1.1	Aanleiding en doel	7
1.2	Het Markermeereiland	8
1.3	Leeswijzer	10
2   Methode	11	
2.1	Vogels	11
2.2	Macrofauna	12
2.3	Vissen	15
2.4	Vegetatie	16
2.4.1	Kartering watervegetatie	16
2.4.2	Vegetatiekartering	16
2.5	Foutendiscussie	17
3   Resultaten	19	
3.1	Vogels	19
3.1.1	Watervogels	20
3.1.2	Steltlopers	22
3.1.3	Meeuwen en sterns	23

3.1.4	Broedvogels	24
3.1.5	Natura 2000-doelsoorten	25
3.1.6	Overige soorten	26
3.2	Macrofauna	26
3.2.1	Resultaten veldonderzoek juni 2014	27
3.2.2	Resultaten veldonderzoek oktober 2014	27
3.2.3	Resultaten veldonderzoek juli 2015	27
3.2.4	Resultaten veldonderzoek augustus 2015	28
3.2.5	Samenvatting	29
3.3	Vissen	29
3.3.1	Resultaten juni 2014	29
3.3.2	Resultaten augustus 2015	32
3.3.3	Samenvatting	32
3.4	Vegetatie	33
3.4.1	Beschrijving gekarteerde vegetatietypen	33
3.4.2	Vergelijking vegetatiekaart 2014 en 2015	42
3.4.3	Vegetatieontwikkeling in de exclosures	44
3.4.4	Kartering watervegetatie (RWS)	45
3.4.5	Interpretatie	47
4	Conclusie en discussie	51

4.1	Onderzoeksvragen	51
4.1.1	Relatie ontwikkeling van het eiland met het waterpeil	51
4.1.2	Snelheid natuurontwikkeling en ecologisch rendement	52
4.2	Toekomstige ontwikkelingen	53
5   Literatuur en bronnen		55
B 1	Bijlage: Totaaltabel waargenomen vogels en aantallen	
B 2	Bijlage: Totaaltabel waarnemingen macrofauna	
B 3	Bijlage: Lijst waargenomen plantensoorten	



# 1 | Inleiding

---

## 1.1 Aanleiding en doel

De pilot Markermeer moeras maakt onderdeel uit van het project Natuurlijker Markermeer IJmeer (NMIJ) dat tot doel heeft inzichtelijk te maken welke investeringen in natuurontwikkeling het meest kansrijk zijn voor het realiseren van een robuust ecologisch systeem en een klimaatbestendig watersysteem in het Markermeer en het IJmeer. Binnen het NMIJ project zijn subdoelen aangegeven. Een van deze subdoelen is het vergroten van de habitatdiversiteit en peildynamiek (Royal Haskoning, 2011). Om de habitatdiversiteit te vergroten is een aantal mogelijke maatregelen genoemd, waaronder het inrichten van een grootschalige landwaterzone (moeras) van tenminste 4000 hectare nabij de Houtribdijk.

Voordat een dergelijk grootschalige landwaterzone aangelegd kan worden is er een aantal onderzoeksvragen dat beantwoord dient te worden, zodat de haalbaarheid inzichtelijk kan worden gemaakt. Ten behoeve hiervan is in het Markermeer eind 2013 een experimenteel eiland aangelegd van ongeveer 10 hectare. Dit eiland is gelegen in het Markermeer, op ongeveer 250 meter ten zuidwesten van de Houtribdijk. Aan de hand van experimenten, monitoring, modellering en bureaustudies aan het eiland kunnen de onderzoeksvragen worden beantwoord en kunnen kennisleemten met betrekking tot het ontwikkelen van een grootschalig moeras in het Markermeer worden opgelost.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de ecologische monitoring van vogels, macrofauna, vegetatie en vissen in de periode oktober 2013 – september 2015. Daarbij worden de in onderstaande kaders weergegeven en in het monitoringsplan verwoorde vragen met bijbehorende subvragen beantwoord (Royal Haskoning, 2011).

### Vraag 1

Wat is de relatie van een duurzame ontwikkeling van een moeras met het waterpeil?

- Welke invloed heeft het waterpeil en variaties in waterpeil op aanwezigheid van vogels en vissen en het algemene uiterlijk van de pilot (afvoer detritus, aanwezigheid algen etc.)?
- Welke invloed heeft het waterpeil op de ontwikkeling van vegetatie. Vergelijk hierbij de resultaten uit het gesloten en open compartiment alsmede de voor vogels afgeschermd gebied?



## Vraag 2

Hoe snel verloopt de natuurontwikkeling in de pilot moeras en wat is het ecologisch rendement?

- Hoe ontwikkelt de vegetatie zich onder verschillende omstandigheden in het gehele gebied?
- Hoe ontwikkelt de vogel en visstand zich na aanleg van de pilot?
- Zijn er verschillen in vegetatieontwikkeling tussen het met holoceen materiaal opgehoogde gebied en de randen?

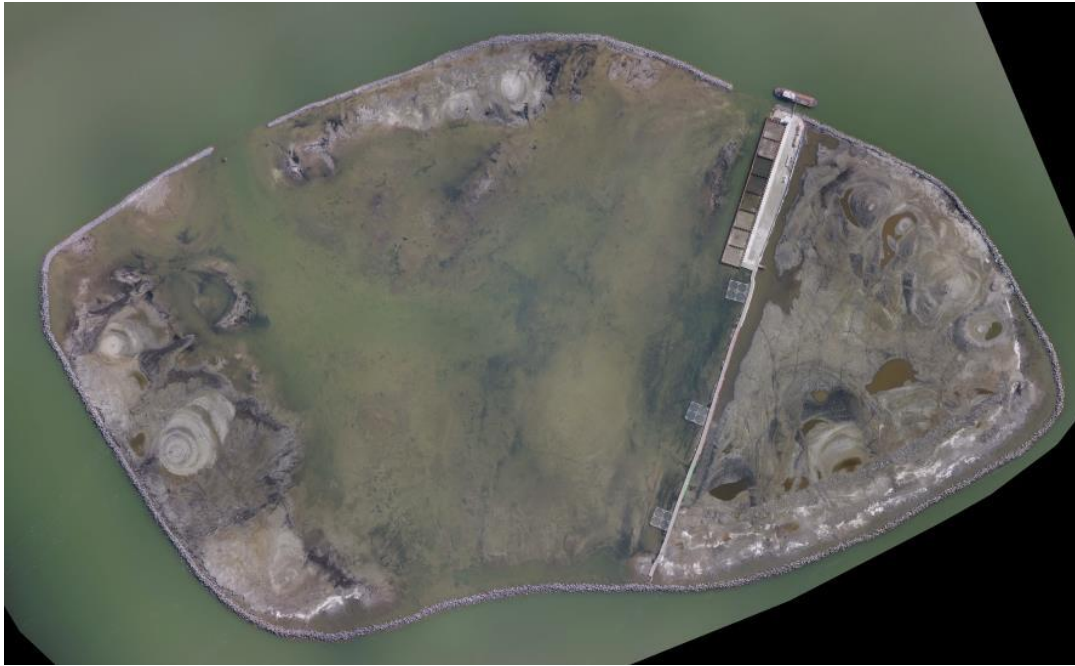
## 1.2 Het Markermeereiland

In juni 2013 is de firma Gebr. van der Lee in opdracht van Rijkswaterstaat gestart met de bouw van een grootschalig moerasediland in het Markermeer. De innovatieve constructie is 10 hectare groot en is bedacht door Gebr. van der Lee. Het langwerpige moerasediland bestaat uit een gesloten (2 ha) en een open (8 ha) compartiment, 8 proefvakken, randen en een werkplatform. Het open compartiment staat in openverbinding met het Markermeer. Voor de bouw van het eiland is overwegend materiaal uit het IJsselmeergebied gebruikt: hierbij zijn de randen gemaakt van zogenaamde geocontainers en geotubes die gevuld zijn met zand uit het IJsselmeer. De bodem bestaat uit schelpenrijk slib uit het Markermeer.

Figuur 1 toont een luchtfoto van het eiland. Hierop is het werkplatform en een looppad zichtbaar, die de scheiding vormen tussen het open en gesloten deel. In het open deel bevinden zich twee openingen in de ring van basaltblokken, waardoor het water vrij in en uit kan stromen. Dit zorgt hier voor wisselende waterstanden. In dit open compartiment bevindt zich een groot oppervlak met permanent water en enkele slibeilanden. Het gesloten deel betreft een geaccidenteerd terrein met daarin enkele poelen.

Langs het looppad bevinden zich drie zogenaamde exclosures waar zich watervegetatie kan ontwikkelen zonder dat deze door vogels wordt weggegraasd. Deze exclosures zijn op de luchtfoto als drie vierkanten zichtbaar, links van het looppad.

Naast de in dit rapport beschreven natuurmonitoring worden daarnaast met speciale meetapparatuur de consolidatie, het waterpeil, het doorzicht en de watertemperatuur gemeten. Er zijn een aantal meetpalen geplaatst. Deze palen meten de omstandigheden zoals golven, stroming en troebelheid in het gebied buiten de pilot. In het pilotgebied zelf worden tevens handmetingen gedaan, zoals het inmeten van hoogtes.



**Figuur 1** Luchtfoto van het Markermeereiland. Bron CIV/Rijkswaterstaat (niet noordgericht).



**Foto 1** Impressie van het open compartiment (links) en het gesloten compartiment. Boven oktober 2014, beneden augustus 2015.

## 1.3 Leeswijzer

De opbouw van dit rapport is als volgt:

- *H1: Inleiding.* Aanleiding en doel van dit rapport;
- *H2: Methode.* Verantwoording van de onderzoeksmethodieken per soortgroep en een foutendiscussie;
- *H3: Resultaten.* Resultaten per soortgroep. Duiding van de resultaten en signalering van trends en ontwikkelingen binnen soortgroepen.
- *H4: Analyse.* Kwalitatieve analyse van de resultaten.
- *H5: Literatuur en bronnen.* Geraadpleegde bronnen.

## 2 | Methode

Voor het beantwoorden van de in hoofdstuk 1 verwoorde monitoringsvragen is een monitoringsprogramma opgezet ten behoeve van de volgende ecologische parameters

- vóórkomen van watervogels,
- ontwikkeling macrofauna,
- vóórkomen van vis
- ontwikkeling (pionier)vegetatie.

In het monitoringsplan wordt onderkend dat de pilot maar een beperkt antwoord kan geven op deze vragen (RoyalHaskoning, 2011) omdat het ontwikkelen van een ecologisch systeem een doorlooptijd van vele jaren heeft. Zoals eerder verwoord wordt in dit rapport verslag gedaan van de periode oktober 2013 – september 2015. In het onderstaande schema is de opzet per soortgroep beschreven.

Soortgroep	Frequentie	Werkwijze
Vegetatie	Jaarlijks in augustus	Vlakdekkende kartering
Vogels	8 keer per jaar	Observatie vanaf de Houtribdijk Permanente waarnemingen met cameraopstelling
Vissen	Jaarlijks in mei (juli)	Varende bemonstering met electrovisserij en zegen
Macrofauna	Twee keer per jaar in mei en oktober	Bemonstering op vier locaties met een handnet

In dit hoofdstuk worden de bij de monitoring gebruikte methodes verantwoord.

### 2.1 Vogels

Het gebruik van het moeraseiland door vogels is in beeld gebracht door middel van 24 inventarisatieronden in de periode oktober 2013 tot en met augustus 2015. Om het gebruik van het eiland over het hele jaar inzichtelijk te maken is een monitoringfrequentie van acht reguliere tellingen per jaar aangehouden. Deze reguliere tellingen zijn aangevuld met extra tellingen die zijn uitgevoerd omdat het eiland 'toevallig' werd gepasseerd of omdat het eiland voor andere doeleinden werd bezocht (vissen, macrofauna, vegetatie). De bezoekdata, de omstandigheden tijdens de tellingen en eventuele bijzonderheden staan vermeld in tabel 1.

De eerste twee tellingen in 2013 zijn uitgevoerd op een zondag, omdat in deze periode dit de enige dag was dat er niet op het eiland werd gewerkt. De tellingen zijn (met uitzondering van de tellingen op 10 juni, 2 oktober 2014 en 19 augustus 2015) uitgevoerd vanaf de Houtribdijk. Daarbij is gebruik gemaakt van verrekijker (8,5x42) en telescoop (met verstelbare vergroting van 20 tot 60 keer). De volgende gegevens zijn genoteerd:

- Vogelsoort of soortgroep
- Aantal of aantalsindicatie
- Locatie op het eiland
- Type gebruik van het moeras (bijvoorbeeld foerageren, broeden, rusten)

De tellingen van 10 juni, 2 oktober 2014 en 19 augustus 2015 zijn uitgevoerd doordat het eiland voor andere doeleinden (vegetatie, vissen, macrofauna) zijn bezocht. Omdat deze telling gericht is op andere soortgroepen zijn de gegevens over de vogelaantallen vaak onvolledig of fragmentarisch van aard.

Met name kleinere vogelsoorten konden niet altijd tot op soortniveau worden gedetermineerd. In dat geval is gebruik gemaakt soortgroepen (bijvoorbeeld steltlopers, vinken, piepers). Elke telling duurde ongeveer 1,5 uur.

**Tabel 1** Bezoekdata en weersomstandigheden tijdens de vogeltellingen moeraseiland Markermeer.

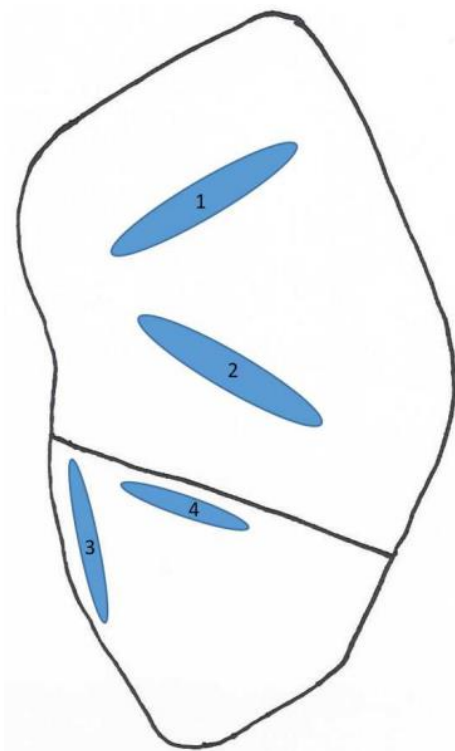
Bezoek	Datum	Bewolking	Wind	Temp.	Bijzonderheden
1	27 oktober 2013	100%	ZW7	11°C	
2	8 december 2013	100%	ZW5	7°C	
3	4 januari 2014	100%	ZW4	5°C	
4	19 maart 2014	30%	W5	12°C	
5	24 april 2014	85%	NO2	14°C	
6	1 mei 2014	100%	W1	13°C	extra bezoek i.v.m. passeren Houtribdijk
7	20 mei 2014	50%	ZO3	23°C	extra bezoek i.v.m. passeren Houtribdijk
8	10 juni 2014		W4	23°C	onvolledige telling tijdens veldbezoek op eiland
9	19 juni 2014	100%	NW3	16°C	extra bezoek i.v.m. passeren Houtribdijk
10	22 juli 2014	20%	NO4	26°C	
11	25 augustus 2014	90%	ZO3	16°C	extra bezoek i.v.m. passeren Houtribdijk
12	4 september 2014	0%	O3	20°C	
13	18 september 2014	0%	OZO3	22°C	extra bezoek i.v.m. passeren Houtribdijk
14	2 oktober 2014	95%	NO2	18°C	inschatting en telling tijdens veldbezoek op eiland
15	23 oktober 2013	100%	WZW3	13°C	werkzaamheden op het eiland
16	4 december 2014	100%	NO4	1°C	
17	29 januari 2015	100%	W5	1°C	
18	19 maart 2015	0%	W1	14°C	werkzaamheden op het zuidelijk deel van het eiland
19	29 april 2015	60%	ZW3	11°C	
20	13 mei 2015	50%	NW3	18°C	extra bezoek i.v.m. passeren Houtribdijk
21	27 mei 2015	100%	W1	14°C	
22	23 juni 2015	100%	W5	14°C	
23	9 augustus 2015	20%	ZO2	19°C	extra bezoek i.v.m. passeren Houtribdijk
24	19 augustus 2015	50%	ZW3	20°C	onvolledige telling tijdens veldbezoek op eiland

## 2.2 Macrofauna

De macrofauna is bemonsterd op 10 juni 2014, op 2 oktober 2014, op 6 juli 2015 en op 19 augustus 2015. De voorjaarsronde is 2015 is later uitgevoerd dan werd beoogd. Uitvoering van de macrofaunabemonstering werd gecombineerd met het vissenonderzoek. Vanwege aanhoudend ongunstig weer in het voorjaar van 2015 is dit echter herhaaldelijk uitgesteld. Uiteindelijk zijn de beide onderzoeken losgekoppeld om verdere vertraging te voorkomen. Het eiland is op vier locaties bemonsterd. De bemonsterde locaties zijn weergegeven in figuur 2.

De monsters zijn genomen met een macrofauna handnet, waarbij de standaard bemonsteringsinspanning (lengte van 5 m) evenredig over de beschikbare substraten en ecotopen is verdeeld. Ieder monster bestaat daarmee uit 10 trekken van telkens 0,5 m cf. het STOWA handboek Hydrobiologie (Bijkerk, 2010). Vanwege de zeer geringe waterdiepte (soms <10cm) in combinatie met nog niet gesetteld sediment is de monstername uitgevoerd vanaf een speciale, drijvende constructie of een ondiepe boot (zie foto 2 en 3). Een karakterisering van het bemonsterde substraat is opgenomen in tabel 2.

De monsters zijn in het laboratorium over 500 µm gezeefd. Alle macrofauna monsters zijn binnen 48 uur na monstername op een lichtbak levend uitgezocht. Alle aanwezige organismen zijn in alcohol geconserveerd, met uitzondering van de watermijten (Koenike-vloeistof). De determinaties zijn uitgevoerd door het bureau Haliplus met de gangbare literatuur en zoveel mogelijk tot op soortniveau. De uiteindelijke macrofauna samenstelling is beoordeeld met het KRW-toetsprogramma QBwat (versie 5.31), waarbij het monster is ingedeeld in het watertype van het Markermeer: M21.



**Figuur 2** Bemonsterde locaties ten behoeve van het onderzoek naar macrofauna.





**Foto 2** Drijvende constructie voor monsternamen in zeer ondiep water.



**Foto 3** Ondiepe boot voor monsternamen in de overige delen.

**Tabel 2** Karakterisering van het bemonsterde substraat.

Monster	Omschrijving
1	<p><b>Open compartiment;</b> Bemonsterd in het noord-westen langs de rand van het droge en natte deel.</p> <p><u>Juni 2014:</u> Veelal kaal slib met een waterdiepte van 10-40cm. In 2 van de 10 trekken was draadalg aanwezig. Hier en daar enkele kleibrokken aangetroffen. Geen vegetatie.</p> <p><u>Oktober 2014:</u> Veelal slibrijke bodem met een waterdiepte van 10-50cm. Lokaal kleibrokken en/of stukjes veen aangetroffen. In 4 van de 10 deelmonsters waren ondergedoken waterplanten aanwezig.</p> <p><u>Juli 2015:</u> Veelal slibrijke bodem met een waterdiepte van 30-50cm. Lokaal kleibrokken en/of stukjes veen aangetroffen. In 2 van de 10 deelmonsters waren ondergedoken waterplanten aanwezig.</p> <p><u>Augustus 2015:</u> Veelal slibrijke bodem met een waterdiepte van 20-50cm. Lokaal ook dode schelpen aangetroffen. In 3 van de 10 deelmonsters waren ondergedoken waterplanten aanwezig</p>
2	<p><b>Open compartiment;</b> Bemonsterd in het zuidelijke deel, min of meer parallel aan de scheiding met het gesloten compartiment.</p> <p><u>Juni 2014:</u> Veelal kaal slib; lokaal enkele oude veen-brokken en draadalg aanwezig; waterdiepte 30-40cm.</p> <p><u>Oktober 2014:</u> Meestal slibrijke bodem met een waterdiepte van 20-40cm. Lokaal ook wat zandiger substraat aangetroffen. In 4 van de 10 deelmonsters waren ondergedoken waterplanten aanwezig.</p> <p><u>Juli 2015:</u> Veelal een slibrijke bodem met een waterdiepte van 40-50cm. Lokaal enkele kleibrokken aangetroffen. In 7 van de 10 deelmonsters waren ondergedoken waterplanten aanwezig.</p> <p><u>Augustus 2015:</u> Slibrijke bodems met een waterdiepte van 50-70cm. In 6 van de 10 deelmonsters waren ondergedoken waterplanten aanwezig, maar dit waren kleinere hoeveelheden dan in juli. Soms slechts enkele stengels op het sediment en nauwelijks groei in de waterkolom.</p>
3	<p><b>Gesloten compartiment;</b> Direct achter de basaltblokken aan de westzijde.</p> <p><u>Juni 2014:</u> Waterdiepte variërend van 10-50cm. Kleilig slib; geen waterplanten, wel lokaal wat dode schelpen.</p> <p><u>Oktober 2014:</u> Slibrijke of kleilig sediment; nabij de basaltblokken meer zandig van aard; waterdiepte variërend van 20-40cm. In drie monsters lege schelpen aanwezig; in 1 deelmonster ondergedoken waterplanten aanwezig.</p> <p><u>Juli 2015:</u> Kleilig sediment; Weinig los slib aanwezig en waterstrook is breder dan in 2014. Afkalfvende</p>

	oever indiceert effect van golfwerking cq. stroming. waterdiepte variërend van 20cm langs de oever tot 120cm in het midden. ondergedoken waterplanten waren niet aanwezig. <u>Augustus 2015</u> : Kleiig sediment. Lokaal enig slib, veenbrokken, lege schelpen en draadalg aanwezig. Waterdiepte van 30-150cm. Geen waterplanten.
4	<b>Gesloten compartiment</b> ; Bemonsterd vanaf het looppad. <u>Juni 2014</u> : Ondiep water (10-20cm) met zeer slap slib als substraat. <u>Oktober 2014</u> : Ondiep water (5-20cm) met zeer slap slib als substraat. Erg rijk aan organisch materiaal. <u>Juli 2015</u> : Ondiep water (10-30cm) met zeer slap slib als substraat. Erg rijk aan organisch materiaal <u>Augustus 2015</u> : Ondiep water (10-30cm) met zeer slap slib als substraat. Erg rijk aan organisch materiaal.

## 2.3 Vissen

Visstands-bemonstering is uitgevoerd op 10 juni 2014 en op 19 augustus 2015. De weersomstandigheden op 10 juni 2014 waren goed, de temperatuur was 23 °C, bij een zwakke westenwind en een watertemperatuur van 19,4°C. Op 19 augustus 2015 waren de weersomstandigheden matig, later beter. Er stond een stevige westenwind (kracht 4 à 5), later afnemend tot zuid 3. Golfhoogtes waren in het begin tussen de 80 en 100 cm, later afzwakkend naar <50 cm. De temperatuur was gemiddeld 23°C, de watertemperatuur was 18,5°C. Vanwege aanhoudend ongunstig weer in het voorjaar is het vissenonderzoek van 2015 herhaaldelijk uitgesteld.

Op beide dagen is gevist vanuit een kleine boot met een sleepnet en een SAMUS 725MP-apparaat met pulserende gelijkstroom. De aanwezige visstand is zowel rondom het eiland als ook in het open deel van het compartiment bemonsterd. De buitenzijde van het eiland is in 2014 en 2015 in 3 lijn-transecten bevestigd. Deze lijntransecten zijn aangegeven in figuur 3a en b, en hebben in beide jaren een gezamenlijke lengte van ongeveer 35% van de totale omtrek van het eiland. In 2014 is de oostelijke helft van het eiland onderzocht. In 2015 lag de focus op de westelijke helft.

Het open deel van het compartiment (binnenzijde) is in 2014 op drie puntlocaties bevestigd (zie figuur 3a). De eerste locatie (punt 4) betreft een ondiepe geul langs de basaltstenen, die in open verbinding staat met het natte deel van het compartiment. De tweede locatie (punt 5) betreft een geïsoleerde plas parallel aan het centrale looppad. Het betreft een plas van ongeveer 200 bij 10-15 meter. De derde locatie (punt 6) is gelegen in het centrale natte gedeelte van het compartiment. Dit zeer ondiepe deel van het compartiment (waterdiepte <20cm) is bevestigd met behulp van een drijvend platform met twee treks diagonaal door het waterlichaam met een totaal bemonsterde oppervlakte van ongeveer 100 vierkante meter. In 2015 is het open deel van het compartiment op twee locaties bevestigd (zie figuur 3b). Op beide locaties waren duidelijke concentraties waterplanten aanwezig.

De vangsten zijn vervolgens per soort omgerekend naar biomassa volgens de onderstaande formule:

$$\text{gewicht (g)} = a * \text{lengte (cm)}^b$$

De gebruikte waarden voor a en b voor de relevante vissoorten zijn opgenomen in onderstaande overzicht:

Soort	a	b
Baars	0,005	3,335
Driedoornige stekelbaars	0,0093	3,0185
Marm grondel	0,0094	3,016
Zwartbekgrondel	0,0124	3

In 2015 is van alle vangsten de lengte en het gewicht gemeten.



**Figuur 3** Locaties lijntransecten en monsterpunten ten behoeve van de vismonitoring. Links (3a) 2014 en rechts (3b) 2015 (bron luchtfoto: Google Earth Pro).

## 2.4 Vegetatie

De vegetatie is op twee momenten gebiedsdekkend onderzocht (2 oktober 2014 en 19 augustus 2015). Daarnaast is een kartering van alleen de ondergedoken waterplanten uitgevoerd op 2 september 2014.

### 2.4.1 Kartering watervegetatie

Door de afdeling Mobiel Meten (CIV) van Rijkswaterstaat is op 2 september 2014 een kartering van de ondergedoken watervegetatie op het eiland uitgevoerd. In het onder water staande deel is op 21 locaties de vegetatie bekeken. Deze locaties zijn op zo een wijze geselecteerd dat een zo goed mogelijke spreiding van de locaties verkregen werd, die tegelijkertijd bereikbaar waren voor een boot. Vanwege het ondiepe water kon niet elke locatie op het eiland bereikt worden. Op de geselecteerde locaties zijn met behulp van een hark en visuele waarnemingen van de aanwezige vegetatie de bedekkingspercentages geschat en de aanwezige soorten gedetermineerd.

### 2.4.2 Vegetatiekartering

Op 2 oktober 2014 en opnieuw op 19 augustus 2015 is een vlakdekkende vegetatiekartering op het eiland uitgevoerd en is de vegetatieontwikkeling in de drie exclusures (zie paragraaf 1.2) beschreven. Voor de vegetatiekartering is gebruik gemaakt van door de volgende door Rijkswaterstaat aangerekte vegetatie-eenheden (Royal Haskoning, 2011):

- Ondergedoken waterplanten;
- Moerasandijvie;
- Pioniervegetatie;
- Pioniervegetatie met moerasandijvie;
- Pioniervegetatie/ruigte;
- Grazige vegetatie;
- Riet-ruigte;
- Wilgen met riet en pioniers;

- Wilgenstruweel met pioniersvegetatie;
- Wilgen struweel/bos;
- Onbegroeid; zand, slib en water.

Wanneer daar aanleiding toe was, bijvoorbeeld bij een zeer typische vegetatie die niet wordt gedekt door bovenstaande typen, zijn door Buro Bakker hierop in het veld aanvullingen gedaan. Dit wordt bij de resultatenbeschrijving verantwoord.

De aangetroffen vegetatietypen zijn op kaart ingetekend. Door de slechte toegankelijkheid en omwille van de veiligheid konden in 2014 niet alle delen te voet worden onderzocht. In dat jaar konden de meest noordelijke randzone van dit compartiment en een strook langs de ooststrand deels worden betreden. Het zuidelijk compartiment, alsmede de exclusies, zijn in zijn geheel vanaf het looppad onderzocht omdat betreding zou leiden tot onveilige situaties. Daarbij is gebruik gemaakt van een verrekijker voor de determinatie van soorten.

In 2015 was het slib meer gerijpt en gehard en konden zowel het noordelijke als het zuidelijke deel betreden en gekarteerd worden. Het centrale waterlichaam is in beide jaren vanuit een kleine boot gekarteerd.

## 2.5 Foutendiscussie

### Vogels

De meeste tellingen zijn gedaan vanaf de Houtribdijk. Door de waarneemafstand tot het eiland zullen kleinere en onopvallender vogelsoorten, zoals kleinere steltlopers en zangvogels gemist zijn. Met name het gesloten compartiment was vanaf de dijk matig te overzien vanwege de afstand, en het aanlandingsplatform en het vlonderpad, die een deel van het zicht ontnamen. Bij het open compartiment viel een klein deel weg door de voorliggende basaltblokken. Hier zullen enkele rustende watervogels, meeuwen en sterns zijn gemist.

Door de waarneemafstand is het niet mogelijk geweest om tot een exacte bepaling te komen van de aanwezige broedvogelsoorten, hun aantallen en het broedsucces. De aanvullende waarnemingen die gedaan zijn tijdens het visonderzoek waren nuttig, maar niet uitputtend.

Tijdens de tellingen vanaf het late voorjaar van 2015 leverde de opgaande begroeiingen moeilijkheden op bij het tellen van de vogels. In 2015 was de vegetatie duidelijk hoger dan in 2014. Dit heeft zeer waarschijnlijk geleid tot ondertelling van een aantal soorten.



**Foto 4** Open compartiment met pioniersvegetatie. Broedgebied voor Visdief, Kokmeeuw en Kluut (13 mei 2015).

### Macrofauna

De vier onderzoeksronden op het eiland zijn voldoende om inzicht te krijgen in de aanwezige macrofauna.

### Vissen

Tijdens het visonderzoek bleek het sleepnet beperkt toepasbaar vanwege het ondiepe water en het hoge aandeel slib op de bodem, dat meekwam in het net. Ook was het lastig om zeer nabij en tussen de basaltblokken te vissen. Hierdoor zullen enkele specifiek daar voorkomende vissen, zoals de Rivierdonderpad, gemist zijn. In 2015 was het bodemprofiel van de buitenzijde van het eiland (stortstenen) veranderd ten opzichte van de situatie in 2014. In 2014 was het bodemprofiel naast de stortstenen uitermate steil en liep bijna overal vrijwel loodrecht naar beneden. In 2015 was dit veel minder het geval en was de stortstenen rand duidelijk breder geworden. De zone direct naast de stortstenen was daarom minder goed te benaderen met de boot. Bij pogingen daartoe is de schroef van de boot stukgevaaren.

### Vegetatie

#### Kartering 2014

Uit veiligheidsoverwegingen zijn in 2014 niet alle delen betreden. Met name het gesloten compartiment leverde toen te veel risico op wegzakken op. Dit is opgelost door het eiland vanaf de vlonder en met behulp van een verrekijker te karteren. Hiermee is een goed beeld ontstaan van de aanwezige vegetatietypen, maar een onvolledig beeld van alle daar voorkomende soorten. Hierbij zullen overigens alleen enkele specifieke lokale soorten gemist zijn. Met het bepalen van de vegetatietypen zijn ook de meest belangrijke daar voorkomende soorten vastgesteld.

#### Kartering 2015

In 2015 is zowel het noordelijke als het zuidelijke deel van het eiland te voet gekarteerd. Hiermee is, in vergelijking met 2014, een nauwkeuriger beeld ontstaan van de aanwezige vegetatietypen, de begrenzingen hiertussen en de soortsaanstelling. Een vegetatievlak aan de oostrand van het eiland was nog te slikkig. Dit is vanwege de veiligheid vanuit een boot gekarteerd.



## 3 | Resultaten

### 3.1 Vogels

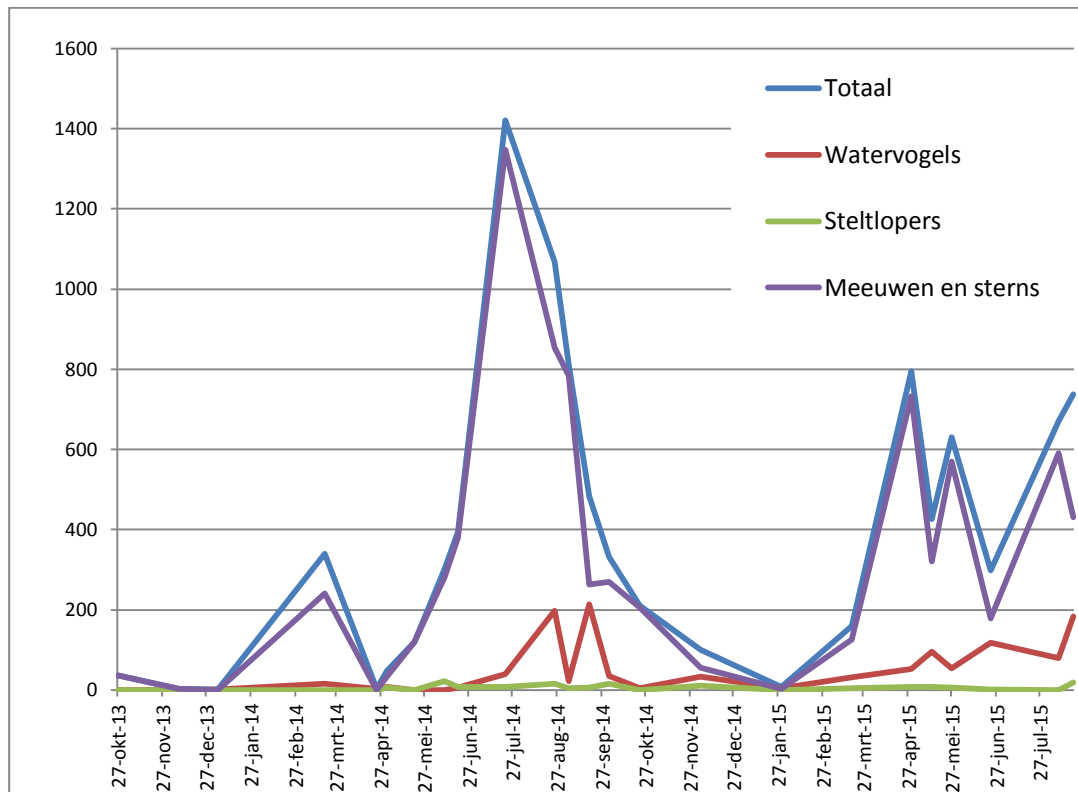
In tabel 3 is een overzicht gegeven van de waargenomen soorten op het eiland. Een volledig overzicht is aanwezig in bijlage 1. Sinds de aanleg in het najaar van 2013 zijn er het hele jaar door vogels op het eiland aanwezig. In totaal zijn 53 soorten vastgesteld. Een deel van deze soorten (19) is eenmalig op het eiland waargenomen.

**Tabel 3** Waargenomen soorten, de soortgroepen (zie bespreking hieronder) en het maximaal aantal waargenomen exemplaren. Daarnaast wordt aangegeven of de soort een doelsoort is voor het Natura 2000-gebied Markermeer. Overige soorten (zoals zangvogels) zijn niet in de tabel opgenomen.

Soort	soortgroep	N-2000	Max.	Soort	soortgroep	N-2000	Max.
Dodaars	watervogels		1	Grote zaagbek	watervogels	x	3
Fuut	watervogels	x	15	Scholekster	steltopers		1
Aalscholver	watervogels	x	40	Kluut	steltopers		8
Grote zilverreiger	watervogels		2	Kleine plevier	steltopers		1
Blaauwe Reiger	watervogels		3	Bontbekplevier	steltopers		4
Lepelaar	watervogels	x	10	Goudplevier	steltopers		1
Knobbelzwaan	watervogels		38	Kemphaan	steltopers		2
Wilde Zwaan	watervogels		1	Kleine strandloper	steltopers		1
Grauwe Gans	watervogels	x	19	Krombekstrandloper	steltopers		1
Grote Canadese Gans	watervogels		24	Bonte Strandloper	steltopers		11
Nijlgans	watervogels		3	Tureluur	steltopers		10
Bergeend	watervogels		4	Oeverloper	steltopers		17
Smient	watervogels	x	5	Steenloper	steltopers		4
Krakeend	watervogels	x	177	Dwergmeeuw	meeuwen	x	26
Wintertaling	watervogels		4	Kokmeeuw	meeuwen		510
Wilde Eend	watervogels		35	Stormmeeuw	meeuwen		160
Pijlstaart	watervogels		1	Kleine mantelmeeuw	meeuwen		4
Slobeend	watervogels	x	1	Zilvermeeuw	meeuwen		35
Krooneend	watervogels	x	1	Grote mantelmeeuw	meeuwen		20
Kuifeend	watervogels	x	1	Visdief	sterns	x	760
Tafeleend	watervogels	x	1	Zwarte stern	sterns	x	680
Brilduiker	watervogels	x	1	Reuzenster	sterns		2



In de eerste maanden na aanleg zijn alleen meeuwen en futen in lage aantallen op of direct rond het eiland vastgesteld. Vanaf maart 2014 nam het totaal aantal vogels, alsmede de diversiteit aan soorten langzaam toe. Naast meeuwen zijn in toenemende mate ook steltlopers en eenden op het eiland vastgesteld. Een duidelijke piek werd vastgesteld in de zomer en nazomer van 2014. In deze periode werd tweemaal meer dan 1000 vogels op het eiland geteld. Tijdens het najaar liepen de aantallen terug, maar was duidelijk zichtbaar dat er ook doortrekkers op het eiland aanwezig zijn. In de winter van 2014/15 lagen de aantallen weer op een lager niveau. In het midden van de winter is het eiland soms zelfs vrijwel geheel verlaten. In het voorjaar en zomer van 2015 stijgen de aantallen weer, maar blijven duidelijk achter bij de aantallen van de vergelijkbare periode in 2014. Onder de totalen vormen meeuwen en sterns over de hele periode de absolute meerderheid. Bovenstaande, en de analyse in de volgende paragrafen, is weergegeven in grafiek 1.



**Grafiek 1** Verloop van vogelaantallen gedurende de monitoring, onderverdeeld in soortgroepen (zie tabel 3 en tekst).

Hieronder wordt voor alle relevante soortgroepen een nadere toelichting gegeven op de resultaten van de tellingen. Een overzicht met de resultaten van alle vogeltellingen is opgenomen in Bijlage 1.

### 3.1.1 Watervogels

In totaal zijn 22 soorten watervogels vastgesteld. Hiervan zijn negen soorten slechts eenmaal op het eiland waargenomen. De aanwezigheid van deze soorten heeft geen duidelijk verband met de specifieke omstandigheden op het eiland en kan als 'toevallige' waarneming worden aangemerkt. In deze paragraaf worden de watervogels besproken op basis van hun voedselkeuze.

#### Visetende watervogels

Visetende watervogels die van het eiland gebruik maken zijn Fuut, Aalscholver, reigers, Lepelaar en Grote zaagbek. Van deze soorten werden Lepelaar en Fuut daadwerkelijk foeragerend binnen de begrenzing van het eiland aangetroffen. De Lepelaar werd in de nazomer van 2014 tweemaal met respectievelijk 5 en 3 exemplaren foeragerend aangetroffen in het waterdeel. Het betreft na het broedseizoen uitzwermende vogels die deze locatie tijdelijk gebruiken om op te vetten.

Aalscholver en de reigersoorten Blauwe reiger en Grote zilverreiger werden telkens rustend op de basaltblokken rond het eiland aangetroffen. Door Aalscholwers wordt het eiland alleen gebruikt om te rusten of als tussenstop tussen broedkolonie (Oostvaardersplassen) en foerageergebied (IJsselmeer). Waarnemingen van Blauwe reigers en Grote zilverreiger hebben waarschijnlijk betrekking op vogels die het eiland gebruiken als tussenstop tijdens de doortrek.

Fuut en Grote zaagbek foerageerden in de directe omgeving van het eiland, waarbij Grote zaagbek ook rustend op de basaltblokken werd gezien. Relatief hoge aantallen Futen zijn vastgesteld op 19 maart 2014. Dit hoge aantal hangt vermoedelijk samen met een flinke doortrekkie, want langs de dijk tussen Enkhuizen en Lelystad waren die dag vele honderden Futen op het Markermeer aanwezig. Het is niet geheel uitgesloten dat er Futen op het eiland hebben gebroed. Op 20 maart 2014 werd een baltsend paartje waargenomen in de directe omgeving van het eiland. In 2015 is vrijwel zeker gebroed op het eiland. Op 29 april 2015 waren 3 paar Futen aanwezig in het open compartiment. Tenminste 2 paartjes vertoonden duidelijk baltsgedrag. Het is erg aannemelijk dat deze vogels op het eiland hebben gebroed. Door de ontwikkelingen in de vegetatie ontstaat steeds meer dekking, waardoor watervogels ongestoord kunnen broeden.



Foto 5 *Rustende Fuut*

Uit de waarnemingen blijkt dat het waterdeel van het eiland geen voedselbron van belang is voor vogels die voornamelijk grotere vissoorten eten. Dit is naar verwachting het geval omdat dit water niet de voor deze soorten preferente vissoorten als Spiering en Aal bevat (zie paragraaf 3.3). Het ondiepe water vervult inmiddels wel een functie voor watervogels die afhankelijk zijn van kleinere vissoorten, zoals Driedoornige stekelbaars.

#### Mosseletende watervogels

Watervogels die op driehoeksmossel foerageren zijn Brilduiker en Kuifeend. Deze zijn tijdens één telling beide met één exemplaar aangetroffen. Het eiland is blijkbaar nog niet gekoloniseerd door de driehoeksmossel en vervult daarmee nog geen functie voor watervogels die hiervan afhankelijk zijn. De basaltblokken kunnen op termijn wel gebruikt gaan worden als substraat voor driehoeksmosselen waardoor toename van beide soorten te verwachten is. De verwachting is dat dit vooral aan de buitzijde van het eiland zal gebeuren.

### Plantenetende watervogels

Waterplanten worden gegeten door ganzen, zwanen, Bergeend, Nijlgans en de eendensoorten Smient, Krakeend, Wintertaling, Wilde eend, Pijlstaart en Krooneend. In totaal zijn 13 soorten plantenetende watervogels aangetroffen. De Slobeend is een buitenbeentje onder de eenden omdat deze soort naast plantenresten en zaden ook op zoöplankton (kleine organismen) foerageert in slibrijk substraat. Ondanks dat dit slibrijk substraat ruim voorhanden is op het eiland, is van deze soort slechts één exemplaar aangetroffen.

Getuige het ontbreken van watervogels in de eerste maanden na aanleg zijn de omstandigheden dan nog niet erg gunstig. In de (na)zomer van 2014 namen de aantallen plantenetende watervogels ineens sterk toe. Dit was met name het geval voor Krakeend en Wilde eend, die met maximale aantallen van respectievelijk 177 en 24 exemplaren foeragerend aanwezig waren. Vanaf oktober namen de aantallen van deze groep sterk af. De nazomer van 2015 geeft een min of meer vergelijkbaar beeld ten voor genoemde soorten, waarbij ook een duidelijke toename te zien is in de aantallen ganzen en zwanen op het eiland. Waarschijnlijk wordt het eiland door eenden (en ganzen en zwanen) ook gebruikt om de ruiperiode door te komen. In deze periode kunnen eenden moeizamer vliegen en zijn ze gevoeliger voor verstoring. Op het eiland vinden ze voldoende rust en voedsel.

Een belangrijk deel van het nieuwe eiland bestaat uit ondiep water. Dat geldt met name voor het noordelijk compartiment. De aanwezigheid van deze ondiepe waterpartijen is verantwoordelijk voor het relatieve hoge aandeel aan watervogels. Tijdens de in oktober uitgevoerde vegetatiekartering bleek dat hier vooral gefoerageerd werd op (zaden van) de waterplanten Aarvederkruid en enkele fonteinkruidsoorten (zie paragraaf 3.4). Er kan gesteld worden dat de plantenetende watervogels direct ingespeeld hebben op deze plotseling verschijnende voedselbron in het Markermeereiland. Opmerkelijk is ook de aanwezigheid van een Wilde zwaan. In de nazomer van 2014 en 2015 foeraerde 1 exemplaar in het ondiepe water in het open compartiment. Het betreft waarschijnlijk hetzelfde exemplaar.



Foto 6 *Krakeend.*

### 3.1.2 Steltlopers

De meeste steltlopers zijn klein en onopvallend en kunnen door de vrij grote waarneemafstand gemist zijn tijdens de tellingen. De in bijlage 1 weergegeven resultaten betreffen dan ook minimale aantallen.

Er zijn twaalf soorten steltlopers vastgesteld. De meeste zijn waargenomen in de (na)zomer en herfst. Hierbij is er een piek zichtbaar in juni en in de periode augustus-oktober. De eerste piek valt in de broedperiode en betreft een combinatie van daadwerkelijk broedvogels op het eiland (Kluut, Bontbekplevier en mogelijk ook Kleine plevier –zie paragraaf 3.1.4) en overzomerende steltlopers die niet aan broeden zijn toegekomen (Goudplevier, Bonte strandloper, Steenloper, Kempphaan en Tureluur). De eerste drie soorten zijn de afgelopen jaren niet als broedvogel vastgesteld in Nederland. Tijdens de najaarstrek zijn, naast eerdergenoemde soorten, ook Kleine strandloper, Krombekstrandloper en Oeverloper in lage aantallen waargenomen. Deze soorten gebruikten het eiland als rust- en foerageergebied alvorens de trek naar zuidelijke overwinteringsgebieden werd hervat. Hierbij werd er geoeferd op de permanent natte en slijkige gebiedsdelen op het eiland, veelal rondom het deel met permanent water.



Foto 7 Bonte strandloper (links) en Krombekstrandloper, gefotografeerd op het eiland op 2 oktober 2014.

### 3.1.3 Meeuwen en sterns

Meeuwen zijn de eerste vogels die op het eiland zijn waargenomen in het najaar van 2013 en waren vanaf toen vrijwel jaarrond aanwezig. Er zijn zes soorten waargenomen. Het eiland wordt voornamelijk gebruikt om te rusten tijdens perioden van foerageren en in het winterhalfjaar dient het eiland als slaapplek.

In meerderheid betreft het soorten die het gehele jaar algemeen aanwezig zijn in Nederland. Een speciale plaats wordt echter ingenomen door de Dwergmeeuw. Deze soort broedt in moeras- en kustgebieden langs de Oostzee, en wordt in Nederland in hoofdzaak tijdens de doortrekperioden in het voorjaar en de zomer waargenomen. In die perioden heeft het IJsselmeergebied, inclusief het Markermeer, een belangrijke functie als tijdelijk foerageer- en rustgebied alvorens de reis naar de broed- dan wel overwinteringsgebieden wordt hervat. In het voorjaar zijn geen Dwergmeeuwen op of nabij het eiland waargenomen, maar eind juli 2014 werd een groep van tenminste 26 exemplaren gezien die rustend op de slijkige delen van het eiland aanwezig was. Aangezien er op het Markermeer meer foeragerende vogels werden gezien was het werkelijke aantal dat van het eiland gebruik maakte naar verwachting hoger.



Foto 8 *Dwergmeeuwen in najaarskleed.*

Tijdens de tellingen zijn de sternensoorten Visdief en Zwarte stern waargenomen. Beide soorten overwinteren op het zuidelijk halfrond en komen eind april in Nederland aan. Een deel van deze vogels komt in Nederland tot broeden en een deel trekt door naar broedgebieden ten noorden en oosten van Nederland. De najaarstrek vindt plaats vanaf eind juli voor de Zwarte stern en eind augustus voor de Visdief. In deze periode nemen de aantallen in het IJsselmeergebied tijdelijk toe doordat de sterns dit gebied tijdelijk gebruiken als rust- en foerageergebied voorafgaand aan de lange trek naar het zuiden.

Al vanaf het moment van aankomst in Nederland is het eiland ontdekt en 'ingenomen' door de Visdief. Vanaf begin mei 2014 namen de aantallen snel toe en al spoedig bleek de soort er te broeden (zie paragraaf 3.1.4). Na redelijk constante aantallen gedurende de zomer namen de aantallen eind augustus weer fors toe toen Visdieven uit andere gebieden alsmede uitgevlogen jongen van het eiland gebruik maakten als rustgebied ter voorbereiding van de najaarstrek. Er werden toen maximaal 760 vogels geteld op het eiland. Na half september daalden de aantallen snel en de laatste vogels werden begin oktober gezien. In 2015 is het eiland opnieuw in gebruik door Visdieven.

Tijdens de voorjaars trek zijn er geen Zwarte sterns op het eiland waargenomen. Dit is niet uitzonderlijk, aangezien de voorjaars trek veel korter en gericht verloopt dan de najaarstrek; de vogels vliegen in het voorjaar zo snel mogelijk naar de broedgebieden. Eind juli waren er echter tenminste 680 Zwarte sterns aanwezig op het eiland. Aangezien er op het Markermeer meer foeragerende vogels werden gezien was het werkelijke aantal dat van het eiland gebruik maakte naar verwachting veel hoger. Net als bij de Dwergmeeuw vervult het IJsselmeergebied, inclusief het Markermeer, ook voor de Zwarte stern een belangrijke functie als tijdelijk foerageer- en rustgebied alvorens de reis naar de overwinteringsgebieden wordt hervat. De najaarstrek van deze soort verloopt veel meer gepiekt dan bij Visdief; De soort verdwijnt vanaf eind augustus volledig uit Nederland. De najaarspiek van 2015 viel buiten de reguliere tellingen. Bij toevallige passage van de Houtribdijk op 9 augustus werden 158 Zwarte sterns geteld. Op 19 augustus tijdens het vegetatieonderzoek waren nog ongeveer 90 Zwarte sterns op het eiland aanwezig.

### 3.1.4 Broedvogels

In de tweede helft van mei 2014 werd duidelijk dat er broedende Visdieven aanwezig waren op het eiland. Op 10 juni werd het eiland bezocht ten behoeve van visonderzoek. Tijdens dit onderzoek werd vastgesteld dat er tenminste 130 paar Visdief en 4 paar Kluut aanwezig waren. De Visdieven waren verdeeld in ongeveer 100 paar in het gesloten compartiment en ca. 30 paar in het noordelijke slibeiland in het open compartiment. Ook Bontbekplevier werd met twee paar broedend aangetroffen. Vanaf de kant werden op 19 juni het totale aantal broedparen Visdief op 122 bepaald, al was het eiland niet goed te overzien (zie foutendiscussie in paragraaf 2.5). Op 19 juni zijn ook tenminste 29 paar broedende Kokmeeuwen vastgesteld in beide compartimenten. Andere mogelijke broedvogels zijn Tureluur, Kleine plevier en Witte kwikstaart.

Vanaf de Houtribdijk was het echter niet mogelijk om een compleet beeld van het aantal broedvogels en de soortsaamenstelling te krijgen. Ook is het onmogelijk om inzicht te krijgen in het broedsucces.



Zo werd op 22 juli geconstateerd dat er in het open compartiment zeer waarschijnlijk nesten van Visdief en Kokmeeuw zijn overspoeld als gevolg van een plotselinge waterstijging.

De voorjaars en zomertellingen van 2015 (19 maart, 29 april, 13 mei, 27 mei en 23 juni) tonen opnieuw aan dat het eiland in gebruik is als broedplaats voor Kokmeeuw, Visdief, Kluut en mogelijk ook Bontbekplevier. Op basis van tellingen vanaf de kant zijn broedkolonies van deze soorten vastgesteld in het gesloten compartiment en op een permanent droogblijvende locatie in het uiterste noorden van het open compartiment. Op het hele eiland werd op 29 april 510 Kokmeeuwen geteld, waarvan een groep van 350 Kokmeeuwen in het gesloten compartiment en een groep van 160 Kokmeeuwen in het open compartiment. Een deel van de aanwezige Kokmeeuwen vertoonde duidelijk baltsgedrag. Het is echter mogelijk dat een deel van de vogels niet-broedvogels betrof, want in de telling van 13 mei werden op het hele eiland maar 95 Kokmeeuwen geteld. Op basis van beide tellingen is een schatting van 50 broedparen heel reëel. De schattingen van het aantal broedparen voor de Visdief bedragen ongeveer 110 (60 paar in het gesloten compartiment en 50 paar in het open compartiment). Kluten zijn met minimaal 3 paar op het eiland aanwezig. Voor al deze soorten gaat dat het om schattingen gaat, gebaseerd op tellingen vroeg in het broedseizoen. Tijdens de tellingen later in het jaar zijn geen Kluten meer waargenomen. Het is dan ook op basis van de tellingen niet mogelijk om het broedsucces van de Kluut te achterhalen. Het is goed mogelijk dat de vogels aan het zicht van de oprukkende vegetatie zijn onttrokken, of dat ze zijn gepredeerd door meeuwen. Andere broedvogels die in 2015 (mogelijk) op het eiland aanwezig zijn, zijn Bontbekplevier (1-3 paar), Kleine plevier (1 paar), Bergeend (2 paar), Witte kwikstaart (1 paar), Grauwe gans en Nijlgans. Doordat de vegetatie in 2015 duidelijk verder is ontwikkeld dan in 2014 (meer en hoger) is het vaststellen van daadwerkelijke broedvogelaantallen vanaf de kant aanmerkelijk lastiger dan voorgaand broedseizoen.

### **3.1.5 Natura 2000-doelsoorten**

Het eiland is gelegen in het Natura 2000-gebied Markermeer. Natura 2000 vormt een netwerk van beschermde natuurgebieden. De geselecteerde natuurgebieden zijn een goede weerspiegeling van de verscheidenheid aan natuur op het Europese continent en zijn hiervan eigenlijk de beste voorbeelden. Natura 2000 is dus te beschouwen als Europese topnatuur verbonden in een netwerk en draagt in belangrijke mate bij aan behoud van de Europese biodiversiteit.

Voor elk Natura 2000-gebied, dus, ook voor het Markermeer, zijn specifieke doelen uitgewerkt. Dit zijn de zogenaamde instandhoudingsdoelen. Met betrekking tot vogels zijn er voor het Markermeer doelen uitgewerkt voor specifieke soorten broedvogels en niet-broedvogels (winter- en trekvogels). Dit worden doelsoorten genoemd. In tabel 3 is weergegeven welke vogelsoorten tevens doelsoorten zijn van het Natura 2000-gebied Markermeer.





**Foto 9** *Broedende Visdief; foto niet op het eiland genomen.*

Een belangrijke doelsoort als broedvogel is de Visdief. Deze heeft hier in 2014 met naar schatting 130 paar gebroed. Een ruwe schatting voor 2015 ligt op ongeveer 110 paar. Het doel voor de Visdief in het Markermeer is een populatie van 630 broedparen. Hieruit volgt dat in 2014 dit doel voor de Visdief in het Natura 2000-gebied Markermeer voor 20% door de kolonie op het Markermeereiland is ingevuld (17% in 2015).

Een andere getalsmatig opvallende soort is de winter- en trekvogel Krakeend. Het doel voor deze soort is een, over een jaar genomen, maandgemiddeld voorkomen van 90 exemplaren. In 2014 kwamen er gemiddeld 30 Krakeenden per maand op het eiland voor, zodat dit doel in 2014 voor een derde deel door het Markermeereiland is ingevuld. In 2015 is het maandgemiddelde (tot en met augustus) gezakt tot 26, maar dat is nog steeds een substantieel deel van het doel.

Zowel voor Visdief als Krakeend vormt het eiland in de huidige staat een belangrijk gebied om het instandhoudingsdoel voor het Natura 2000-gebied Markermeer te behalen. De aantallen van de overige doelsoorten zijn te laag om van invloed te zijn op het instandhoudingsdoel voor het Markermeer.

### **3.1.6 Overige soorten**

De overige soorten betreffen zangvogels die tijdens een veldbezoek aan het eiland, begin oktober, hier zijn waargenomen. Het zijn in hoofdzaak vogels die tijdens de najaarstrek tijdelijk van het eiland gebruik maken om uit te rusten. Deze soorten zouden vanaf de Houtribdijk niet waar te nemen zijn. Het eiland heeft geen structurele betekenis voor deze soorten.

## **3.2 Macrofauna**

In deze paragraaf worden de resultaten van de vier veldbezoeken in 2014 en 2015 besproken. De resultaten ervan zijn samengevat in tabel 4. De volledige resultaten zijn weergegeven in bijlage 2.

### 3.2.1 Resultaten veldonderzoek juni 2014

In het open compartiment (monsterpunten 1 en 2) wordt de macrofauna gedomineerd door muggenlarven, wormen en vlokreeften. Dit zijn ook de groepen die in sediment van het Markermeer verwacht mogen worden. Alleen de schelpdieren ontbreken nog vrijwel geheel (in ieder monster zat één schelpdier). Ook op monsterpunt 3, direct achter de basaltblokken in het gesloten compartiment, treedt uitwisseling van oppervlaktewater met het Markermeer op, aangezien dit door en tussen de basaltblokken heen stroomt. De macrofaunagemeenschap verschilt echter sterk van punten 1 en 2 en is in zijn geheel veel armer. Zowel het aantal soorten als de dichtheden zijn duidelijk lager. Dit komt waarschijnlijk deels door een minder snelle kolonisatie dan in het open compartiment, maar zou ook door de golfwerking die direct achter deze basaltblokken nog optreedt, beïnvloed kunnen worden.

Monsterpunt 4 is erg afwijkend. Dit punt is gelegen in de ondiepe plassen in het gesloten compartiment langs het looppad. Hier treedt zeer weinig uitwisseling van verschillende watertypen op. De macrofaunagemeenschap wordt gekenmerkt door een beperkt aantal soorten, die in zeer hoge dichtheden voorkomen. Vooral de hoge dichtheid aan muggenlarven en de aanwezigheid van het zwartvoetje (de wants *Sigara lateralis*) viel op. Deze hoge dichtheden maakten dit monsterpunt een geliefde locatie voor duizenden jonge Stekelbaarsen en ook de Kluut is hier foeragerend waargenomen. Visdiefjes bleken vervolgens op de Stekelbaars te foerageren. De EKR-waarden (Ecologische Kwaliteitsratio; een maatlat voor het beschrijven van de toestand van een oppervlaktelichaam) zijn opgenomen in tabel 4 en indiceren veelal een ontoereikende toestand. Zeker gezien de leeftijd van deze eilanden en de status van de kolonisatie is dit niet opmerkelijk.

### 3.2.2 Resultaten veldonderzoek oktober 2014

Ten opzichte van juni 2014 laat de macrofaunagemeenschap in oktober meerdere verschillen zien. Zo zijn de totaal dichtheden op alle vier de locaties globaal een factor 2-3 hoger dan in juni. Dit is niet onverwacht en heeft te maken met het opbouwen van populaties in het zomerseizoen. Aardiger is het om te zien dat de diversiteit van de macrofauna ook is toegenomen. Op alle vier locaties zijn in oktober meer soorten waargenomen dan in juni 2014. Voor het open compartiment is deze toename vooral een gevolg van het hoger aantal soorten watermijten, dat werd aangetroffen (van 1 naar 4 soorten per monster). Ook op locatie 3 zijn nu de eerste twee watermijt-soorten aangetroffen. Daarnaast zijn in oktober 2014 voor het eerst Aasgarnalen aangetroffen (op locatie 1 en 2) en een kokkerjuffer op locatie 4.

Deze veranderingen leiden veelal tot een hogere EKR-waarde (alleen op locatie 2 is de EKR-waarde gelijk gebleven). Voor locatie 1 is ook het kwalitatieve oordeel verbeterd van “ontoereikend” naar “matig”. Voor de andere drie locaties blijft het oordeel “ontoereikend”. De toegenomen diversiteit en de daarmee ook toegenomen EKR-waarden zijn niet onverwacht en goed te verklaren vanuit het optredende kolonisatie-proces. Ook het feit dat er verschillende ondergedoken waterplanten op de locaties 1, 2 en 3 zijn aangetroffen (zie paragraaf 3.4) leiden veelal tot een hogere diversiteit in de macrofauna. Naar verwachting is deze kolonisatie nog niet voltooid. Een verdere toename in 2015 is daarom niet onwaarschijnlijk.

### 3.2.3 Resultaten veldonderzoek juli 2015

Conform verwachting is de diversiteit van de macrofaunagemeenschap verder toegenomen. Ten opzichte van oktober 2014 ligt het aantal soorten gemiddeld 10% hoger en ook de EKR-waarden zijn toegenomen (met gemiddeld 15%). Globaal genomen komen de dichtheden overeen met de dichtheden uit juni 2014 en zijn daarmee lager dan in oktober 2014; hetgeen vanuit de normale jaarlijkse populatieopbouw niet onverwacht is.

In het open compartiment (monsters 1 + 2) zijn de dichtheden van negatief dominante soorten (zoals de muggenlarven *Chironomus plumosus* en *Polypedilum nubeculosum* en de worm *Limnodrilus hoffmeisteri*) afgenomen, terwijl het aandeel kenmerkende soorten is toegenomen. Tot deze laatste categorie hoort bijvoorbeeld de muggenlarve *Microchironomus tener* die in juli 2015 voor het eerst werd aangetroffen. Deze veranderingen zijn gecorreleerd aan een toename in de aanwezigheid van

ondergedoken waterplanten. Vooral in monster 2 zijn nu in vrijwel ieder deelmonster (7 van de 10) waterplanten aanwezig.

In het gesloten compartiment blijven de twee monsters 3 en 4 sterk van elkaar verschillen. In monsterpunt 3, direct achter de basaltblokken, blijven de soortenrijkdom en dichtheden laag en worden alleen kreeftachtigen, muggenlarven en wormen aangetroffen. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de grote dynamiek van het water als de golven bij toenemende windkracht door en over de basaltblokken heen slaan. Monsterpunt 4 kent juist een hele lage dynamiek. Het sediment wordt hier gekenmerkt als “slap slib met een hoge organische fractie”. De dichtheden zijn consequent hoger dan op de andere drie monsterpunten, maar ook in de soortensamenstelling wijkt deze locatie af van de andere locaties. Zo worden de wants *Sigara lateralis*, de kokerjuffer *Oecetis ochracea* en de muggenlarve *Fleuria lacustris* hier (soms in hoge dichtheden) aangetroffen waar deze soorten tot nu toe op geen van de andere locaties zijn aangetroffen.

### 3.2.4 Resultaten veldonderzoek augustus 2015

De resultaten verschillen slechts weinig met die van juli 2015. De dichtheden zijn weliswaar beduidend hoger (factor 2 tot 4) maar het aantal soorten en de EKR-waarde verschilt nauwelijks. De enige uitzondering is monsterpunt 3, gelegen achter de basaltblokken in het gesloten compartiment. Hier gaat de ontwikkeling van de macrofaunagemeenschap verder, is het aantal soorten min of meer verdubbeld en vertoont ook de EKR-waarde een duidelijke toename. Deze veranderingen lijken vooral door de fysieke ontwikkelingen op dit monsterpunt gestuurd te worden. Waar dit monsterpunt in 2014 nog een vrij smalle geul betrof, is de breedte in 2015 sterk toegenomen en daarmee ook de diversiteit aan habitats. Zo werd in augustus lokaal ook een meer slibrijke toplaag aangetroffen, terwijl het monsterpunt in juli nog vooral uit kleilig sediment bestond. De toename van de soortenrijkdom komt vooral door een toegenomen aantal chironomiden, die in ruime mate op het eiland aanwezig zijn en dergelijke nieuwe habitats snel kunnen koloniseren. De macrofaunagemeenschap op monsterpunt 3 gaat daarmee steeds meer lijken op de twee monsterpunten uit het open compartiment.

### 3.2.5 Samenvatting

**Tabel 4** Samenvatting van de drie veldonderzoeken in juni en oktober 2014 en juli 2015 met de resultaten per monsterpunt. Maatlat EKR: 0 = ecologisch dood; 1 = zeer hoge ecologische kwaliteit.

		Open compartiment		Gesloten compartiment	
		1	2	3	4
Aantal soorten	juni 2014	14	17	4	15
	oktober 2014	21	20	14	19
	juli 2015	23	23	13	23
	augustus 2015	24	24	25	24
Aantal individuen	juni 2014	1960	2384	224	8160
	oktober 2014	6638	4008	640	14588
	juli 2015	1840	1056	276	3136
	augustus 2015	4672	2368	1124	5744
EKR-Waarde	juni 2014	0,36	0,38	0,18	0,25
	oktober 2014	0,51	0,36	0,27	0,36
	juli 2015	0,54	0,43	0,31	0,43
	augustus 2015	0,51	0,41	0,46	0,47

EKR-waarden	<0,20	slecht
	0,20-0,40	ontoereikend
	0,40-0,60	matig
	>0,60	goed

## 3.3 Vissen

De resultaten (soorten, aantallen en lengtes) worden hieronder per locatie besproken (zie figuur 2 voor de ligging van deze locaties). Tevens wordt een inschatting gemaakt van de biomassa per soort die is aangetroffen.

### 3.3.1 Resultaten juni 2014

#### Buitenzijde eiland

##### Locatie 1 (lengte trek 204m)

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Baars	6						2	4 (16/18/19/21)	380
Winde	7					1	4	2 (14/14)	98
Zwartbekgrondel	2				1	1			12
Dried. stekelbaars	5		5						1
grondel spec.	6			2	3	1			19

### Locatie 2 (lengte trek 248m)

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Baars	3							3 (15/15/17)	147
Winde	5						2	3 (14/16/17)	131
Zwartbekgrondel	6					1	3	2 (14/14)	121
Dried. stekelbaars	1		1						<1

### Locatie 3 (lengte trek 85m)

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Baars	3						1	2 (18/20)	212
Winde	1							1 (16)	38
Zwartbekgrondel	5					1	3	1 (14)	108

Op basis van deze gegevens kan een berekening worden gemaakt van de totale biomassa van de vastgestelde vissoorten in de zone direct langs de stortstenen. Dit is voor de Baars, Winde, Zwartbekgrondel en Driendoornige stekelbaars respectievelijk 1994 gram, 1204 gram, 650 gram en 3 gram. Dit is de totale biomassa over een totale omtrek van het eiland (circa 1450 meter).

### Gesloten compartiment

#### Locatie 4

Aan de binnenzijde is het opgespoten compartiment aan de West-Zuidwestzijde bemonsterd, dit gedeelte heeft langs de stortsteen rand een ondiepe geul welke in open verbinding staat met het natte deel van de binnenzijde. Hier is geen vis gevangen.

#### Locatie 5

Het opgespoten deel heeft langs de middenscheiding van het eiland een geïsoleerd nat gedeelte parallel aan het centrale looppad opgeleverd. Bij wijze van test is deze 'plas' bevestigd vanaf het looppad. Hier bleken grote hoeveelheden jonge driendoornige stekelbaarzen te zitten (zie foto 10). Dit is verder niet kwantitatief bevestigd, de vangst op onderstaande foto is van een trek van 4 meter met het schepnet. Een zeer ruwe schatting van het aantal stekelbaarsjes betreft 10.000 met een gemiddelde lengte van ongeveer 2 centimeter. De biomassa (oppervlakte plas bedraagt ongeveer 2500 vierkante meter) is vervolgens bepaald op ongeveer 3 kilogram per hectare. De snelle kolonisatie van de plas is opmerkelijk. Mogelijk is de kolonisatie het gevolg van aanvoer via eitjes aan vogelpootjes. De locatie werd intensief als foerageergebied gebruikt door Kluten en Visdieven.





**Foto 10** Driedoornige stekelbaars in een afgesloten deel van het opgespoten compartiment. Foto: The Fieldwork Company.

### Open compartiment

#### Locatie 6

Het open compartiment is met behulp van een drijvend platform bevestigd met twee treks diagonaal door het waterlichaam (waterdiepte <20 cm). De totaal bemonsterde oppervlakte is ongeveer 100 vierkante meter. Het bemonsterde deel betreft ongeveer 0,14% van de totale oppervlakte open water. Op de locatie zijn de volgende vangsten gedaan:

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Zwartbekgrondel	3			2	1				6
Dried. stekelbaars	1			1					<1
Marmelgrondel	1					1			7

De biomassa van deze soorten in het open compartiment is respectievelijk 0,57, 0,06 en 0,71 kilogram per hectare. Deze waarden zijn zeer indicatief. De situatie in het open compartiment is ongeschikt om de visstand op een representatieve manier te bepalen.



**Foto 11** Marmelgrondel (foto links), Winde (achtergrond foto rechts) en Zwartbekgrondel, gefotografeerd tijdens het veldwerk op het eiland. Foto: The Fieldwork Company.



Aanvullend is tijdens het veldwerk naar macrofauna werd op deze locatie ook een Rivierdonderpad gevangen.

### 3.3.2 Resultaten augustus 2015

#### Buitenzijde eiland

##### Locatie 1 (lengte trek 240m)

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Baars	1							1 (22)	140
Zwartbekgrondel	6		2	2	1		1		14

##### Locatie 2 (lengte trek 280m)

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Baars	3							3 (15/16/29)	359
Rietvoorn	4							4 (14,5/22/25/27)	501
Vetje	1		1						1
Zwartbekgrondel	13	4	5	1	2		1		42

##### Locatie 3 (lengte trek 340m)

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Alver	1						1		16
Baars	2							2 (16,5/22)	209
Bittervoorn	1	1							2
Zwartbekgrondel	7		1	1	2	1	2		80

#### Binnenzijde eiland

##### Locatie 4 en 5

De binnenzijde van het eiland is op twee locaties bevestigd op locaties met waterplanten en die bereikbaar waren met de boot. De gezamenlijke vangsten zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Soort	Aantal	lengte (cm)							totaal gewicht (g)
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-14	>14	
Alver	5	3	2						2
Dried. stekelbaars	2		2						2
Kl. modderkruiper	1						1		9
Rietvoorn	1		1						2
Vetje	3		2	1					1
Zwartbekgrondel	8	4	3	1					8

### 3.3.3 Samenvatting

De visstand van het Markermeereiland heeft zich duidelijk ontwikkeld. In 2014 domineerden Baars, Winde en Zwartbekgrondel de vangsten. In 2015 was duidelijk sprake van een meer gevarieerde soortensamenstelling. In de tussenliggende periode lijkt de Zwartbekgrondel zich verder te hebben uitgebreid. Tegenover het verdwijnen van de Winde en het minder frequente voorkomen van de Baars staat dat er een aantal nieuwkomers op of rond het eiland hebben gevestigd, zoals Alver, Bittervoorn, Kleine modderkruiper, Rietvoorn en Vetje, waarbij Bittervoorn en Kleine modderkruiper

zijn beschermd krachtens de Flora- en faunawet. Opmerkelijk is de vangst van Bittervoorn, Vetje en Kleine modderkruiper. Het leefgebied van deze soorten bestaat voornamelijk uit kleinere watertypen, zoals sloten, vijvers en oeverzones van kleine wateren. De Bittervoorn is daarnaast afhankelijk van het voorkomen van grote zoetwatermosselen waar de eitjes in worden gelegd. De aanwezigheid van grote (dus oudere) zoetwatermosselen op het jonge eiland is zeer onwaarschijnlijk, waardoor de omstandigheden op het eiland niet geschikt zijn als leefgebied voor de Bittervoorn. De vangst betreft daarom naar alle waarschijnlijkheid een afgedwaald exemplaar. Bij de Kleine modderkruiper gaat het om slechts één vangst, waardoor ook hier een afgedwaald exemplaar niet uit te sluiten is. Het Vetje is op meerdere locaties met meerdere individuen gevangen. Deze soort lijkt zich dus min of meer duidelijk te hebben gevestigd op het Markermeereiland.

Baars, Rietvoorn en Driedoornige stekelbaars behoren tot de algemeenste vissoorten van Nederland. Deze soorten hebben daarnaast een zeer ruime verspreiding. Marmergrondel en Zwartbekgrondel zijn beide invasieve soorten, die pas begin deze eeuw in Nederland zijn vastgesteld. Beide soorten zijn bodembewoners en hebben een voorkeur voor structuurrijke leefgebieden, zoals stortstenen oevers, schelpenbanken en dichte vegetatie. Omdat deze soorten niet zeldzaam zijn en recent ons land hebben gekoloniseerd hebben ze geen beschermde status. Grondels zijn erg territoriaal en kunnen andere vissoorten verdrijven. Ze vormen een bedreiging voor de Rivierdonderpad.

De Rivierdonderpad is een vrij algemene soort in het IJsselmeer. De Rivierdonderpad is vastgesteld tijdens het onderzoek naar de macrofauna, maar tijdens het vissenonderzoek is de soort niet vastgesteld. Van succesvolle vestiging van het Markermeereiland is dus nog geen sprake. Net als bovengenoemde grondels is het een soort die veel aangetroffen kan worden in de buurt van stortstenen. De Rivierdonderpad is beschermd krachtens de Flora- en faunawet en de Natuurbeschermingswet.

Winde is een vrij algemene soort van langzaam stromende benedenlopen van rivieren en de hiermee in verbinding staande wateren. Van de Winde is bekend dat deze ook paait in de randzone van het IJsselmeer. Waarom de Winde in 2015 niet opnieuw is gevangen is niet duidelijk. De soort heeft de status 'gevoelig' op de Rode Lijst.

## 3.4 Vegetatie

Het eiland is op 2 oktober 2014 en vervolgens op 19 augustus 2015 gekarteerd volgens vooraf door Rijkswaterstaat opgestelde vegetatietypen.

In deze paragraaf worden de aangetroffen vegetatietypen en hun voorkomen beschreven. Ook wordt de vegetatieontwikkeling in de exclosures beschreven. Tenslotte volgt een analyse van de huidige vegetatie op het eiland.

De ligging van de hier beschreven vegetatietypen is voor de jaren 2014 en 2015 respectievelijk weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5.

### 3.4.1 Beschrijving gekarteerde vegetatietypen

#### Algemeen

In deze paragraaf worden de op het eiland aanwezige vegetatietypen gepresenteerd. Eerst wordt een beschrijving van het vegetatietype gegeven. Vervolgens wordt de situatie met betrekking tot dit vegetatietype in 2014 en 2015 beschreven. Tenslotte worden de vegetatiekaarten van beide jaren vergeleken. Een nadere analyse volgt in hoofdstuk 4.

Tijdens de karteringen zijn er in het terrestrische deel van het eiland uitsluitend pioniervegetaties aangetroffen. In pioniervegetaties is open grond aspectbepalend en bedekken plantensoorten en/of struweel (veel) minder dan 50% van het oppervlak. De vegetatiebedekking kan ook veel hoger zijn, maar in dat geval wordt de vegetatie gedomineerd door soorten van pioniermilieus (Moerasandijvie, Goudzuring en/of Blaartrekkende boterbloem).

#### Onbegroeid

Dit type betreft slib, slik of zeer ondiep water. Vegetatie is zowel boven als onder water afwezig.

### **Situatie in 2014**

In 2014 was dit type aanwezig in het gesloten deel en voor een kleine oppervlakte in het open compartiment. In het open deel betrof het onbegroeid slik, in het gesloten compartiment zowel slik als ondiep water zonder vegetatie.

### **Situatie in 2015**

Ook in 2015 was dit type in het gesloten compartiment aanwezig. De oppervlakte ervan is, als gevolg van een hogere waterstand en afslag in het zuidwestelijk deel, echter fors uitgebreid. Het slikveld in het open compartiment is opgegaan in het vegetatievlak met waterplanten.



**Foto 12** Fotovergelijking van onbegroeid slik/water in het gesloten compartiment in 2014 (links) en 2015.

### **Pioniervegetatie met Moerasandijvie**

In dit vegetatietype is Moerasandijvie minimaal frequent (regelmatig; om de paar stappen een exemplaar) aanwezig. De bodem is slikkig en vrijwel permanent nat. De vegetatie is relatief soortenarm en ijl. Deze vlakken waren ten tijde van de kartering niet of nauwelijks begaanbaar. Zie Foto 13 voor een impressie van deze vegetatie.

### **Situatie in 2014**

Deze vegetatie kwam in 2014 uitsluitend op meerdere locaties in het open compartiment voor.

### **Situatie in 2015**

In 2015 is dit vegetatietype in oppervlakte afgenomen aan de oostrand van het open compartiment. Hier is het deels opgegaan in het vegetatievlak met waterplanten. In het noordwesten is dit type echter toegenomen. Dit als gevolg van een stijging van het water, waardoor vegetaties waarin Goudzuring domineerde (zie hieronder) zijn verdrongen of weggeslagen (zie Foto 14). In dergelijke situaties kan een diep wortelende en forse soort als Moerasandijvie zich langer en beter handhaven.

In het voorjaar van 2015 is de Moerasandijvie massaal tot bloei gekomen. Tijdens de kartering in het najaar zijn, evenals in 2014, uitsluitend grondrozetten aangetroffen.





**Foto 13** Pioniervegetatie met Moerasandjivie. Op de foto is het frequente voorkomen van de grote groene rozetten van Moerasandjivie zichtbaar. Ook Spies- en Uitstaande melde (rode planten) zijn zichtbaar. De foto is genomen in de noordpunt van het eiland in oktober 2014.



**Foto 14** Impressie van het noordwestelijk deel van het eiland in augustus 2015. In 2014 domineerde hier Goudzuring. Deze is hier als gevolg van hoge waterstanden en de uiterst links zichtbare afslag van het slib thans over grote delen verdronken of weggeslagen. Op de voorgrond zijn verspreid de kleine groene grondrozetten van Moerasandjivie zichtbaar.

### Pioniervegetatie met Goudzuring

Goudzuring is minimaal frequent, soms dominant aanwezig. Moerasandijvie komt in dit type slechts zeldzaam voor. Zie Foto 13. De bodem bestaat uit schelpenrijk ingedroogd slib (droogtescheuren) en is over het algemeen begaanbaar. Deze vorm is ten opzichte van de door Rijkswaterstaat aangereikte typologie aanvullend onderscheiden omdat Goudzuring en Moerasandijvie ecologisch vrijwel identiek zijn, maar Moerasandijvie in deze vegetatie vrijwel niet voorkomt. Beide soorten vormen in de landelijk gebruikte vegetatiesystematiek (Schaminée et al. 1995-1999) één associatie.

#### Situatie in 2014

In 2014 kwam deze vegetatie over een relatief grote oppervlakte voor in het gesloten en open compartiment. Binnen deze vlakken werden van de Goudzuring meest grondrozetten aangetroffen, met slechts hier en daar een bloeiend exemplaar (zie Foto 15).

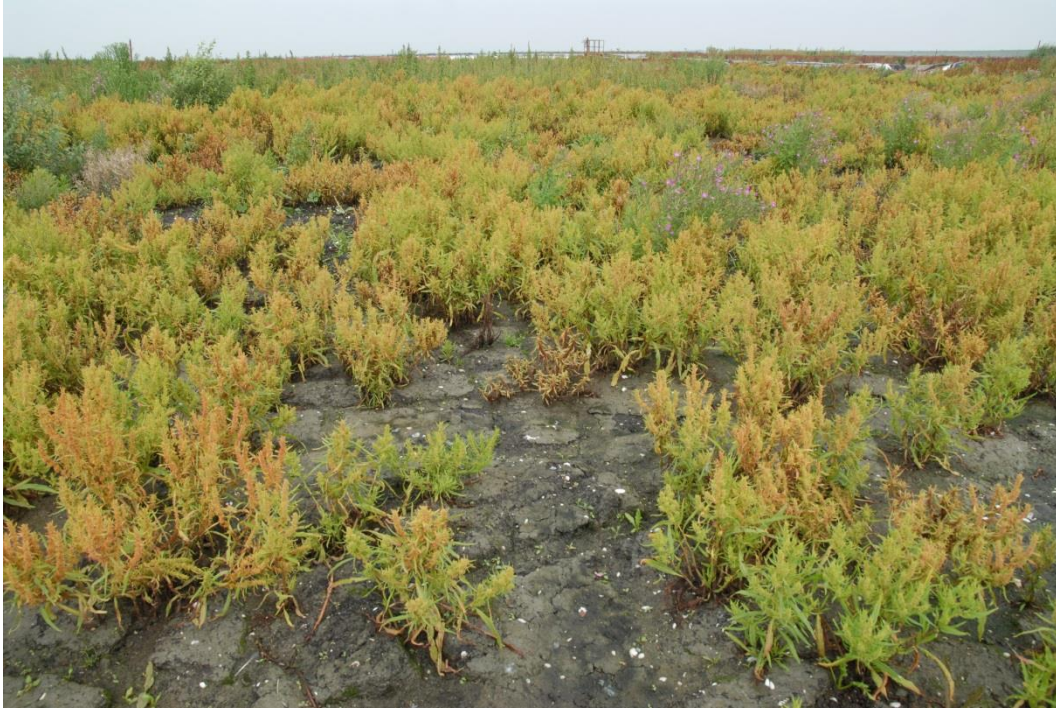
#### Situatie in 2015

In 2015 zijn in het open compartiment door de hoge waterstanden delen van deze vegetatie weggeslagen of verdronken (zie bespreking vorige vegetatie en Foto 14) en 'vervangen' door een pioniervegetatie met Moerasandijvie. In het zuidelijke compartiment is de oppervlakte min of meer hetzelfde gebleven. In beide gebiedsdelen kwam Goudzuring massaal tot bloei (zie Foto 16).



**Foto 15** Pioniervegetatie met Goudzuring in het open compartiment in 2014. Op de foto zijn de grondrozetten van deze soort aspectbepalend aanwezig.





**Foto 16** *Massaal bloeiende Goudzuring in het gesloten compartiment in 2015.*

#### **Pioniervegetatie met Riet**

Riet is minimaal frequent aanwezig, soms ook (in combinatie met) Grote lisdodde. Ook Spiesmelde en Zulze hebben hier een optimum. Goudzuring en/of Moerasandijvie komen ten hoogste verspreid voor en zijn niet aspectbepalend.

De bodem is permanent vochtig en beperkt begaanbaar. Op de hoogstgelegen plekken zijn droogtescheuren aanwezig. Zie Foto 17 voor een impressie van deze vegetatie.



**Foto 17** *Pioniervegetatie met Riet in het zuidelijke deel van het eiland in 2014. Naast Riet komen ook meldesoorten verspreid voor. Verder is de vegetatie vrij soortenarm.*



### **Situatie in 2014**

In 2014 werd deze vegetatie over een grote oppervlakte aangetroffen in het gesloten compartiment.

### **Situatie in 2015**

In 2015 is de oppervlakte van dit type fors afgenomen en vervangen door een pioniervegetatie met Goudzuring in het noorden en open water in het zuiden. Dit is het gevolg van een verhoging van de waterstand in combinatie met afslag als gevolg van deze verhoging in combinatie met harde wind.

### **Wilgen met Riet en pioniersoorten**

Wilgensoorten zijn minimaal frequent aanwezig, evenals Riet en/of Grote lisdodde en 'natte' pioniersoorten (Goudzuring, Blaatrekkende boterbloem, Spiesmelde, Uitstaande melde). Het betreft permanent vochtige, dichtgeslagen slib. Deze vlakken zijn lastig begaanbaar. Zie Foto 18, Foto 19 en Foto 20 voor een impressie van deze vegetatie.



**Foto 18** *Wilgen met Riet en pioniersoorten in het zuidelijke deel van het eiland (achterste deel op de foto) in 2014. Dit betreft een vrij dichte vegetatie op een vochtige ondergrond. Op de voorgrond zijn hoge exemplaren van Spies- en/of Uitstaande melde aanwezig, in combinatie met Riet (Pioniervegetatie met Riet).*



**Foto 19** *Min of meer dezelfde locatie in 2015 met op de achtergrond hoge exemplaren van Spiesmelde en Wilgenstruiken en op de voorgrond een massavegetatie van Goud- en Moeraszuring.*

### **Situatie in 2014**

In 2014 was in het gesloten compartiment een vlak van dit vegetatietype aanwezig.

### **Situatie in 2015**

In 2015 is de situatie iets gewijzigd. Op de hoogste delen van dit deel van het eiland heeft het type zich nog gehandhaafd, maar hogere waterstanden en verdergaande afslag (zie Foto 21) hebben de vorm van het vlak aangepast (zie Figuur 5). Ten westen van dit vlak heeft zich een nieuw en kleiner vlak ontwikkeld waarin wilgen en pioniersoorten aspectbepalend zijn.



**Foto 20** Massavegetatie van diverse wilgensoorten, Goudzuring en Harig wilgenroosje (roze bloeiend). Augustus 2015.





**Foto 21** Afslag van het slib aan de zuidzijde van de wilgenvegetatie in het gesloten compartiment.

#### **Pioniervegetatie op zandig substraat**

Dit betreft een soortenrijke pioniervegetatie op opgespoten, slibarm zand. Ook dit type is toegevoegd aan de bestaande typen vanwege de specifieke bodemsoort. Hoewel de vegetatie zeer ijl is, staan er in dit relatief kleine vlak bijna evenveel soorten als in de gezamenlijke overige vlakken van het eiland, zonder dat één soort duidelijk aspectbepalend is. Zie Foto 22 voor een impressie van deze vegetatie. Overigens maakt dit terrein, en daarmee dit vegetatietype, geen deel uit van het moeras maar dient het ter ontsluiting (werkpad).

#### **Situatie in 2014**

In 2014 was deze vegetatie aanwezig op het werkpad.

#### **Situatie in 2015**

In 2015 is gebleken dat dit werkpad overstroomd is geweest en dat bodem (als gevolg hiervan) is gezakt. De vegetatie is hierdoor sterk gewijzigd en bestaat thans uit soorten van een nat en voedselrijk milieu. Omdat Goudzuring hier frequent voorkomt is de vegetatie ingedeeld als een Pioniervegetatie met Goudzuring.



**Foto 22** Pioniervegetatie op zandig substraat nabij het aanlandingspunt en het looppad in 2014, met o.a. Rode ganzevoet, Varkensgras en straatgras.

### Watervegetatie met ondergedoken soorten

Aarvederkruid, Gekroesd fonteinkruid en/of Doorgroeid fonteinkruid (zie Foto 23) zijn gezamenlijk minimaal frequent aanwezig. Zie paragraaf 3.4.4 voor de resultaten van een nadere kartering van het centrale waterdeel van het eiland.



**Foto 23** Watervegetatie met de ondergedoken soorten Aarvederkruid (links, met boven het water uitstekende bloeiwijzen), Gekroesd fonteinkruid (rechtsboven) en Doorgroeid fonteinkruid (rechtsonder).

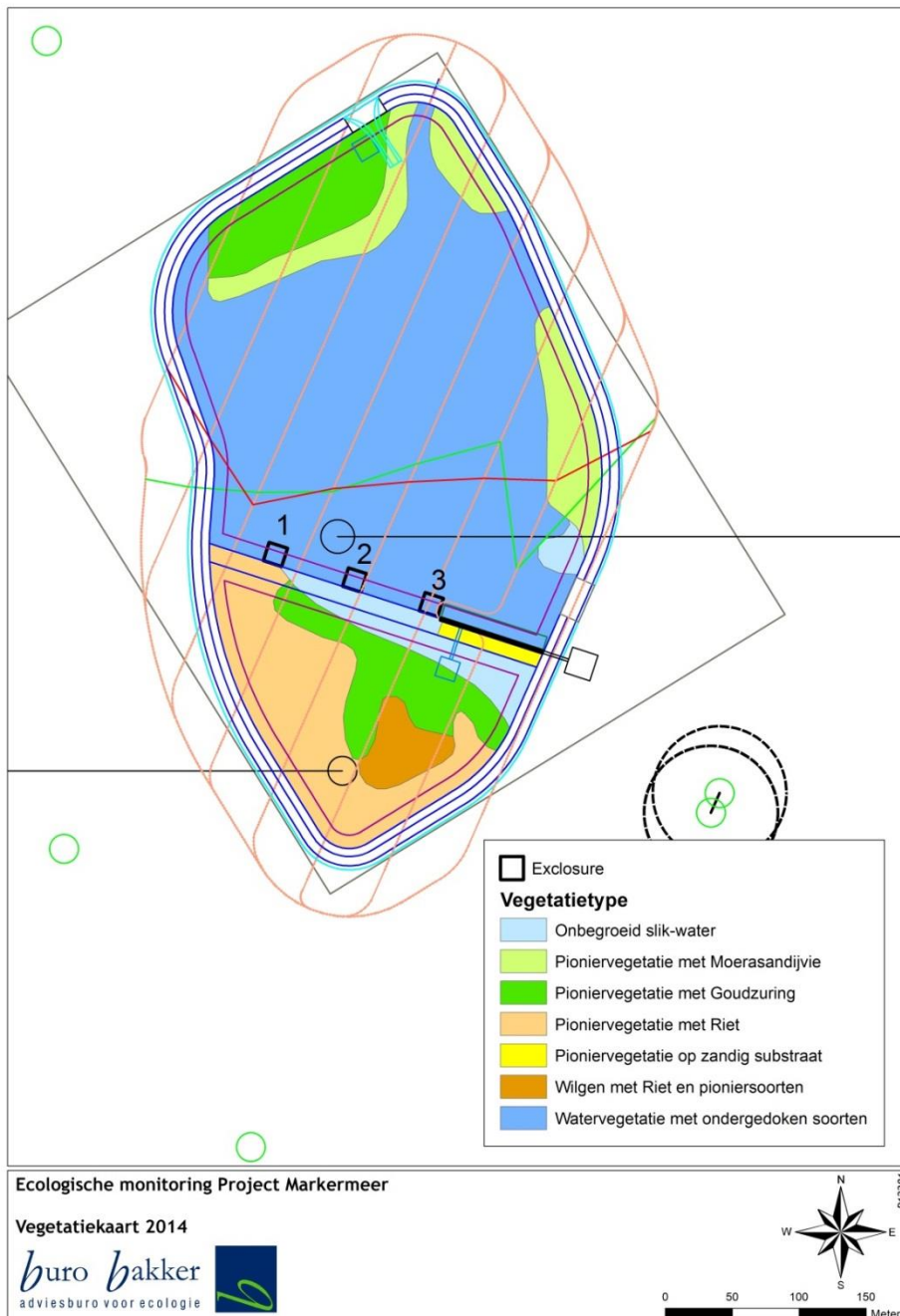
### Situatie in 2014

De drie soorten komen frequent tot verspreid in het open water van het open compartiment voor.

### Situatie in 2015

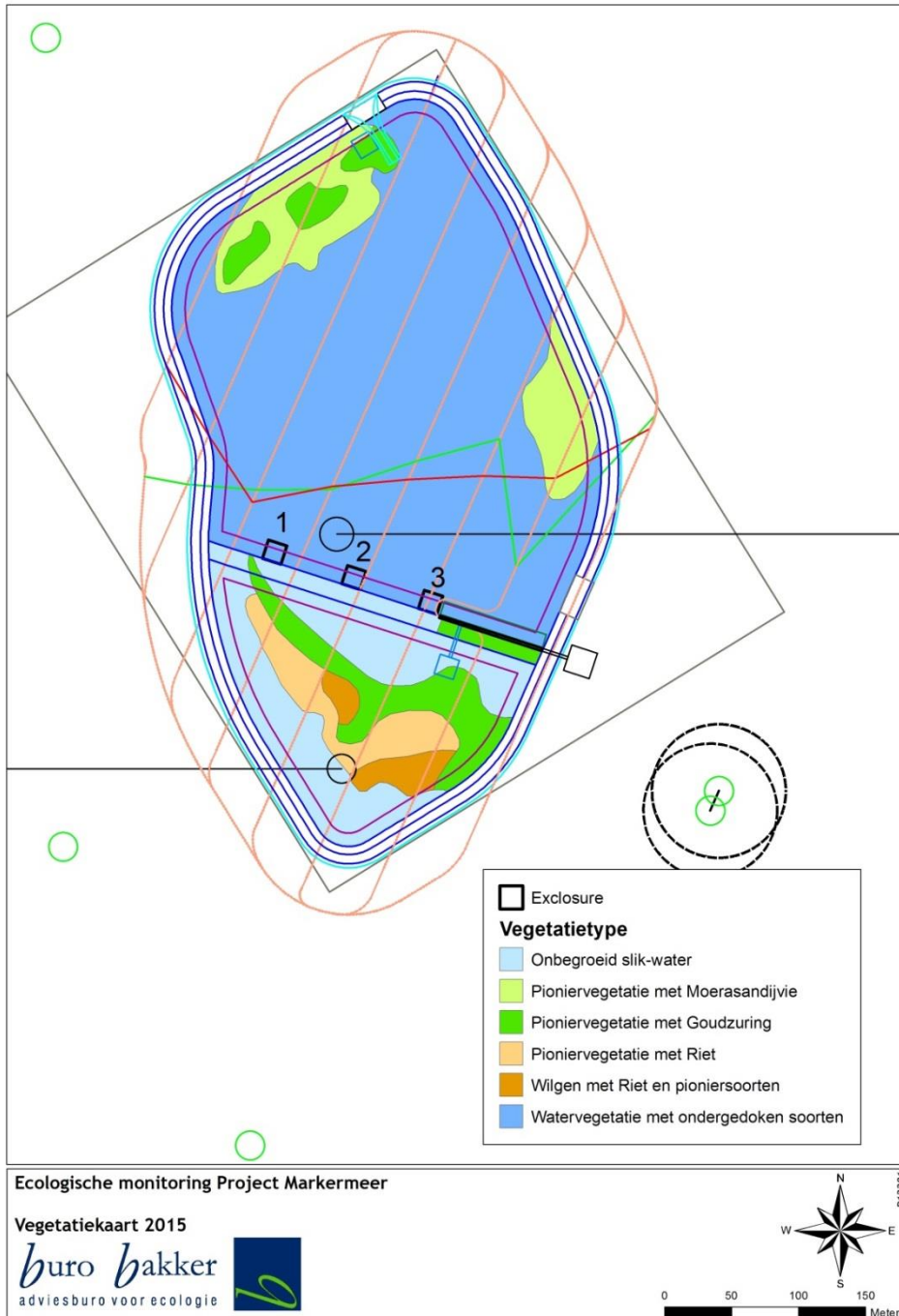
Afgezien van een areaaluitbreiding als gevolg van hogere waterstanden is er weinig verandering ten opzichte van 2014 opgetreden. Aarvederkruid komt frequent voor, met enkele forsere haarden aan de randen van het gebied.

## 3.4.2 Vergelijking vegetatiekaart 2014 en 2015



Figuur 4 Vegetatiekaart Markermeereiland in oktober 2014.





**Figuur 5** Vegetatiekaart Markermeereiland in augustus 2015.

Wanneer beide vegetatiekaarten vergeleken worden zijn duidelijk de veranderingen in de vegetaties als gevolg van verhoging van de waterstand en afslag van het slib zichtbaar: de toename van het (onbegroeide) wateroppervlak, de afname van het oppervlak Pioniervegatie met Riet en de toename van pioniervegatie met Moerasandjivie in het noorden. In het veld was daarnaast zichtbaar dat het vegetatievlak in het noordwesten van het eiland op meerdere locaties overstromd is geweest, waardoor de in 2014 nog solide Pioniervegatie met Goudzuring in 2015 is opgedeelde in drie 'eilanden'. Ook in het gesloten compartiment is het centrale deel, het gebied tussen de beide vlakken met



onbegroeid slik-water, overstroomd geweest. In dit gebiedsdeel is nog vaag een geul zichtbaar, die verder grotendeels is overgroeid met Goudzuring.

### 3.4.3 Vegetatieontwikkeling in de exclosures

Langs het looppad zijn drie exclosures aanwezig (zie Foto 24). Dit zijn met netten omspannen 'kooien' waar de watervegetatie niet kan worden beperkt door begrazing door eenden en zwanen. In onderstaande Tabel 5 is per exclosure en jaar de soortsamenstelling en de aanwezigheid als geschat aantal exemplaren of percentage bedekking ten opzichte van de gehele exclosure aangegeven. De exclosures zijn weergegeven in Figuur 4.

#### *Situatie in 2014*

Opvallend is dat de bedekking van de watervegetatie hier veel hoger was dan in de rest van de plas. Hier kwamen met name Aarvederkruid en Doorgroeid fonteinkruid bedekkend voor. Ook waren Smalle waterpest en Klein/Tenger fonteinkruid\* uitsluitend hier aanwezig.

In de tabel is voor 2014 een groot verschil zichtbaar tussen exclosure 1 en de overige exclosures. Een sluitende verklaring valt hiervoor niet te geven. Aspecten als sedimentsamenstelling, golfslag en waterdiepte zijn voor de hand liggende, maar geen logische verklaringen. Golfslag zou namelijk evenveel invloed moeten hebben op alle exclosures, terwijl zowel Doorgroeid fonteinkruid als Aarvederkruid in relatief diep water groeien en daarom beide in de eerste exclosure hadden kunnen voorkomen. De relatieve luwte van exclosure 3 lijkt een goede verklaring voor het hoge aandeel flab hierin. Het is dan wel weer opmerkelijk dat luwteminnende waterplanten als Smalle waterpest en Klein/Tenger fonteinkruid hierin niet voorkomen. Het sediment zal naar verwachting op alle locaties min of meer hetzelfde zijn.

#### *Situatie in 2015*

In 2015 was er vrijwel geen verschil meer zichtbaar tussen de exclosures en het omringende water. Exclosure 1 was niet meer aanwezig en ook de netten van de overige exclosures waren beschadigd. Voor een deel was hierdoor vanuit het open water binnengedreven Aarvederkruid in de exclosures aanwezig. Een en ander waarschijnlijk als gevolg van hevige golfslag. In de exclosures was daarnaast alleen nog Doorgroeid fonteinkruid aanwezig.

---

\* Vanwege de afstand en de netten was het onderscheid tussen deze sterk gelijkende soorten niet mogelijk. De kooien zijn met een verrekijker bekeken op het voorkomen van soorten. In de kartering van Rijkswaterstaat (zie paragraaf 3.4.4) is enkel Tenger fonteinkruid aangetroffen.

**Tabel 5** Aanwezige soorten en bedekkingspercentages in de exclosures in 2014 en 2015.

Exclosure 1	2014	2015	Exclosure 2	2014	2015	Exclosure 3	2014	2015
Aarvederkruid	5%	-	Aarvederkruid	5%	15%	Doorgroeid fonteinkruid	30%	15 ex
			Doorgroeid fonteinkruid	5%	-	Aarvederkruid	5%	35
			Klein/Tenger fonteinkruid	100 ex	-	Gekroest fonteinkruid	5 ex	-
			Smalle waterpest	50 ex	-	Algen/flab	30%	-
			Gekroest fonteinkruid	5 ex	-			
			Algen/flab	5%	-			



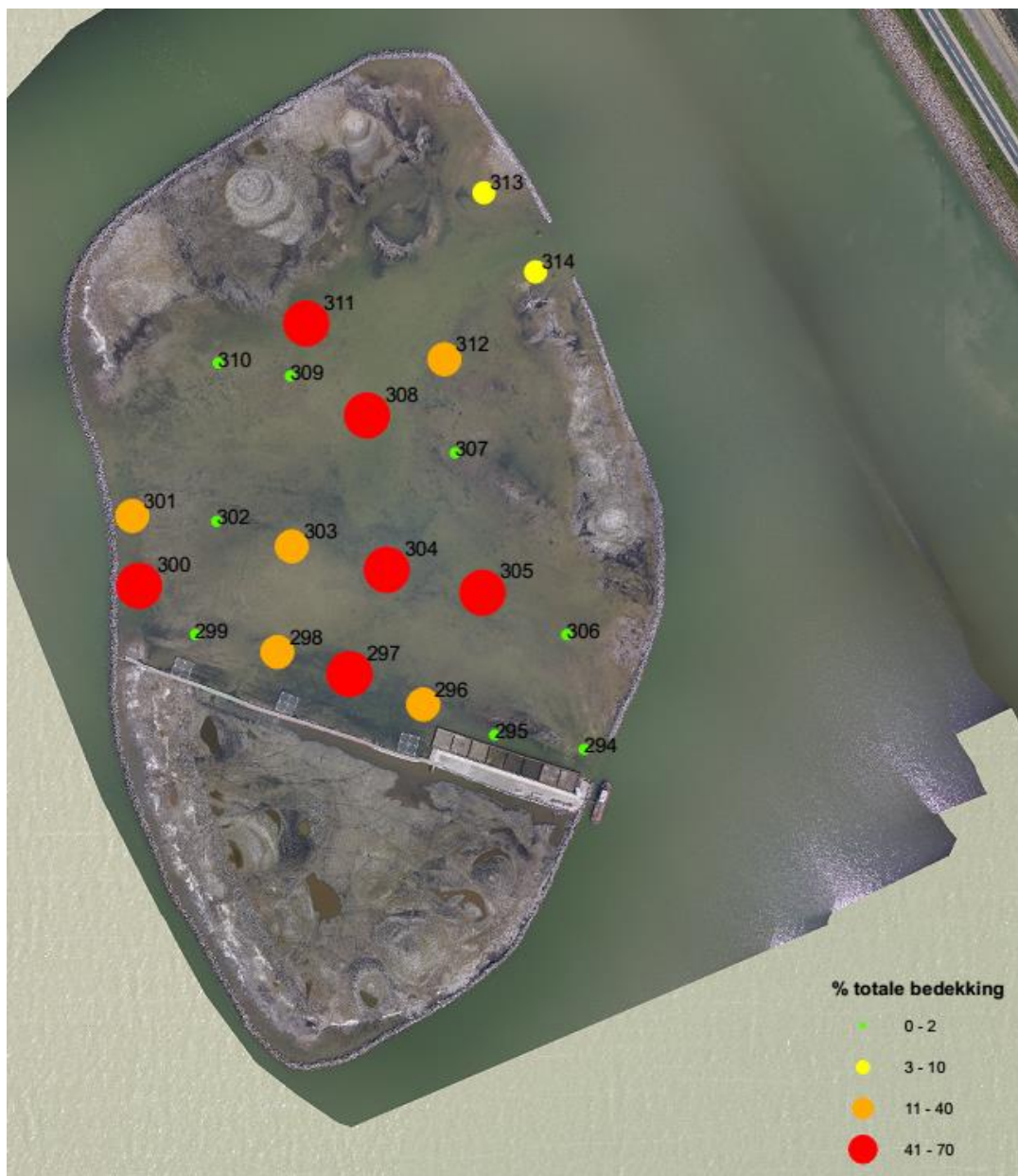
**Foto 24** Drie exclosures (voor vogels afgeschermd vakken) in het centrale deel van het eiland in 2014, met op de voorgrond exclosure 1. Verderop liggen de exclosures 2 en 3.

#### 3.4.4 Kartering watervegetatie (RWS)

Op alle 21 onderzochte locaties werd vegetatie aangetroffen (zie Tabel 6 en Figuur 6). Vooral Aarvederkruid en Tenger Fonteinkruid bleken plaatselijk met hoge bedekkingen aanwezig te zijn op de gekarteerde locaties. Ook werd Zannichellia aangetroffen op de meerderheid van de locaties. Het meest spectaculair resultaat was wellicht dat er op drie locaties kranswier (*Chara spec.*) is aangetroffen. De vegetatie bleek vooral daar aanwezig te zijn waar het water dieper was dan 20 a 30 cm.

**Tabel 6** Resultaten van de soortkartering in het waterdeel. De nummers van de punten (eerste kolom) corresponderen met die in figuur 5.

Nr	X-coördinaat	Y-coördinaat	% bedekking totaal	Doorgroeid fontein-kruid	Aarveder-kruid	Ge-kroesd fontein-kruid	Smalle waterpest	Tenger fontein-kruid	Zannichellia	Schede fontein-kruid	Chara
294	158115	513547	2		2			0,1			
295	158065	513555	2		2						
296	158025	513572	20		10				10		
297	157984	513589	50	1	10	1		50			
298	157944	513601	40	2	5			40			
299	157898	513611	0,1						0,1		
300	157867	513638	60	1	60			5			
301	157863	513677	40		40			1		2	
302	157910	513674	2			1		1	1		
303	157952	513660	40						40		
304	158005	513647	50		30			30	5		
305	158058	513634	50		5	10		30	30		
306	158105	513611	2		2				1		
307	158043	513712	2		1				2		
308	157994	513733	70	1	40	10		60	5		
309	157951	513755	1		1				1		
310	157911	513762	2		1				2		
311	157960	513784	50		2	30		30	5		1
312	158037	513764	30		5			30	5		5
313	158059	513857	10		5				10		5
314	158088	513813	5				5	5			



**Figuur 6** Ligging van de onderzochte locaties tijdens de soortkartering van het waterdeel. Bron: afdeling CIV/RWS.

### 3.4.5 Interpretatie

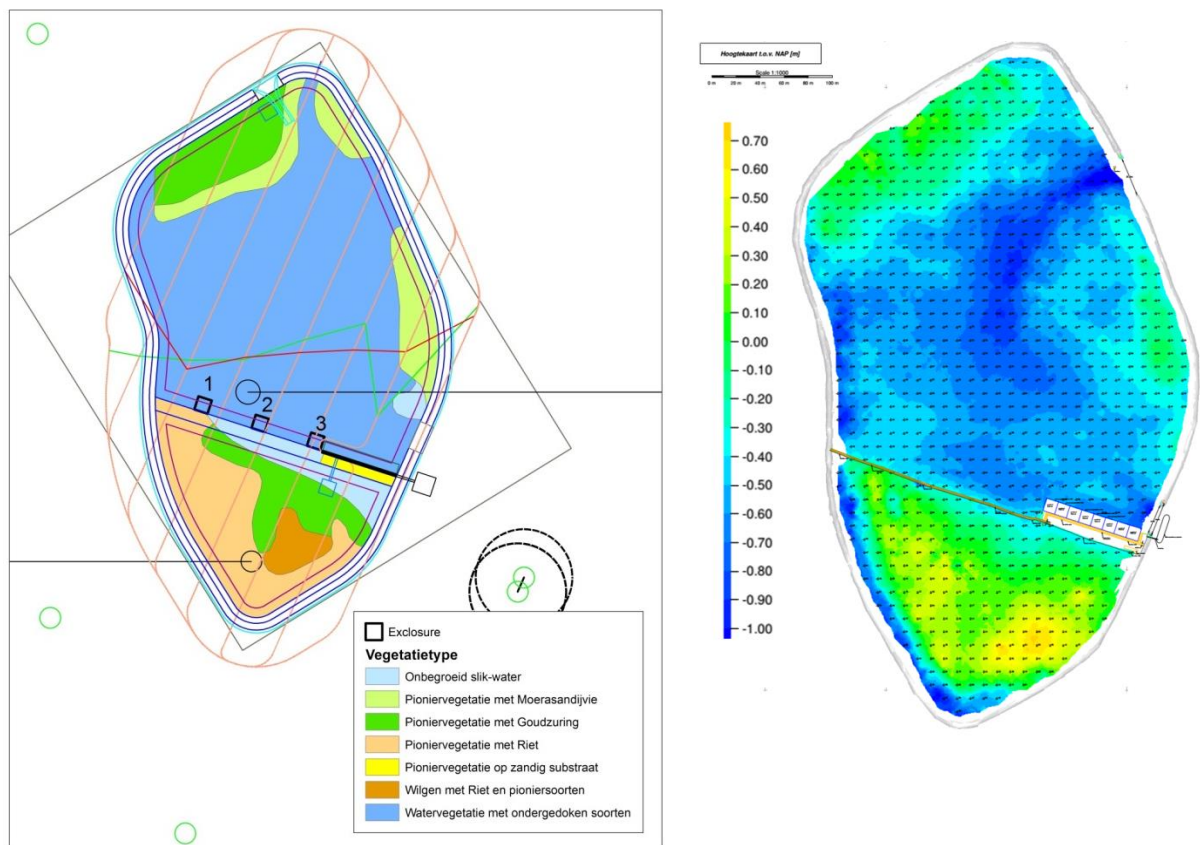
Het is opmerkelijk te noemen dat de vegetatie zich in een dusdanig snel tempo heeft ontwikkeld en binnen het met slib opgespoten terrein in oktober 2014 al meer dan 50 soorten telt (inclusief drie mossoorten; zie Bijlage 3). Dit temeer omdat er begin juni 2014, tijdens de visbemonstering, nog vrijwel geen sprake leek te zijn van enige vegetatieontwikkeling.

Voor de aanwezige soorten was er in 2014 op land een verdeling te maken met betrekking tot de hoogteligging, en daarmee samenhangend het vochtgehalte van de bodem. Tijdens deze kartering is geconstateerd dat de droogste delen het meest soortenrijk zijn. Hier is ook het hoogste aandeel Riet en wilgen aan te treffen. De permanent natte en daardoor slijkige en dichtgeslagen delen zijn minder soortenrijk. Hier is Moerasandjvie aspectbepalend. Waar de bovenlaag is uitgedroogd, is het milieu voor deze soort minder aantrekkelijk en ontbreekt deze nagenoeg. Hier zijn soorten als Klein kruiskruid, meldes, Riet en Goudzuring het algemeenst.

De koppeling van vegetatie aan hoogteligging wordt bevestigd wanneer de gekarteerde vegetatie-eenheden vergeleken worden met de later vervaardigde hoogtekaart van het gebied (zie figuur 6). Ook hier wordt zichtbaar dat vegetatietypen gekoppeld zijn aan specifieke bodemhoogtes. De bandbreedte van de bodemhoogte per vegetatietype is weergegeven in Tabel 7.

**Tabel 7** Relatie van vegetatie met bodemhoogte in 2014. Weergegeven is de bandbreedte ten opzichte van NAP, gebaseerd op Figuur 7.

Vegetatietype	Bandbreedte bodemhoogte t.o.v. NAP
Onbegroeid	-0.40 - 0
Pioniervegetatie met Moerasandijvie	-0.20 - 0
Pioniervegetatie met Goudzuring	0 - 0.20
Pioniervegetatie met Riet	0 - 0.50
Wilgen met Riet en pioniersoorten	-0.40 - 0.70
Watervegetatie met ondergedoken soorten	-0.20 - -1.00



**Figuur 7** Vergelijking van de vegetatiekartering van begin oktober 2014 (figuur links) met de eind oktober 2014 vervaardigde hoogtekaart van het eiland. Bron hoogtekaart: Gebr. van der Lee/Geonique 2014.



Vanwege de laat ingezette vegetatieontwikkeling is Moerasandijvie nergens tot bloei gekomen. Dit geldt ook voor het overgrote deel van de Goudzuring. In 2015 zijn beide soorten wel massaal tot bloei gekomen.

De vegetatie wordt op het land nog vrijwel nergens beperkt door vraat van vogels. Alleen in het grotere vegetatievlak in het open compartiment is enige vraat op grassen en Riet geconstateerd. Dit is naar verwachting door ganzen of eenden gebeurd. De aanwezige zwanen foerageren hoofdzakelijk op waterplanten. Gezien de ontwikkeling in de exclosures in 2014 zal begrazing door eenden en zwanen wel beperkend werken op de bedekking en mogelijk de soort samenstelling van de watervegetatie. Dergelijke begrazing is echter onderdeel van de natuurlijke toestand in dit milieu en zal niet leiden tot het teloorgaan van de watervegetatie. Uit de resultaten van 2015 blijkt dat ook abiotische effecten als golfslag beperkend kan werken op de ontwikkeling van watervegetatie.

Van een snelle ontwikkeling en dominantie van wilgenvegetaties op de droge delen van het eiland is geen sprake. Waarschijnlijk wordt de ontwikkeling geremd door de hoge waterstanden en een bodem die (nog) niet stabiel genoeg is om wilgengroei mogelijk te maken.



## 4 | Conclusie en discussie

---

### 4.1 Onderzoeksvragen

In hoofdstuk 1 zijn enkele vragen gesteld waarop de in dit rapport gepresenteerde monitoringsresultaten een antwoord op moeten geven. Deze vragen worden in deze paragraaf behandeld.

#### 4.1.1 Relatie ontwikkeling van het eiland met het waterpeil

##### Relatie met flora

In paragraaf 3.4.5 is reeds een doorkijk gegeven van de in 2014 aanwezige koppeling tussen terreinhoogte (en daarmee waterpeil) en vegetatie. Hierin werd aangetoond dat de relatief hooggelegen en daarmee sneller oppervlakkig uitdrogende delen de meeste soorten herbergden en een hoger aandeel riet en wilgen hadden. De permanent natte delen waren in vergelijking daarmee soortenarmer of soms geheel zonder vegetatie.

In 2015 is geconstateerd dat het aandeel open water is toegenomen, alsmede het aandeel aan vegetaties van zeer natte omstandigheden. Er is in 2015 voor een belangrijk deel van het groeiseizoen binnen de begrenzing van het eiland een hoger waterpeil geweest dan in 2014. Mogelijk is de bodem gedaald als gevolg van de rijping van het slib. Daarnaast vindt, met name in het zuidwestelijke deel van het eiland afslag van het slib plaats en zijn de grotere vegetatievlakken in het open en gesloten compartiment (deels) overstroomd geweest. Hierdoor is ook de ontwikkeling van wilgenbos geremd.

In het deel met permanent water heeft zich onverwacht snel een rijke watervegetatie ontwikkeld. Deze is al snel ontdekt door op waterplanten foeragerende eenden, ganzen en zwanen. Met name tijdens de nazomer en herfst waren hier soms hoge aantallen watervogels te vinden. Deze vraat zal tot op zekere hoogte limiterend werken op de vegetatieontwikkeling van waterplanten. Dit omdat de ontwikkeling in 2014 in sommige exclusies uitbundiger en soortenrijker was dan in het open water. Dit is echter relatief; de uitkomsten van het onderzoek door CIV tonen aan dat de bedekking van waterplanten buiten de exclusies daarmee vergelijkbaar tot zelfs hoger kunnen zijn. Bovendien was dit effect in 2015 niet meer zichtbaar. De vraat van watervogels zal er daarom nooit voor zorgen dat de vegetatieontwikkeling in het waterdeel teniet wordt gedaan. Er is niet geconstateerd dat vraat van watervogels limiterend werkt op de vegetatie op het land.

##### Relatie met fauna

Het eiland bestaat uit permanent water in het centrale deel en relatief drogere delen in de noord- en oostpunt en het deel ten zuiden van de loopplank. Het waterpeil varieert enigszins, waardoor er een permanent natte en slikkige zone bestaat rondom het permanente water. Deze zone varieert in breedte.

De droogste gebiedsdelen zijn in de loop van mei als broedgelegenheid gaan dienen voor onder andere Visdieven en Kokmeeuwen. Enkele van deze soorten nestelden echter ook in lagere gebiedsdelen en in de loop van de zomer van 2015 is geconstateerd dat enkele van deze nesten overspoeld moesten zijn als gevolg van een (snel) stijgend waterpeil of door het inklinken van de bodem. Onbekend is om hoeveel nesten het gaat. Dergelijke ontwikkelingen zijn echter ook in een meer natuurlijke situatie niet te voorkomen. Een geringer hoger waterpeil leidt al vrij snel tot een sterke vermindering van broedgelegenheid voor vogels.

Met deze monitoring is niet geconstateerd of wijzigingen in het waterpeil van invloed waren op broedvogels in het permanent droge deel. De vegetatiearme slikrand om het water wordt in de trek-tijd gebruikt door relatief kleine aantallen steltlopers. Deze aantallen leken niet gelimiteerd door het beperkte aanbod aan slik, aangezien deze zone met name in de nazomer vrij breed was. Een relatief lage waterstand zal uiteraard wel voor meer voedselaanbod zorgen.

Omdat het deel met permanent water gedurende de monitoringsperiode niet is drooggevallen zal er geen invloed van waterpeilen op de hier voorkomende vissoorten zijn geweest.

#### 4.1.2 Snelheid natuurontwikkeling en ecologisch rendement

##### Vogels

Na een aarzelend begin (met veelal meeuwen als waargenomen soorten), gingen de ontwikkelingen vanaf de lente van 2014 ineens erg snel. Met name de massale vestiging van broedende Visdieven en Kokmeeuwen was onverwacht. Na de broedtijd vervult het eiland tijdens de najaarstrek een belangrijke rol voor op en rond het eiland foeragerende en op het eiland rustende sterns (Visdief en Zwarte stern) en vormt het een foerageergebied voor plantenetende watervogels, waaronder belangrijke aantallen Krakeenden. In de winter vervult het eiland vooralsnog geen belangrijke rol voor vogelsoorten en wordt het door meeuwensoorten als rustgebied en slaapplek gebruikt. De situatie in het eerste halfjaar van 2015 is min of meer vergelijkbaar met 2014 met opnieuw de vestiging van broedende Visdieven en Kokmeeuwen als belangrijkste ontwikkeling.

##### Vegetatie

Zoals reeds vermeld is zowel in 2014 als in 2015 de hoogteligging, en daarmee het waterpeil dé sturende factor voor de vegetatieontwikkeling op het eiland gebleken. De vegetatieontwikkeling is in 2014 laat op gang gekomen, waardoor enkele soorten niet tot bloei zijn gekomen. Vanwege het pionierstadium waren toen nog steeds grote delen van het eiland onbegroeid. In 2015 bloeiden de aanwezige soorten echter volop en was er over grote delen sprake van een gesloten vegetatie. Wat vanaf 2014 wel snel op gang is gekomen is de watervegetatie in het permanent waterhoudende deel. Niet alleen betreft het hier een vrij breed pallet aan soorten maar er worden ook relatief hoge bedekkingen bereikt.

Er is geen verschil in vegetatieontwikkeling geconstateerd tussen het met holoceen materiaal opgehoogde deel en de randen (met zand gevulde geocontainers en geotubes) van het eiland.

##### Macrofauna

Uit de monitoring blijkt dat het gebied de macrofauna herbergt die kenmerkend is voor een waterlichaam in dit ontwikkelstadium. Uit verdere monitoring blijkt dat er sindsdien een toename in dichtheden en diversiteit te zien is en dat deze kolonisatie naar verwachting nog niet voltooid is. In het open compartiment zijn de dichtheden van negatief dominante soorten afgenomen, terwijl het aandeel kenmerkende soorten is toegenomen. Deze veranderingen zijn gecorreleerd aan een toename in de aanwezigheid van ondergedoken waterplanten. In het gesloten compartiment zijn de verschillen in soortsaanstelling groot. Direct achter de basaltblokken, blijven de soortenrijkdom en dichtheden laag als gevolg van de grote dynamiek van het water (golfslag bij toenemende wind). De Ecologische kwaliteitsratio (EKR) neemt over het hele eiland toe, maar ligt overal nog onder de grenswaarde waarboven de ecologische kwaliteit goed is (EKR=0,6).

##### Vissen

Het eiland is vrij snel na gereed komen in gebruik genomen door vissen. Een aantal van deze soorten zijn een weerspiegeling van soorten die in het Markermeer voorkomen. Voor sommige soorten (Zwartbekgrondel, Marmmergrondel en Rivierdonderpad) vormen de basaltblokken een geschikt leefgebied. Het eiland heeft voor deze soorten een duidelijke functie die er voorheen niet was. In 2015 heeft de visstand zich voorzichtig verder ontwikkeld met de komst van nieuwe soorten (waaronder de beschermde Kleine modderkruiper en Bittervoorn), al is het aantal vangsten van de aangetroffen soorten telkens erg beperkt.

##### Interacties tussen soortgroepen

Bij de interactie tussen soortgroepen speelt de vegetatie een belangrijke rol. Hierbij gaat het zowel om de lokaal trage ontwikkeling ervan op de droge delen als de snelle ontwikkeling van de watervegetatie.

De tot nu toe trage ontwikkeling van de vegetatie heeft het eiland geschikt gemaakt als broedgelegenheid voor sterns, meeuwen en steltlopersoorten. Deze soorten zijn gebaat bij lage pioniersvege-

taties. Bij een zich snel ontwikkelende opgaande vegetatie zouden deze zich niet of in beduidend mindere mate gevestigd hebben. Ook in 2015 is er door Kokmeeuwen en sterns gebroed op het eiland, ondanks de aanwezigheid van met name hoge exemplaren van Moerasandijvie. Het is echter voor beide jaren onbekend hoeveel paar van de respectievelijke soorten er gebroed hebben en wat het broedsucces was.

Door het open karakter van het eiland vormt het ook een ideaal rustgebied voor soorten als Visdief en Zwarte stern tijdens de najaarstrek. Deze soorten hebben dan een voorkeur voor open terreinen zonder de aanwezigheid van grondpredatoren.

De zich voorspoedig ontwikkelende watervegetatie werd al snel ontdekt door op waterplanten foeragerende eenden, ganzen en zwanen. Met name tijdens de nazomer en herfst waren er soms hoge aantallen van deze soortgroepen op het eiland te vinden.

Een andere opmerkelijke interactie werd tijdens het visonderzoek ontdekt in een besloten waterlichaam nabij de vlonder. Hier bleken grote hoeveelheden Driedoornige stekelbaars aanwezig te zijn. Deze soort leeft voor een belangrijk deel van macrofauna. Deze rijkdom aan vis leverde weer een voedselbron op voor op het eiland broedende Kluten en Visdieven. Er was daarmee sprake van een lokale voedselketen.

## 4.2 Toekomstige ontwikkelingen

Ook voor toekomstige ontwikkelingen zal de waterstand en de hiermee samenhangende vegetatieontwikkeling een belangrijke sturende factor zijn. Tijdens de eerste vegetatiekartering in 2014 is het verspreid voorkomen van wilgen en Riet op het eiland geconstateerd, met name op de droogste delen en zowel in het open als gesloten compartiment. Deze ontwikkeling is in 2015 echter tot staan gebracht door de hoge waterstanden in het gebied. Hierdoor is het aandeel Goudzuring toegenomen en is het aandeel wilg beperkt tot enkele relatief kleine vlakken. De verspreide wilgen die in 2014 aanwezig waren in het meest noordelijke vlak in het open compartiment waren in 2015 hier niet meer aanwezig. Hieruit blijkt dat een hoge waterstand limiterend werkt op de ontwikkeling van wilgenstruweel. Op plekken met permanent hoog water ontwikkelen zich relatief soortenarme vegetaties met pioniersoorten als Moerasandijvie en Goudzuring. Een hoog waterpeil is echter ongunstig voor de vestiging van broedvogels.

Wanneer wilgen en riet de boventoon gaan voeren zal het eiland minder geschikt worden als broedgebied voor Visdief en Kokmeeuw. Deze prefereren open broedgebieden, waar ze eventuele belagers goed kunnen zien aankomen. Ook op waterplanten foeragerende watervogels en steltlopersoorten zullen zich er, om dezelfde reden, minder thuis gaan voelen. Daar staat tegenover dat het eiland dan geschikter zal worden als broedgebied voor zangvogels en eendensoorten, die bij het broeden juist gebaat zijn bij dekking.

Gezien de landelijke negatieve trend van broedende Visdieven en hun status inzake het Natura 2000-gebied Markermeer is het aan te bevelen om de vegetatie op het eiland zo kort mogelijk te houden en (overdadige) wilgengroei tegen te gaan.

De zich snel ontwikkelende watervegetatie zal op termijn een gunstige invloed hebben op vissoorten en macrofauna. Deze invloed is met deze monitoring nog niet aangetoond, aangezien voornamelijk aan stenen en zandig substraat gebonden soorten zijn vastgesteld.





## 5 | Literatuur en bronnen

---

- *Bijkerk, R. (red) 2010.* Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Deels aangepaste versie. Rapport 2014 - 02, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- *De Nij H.W. 1997.* Atlas van de Nederlandse zoetwatervissen. Tweede druk. Stichting Atlas Verspreiding Nederlandse Zoetwatervissen.
- *Royal Haskoning 2011.* Monitoringsplan Pilot Markermeer Moeras. Eindconceptrapport, 16 december 2011. In opdracht van Rijkswaterstaat.
- *SOVON, 1987.* Atlas van de Nederlandse vogels.
- *Schaminée, J.H.J., A.H.F. Stortelder & E.J. Weeda 1995-1999;* De vegetatie van Nederland. Opulus Press, Uppsala, Leiden.



## **B 1 | Bijlage: Totaaltabel waargenomen vogels en aantallen**

Resultaten vogeltellingen																									
Rood en vet: doelsoort Natura 2000-gebied Markermeer																									
Bezoeknr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Datum	27-okt-13	8-dec-13	4-jan-14	19-mrt-14	24-apr-14	1-mei-14	20-mei-14	10-jun-14	19-jun-14	22-jul-14	25-aug-14	4-sep-14	18-sep-14	2-okt-14	23-okt-14	4-dec-14	29-jan-15	19-mrt-15	29-apr-15	13-mei-15	27-mei-15	23-jun-15	9-aug-15	19-aug-15	
Waarnemer	HS	HS	HS	HS	RO	HS	RO	TFC	RO	RO	RO	HS	RO	RO	HS	HS	HS	HS	HS	RO	HS	HS	RO	RO	
Begintijd	9:00	8:45	9:30	10:00	11:30	8:30	14:00		14:00	15:20	15:00	10:30	14:00	10:45	10:00	10:00	14:00	1200	1030	14:30	10:00	1415	10:00	10:15	
Eindtijd	9:45	9:15	10:30	10:45	11:45	9:30	14:15		14:30	15:50	15:30	11:30	14:30	14:30	10:45	11:00	15:00	1245	1100	15:15	11:00	1500	11:15	15:00	
Bewolking %	100%	100%	100%	30%	85%	100%	50%		100%	20	90	0%	0%	95	100%	100	100	0	60%	50%	100%	1	0,2	0,5	
wind	ZW7	ZW5	ZW4	W5	NO2	W1	ZO3	W4	NW3	NO4	ZO3	O3	OZO3	NO2	WZW3	NO4	W5	W1	ZW3	NW3	W1	W5	ZO2	ZW3	
Temp. °C	11°C	7°C	5°C	12°C	14°C	13°C	23°C	23	16	26	16	20°C	22	18	13	1	1	14	11	18	14	14	19	20	
SOORT																									
Dodaars													1												
<b>Fuut</b>			1	15					2			1		1					6	1	6	13	8	2	
<b>Aalscholver</b>						6			1	15	19	4	6					23	40	31	19	45	27	4	
Grote zilverreiger					2															2					
Blauwe Reiger										2		3	1							1	1		1	3	
<b>Lepelaar</b>										5	3									2				10	
Knobbelzwaan								2		2	4		3						2	2	2	4	8	38	
Wilde Zwaan										1	1											1		1	
<b>Grauwe Gans</b>											9								3		2	2	19		
Grote Canadese Gans											24									2		13			
Nijlgans								2		2	2										3	3	2	2	
Bergeend						2				1		4							3	3	1				
<b>Smient</b>														5											
<b>Krakeend</b>									1	29	112		177	12			33			49	21	19	24	85	
Wintertaling													2	4		4								3	
Wilde Eend										24	3	21	15					5		2	5		8	35	
Pijlstaart													1												
<b>Slobeend</b>										1															
<b>Krooneend</b>											1														
<b>Kuifeend</b>					1																			1	
<b>Tafeleend</b>																							1	1	
<b>Brilduiker</b>					1																				
<b>Grote zaagbek</b>					3																				
Scholekster																			1						
Kluut						4		8	8	6		4								6	2				
Kleine plevier										1												1			
Bontbekplevier										4				4					2	1	6				
Goudplevier									1																
Kemphaan																					2				
Kleine strandloper																									
Krombekstrandloper																									
Bonte Strandloper								2		3		6	10			11		3							
Tureluur						2		2				10	1												
Oeverloper										2											2				
Steenloper								4			3														
<b>Dwergmeeuw</b>										26															
Kokmeeuw				160		15			96	131	66	11	90	240	130			85	510	95	160	80	127	35	
Stormmeeuw				160					23	62	12	75	120		40	36		35	1				4		
Kleine mantelmeeuw	1	1				4						1						1	2	1	2	2			
Zilvermeeuw	35	1				4			4		1	5			25	6	2	3	1	1	5	2	1		
Grote mantelmeeuw							10		12	9	13	11	14	20	11	14		2		8	3	5	6		
<b>Visdief</b>								10	110	280	244	450	760	680	39	10				220	215	400	90		
<b>Zwarte stern</b>									1	680	2												158	90	
Reuzenster																							2	1	
Graspieper														4											
Waterpieper														1											
Oeverpieper														3											
Witte Kwikstaart											1	2		1					1	2	1	1		8	
Gele Kwikstaart																								2	
Boerenzwaluw																								3	
Roodborst																1									
Zanglijster															1										
Spreeuw																							1	90	
Totaal	36	2	1	340	2	47	120	302	394	1421	1068	812	483	332	210	100	7	160	795	426	630	299	671	737	



## **B 2 | Bijlage: Totaaltabel waarnemingen macrofauna**

## Bijlage 1; Overzicht macrofauna resultaten

**Juni 2014**

groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
Amphipoda	Corophium curvispinum		8		
	Dikerogammarus villosus			8	
	Gammaridae			160	64
	Gammarus tigrinus	336	320	44	256
Totaal Amphipoda		336	328	212	320
Bivalvia	Dreissena polymorpha		8		
	Pisidium nitidum	8			
Totaal Bivalvia		8	8		
Chironomidae	Camptochironomus				32
	Chironomus	32	56		672
	Chironomus annularius agg				2560
	Chironomus plumosus agg	80	16		64
	Cladotanytarsus gr mancus	8	48		
	Cryptochironomus	176	280		608
	Microtendipes gr chloris				32
	Paracladopelma camptolabis		24		
	Polypedilum nubeculosum	272	416		640
	Procladius	160	128		448
	Psectrocladius schliezi	8			
	Psectrocladius sordidellus gr.	8	8		
	Psectrocladius sordidellus/limbat	216	728		
	Stictochironomus		24		
	Tanytus punctipennis				256
Tanytarsus gr mendax	16	8			
Tanytarsus gracilentus		8		288	
Totaal Chironomidae		976	1744		5600
Gastropoda	Potamopyrgus antipodarum	40	72		32
Totaal Gastropoda		40	72		32
Heteroptera	Sigara				96
	Sigara lateralis				160
Totaal Heteroptera					256
Hydracarina	Piona pusilla	72	88		32
Totaal Hydracarina		72	88		32
Oligochaeta	Limnodrilus cervix	48		8	64
	Limnodrilus claparedianus	88	16	4	160
	Limnodrilus hoffmeisteri	16	24		320
	Limnodrilus sp	40	32		96
	Nais elinguis		8		
	Tubificidae met haarchaetae	32	16		288
	Tubificidae zonder haarchaetae	304	48		992
Totaal Oligochaeta		528	144	12	1920
<b>Eindtotaal</b>		<b>1960</b>	<b>2384</b>	<b>224</b>	<b>8160</b>

groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
<b>Aantallen per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	336	328	212	320
	Totaal Bivalvia	8	8		
	Totaal Chironomidae	976	1744		5600
	Totaal Gastropoda	40	72		32
	Totaal Heteroptera				256
	Totaal Hydracarina	72	88		32
	Totaal Oligochaeta	528	144	12	1920
<b>Aantal soorten per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	1	1	2	1
	Totaal Bivalvia	1	1	0	0
	Totaal Chironomidae	8	10	0	9
	Totaal Gastropoda	1	1	0	1
	Totaal Heteroptera	0	0	0	1
	Totaal Hydracarina	1	1	0	1
	Totaal Oligochaeta	3	3	2	3
	<b>Eindtotaal</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
<b>EKR-score (M21)</b>					
		0,36	0,38	0,18	0,25
	3.0 totaal van de abundantie-klassen	91	103	19	132
	3.1 positief dominanten + kenm. taxa % abund.	17,6	24,3	0,0	10,6
	3.2 negatief dominanten % abund.	38,5	27,2	26,3	40,2
	3.3 kenmerkende taxa % aantal	11,1	9,1	0,0	4,8

Oktober 2014

groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
Amphipoda	Gammarus tigrinus	105	195	205	175
	Totaal Amphipoda	105	195	205	175
Bivalvia	Pisidium nitidum	6			
	Pisidium subtruncatum	6			
	Totaal Bivalvia	12			
Chironomidae	Acricotopus lucens	14			
	Chironomus	167	120	4	22
	Chironomus plumosus agg	28	132	16	98
	Cladotanytarsus gr mancus	42	84		11
	Cricotopus speciosus		24	8	
	Cryptochironomus	97	120	12	33
	Fleuria lacustris				164
	Glyptotendipes				11
	Microtendipes gr chloris		48		
	Paratanytarsus grimmi		12		11
	Polypedilum bicrenatum	153	588		11
	Polypedilum nubeculosum	209	468	44	44
	Procladius	306	312		109
	Psectrocladius sordidellus gr.		24		
	Psectrocladius sordidellus/limbatell	14	24	8	11
	Stictochironomus sticticus	14			
	Tanytarsus gracilentus		24	4	55
	Tanytarsus sylvaticus				11
	Totaal Chironomidae	1043	1980	96	589
Gastropoda	Potamopyrgus antipodarum	49	111		
	Totaal Gastropoda	49	111		
Heteroptera	Sigara				20
	Sigara lateralis				83
	Totaal Heteroptera				103
Hydracarina	Forelia variegator		1		
	Hygrobates nigromaculatus		6	1	
	Limnesia koenikei	1			
	Limnesia undulata	20	3		
	Piona imminuta	5			
	Piona pusilla	13	11	6	
	Totaal Hydracarina	39	21	7	
Mysida	Limnomysis benedeni	24	5		
	Totaal Mysida	24	5		
Oligochaeta	Dero digitata				23
	Limnodrilus cervix			4	
	Limnodrilus claparedianus		80	28	319
	Limnodrilus hoffmeisteri	437	160	8	64
	Nais elinguis				2
	Nais variabilis	31			
	Potamothrix hammoniensis			4	
	Stylaria lacustris	31			
	Tubifex tubifex			4	
	Tubificidae met haarchaetae	374	64	8	382
	Tubificidae zonder haarchaetae	4493	1392	276	12931
	Totaal Oligochaeta	5366	1696	332	13721
Trichoptera	Oecetis ochracea				1
	Totaal Trichoptera				1
<b>Eindtotaal</b>		<b>6638</b>	<b>4008</b>	<b>640</b>	<b>14588</b>

groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
<b>Aantallen per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	105	195	205	175,2
	Totaal Bivalvia	12			
	Totaal Chironomidae	1043	1980	96	589
	Totaal Gastropoda	49	111		
	Totaal Heteroptera				103
	Totaal Hydracarina	39	21	7	
	Totaal Mysida	24	5		
	Totaal Oligochaeta	5366	1696	332	13721
	Totaal Trichoptera				1
<b>Aantal soorten per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	1	1	1	1
	Totaal Bivalvia	2	0	0	0
	Totaal Chironomidae	9	11	6	12
	Totaal Gastropoda	1	1	0	0
	Totaal Heteroptera	0	0	0	1
	Totaal Hydracarina	4	4	2	0
	Totaal Mysida	1	1	0	0
	Totaal Oligochaeta	3	2	5	4
	Totaal Trichoptera	0	0	0	1
	<b>Eindtotaal</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>19</b>
<b>EKR-score (M21)</b>					
		0,51	0,36	0,27	0,36
	3.0 totaal van de abundantie-klassen	116	116	55	104
	3.1 positief dominanten + kenm. taxa % abund.	26,7	19,0	9,1	17,3
	3.2 negatief dominanten % abund.	19,8	25,9	36,4	26,0
	3.3 kenmerkende taxa % aantal	16,7	8,3	5,9	8,7

Juli 2015

groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
Amphipoda	Corophium curvispinum	8	8	4	
	Dikerogammarus villosus		88	12	
	Gammarus tigrinus	664	128	144	272
Totaal Amphipoda		672	224	160	272
Bivalvia	Dreissena polymorpha				8
	Pisidium amnicum				16
	Pisidium casertanum	16			
	Pisidium nitidum	16			24
	Pisidium subtruncatum				8
Totaal Bivalvia		32			56
Chironomidae	Chironomus	24		12	16
	Chironomus plumosus agg	16			72
	Cladotanytarsus gr mancus	40	4	4	248
	Cricotopus bicintus	16	4		
	Cricotopus gr sylvestris	8			
	Cricotopus speciosus		8		
	Cryptochironomus	72	32		32
	Cryptochironomus obreptans	8			
	Fleuria lacustris				360
	Glyptotendipes sp	8			
	Harnischia sp			4	
	Microchironomus tener	8	4		
	Orthocladius consobrinus		4		
	Polypedilum bicrenatum	48	4	4	8
	Polypedilum nubeculosum	128	44	4	48
	Procladius	104	60	8	296
	Psectrocladius sordidellus gr.	8			
	Psectrocladius sordidellus/limb	72	76	4	
	Tanytus punctipennis				16
	Tanytarsus gr mendax	16			8
Tanytarsus gracilentus	16	12		248	
Totaal Chironomidae		592	252	40	1352
Gastropoda	Potamopyrgus antipodarum	48	76		
	Physella acuta				8
	Radix balthica				8
	Valvata piscinalis				8
Totaal Gastropoda		48	76		24
Heteroptera	Sigara				48
	Sigara lateralis				32
Totaal Heteroptera					80
Hydracarina	Hygrobates nigromaculatus		4		
	Piona laminata	8	8		
	Piona pusilla		20		
Totaal Hydracarina		8	32		
Oligochaeta	Hypania invalida			4	
	Limnodrilus cervix	16			
	Limnodrilus claparedianus	112	36	16	176
	Limnodrilus hoffmeisteri		4	8	24
	Potamothenrix hammoniensis		16		16
	Potamothenrix moldaviensis	112	28		
	Tubificidae met haarchaeta		28		40
Tubificidae zonder haarchaeta	240	308	48	1088	
Totaal Oligochaeta		480	420	76	1344
Polychaeta	Hypania invalida	8	52		
Totaal Polychaeta		8	52		
Trichoptera	Oecetis ochracea				8
Totaal Trichoptera					8
<b>Eindtotaal</b>		<b>1840</b>	<b>1056</b>	<b>276</b>	<b>3136</b>



groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
<b>Aantallen per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	672	224	160	272
	Totaal Bivalvia	32			56
	Totaal Chironomidae	592	252	40	1352
	Totaal Gastropoda	48	76		24
	Totaal Heteroptera				80
	Totaal Hydracarina	8	32		
	Totaal Oligochaeta	480	420	76	1344
	Totaal Polychaeta	8	52		
	Totaal Trichoptera				8
<b>Aantal soorten per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	2	3	3	1
	Totaal Bivalvia	2	0	0	4
	Totaal Chironomidae	13	11	7	10
	Totaal Gastropoda	1	1	0	3
	Totaal Heteroptera	0	0	0	1
	Totaal Hydracarina	1	3	0	0
	Totaal Oligochaeta	3	4	3	3
	Totaal Polychaeta	1	1	0	0
	Totaal Trichoptera	0	0	0	1
	<b>Eindtotaal</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>23</b>
<b>EKR-score (M21)</b>					
		0,54	0,43	0,31	0,43
	3.0 totaal van de abundantie-klassen	118	94	41	125
	3.1 positief dominanten + kenm. taxa % abund.	31,4	13,8	9,8	30,4
	3.2 negatief dominanten % abund.	22,9	12,8	29,3	24,0
	3.3 kenmerkende taxa % aantal	18,5	12,0	7,1	11,1

## Augustus 2015

groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
Amphipoda	Corophium curvispinum	16		12	
	Dikerogammarus villosus			24	
	Gammarus tigrinus	448	200	452	1064
Totaal Amphipoda		464	200	488	1064
Bivalvia	Corbicula	48			
	Dreissena polymorpha				16
	Pisidium	16			
	Pisidium amnicum				8
	Pisidium nitidum	32			56
	Pisidium subtruncatum	16			24
Totaal Bivalvia		112			104
Chironomidae	Chironomus	32	16	16	8
	Chironomus plumosus agg		8	8	88
	Cladotanytarsus gr mancus	160			
	Cricotopus		8		
	Cricotopus bicintus	64	8	12	
	Cricotopus gr sylvestris			8	
	Cricotopus speciosus	32	32		
	Cryptochironomus	96	32	40	24
	Fleuria lacustris				312
	Glyptotendipes paripes		8		16
	Glyptotendipes sp		40		8
	Harnischia sp			8	
	Microchironomus tener	176	104	72	144
	Paratanytarsus grimmi	32			
	Polypedilum bicrenatum	224	184	84	16
	Polypedilum nubeculosum	80	56	52	24
	Procladius	624	352	52	392
	Psectrocladius limbatellus gr.			4	
	Psectrocladius oxyura	16		12	
	Psectrocladius sordidellus gr.	64	200	8	
	Stictochironomus sp			4	
	Tanytus punctipennis				56
	Tanytarsus gr mendax	16		8	8
Tanytarsus gracilentus	32	16	32	24	
Tanytarsus sylvaticus			4		
Totaal Chironomidae		1648	1064	424	1120
Gastropoda	Potamopyrgus antipodarum	128	320		
	Radix balthica				8
	Valvata piscinalis				24
Totaal Gastropoda		128	320		32
Heteroptera	Sigara lateralis				136
Totaal Heteroptera					136
Hydracarina	Hygrobates nigromaculatus		8	4	
	Limnesia undulata	16	16		
	Piona pusilla		8	12	
	Piona variabilis		24		
Totaal Hydracarina		16	56	16	
Mysidacea	Limnomysis benedeni		8		
Totaal Mysidacea			8		
Oligochaeta	Dero digitata				8
	Limnodrilus cervix			12	
	Limnodrilus claparedianus	96	16	16	176
	Limnodrilus hoffmeisteri	80	32	44	224
	Nais sp		8		
	Potamothenrix hammoniensis			12	16
	Potamothenrix moldaviensis	208	48		16
	Tubificidae met haarchaetae	96	184	4	432
Tubificidae zonder haarchaetae	1824	400	108	2416	
Totaal Oligochaeta		2304	688	196	3288
Polychaeta	Hypania invalida		32		
Totaal Polychaeta			32		
<b>Eindtotaal</b>		<b>4672</b>	<b>2368</b>	<b>1124</b>	<b>5744</b>

groep	taxon	Monster			
		1	2	3	4
<b>Aantallen per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	464	200	488	1064
	Totaal Bivalvia	112			104
	Totaal Chironomidae	1648	1064	424	1120
	Totaal Gastropoda	128	320		32
	Totaal Heteroptera				136
	Totaal Hydracarina	16	56	16	
	Totaal Mysidacea		8		
	Totaal Oligochaeta	2304	688	196	3288
	Totaal Polychaeta		32		
<b>Aantal soorten per soortsgroep</b>					
	Totaal Amphipoda	2	1	3	1
	Totaal Bivalvia	3	0	0	4
	Totaal Chironomidae	14	11	16	11
	Totaal Gastropoda	1	1	0	2
	Totaal Heteroptera	0	0	0	1
	Totaal Hydracarina	1	4	2	0
	Totaal Mysidacea	0	1	0	0
	Totaal Oligochaeta	3	4	4	5
	Totaal Polychaeta	0	1	0	0
	<b>Eindtotaal</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>24</b>
<b>EKR-score (M21)</b>					
		0,51	0,41	0,46	0,47
	3.0 totaal van de abundantie-klassen	140	126	102	135
	3.1 positief dominanten + kenm. taxa % abund.	31,5	15,9	25,5	27,4
	3.2 negatief dominanten % abund.	14,3	15,9	26,5	22,9
	3.3 kenmerkende taxa % aantal	14,8	10,7	14,3	14,3

## **B 3 | Bijlage: Lijst waargenomen plantensoorten**

In onderstaande tabel zijn de tijdens de vegetatiekarteringen van 2014 en 2015 waargenomen soorten weergegeven. Het betreft de soorten van alle vegetatietypen, met uitzondering van de pioniervegetatie op zandig substraat. Dit omdat dit vegetatietype voorkomt op een locatie die feitelijk geen deel uitmaakt van het met slib opgehoogde eiland. In de tabel is geen scheiding gemaakt tussen het open en gesloten deel van het eiland, omdat het gesloten deel tijdens de kartering van 2014 om veiligheidsredenen niet betreden is en de lijst in dit deel sowieso onvolledig is. Wilg spec. betreft een groep die bestaat uit ten minste drie verschillende soorten dan wel kruisingen.

Gebruikte bedekkingscodes:

<i>Code</i>	<i>Betekenis</i>	<i>Voorkomen in vlak</i>
s	Sporadic	Zeldzaam
r	Rare	Enkele
o	Occasional	Plaatselijk
f	Frequent	Vrij veel
a	Abundant	Veelvuldig aanwezig
c	Co-dominant	Met andere soort dominerend
d	Dominant	Dominerend

Nederlandse naam	Latijnse naam	Bedekking 2014	Bedekking 2015
Aarvederkruid	Myriophyllum spicatum	f	f
Akkerdistel	Cirsium arvense	o	o
Akkermelkdistel	Sonchus arvensis	-	r
Bezemkruiskruid	Senecio inaequidens	r	r
Blaartrekkende boterbloem	Ranunculus sceleratus	f	o
Bijvoet	Artemisia vulgaris	-	r
Canadese fijnstraal	Conyza canadensis	-	r
Doorgroeid fonteinkruid	Potamogeton perfoliatus	o	o
Duist	Alopecurus myosuroides	s	-
Engels raaigras	Lolium perenne	r	-
Gekroesd fonteinkruid	Potamogeton crispus	r	r
Gekroesde melkdistel	Sonchus asper	r	r
Gewone bereklauw	Heracleum sphondylium	-	r
Gewone melkdistel	Sonchus oleraceus	o	r
Gewoon krulmos	Funaria hygrometrica	o	o
Goudknopje	Cotula coronopifolia	r	-
Goudzuring	Rumex maritimus	f	d
Grauwe wilg	Salix cinerea	s	r
Grote brandnetel	Urtica dioica	r	r
Grote lisdodde	Typha latifolia	r	o
Harig knopkruid	Galinsoga quadriradiata	-	r
Harig wilgenroosje	Epilobium hirsutum	o	f

Nederlandse naam	Latijnse naam	Bedekking 2014	Bedekking 2015
Heelblaadjes	Pullicaria dysenterica	-	s
Heen	Bolboschoenus maritimus	-	r
Herderstasje	Capsella bursa-pastoris	-	r
Kaal knopkruid	Galinsoga parviflora	-	r
Kamille (G)	Matricaria species	f	f
Kantige basterdwederik s.l.	Epilobium tetragonum	r	o
Klein hoefblad	Tussilago farfara	o	f
Klein kruiskruid	Senecio vulgaris	f	o
Kleine brandnetel	Urtica urens	-	r
Koninginnekruid	Eupatorium cannabinum	-	s
Kropaar	Dactylis glomerata	-	r
Krulzuring	Rumex crispus	-	r
Langbaardgras	Vulpia myuros	-	s
Mattenbies	Schoenoplexus lacustris	-	s
Melganzenvoet	Chenopodium album	s	o
Moerasandijvie	Tephrosieris palustris	f	f
Moerasmelkdistel	Sonchus palustris	s	-
Muurpeper	Sedum acre	s	r
Moeraszuring	Rumex palustris	-	a
Paardenbloem	Taraxacum officinale	s	-
Parapluitjesmos (G)	Marchantia species	s	-
Perzikkruid	Persicaria maculosa	-	o
Ratelpopulier	Populus tremula	-	r
Riet	Phragmites australis	o	r
Rode ganzenvoet	Chenopodium rubrum	r	r
Rode waterereprijs	Veronica catenata	r	r
Ruw beemdgras	Poa trivialis	r	r
Schietwilg	Salix alba	o	o
Schijfkamille	Matricaria discoidea	-	r
Smalle waterpest	Elodea nuttallii	r	-
Speerdistel	Cirsium vulgare	r	-
Spiesmelde	Atriplex prostrata	o	a



Nederlandse naam	Latijnse naam	Bedekking 2014	Bedekking 2015
Straatgras	<i>Poa annua</i>	o	r
Tandzaad (G)	<i>Bidens species</i>	s	o
Tenger fonteinkruid	<i>Potamogeton pusillus</i>	r	-
Teunisbloem (G)	<i>Oenothera species</i>	s	-
Uitstaande melde	<i>Atriplex patula</i>	o	f
Varkensgras	<i>Polygonum aviculare</i>	-	o
Viltige basterdwederik	<i>Epilobium parviflorum</i>	r	r
Vogelmuur	<i>Stellaria media</i>	r	s
Watertorkruid	<i>Oenanthe aquatica</i>	s	r
Waterzuring	<i>Rumex hydrolapathum</i>	r	r
Wilg (G)	<i>Salix species</i>	o	o
Witte krodde	<i>Thlaspi arvense</i>	-	o
Wolfspoot	<i>Lycopus europaeus</i>	r	o
Zegroene rus	<i>Juncus inflexus</i>	-	s
Zilvermos	<i>Bryum argenteum</i>	o	f
Zulte	<i>Aster tripolium</i>	r	f



## Colofon

### Opdrachtgever

Aannemersbedrijf Fa. Gebr. van der Lee

### Contactpersoon

Mevr. L. de Graaf

### Uitgevoerd door

Buro Bakker adviesburo voor ecologie

Weiersloop 9

Postbus 10034 | 9400 CA Assen

T 0592 - 313389 | [info@burobakker.nl](mailto:info@burobakker.nl)

[www.burobakker.nl](http://www.burobakker.nl)

### Projectleiding

Ir. M.S. van Kerkvoorde

### Rapportage

Ing. H. Steendam en ing. J.R. Offereins

### Veldwerk

Ing. H. Steendam en ing. J.R. Offereins

### Tekenwerk en GIS

Ing. H.A. Dijkhuizen

© Buro Bakker adviesburo voor ecologie  
Gebruik en overname van gegevens alleen  
toegestaan met volledige bronvermelding.

### Wijze van citeren

Buro Bakker (2015); Ecologische monitoring Markermeereiland. Rapport P12281, Assen.

Foto's: Rudy Offereins, Buro Bakker



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,500 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

### **Our connections**

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

### **Memberships**

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.