

FLEXIBEL PEIL, VAN DENKEN NAAR DOEN

FLEXPEIL - GEOTECHNISCHE EFFECTEN



BIJLAGE

2012
41

Flexpeil - geotechnische effecten

ir. J.C. Landwehr
ir. P. Lubking

1202707-002

Titel
Flexpeil - geotechnische effecten

Opdrachtgever Agentschap NL IP-KRW	Project 1202707-002	Kenmerk 1202707-002-BGS-0008- jvm	Pagina's 127
--	-------------------------------	--	------------------------




Trefwoorden

Flexibel waterbeheer, grondwater, effecten, maaiveld­daling, bodemdaling, veenoxidatie, houten palen, paalfunderingen

Samenvatting

Met flexibel peilbeheer worden positieve effecten beoogd m.b.t. waterkwaliteit, natuurontwikkeling, minder inlaat en uitlaat in poldergebieden. Om een beeld te krijgen van de negatieve geotechnische effecten (o.a. maaiveld­daling, funderingen) is een deelstudie uitgevoerd voor deze onderwerpen.

De effecten met de nu voorgestelde instelling van waterpeilen zijn nihil en beheersbaar. Aangegeven is welke aspecten belangrijk zijn en is inzicht gegeven in wanneer significante effecten te verwachten zijn.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	nov., 2012	ir. J.C. Landwehr ir. P. Lubking		ir. J.J. van Meerten		dr. H.F. Passier dr.ir. A.G. Segeren	

Status
definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond project	1
1.2	Aandachtsgebieden GEO	2
1.3	Project deliverables	4
1.4	Leeswijzer	4
2	Systeemanalyse Muyevelde	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Grondbeschrijving	7
2.2.1	Geologische historie	7
2.2.2	Bodemopbouw	7
2.3	Maaiveldhoogtes	11
2.4	Bestaand peilbeheer en toekomstig peilbeheer	12
2.5	Wegen	14
2.6	Gegevens woningen en gebouwen	14
2.6.1	Mechanisme	14
2.6.2	Fundering op staal	15
2.6.3	Fundering op palen	16
2.6.4	Analyse beschikbare informatie	17
2.7	Waterkeringen	22
2.7.1	Dwarsprofiel	23
2.7.2	Bodemopbouw	23
2.7.3	Sterkteparameters	24
3	Systeemanalyse Ronde Hoep / Middelpolder	25
3.1	Inleiding	25
3.2	Grondbeschrijving	25
3.2.1	Geologische historie	25
3.2.2	Grondopbouw	26
3.3	Grondwaterstand en stijghoogte	30
3.4	Maaivelddaling	30
3.5	Waterpeilen	31
4	Monitoringsplan	33
4.1	Aanpak	33
4.2	Doel van de monitoring	34
4.3	Te monitoren gebeurtenissen	35
4.3.1	Analyse systeem	35
4.3.2	Keuze wel/niet monitoren	38
4.3.3	Vaststellen te monitoren parameters	45
4.3.4	Meetnauwkeurigheid en meetfrequentie	46
4.3.5	In aanmerking komende monitoringstechnieken	46
4.4	Meetlocaties grondwaterstand Muyevelde t.b.v. constructies	49
4.5	Meetlocaties grondwaterstand t.b.v. waterkeringen	55
4.6	Meetlocatie maaiveldzakking Ronde Hoep en Middelpolder	60
4.6.1	Aanpak	60
4.6.2	Opzet meting	62

4.6.3	Meetstrategie	63
4.6.4	Locatiegegevens	66
4.7	Overige monitoring waarvan de noodzaak later kan worden vastgesteld.	67
5	Effecten bebouwing Muyevelt	71
5.1	Aanpak	71
5.2	Inschatting effect	72
5.2.1	Zettingstheorie	72
5.2.2	Grensspanning (historische bereikte spanning)	72
5.2.3	Aanname grondwaterstandsverlaging	73
5.2.4	Verwachte zetting	73
5.2.5	Fundering op betonpalen of stalen palen	74
5.2.6	Fundering op houten palen	75
5.2.7	Funderingen op staal	78
5.3	Conclusies	81
5.4	Algemene aanbevelingen voor effecten op funderingen	82
5.4.1	Informatie-inwinning over aanwezige funderingstypen.	82
5.4.2	Hoe nadelige effecten voorkomen/reduceren	82
6	Effect Waterkeringen	85
6.1	Aanpak	85
6.2	Peilverandering	85
6.3	Inschatting effect	85
6.3.1	Grondopbouw en doorsnede waterkering	85
6.3.2	Grondwaterstanden	86
6.3.3	Beoordeling mechanismen	90
6.4	Conclusies	91
7	Effecten maaiveld zakking Ronde Hoep / Middelpolder	93
7.1	Aanpak	93
7.2	Maatregel peilverandering	94
7.3	Effect grondwaterstand	95
7.4	Inschatting effect	95
7.4.1	Zettingstheorie	96
7.4.2	Veenoxidatie	96
7.5	Grondopbouw en parameters	98
7.6	Resultaat voorspelling maaiveldzakking	103
7.7	Conclusies	105
7.8	Resultaat metingen	106
7.9	Conclusies Maaiveldzakking	107
8	Vertaling conclusies naar overige flexpeilgebieden	111
9	Referenties	115

Bijlage(n)

A Representatieve sonderingen en boringen Muyevelde	A-1
B Resultaat boringen en peilbuizen Fugro Geoservices	B-1
C Maaiveldzakkingsmetingen Ronde Hoep en Middelpolder	C-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond project

Voor het behalen van ecologische doelstellingen (KRW doelen) wordt verondersteld dat flexibel peilbeheer een krachtige en kosten-effectieve maatregel is via een brongerichte aanpak de onnatuurlijke inrichting (vaste peilen met veel inlaat van water met vaak slechte kwaliteit) op te heffen. Bovendien wordt flexibel peilbeheer gezien als het middel om natuurvriendelijke oevers optimaal te laten ontwikkelen.

Flexibel peilbeheer wordt weinig toegepast vanwege de onzekerheden over de toepasbaarheid op specifieke locaties, m.n. veengebieden. Het gebrek aan goede voorbeelden leidt tot maatschappelijke weerstand. Er zijn kennisleemtes betreffende de relatie tussen flexibel peilbeheer en effecten op vegetatie en fauna, maaiveld dalingen enz. en welke optimale range er nodig is van flexibel peil om voldoende effect te hebben op de KRW meetlat.

Flexipeil beoogt flexibel peilbeheer op peilvakkniveau te demonstreren als kosten efficiënte maatregel op verschillende locaties in het gebied van Waterschap AGV. De locaties variëren van gebieden die volledig als natuur zijn ingericht tot gebieden die tevens een recreatieve en/of agrarische functie hebben. In sommige gebieden staan tevens woningen.

Het project heeft de volgende doelen (waarbij dikgedrukt de voor GEO van belang zijnde doelen):

1. Het uitvoeren van maatregelen die flexibel peil mogelijk maken over een gezamenlijk oppervlak van 3414 hectare.
2. Het implementeren van monitoring om de ecologische en bio-geochemische reacties van het watersysteem op deze vorm van beheer overdraagbaar te beschrijven.
3. Het kwantificeren van effecten op de KRW maatlaten.
4. **Het kwantificeren van effecten op recreatie, funderingen van woningen en agrarisch gebruik.**
5. Het behalen van een toename van minimaal 0,1 op de EKR (Ecologisch Kwaliteits Ratio) schaal.

En daarnaast:

1. **Inzicht in welke peilrange welke effecten oplevert.**
2. Inzicht of er een gecombineerd effect is van flexibel peilbeheer en vraat door o.a. ganzen op de ontwikkeling van (natuurvriendelijke) oevers.
3. Inzicht in de kosteneffectiviteit.
4. Inzicht in eventuele bijwerkingen en hoe we die moeten voorkomen/mitigeren.
5. Inzicht hoe we het maatschappelijk draagvlak voor flexibel peilbeheer kunnen vergroten.
6. Inzicht in wat natuurlijk peilbeheer kan opleveren aan behalen KRW doelen.
7. Inzicht in het effect van flexibel peilbeheer op het verminderen van fosfaat en sulfaatbelasting.
8. Inzicht in het effect van flexibel peilbeheer op de inlaat van gebiedsvreemd water.
9. Inzicht in het effect van flexibel peilbeheer in de ecologische en chemische toestand van oppervlaktewater.
10. Inzicht in bijdrage flexibel peilbeheer aan gewenste herkomst samenstelling van oppervlaktewater op verschillende schaalniveaus (beheergebied, waterlichaam, lokaal)

de rekenregels die hiervoor nodig zijn worden ingebouwd in de KRW-Verkenner, de gebieden worden als testcase gebruikt.

11. **Inzicht in mogelijk ongewenste neveneffecten van flexibel peilbeheer en mitigatiemogelijkheden.**
12. Inzicht hoe boeren gecompenseerd kunnen worden voor gevolgen van flexibel peilbeheer met als uitgangspunt GGOR methode; verkennen van mogelijkheid tot uitbreiding van groen-blauwe diensten door boeren.
13. Ecologische rekenregels, waarmee de effectiviteit van flexibel peilbeheer op de KRW-maatlatten berekend kan worden. Deze rekenregels zijn geschikt voor inbouw in de KRW-Verkenner, waardoor andere waterbeheerders ook van deze kennis gebruik kunnen maken.

Twee belangrijke randvoorwaarden, die de mogelijkheden om tot een goede evaluatie te komen kunnen beperken, zijn:

- De peilgebieden waar een flexibel peil wordt ingesteld zijn reeds vastgesteld door Waternet en worden in verschillende fasen ingericht. Sommige gebieden hebben al een flexibel peil, andere zijn in uitvoering en weer andere worden in de loop van het project ingericht. Het meten van de nul-situatie - vóór instellen van het flexibel peil - is veelal slechts beperkt mogelijk
- De gebieden verschillen onderling voor wat betreft hun (regionale) grondwatersystemen.
- De looptijd van het project is beperkt, waardoor alleen effecten die in een kort tijdsbestek tot uitdrukking komen vastgelegd en geïnterpreteerd kunnen worden.

Het project Flexpeil wordt uitgevoerd door een consortium met o.a. Deltares, NIOO en B-Ware, Waternet is penvoerder. Kennis wordt uitgewisseld via Watermozaik en komt beschikbaar voor andere waterschappen.

1.2 Aandachtsgebieden GEO

De flexpeilgebieden in Tabel 1.1 zitten in het aandachtsgebied van GEO. Het gaat hierbij om zakkings van constructies door maaiveldzakkings of zettingen en om de zakking en stabiliteit van waterkeringen. De tabel is een selectie van een uitgebreidere tabel zoals opgenomen in het projectplan. In de tabel is aangegeven welke maatregelen per gebied genomen worden en welke speciale aandachtspunten destijds per gebied onderkend zijn.

Gebied	Type	Specifieke maatregel	Speciale aandachtspunten
Botshol	Natuur	Ophogen waterkering Defosfateren in de winter	Defosfateren in de winter; Waterkwaliteitsverschil (sulfaat) inlaat water tussen winter en zomer; Grondwaterstanden op legakkers en blauwgraslanden (Natura 2000); Steile oevers
Polder Muyevelt (Loosdrechtse plassen, Vuntus, Zodden, Breukeleveense Plas en Tienhovense plassen)	Recreatie en natuur	Ophogen waterkering Verdiepen kunstwerken in de vaarverbindingen Communicatie middelen ontwikkelen; Water aan- en afvoer via nedereindse Vaart naar Molenpolder en Westbroekse zodden	Funderingen van woningen Communicatie naar belanghebbenden. Conflict met bevaarbaarheid van de plassen daarom instanties die verantwoordelijk zijn voor de Bevaarbaarheid van de plassen activeren.
Middelpolder	Natuur, verpacht voor agrarisch gebruik	Nieuwe hoofdwatgang, dammen, Nieuwe inlaat, Stuwen Oevers verflauwen.	Maaiveld daling grondwaterstand (3 m peilverschil tussen bovenland en droogmakerij) Fosfaat-flux; Weidevogels
Ronde Hoep	natuur (al FP ingesteld)	Baggeren, NVO's	Baggeren, NVO's, maaiveld daling

Tabel 1.1 De uit het projectplan geselecteerde onderzoeksgebieden waarbij geotechnische onderwerpen genoemd zijn

Er is gekozen om voor een specifiek geotechnische effect te focussen op een flexpeilgebied dat voor deze problematiek representatief is en vanwege de aanwezige informatie meer in aanmerking komt dan andere gebieden.

Met betrekking tot funderingen van woningen, en waterkeringen, is de focus gelegd op het gebied Muyevelt. Het gebied is gekozen omdat hier een groot aantal constructies, zoals woningen, staan. Bovendien is in dit gebied informatie bekend over welke funderingstypen voorkomen. In overige gebieden staan beduidend minder woningen. Ook voor de waterkering is hier informatie beschikbaar waardoor deze locatie op voorhand het meest geschikt is.

In polder Ronde Hoep (en in geringe mate Middelpolder) is bodemdaling onderzocht, omdat hier veel veen aanwezig is. Bovendien zijn hier geen versturende toplagen aanwezig.

1.3 Project deliverables

De uitvoering van het project en evaluatie van de maatregelen is in het projectplan als volgt in eindproducten uitgewerkt.

1. **Monitoringsprogramma en nulmeting**
Vastleggen van de uitgangssituatie waarbij zowel de nulsituatie van de relevante parameters als de huidige situatie voor woningen, agrarisch gebruik en recreatief gebruik worden vastgelegd.
2. **Gedetailleerd maatregeloverzicht/bestek per locatie**
Detaillering van de benodigde maatregelen per locatie/gebied.
3. **Aangepaste waterhuishoudige situatie voor instellen van flexibel peilbeheer**
Uitvoering van de aangegeven maatregelen.
4. **Monitoringsrapport over effecten van flexibel peilbeheer per locatie**
De monitoring uit het monitoringsprogramma wordt uitgevoerd. Voor die gebieden waar maatregelen worden getroffen kunnen de effecten worden gemeten en gelegd worden naast de nulmeting. Tevens worden de meetresultaten gelegd naast voorspelde waarden.
5. **Evaluatierapport maatregelen**
Op basis van de meetresultaten zal de effectiviteit van maatregelen worden bepaald. Op basis van het behalen van KRW elementen kan tevens de kostenefficiëntie worden afgeleid. Tevens wordt inzichtelijk gemaakt welke processen verantwoordelijk zijn voor de verandering in samenstelling.
6. **Disseminatie projectresultaten**
De kennisontwikkeling moet brede toepasbaarheid in Nederland mogelijk maken, met speciale aandacht voor toepasbaar maken in operationeel waterbeheer.

De onderhavige rapportage past in de hiervoor genoemde deliverables en is het technische deelrapport van het deelproject GEO. Tussenresultaten en eindconclusies zijn al uitgedragen via presentaties en bijdragen aan andere rapportages en uitingen. De rapportage is de onderbouwing van de in het hoofdrapport samengevatte conclusies.

Bij de vertaling naar een monitoringsprogramma zijn de volgende voor het deelproject GEO van belang zijnde onderwerpen in het projectplan genoemd:

- Meten van effecten van maaiveldaling (metingen maaiveldhoogte 2x per jaar); alleen relevant in gebieden met veel veen.
- Monitoring van grondwaterstanden (raaien over percelen, raaien vanuit de oever).
- Kwantificeren van effect op o.a. kwaliteit oeverbescherming en op funderingen van huizen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstukken 2 en 3 wordt de beschikbare informatie verzameld van de focusgebieden Muyevelde en Ronde Hoep. De informatie zal waar nodig worden geanalyseerd om als input te dienen voor het monitoringsplan en de effect bepaling.

In hoofdstuk 4 wordt uiteengezet hoe het monitoringsplan tot stand gekomen is en welke monitoring is uitgevoerd in het project.

In hoofdstukken 5, 6 en 7 worden de effecten op resp. bebouwing (funderingen), waterkeringen en bodemdaling beschouwd.

In hoofdstuk 8 worden de conclusies vertaald naar de overige flexpeilgebieden.

Hoofdstuk 9 bevat een lijst met referenties die voor deze studie belangrijk zijn geweest.

2 Systeemanalyse Muyevelde

2.1 Inleiding

Het doel van deze systeemanalyse is een beschrijving te geven van de situatie op het gebied van geotechnische aspecten, om inzicht te krijgen in de factoren die invloed hebben op, of veranderd worden door, de voorgestelde peilverandering en de wijze waarop en mate waarin deze invloed en verandering plaatsvindt.

Muyevelde betreft het gebied Loosdrechtse plassen, Vuntus, Zodden, Breukeleveense Plas en Tienhovense plassen. Naast het plassengebied is hier ook een woonkern en zijn er woningen langs lange 'dijken' (plassenscheidende wegen) tussen de plassen. Aan de zuidzijde van het gebied is een (tertiaire) waterkering. Aan de andere zijde van deze kering ligt de oostelijke binnepolder van Tienhoven.

2.2 Grondbeschrijving

2.2.1 Geologische historie

Het gebied tussen de rivier de Vecht en de Utrechtse heuvelrug was een moerasgebied. Het gebied kenmerkt zich door de overgang van de gestuwde zandige afzettingen van de laatste IJstijd aan de oostzijde en de Holocene veengebieden aan de westzijde daarvan. Deze afzettingen liggen op zandige Pleistocene afzettingen van voor de laatste ijstijd. Langs de Vecht komen ook Holocene kleien (rivierafzettingen) voor.

Omdat het gebied eerst te drassig was voor agrarische doeleinden werden, t.b.v. de ontwatering, sloten naar de Vecht en de Drecht gegraven. Die sloten naar de Drecht werden gegraven naar de oorsprong van dit riviertje, waardoor een stervormige verkaveling ontstond: het "Stergebied". Om dit gebied werd een dijk gelegd, de nu nog bestaande Oud- en Nieuw Loosdrechtsedijk en ook enkele dijken binnen het gebied, die echter alle verdwenen zijn.

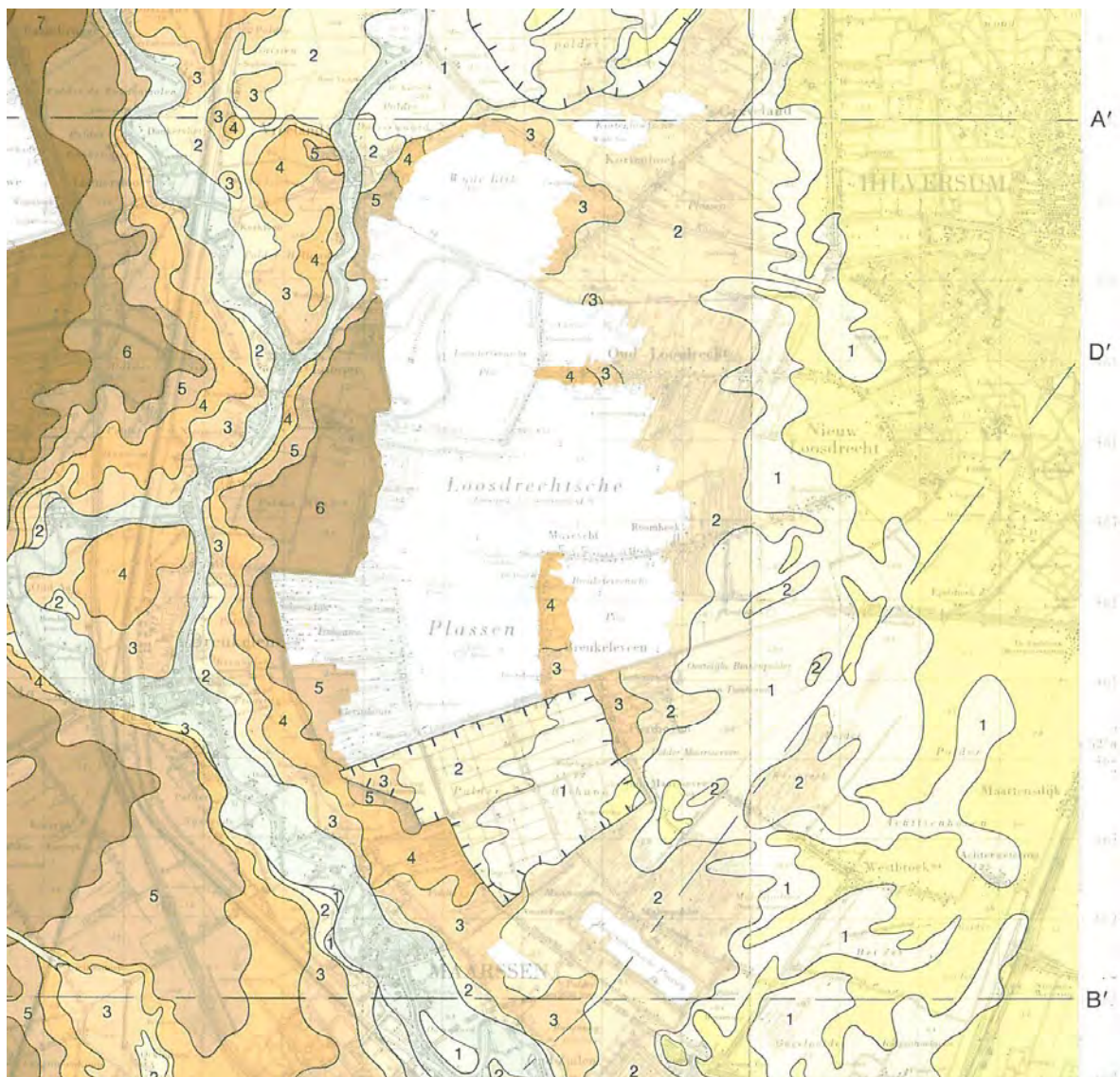
Het drooggevalen gebied werd aanvankelijk als weidegrond gebruikt. De grond was voornamelijk laagveen, dat in de 16e eeuw werd afgestoken en verwerkt tot turf. In de 17^e en 18^e eeuw ging men ook beneden het grondwater veen baggeren (natte vervening), daar waar voldoende veen aanwezig was.

Er ontstonden met water gevulde trekgraten tussen de legakkers. De turfwinning vond grootschalig plaats. De smalle legakkers werden weggegraven of ze werden bij stormweer door de golfslag weggeslagen en geleidelijk groeiden de plassen tot de huidige omvang, de thans als recreatiegebied bekende Loosdrechtse plassen. Hetzelfde geldt voor Vuntus, Breukeleveense plas en Tienhovense plas. Hier en der zijn de patronen van trekgraten en legakkers nog bewaard gebleven.

2.2.2 Bodemopbouw

In Figuur 2.1 (bron: RGD Geologische kaart Utrecht Oost) is de dikte van de holocene veenlagen weergegeven (in meter).

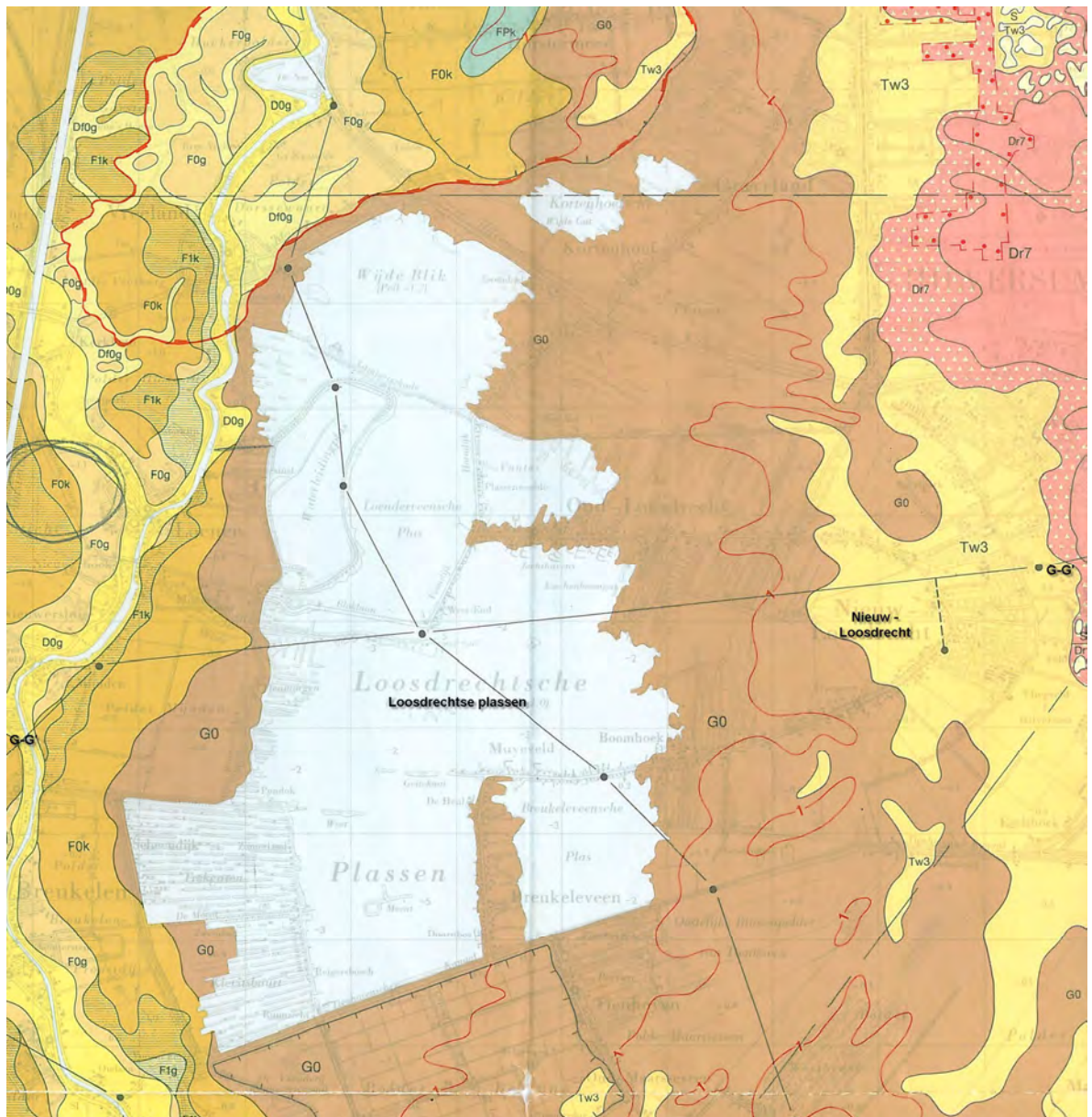
In het midden zijn de Loosdrechtse Plassen en rechts van het midden de stervorm van Nieuw-Loosdrecht zichtbaar. Aan de linkerkant is van onder naar boven het stroomgebied van de Vecht te zien.



Figuur 2.1 Gesommeerde veendikte Loosdrecht (m)

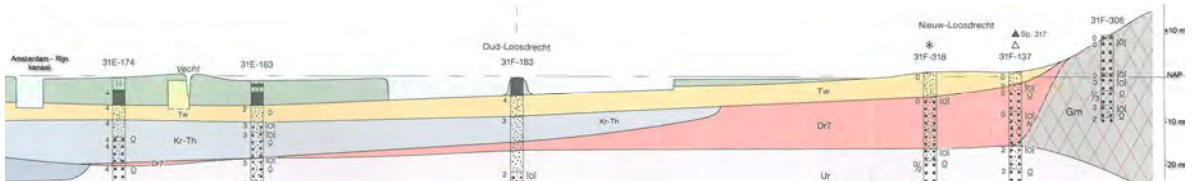
In het beschouwde gebied wordt vanaf maaiveld doorgaans veen (Hollandveen) aangetroffen. Onder het veen wordt pleistoceen zand aangetroffen, waarvan de eerste meters fijn zand kan zijn (fijne sedimenten en/of windafzettingen). Daaronder komen smeltwaterafzettingen en rivierafzettingen voor die grof zand kunnen bevatten. In het oosten van het gebied, nabij de woonkern van Nieuw-Loosdrecht komt het zand aan de oppervlakte. Richting het westen neemt de dikte van het holocene veenpakket toe tot circa 6 m nabij de Kievitsbuurt en Loenderveen Oost.

In Figuur 2.2 is de geologische kaart weergegeven van het gebied, met daarin aangegeven de belangrijkste holocene afzettingen. Daarin is te zien dat vrijwel het hele gebied van Muyevelde ligt binnen de afzetting G0, ofwel Hollandveen op de pleistocene zandlaag. In het midden zijn de Loosdrechtsche Plassen duidelijk zichtbaar. Tevens is de positie van geologisch profiel G-G' zichtbaar. Dit profiel is in Figuur 2.3 weergegeven.



Figuur 2.2 Geologische kaart met locatie profiel G-G'

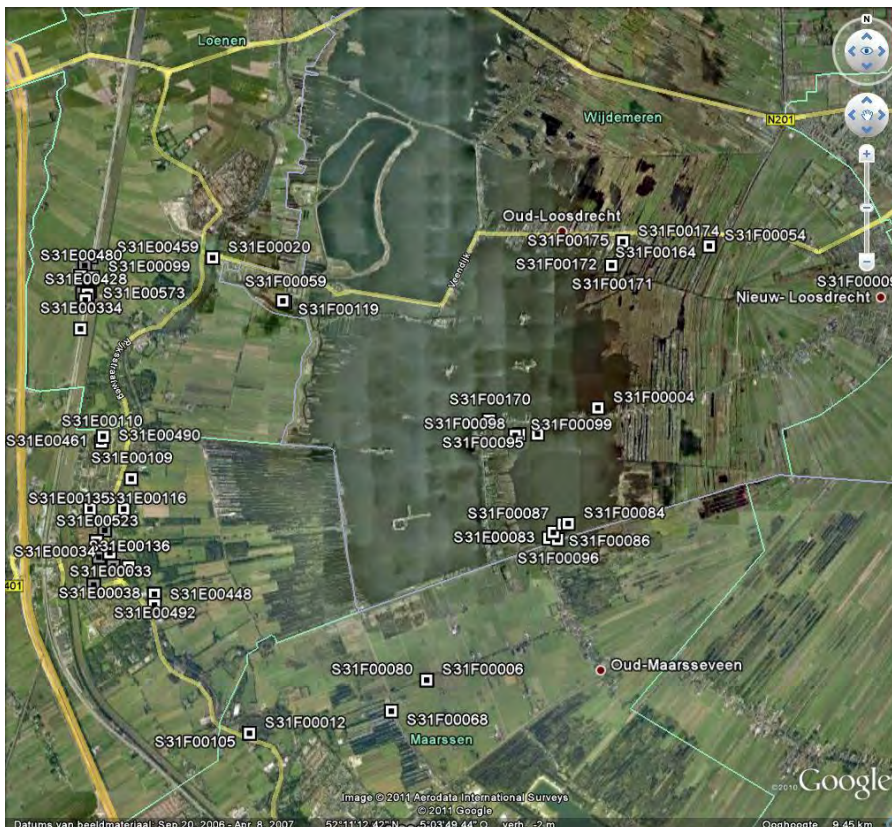
In Figuur 2.3 is een geologisch dwarsprofiel over de Loosdrechtse plassen weergegeven. In het profiel zijn de karakteristieke afzettingen in de eerste 25 m diepte zichtbaar. Aan de rechterzijde liggen de gestuwde afzettingen net oostelijk van Nieuw – Loosdrecht. Aan de linkerkzijde zijn de Vecht en het Amsterdam-Rijnkanaal zichtbaar. In het midden zijn de Loosdrechtse Plassen te zien.



Figuur 2.3 Geologisch Profiel Loosdrechtse Plassen G-G'

Uit Figuur 2.3 is duidelijk te zien hoe de groengekleurde Holocene klei/veen afzettingen van oost naar west (rechts naar links) in dikte toenemen. De overige gekleurde afzettingen betreffen allen zandafzettingen, zoals eerder genoemd. In het gebied is er een kwel vanuit de zandige lagen en horizontale instroming van het grondwater vanuit oostelijke richting.

Om een indruk te krijgen van de sterkte van de aangetroffen grondlagen, zijn via Dinoloket (www.dinoloket.nl) sonderingen opgevraagd. In Figuur 2.4 zijn de sondeerlocaties aangegeven op een plattegrond (GoogleEarth). In bijlage A zijn enkele afdrucken van representatieve sonderingen opgenomen. Uit deze sonderingen blijkt dat de veenlagen zeer slap zijn.



Figuur 2.4 Locaties sonderingen

Voor het door Witteveen en Bos uitgevoerde onderzoek naar de effecten op bebouwing als gevolg van een peilverandering in de Loenderveense plas zijn boringen uitgevoerd in de Loenderveense plas en in de Horndijk en de Veendijk in het noordoosten van het gebied Muyevelt. De gegevens zijn vermeld in bijlage B.

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat op de wegen door het plassengebied de holocene veenlagen zijn verdwenen en vrijwel uitsluitend zand (van fijn tot grof) wordt aangetroffen. Bij locatie Veendijk 7 is een boring waarbij de holocene laag wel aanwezig is en bestaat uit voornamelijk veen (tot MV – 4 m) doorsneden door een 0,5 m dikke kleihoudende zandlaag. Deze boring is vermoedelijk tussen de weg en de Loosdrechtse plas uitgevoerd.

In het eerder uitgevoerde onderzoek naar de effecten op de woningen in Loosdrecht is gekozen voor de in Tabel 2.1 genoemde grondparameters. Deze grondparameters zijn bepaald op basis van laboratoriumonderzoek uit het archief van Deltares.

Laag	Nat volumegewicht γ_n [kN/m ³]	Primaire samendrukkingscoëfficiënt C_p	Secundaire samendrukkingscoëfficiënt C_s
Zand (toplaag)	20	600	10000
Klei	14	7	80
Veen	11	10	40
Zand (pleistoceen)	20	600	10000

Tabel 2.1 Geschatte representatieve grondparameters Muyevelt

2.3 Maaiveldhoogtes

Het maaiveld niveau varieert in het gebied zoals o.a. blijkt uit de sonderingen. Het maaiveldniveau op diverse locaties is weergegeven in Tabel 2.2.

Locatie	MV hoogte [m t.o.v. NAP]	sondering (bijlage A)	dikte holocene slappe laag [m]
Oostzijde plassen			
• Nieuw Loosdrecht	+1,19	S31F00176	0
Noordzijde plassen			
• Oud-Loosdrechtse dijk (nabij De vaartbrug recreatiehaven, huisnr. 79); 100 m in polder	-0,63 -0,5	S31F00054 S31F00164	1,2
• Oud-Loosdrechtse dijk (nabij De Kreek, jachthaven 't Anker, huisnr. 130); 100 m in polder	-0,36	S31F00174	1,2
• Oud-Loosdrechtse dijk (nabij De Kreek, jachthaven 't Anker, huisnr. 130); 450 m in polder	-0,34	S31F00170	1,2
Zuidzijde plassen			
• Nieuw-Loosdrechtse dijk (nabij huisnr. 291)	-0,37	S31F00004	2,5
• Nieuw-Loosdrechtse dijk (nabij huisnr. 291 (waterbodem?))	-2,6	S31F00095	1,3
• Nieuw-Loosdrechtse (dijk nabij hoek met Herenweg)	-0,56	S31F00179	3,2
• Nieuweweg / Tienhovense plassen	-0,3	S31F00096	2,7

Tabel 2.2 Maaiveldniveau Muyevelde

Het wegniveau ligt vaak iets hoger dan het omringende maaiveld. Richting Nieuw-Loosdrecht (sterg gebied) gaat het maaiveld verder omhoog omdat hier zandgronden aanwezig zijn.

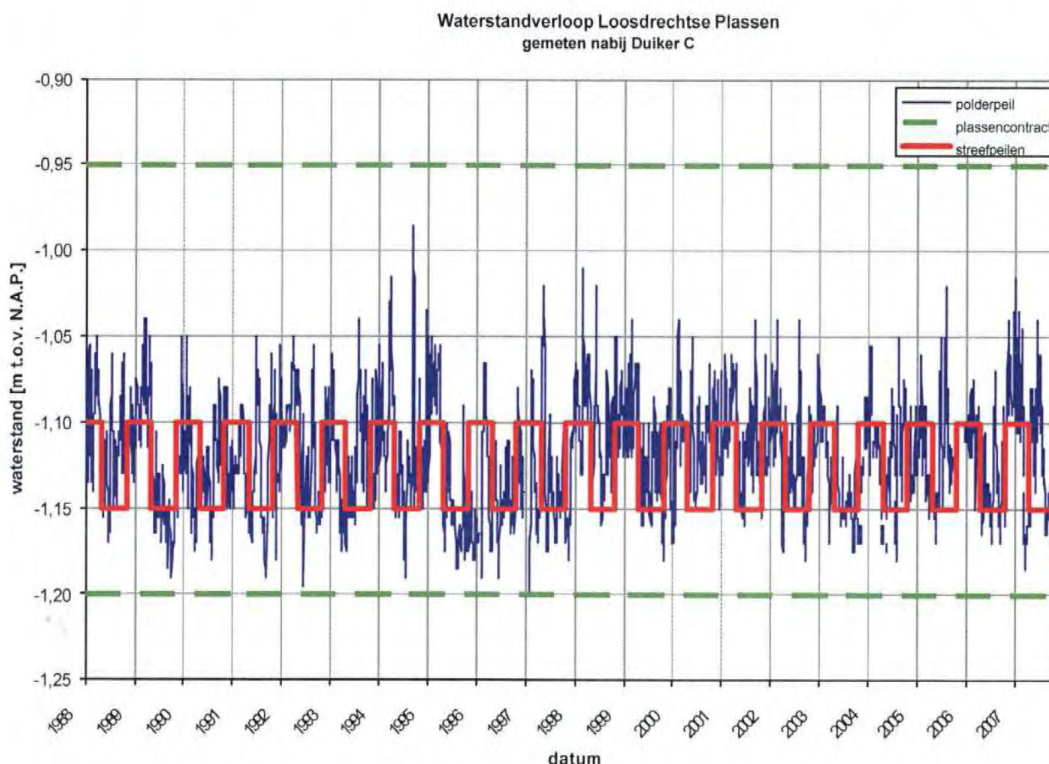
2.4 Bestaand peilbeheer en toekomstig peilbeheer

Op basis van beschikbare documenten zijn de beoogde waterpeilen en enkele historische gegevens vastgesteld. De resultaten zijn in Tabel 2.3 weergegeven.

jaar	ZomerPeil	WinterPeil	Peilgrenzen		Opmerking
			max	min	
< 1963					geen gegevens
1963			-0,90	-1,15	plassencontract
1966			-0,95	-1,20	aanhangsel plassencontract
onbekend jaartal, vermoedelijk 1988	-1,15	-1,10			streefpeil aanpassing ivm opkomende recreatie
tot 2011			-1,06	-1,18	praktische invulling van streefpeil (gemeten variatie in peilen)
vanaf okt 2011			-1,05	-1,18	flexpeil
vanaf 2013			-1,05	-1,20	flexpeil

Tabel 2.3 Waterpeilen Muyevelde in m t.o.v. NAP

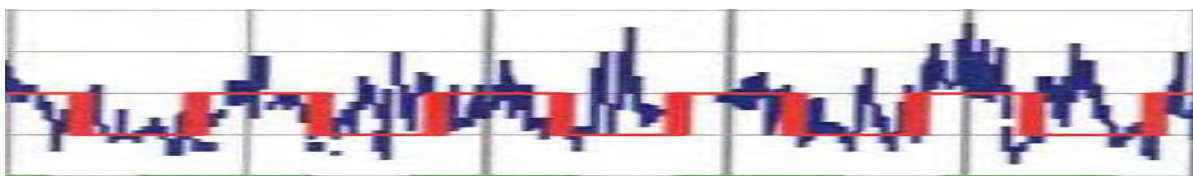
In Figuur 2.5 zijn geregistreerde waterhoogtes nabij duiker C in het gebied van de Loosdrechtse Plassen weergegeven van de periode 1988 t/m 2007.



Figuur 2.5 Geregistreerde waterhoogtes van 1988 t/m 2007

In Figuur 2.6 is ingezoomd op de laatste 5 jaar van de in Figuur 2.5 gegeven grafiek. Uit de figuur blijkt dat het peil in de winter veelal hoog staat en in de zomer veelal laag. In de lente (maart) begint het peil te dalen, in de herfst gaat het peil stijgen. Duidelijk is te zien dat er meer wisselingen zijn. Zo is te zien dat in de zomermaanden het peil soms heel hoog wordt en er in de winter ook hogere peilen dan het maximum zijn. Dit heeft hoofdzakelijk te maken

met weersinvloeden (neerslag/verdamping). Mogelijk speelt de onnauwkeurigheid met de inlaat of uitlaat van water in het gebied ook een (kleinere) rol.



Figuur 2.6 Geregistreerde waterhoogtes (tussen NAP -1,00 en -1,20) ingezoomd op 2003 t/m 2007

2.5 Wegen

Verwacht mag worden dat onder de wegen in dit gebied met een venige holocene toplaag, een zandbaan (cunet) aanwezig is t.b.v. een goede fundatie van de weg (orde minimaal 0,5 m). Gegevens over het ontwerp van de weg zijn niet bekend. In het onderzoek naar de zettingsgevoeligheid rondom de Loenderveense plas is op basis van uitgevoerd grondonderzoek geconstateerd dat bij de Horndijk, de Veendijk en de Bloklaan onder de wegen een grondverbetering (zandige grond) aanwezig is en er geen of nog hooguit slechts 0,5 m veen resteert van de te verwachten 3 à 4 m. hetzelfde is geconstateerd op de Nieuw-Loosrechtse dijk bij het plaatsen van een peilbuis nabij de weg.

2.6 Gegevens woningen en gebouwen

2.6.1 Mechanisme

Woningen, gebouwen en andere constructies kunnen negatief beïnvloed worden door peilveranderingen.

Peilveranderingen leiden tot andere waterspanningen in de grond, hetzij via freatisch grondwater, hetzij via de stijghoogte in de diepere, veelal zandige lagen. Een verhoging van de waterspanning leidt tot een verlaging van de korrelspanning (effectieve spanning) en andersom. Een verhoging van de korrelspanning leidt tot samendrukking van de ondergrond (zetting). De grootte ervan is afhankelijk van de eigenschappen van de grond. De samendrukbaarheid van slappe veengrond is groter dan die van stevige klei. Daarnaast is de dikte van de samendrukbare lagen van invloed op de maaiveld daling. Een laag van 10 m dik vertoont bij een zelfde spanningsverhoging meer vervorming dan een laag van 1 m dik (terwijl de rek of samendrukbaarheid hetzelfde is).

Daarnaast kan door een lagere grondwaterstand meer veenoxidatie optreden. Dit is echter alleen bij veengrond en nabij het oppervlak van het maaiveld, en heeft meestal geen effect op funderingen.

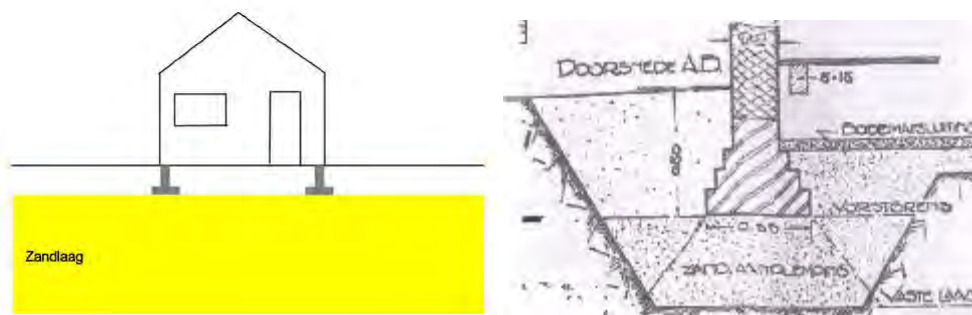
Gebouwen zijn grofweg op twee manieren gefundeerd op de ondergrond:

1. Fundering op staal : de muren, balken of platen liggen direct op de ondergrond, eventueel met grondverbetering van zand.
2. Fundering op palen : de constructie staat op houten of betonnen palen die in een draagkrachtige laag zijn geslagen.

Zetting van de ondergrond kan leiden tot zakkings van een fundering als die op deze grond staat of een extra belasting door zakkende grond langs funderingspalen (kleef). Zakkings en zakkingsverschillen kunnen leiden tot zakkingschade aan de constructie afhankelijk van de staat van de constructie.

2.6.2 Fundering op staal

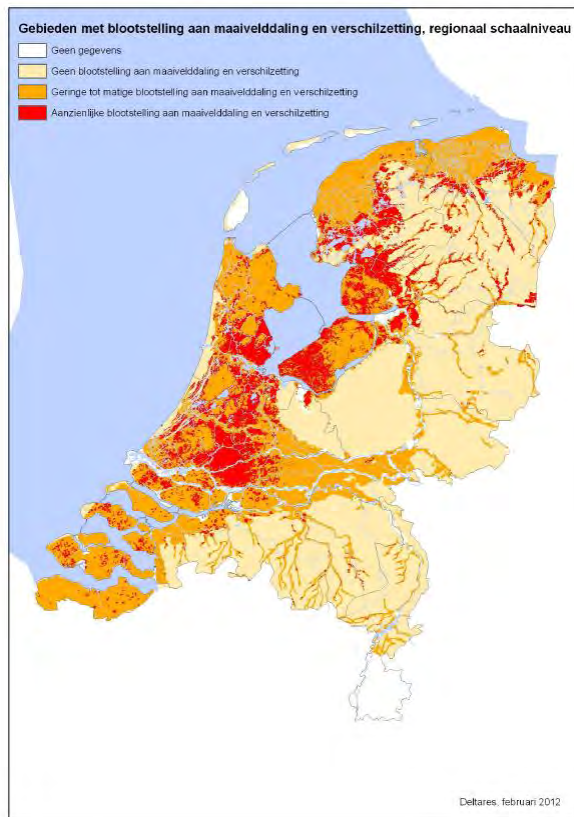
De meest eenvoudige manier van fundering is het gewicht van de constructie direct over te brengen op de ondergrond. Deze methode, een fundering op staal, wordt eigenlijk alleen toegepast als de ondergrond sterk genoeg is (veelal zandgrond) of is gemaakt (grondverbetering). De methode wordt ook gebruikt wanneer de belastingen klein zijn en optredende zakkingen of zakkingsverschillen minder belangrijk zijn, bijvoorbeeld bij schuren of lichte constructies. Bij de aanwezigheid van slappe lagen, zoals klei maar vooral veen, zal een grondverbetering nodig zijn om de kracht naar de ondergrond te kunnen overbrengen zonder te grote zakkingen tijdens de bouw of kort daarna.



Fundering op staal (links direct op zandlaag, rechts op grondverbetering)

In gebied Muyevelde komt deze manier van funderen alleen voor in het oostelijke deel waar het zand hoog ligt en hooguit 1 m veen op het zand ligt.

In Figuur 2.7 [ref.8] zijn gebieden aangegeven waar maaiveld daling bij grondwaterstandsverlagingen wordt verwacht. Het gebied Muyevelde valt in de hoogste klasse.



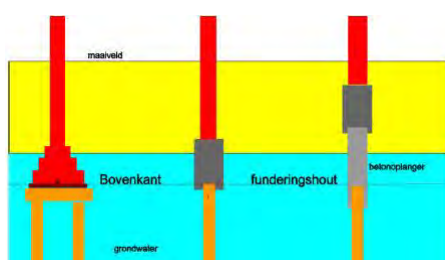
Figuur 2.7 Gebieden in Nederland met blootstelling aan maaivelddaling

2.6.3 Fundering op palen

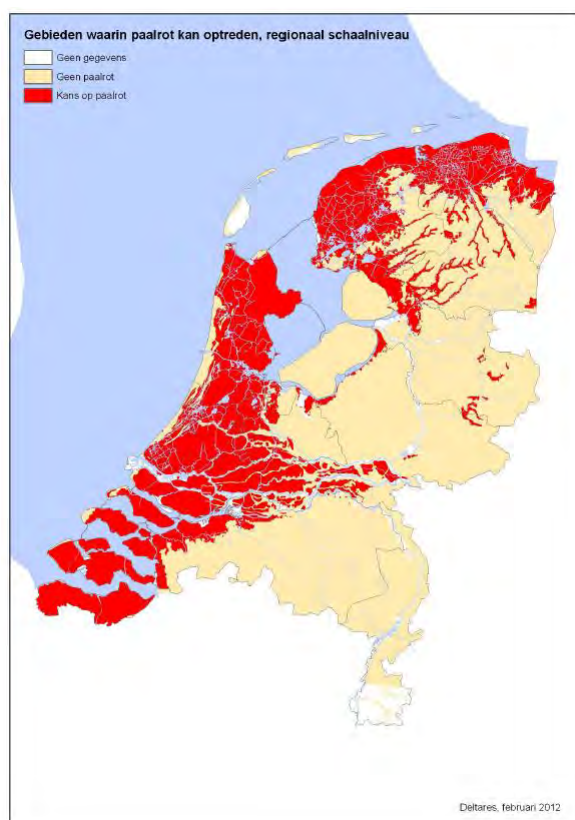
Wanneer de ondergrond niet sterk genoeg is om de belastingen (zonder ontoelaatbare zakkingen of zakkingsverschillen) te kunnen opnemen worden palen toegepast. Hiermee wordt de belasting overgebracht naar de diepere ondergrond, meestal een draagkrachtige zandlaag.

Houten palen worden al honderden jaren toegepast. Buiten de grote steden meestal alleen voor zeer belangrijke gebouwen. Vanaf de 20e eeuw worden ze ook veel in woningbouw toegepast. Voor de kortere lengten (< 8 m) zijn meestal grenen palen toegepast en voor de langere lengten vuren. Dit vertaalt zich meestal in dat in de gebieden met een 'ondiepe' draagkrachtige zandlaag een hoger percentage grenen palen te vinden is in vergelijking met gebieden waar de draagkrachtige laag op grotere diepte ligt.

Houten palen worden onder het grondwater gezet omdat het grondwater de paal beschermt tegen paalrot. Vanaf de jaren 60 in de vorige eeuw werd normatief 20-40 cm aangehouden als de diepte waarop de bovenkant paal onder de grondwaterstand moest staan. Sinds die tijd wordt ook vaak een betonnen opzetter gebruikt om ervoor te zorgen dat de paal voldoende diep onder een gebouw, en onder de laagste grondwaterstand, staat.



In Figuur 2.8 zijn gebieden in Nederland waar paalrot kan optreden bij een dalende grondwaterstand. Het gebied Muyevelde, maar ook alle andere polders binnen het flexpeilgebied, vallen in deze gebieden.



Figuur 2.8 Gebieden in Nederland waar paalrot kan optreden

Na 1945 worden steeds vaker betonnen palen toegepast. Na 1960 worden ze ook veel in woningbouw toegepast.

2.6.4 Analyse beschikbare informatie

In het recente verleden zijn twee onderzoeken bekend waarin analyses zijn uitgevoerd op woningen in het beschouwde gebied.

Het eerste onderzoek betreft een zettingsonderzoek als gevolg van een waterdaling als gevolg van een calamiteit in de Loenderveense plas [ref. 1]. De effecten op zettingen van wegen (grondverbetering aanwezig) en gebouwen (oorspronkelijk veen aanwezig) en mogelijke schade aan gebouwen is in kaart gebracht voor diverse scenario's. De dijk aan de oost- en zuidzijde van Loenderveen Oost grenst aan de Loosdrechtse plassen en is derhalve interessant. De staat en funderingswijze van panden langs het Trekpad, Veendijk en de

aansluitende Oud Loosdrechtse dijk is geïnventariseerd. In bijlage C zijn deze gegevens weergegeven. De achterliggende methodiek is daarbij zeer rechtlijnig geweest. Met een hydrologisch model zijn stijghoogteverlagingen bepaald in de omgeving van de Loenderveense plas als gevolg van een open water peil verlaging. Bij een pand is de freatische verlaging gelijk gesteld aan de stijghoogteverlaging. Dit leidt tot een bepaalde zetting. Op basis van algemene overwegingen m.b.t. de toelaatbare zakkingsverschillen, gecombineerd met eigenschappen van het beschouwde pand (funderingstype, bouwjaar, staat van onderhoud), is tot slot een conclusie getrokken over de verwachte schade. In 2003 zijn nog aanvullende analyses uitgevoerd. De methodiek is daarbij hetzelfde gebleven. Ter hoogte van de Oud-Loosdrechtse dijk loopt het flexpeil gebied tot ongeveer huisnummer 38/35 (vanaf de hogere huisnummers).

Het tweede onderzoek betreft een bebouwingsonderzoek in Loosdrecht naar de effecten van een aangepast waterbeheer op de aanwezige gebouwen [ref. 2.]. Hierbij zijn gegevens van bebouwing via een enquête aan de bewoners geïnventariseerd. Waternet heeft een enquête opgesteld en uitgestuurd naar de bewoners rondom de Loosdrechtse Plassen. In de enquête is informatie gevraagd over de woning, eventuele opstallen en de fundering. Ook zijn opmerkingen gevraagd over de effecten van het voorgestelde flexibele peil. Ter hoogte van de Nieuw-Loosdrechtse dijk loopt het flexpeil gebied tot ongeveer huisnummer 160/161 (vanaf de start aan de westzijde met huisnr 304).

In de onderzoeken zijn allerlei karakteristieke eigenschappen van de bebouwing verzameld. Daarnaast blijkt uit de analyses het volgende:

- Bebouwing met een fundering op staal met daaronder nog slappe grond is in principe zeer gevoelig voor waterpeilverlagingen en heeft een grote kans op zakkingschade; deze gebouwen staan vrijwel uitsluitend aan de oostzijde van het gebied waar het diepe zand (bijna) aan de oppervlakte komt of het betreft schuren of bijgebouwtjes.
- Bebouwing met een fundering op houten palen waarbij de houten palen kunnen droogvallen zijn in principe zeer gevoelig voor waterpeilverlagingen; dit type komt voor met over het algemeen een onbekend niveau van de ligging van de grondwaterstand t.o.v. de paal.
- Bebouwing in een slechte staat van onderhoud zijn gevoelig voor waterpeilverlagingen (doorgaande scheurvorming).
- Bebouwing van voor 1930 heeft vaak een onbekend funderingstype.
- De grootte van de zakkingschade is ongeveer lineair afhankelijk van de grondwaterstandsverlaging.

Overigens wordt tevens geconcludeerd dat bij kleine grondwaterstandsverlagingen (orde 0,05-0,10 m) de kans op schade klein is.

Op veel bewoonde locaties is een grondverbetering aangebracht. Dit is gedaan om de begaanbaarheid van het gebied te vergroten of de ondergrond geschikter te maken voor de fundatie. Uit informatie van Waternet en betrokkenen in het gebied blijkt dat op veel locaties zand is opgebracht. Dit wordt in grondonderzoek soms ook teruggevonden. Ook is in het terrein te zien dat woningen hoger liggen dan de omliggende weilanden. Ook is dit zand in een aantal gevallen aangetroffen in zelf uitgevoerde handboringen.

Uit de resultaten van [ref.2] blijkt dat er 1269 brieven zijn uitgestuurd. De respons bedroeg 449 brieven. Deze gegevens zijn verwerkt. Op deze adressen zijn 419 woonhuizen aanwezig. Daarnaast zijn er andere opstallen zoals schuren, stallen, garages en aanbouwen. Van 899

bouwwerken is het bouwjaar bekend. In Tabel 2.4 is een overzicht gegeven van funderingstypen en bouwperiode. Gezien de respons kan verwacht worden dat het aantal bouwwerken en funderingstypen een factor $1269/449 = 2.8$ groter kan bedragen (ter indicatie en zonder statistische bewerking).

Periode bouw constructie	Fundering op staal	Fundering op houten palen	Fundering op betonpalen	Overig/Onbekend	Totaal
Vóór 1900	25	8	0	13	46
1900-1950	39	80	26	32	177
Na 1950	95	249	293	39	676
Totaal	159	337	319	84	899

Tabel 2.4 Aantal bouwwerken onderverdeeld per funderingstype

Uit de Tabel 2.4 blijkt dat 75% van de bouwwerken van na 1950 is. Circa 20% is van 1900-1950 en een klein deel (5%) van vóór 1900. Van de oudere bouwwerken is relatief veel op staal en houten palen gefundeerd. Van het deel funderingen op staal is 40% van voor 1950 en 15% van voor 1900. Van funderingen op houten palen is 26% van voor 1950 en 2% van voor 1900. Van funderingen op betonpalen is het overgrote deel van na 1950 (92%).

In Tabel 2.5 is een samenvatting gegeven van de meest voorkomende bouwwerken en de fundering die er bij hoort.

funderingstype	aantal					
	Woonhuis	Schuur	Garage	Aanbouw	Loods	Toegangsbrug
Beton palen	115	50	73	47	19	7
Houten palen	151	74	36	25	18	15
Op staal	72	47	32	9	6	8
Overig/Onbekend	81	23	13	15	3	4
Totaal	419	194	154	96	46	34

Tabel 2.5 Aantal bouwwerken onderverdeeld per funderingstype

Uit Tabel 2.5 blijkt dat circa 32% van de bebouwing op beton (30%) of stalen palen (2%) en circa 35% op houten palen staat. Meestal is vermeld dat een betonnen opzetter is toegepast. Ongeveer 15% van de bebouwing is op staal gefundeerd. Van de overige 18% van de bouwwerken is de fundering niet vermeld of onduidelijk. Wanneer wordt aangenomen dat dit laatste een gelijke verdeling inhoudt over de eerder genoemde 3 funderingstypen, dan wordt nu aangenomen dat 38% beton/stalen palen, 41% houten palen en 21% op staal voorkomen in het gebied.

In figuren 2.9 t/m 2.12 zijn met gekleurde stippen de funderingen op staal en funderingen op houten palen weergegeven op kaarten. Te zien is dat funderingen op staal voorkomen tot het middengebied van de Loosdrechtse plassen (grondverbetering aanwezig t.b.v. bebouwing en de wegen) en oostelijk daarvan. Aan de oostzijde komt het zand aan het maaiveld. Helemaal links langs de Vecht komen ook enkele funderingen op staal voor. Deze staan op een stevige afzetting van de rivier. Het grondwater nabij deze woningen wordt echter, vanwege de afstand m.n. beïnvloed door het water van de Vecht en in veel mindere mate door eventueel flexibel waterpeil in de sloten en watergangen. Het gaat om resultaten uit de enquête, niet

alle werkelijk aanwezige panden staan op de figuren. Het doel van de figuren is aan te geven waar deze funderingstypen voorkomen volgens de resultaten van de enquête. De blauwe stippen zijn funderingen op staal, de rode stippen funderingen op houten palen.



Figuur 2.9 Funderingen op staal (rode stip) en funderingen op houten palen in Noord-West Muyevelde

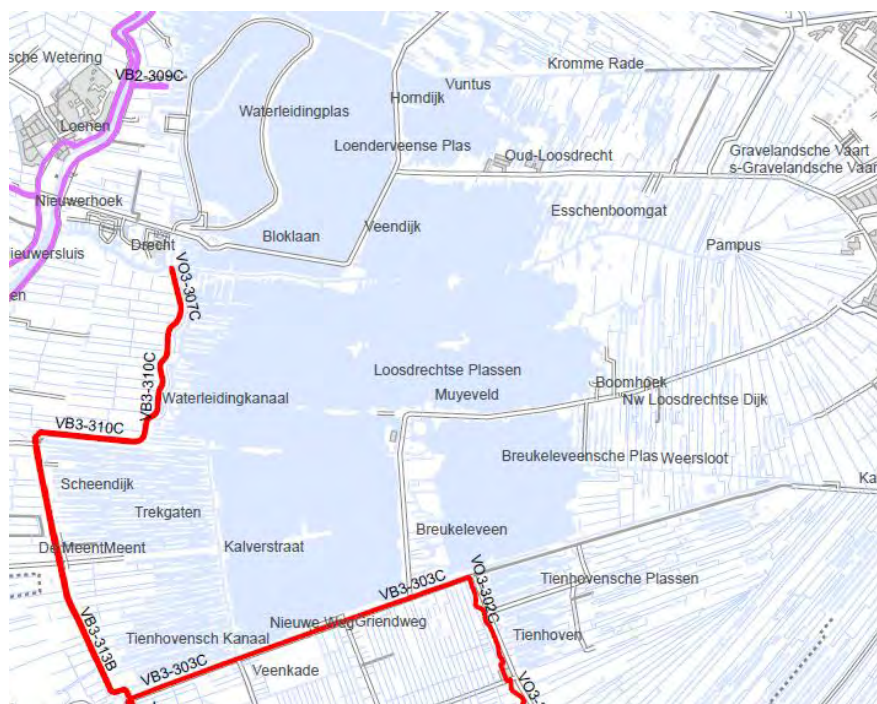


Figuur 2.10 Funderingen op staal (rode stip) en funderingen op houten palen in Noord-Oost Muyevelde

is echter over het algemeen onjuist. In Nederland is nog nooit een fundering van koeienhuid aangetroffen, terwijl deze huiden door het grondwater uitstekend geconserveerd hadden moeten zijn. Daarnaast komt in oude bouwverslagen de zinsnede voor dat de bouw «op huyden is begonnen» hetgeen in oud-Nederlands niets anders wil zeggen dan dat de bouw heden is aangevangen. Mogelijk dat dit heeft geleid tot een spraakverwarring. Wel wil het geval dat in Amsterdam enkele panden bekend zijn die «op huyden» zijn gebouwd. Uit onderzoek blijkt dat hiervoor afgedankte scheepshuiden (scheepswanden) zijn gebruikt. De lange planken werden horizontaal neergelegd en een bouwwerk werd daarbovenop gemetseld. Overigens kan het sporadisch voorkomen dat destijds materialen gebruikt zijn, zoals koeienhuiden, om een fundering op staal mogelijk te maken, hetzij om de begaanbaarheid te vergroten of om de belasting van de fundering enigszins te spreiden. In gesprekken met lokale bewoners wordt hier met name over gesproken in relatie tot zgn. 'arme lui's' woningen. Het betreft woningen waar door gebrek aan geld een goedkope fundering op staal is toegepast. Materialen die voorhanden waren zijn gebruikt om te plaatsen in een ontgraven put, waarop het huis dan is gebouwd. De materialen zouden ook huiden geweest kunnen zijn. Verwacht mag worden dat gezien de leeftijd van deze panden deze materialen of ruim onder het grondwater liggen of al in het verleden vergaan zullen zijn wetende dat de laatste 50 jaar de grondwaterstanden niet substantieel gewijzigd zijn.

2.7 Waterkeringen

In onderstaande tekening in Figuur 2.13 zijn alle regionale keringen binnen het gebied van Muyevelt weergegeven (met rood). Alleen aan de zuid-, en westzijde van de Loosdrechtse Plassen bevinden zich regionale keringen. Deze keringen worden allemaal beheerd door het waterschap Amstel, Gooi en Vecht, waarvan Waternet de uitvoerende dienst is.



Figuur 2.13 Waterkeringen in het gebied van Muyevelt

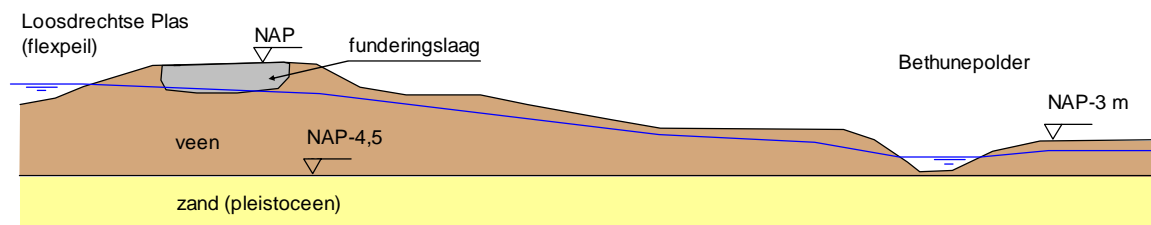
De waterkering aan de zuidzijde van de Loosdrechtse Plas (de Nieuweweg, kadenummer VB3-303C) is aangemerkt als de meest gevoelige kade wat betreft mogelijke effecten van een peilwijziging. In de studie naar het effect van een flexibel peil op de waterkeringen wordt in het gebied van Muyevelt uitsluitend de kade VB3-303C beschouwd. De reden hiervan is

dat deze kade het meest gevoelig zal zijn voor veranderingen, omdat het verval veel groter is dan de overige kaden. Ook vanuit maatschappelijk oogpunt is deze kade het belangrijkste, omdat bekend is dat er stabiliteitsproblemen zijn geweest. Omwonenden zullen dus logischerwijs het eerst naar deze kade kijken als het gaat om eventuele effecten.

Deze kade is afgekeurd in de laatste toetsingsronde vanwege stabiliteitsproblemen, met name in de binnenteen. In eerste instantie was de informatie dat de kade nog niet was opgenomen in een lopend verbeteringsprogramma. Eind 2011 is bekend geworden dat de kade mogelijk al vanaf 2013 wordt opgenomen in het lopende verbeteringsprogramma en dat de hier geplaatste peilbuizen (zie paragraaf 4.5) ontmanteld zullen gaan worden.

2.7.1 Dwarsprofiel

Van de kade is op elke 100 m een dwarsprofiel beschikbaar, gemeten in 2006. In onderstaande Figuur 2.14 is een (representatief) dwarsprofiel geschetst, inclusief de globale bodemopbouw.



Figuur 2.14 Representatief dwarsprofiel kade VB3-303C (Nieuweweg)

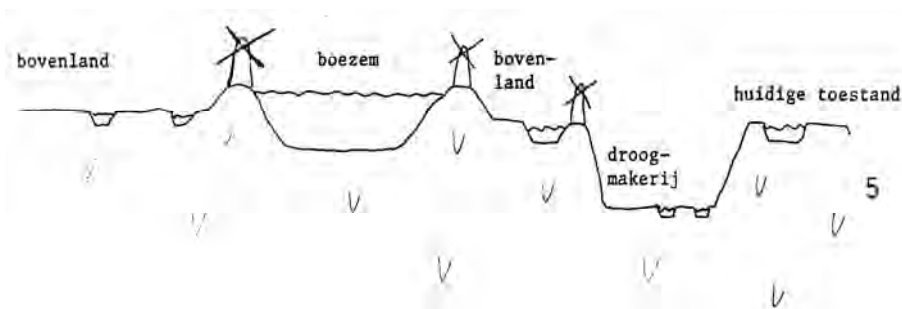
Aan de binnendijkse zijde, in de Bethunepolder, ligt het maaiveld relatief laag, op circa NAP -3 m. De top van het pleistocene zand ligt op ongeveer NAP -4,5 m diepte. Dat wil zeggen dat de holocene toplaag in de Bethunepolder slechts circa 1,5 m dik is. Deze holocene laag bestaat vrijwel uitsluitend uit veen. Ook de kade zelf is voornamelijk uit veen opgebouwd. Direct onder maaiveld is de veenlaag verweerd, waardoor het gehalte humeus materiaal iets lager is.

De kruin van de kade ligt ongeveer op NAP 0 m. Het polderpeil in de Bethunepolder ligt tussen NAP -3,65 m en NAP -4,00 m. Het toekomstige peil op de Loosdrechtse Plas ligt tussen NAP -1,05 m en NAP -1,20 m. Het maximale verval bedraagt dan dus 2,95 m.

2.7.2 Bodemopbouw

Door de ontvening, die vanaf de 16^e eeuw ook onderwater kon worden voortgezet door de uitvinding van de baggerbeugel, zijn in het gebied grote waterplassen ontstaan. De Loosdrechtse plassen en de Tienhovense plas, zijn daar voorbeelden van. In 1887 is de uitgeveende Bethunepolder droog gemaakt met behulp van bemaling. Door sterke kwel vanuit 't Gooi moest hier een kleinschalige afwatering met intensieve verkaveling aangelegd worden. Het was de laatste droogmakerij in de provincie. De polder ligt met het diepste punt (3,3 meter onder NAP) circa 2,5 meter lager dan de directe omgeving. De kwel in de Bethunepolder is van grote omvang, en wordt deels afgevoerd voor drinkwater.

In Figuur 2.15 is een principeschets van de huidige opbouw van het getrapte poldersysteem weergegeven, als gevolg van vele jaren bemaling en turfwinning.



Figuur 2.15 Schematische weergave polderdoorsnede

Het overtollige water uit het bovenland wordt door gemalen gelegen in of langs de directe boezemkeringen uitgeslagen op de boezem. Deze directe boezemkeringen zijn opgeworpen keringen die hoofdzakelijk uit klei zijn opgebouwd. Aan de overzijde van de boezem is eveneens een hoofdzakelijk met klei opgeworpen kade aanwezig. De strook bovenland is hier minder breed getekend en wordt begrensd door een tussenboezem en de langs de tussenboezem gelegen tussenboezemkering. Deze tussenboezemkering ligt langs de grote droogmakerijen en is in principe voor 80 % opgebouwd uit oorspronkelijke veenlagen die daar aanwezig waren en voor 20 % zijn opgehoogd (eveneens met veen, turf).

De Loosdrechtse Plassen kunnen in dit systeem als bovenland gezien worden, en de Bethunepolder als droogmakerij. De tussenliggende kade is dus in feite een tussenboezemkering en zal hoofdzakelijk uit veen bestaan. Als gevolg van inklinking van de holocene veenlagen door de ontwatering van het grondlichaam, werd het waarschijnlijk noodzakelijk om de kade zo nu en dan op te hogen. Dit werd voor dit soort veenkades meestal met gebiedseigen materiaal (of bagger) gedaan. Uit het beschikbare grondonderzoek is dan ook geen aanwijzing dat er ooit een ophoging met klei of zand heeft plaatsgevonden. De kade bestaat, behalve voor de wegfundering en aansluitende berm, volledig uit veen.

Voor de inschatting van de samendrukbaarheid van het holocene veenlagenpakket ontbreken laboratoriumproeven. Daarom wordt er gebruik gemaakt van kentallen, op basis van ervaringen met soortgelijke bodemlagen in het gebied.

2.7.3 Sterkteparameters

Teneinde de stabiliteitsfactor van een kade te kunnen bepalen, zijn naast de grondlagenopbouw, de geometrie en de waterspanningen ook materiaalparameters nodig. De benodigde parameters zijn het volumieke gewicht (γ_{droog} en γ_{nat}) en de wrijving of sterkte parameters cohesie (c) en de hoek van inwendige wrijving (φ).

Voor de stabiliteitsberekeningen in de toetsing is gebruik gemaakt van de proevenverzameling voor het gebied. Deze is in 2007 opgesteld in het kader van de Versterkingsronde Boezemkaden. De beschrijving van de proevenverzameling is opgenomen in [ref. 3].

In het verleden is in het kader van het COW-onderzoek een groot aantal celproeven uitgevoerd. Voor Waternet zijn deze proefresultaten ingedeeld naar volumegewicht en voorbelasting geschiedenis. De proeven zijn getoetst op betrouwbaarheid. Op basis van deze proeven is de proevenverzameling opgesteld volgens de theorie uit de Leidraad voor het Ontwerpen van Rivierdijken deel II Benedenrivierengebied (TAW), inclusief de hierin voorgeschreven materiaalfactoren.

3 Systeemanalyse Ronde Hoep / Middelpolder

3.1 Inleiding

Het doel van deze systeemanalyse is een beschrijving te geven van de situatie op het gebied van geotechnische aspecten, om inzicht te krijgen in de factoren die invloed hebben op, of veranderd worden door de voorgestelde peilverandering en de wijze waarop en mate waarin deze invloed en verandering plaatsvindt.

De Ronde Hoep is gelegen net zuidelijk van de A9 onder Amsterdam en is de polder tussen de rivieren de Amstel en Waver en kenmerkt zich door de kleiafzettingen van de zee en de rivier en de veenafzettingen. De Middelpolder is een kleinere polder net boven de A9.

De Ronde Hoep heeft bebouwing langs de rand. In dit rand gebied is een zomer- en winterpeil ingesteld. Alleen in het middengebied is een flexibel peil aanwezig. De Middelpolder heeft geen bebouwing in het flexibel peil gebied.

De gegevens hierna hebben m.n. betrekking op de Ronde Hoep. De gegevens voor de Middelpolder komen enigszins overeen.

3.2 Grondbeschrijving

3.2.1 Geologische historie

Na het eind van de ijstijden, aan het begin van het Holoceen (ca. 10.000 jaar geleden), steeg de zeespiegel en werd op het naar het westen hellende pleistocene zand in het huidige West-Nederland veen gevormd (Basisveen). Hierop werd vervolgens zeeklei gesedimenteerd, en ontstonden de afzettingen van Calais ('oude blauwe zeeklei'). Daarbuiten ging de veenvorming door, zoals in De Ronde Hoep. Met de vorming van strandwallen ter hoogte van de huidige kust rond ca. 3000 v.Chr. hield gaandeweg de zee invloed in Amstelland op. Op de zeeklei ontwikkelde zich opnieuw veen (Hollandveen), daarbuiten ging de veengroei ononderbroken door. Er ontstonden uitgestrekte veengebieden met rietveen, zeggeveen, veenmosveen en bosveen. De veenmosvenen vormden 'koepels' met een doorsnede van enkele kilometers tot meer dan tien kilometer. In de lagere gebiedsdelen tussen de veenmoskoepels werd riet- en zeggeveen gevormd. Bosveen kwam tot stand waar moerasbossen groeiden: plaatsen waar slibrijk rivierwater werd aangevoerd. Het bosveen in De Ronde Hoep had wellicht een naar het midden toe wat bolle ligging. De afwatering van (het latere) Amstelland verliep via diverse veenrivieren zoals de Waver en de Amstel. Langs de oevers van deze rivieren vond, mede onder invloed van de getijdenwerking van het Almere (plm. de latere Zuiderzee) de vorming van kleiige oeverwallen plaats. De dikte van het veenpakket kan aanzienlijk zijn, vooral waar de veengroei niet door de afzetting van zeeklei is onderbroken. De totale dikte is in De Ronde Hoep circa 11 m, er is in het centrale deel van de polder niet of nauwelijks klei afgezet. De Ronde Hoep is niet verveend, zoals veel omringende polders. Het bosveen was ongeschikt om er turf van te maken.

Het gebied is in de Middeleeuwen ontgonnen, waarbij door het graven van sloten het gebied ontwaterd kon worden, waarna zich landbouw kon ontwikkelen. De Ronde Hoep is ontgonnen vanaf de omringende waterlopen met hun wat hoger gelegen (kleiige) oevers. Omdat de percelen vrijwel loodrecht op de ontginningsbasis werden georiënteerd, ontstond bij bochten in de veenstroompjes, zoals de Waver, een gerend verkavelingspatroon. Met name aan de

noordkant van de polder is dat het geval (koppen van de kavels afgesneden door A9 en inmiddels merendeels onder bebouwing verdwenen). Waar de verkaveling vanuit het westen die vanuit het oosten ontmoet, ongeveer midden in de polder aan de Meentsloot die bij de ontginningen als achterkade fungeerde, resulteert in combinatie hiermee een waaierpatroon. Dit is nu zeer kenmerkend voor de polder en inmiddels het meest zeldzaam als inrichtingselement. Door de aanwezigheid van veenlagen is bij dit ontwateren continu klink opgetreden waarna het gebied uiteindelijk lager kwam te liggen dan het hoogwaterniveau in de rivieren. In die tijd zijn de dijken langs de rivieren aangelegd. De afwatering van het 'polder' water gebeurde met diverse gemalen. Dit heeft zich doorgezet tot het heden waarbij er op dit moment een modern gemaal dienst heeft.

In het huidige gebruik is de buitenrand in gebruik voor landbouw en vee. Het middengebied is in eigendom van Landschap Noord-Holland en wordt gebruikt voor natuurdoelen. Delen worden ook gebruikt t.b.v. het houden van vee door de agrariërs in de buitenrand.

3.2.2 Grondopbouw

De bodemkaart van Nederland omschrijft het gebied als (bos)veengrond. Het maaiveld in de polder ligt gemiddeld op circa NAP – 2 m, in het zuidelijke deel van de polder ligt het maaiveld lager (ca. NAP – 2,3 m). In de Middelpolder ligt het maaiveld vrij constant op circa NAP – 2,1 m. Onder de bewerkte toplaag van humeuze klei wordt veen aangetroffen tot circa NAP – 5 à -6 m. Soms komt onder invloed van en in de nabijheid van de rivieren (Vecht, Amstel en Waver) humeuze klei voor. Hieronder bevindt zich klei tot circa NAP – 10 à -12 m. Het holocene pakket wordt afgesloten met een ca. 0,5 m dikke basisveen laag. Hieronder bevindt zich pleistoceen zand.

Omdat in het gebied geen constructies staan zijn er geen sonderingen beschikbaar midden in het gebied. In Figuur 3.1 zijn enkele sonderingslocaties weergegeven. Deze zijn alle gemaakt rondom het gebied. Een aantal sonderingen blijkt niet leesbaar te zijn. Uit de sonderingen blijkt dat het holocene pakket reikt tot NAP – 10,5 m in de zuid-oost hoek en NAP – 12,2 m in de noord-west hoek. Het veenpakket loopt tot circa NAP – 5 à – 6 m. Daaronder bevindt zich klei (humeus, en daaronder ook siltig). Het holocene pakket wordt afgesloten met een veenlaag. De bovenste 2 m zijn bij deze sonderingen niet representatief voor het gebied omdat die bewerkte grond bevatten t.b.v. de wegen en ophogingen. In het holocene pakket wordt aan de westzijde van het gebied tussen NAP – 9 en -10 m een tussenzandlaag aangetroffen.



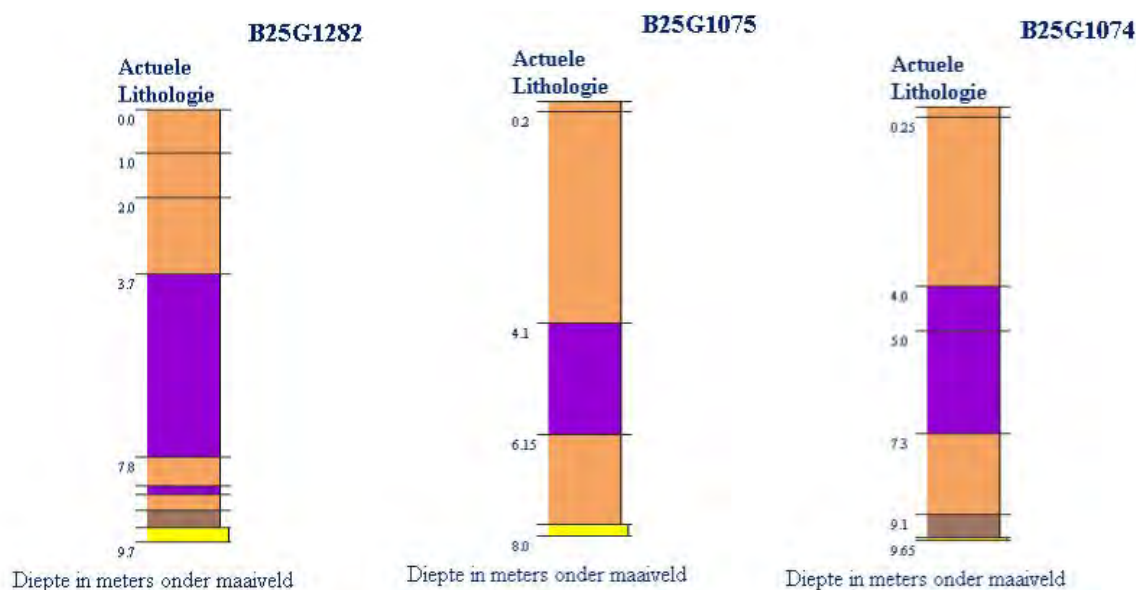
Figuur 3.1 Sonderingen zoals beschikbaar in DINO

Tevens is gezocht naar representatieve boringen in het gebied. In Figuur 3.2 zijn deze weergegeven.



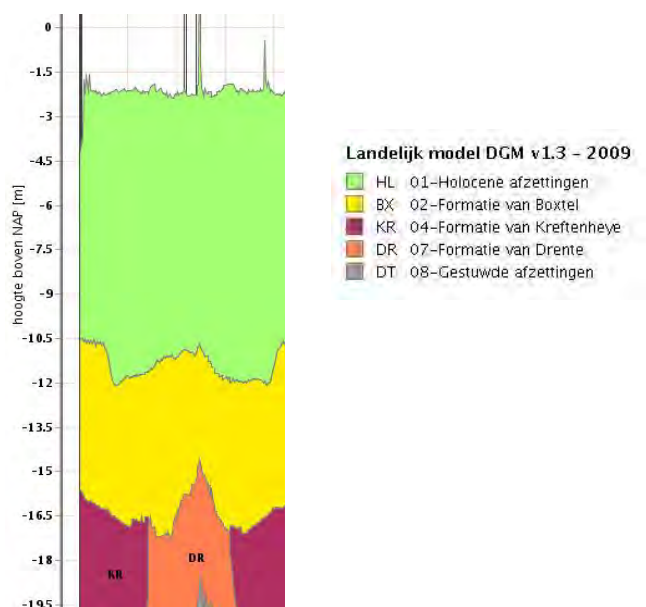
Figuur 3.2 Boringen zoals beschikbaar in DINO

Hieronder zijn 3 karakteristieke boringen weergegeven.



Figuur 3.3 Boorbeschrijvingen van 3 karakteristieke boringen in de Ronde Hoep (oranje = veen; paars = klei, geel = zand)

DINO heeft ook een snede geleverd van de bodemopbouw, deze is weergegeven in Figuur 3.4. De snede is niet bruikbaar als werkelijke opbouw van noord naar zuid. Wel is te zien dat de onderkant van het holocene pakket varieert van ca. NAP – 10,5 tot NAP -12 m.



Figuur 3.4 Doorsnede ondergrond in de Ronde Hoep vanuit DINO

Uit de diverse gegevens blijkt dat de onderkant van het holocene grondpakket varieert van NAP -10,5 m (aan de zuidkant) tot NAP – 12 m (aan de noordkant) van het gebied. Tevens blijkt dat de dikte van het veenpakket kan variëren. Doorgaans wordt veen aangetroffen tot circa NAP – 5,5 m (3 m dik), maar variaties zijn mogelijk. Een variatie in de dikte van 3 tot 5 m is een redelijk aanname.

3.3 Grondwaterstand en stijghoogte

Op basis van Dino gegevens wordt geconstateerd dat de grondwaterstand varieert van maaiveld of net onder maaiveld (hoge grondwaterstand) tot 50 à 80 cm onder maaiveld (lage grondwaterstand).

De stijghoogte in het diepe zand (beneden circa NAP – 10 m) varieert tussen NAP – 4 en -5 m.

De stijghoogte van het diepe grondwater is lager dan de grondwaterstand waardoor er altijd enige inzijging zal plaatsvinden. Aan de rand van de Ronde Hoep, langs de riviertjes, treedt daarentegen kwel door de dijk richting de polder op.

3.4 Maaiveldaling

In het document (cultuur) historische aantekening [ref. 4.] wordt het volgende geschreven over maaiveldaling;

“Volgens de Pilot is het maaiveld sinds de invoering van de 3 gemalen in de periode 1637 tot 1980 met circa 2 m gedaald. Tussen 1860 en 1980 is dat 75 cm geweest. Over beide periodes was de daling van de grond gemiddeld genomen dus ongeveer even groot, ongeveer 0,5 cm per jaar. Die daling is sinds 1980 veel sneller gegaan. Indien nu moet worden uitgegaan van een gemiddelde diepte van de polder van ongeveer 2,3 m dan is de polder sinds 1980, dus in 29 jaar, circa 30 cm gedaald, dus gemiddeld circa 1 cm per jaar.”

De genoemde 2 m zakking lijkt een schatting, de genoemde 75 cm is op basis van berekeningen. De cijfers komen uit: Bording, J., Ontwatering en maaiveldverlaging in het landinrichtingsgebied Amstelland, afgeleid uit archivalische bronnen. In: Vervloet en Mulder, 1983.”.

In het gebiedsplan wordt door AGV/Waternet uitgegaan van circa 3-4 mm/jaar voor de veengronden en voor de onderbemalingsgebieden, zoals deze polder, ongeveer 5-7 mm/jaar.

Het afleiden van de maaiveldhoogte en opgetreden maaiveldaling is niet eenvoudig. Door Waternet wordt een gemiddelde waarde vastgesteld op basis van data die er is, maar er moet rekening gehouden worden met een marge om dit getal vanwege allerlei onzekerheden.

De maaiveldaling wordt meestal afgeleid van gemeten maaiveldhoogten. Hiervoor is de beschikking over een maaiveldhoogte bestand uit de jaren 60 en 70 vorige eeuw, eventuele tussentijdse opnamen (meestal jaren 90 vorige eeuw of begin deze eeuw) en de AHN (die wordt gecorrigeerd voor de eventuele aanwezige vegetatie, op basis van aantal gemeten lengte raaien.)

De metingen uit jaren 60 van de vorige eeuw zijn relatief onbetrouwbaar voor wat betreft locatie en hoogte. De hoogte is op decimeter nauwkeurig en de locatie is niet altijd goed bekend. De GPS metingen uit jaren 90 en de gecorrigeerde AHN uit 2004 en 2010 hebben een aantal cm onnauwkeurigheid.

Om hoogteverschillen vast te stellen worden de locaties van de oude metingen gekoppeld aan locaties op de AHN 2010 (op aantal cellen). Uitschieters (naar boven) worden gefilterd en het gemiddelde verschil is de opgestreden maaiveldaling. Er zijn ook alternatieve methodieken bekeken zoals het maken van maaiveldhoogte per gebied en deze gegevens van elkaar af te trekken. Deze leverden geen betere resultaten.

Meestal wordt de maaiveld daling afgeleid op polder niveau, zonder onderscheid te maken tussen peilgebieden en hoger en lager gelegen delen (soms wel per bodemsoort). In enkele gevallen wordt een aparte analyse gemaakt, bijvoorbeeld als percelen, door onderbemaling, sneller lijken te zijn gezakt dan de omgeving.

Een meeton nauwkeurigheid heeft een kleinere invloed op de berekende maaiveld daling als de zetting tijdens de meetperiode groot is. Daarom kiest Waternet voor een zo groot mogelijke tijdsperiode tussen de gemeten maaiveldhoogtes. Dit geeft meer bruikbare resultaten dan het vergelijken van bijvoorbeeld 2 AHN bestanden.

De afgeleide maaiveld daling in veengebieden is veelal tussen de 5 en 10 mm/jaar. Grotere maaiveld dalingen worden soms afgeleid in specifieke onderbemalingen.

De afgeleide maaiveld daling in de Ronde Hoep is 6 mm/jaar (gebaseerd op een langdurige peil aanpassing van ca. 3 cm na 5 jaar. Deze afleiding is gedaan op basis van metingen in het kader van de landinrichting. Van Waternet is vernomen dat in polder de Ronde Hoep veel discussie over de ingemeten maaiveldhoogte is geweest. De metingen van de landinrichting zouden een te lage resolutie hebben. Vervolgens heeft het waterschap opnieuw gemeten (GPS), waarbij deze metingen alleen zijn gebruikt om de gemiddelde maaiveldhoogte per peilgebied te bepalen. Op deze metingen was het commentaar van de agrariërs dat er teveel op de hoge delen van de percelen zou zijn gemeten. Volgens Waternet was de instructie uitgezet om representatieve maaiveld te meten, indicatie op 1/3 van de perceelsbreedte. Als de maaiveldhoogte kaart van de Ronde Hoep op basis van metingen wordt vergeleken met de maaiveldhoogte volgens de AHN, dan valt op dat er in de AHN meer variatie in de maaiveldhoogte aanwezig is.

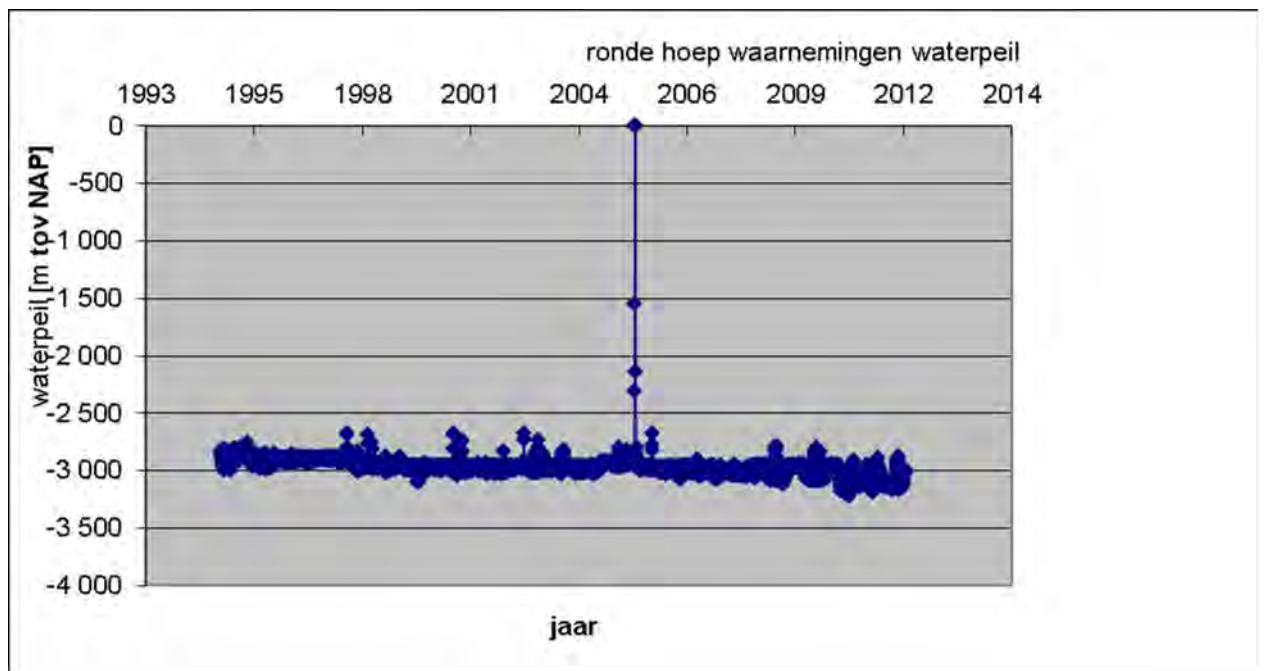
3.5 Waterpeilen

In het middengebied van De Ronde Hoep wordt een flexibel peilbeheer toegepast met een maximum op NAP – 2,45 m en een minimum op NAP – 2,80 m.

De door waternet geleverde informatie over de historie van de waterpeilen op de locatie van het flexpeilgebied is:

- Peilbesluit 1963 reserlaat: NAP -2.75 m/ NAP -2.80m (zp/wp).
- Sinds 1998: NAP -2.80 m/NAP -2.97m (zp/wp).
- Peilbesluit 2002: NAP -2.80 m/NAP -2.45 m (zp/wp).

In Figuur 3.5 zijn gemeten oppervlaktewaterpeilen van het poldergemaal van Ronde Hoep vanaf 1995 weergegeven. Te zien is dat het oppervlaktewaterpeil al geregeld onder de NAP – 3 m uitkomt en vrijwel nooit hoger dan NAP – 2,7 m wordt.



Figuur 3.5 Gemeten oppervlakte waterpeilen nabij poldergemaal Ronde Hoep vanaf 1995

4 Monitoringsplan

4.1 Aanpak

Het doel van het onderzoek is het bepalen van de geotechnische effecten op geotechnische constructies als gevolg van de peilveranderingen door het instellen van flexibel peilbeheer i.p.v. het huidige peilbeheer.

Gezien de beperkte looptijd van het FlexPeil project t.o.v. de tijdsschaal van geotechnische effecten zal voor het aangeven van de geotechnische effecten daarom in twee sporen gewerkt worden. Dat zijn het spoor monitoring (gedurende circa 1 jaarcyclus) en een spoor voorspelling van effecten m.b.v. modellen.

Monitoring zal worden gebruikt om effecten te meten die van belang zijn om de vragen te kunnen beantwoorden. Modellen zullen gebruikt worden om met de kennis die er is, een voorspelling te kunnen maken ter beantwoording van de vragen.

Aan het eind van het FlexPeil project (zomer 2012) kan dan een aangepaste voorspelling gegeven worden voor de periode na het Flexpeil project waar het resultaat van de monitoring in verwerkt is. Bekend is dan of de voorspelling correct is, waar afwijkingen zijn geconstateerd en welke monitoring nodig blijft na het project.

Deelproject GEO richt zich voornamelijk op 2 onderdelen, nl. Effecten op maaiveld/bebouwing en op de waterkeringen.

Bij het opzetten van een monitoringsplan is gebruik gemaakt van de richtlijn meten en monitoren van bouwputten van de CUR [ref. 5.]. Dit is gedaan omdat hierin zeer gestructureerd en in duidelijke stappen wordt uitgelegd hoe tot een monitoringsplan te komen.

De doorlopen stappen (stappenplan) zijn de volgende:

1. Doelstelling van de monitoring.
2. Risicoanalyse (welke gebeurtenissen volgen).
3. Keuze wel of niet monitoren .
4. Vaststellen te monitoren parameters.
5. Eisen aan monitoring (nauwkeurigheid, frequentie, locaties).
6. Keuze monitoringstechniek.
7. Omgevingsinvloeden die meting kunnen verstoren.

De meetgegevens kunnen vervolgens worden verzameld, verwerkt en gerapporteerd. Daarna kunnen ze gebruikt worden t.b.v. de analyses die uitgevoerd moeten worden.

Opgemerkt wordt dat monitoring eigenlijk alleen zin heeft als de nulsituatie bekend is. Het vergelijken van de nieuwe situatie met de oude situatie is anders niet mogelijk. Omdat in het flexpeil gebied niet overal een nulmeting is uit te voeren omdat in de gebieden soms flexpeil al is ingesteld of kort na de start van de metingen zal worden ingesteld, zullen alternatieven gezocht moeten worden. Bijvoorbeeld een vervangende nulmeting buiten het flexpeil gebied.

Hieronder volgt een uitwerking van het genoemde stappenplan.

4.2 Doel van de monitoring

De in te richten monitoring moet 2 resultaten opleveren:

- Vastleggen van de uitgangssituatie.
- Het meten van de effecten voor die gebieden waar maatregelen worden getroffen en het interpreteren van die resultaten (t.o.v. nulmeting en voorspelde waarden) t.b.v. het aangeven van het effect op de langere termijn.

In het algemeen geldt dat monitoring verschillende doelen dient. Uiteraard kunnen meerdere doelen tegelijk worden beoogd. Het gaat hierbij om de volgende categorieën:

Operationele doelen

De operationele doelen voor monitoring zijn voornamelijk gericht op het kunnen nemen van beslissingen ten aanzien van het proces (sturen, bijsturen, terugval scenario's).

Daarnaast kunnen metingen dienen voor de controle van de kwaliteit van de constructies. Hierbij kan gedacht worden metingen die de mate van schade van constructies kunnen vaststellen.

Kwaliteitsborging

Aan de hand van de metingen wordt gecontroleerd of de ontwerpuitgangspunten kloppen. Beoogd wordt om de onzekerheid van ontwerp te verminderen en de betrouwbaarheid daarvan te vergroten. Hiermee wordt de veiligheid, ook ten aanzien van de omgeving, gewaarborgd.

Communicatieve doelen

Het uitvoeren van een project is vaak een ingrijpende operatie voor de omgeving. Naast voorlichting aan de betrokkenen kan monitoring ook als middel worden ingezet om draagvlak voor het project te verkrijgen bij de omwonenden en bestuur (gemeente, belangengroepen/verenigingen).

Door met monitoring de beheersing van het project aan te tonen worden imago's en het risico op vertraging en de daarbij behorende verliezen geminimaliseerd.

Juridische doelen

Monitoring is een zeer effectief middel om juridische bescherming te bieden. Wanneer er belerende constructies of andere objecten zijn die door het project worden beïnvloed, dan kunnen deze metingen helpen bij het beantwoorden van vraagstukken over aansprakelijkheid. Monitoring kan worden ingezet als voorwaarde voor het verzekeren van constructies of als een vereiste in vergunningstrajecten.

Wetenschappelijke doelen

Monitoring kan voor wetenschappelijke doelen worden ingezet bij projecten, teneinde de stand ter techniek verder te brengen. Aandachtspunt hierbij is dat de wetenschappelijke partij zeer goed met de overige betrokken partijen moet communiceren, zodat instrumenten op het juiste moment op de goede plek worden geplaatst en er op de goede momenten wordt gemeten.

Voor het project Flexpeil, onderdeel GEO, zijn er 2 doelen voor de monitoring:

1. Het meten van de 'onbekende' effecten: wetenschappelijk doel.
2. Het beheersen van de uitvoering van het project: operationeel doel.

Het meten van de nulsituatie voor wat betreft de grondwaterstand is vrijwel niet mogelijk omdat in de beschouwde gebieden al flexibel peil is ingesteld. De verandering t.o.v. de nulsituatie zal derhalve moeten plaatsvinden met andere, reeds in opdracht van deelproject Hydro, geplaatste peilbuizen. Hierbij zal een combinatie worden gezocht met modelleringen van de situatie zodat modellen iets kunnen zeggen over 'nul-situatie'.

4.3 Te monitoren gebeurtenissen

Voor het bepalen van de te meten parameters is een analyse uitgevoerd naar het systeem en naar de noodzaak van het meten.

4.3.1 Analyse systeem

In het beheergebied zijn geotechnische constructies aanwezig met een bepaalde functie die van belang is voor het gebied. Het gaat hierbij om woningen, loodsen, andere gebouwen, waterkeringen, beschoeiingen, leidingen, masten, maar ook weilanden, veenlandschap (legakkers).

In het project is ingezoomd op 3 grote onderwerpen, nl. gebouwen, maaiveldzakking van gebieden en waterkeringen. In overleg is ook nog gekeken naar de aanpak van beschoeiingen en kenmerkende legakkers.

Gebouwen

Een constructie ontleend zijn standzekerheid gedurende een bepaalde levensduur aan de fundering. Dat kan een constructief element zijn of een grondconstructie (zoals een waterkering). De constructie zal via de fundering iets merken van de reactie van de ondergrond door wijzigingen van de omstandigheden. Hetzij direct via een zetting die in meer of mindere mate wordt gevoeld, hetzij indirect via belasting van zakkende grond op funderingspalen. Afhankelijk van de sterkte van de constructie zal het in mindere of in meerdere mate reageren.

Peilveranderingen leiden tot andere waterspanningen in de grond (hetzij via freatisch grondwater, hetzij via de stijghoogte in de diepere, veelal zandige, lagen).

Een peilverhoging kan leiden tot lagere korrelspanningen. Voor een waterkering neemt de sterkte af waardoor de stabiliteit kan afnemen. Voor constructies zijn grondwaterstandsverhogingen over het algemeen minder erg omdat hier bij de bouw constructief rekening mee is gehouden. Bouwkundig kan bijvoorbeeld vochtoverlast wel een negatief effect zijn, of het eventueel meer overstromen van het maaiveld. Hier wordt in dit deel onderzoek niet naar gekeken. Voor waterkeringen kan de opneembare schuifspanning afnemen waardoor de weerstand tegen een belasting kan afnemen.

Een peilverlaging leidt tot een korrelspanningsverhoging, de grond die eerst onder water stond komt boven water en wordt daardoor zwaarder (onder water wordt alles lichter door de opwaartse druk van het water). Dit leidt tot een zetting van de ondergrond (samendrukking). De grootte ervan is afhankelijk van de eigenschappen van de grond (slappe veen grond, meer samendrukking, sterkere kleigrond, minder samendrukking) en de dikte van deze lagen.

Gebouwen staan op of in deze ondergrond, hetzij m.b.v. een zgn. fundering op staal, via stroken, balken of platen direct op de ondergrond (soms met grondverbetering van zand), of via een fundering op palen, via houten of betonnen palen naar een draagkrachtige laag.

Zetting van de ondergrond kan leiden tot zakkings van een fundering als die op deze grond staat of een extra belasting door zakkende grond langs funderingspalen. Gelijkmatische zakkingsen zijn over het algemeen constructief geen probleem maar kunnen in het gebruik problemen opleveren (denk aan een lagere drempel t.o.v. maaiveld, aansluitingen van gas en water). Het zijn de zakkingsverschillen die kunnen leiden tot zakkingschade aan de constructie, afhankelijk van de staat van de constructie. Specifiek voor houten palen geldt dat bij een verlaging van de grondwaterstand het hout droog kan komen te staan. In dat geval kan de sterkte van het materiaal achteruit gaan (paalrot). Dit zal uiteindelijk leiden tot zakkingsverschillen en mogelijk schade aan de constructie.

Als voorbeeld voor gebouwen geldt dat het effect schade kan zijn als gevolg van zettingen en/of zettingsverschillen in de funderingslaag onder het gebouw. Nadat de maaiveldverandering bepaald is kan de invloed hiervan op de bebouwing onderzocht worden. Hierbij is informatieverzameling van bebouwing van benodigd. Vervolgens kan gedacht worden aan schade classificatie bij bebouwing. Aan de hand van bebouwingsinfo en maaiveldveranderingen zal een schade predictie gemaakt kunnen worden. De schade predictie is afhankelijk van het type bouwconstructie (mate van stijfheid), type fundering, zakkings/verschilzakkings.

Beschoeiingen

In met name het plassegebied van de Loosdrechse Plassen (Muyeveld) zijn veel beschoeiingen langs de oevers aangebracht. Dit om afbraak/erosie van de veengrond door golfslag te voorkomen. Zou er geen beschoeiing zijn geweest, dan zal er zich een natuurlijk erosieprofiel hebben ingesteld. De constructie is een taludvervangende grondkering, maar op een kleine schaal. Beschoeiingen zijn door de landeigenaren aangebracht. De keuze voor een bepaald type beschoeiing is veelal gebaseerd op de ervaring van de eigenaar of de aannemer die de beschoeiing heeft aangebracht. In enkele gevallen ligt er een berekening aan ten grondslag.

In de keuze van de beschoeiing moet rekening gehouden worden met de lokale belastingssituatie en de gewenste duurzaamheid. De belastingssituatie wordt bepaald door het lokale maaiveldniveau en de waterdiepte, het gebruik van de grond achter de beschoeiing (tuin, terras, ophoging, parkeerplaats enz.) en de waterpeilen die aanwezig kunnen zijn. Bij de gebruikte materialen en/of in te plannen hoeveelheid onderhoud moet rekening gehouden worden met de gewenste levensduur van de constructie. Het gaat hier bijvoorbeeld om de aantasting van hout of corrosie van staal.

Er zijn geen regels m.b.t. het ontwerp of keuze van beschoeiingen. Impliciet of expliciet (bewuste keuze van materialen) kiest iemand bij een bepaalde beschoeiing voor een bepaalde levensduur en een bepaalde inspanning voor onderhoud gedurende die levensduur.

Veenlandschap (legakkers)

In het flexpeil gebied zijn veel veengebieden aanwezig. De structuur met trekpaten en legakkers is kenmerkend in de omgeving en wordt gezien als een te behouden landschap. Legakkers ontstonden doordat bij het ontvenen onder de grondwaterstand de afgegraven grond op deze legakkers te drogen werd gelegd. Gedurende deze intensieve ontvening in de

18^e eeuw en hierna is door het aanwezige variërende waterpeil in combinatie met wind/stormen een groot deel van de legakkers weg geërodeerd waardoor op een aantal plekken een groot plassengebied ontstond. Pas na het vaststellen van hogere vaste waterpeilen kon de erosie gereduceerd worden. Soms worden beschoeiingen aangebracht voor verdere bescherming.

Het behoud van een karakteristiek landschap zoals de trekpaten en legakkers kun je daar ook onder verstaan. Gezien het verleden kun je echter verwachten dat een flexibeler peilbeheer in combinatie met de wind zal leiden tot een snellere afbraak van de legakkers.

De erosie heeft naar verwachting 2 bepalende parameters:

- De zone waarover de oever wordt belast, afhankelijk van het waterpeil en de grootte van de golven.
- De mate waarin het veen kan verdrogen (verdroogd veen is meer gevoelig voor erosie).

Door het instellen van flexpeil kan er een snellere afbraak van de onbeschermden legakkers worden verwacht.

Waterkeringen

Voor de waterkeringen binnen het invloedsgebied wordt een zogenaamde primaire en secundaire beïnvloeding verwacht.

Primair kan een peilverandering van invloed zijn op het waterkerende vermogen van boezemwaterkeringen. Als gevolg van een peilverlaging in de polder neemt het verval over de waterkering toe, wat een nadelige invloed kan hebben op de faalmechanismen piping en macrostabiliteit. De primaire vraagstelling richt zich op de vraag in welke mate een toename van het verval over de kering van invloed is op het waterkerende vermogen.

Problemen van secundaire orde treden op als gevolg van de gewijzigde waterhuishouding in de waterkering. Daarbij kan gedacht worden aan beïnvloeding van de vegetatie op de dijk en daarmee de erosiebestendigheid. Voor veendijken en sterk humeuze dijken zou verlaging van het peil kunnen leiden tot scheurvormingen en verdroging van de dijk. Daarnaast kan de snelheid van de autonome maaiveldaling mogelijk worden beïnvloed door de peilveranderingen waardoor de kerende hoogte van de dijk nadelig wordt beïnvloed.

Samenvatting ongewenste gebeurtenissen.

In Tabel 4.1 zijn de genoemde mechanismen samengevat voor het deelproject GEO. Daarnaast is aangegeven om welke ongewenste gebeurtenis het gaat. Overigens wordt er hierbij uitgegaan dat het ingestelde open water peil in de grote plassen als gevolg van het flexibel peilbeheer altijd wordt gemeten met behulp van peil waarnemingen.

Stelsel onderdeel	Mechanisme	ongewenste gebeurtenis
open water	vertraging/demping in oppervlakte water systeem	ander open waterpeil (in hoogte en tijd van voorkomen) dan in oppervlaktewater waarnemingsput geconstateerd
reactie grondwater	grondwaterstands aanpassing (verhoging) aan oppervlaktewaterstand	grondwaterstandsverhoging
	grondwaterstands aanpassing (verlaging) aan oppervlaktewaterstand	grondwaterstandsverlaging
	grondwaterstands aanpassing (verlaging) aan oppervlaktewaterstand	droogvallen houten palen
reactie waterkering	grondwaterstands aanpassing aan oppervlaktewaterstand	meer sterkteafname dan verwacht bij waterkeringen
maaiveld zakking (grondzetting) / afbraak legakkers	zetting ondergrond door lagere grondwaterstand	grotere (doorgaande) maaiveldzakking
erosie oever/legakkers	meer variatie in waterstand belast een groter deel van de oever/legakker	snellere erosie van oevers/legakkers
	meer verdroogd veen leidt tot meer erosie van de oever/legakker	snellere erosie van oevers/legakkers
reactie constructie	samendrukken grond onder fundering	zakking panden
	grotere belasting op palen	zakking panden
reactie beschoeiing	schade door veranderde belastingsomstandigheden	afkalving maaiveld / schade beschoeiing
	schade door materiaal degradatie	afkalving maaiveld / schade beschoeiing

Tabel 4.1 Identificatie ongewenste gebeurtenissen

4.3.2 Keuze wel/niet monitoren

De keuze of er wel of niet gemeten moet worden hangt in eerste instantie af van de volgende twee overwegingen (afgezien van eventuele juridische of communicatieve doelen):

1. Is het risico groot genoeg om monitoring toe te passen, ofwel weegt de benodigde inspanning op tegen het risico.
2. Is monitoring het juiste middel om het risico te beheersen.

Ander open waterpeil (in hoogte en tijd van voorkomen)

Omdat de grondwaterstandsverlaging en het daarbij behorende oppervlaktewaterpeil de belangrijkste input zijn van alle geotechnische effecten is vanwege het niet bekend zijn en aan willen tonen van deze (grond) waterstanden (wetenschappelijk doel) noodzakelijk deze te meten. Het oppervlaktewater nabij bebouwd land of dieper in het watersysteem (via watergangen en sloten) kan afwijken van het peilniveau in een oppervlaktewater waarnemingsput, het waarnemingspunt waarop het peilbeheer wordt gestuurd. Hiervoor kunnen peilbuizen gebruikt worden waardoor de inspanning gering is. Deze worden dan

geplaatst nabij locaties waar ook de grondwaterstand wordt gemeten. De relatie tussen grondwater en het oppervlaktewater peil kan dan vastgesteld worden. Hier wordt overigens verder niet op ingegaan omdat dit onderwerp in deelproject Hydro is opgenomen.

Grondwaterstandsverhoging

In het flexpeil project is informatie beschikbaar over welke grondwaterstandsverhoging verwacht wordt. Dit kan worden gehaald uit eerder uitgevoerde studies, expertkennis en uit later in dit flexpeilproject uit te voeren voorspellingen van de verwachte verhoging. Op basis van deze informatie worden geringe afwijkingen verwacht t.o.v. de huidige situatie. Bovendien kan in Nederlandse omstandigheden het grondwater tot (vlakbij) het maaiveld komen. Het effect van een grondwaterstandsverhoging op de geotechnische effecten bij constructies is zeer klein. Peilbuismetingen kunnen gebruikt worden om deze verwachting te controleren (in feite een kwaliteitsborging) en daarna het project bij te sturen (operationeel doel).

Grondwaterstandsverlaging

In het flexpeil project is wel informatie beschikbaar over welke grondwaterstandsverlaging verwacht wordt. Dit kan worden gehaald uit eerder uitgevoerde studies, expertkennis en uit later in dit flexpeilproject uit te voeren voorspellingen van de verwachte verlaging. Op basis van deze informatie worden geringe afwijkingen verwacht t.o.v. de huidige situatie (ook gerelateerd aan de verwachting van de oppervlaktewaterpeil verlagingen). Peilbuismetingen kunnen gebruikt worden om deze verwachting te controleren (in feite een kwaliteitsborging) en daarna het project bij te sturen (operationeel doel).

Droogvallen houten palen

Droogvallen van houten palen is in eerdere studies aan de orde gekomen. Van 10 panden waar informatie voorhanden was is bij 1 pand geconstateerd dat mogelijk de grondwaterstand enkele cm's onder de paalkop kan zakken gedurende enige tijd per jaar. In [ref.7] is aangegeven dat bij een gemiddelde droogstand tot 0,2 m de schade beperkt zal blijven en pas na vele tientallen jaren optreedt.

Ook al ontbreekt bij deze studies detailinformatie voor ieder gebouw, er kan toch worden geconcludeerd dat met de gehanteerde aannames de kans op optreden van voldoende grondwaterstandsverlaging om droogvallen van houten palen te veroorzaken zeer laag is.

De laatste 50 jaar is de laagste oppervlaktewaterstand vrijwel constant gebleven, aangenomen mag worden dat dat voor de grondwaterstand hetzelfde zal zijn. Bovendien geldt dat deze laagste grondwaterstand lager is dan momenteel als ondergrens wordt aangehouden, alhoewel binnen enkele jaren de ondergrens (die het plassencontract mogelijk maakt) alsnog zal worden gehaald. Houten palen van voor die tijd die mogelijk droog zouden zijn komen te staan hadden in de laatste 50 jaar tekenen van schade moeten hebben vertoond, die informatie is er niet.

Meting van de grondwaterstand en de variatie is al voorzien en is een geringe inspanning. In het gebied zullen peilbuizen bij woningen worden geplaatst in het kader van participatieve monitoring. Dit biedt de mogelijkheid meer verspreid over het gebied te weten te komen welke hoogte en variatie van de grondwaterstand wordt verwacht. Het koppelen aan detailinformatie van een houten paalfundering zou exact opleveren of houten paalfunderingen droog kunnen vallen en in welke mate. De beschikbare informatie over in dit gebied aanwezige houten paalfundering is zeer beperkt. Uit de eerder uitgevoerde studie is gebleken dat er weinig relevante gegevens uit de openbare (gemeentelijke) archieven is te verkrijgen. Een enquête bij de bewoners heeft eveneens uitgewezen dat die informatie over het algemeen niet aanwezig is bij bewoners. De inspanning om deze informatie te verkrijgen is

dus zeer groot. De kennis over het effect van grondwaterstanden en houten paalfunderingen is aanwezig. In de huidige situatie zijn geen aanwijzingen van problemen met houten paalfunderingen. Gekozen wordt om met de beschikbare informatie nu en na interpretatie van de grondwaterstandsmetingen een uitspraak te doen over de te verwachten problemen nu of in de toekomst. Op basis daarvan kan besloten worden tot een grootschalig funderingsonderzoek.

Meer sterkteafname dan verwacht

In het flexpeil project is informatie beschikbaar over welke grondwaterstandsverandering verwacht wordt. Dit kan worden gehaald uit eerder uitgevoerde studies, expertkennis en uit later in dit flexpeilproject uit te voeren voorspellingen van de verwachte verlaging. Op basis van deze informatie worden geringe afwijkingen verwacht t.o.v. de minimale en maximale waarden die gebruikt worden bij het ontwerp en de toetsing van de waterkeringen t.b.v. de uit te voeren stabiliteitsberekeningen en pipingberekeningen. Peilbuismetingen kunnen dus gebruikt worden om deze verwachting te controleren (in feite een kwaliteitsborging) en daarna het project bij te sturen (operationeel doel).

Grotere (doorgaande) maaiveldzakking

De maaiveldzakking als gevolg van een grondwaterstandsverlaging is met behulp van gangbare zettingsmodellen te voorspellen. In gebied Muyevelt wordt een zeer geringe maaiveldzakking verwacht op basis van reeds uitgevoerde studies en expertkennis. De zakking treedt bovendien op in een periode van 5 – 10 jaar. Per jaar is de maaiveldzakking zeer gering. Bovendien is bij de wegen en veel woonlocaties dusdanig veel zand aanwezig dat vrijwel alle slappe lagen daaronder of een deel ervan zijn verdwenen. De maaiveldzakking en de nauwkeurigheid van de metingen zitten in dezelfde orde. Monitoring van het maaiveld in Muyevelt is derhalve niet zinvol.

In gebied Ronde Hoep zal de maaiveldzakking door een grondwaterstandsverlaging voorspeld kunnen worden. Deze treedt eveneens op in een periode van 5-10 jaar. De autonome maaiveldzakking die jaarlijks optreedt en in de orde van 7 mm per jaar ligt, zal na het instellen van flexpeil door blijven gaan en mogelijk iets veranderen. Een specifieke maaiveld monitoring kan gebruikt worden om de voorspelde maaiveldzakking te controleren. Een meting van 1 jaar (tot 2012) zal, gezien de tijdsduur van het optreden van de zettingen, derhalve niet bijdragen aan de operationele of kwaliteitsdoelen. De wetenschappelijke doelen (werkbaarheid meetmethode, lange termijn resultaat) zijn er al wel. De meetmethode kan aan de hand van de praktijk bijgesteld worden waar nodig, waarna de meting gedurende een periode van circa 10 jaar in stand kan worden gehouden.

Snellere erosie van oevers/legakkers

Door een flexibel peil kunnen 2 dingen gebeuren.

1. Er komt meer variatie in waterpeil waardoor de zone waarover erosie kan optreden toeneemt (de golven zullen hetzelfde blijven).
2. Er is meer kans op verdroging van het veen door lagere waterstanden in de zomer waardoor erosie kan toenemen.

De historie geeft aan dat beide aspecten hebben geleid tot erosie van het veen met het verdwijnen van legakkers en het ontstaan van grote plassen tot gevolg. Het onderscheid van bijdrage van elk van de aspecten is onbekend.

In gebieden als Kievitsbuurt, Tienhovense plassen en mogelijk nog andere locaties zal er mogelijk een geringe toename zijn in de zone waarover de oever wordt belast. Het gaat echter maar om hooguit enkele cm's, dus het effect hiervan wordt nihil geacht. Bovendien zijn

er ook andere oorzaken te benoemen zoals in het voor staatsbosbeheer uitgevoerde onderzoek [ref. 6.] is uiteengezet. Het gaat hier bijvoorbeeld om aanwezigheid van bomen en struweel, waterkwaliteit, recreatie, dieren.

Door de grotere kans op verdroging wordt wel een grotere kans op erosie verwacht. Verdroogd veen kan namelijk slechter tegen belasting door golven (of wind). Hierdoor is een snellere erosie te verwachten, mits de nieuwe waterpeilen daadwerkelijk tot een langdurigere droogstand van het veen leiden dan nu al het geval is.

Het instellen van flexpeil zou kunnen zorgen voor een versnelde erosie van onbeschermd oevers en dan met name legakkers. Het effect zal op een termijn van ca. 5 jaar of langer zichtbaar zijn.

Metingen aan de effecten kunnen bestaan uit visuele metingen waarbij visueel wordt vastgesteld of een bepaald mechanisme zich voordoet. Visuele waarnemingen worden vastgelegd op formulieren of met foto's. Tevens kunnen oeverprofielen worden ingemeten. Daarnaast kunnen metingen worden uitgevoerd aan de oorzaken door middel van een peilbuis.

Deze gegevens dienen te worden vergeleken met nul-metingen. Dat zal lastig zijn omdat geen langdurige reeks metingen beschikbaar is. Daarnaast moet worden gerealiseerd dat er vele andere effecten een rol spelen, zoals golven, watersport, waterkwaliteit. De specifieke rol van een flexibel peil hierin lijkt niet eenduidig aanwezig te zijn. De monitoring moet dan ook gezien worden in het kader van verzamelen van data.

Zakking panden

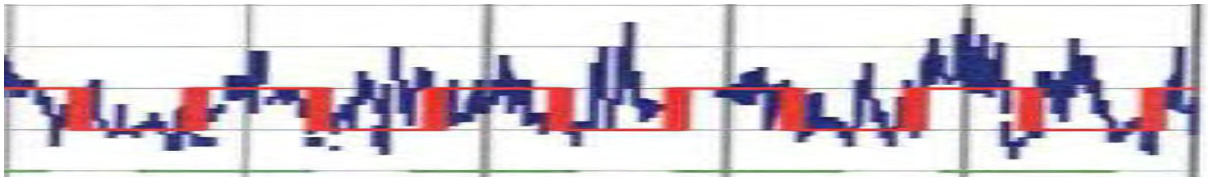
De zakking van panden of de schade aan panden kan op verschillende manieren worden gemonitord. Op basis van de eerder uitgevoerde studies, expertkennis kan worden vastgesteld dat de zakking gering zal zijn. Derhalve is de kans op schade ook zeer gering. Alleen de peilbuismetingen kunnen aanleiding zijn om de voorspelling van schade aan te passen. Op dit moment is de inspanning voor monitoring groot en het verwachte effect nihil. Aan het eind van het flexpeil project zal een eventuele monitoring voor de periode tot 10 tot 20 jaar worden voorgesteld.

Afkalving maaiveld / schade beschoeiing

Schade aan een beschoeiing ontstaat voornamelijk door de volgende twee oorzaken:

- Belasting wordt groter dan waar de beschoeiing op is 'ontworpen'. Bijvoorbeeld door een significant hogere of lagere grondwaterstand dan tot nu toe is opgetreden of een zwaarder gebruik van het maaiveld achter de beschoeiing. Er treden dan grote vervormingen op, mogelijk ook constructieve schade.
- Het materiaal is aan het eind van zijn levensduur gekomen. De sterkte van het materiaal is dan te veel afgenomen. Het materiaal kan de belasting niet meer opnemen en gaat (lokaal) kapot. Als de schade niet snel hersteld wordt zal het maaiveld achter de beschoeiing gaan eroderen.

In onderstaand figuur is met de blauwe lijn een meetreeks te zien van het waterpeil in de periode 2003-2007 van het gebied Muyevelde. Met de rode lijn zijn de streefpeilen weergegeven.



Figuur 4.1 Geregistreerde waterhoogtes (tussen NAP -1,00 en -1,20) ingezoomd op 2003 t/m 2007

Te zien is dat het waterpeil een aantal malen per jaar de NAP – 1,18 m haalt en als hoogste waarde NAP – 1,05 à -1,02 m kan halen. Daarnaast is te zien dat er meerdere wisselingen gedurende een jaar optreden. Er is duidelijk al een variabel peil aanwezig in deze periode vanaf 2003.

Als gevolg van Flexpeil kan de minimale waterstand iets lager worden t.o.v. de op dit moment aanwezige minimale waterstanden in Muyevelde (ca. NAP – 1,20 m ofwel verschil van 0,02 m), de maximale waterstand kan iets hoger worden t.o.v. de op dit moment aanwezige maximale waterstanden (ca. NAP – 1,05 m hetgeen nu ook al af en toe optreedt). Deze veranderingen zijn zo gering dat er geen effect verwacht hoeft te worden op de belasting van de beschoeiing.

De tijd dat deze uitersten kunnen optreden kan langer zijn dan tot nu toe het geval is. Qua belasting is de duur van optreden echter geen belangrijke parameter omdat de grondkering juist de uitersten moet kunnen opnemen (eventueel in combinatie met gering onderhoud). Opgemerkt wordt dat deze nieuwe minimum en maximum waterstanden nog steeds binnen de waarden vallen die sinds 1966 in het plassencontract zijn opgenomen.

Tot slot treden er mogelijk meerdere wisselingen in de waterstand gedurende een jaar op. Gezien de openheid van een beschoeiing zal de grondwaterstand achter de beschoeiing het oppervlaktewaterpeil direct volgen. Er is geen effect op waterdrukverschillen.

Het gebruikte materiaal heeft een bepaalde levensduur voor de toepassing waar het voor wordt gebruikt (in dit geval beschoeiing langs open water) en zal dus gedurende de levensduur bestand moeten zijn tegen de invloed van blootstelling aan water. Het is met name de zone van de golfslag die zorgt dat het materiaal vochtig wordt, maar niet permanent onder water, die de grootste invloed heeft op de levensduur. Normaal gesproken kun je veronderstellen dat t.o.v. een meer vaster peil bij flexibel peil de zone waarover de beschoeiing vochtig zal zijn (dus niet permanent onderwater en niet permanent droog) groter zal worden. Dit kan de levensduur van het materiaal beperken. Echter er is geen invloed op de gegarandeerde levensduur van het materiaal. Vaak gaat het materiaal langer mee dan door de leverancier gegarandeerd, de zogenaamde verlengde levensduur. Het is alleen de verlengde levensduur die zal afnemen. Uit de metingen van het waterpeil blijkt echter dat ook nu al vele wisselingen gedurende een jaar optreden.

Het instellen van flexpeil zal geen noemenswaardig effect opleveren in de belasting op de beschoeiingen (1 à 2 cm waterstandsverandering). Bij een bepaalde keuze van materiaal (en daarmee een bepaalde levensduur/kwaliteit) van de beschoeiing zal de genoemde veranderingen van waterstand geen invloed uitoefenen op de aanwezige levensduur/kwaliteit.

Op basis van de informatie van belanghebbenden is de subhypothese dat deze belanghebbenden wel schade verwachten door het instellen van flexpeil. Het gaat hier echter om de verlengde levensduur, dus de tijd dat een constructie langer mee gaat dan gegarandeerd door de leverancier.

Uiteindelijk gaat het hierbij om lange periodes waarover voorgaande zich manifesteert waarbij een lange meetreeks hoort. Die tijd is niet aanwezig in het flexpeil project. De monitoring van de effecten, die gedurende een lange periode pas zal optreden, is mogelijk voor de maatschappelijke acceptatie van deze hypothese niet goed genoeg. Aanvullende vragen dienen beantwoord te vragen.

De monitoring heeft als doel aan te tonen dat de wetenschappelijke hypothese juist is. Een langdurige meting aan de verplaatsingen (gevolgen) van de beschoeiing is niet in stand te houden. Hetzelfde geldt voor metingen aan de degradatie van het materiaal (bijvoorbeeld vochtindringing). Bovendien ontbreekt een voldoende lange reeks nulmetingen om het e.e.a. wetenschappelijk te onderbouwen. Daarnaast kunnen de kosten hoog oplopen vanwege de lange meettijd en de vele locaties.

Er wordt geadviseerd de volgende acties te ondernemen:

- Het uitvoeren van een aantal bureau studies
 - Welke ervaring is er al bij de mogelijke achteruitgang van beschoeiingen nadat een flexibel peilbeheer is ingesteld.
 - Is er op basis van materiaal technologie (bijv. hout) vast te stellen of er door het toepassen van flexibel peil een degradatie voorzien wordt en in welke mate.
- Eventueel kunnen visuele metingen worden toegevoegd.

Resultaat monitoren

Voorgaande afwegingen zijn in onderstaande Tabel 4.2 verwerkt. Hierbij is getracht het risico van een ongewenste gebeurtenis kwalitatief weer te geven door de kans op optreden en het gevolg van optreden vast te stellen. Dit gebeurt in een schaal van 1 t/m 5. Daarbij staat 1 voor gering en 5 voor groot. Er is geen absolute invulling van deze klassen gemaakt. De score van een risico is kans x gevolg. De score is gebruikt om een prioriteit te verkrijgen. Daarnaast is aangegeven of monitoring mogelijk is om het effect te beheersen, is monitoring te gebruiken voor het benodigde doel.

Mechanisme	ongewenste gebeurtenis	risico			monitoren	opmerking
		kans	gevolg	score		
vertraging/demping in oppervlakte water systeem	ander open waterpeil (in hoogte en tijd van voorkomen) dan in oppervlaktewaarnemingsput geconstateerd	5	5	25	ja	relatie open water – grondwater zeer belangrijk voor studie
grondwaterstands aanpassing (verhoging) aan oppervlaktewaterstand	grondwaterstands-verhoging	5	1	5	ja ⁽¹⁾	vaststellen grondwaterstand belangrijk voor studie
grondwaterstands aanpassing (verlaging) aan oppervlaktewaterstand	grondwaterstands-verlaging	5	5	25	ja	vaststellen grondwaterstand belangrijk voor studie
grondwaterstands aanpassing (verlaging) aan oppervlaktewaterstand	droogvallen houten palen	1	5	5	ja ⁽²⁾	alleen in zeer speciale gevallen;
grondwaterstands aanpassing aan oppervlaktewaterstand	meer sterkteafname dan verwacht bij waterkeringen	1	5	5	ja ⁽¹⁾	vaststellen grondwaterstand belangrijk voor studie
zetting ondergrond door lagere grondwaterstand	(doorgaande) maaiveldzakking	3	4	12	ja	lange termijn (operationeel doel)
meer variatie in waterstand belast een groter deel van de oever/legakker	snellere erosie van oevers/legakkers	?		?	nee	gegevens uit Friesland gebruiken
meer verdroogd veen leidt tot meer erosie van de oever/legakker	snellere erosie van oevers/legakkers	3	?	?	ja	vaststellen grondwaterstand belangrijk voor studie; lange termijn (operationeel doel); relatie met overige oorzaken is moet dan nog gelegd worden
samendrukken grond onder fundering	zakking panden/ schade	2	2	4	ja ⁽²⁾	lange termijn (operationeel doel); beslissing eind project
grotere belasting op palen	zakking panden/ schade	1	1	1	nee	
schade door veranderde belastingsomstandigheden	afkalving maaiveld / schade beschoeiingen	1	-	-	nee	andere metingen
schade door materiaal degradatie	afkalving maaiveld / schade beschoeiing	1	5	5	ja ⁽²⁾	lange termijn (operationeel doel); beslissing eind project

⁽¹⁾ grondwaterstandsverhoging kan voor andere effecten een groter gevolg hebben dan hier voor geotechnische effecten beschouwd

⁽²⁾ monitoringsnoodzaak niet direct aanwezig, monitoringsbehoefte is pas duidelijk in 2012 (eind flexpeil project)

Tabel 4.2 Keuze Monitoring noodzaak

4.3.3 Vaststellen te monitoren parameters

Uit Tabel 4.2 blijkt dat in eerste instantie vooral wordt gekozen voor het monitoren van open water en grondwaterstandsverlaging en maaiveldzakking, dit heeft de hoogste prioriteit in dit beschouwd gebied.

Voor het project is het belangrijk dat deze 2 geotechnische aspecten aan elkaar gekoppeld zijn. Het gaat immers om de reactie van het grondwater op de verandering in het open water en de reactie van grond daarop. Deze koppeling is er nu ook al. Voor het bepalen van de nul-situatie is echter te weinig tijd aanwezig, aangezien het instellen van flexibel peil al is ingevoerd of zeer snel wordt ingevoerd. Voor de nul-situatie zullen reeds aanwezig peilbuizen moeten worden gebruikt (eventueel in combinatie met de modellering).

Grondwater

De vast te stellen parameters zijn de volgende:

1. Grondwaterpeil
Waterstand in de grond waarbij hydrologisch evenwicht is met alle toevoer en afvoer van grondwater. Deze locatie is meestal op een afstand van minimaal 20 m vanaf open water of het midden van een grondperceel. Bekend wordt in hoeverre een extra uitzakking (maar ook verhoging) van het grondwater t.o.v. het open water optreedt.
2. Grondwaterpeil op korte afstanden van het open water
Hiermee kan het verloop van de grondwaterstand naast het open water worden vastgesteld. Bekend wordt hoe snel het grondwater zich aanpast aan het open water.
3. Stijghoogte van grondwater in het onderliggende zandpakket
In Muyevelde ligt het onderliggende zandpakket vrij hoog. De invloed hiervan op geotechnische effecten is voor de hand liggend, m.n. bij waterkeringen.
4. Open water peil
Door het peil van het oppervlaktewater te meten nabij de grondwater metingen kan een relatie gelegd worden tussen het open water peil en de reactie van het grondwater.

Indien mogelijk zullen in t.b.v. een blijvende monitoring signaal of interventiewaarden worden vastgesteld. Tevens wordt vermeld wat te doen als deze waarden worden bereikt.

De te gebruiken meettechnieken worden besproken in hoofdstuk 4.3.5. Er is in eerste instantie wordt gekozen voor het meten m.b.t. peilbuizen.

Maaiveldzakking

De vast te stellen parameters zijn de volgende:

1. Grondwaterpeil
Waterstand in de grond waarbij hydrologisch evenwicht is met alle toevoer en afvoer van grondwater. Deze locatie is meestal op een afstand van minimaal 20 m vanaf open water of het midden van een grondperceel. Bekend wordt in hoeverre een extra uitzakking (maar ook verhoging) van het grondwater t.o.v. het open water optreedt.
2. Maaiveldzakking (gevolg).

De te gebruiken meettechnieken worden besproken in hoofdstuk 4.3.5. Er is in eerste instantie gekozen voor het meten m.b.t. peilbuizen en maaiveldhoogtemetingen.

4.3.4 Meetnauwkeurigheid en meetfrequentie

Grondwaterstand

Bij het meten van de grondwaterstand, open waterpeil en stijghoogte van het diepere grondwater is het meten met een nauwkeurigheid van 1 cm voldoende. Een grotere nauwkeurigheid heeft t.b.v. van de uit te voeren berekeningen geen toegevoegde waarde. Bovendien zullen signaal- of interventiewaardes naar alle waarschijnlijkheid in stappen van cm's worden opgegeven.

De minimale meetfrequentie wordt bepaald door welke gegevens uit te metingen moeten worden afgeleid:

1. Aantal malen instellen van peil (enkele malen per jaar).
2. Opstuwning door wind (meest voorkomende windrichting).
3. Effect van droogte periodes.
4. Effect van regenbuien.
5. Snelheid van aanpassing in de grond.

Op basis van bovenstaande, en dan met name het effect van de laatste 2 items, is één meting elke dag het minimum. Om dat te bewerkstelligen is een geautomatiseerde meting het meest voor de hand liggend. In de periode van het flexpeil project is bijsturing van het project, vanwege de lange termijn van het optreden van geotechnische effecten, per kwartaal voldoende snel. Uitlezen van de geautomatiseerde meting per kwartaal is derhalve het minimum.

Maaiveldzakking

De huidige maaiveldzakking ligt gezien de bestaande informatie tussen de 5 en 10 mm / jaar. Door Flexpeil kan een kleine verandering worden veroorzaakt, die wordt ingeschat op maximaal een factor 2. De meettechniek moet deze verandering kunnen waarnemen. Met de meest in aanmerking komende technieken is een meetnauwkeurigheid van 2-3 cm te behalen in een grote polder zoals Ronde Hoep. Aangezien natuurlijke maaiveld variaties van 15 cm aanwezig kunnen zijn vanwege de slappe ondergrond (door vertrapping door mensen en koeien en door tractors) is een middeling in maaiveldmeetlocaties nodig en een lange meetperiode.

Op basis hiervan wordt een meting 2x per jaar voorgesteld (zomer / winter) gedurende 10 jaren. In het eerste jaar wordt vaker gemeten om de methode van meten eventueel aan te passen.

4.3.5 In aanmerking komende monitoringtechnieken

Hieronder volgt een overzicht van in aanmerking komende monitoringstechnieken t.b.v. het vaststellen van effecten aan maaiveld, constructies en waterkeringen.

De meeste technieken vereisen specialistische begeleiding. De technieken MT8, MT11 en MT12 kunnen overgelaten worden aan derden/particulieren waardoor inzet t.b.v. participatieve monitoring mogelijk wordt.

MT1 Deformatiemeting objecten (z-meting of xyz-meting)

Hierbij wordt de verplaatsing van een punt in één (hoogte z) tot drie richtingen (hoogte z en twee horizontale richtingen x en y) gemeten. Deze metingen dienen periodiek uitgevoerd te worden waarbij rekening wordt gehouden met bepaalde momenten in de tijd (bijv. peilveranderingen). De hoogte van de punten wordt gemeten met een waterpassing t.o.v. minimaal 1 vast punt of een GPS meting met een satelliet als referentie. Deformatiemetingen aan maaiveld of constructies worden meestal gedaan op meetbouten die op het object zijn aangebracht. Deze worden gerelateerd aan een vast punt.

Indien rotaties een rol kunnen spelen moeten voldoende meetbouten in een raai worden aangebracht om iets over de rotatie te kunnen meten.

MT2 Zakbaakmetingen

Hierbij wordt de verticale verplaatsing gemeten van een staaf die vastzit aan een plaat die op een bepaald niveau onder maaiveld is geplaatst. Om de staaf zit vaak een buisje om te voorkomen dat de grond er omheen aan de staaf kan gaan hangen. Deze techniek wordt vaak gebruikt onder een ophoging. De hoogte van de staaf wordt gemeten met een waterpassing t.o.v. minimaal 1 vast punt. De techniek is in de praktijk gevoelig gebleken voor bouwwerkzaamheden en vandalisme (kapotrijden, buigen, buis volgooien, verwijderen).

MT3 Vaste punt meting

Bij deze methode wordt de verticale verplaatsing gemeten tussen maaiveld en een geplaatst vast punt. Dit vaste punt is een staaf die tot in de vaste zandlaag wordt geplaatst. Om de staaf zit een buis die moet voorkomen dat de omringende grond aan de staaf gaat hangen. Op het maaiveld wordt een plaat gelegd met in het midden een gat voor de staaf en de daaromheen liggende buis. De hoogte van de plaat t.o.v. de staaf wordt gemeten met een waterpassing.

MT4 Laser hoogtemeting

De methodiek laserhoogtemeting maakt gebruik van pulsen laserlicht die door een scanner aan boord van een vliegtuig of helikopter worden afgevuurd op het aardoppervlak. Door van het gereflecteerde licht de looptijd te meten, wordt de afstand tussen oppervlak en vliegtuig bepaald. Ook is de hoek van de bundel bekend. Het instrument scant al vliegend een strook onder het vliegtuig. Door periodiek opnames te maken van het oppervlak en deze met elkaar te vergelijken kan het verschil in hoogte van het maaiveld worden afgeleid. De methodiek heeft correcties nodig voor begroeiingen of tijdelijke constructies op het maaiveld. De methodiek wordt veelal gebruikt voor grotere oppervlaktes. De nauwkeurigheid is in de orde van 5 cm's.

MT5 Satelliet reflectiemeting

Hansje Brinker is een bedrijf dat de deformatie van objecten op het maaiveld kan afleiden door verwerking van satellietbeelden. Na contact met het bedrijf in 2011 is het volgende vastgesteld. De satelliet op 800 km hoogte genereert radarsignalen die aan het aardoppervlak reflecteren. In de hoogste resolutie is de pixel grootte in deze beelden 1x1 m. Door het vergelijken van de radarbeelden kan de deformatie worden bepaald in verloop van tijd. De nauwkeurigheid is zeer hoog, nl. mm's. De methodiek werkt echter alleen als er voldoende reflectie kan worden bereikt. Gebleken dat de techniek niet goed werkt op natuurlijke begroeiing en slecht op zeer diffuse oppervlaktes zoals asfalt en voor het flexpeil project op dit moment niet in aanmerking komt.

MT6 Tiltmeter

De tiltmeter meet veranderingen in helling van een bepaald deel van een gebouw waaraan die is bevestigd. Er zijn veel verschillende uitvoeringen; tiltmeters die op 1 plek worden vastgemaakt, en draagbare tiltmeters, die op verschillende plekken waar een bepaalde plaat op het gebouw is bevestigd kunnen worden gebruikt om een meting uit te voeren. Meting wordt met name toegepast op locaties waar scheefzakkingen worden verwacht, bijvoorbeeld nabij een ophoging of ontgraving.

MT7 Lintvoegwaterpassing

De lintvoegmeting is een scheefstandmeting van de gevel van een constructie. Bij deze meting wordt een horizontale voeg van het metselwerk op een aantal plaatsen ingemeten met een waterpasinstrument. Deze meting geeft een beeld van der relatieve vervormingen van de gevel. Dit is een indicatie van het gedrag van de fundering.

MT8 Scheurwijdte opnemers

Hiermee worden veranderingen in de wijdte van bestaande scheuren van constructies opgemeten. Dit is een indicatie voor het scheefzakken van een constructie. Bij gebouwen wordt meestal gebruik gemaakt van mechanische scheurmeters. In dat geval wordt een plastic houder gemonteerd over de scheur. Het linkerdeel van de houder is voorzien van een grid, het doorzichtige rechterdeel van de houder is voorzien van rode kruisdraden. Op regelmatige tijden wordt van de houder een foto genomen en een schatting gemaakt van de scheurwijdte. Er bestaan ook automatische scheurmeters die continu meten.

MT9 Inclinometingen

Met inclinometingen kan de verandering in helling van een in de grond of op een wand geplaatste buis worden gemeten. Hieruit valt de horizontale deformatie van grond of van een constructiewand af te leiden. In de buis wordt een elektronische waterpas geplaatst tot onder in de buis. Daar wordt de eerste meting uitgevoerd. De waterpas wordt omhooggehaald, waarbij op elke halve meter een meting wordt uitgevoerd. Deze methodiek wordt met name toegepast op locaties waar scheefzakkingen worden verwacht, bijvoorbeeld nabij een ophoging of ontgraving

MT10 Extensometers

Met een extensometer kunnen verticale verplaatsingen van de grond worden gemeten. Dat kan zijn van het maaiveld maar dat kan ook op verschillende dieptes in de grond. De metingen vinden doorgaans plaats in een open buis met een vast punt. Nabij het maaiveld en eventueel op meerdere dieptes zijn markers aanwezig waarvan de verplaatsing kan worden vastgesteld.

MT11 Peilbuizen

Met peilbuizen is de grondwaterstand te meten (freatisch vlak of stijghoogte in diepere watervoerende laag). Peilbuizen kunnen ook gebruikt worden voor monsternamen. Een kunststofbuis met filtersleuven over circa de onderste meter wordt in de grond gebracht. Soms zit onderin nog extra buis wat dienst doet als zandvang. De waterstand wordt gepeild met een peilklokje of elektronisch peilapparaat. Indien een groot aantal metingen of een continue meting nodig is kunnen ook divers worden toegepast.

Peilbuizen kunnen onverbuisd met bijvoorbeeld een handboring of sondeervoertuig worden aangebracht. Tevens worden puls- of avegaarboortechneken gebruikt. Bij plaatsing van filters in meerdere watervoerende lagen dienen afdichtingen tussen de filters te worden aangebracht in het boorgat om onderlinge beïnvloeding te voorkomen.

MT12 Visuele meting

Visueel wordt vastgesteld of een bepaald mechanisme zich voordoet. De methode is meestal niet preventief, maar is vaak een waardevolle aanvulling op meettechnieken die preventief worden ingezet, maar waar de verwerkingssnelheid van de data enige tijd vergt of wanneer geen meettechnieken beschikbaar zijn en de effecten langzaam in de tijd optreden. Visuele waarnemingen worden vastgelegd op formulieren of met foto's.

4.4 Meetlocaties grondwaterstand Muyevelt t.b.v. constructies

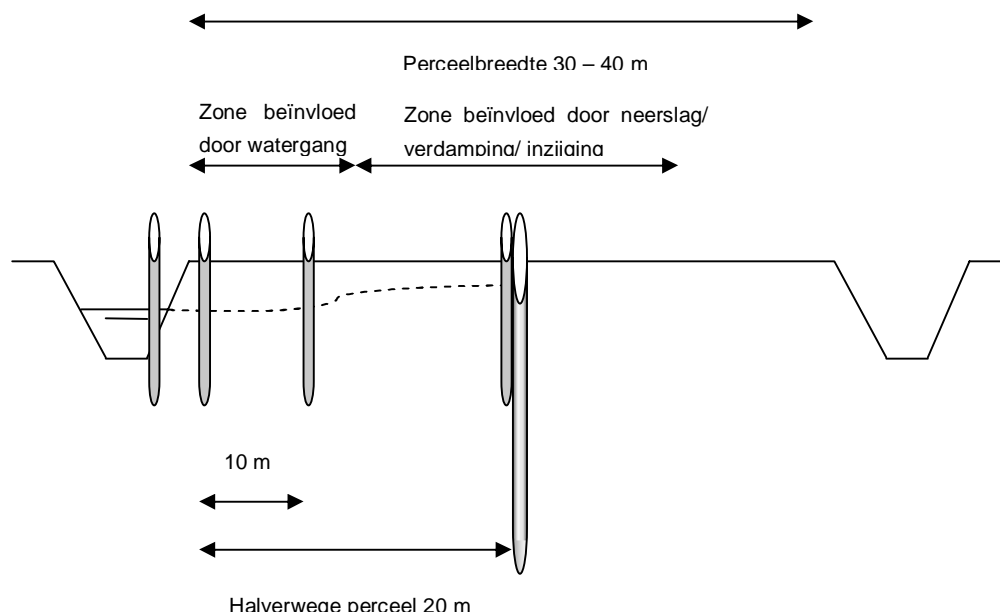
Voor het gebied Muyevelt worden 2 karakteristieke situaties onderscheiden waarvoor mogelijk een andere aanpassing van de grondwaterstand op het open water peil aanwezig zal zijn. Hierbij wordt gebruik gemaakt van meettechniek MT11 (Peilbuizen) :

1. Woningen in het gebied waar sloten aanwezig zijn t.b.v. het waterbeheer.
2. De bebouwde wegen door het plassengebied (aan beide zijden of 1 zijde ligt een groot oppervlak open water).

Ad. 1.

Voor deze gebieden kan aangesloten worden bij de 'talud raaien', zoals deelproject Hydro die reeds heeft geïnstalleerd bij de IJsbaan en zuidelijk van de Nieuweweg, bij de Tienhovense plassen. De bestaande raaien moeten uitgebreid worden met een peilbuis op 10 à 20 m van de watergang en een diepe peilbuis (zand op circa 2 à 3 m onder maaiveld). Deelproject Hydro heeft dezelfde wens, de gegevens kunnen derhalve voor meerdere doeleinden gebruikt worden.

De principe raai komt er dan als volgt uit te zien:



Per raai zijn 5 peilbuizen nodig:

Peilbuis 1 op 1 m vanaf de watergang

Peilbuis 2 op 10 m vanaf de watergang

Peilbuis 3 op 20 m vanaf de watergang (halverwege perceel).

Dit moet gecombineerd worden met peilbuis 4 voor een meting van de stijghoogte van het grondwater in het onderliggende zandpakket bij peilbuis 3, en peilbuis 5 voor de meting van het open waterpeil.

Ad. 2.

Voor deze wegen in het plassegebied worden 2 raaien gekozen. Eén aan de noordzijde van het gebied en één aan de zuidzijde van het gebied.

Het kenmerkende van deze doorsnede is een relatief smal stuk land (orde 50 m) met aan weerszijden open water. Op het stuk land loopt een weg met daaronder een funderingszandlaag die als gevolg van vele jaren onderhoud aan de weg een behoorlijke dikte heeft. Naast de weg loopt meestal een fietspad. Aan één zijde of soms twee zijden van de weg staat bebouwing. Aan de zuidzijde komen ook losse percelen aan de plas met rondom sloten voor. Deze zijn ook geschikt.

In de te plaatsen raai zijn 6 peilbuizen nodig:

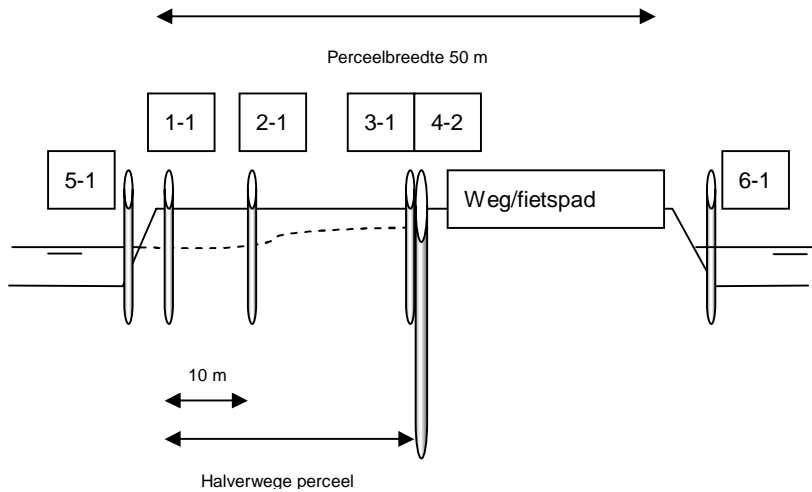
- Peilbuis 1 op 1 m vanaf de watergang.
- Peilbuis 2 op 10 m vanaf de watergang.
- Peilbuis 3 op 20 m vanaf de watergang (halverwege perceel, nabij de weg).

Dit moet gecombineerd worden met peilbuis 4 voor een meting van de stijghoogte van het grondwater in het onderliggende zandpakket bij peilbuis 3, en peilbuizen 5 en 6 voor de meting van het open waterpeil aan weerszijden van het landperceel (door diverse effecten kan het oppervlakte waterpeil links en rechts variëren t.o.v. elkaar).

De eisen waaraan de meetlocatie moet voldoen zijn:

1. Voldoende open ruimte (gras of lage begroeiing) om peilbuizen te kunnen plaatsen vanaf de Loosdrechtse plas tot de weg (niet vanaf de Loenderveense plas).
2. Er mag een oeverbeschoeiing staan omdat dat representatief is voor het gebied.
3. Geen grote bomen die de grondwaterstand kunnen beïnvloeden.
4. Liefst een locatie met een gebouw waarbij je kan verwachten dat die gevoeliger is voor grondwaterstandsverlagingen dan andere gebouwen.
5. Een terrein dat toegankelijk is en blijft en bij voorkeur in gemeentelijk eigendom.

Na een intensieve analyse van het gebied met behulp van Google Earth, terreinbezoek en overleg over de toegankelijkheid en beschikbaarheid komen 2 locaties het meest in aanmerking.

Locatie Horndijk (nabij Oud-Loosdrechtse dijk)

Figuur 4.2 Doorsnede peilbuizen raai Horndijk

De raai heeft de volgende configuratie:

- 3 freatische filters (1-1, 2-1 en 3-1).
- 1 filter in de watervoerende zandlaag (4-2).
- 2 freatische filters in het open water aan weerszijden van de weg (5-1 en 6-1) [indien er plek is].

De beoogde raai is in de situatie weergegeven in Figuur 4.3.



Figuur 4.3 Beoogde locatie raai locatie Horndijk

Op verzoek van de gemeente is de raai verplaatst richting het zuiden nabij de kruising met de Oud Loosdrechtse Dijk. De nieuwe locaties en bijbehorende benamingen zijn weergegeven in Figuur 4.4.



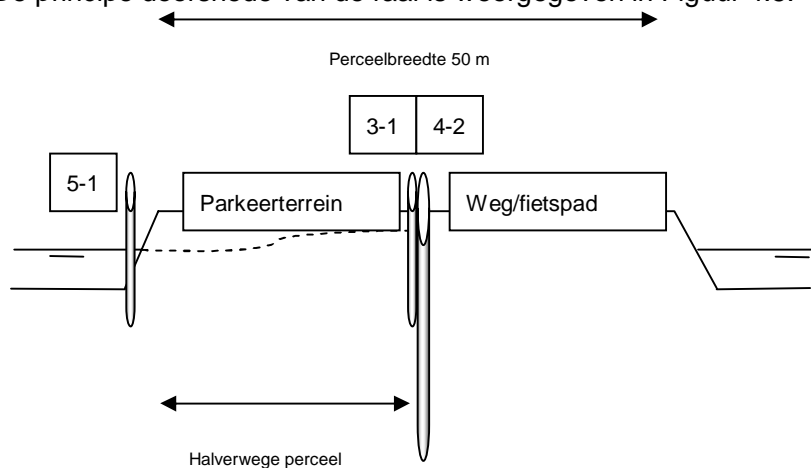
Figuur 4.4 Locatie geplaatste peilbuizen raai Horndijk (Oud-Loosdrechtse dijk)

Opgemerkt wordt dat peilbuis in het diepere zand (MUY24) niet is geplaatst vanwege de aanwezigheid van zand tot aan het diepe zand.

Locatie Nieuw-Loosdrechtse dijk.

In dit gebied is zeer veel particulier terrein aanwezig. De onderstaande locatie is gekozen bij een parkeerterreintje.

De principe doorsnede van de raai is weergegeven in Figuur 4.5.

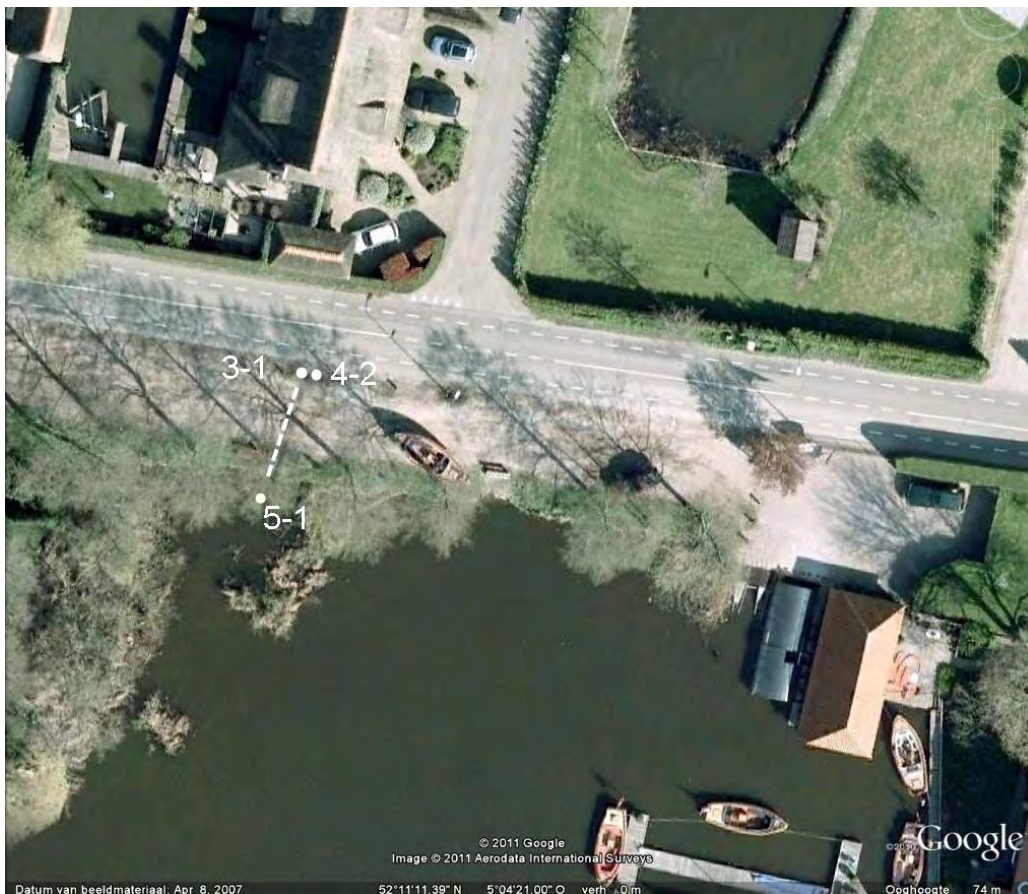


Figuur 4.5 Doorsnede peilbuizen raai Nieuw-Loosdrechtse dijk

De raai heeft de volgende configuratie:

- 1 freatisch filter (3-1).
- 1 filter in de watervoerende zandlaag (4-2).
- 1 freatisch filter in het open water naast het parkeerterrein.

In Figuur 4.6 is de beoogde locatie voor de principe raai weergegeven.



Figuur 4.6 Beoogde locatie raai Nieuw-Loosdrechtse dijk

De peilbuizen 3-1 en 4-2 dienen geplaatst te worden tussen de weg en het parkeerterrein. De overige peilbuizen zijn hier weggelaten omdat verwacht wordt dat door de aanwezigheid van zand in de ondergrond deze geen extra informatie geven. Dit is bevestigd door de booraannemer. Tevens bleek dat bij de weg het zand van de weg doorloopt tot het pleistocene zand. De diepe peilbuis is daardoor vervallen.

Na problemen met obstakels in de ondergrond is in overleg besloten de raai naar het westen te verplaatsen net naast de parkeerplaats. De werkelijke locaties zijn weergegeven in Figuur 4.7.



Figuur 4.7 Locatie geplaatste peilbuizen raai Nieuw-Loosdrechtse dijk

4.5 Meetlocaties grondwaterstand t.b.v. waterkeringen

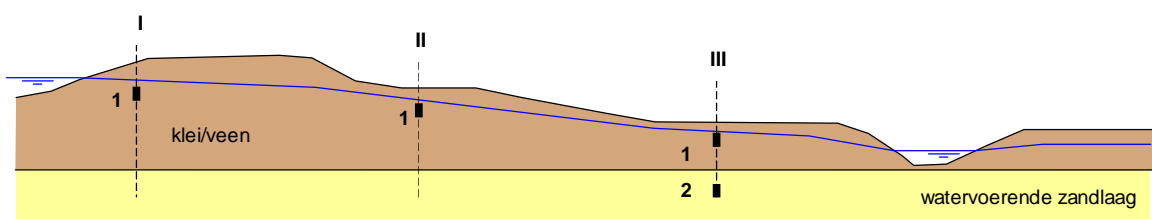
Algemeen

Er zijn 3 representatieve waterkeringen geselecteerd waarin peilbuizen geplaatst moeten worden:

- Muyevelt (Loosdrecht) : 2 raaien (kadenr. VB3-303C).
- Middelpolder : 1 raai (kadenr. AO3-2008C).
- Botshol : 1 raai (kadenr. PO3-1004C).

Elke raai heeft de volgende configuratie :

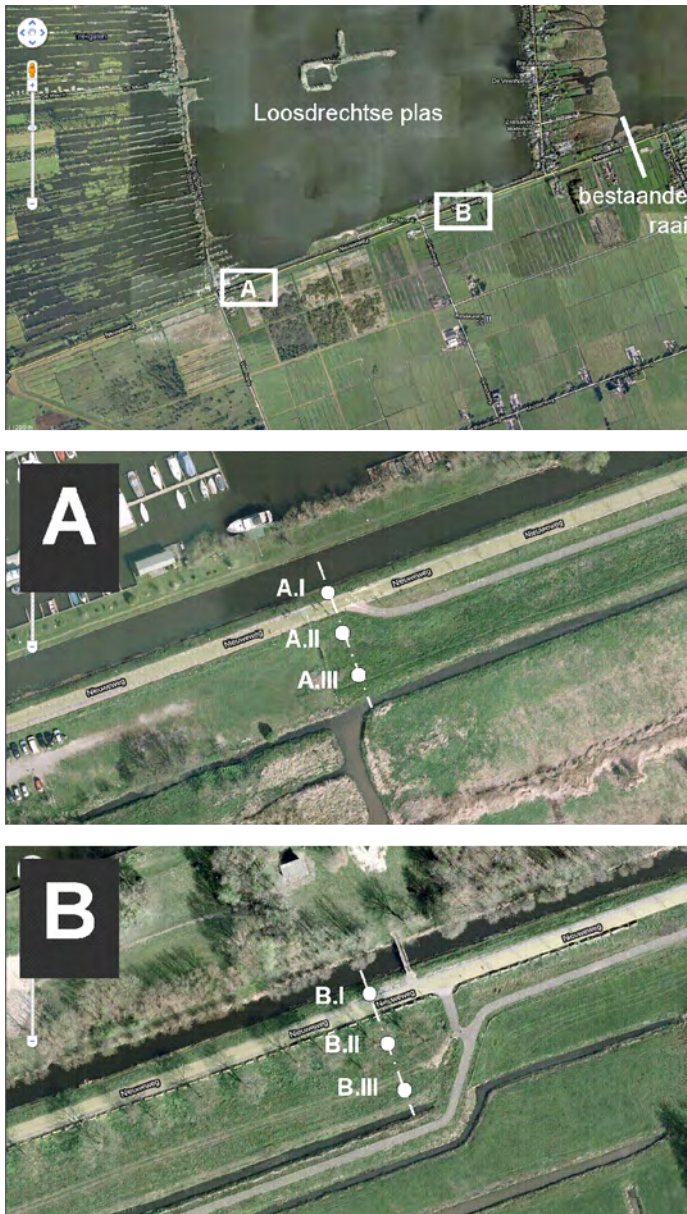
- 3 freatische filters (I-1, II-1 en III-1).
- 1 filter in de watervoerende zandlaag (III-2).



De respons van de stijghoogte in het watervoerend pakket op het peil in de plas is van belang voor de stabiliteit van de kering.

Muyeveld

De raaien zijn voorzien in de waterkering aan het zuiden van het gebied, de Nieuwe weg. Oostelijk van de geplande raaien ligt een bestaande raai van Waternet.



Figuur 4.8 Beoogde locaties peilbuizen waterkering Muyeveld

De daadwerkelijk geplaatste peilbuizen wijken weinig af van de beoogde locaties. In figuren 4.9 en 4.10 zijn de locaties van de peilbuizen weergegeven.



Figuur 4.9 Locaties peilbuizen in westelijke raai waterkering Nieuweweg

Peilbuis MUY16 is geplaatst t.b.v. de stijghoogte in het diepe zand (WVP1)

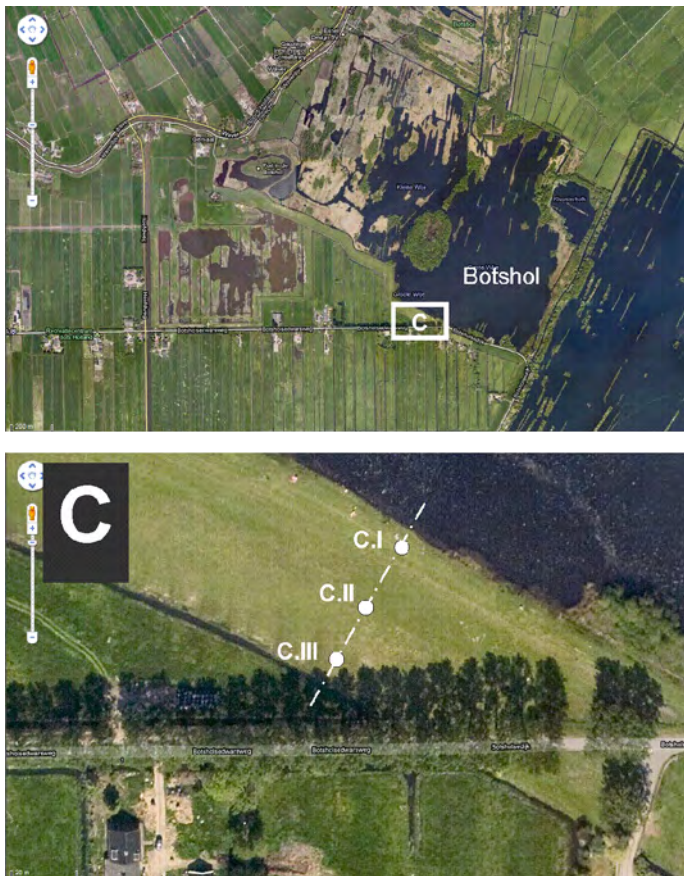


Figuur 4.10 Locaties peilbuizen in oostelijke raai Nieuweweg

Peilbuis MUY20 is geplaatst t.b.v. het bepalen van de stijghoogte van het grondwater in het diepe zand (WVP1)

Botshol

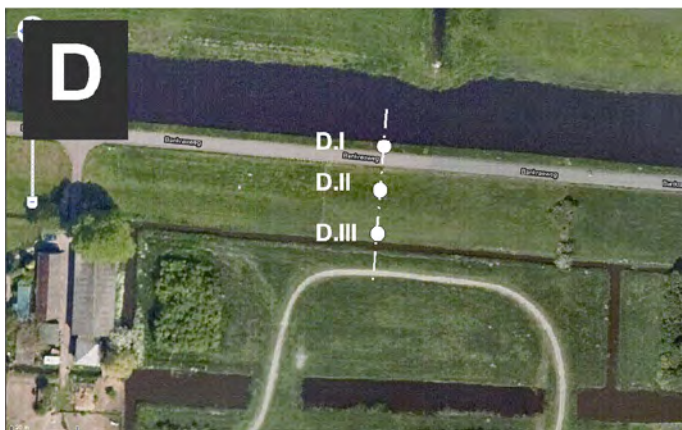
Ten behoeve van gebied Botshol zijn eveneens locaties bepaald in het geval zou blijken dat dit later nodig zou zijn en er peilbuizen en divers beschikbaar zijn, zie Figuur 4.11. Op dit moment heeft het deelproject Geo zich niet hierop gericht.



Figuur 4.11 Beoogde locaties peilbuizen waterkering Botshol

Middelpolder

Ten behoeve van gebied Middelpolder zijn eveneens locaties bepaald in het geval zou blijken dat dit later nodig zou zijn en er peilbuizen en divers beschikbaar zijn, zie Figuur 4.12. Op dit moment heeft deelproject Geo zich niet hierop gericht.



Figuur 4.12 Beoogde locaties peilbuizen waterkering Middelpolder

4.6 Meetlocatie maaiveldzakking Ronde Hoep en Middelpolder

4.6.1 Aanpak

De op dit moment verwachte aanwezige maaiveldzakking ligt tussen de 5 en 10 mm / jaar. Deze waarde is gebaseerd op de historische data. Als gevolg van een mogelijke (periodieke) tijdelijke grondwaterstandsverlaging en een mogelijk blijvende gemiddelde grondwaterstandsverlaging zal de maaiveldzakking toenemen. Hierbij moet voor de meetopstelling rekening gehouden worden met een mogelijke zakkingsnelheidstoename van een factor 2.

De maaiveldzakking wordt veroorzaakt door 3 componenten:

- Een grondmechanische samendrukking van de ondergrond die onderhevig is aan een belasting (bijv. een grondwaterstandsverlaging).
- Veen oxidatie doordat veen onder invloed van lucht bij verdroging 'verdwijnt'
- Compactie van de toplaag door gebruik (bijv. voertuigen, mensen, vee).

Om de zakking van het maaiveld te kunnen meten is het nodig om een meetpunt aan te brengen dat goed met het maaiveld meebeweegt en dat niet beïnvloed wordt door verstoringen die we niet willen meten. Daarnaast dient er een referentie te zijn ten opzichte waarvan de zetting wordt gemeten. Bij het meten van maaiveldzakking in landelijk gebied is

het duidelijk dat bij toepassing van standaard oplossingen bezwaren rijzen waardoor die niet goed toepasbaar zijn. Er zijn geen goed gefundeerde bouwwerken in de onmiddellijke omgeving aanwezig die als referentie voor bijvoorbeeld een waterpassing kunnen dienen. Waterpassingen van buiten het gebied gaan over zeer lange afstanden en door de slappe ondergrond zijn de opstelplaatsen voor instrumenten van matige tot slechte kwaliteit. Het gewicht van de waarnemer kan de opstelling al verstoren. Dat leidt er toe dat de oplossing moet worden gezocht in korte afstanden van referentie tot meetpunt. GPS toestellen leveren een onnauwkeurigheid van enkele cm's. Het plaatsen van een referentiestation in de polder kan de onnauwkeurigheid halveren, vergt derhalve een extra investering, maar geeft nog steeds een extra onnauwkeurigheid op de waarnemingen t.o.v. waterpas waarnemingen.

Het meest in aanmerking komt de toepassing van een vast punt in een buis, meettechniek MT3 Vaste punt meting. In dat geval wordt een punt met koppelbare stangen weggedrukt tot in de vaste zandlaag. Aan maaiveld wordt de aanwezige hoogte bepaald t.o.v. dit vaste punt. Door regelmatig de verschilhoogte te meten tussen de maaiveldwaarneming en de bovenkant van de stang kan de zetting in de tijd vastgesteld worden. Om seizoensinvloeden en verstoring herkenbaar te maken is het nodig om regelmatig te meten.

De maaiveldwaarneming kan op 2 manier plaatsvinden:

- Gekozen kan worden voor een meetplaat net onder maaiveld. Dit is een veelgebruikte techniek, die in verschillende uitvoeringsvarianties wordt toegepast. Door de verschilzakking tussen meetplaat en de het vaste punt te meten is bekend hoeveel de meetplaat en daarmee maaiveld, zakt. Bescherming van het meetpunt tegen verstoring door mens, dier of landbouwvoertuigen is noodzakelijk. Bijvoorbeeld door een hek om de locatie heen, afstand minimaal 1 m van meetpunt. Dit om te voorkomen dat de plaat door een bovenbelasting (tractor, mens, koe) verzakt of scheefzakt. Het is zonder bescherming ondoenlijk om een juiste interpretatie van de maaiveld zakking te geven. Bovendien is er dan een kans dat de meetplaat en/of de stang van het vaste punt beschadigd raakt. Omdat de plaats iets is ingegraven t.o.v. het maaiveld (orde 10 cm) mist deze methode de component compactie toplaag, maar dat is minder erg omdat deze component wordt voorkomen door de bescherming van de locatie. De methodiek zou een goede nauwkeurigheid opleveren van de overige componenten op deze locatie. Bovendien zou deze meting omgezet kunnen worden in een geautomatiseerde meting.
- Een andere methode is om rondom het vaste punt op diverse punten de actuele maaiveldhoogte te meten. Door het middelen van deze waarnemingen wordt een gemiddelde maaiveldhoogte rondom dit vaste punt vastgesteld. Hiermee kunnen toevallige afwijkingen (bijv. omhoogkomen van maaiveld door een indrukking daarnaast) worden uitgemiddeld waarmee er een minder grote invloed op de uiteindelijke waarneming zal zijn. Deze methode meet alle componenten, maar heeft een grotere onnauwkeurigheid door willekeurige indrukking of omhoogkomen van het maaiveld (door de middeling van meerdere punten wordt deze wel gereduceerd) die geschat wordt op enkele cm's. Langdurig meten kan deze onnauwkeurigheid sterk verlagen.

Rekening houdend met de looptijd van flexpeil zal het met een intensieve meting mogelijk zijn een indicatie van de maaiveld zakking na krap een jaar te kunnen vaststellen. Voor echt inzicht in de verandering van gemiddelde zakkingsnelheid, variatie in de gebieden (gemiddelde drooglegging, samenstelling ondergrond) en effecten van externe verstoringen

zijn langere termijn metingen noodzakelijk. Voorlopig worden deze geschat op minimaal 5 jaarcycli.

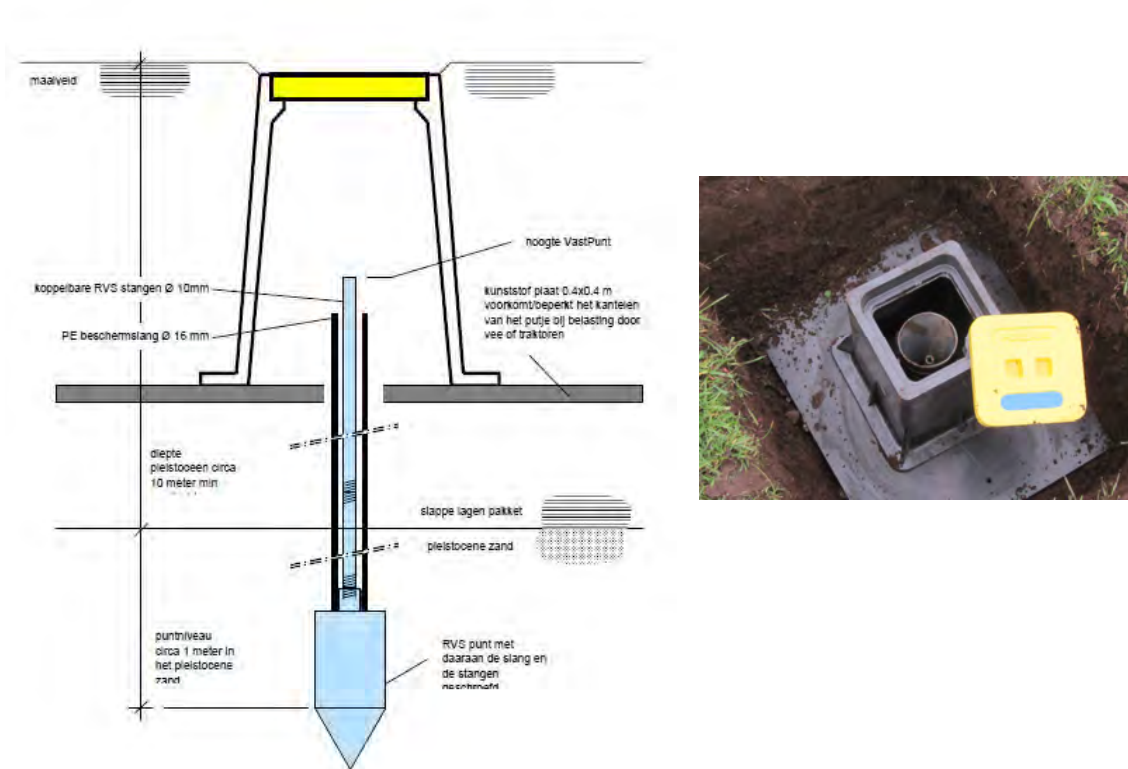
4.6.2 Opzet meting

De vaste punten zijn in deze toepassing niet geheel standaard leverbaar en enkele onderdelen dienen dan ook speciaal gemaakt of aangepast te worden.

Voor plaatsing wordt gebruik gemaakt van een minirups met hydraulische pers. Het diepe referentieanker wordt weggedrukt tot in het diepe zand dat op circa 10 meter min maaiveld begint.

In verband met wensen van de terreinbeheerder Landschap Noord Holland is gekozen voor een 'onbeschermde' meetlocatie, optie 2 uit de vorige paragraaf. Op het vaste punt wordt een afdekplaat gelegd waardoor het meetpunt niet zichtbaar is en daardoor beter beschermd is tegen schade.

In Figuur 4.13 is het vaste punt weergegeven.



Figuur 4.13 Vaste punt ten behoeve van een maaiveldzakking meting in de Ronde Hoep en Middelpolder (links schema, rechts foto bovenaanzicht na plaatsen)

De maaiveld hoogte bij het vaste punt wordt als volgt vastgesteld:

- Er worden meettraaien gekozen in 4 richtingen vanaf het meetpunt (fictieve noord, oost, zuid, west richting op basis van een richtlocatie in de verte).
- Per meettraai wordt op 6 afstanden (elke m vanaf 1 m) een maaiveldhoogte bepaald.
- Deze bepaling gebeurt door een stok met een plaat op het maaiveld te plaatsen en d.m.v. waterpassing de hoogte te bepalen t.o.v. het vaste punt (middenpunt).

- De 24 waarnemingen worden gemiddeld tot 1 maaiveldhoogte per locatie.

Bij een meting gedurende 10 jaar en een zakkingsnelheid van 10 mm / jaar wordt een totale zakking voorzien van 100 mm. Dat houdt in dat de stang uiteindelijk boven maaiveld kan uitkomen. De stang is zo worden afgewerkt dat deze minimaal 100 mm onder maaiveld zal uitkomen.

De beste locatie voor de metingen is het midden van een perceel. Hier wordt het meest representatieve gemiddelde effect voorzien voor het gebied, nl. een gemiddelde maaiveldzakking. In de oeverzone wordt meer dynamiek voorzien en kan het effect anders zijn (hier wordt vooralsnog geen aandacht aan gegeven; voor deze variatie kunnen mogelijk de vlieglatermetingen worden gebruikt). Overigens was hier al meer dynamiek, het is daarom nog maar de vraag of hier meer maatgevende maaiveldzakking zal optreden. Daarnaast is het voor de effectiviteit van de meting zeer belangrijk dat er een peilbuis aanwezig waar de lokale grondwaterstand wordt geregistreerd, verder is het aan te bevelen dat een peilbuis in de nabije omgeving aanwezig is die de stijghoogte van het diepe grondwater registreert.

Naast de koppeling met de grondwaterstand is de koppeling met de lokale grondopbouw aan te bevelen. Het is mogelijk om op basis van correlaties een verwachte grondopbouw vast te stellen met bijbehorende samendrukkingsparameters. Beter is het uitvoeren van een boring in zowel Ronde Hoep als Middelpolder. Deze levert de lokale informatie over de grondsamenstelling. Het uitvoeren van enkele samendrukkingsproeven en het correleren van het volumegewicht van de grond aan samendrukkingsparameters uit het archief levert voldoende informatie over de samendrukbaarheid en kruip. Zowel in de polder Ronde Hoep als Middelpolder wordt een locatie uitgekozen en meegenomen in het plan.

4.6.3 Meetstrategie

Algemeen

Meting van maaiveld daling als gevolg van veranderende grondwaterstanden.

Nabij een peilbuis met filter in grondwater.

Verspreid over het gebied t.b.v. variatie in drooglegging en grondopbouw.

Meting:

Na plaatsing:

- Gps, bovenkant vaste punt.

Vervolgmaaiveldmetingen (circa elke 2 maanden, 4 metingen):

- 24 maaiveld metingen in + vorm rond vaste punt d.m.v. landmeten (niet gps).

Na flexpeil:

- .
- beslissing over doorzetten meting
- 24 maaiveld metingen in + vorm rond vaste punt en middeling (2x per jaar)
- Controle meting bovenkant peilbuis (1x per jaar).
- Controle meting bovenkant vaste punt (1x per 5 jaar).

Door elk jaar de bovenkant peilbuis te meten komen we iets te weten over de zakking van de peilbuis. Deze zakt in principe mee met de grond onder de buis (zettingscomponent). Door

deze waarde in de mindering te brengen op de gemeten totale zakking kunnen we een indicatie afleiden voor de samendrukking van de toplaag (grotendeels veenoxidatie).

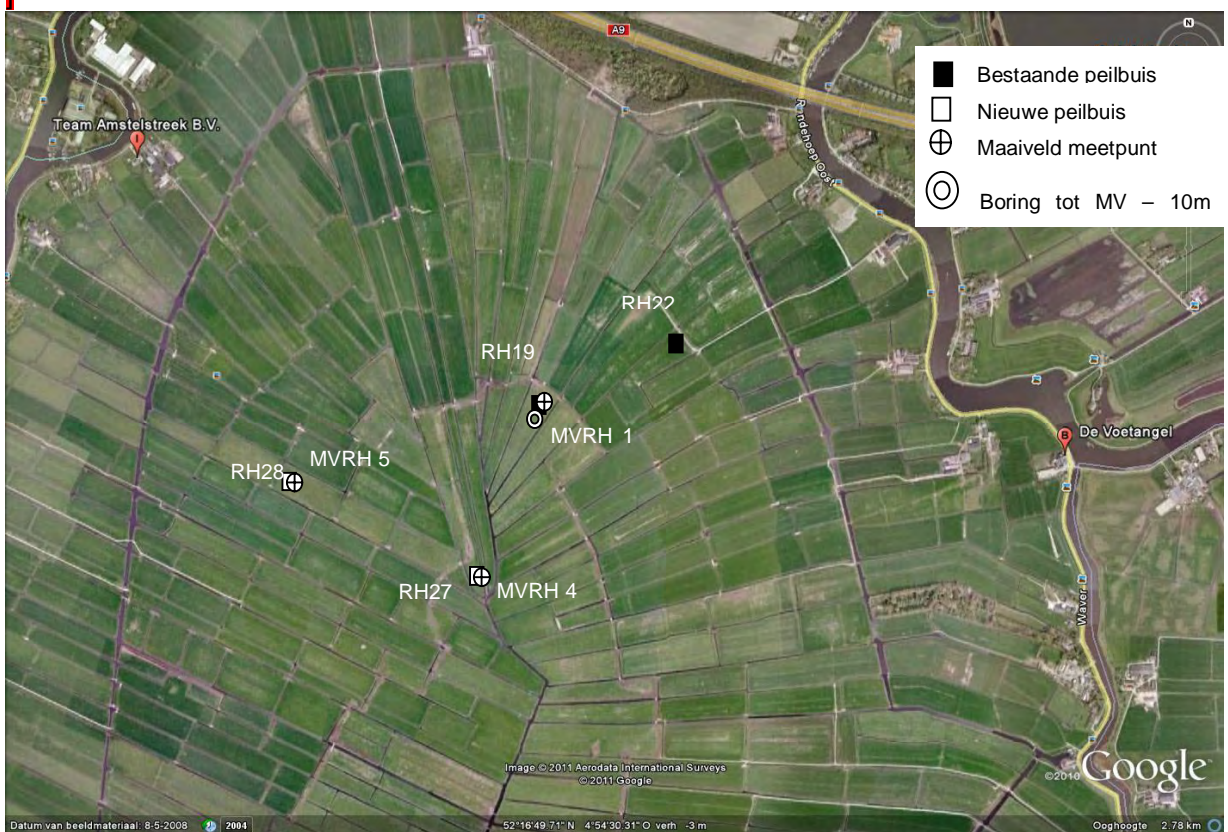
Nulmeting: is niet meer mogelijk in verband met het reeds aanwezig zijn van het nieuwe peilbeheer. Hiervoor zal een referentiemeetpunt worden geplaatst buiten het flexpeil gebied. Daarnaast kan de uit de historische data afgeleide maaiveldzakking natuurlijk als nulmeting dienen (rekening houden met onnauwkeurigheid in deze bepaling).

Ronde Hoep

Locaties:

- MVRH1: peilbuis RH19.
- MVRH2: peilbuis RH11.
- MVRH3: peilbuis RH25.
- MVRH4: nieuwe locatie in noordwesten van flexpeil gebied peilbuis RH27.
- MVRH5: nieuwe locatie in noordwesten van flexpeil gebied (t.b.v. nulmeting buiten flexpeilgebied; peilbuis RH28).
- MVRH6: nieuwe locatie in zuidoosten van flexpeil gebied (t.b.v. nulmeting buiten flexpeilgebied); peilbuis RH29.

Er is gekozen voor locaties verspreid over het gebied. Er is daarbij een variatie in maaiveldhoogte (en derhalve drooglegging) aanwezig, bovendien kan de ondergrond iets variëren. Er zijn om die redenen ook 2 referentiemetingen buiten het flexpeil gebied gekozen.



Figuur 4.14 Peilbuizen (RH..) en maaiveldmeetpunten (MVRH..) in noordelijk deel Ronde Hoep



Figuur 4.15 Peilbuizen (RH..) en maaiveldmeetpunten (MVRH..) in zuidelijk deel Ronde Hoep

Middelpolder

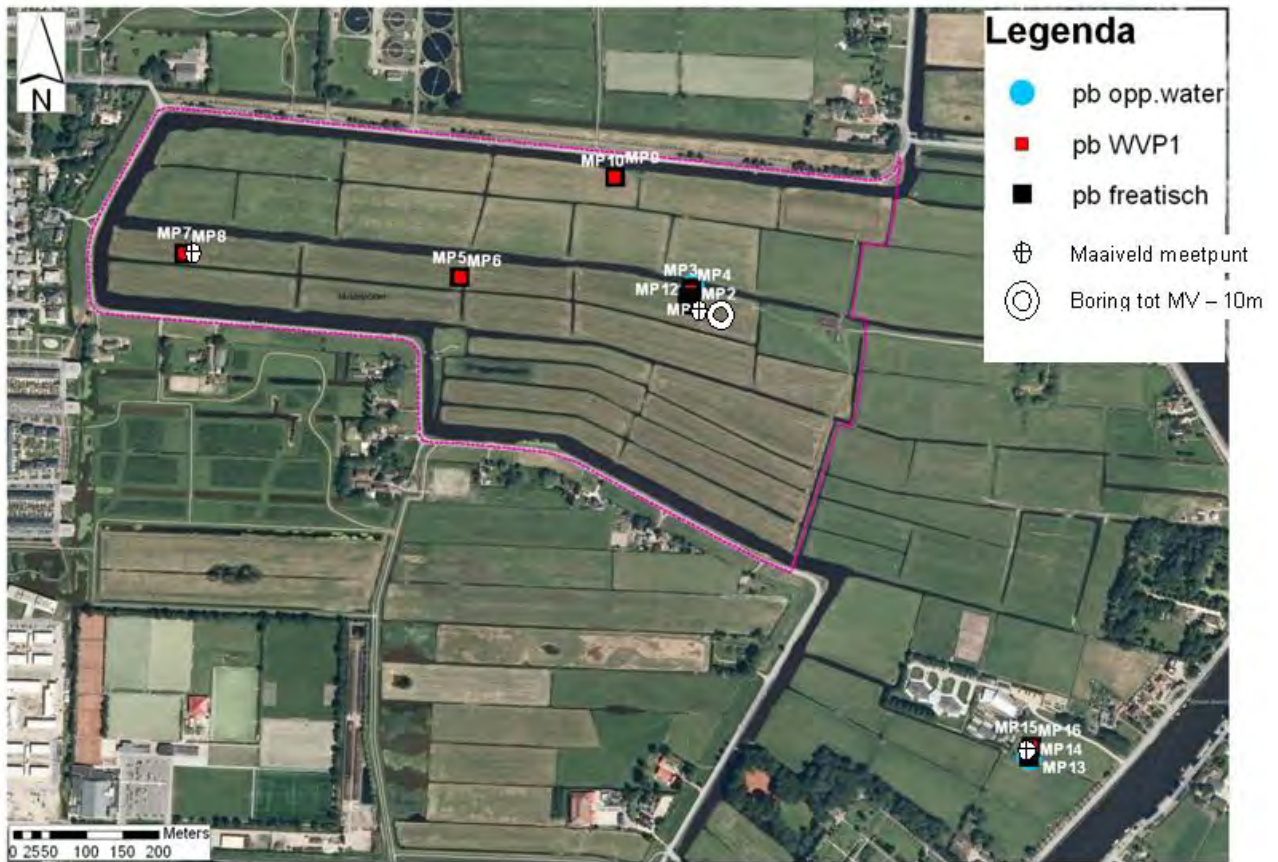
Locaties:

- MVMP1: peilbuis MP7.
- MVMP2: peilbuis MP11.
- MVMP3: peilbuis MP15 (t.b.v. nulmeting buiten flexpeilgebied).

Opgemerkt wordt dat MVMP1 niet geplaatst kon worden vanwege de slappe bovenlaag waardoor betreden met de minirups niet mogelijk was.

Na enkele terreinbezoeken voor vervolgmetingen en kijkende naar de spreiding in de maaiveldmetingen per locatie is het advies deze locatie te laten vervallen. Verwacht wordt dat de locatie slechts alleen in goede droge periode te betreden is. Daarbij worden grote verschillen verwacht in de maaiveldhoogte rondom het vaste punt die sterk per meting kunnen variëren (tot factor 2 t.o.v. eerdere inschatting van 15 cm).

De Middelpolder is veel kleiner dan de Ronde Hoep. Om die redenen is 1 locatie in het midden gekozen en 1 locatie aan de rand. Tevens is 1 referentie locatie gekozen buiten het flexpeil gebied.



Figuur 4.16 Locatie maaiveldmeetpunten in Middelpolder

4.6.4 Locatiegegevens

In Tabel 4.3 zijn de coördinaten en eigenschappen van de geplaatste maaiveldmeetpunten en peilbuizen weergegeven.

Meetpunt	codering	X-coord.	Y-coord.	b.k. staaf of buis t.o.v. NAP	MV hoogte t.o.v. NAP	opmerking	boring
maaiveld	MV RH 1	122114.93	477087.03	-2.389	-2.236	dicht bij pb RH19	B02
maaiveld	MV RH 2	122094.24	475704.81	-2.731	-2.400	dicht bij pb RH11	
maaiveld	MV RH 3	121420.54	474859.05	-2.537	-2.296	dicht bij pb RH25	
maaiveld	MV RH 4	121950.14	476652.10	-2.333	-2.157		
maaiveld	MV RH 5	121467.72	476906.31	-2.284	-2.082	buiten flexpeil; referentie	
maaiveld	MV RH 6	121483.97	474648.49	-2.556	-2.371	buiten flexpeil; referentie	
grondwater	PB bij MV RH 6 = RH29	121483.93	474650.99	-2.42	-2.31	wordt in fugro rapp pb02 genoemd	
grondwater	PB bij MVRH 4 = RH27	121949.29	476651.78	-2.42	-2.16		
grondwater	PB bij MVRH 5 = RH28	121468.73	476906.68	-2.30	-2.09		
maaiveld	MV MP 1		niet	geplaatst	-	dicht bij pb MP7	
maaiveld	MV MP 2	121473.36	480347.01	-2.306	-2.079	dicht bij pb MP11	B01
maaiveld	MV MP 3	121947.49	479739.26	-2.188	-2.038	dicht bij pb MP15; buiten flexpeil; referentie	

Figuur 4.17 Gegevens maaiveld meetpunten en bijgeplaatste peilbuizen

4.7 Overige monitoring waarvan de noodzaak later kan worden vastgesteld.

Er zijn voor het onderdeel constructies in paragraaf 4.3 de volgende relevante risico's onderscheiden:

- a. Ander open water peil dan in oppervlakte water waarnemingspunt (waar peilbeheer op wordt gestuurd) geconstateerd.
- b. Grondwaterstandsverhoging.
- c. Grondwaterstandsverlaging.
- d. Droogvallen houten palen.
- e. Grotere (doorgaande) maaiveldzakking.
- f. Zakking panden.
- g. Schade beschoeiing / afkalving maaiveld.

Daarna is vastgesteld wat moet worden gemonitord om deze risico's te kunnen volgen:

- Ad. A. Oppervlakte waterstand.
- Ad. b. Grondwaterstand.
- Ad. c. Grondwaterstand.
- Ad. d1. Grondwaterstand.
- Ad. d2. Deformatie houten paalfundering.
- Ad. e. Deformatie grond.
- Ad. f. Deformatie constructies.
- Ad. G. Deformatie beschoeiing.

Op basis van de verzamelde informatie en de eerste schatting van effecten is op dit moment geconcludeerd dat voor risico's D, E, F en G de noodzaak van het monitoren van de genoemde parameters niet direct aanwezig was omdat het risico te klein is, zoals weergegeven in Tabel 4.2. Voor al deze gevolgen geldt bovendien dat pas op langere termijn de effecten zichtbaar worden.

Er is in eerste instantie een meetprogramma opgesteld gefocust op de oorzaken van geotechnische effecten, nl. om de grondwaterstanden van de freatische grondwaterlijn en de stijghoogte van het grondwater in het diepere zand te kunnen waarnemen. Dit dient een wetenschappelijk doel (leren van de resultaten) en kan later een operationeel doel dienen (risicomanagement). Hiervoor zijn meetlocaties uitgezocht waarmee de effecten voor geotechnische constructies zoals waterkeringen en bebouwing kunnen worden bepaald. Met de eerste resultaten van het meetprogramma wordt een zo goed mogelijke nulsituatie in beeld worden gebracht. Vervolgens wordt in de loop van het jaar daarop data verzameld waarmee de maatregelen van flexibel peil kunnen worden geëvalueerd.

Voor de overige geïdentificeerde risico's, die nu nog zijn geclassificeerd als gering, risico's komen enkele technieken in aanmerking. De meest geschikte zijn weergegeven in Tabel 4.3.

Overige monitoring	Meettechniek	Opmerking
d2. deformatie houten paalfundering	MT12 visuele meting	-
	MT1 deformatiemeting objecten (z-meting of xyz-meting)	
e. deformatie grond	MT2 Zakbaakmetingen	-
	MT3 Vaste punt meting	m.n. waar geen vast punt in de buurt
f. deformatie constructies	MT1 Deformatiemeting objecten (z-meting of xyz-meting)	-
	MT6 Tiltmeter/ Lintvoegwaterpassing/ Scheurwijdte opnemers	indien scheefstand/scheuren een rol kunnen spelen
g. deformatie beschoeiing	MT12 visuele meting	

Tabel 4.3 Meest geschikte monitoringstechnieken voor resterende geïdentificeerde risico's

Om goede conclusies te trekken uit de meetresultaten moet de nulsituatie bekend zijn. Vergelijken van nieuwe situatie met oude situatie is anders niet mogelijk. Dit is niet in alle

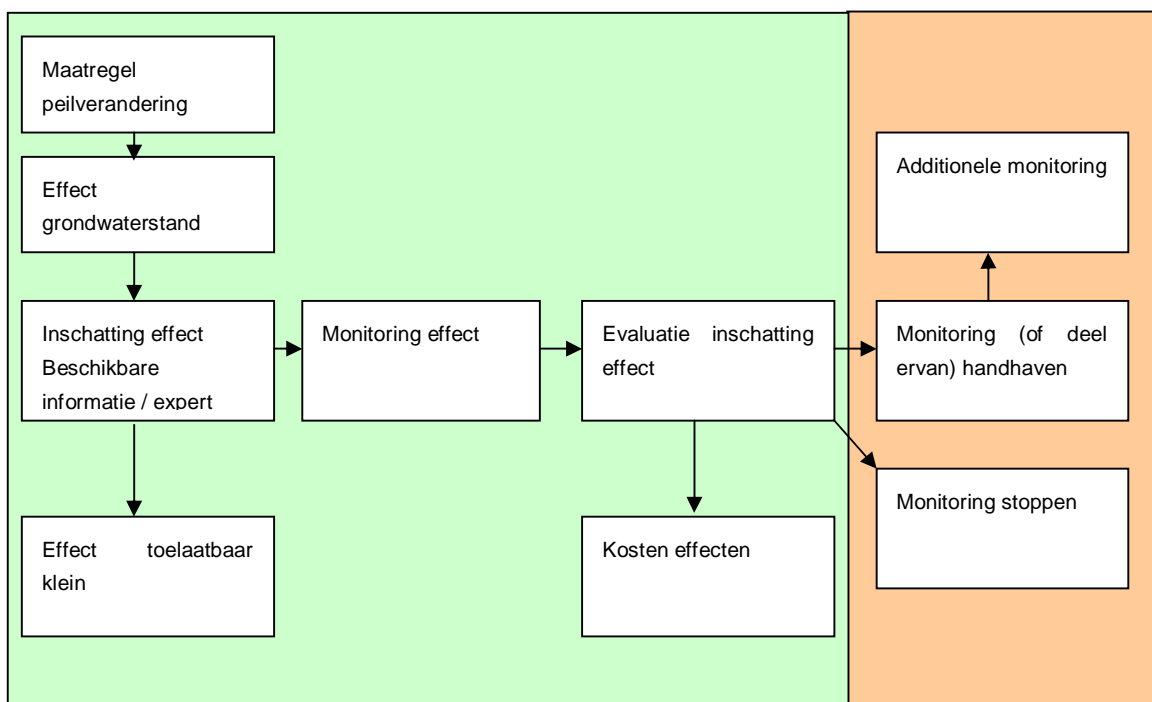
situaties eenduidig mogelijk. Soms zal een vervangende nulmeting wordt gebruikt (bijv. door een meting buiten het flexpeil gebied, maar wel dichtbij genoeg onder soortgelijke omstandigheden). Het effect op constructies heeft enige tijd nodig, nulmeting bestaande uit vooropname van gebouwen (korte inspectie aanwezige schades en foto's) zou dan nog steeds zinvol en ook noodzakelijk t.b.v. effect toewijzing.

Aan het eind van het project zal duidelijk zijn welke geotechnische effecten verwacht gaan worden op de langere termijn. Hiertoe heeft de ingestelde monitoring een belangrijke rol gespeeld. Op basis van de projectresultaten zal worden vastgesteld welke monitoring nog gewenst voor de periode na het Flexpeil project. Het monitoringplan zal tevens de meetfrequentie bevatten, de grenswaarden en maatregelen bij overschrijding van meetwaarden (ongewenste effecten).

5 Effecten bebouwing Muyevelt

5.1 Aanpak

De aanpak met betrekking tot de constructies en dan specifiek bebouwing is weergegeven in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 Aanpak monitoring behoefte en effecten

Op basis van de voorgestelde verandering van oppervlaktewaterpeilen is vastgesteld dat het grondwater de bepalende factor is voor geotechnische effecten.

Door een inschatting te maken van het effect, op basis van beschikbare informatie, modellen, en experts kan worden vastgesteld of het effect toelaatbaar klein is (verdere actie is niet nodig) of dat het effect wel significant is of zou kunnen zijn maar dat de informatie die beschikbaar is niet voldoende is.

In dat laatste geval wordt vastgesteld welke monitoring moet worden uitgevoerd om het effect te kunnen meten. Op basis van deze nieuwe gegevens kan worden geëvalueerd wat de significantie van het effect is. Het gevolg van dit pad is dat wordt overgegaan naar een fase waarin maatregelen worden getroffen teneinde de effecten te voorkomen, te minimaliseren of op een andere wijze er mee om te gaan (overgang van het linker groene blok naar het rechter oranje blok). In deze fase van maatregelen kan worden besloten de monitoring te stoppen of voort te zetten (eventueel aangepast in grootte) en kan ook worden besloten additionele monitoring die dan meer van belang is toe te voegen.

5.2 Inschatting effect

In eerste instantie zal er een effect zijn van de verandering van de grondwaterstand op de zetting van de samendrukbare lagen, hetgeen zich zal uiten in een maaiveldzakking.

Figuur 2.1 uit de systeemanalyse Muyevelt geeft een indicatie van de variatie in samendrukbaarheid van het gebied. De dikte van de holocene lagen is hier een belangrijke parameter voor.

5.2.1 Zettingstheorie

Voor de meest eenvoudige modellering van het zettingsgedrag van de ondergrond is gebruik gemaakt van de logaritmische samendrukkingswet van Terzaghi:

$$Z = \frac{H}{C'} \ln \left(\frac{p + \Delta p}{p} \right)$$

waarin:

Z = samendrukking van de laag [m]

H = dikte van de laag [m]

p = effectieve korrelspanning in de laag [kPa]

Δp = toename van de korrelspanning in de laag [kPa]

C' = samendrukkingscoëfficiënt

$$1/C' = \left(\frac{1}{C'_p} + \frac{\log(t)}{C'_s} \right)$$

C'_p = primaire samendrukkingscoëfficiënt

C'_s = secundaire samendrukkingscoëfficiënt

t = tijd in dagen (eindtijd zetting 10000 dagen)

De methode van Terzaghi geeft een snelle indicatie van de zettingen. Indien daartoe aanleiding is komt voor een nauwkeurig inzicht in de zetting en dan met name kruip het a-b-c isotachen model het meest in aanmerking.

Voor wat betreft de doorlatendheid van de bodem geldt dat de doorlatendheid en de consolidatiecoëfficiënt, die de snelheid bepaalt waarmee de zettingen optreden, zijn gekoppeld. Er geldt:

$$c_v = \frac{k}{m_v \cdot \gamma_w} = \frac{k \cdot E}{\gamma_w}$$

5.2.2 Grensspanning (historische bereikte spanning)

Als gevolg van de historie van het gebied en de veelvuldige grondwaterstandswisselingen en historie van verlagingen mag aangenomen worden dat er een grensspanning in de ondergrond aanwezig is die hoger is dan de huidige korrelspanningen. De waarde hiervan is niet onderzocht en ook niet meegenomen in de berekeningen.

Uit onderzoek uitgevoerd in polder de Ronde Hoep en Middelpolder (zie hoofdstuk 7) is gebleken dat de grensspanning in de ondiepere lagen zeker 14 kPa lag boven de aanwezige korrelspanning. Dit kan een aanzienlijk reducerend effect hebben op de grootte van zettingen

omdat dan een significant deel van de belastingsverandering een herbelasting van de grond is in plaats van een nieuwe belasting. In de formule van paragraaf 5.2.1. zou dit betekenen dat bij een herbelasting beneden de grensspanning de waardes voor C_p en C_s een factor 4 of 10 hoger zouden kunnen zijn dan bij een zettingsberekening boven grensspanningsniveau.

5.2.3 Aannee grondwaterstandsverlaging

De peiluiters ten geven aan dat de laagste waarde NAP – 1,18 m zal toenemen tot NAP – 1,20 m. Opgemerkt wordt dat deze open water peilen in het verleden (zie Tabel 2.3 met waterpeilen in Muyevelde sinds 1963). De grondwaterstand zal zich hier destijds al op enigerlei wijze in combinatie met de overige factoren zoals neerslag/verdam ping en kwel/inzijing hebben aangepast. Bij lage bereikte waardes zal de grensspanning in de ondergrond ook navenant zijn toegenomen.

In eerste instantie was aangenomen dat de laagste grondwaterstand maximaal 0,1 m zal dalen. Deze waarde is gebruikt om geotechnische berekeningen te kunnen uitvoeren en de marge van effecten te kunnen vaststellen. Een grondwaterstandsverlaging van 0,1 m geeft een belastingsverhoging van $0,1 \times 10 \text{ kN/m}^2 = 1,0 \text{ kN/m}^2$.

(Ter referentie : spanningstoename als gevolg van circa 0,1 m grondwaterstandsverlaging komt overeen met die door het gewicht van een terras met tegels in je tuin)

Inmiddels is gebleken dat de modellering zoals uitgevoerd in het deelproject Hydro de volgende resultaten heeft opgeleverd.

Het verschil tussen flexibel peil en de streefpeil variant die tot voor kort werd gehanteerd is bepaald aan de hand van de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstanden (GHG en GLG). Het verschil tussen de twee beheersvarianten is zeer gering. Het maximale verschil is minder dan 2 cm en neemt snel af op afstand van de plas. Daaruit kan geconcludeerd worden dat het instellen van flexibel peilbeheer met de nu gehanteerde grenswaarden een verwaarloosbaar effect op de grondwaterstanden in dit gebied heeft en dat andere omstandigheden zoals neerslag e.d. de bepalende factoren zijn.

De absolute hoogte van het oppervlaktewaterpeil (of de marges daarin) heeft zeer waarschijnlijk wél invloed op de grondwaterstanden. Over het algemeen geldt dat de hoogte van de grondwaterstanden (gemiddelde en range waarbinnen deze varieert) wordt beïnvloed door de omgevingspeilen, de afstand tot de waterlopen, lokale drainagemiddelen en de hoogte van het maaiveld. In het geval van Muyevelde, waar het oppervlaktewater vaak op korte afstand aanwezig is, verwachten we dat een structurele peilverhoging of verlaging uiteindelijk zal kunnen doorwerken op het grondwater. De mate waarin is dan afhankelijk van de genoemde lokale factoren. Met het instellen van het flexibel peilregime is echter geen sprake van een structurele peilverhoging of verlaging.

De vooraf verwachte hypothese dat in de zomer de grondwaterstand extra zou uitzakken als gevolg van een veelal laag open waterpeil (periode met meeste netto verdamping) blijkt bij de huidige invulling van flexpeil onjuist te zijn.

5.2.4 Verwachte zetting

Rekening houdend met de grondopbouw zoals beschreven in hoofdstuk 2 en een laagdikte H van circa 4 m, wat overeenkomt met het gebied waar af en toe nog een fundering op staal wordt aangetroffen, wordt een zetting berekend van 4-10 mm aan het maaiveld. Dit is zeer conservatief omdat gebleken is dat vrijwel overal waar huizen staan een grondverbetering aanwezig is, specifiek met dat doel aangebracht of als ophoogmateriaal om het gebied toegankelijk en begaanbaar te maken voor het bouwen van huizen. In het overgrote deel van

de bebouwde locaties zal daarom veel meer zandige ondergrond aanwezig zijn. Deze aanpassing in de grondopbouw is niet meegenomen in de berekening. Overigens worden op basis van de enquête over de funderingen van gebouwen [ref. 2] geen funderingen op staal verwacht in het gebied binnen Muyevelde waar de dikte van de slappe lagen groter is dan 4 m. Bij een dikte van de slappe lagen kleiner dan 4 m neemt de zetting ongeveer lineair af met de dikte.

Daar waar een fundering op staal aanwezig is zal al een gewicht op de ondergrond zijn aangebracht. De grond onder de fundering is eigenlijk al extra belast door het gewicht van het gebouw. Hierdoor zal tijdens de bouw en de jaren daarna al een zetting zijn opgetreden.

Op funderingsniveau wordt een maximale zetting verwacht van 4 mm. Deze zetting is zeer gering. Voor schuurtjes of kleinere gebouwtjes met soms ondiepere funderingsdieptes wordt 10 mm verwacht. Het diepere zand (dieper dan NAP – 4 m, waarin ook paalfunderingen zijn gefundeerd) is zettingsvrij.

Bij het bepalen van de zettingen zijn de volgende aspecten bepalend gebleken:

- De ondergrond is in de historie mogelijk al meer belast geweest dan nu zichtbaar als gevolg van fysieke belastingen, lage grondwaterstanden, of in het verleden uitgevoerde ontgravingen. Grond die minder wordt belast dan in het verleden al heeft plaatsgevonden zal stijver reageren dan grond die 'nieuw' wordt belast. Waterstandsinformatie of belastingsinformatie is te vinden uit de historische data (eventueel aangevuld met modellen). Het effect op de grensspanning (de historische al bereikte korrelspanning) van de ondergrond is te bepalen met behulp van samendrukkingsproeven.
- Voor het bepalen van zettingen zal de laagste grondwaterstand bepalend zijn (een GLG, gemiddeld laag grondwater, is een beter factor dan GW, gemiddeld grondwaterstand).
- Door bij een peil aanpassing er voor te zorgen dat de GLG binnen eerder opgetreden waardes blijft is het effect op de zettingen gering.
- Het effect van een verlaging buiten de historische waarden kan de zettingen met een factor 5 vergroten t.o.v. het lineaire verband binnen de grenzen.

5.2.5 Fundering op betonpalen of stalen palen

Door maaiveldzakkingen gaat de grond aan de palen hangen. Dit levert extra naar beneden gerichte kracht op, de zogenaamde negatieve kleef. Er mag van worden uitgegaan dat alle palen sinds het invoeren van NEN6743 in 1990 hierop zijn ontworpen. Ook voor de betonpalen daarvoor is veelal rekening gehouden met deze extra belasting.

De verwachte maaiveld zakkingen zijn echter zo klein dat een toename van de belasting door negatieve kleef minimaal is (de NEN6743 geeft aan dat bij een maaiveldzakking kleiner dan 0,02 m geen rekening hiermee hoeft te worden gehouden).

Betonpalen en stalen palen worden niet aangetast door een te lage grondwaterstand. De duurzaamheid van deze palen is dusdanig dat de kwaliteit van het materiaal niet meer achteruit gaat door een veranderende waterstand.

Er is derhalve geen schade te verwachten voor bebouwing op betonpalen of stalen palen.

Betonpalen en stalen palen worden aangetroffen onder ca. 38% van de bebouwing (zie paragraaf 2.6.4).

5.2.6 Fundering op houten palen

Ook voor houten palen geldt dat als gevolg van maaiveldzakkingen grond aan de palen kan gaan hangen. Dit levert een extra naar beneden gericht kracht op, de zogenaamde negatieve kleef. Er mag van worden uitgegaan dat alle palen sinds het invoeren van NEN6743 in 1990 hierop zijn ontworpen. De problematiek van negatieve kleef was daarvoor ook wel bekend, een deel van de houten palen voor 1990 zal eveneens rekening gehouden hebben met deze extra belasting. Voor funderingen ouder dan 50 jaar zal met grote waarschijnlijkheid hier geen rekening mee gehouden zijn. De verwachte maaiveld zakkingen zijn echter zo klein dat een toename van de belasting door negatieve kleef minimaal is (de NEN6743 geeft aan dat bij een maaiveldzakking kleiner dan 0,02 m geen rekening hiermee hoeft te worden gehouden).

Bij verlaging van de grondwaterstand tot onder de paalkop kan schade aan de paal ontstaan, zogenaamde paalrot. De grondwaterstand hangt niet alleen van het oppervlakte water peil af maar ook van de lokale omstandigheden die bepalen in hoeverre de grondwaterstand dit oppervlaktewaterpeil volgt en neerslag en verdamping.

Als houten funderingspalen gedurende een korte of langere tijd droog komen te staan, dus boven de grondwaterstand liggen, kan aantasting door m.n. schimmels ontstaan. De aantastingssnelheid wordt door vele factoren bepaald. Belangrijke parameters hierin zijn de mate van droogstand en de duur van droogstand.

Er is nog veel onbekend waardoor er geen betrouwbare methode is om de aantastingssnelheid en de bijbehorende schade kwalitatief vast te stellen. Maar een aantal gegevens zijn wel bekend [ref. 7.]

- Indien de houten funderingspalen onder de grondwaterstand blijven, zal er geen schade door schimmelaantasting optreden (paalrot)
- Bacteriële aantasting komt op sommige locaties echter dan nog wel voor (palenpest), dit heeft echter met het type hout te maken (er is geen informatie dat deze bacteriële aantasting in de gebieden van flexpeil actueel zijn); bovendien is uit KZN-2009 bekend dat schade aan houten paalfunderingen als gevolg van bacteriën meer afhankelijk lijkt van neerwaartse grondwaterstroming door de paal welke bij een dalende grondwaterstand afneemt.
- Wanneer de grondwaterstand weer gebracht wordt tot boven bovenkant paal stopt de schimmelaantasting.
- Bij langer durende droogstand is er een aantastingssnelheid van 2 mm/jaar droogstand.
- Bij een permanente droogstand tot 0,2 m zal de schade beperkt blijven en pas na vele tientallen jaren optreden.
- Bij een permanente droogstand van 0,2 m tot 0,5 m treedt schade op na een periode van 10 tot 30 jaar.
- Indien de grondwaterstand tot circa 0,5 m beneden de bovenkant van de houten funderingsdelen wordt verlaagd kan relatief snel (na 1 jaar) schade ontstaan.

Wat betreft de tijdsduur van droogstand is geen informatie vastgelegd. Overleg met experts geeft aan dat een droogstandsperiode van enkele weken zeker toelaatbaar is, omdat in die periode de paal nog vochtig genoeg blijft.

De kans op schade aan houten palen door paalrot hangt af van de mate van droogstand en de tijdsduur van de droogstand. Een peilregime met een kortere droogstand leidt dus minder snel tot paalrot.

Gezien de verschillende normen en door gemeenten gehanteerde grenzen is wat toelaatbaar is in de praktijk niet eenduidig. In de norm NEN 6741 (uitvoeringsnorm houten palen) is vermeld dat de lengte van de oplanger zodanig moet zijn dat de houten paalkop tenminste 0,4 m beneden de laagste grondwaterstand moet liggen. In het verleden werd wel 0,3 m aangehouden, terwijl in Dordrecht wordt aangehouden dat er minimaal 0,2 m tussen de laagste grondwaterstand en het bovenste funderingshout moet liggen. Een verlaging van enkele cm's heeft dan geen nadelig effect.

De laatste 50 jaar is de laagste oppervlaktewaterstand in het gebied Muyevelde vrijwel constant gebleven, aangenomen mag worden dat hetzelfde geldt voor de gemiddelde grondwaterstand. Analyses van de modellering van grondwaterstanden hebben dat voor Muyevelde bevestigd. Voor de funderingen kan met grote zekerheid worden vastgesteld dat er geen nadelig effect zal optreden.

Houten paalfunderingen van voor het plassencontract van 1963 die mogelijk droog zouden zijn komen te staan, gedurende de laatste 50 jaar, zouden naar verwachting in deze 50 jaar tekenen van schade moeten hebben vertoond. Deze informatie is er niet. De conclusie is dan ook dat op basis van alle beschikbare informatie de houten palen in dit gebied nog voldoende reserve hebben in het onder water staan van het hout.

Er van uitgaande dat in het verleden eerder waterstandsverlagingen zijn opgetreden wordt bij de beperkte holocene laagdikte een kruip (langdurige doorgaande zetting) van enkele mm's per jaar verwacht in dit gebied. Aangenomen mag worden dat de grondwaterstand in stappen mee is verlaagd. Bij een aanleg niveau van minimaal 0,2 m tussen de laagste grondwaterstand en het bovenste funderingshout wordt verwacht dat het gemiddeld 50-100 jaar duurt voor deze 0,2 m voor paalhout enigszins droog kan komen te staan. Dit houdt in dat gebouwen ouder dan 100 jaar aandachtslocaties zijn. Het verder oprekken van de marges is voor deze funderingen niet zonder meer mogelijk. Aanvullende informatie over de fundering is dan noodzakelijk om vast te stellen of schade (direct of op langere termijn) verwacht kan worden.

Uit de enquête van funderingen in Muyevelde is van de categorie van houten palen van slechts 10 panden de hoogte van de paalkop t.o.v. de waterstand globaal bekend. Volgens de enquête staan de palen niet droog. Op een totaal van 151 woonhuizen met houten palen is dit 6% van de houten paalfunderingen van woonhuizen. Gezien wat er bekend is over deze funderingen, namelijk de al 50 jaar aanwezige lage waterpeilen, de regelgeving over het aanleggen van paalhout op minstens 0,2 m onder grondwater, het niet bekend zijn van gevallen van houtrot in het gebied is er op dit moment geen aanleiding om te veronderstellen dat dit beeld heel anders zal zijn als de gegevens van alle houten palen bekend zijn.

In het algemeen geldt voor gebied Muyevelde dat er slechts een zeer kleine kans is dat door het aanpassen van de maximale en minimale grens waterpeilen binnen het flexibel peilbeheer het bovenste deel van de houten paalfundering droog komt te staan.

Bepalende aspecten in het ontstaan van negatieve effecten op houten paalfundering zijn:

- Gemiddelde grondwaterstand boven het hout van de fundering.
- Gemiddeld lage grondwaterstand boven het hout van de fundering of maximaal orde 2 weken eronder.

- Informatie over fundering (bovenkant hout) en staat van funderingshout (voor met name 'oudere' panden) is essentieel als de marges door toepassen van flexibel peil zullen worden vergroot (en dan vooral de lage grondwaterstand).

Schade aan panden met een fundering op palen wordt verwacht door verschilzakkingen van de palen of door paalrot. Vanwege de verwachte zeer geringe zakkingen zijn verschilzakkingen verwaarloosbaar, tenzij een constructiefout is gemaakt bijvoorbeeld doordat enkele palen te dun zijn gemaakt of te ondiep staan. Schade door paalrot ontstaat doordat de kwaliteit van de palen (het hout aan de bovenzijde) zal gaan afnemen. Het pand kan daardoor lokaal gaan zakken en veroorzaakt veelal verschilzakkingen.

Als uiteindelijk schade is ontstaan dan zijn er kosten verbonden aan het herstel van de schade. Luijendijk [ref. 9] voert voor de kosten een tot in detail gespecificeerde herstelkostenraming op, gebaseerd op kengetallen uit de periode 2003-2006, welke uitkomt op 54.000 Euro per pand. Bij het opstellen van deze kostenraming zijn de meest voorkomende (combinaties van) maatregelen meegenomen, gebaseerd op aanwezige kennis binnen Grontmij. Door platform fundering wordt melding gemaakt van bedragen tot 70.000 euro. Er is geen onderbouwing gevonden, waardoor dit niet een gemiddeld bedrag lijkt. Voorlopig wordt uitgegaan van een gemiddeld schadebedrag voor herstel van schade van circa 55.000,-. Het bedrag is uiteraard afhankelijk van de grootte van het gebouw, de locatie, uitvoeringsbepalende factoren voor herstel (hoe makkelijk kom je erbij).

Het kan enige tijd duren, orde 10 tot meerdere tientallen jaren, voordat daadwerkelijke schade zichtbaar wordt.

Herstelkosten kunnen worden gereduceerd door of regulier inspecties te houden, wat veel inspanning in uren zal kosten, of door op enigerlei wijze de staat te monitoren bijvoorbeeld door het uitvoeren van zakkingsmetingen. Een 'normaal' pand zal een zakkingsnelheid hebben die zeer gering is (verwacht op hooguit 1-2 mm/jaar). Wanneer schade optreedt, zal de zakkingsnelheid groter worden. Uit ervaring is gebleken dat sommige gemeenten vaststellen dat er kans op schade is, bij zakkingen van meer dan 4 mm/jaar. Bij zakkingen groter dan 8 mm/jaar is funderingsherstel noodzakelijk aan het worden.

Bij de vrijwel onveranderde gemiddelde en lage grondwaterstand in Muyevelde wordt geen nadelig effect verwacht. De toename van de kans op schade is derhalve minder dan 1% . Dit geldt eveneens voor de oudere gebouwen waarbij onbekend is wat precies de staat is van funderingen. Er is in de laatste 50 jaar (sinds invoeren van plassencontract en weinig variatie in laagste waterstand) geen informatie bekend van structurele problemen.

Bij een verruiming van m.n. de ondergrens (wat dan vermoedelijk een verlaging van de grondwaterstand en een blijvende verlaging van de gemiddelde grondwaterstand zal veroorzaken) moet rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat de oudere gebouwen (ouder dan 50 jaar) aandachtslocaties worden met een kans op schade. Deze schade zal uiteindelijk, maar misschien pas na vele 10-tallen jaren, leiden tot herstel van fundering met kosten 55 k€ per pand. Het gaat hierbij om 28 % van de houten paalfunderingen of ca. 11% van alle woningen. Geschat aantal woningen is dan 139.

Bij verruiming van de ondergrens van meer dan 0,1 m moet er mee rekening gehouden worden dat vrijwel alle panden met houten paalfunderingen aandachtspanden zijn geworden tenzij exacte gegevens over het hout bekend zijn. Het gaat hierbij om 100 % van de houten paalfunderingen of 41 % van alle woningen, ofwel circa 520 woningen. Uiteraard speelt in

feite de mogelijke verlaging van de gemiddelde grondwaterstand en de periode dat de lage grondwaterstand wordt onderschreden een rol. Echter wanneer onbekend is wat het niveau van het funderingshout is t.o.v. de grondwaterstand (GW of GLG) dat is hier geen uitspraak in meer detail mogelijk.

Voor elke verruiming van de ondergrens zijn maatregelen nodig. Deze kunnen variëren van:

- Onderzoek houten paalfunderingen (diepte t.o.v. maaiveld.)
- Vergelijking met voorspelde GLG vanuit modellering deelproject Hydro.
- Plaatsen van peilbuizen nabij houten paalfunderingen.
- Uitvoeren van zakkingsmetingen aan (selectie van) de panden met houten paalfunderingen.
- Actief drainage / infiltratie systeem.
- Aparte beheergebieden.
- Enz.

Op basis van huidige voorgestelde veranderingen de effecten en kans op schade beperkt. Na eventuele toekomstige peilverlagingen (of specifiek verlaging van het laagste peil) komen meer houten paalfunderingen in de gevaren zone. Zonder aanvullende informatie moet dan aangenomen worden dan deze funderingen schade kunnen oplopen. Voor de middellange tot lange termijn is dus onderzoek nodig naar de staat van deze gebouwen om vast te kunnen stellen of deze schade niet zal optreden.

5.2.7 Funderingen op staal

Een fundering op staal staat direct op de ondergrond. Een zetting van de ondergrond zal door een fundering van een gebouw worden gevolgd. Tijdens en na de bouw heeft de ondergrond ter plaatse van de fundering al een zetting ondergaan door het gewicht van het bouwwerk. De grootte van de zakking van de fundering is afhankelijk van de belasting op de fundering, de funderingsbreedte, de aanlegdiepte en de omvang van de grondverbetering onder de fundering en de resterende dikte van samendrukbare lagen.

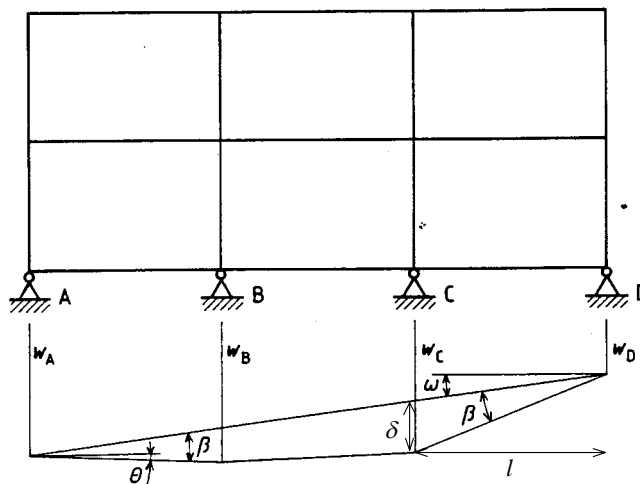
Bij funderen op staal worden traditioneel sleuven gegraven tot op circa 80 cm beneden het maaiveld. De aanleg van de fundering is op deze diepte vorstvrij. Bij erg strenge winters komt de vorst niet onder de fundering. In deze sleuven wordt meestal een kantplank gesteld waartussen de wapening komt. Daarna wordt beton gestort en afgewerkt tot bij de bovenkant van de kantplanken. Als het beton voldoende is uitgehard kunnen de funderingsmuren worden opgemetseld tot aan de onderkant van de vloer. In gebieden met slappe grond is het noodzakelijk onder de fundering een grondverbetering aan te brengen, meestal minimaal 0,50 m. Dit is noodzakelijk omdat anders het gebouw zal gaan verzakken omdat slappe grond te weinig sterkte heeft om het gewicht te kunnen dragen, dit kan al bij het bouwen van het huis gebeuren. In slappere grond zal er bovendien tijdseffect aanwezig zijn bij het optreden van zettingen.

De grootte van de zakking bepaald de kans op schade. Voor het deel van de zakkingen dat tijdens de bouw optreedt geldt dat dit maar in beperkte mate bijdraagt aan de kans op schade. Immers: op elk moment geldt dat het deel van de woning dat nog moet worden gebouwd de reeds opgetreden zettingen niet ondergaat. Daarnaast zijn sommige onderdelen, zoals metselspecie, in het begin flexibeler dan later en dus is het geheel tijdens de bouw minder schadegevoelig dan op basis van de standaardcriteria zou worden gevonden. In het gebouw kan schade ontstaan als gevolg van de doorgaande zetting van de ondergrond als gevolg van het gewicht na de bouw. Als het gebouw is gebouwd redelijk dicht op de

samendrukbare lagen dan kan verwacht worden dat dit de samendrukbare lagen al heeft voorbelast.

Met betrekking tot schade aan constructies wordt vaak over de relatieve rotatie β gesproken (in de Engelstalige literatuur wordt voor β de term angular distortion gehanteerd). Dit is een grootheid die samenhangt met de kromming. In Figuur 5.2 is de definitie van relatieve rotatie gegeven volgens [geotechnische norm NEN 6740]. Het gaat hier om een gebouw met verscheidene funderingssegmenten. De verschilzakking tussen begin en einde van het gebouw bepaalt de scheefstand ω . De relatieve rotatie β is de hoek die een funderingssegment maakt ten opzichte van de scheefstand ω .

Figuur 5.2 laat zien dat wanneer een funderingssegment een lengte L heeft en een verschilzakking δ (ten opzichte van de scheefstand), de relatieve rotatie geschreven kan worden als $\beta = \delta / L$. Deze definitie wordt veelvuldig gebruikt om de opgetreden relatieve rotatie in gebouwen te bepalen (zie [Bjerrum 1963], [Skempton 1956] en [Bell 1987]).



Figuur 5.2 Definitie van relatieve rotatie β en scheefstand ω volgens [NEN 6740]

Voor het bepalen van de mogelijkheid van het optreden van schade aan gebouwen door bodemdaling bestaat in Nederland geen norm. De Nederlandse norm [NEN 6740 2006] stelt wel grenzen aan de relatieve rotatie en/of de horizontale rek. Deze norm stelt dat de scheefstand en/of relatieve rotatie niet meer dan 1:300 mag zijn. Deze norm geldt eigenlijk voor nieuwe bouwwerken en niet voor bestaande bebouwing. De rotaties die voor bestaande bebouwing toelaatbaar zijn, zijn afhankelijk van de aard en staat van de bebouwing en de fundering, maar uiteraard ook voor de (resterende) levensduur.

Voor de beoordeling op het optreden van schade wordt gebruik worden gemaakt van [Boscardin & Cording 1989], juist omdat deze voor veel gebouwafmetingen conservatief is. In Tabel 5.1 is het dit overzicht gegeven.

In [ref. 10] is een probabilistische aanpak beschreven die het mogelijk maakt de bijdrage van verschillende effecten aan de kans op resulterende schade te splitsen. De methode is zeer geschikt om het effect van een aspect bijvoorbeeld waterpeilverandering, op de toename van de kans op schade te bepalen en los te kunnen zien van andere aspecten die spelen. In de situatie van Muyevelde bleek deze aanpak niet nodig vanwege de zeer beperkte

veranderingen. De schade klassen zoals beschreven in Tabellen 5.1 en 5.2 worden in [ref. 10] eveneens gebruikt.

Schade criteria volgens Boscardin en Cordin (geen horizontale rek)	
hoekverdraaiingsverschil	type schade
1:1000	verwaarloosbaar
1:600	zeer licht tot licht (overgang)
1:500	licht
1:300	licht tot matig (overgang)
1:150	matig tot ernstig (overgang)

Tabel 5.1 Schade criteria volgens Boscardin en Cordin (geen horizontale rek)

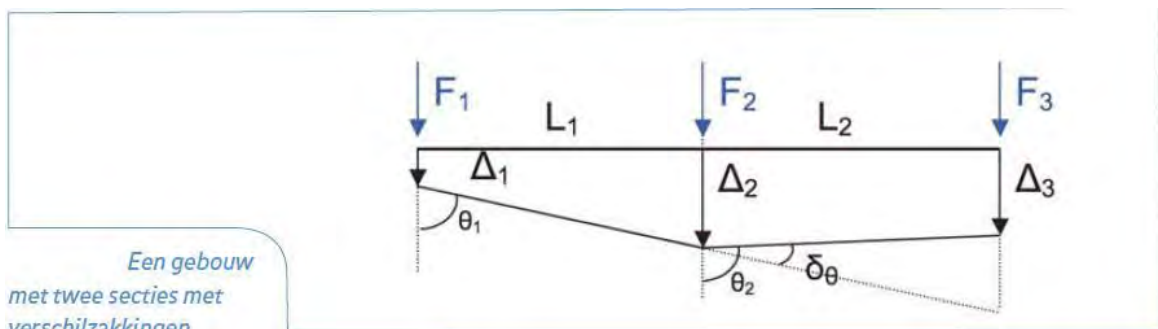
In Tabel 5.2 is een beschrijving gegeven van de in Tabel 5.1 genoemde schade klassen.

Schadeklasse	omschrijving	karacterisering schadebeeld
0	verwaarloosbaar	haarscheurtjes kleiner dan circa 0,1 mm
1	zeer licht	kleine scheuren, meestal beperkt tot pleisterwerk, die eenvoudig kunnen worden weggewerkt. Enige scheurvorming in metselwerk. Scheurwijdten tot 1 mm
2	licht	geringe scheurvorming, kan eenvoudig hersteld worden. Scheuren kunnen aan de buitenzijde zichtbaar zijn en kunnen tot vochtdoorslag leiden. Deuren en ramen kunnen licht klemmen. Scheurwijdte tot 5 mm
3	matig	scheuren zijn zodanig, dat metselwerk dient te worden hersteld. Deuren en ramen klemmen. Mogelijke schade aan nutsaansluitingen. Vochtdoorslag mogelijk. Scheurwijdten 5 tot 15 mm
4	ernstig	herstel vergt vervanging van muurdelen en ander constructieve elementen. Bruikbaarheid en toegankelijkheid ernstig aangetast. Voelbare scheefstand. Scheurwijdten 15 tot 25 mm
5	zeer ernstig	volledige renovatie noodzakelijk. Instortingsgevaar. Scheurwijdten groter dan 25 mm

Tabel 5.2 Beschrijving schadeklassen

De herstelkosten van opgetreden schade zijn zeer afhankelijk van specifieke omstandigheden. Rekening houdend met [ref.9] (zie ook par. 5.2.6) lijkt een gemiddeld schade bedrag van € 55.000,- voor klasse 5 reëel. De herstelkosten bij de laagste klasse 1 zijn zeer gering en bedragen orde € 1.000,- .

Bij funderingen op staal kan uitgegaan worden van een representatieve lengte L tussen funderingspunten van circa 6 m.



Een gebouw
met twee secties met
verschilzakkingen.

Figuur 5.3 Beschrijving schema t.b.v. verschilzakkingen in een gebouw

Om een beeld te krijgen van wat aan maximaal effect verwacht mag worden wordt een conservatieve uitwerking van bovenstaande aangehouden. In een later stadium wanneer meer detail nodig is kan de methodiek zoals vermeld in [ref. 10] toegepast worden. Uitgaande van NEN6740 dient voor een fundering op staal voor de variatie van de zakking uitgegaan te worden van 50 % als er geen gegevens zijn. Voor gebouwen mag je er van uitgaan dat vanwege de kleine oppervlakte die variatie veel kleiner zal zijn.

Voor een fundering op staal wordt een zakking op funderingsniveau verwacht van 4 mm.

Variatie zakking wordt aangenomen op 50% van 4 mm = 2 mm

De maximale hoekverdraaiing treedt op bij maximale variatie op ongunstig punt (middelste van 3 steunpunten) = $2 \times 2 \text{ mm} / 6 \text{ m} = 1: 1500$.

Bovenstaande is conservatief gerekend. In werkelijk zal de variatie van de grondopbouw over het oppervlak van het gebouw veel minder zijn. Ter referentie is berekend dat de aanvullende zetting ten gevolge van een grondwaterstandsverlaging van 0,1 m slechts 4% bedraagt van de zetting van de fundering als gevolg van het gebouwgewicht.

De toename van de kans op schade t.o.v. de situatie waarin een pand zich in de huidige situatie bevindt is derhalve zeer klein, een maximale hoekverdraaiing van 1:3000 is schade in de klasse "verwaarloosbaar".

Voor kleinere gebouwtjes zoals schuurtjes kan een grotere zakking verwacht worden indien deze een zeer ondiepe fundering hebben. Maar voor deze gebouwtjes wordt geen significante verschilzakking over de beperkte lengte van het gebouwtje verwacht. Een extra zakking van 10 mm over 30 jaar is acceptabel. Dit houdt in dat eveneens voor gebouwen met verschillende funderingstypes (bijvoorbeeld met aanbouwen met fundering op staal tegen een gebouw gefundeerd op palen) de verschilzakking zeer gering is.

Belangrijke aspecten die bepalen welke effecten zijn te verwachten:

- De lage grondwaterstand is bepalend voor zettingen.
- Grondwaterstandsverlagingen binnen historische reeds opgetreden waarden beperken de optredende zetting.

5.3 Conclusies

Op basis van de uitgevoerde berekeningen en expertjudgement is vastgesteld dat de verwachte grondwaterverlaging (laagste waarde) dusdanig klein is dat het effect op funderingen van gebouwen acceptabel klein is.

Voor gebouwen op houten palen worden geen problemen met paalrot verwacht omdat de laatste 50 jaar de waterpeilen en daarmee ook de grondwaterstanden al vele malen laag zijn

geweest. Voor funderingen op staal zijn mogelijk een gering extra zakking te verwachten (orde 4 mm in 30 jaar). Dit valt bij de gehanteerde conservatieve benadering in de klasse "verwaarloosbaar". De toename op schade t.o.v. de situatie voor flexpeil zal nihil zijn.

5.4 Algemene aanbevelingen voor effecten op funderingen

5.4.1 Informatie-inwinning over aanwezige funderingstypen.

Een fundering op staal (zonder palen) zal gaan zakken als gevolg van de samendrukking van de grond onder de fundering.

Kenmerkende gegevens:

- Funderingsdiepte.

Een fundering op betonpalen of stalen palen zal gaan zakken als gevolg van extra negatieve kleef die veroorzaakt wordt door het zakken van het maaiveld (samendrukking van de ondergrond). Voor de meeste betonpalen zal deze kracht al in het ontwerp zijn meegenomen, bovendien is de draagkracht meestal zo hoog dat de bijdrage van de extra negatieve kleef beperkt is.

Kenmerkende gegevens:

- Paalafmetingen.
- Paalpuntniveau.
- Huidige belasting (met welke negatieve kleef is rekening gehouden, welke overige bovenbelasting).

Een fundering op houten palen zal gaan zakken als gevolg van extra negatieve kleef die veroorzaakt wordt door het zakken van het maaiveld (samendrukking van de ondergrond). De extra kracht is soms beperkt.

Een fundering op houten palen kan aan de bovenzijde bezwijken als gevolg van langdurige droogstand (waarna de bebouwing kan gaan zakken).

Kenmerkende gegevens:

- Paalafmetingen.
- Paalpuntniveau.
- Huidige belasting (met welke negatieve kleef is rekening gehouden, welke overige bovenbelasting).
- Diepte van bovenkant funderingshout onder de gemiddelde of laagste grondwaterstand.

5.4.2 Hoe nadelige effecten voorkomen/reduceren

De nadelige geotechnische effecten van een flexibel peilbeheer op funderingen kunnen worden voorkomen of sterk worden gereduceerd door de volgende aanbevelingen op te volgen:

- Zorg dat de gemiddelde grondwaterstand ongeveer gelijk blijft.
- Zorg dat laagste grondwaterstand blijft binnen de historisch bereikte minimale grondwaterstanden.
- Voer grondonderzoek uit om door middel van samendrukkingsproeven vast te stellen welke extra ruimte er nog is voor een verlaging door het bepalen van de grensspanning in de klei- en veenlagen; een extra ruimte in een grondwaterstandsverlaging tot 0,1 m buiten de historische waarden lijkt vaak nog aanwezig.

- Wanneer een grotere gemiddelde verlaging wordt gehanteerd dan circa 0,1 m t.o.v. de aanwezige gemiddelde grondwaterstand zijn problemen met houten paalfunderingen niet uit te sluiten. De omvang van de eventuele gevolgen (zakking, eventueel paalrot) zijn evenwel niet in te schatten omdat de informatie over de status van de funderingen niet bekend is. In die situatie is funderingsonderzoek nodig voor de woningen waarvan vermoedt mag worden dat ze een houten paalfundering hebben.
- Bij een grotere verlaging van de laagste grondwaterstand t.o.v. de in het verleden reeds opgetreden grondwaterstand kunnen funderingen op staal meer zakking ondervinden. Voor de omstandigheden in de beschouwde gebieden lijkt een verlaging tot 0,2 m van de laagste grondwaterstand mogelijk voordat meer dan alleen esthetische schade optreedt (tot maximaal klasse 1); de grootte van deze waarde is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden.
- Schade aan verzakte paalfunderingen door extra negatieve kleef kan voor een verlaging meer dan 0,1 m optreden als geen rekening is gehouden met negatieve kleef en de paalfundering al tot zijn maximum is belast (kan ook door slechte staat veroorzaakt zijn); voor betonpalen en stalen palen lijkt de kans hierop zeer gering

Ook het volgen van effecten kan een goede manier zijn om schades te voorkomen, bijvoorbeeld door deze op tijd te signaleren of door aan te tonen dat de effecten minder zijn dan verwacht. Bijvoorbeeld door:

- Waarnemen van grondwaterstanden nabij panden.
- Waarnemen van de zakkingsnelheid van panden.

6 Effect Waterkeringen

6.1 Aanpak

Het effect van flexpeil op waterkeringen in het gebied is in eerste instantie beoordeeld voor de waterkering aan de zuidzijde van de Loosdrechtse plassen in het gebied Muyevelde.

In een eerder stadium zijn de belangrijkste gevolgen vastgesteld die een peilverandering zou kunnen veroorzaken voor het waterkerend vermogen van de waterkering. Het ging daarbij om:

- Stabiliteit (macrostabiliteit, glijcirkels).
- Stabiliteit (piping onder waterkering).
- Erosiebestendigheid vegetatie op waterkering.
- Droogte effecten (scheuren, evenwicht enz.)
- Veranderende maaiveldaling waardoor dijktafelhoogte sneller afneemt.

Om een beoordeling te geven is gekeken naar hoe deze aspecten voor een dijk in Muyevelde in rekening wordt gebracht. Daarna is bekeken welke grondwaterstanden worden gemeten in de dijk en of er een bepaalde grondwaterstandsverandering is te verwachten om zodoende het effect op de waterkering te schatten. Tot slot wordt bekeken of monitoring verder nodig.

6.2 Peilverandering

De Nieuwe weg is de weg op de waterkering aan de zuidzijde van Muyevelde. Het is de scheiding tussen de Loosdrechtse plassen aan de noordzijde van de waterkering en de Bethunepolder aan de zuidzijde.

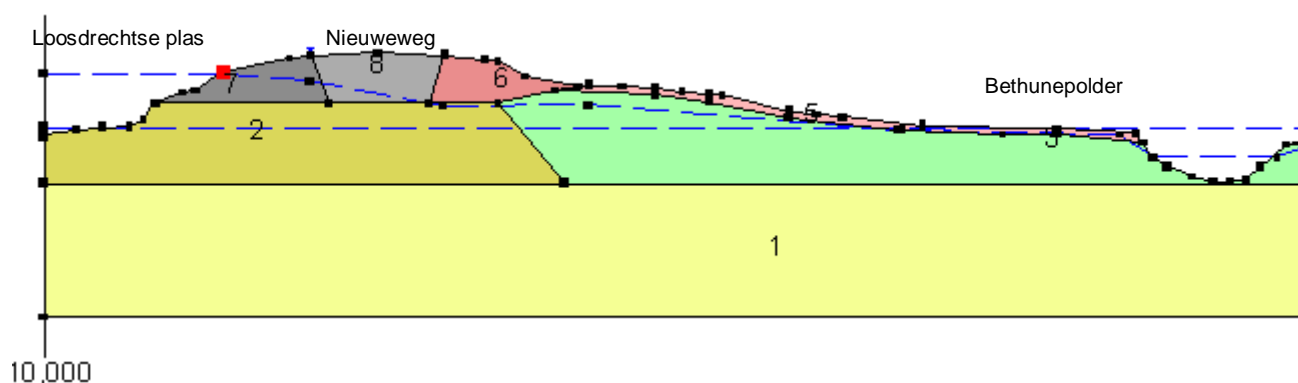
Aan de Loosdrechtse plassen zijde is een flexibel peil van max NAP -1,05 m en min NAP -1,20 m (voorlopig -1,18 m). Aan de Bethunezijde is deze tussen NAP -4,0 en -3,65 m, met een streefpeil van NAP -3,9 m is.

De veranderingen t.o.v. bestaande situatie zijn aan de plassen zijde beperkt. De minimale en maximale peilen waren er al vele jaren. De waarden vallen binnen de grenzen zoals gesteld in het Plassencontract / peilbesluit.

6.3 Inschatting effect

6.3.1 Grondopbouw en doorsnede waterkering

Door Waternet zijn gegevens beschikbaar gesteld over de doorsnede van de waterkering. In Figuur 6.1 is de doorsnede zoals deze is toegepast in een beoordeling van de waterkering weergegeven.



Figuur 6.1 Dwarsdoorsnede waterkering Nieuwegeweg

In de doorsnede is te zien dat het maaiveld van de waterkering op circa NAP -0,1 à -0,3 m is gelegen. Onder de weg is een zandige grondlaag van circa 2 m dikte aanwezig (in Figuur 5.1 aangegeven met code 8). Daarnaast is aan weerszijden grond, veelal klei, gelegen (code 6 en 7 in Figuur 6.1). Deze zand en grondlagen zijn in het verleden opgebrachte grond. Onder deze toplaag is het in het gebied kenmerkende veen aanwezig (code 2 en 3 in Figuur 5.1). Het 1^e watervoerende (zand) pakket wordt in de schematisatie aangehouden op NAP – 5 m.

6.3.2 Grondwaterstanden

Tabel 6.1 geeft de grondwaterstanden weer die aanhouden zijn bij de toetsing van de waterkering. Het betreft een gemiddelde waarde die vastgesteld is op basis van peilbuiswaarnemingen en een voor de stabiliteit maatgevende grondwaterlijn. De maatgevende waterstanden zijn gebaseerd op hoge of lage grenzen die kunnen optreden met additioneel effecten van opwaaing, golfslag e.d. in combinatie met neerslag in dijk of droogte.

	Hoogte freatische lijn			
	A Boezem- peil [NAP.. m]	B Buiten- kruinlijn [NAP _w , m]	C Binnen- kruinlijn [NAP _w , m]	D Talud [tov mv]
RAAI 1 <u>metreering 1440</u>	-0,90	-1,20	-2,10	-0,25
RAAI 2 <u>metreering 2500</u>	-0,90	-1,20	-2,10	-0,25

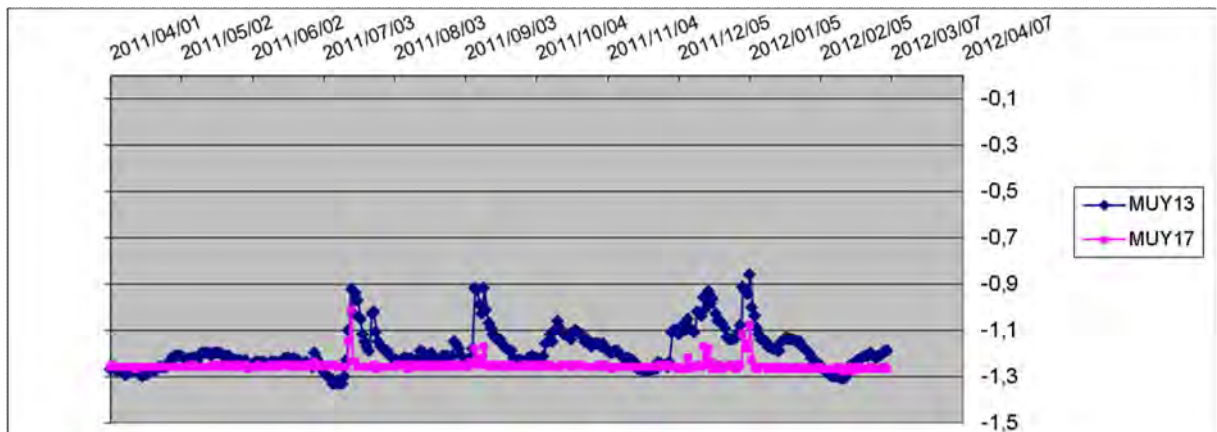
	Hoogte freatische lijn			
	A Boezem- peil [NAP.. m]	B Buiten- kruinlijn [NAP _w , m]	C Binnen- kruinlijn [NAP _w , m]	D Talud [tov mv]
aangenomen MBP	-0,4	-0,4	-1,1	-0,25

Tabel 6.1 Gemiddelde (bovenste tabel) en maatgevende (onderste tabel) grondwaterlijn in de waterkering op karakteristieke locaties

Locatie A is het peil in de Loosdrechtse plassen. Waarnemingen van de hoogte van het waterpeil laten zien dat deze doorgaans wisselen tussen NAP – 0,95 en NAP -1,20 m. De gemiddelde waarde is in peilbeheer een maximale waarde, de maatgevende waarde is extreem hoog. Een minimale waarde is voor de stabiliteit van de dijk niet maatgevend. De

minimale waarde in flexpeil komt overeen met waarden die in het verleden regelmatig gehaald zijn.

Locatie B is het peil aan de buitenzijde van de kruin. Hier zijn op 2 locaties peilfilters geplaatst in het kader van het flexpeil project. Het betreft MUY13 en MUY17. De resultaten van de waarnemingen t/m maart 2012 zijn weergegeven in Figuur 6.2.



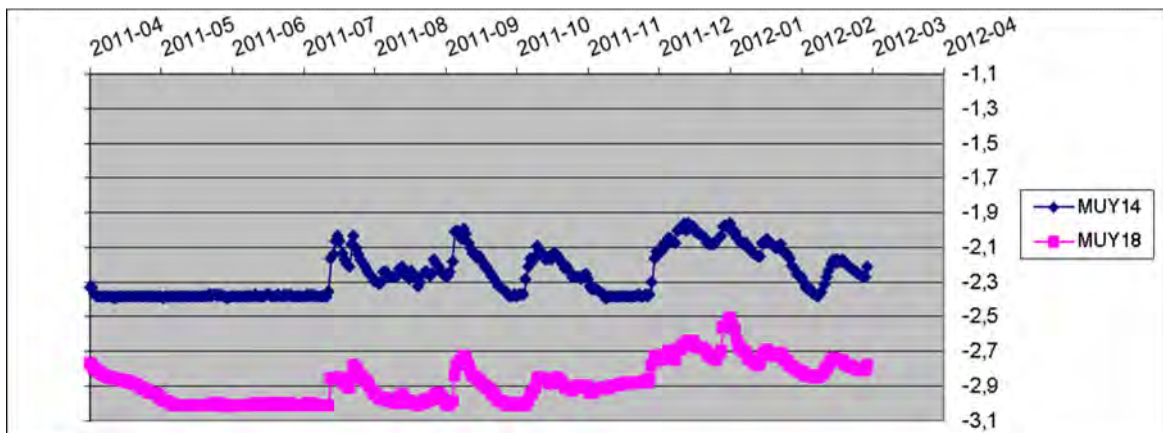
Figuur 6.2 Peilbuiswaarnemingen(in m t.o.v. NAP) buitenkruinlijn

Uit Figuur 6.2 vallen een aantal zaken op:

- Er zijn peilbuis waarnemingen tussen april 2011 en maart 2012; flexpeil in Muyevelde is ingesteld in oktober 2011.
- Peilbuis MUY17 staat het overgrote deel van de tijd leeg (de horizontale lijn is de hoogteligging van de diver; het peilfilter is hier te ondiep geplaatst).
- Peilbuis MUY17 uit de oostelijke raai laat iets lagere waarden zien dan in de westelijke raai.
- Peilbuis MUY13 laat een geringe variatie zien met pieken vermoedelijk veroorzaakt door neerslag.
- Peilbuis MUY17 laat dezelfde pieken zien (afgezien van de periode dat deze leeg staat).
- De gemeten grondwaterstanden (gemiddeld rond NAP -1,2 m) liggen zeer dicht bij de gemiddelde grondwaterstand zoals is verondersteld en genoemd in Figuur 5.2 en ligt nog ver onder de maatgevende grondwaterstand.
- Er is te weinig data na het instellen van flexpeil om deze te vergelijken met ruim een half jaar metingen voor het instellen van flexpeil.

Locatie B ligt het dichtst bij het open water van de Loosdrechtse plassen en zou het meest onder invloed zijn van het open water peil. Uit resultaten van modellering in het deelproject Hydro blijkt de invloed zeer beperkt te zijn. Effecten de waarde sterk beïnvloeden zijn neerslag/verdamping en inzijing (een en ander beïnvloed door de plaatselijk aanwezige grondslag).

Locatie C is het peil aan de binnenzijde van de kruin. Hier zijn eveneens op 2 locaties peilfilters geplaatst in het kader van het flexpeil project. Het betreft MUY14 en MUY18. De resultaten van de waarnemingen t/m maart 2012 zijn weergegeven in Figuur 6.3.



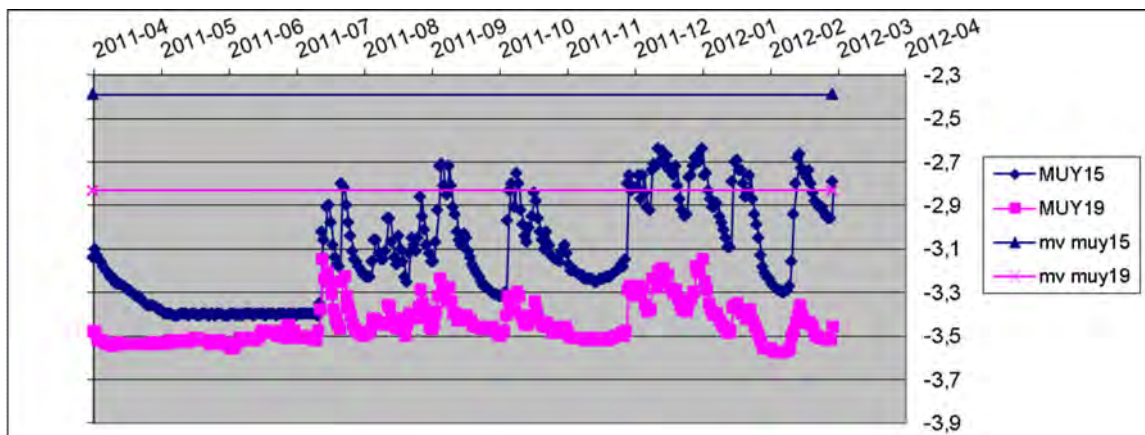
Figuur 6.3 Peilbuiswaarnemingen (in m t.o.v. NAP) binnenkruinlijn

Uit Figuur 6.3 vallen een aantal zaken op:

- Er zijn peilbuis waarnemingen tussen april 2011 en maart 2012; flexpeil in Muyevelde is ingesteld in oktober 2011
- peilbuis MUY18 uit de oostelijke raai laat iets gemiddelde ruim 0,5 m lagere waarden zien dan in de westelijke raai; dit kan gedeeltelijk te maken hebben met verschillen in grondslag, maar kan ook (vanwege de sterk overeenkomende vorm) in een klein deel meefout van de diepte van het filter
- beide peilbuizen bereiken af en toe hun laagst mogelijk stand (grondwater onder diverniveau); de metingen voor juli 2011 lijken niet bruikbaar
- peilbuis MUY14 en MUY18 laten dezelfde pieken zien en reageren gelijkwaardig op de omstandigheden
- de gemeten grondwaterstanden (gemiddeld resp. NAP – 2,3 m en -2,8 m) liggen net onder de gemiddelde grondwaterstand zoals is verondersteld en genoemd in Figuur 5.2 en liggen nog ver onder de maatgevende grondwaterstand.
- Er zijn te weinig data na het instellen van flexpeil om deze te vergelijken met ruim een half jaar metingen voor het instellen van flexpeil.

Locatie B ligt van alle locaties het verst van het open water aan beide zijden van de waterkering. De invloed van fluctuaties op het grondwaterpeil op deze locatie is het minst. Effecten de waarde sterk beïnvloeden zijn neerslag/verdamping en inzijing (een en ander beïnvloed door de plaatselijk aanwezige grondslag).

Locatie D is ongeveer onderaan het binnentalud. Hier zijn eveneens op 2 locaties peilfilters geplaatst in het kader van het flexpeil project. Het betreft MUY15 en MUY19. De resultaten van de waarnemingen t/m maart 2012 zijn weergegeven in Figuur 6.4.



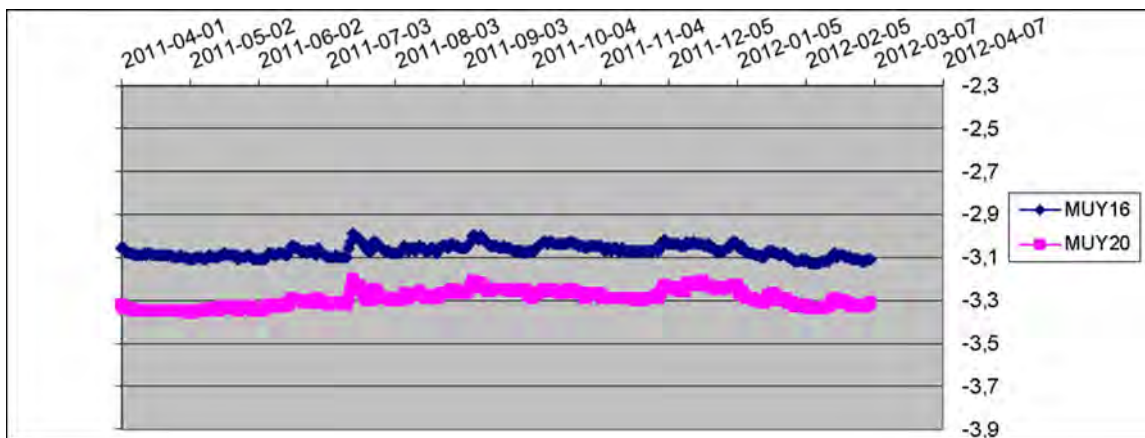
Figuur 6.4 Peilbuiswaarnemingen (in m t.o.v. NAP) binnentalud

Uit Figuur 6.4 vallen een aantal zaken op:

- Er zijn peilbuis waarnemingen tussen april 2011 en maart 2012; flexpeil in Muyevelde is ingesteld in oktober 2011.
- De metingen voor juli 2011 lijken niet bruikbaar.
- Peilbuis MUY19 uit de oostelijke raai laat gemiddeld 0,3 m lagere waarden zien dan in de westelijke raai; dit kan gedeeltelijk te maken hebben met verschillen in grondslag, maar kan ook (vanwege de sterk overeenkomende vorm) in een klein deel meetfout van de diepte van het filter.
- Peilbuis MUY14 en MUY18 laten dezelfde pieken zijn en reageren gelijkwaardig op de omstandigheden.
- De gemeten grondwaterstanden (gemiddeld resp. NAP – 3,0 m en -3,4 m) liggen circa 0,6 à 0,8 m onder het maaiveld en daarmee ver onder de gemiddelde grondwaterstand zoals is verondersteld en genoemd in Figuur 5.2 en ligt nog ver onder de maatgevende grondwaterstand.
- De waargenomen waterstanden komen al enigszins overeen met de peilen in de sloot van de Bethunepolder waarvan het peil op maximaal NAP -3,65 m ligt.
- Er zijn te weinig data na het instellen van flexpeil om deze te vergelijken met ruim een half jaar metingen voor het instellen van flexpeil.

Locatie C ligt het dichtst bij het open water van de laaggelegen Bethunepolder en zou het meest onder invloed zijn van het open water peil. Uit resultaten van modellering in het deelproject Hydro blijkt de invloed zeer beperkt te zijn tot een korte zone langs het slootkanten. Effecten de waarde sterk beïnvloeden zijn neerslag/verdamping en kwel/inzijing (een en ander beïnvloed door de plaatselijk aanwezige grondslag).

Tevens is de stijghoogte van het diepe grondwater waargenomen in peilbuizen MUY16 en MUY20. Deze zijn geplaatst nabij de locatie zoals hiervoor D genoemd. De resultaten van de waarnemingen t/m maart 2012 zijn weergegeven in Figuur 6.5.



Figuur 6.5 Peilbuiswaarnemingen stijghoogte 1° WVP in m t.o.v. NAP

Uit Figuur 6.5 vallen een aantal zaken op:

- Er zijn peilbuis waarnemingen tussen april 2011 en maart 2012; flexpeil in Muyevelde is ingesteld in oktober 2011.
- Peilbuis MUY20 uit de oostelijke raai laat gemiddeld 0,2 m lagere waarden zien dan in de westelijke raai; dit kan gedeeltelijk te maken hebben met verschillen in locatie in het gebied, maar kan ook (vanwege de sterk overeenkomende vorm) in een deel meefout van de diepte van het filter.
- Peilbuizen MUY16 en MUY20 laten dezelfde pieken zijn en reageren gelijkwaardig op de omstandigheden.
- De gemeten grondwaterstanden (gemiddeld resp. NAP – 3,1 m en -3,3 m) liggen onder de gemiddelde stijghoogte van NAP -3,0 m en onder de maatgevende stijghoogte van NAP -2,9 m.
- Er is te weinig data na het instellen van flexpeil om deze te vergelijken met ruim een half jaar metingen voor het instellen van flexpeil.

6.3.3 Beoordeling mechanismen

Op basis van de beschikbare gegevens kan het volgende worden geconcludeerd voor de aspecten die het waterkerende vermogen van de waterkering bepalen.

Stabiliteit:

De waargenomen grondwaterstand ligt binnen de marges die verwacht worden, maar ver onder de maatgevende situaties. Het effect op de macro stabiliteit (glijcirkels) is derhalve niet negatief.

De berekening voor de minimale kwelling wordt als volgt uitgevoerd;

$$L = C_{creep} \cdot (\sum H - 0.3d)$$

Waarin:

- L intrepunt buitenteen tot uittreepunt sloot.
- C_{creep} materiaalconstante (18 bij zeer fijn zand).
- H verval over waterkering (-0,40 - - 3,65) = 3,25 m.
- d verticale afstand slootbodem en zandlaag (gemiddeld 0,3m t.p.v. de slootbodem).

Te zien is dat het verval over de waterkering een invoerparameter is. Bij waterkeringen die 2 flexpeil gebieden scheiden dient nagegaan te worden of in deze situatie een maatgevender verval kan optreden. Bijvoorbeeld tegelijkertijd een maatgevend hoogwater aan de buitenzijde en een maatgevend laagwater aan de binnenzijde. Op basis van de waarnemingen wordt geconcludeerd dat een meer maatgevend verval onwaarschijnlijk is. De grenzen van flexibel peil blijven binnen het peilbesluit er is geen aanleiding tot andere buitenwaterstanden. In percelen voor het gebied Muyevelde blijkt uit de modellering van deelproject HYDRO dat in die gevallen het effect van de buitenwaterstand zeer gering is en dat met name neerslag en kwel de bepalende factoren zijn (in het geval er geen substantiële verlaging optreedt van de gemiddelde waterpeilen, zoals nu in flexpeil het geval is).

Erosiebestendigheid vegetatie op waterkering

Er zijn geen conclusies te trekken met betrekking tot de invloed op de vegetatie. Vanwege de geringe veranderingen in oppervlakte waterpeilen mag worden verwacht dat de veranderingen in grondwaterstand in het verleden ook al opgetreden zullen zijn. Er zijn geen gegevens bekend omtrent de benodigde drooglegging van de vegetatie of aanwezige problemen met de vegetatie. Dit aspect wordt met betrekking tot flexpeil voor de waterkering van ondergeschikt belang geacht.

Droogte effecten (scheuren enz.)

Zeer lage grondwaterstanden kunnen een verminderd gewicht van de dijk opleveren. Bovendien kunnen scheuren in de toplaag optreden die een negatief effect kunnen veroorzaken.

Omdat er geen sprake is van veen aan het oppervlak zijn droogtescheuren op deze locatie van ondergeschikt belang. Het verlaagde gewicht in droogtecondities is een te toetsen mechanisme die vanwege de hoge stijghoogte in het 1^e WVP reëel is. In de huidige situatie leiden de lage grondwaterstanden vanwege het dieper liggen van het veen en het al aangenomen hebben van lage grondwaterstanden in deze droogte toets, vanwege o.a. de dieper gelegen Bethunepolder, niet tot een meer negatieve situatie.

veranderende maaiveld daling waardoor dijktafelhoogte sneller afneemt.

Voor de waterkering wordt rekening gehouden met een maaiveld daling van 10 mm/jaar. Dit is een redelijk hoge waarde die m.n. wordt veroorzaakt door doorgaande zettingen als gevolg van ophogingen in het verleden (kruip) en voor een gering deel door veenoxidatie. De waarde wordt door experts als reëel gezien. Het effect van flexpeil op de grondwaterstand is nihil. De gemeten waardes vallen binnen de gestelde marges. Er is geen aanleiding te veronderstellen dat een grotere maaiveldzakking zal optreden.

6.4 Conclusies

Voor de stabiliteit van een waterkering zijn de buitenwaterstanden en de grondwaterstand van belang omdat deze enerzijds de belasting op de waterkering vormen en anderzijds de sterkte van de ondergrond bepalen.

Voor de toetsing van de waterkering zijn maatgevende (grond) waterstanden vastgesteld. De gemeten (grond)waterstanden liggen ver onder de maatgevende waarden, en bovendien dicht bij de in de toetsing gehanteerde gemiddelde (grond) waterstanden. De maatgevende waterstanden zijn gebaseerd op ongunstige scenario's. Deze zijn op hun beurt vastgesteld rekening houdend met mogelijke waterpeilen zoals vastgesteld in het plassencontract/peilbesluit. De nieuwe invulling met flexpeil valt daar nog steeds binnen. De

waterstanden in het grondlichaam van de dijk worden met name bepaald door neerslag en kwel. Aan deze parameters verandert niets.

De conclusie is dan ook dat het effect van het instellen van flexibel peil, op basis van de waarnemingen van de peilbuizen valt binnen de ontwerp- en toetswaarden. Er worden op basis van de modelleringsresultaten van deelproject Hydro geen significante veranderingen voorzien in de gemiddelde grondwaterstand en GLG. Het effect is dan ook zeer gering, maar in ieder geval niet maatgevend. Het effect van het instellen van flexpeil verandert niets aan het toetsoordeel van de waterkering.

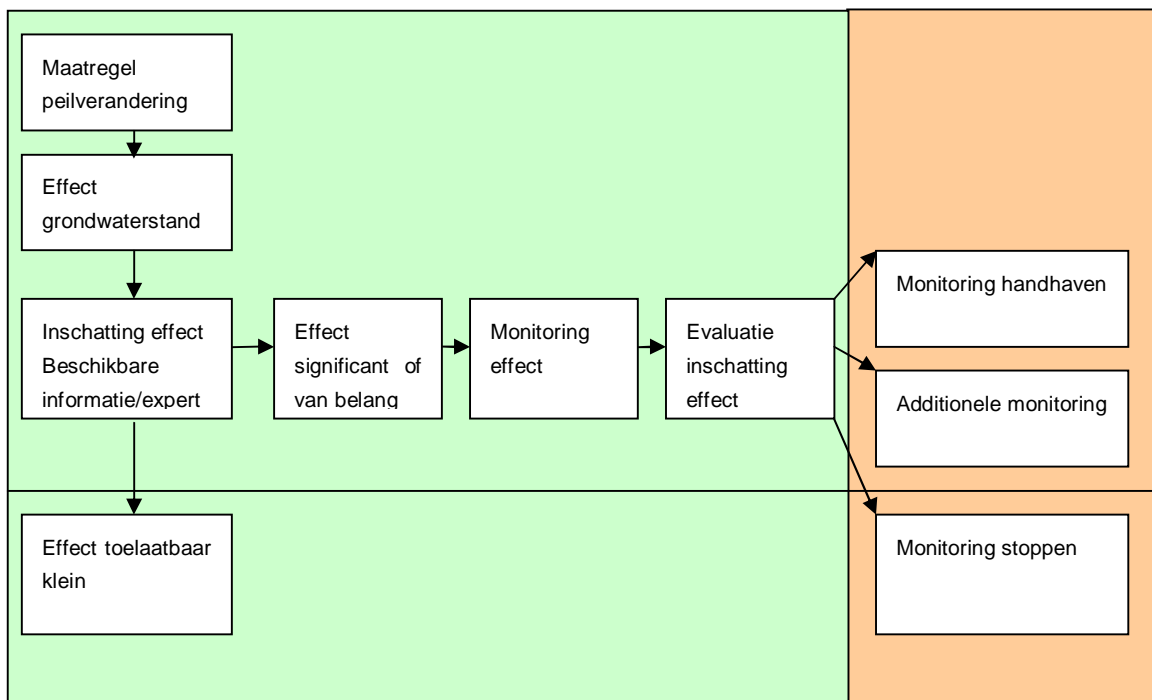
Effecten worden pas verwacht als (grond) waterstanden buiten de historische grenzen uit de peilbesluiten uitkomen. In die gevallen dient nagegaan te worden of toetswaarden moeten worden aangepast wat zou kunnen leiden tot de noodzaak van een aanpassing van de waterkering.

Voor veen kaden dient ook de maatgevende lage waterstand te worden getoetst met de in de toetsing gehanteerde lage grondwaterstand.

7 Effecten maaiveld zakking Ronde Hoep / Middelpolder

7.1 Aanpak

De bepaling van de effecten, en de monitoring die daarvoor nodig is, is bepaald volgens het schema zoals aangegeven in Figuur 7.1. Het is de basis voor het opstellen van een monitoringsplan.



Figuur 7.1 Schema maatregel – monitoring - effect

Op basis van de voorgestelde verandering van oppervlaktewaterpeilen is vastgesteld dat het grondwater de bepalende factor is geotechnische effecten.

Door een inschatting te maken van het effect, op basis van beschikbare informatie, modellen, experts kan worden vastgesteld of het effect toelaatbaar klein is (verdere actie is niet nodig) of dat het effect wel significant is of zou kunnen zijn maar dat de informatie die beschikbaar is niet voldoende is.

In dat laatste geval wordt vastgesteld welke monitoring wordt uitgevoerd om het effect te kunnen meten. Op basis van deze nieuwe gegevens kan worden geëvalueerd wat de significantie van het effect is. Overigens kan deze stap heel kort zijn of overgeslagen worden. Het gevolg van dit pad is dat wordt overgegaan naar een fase waarin maatregelen worden getroffen teneinde de effecten te voorkomen, te minimaliseren of op een andere wijze er mee om te gaan (overgang van het linker blauwe blok naar het rechter oranje blok). In deze fase van maatregelen kan worden besloten de monitoring te stoppen of voort te zetten (eventueel aangepast in grootte) en kan ook worden besloten additionele monitoring die dan meer van belang is toe te voegen.

Gekozen is polder De Ronde Hoep als case te gebruiken, aangezien hier de grootste dikte van slappe lagen verwacht wordt. Bovendien is deze polder het meest ongerept. Verwacht wordt dat de resultaten hier voor overige polders gebruikt kunnen worden.

7.2 Maatregel peilverandering

Door Waternet zijn de volgende gegevens ter beschikking gesteld omtrent de waterpeilen zoals deze bekend waren t.p.v. het reservaat:

- Peilbesluit 1963 reservaat: NAP -2,75/-2,80 m (Zomerpeil ZP/Winterpeil WP).
- Sinds 1998: NAP -2,80/-2,97m (ZP/WP).
- Peilbesluit 2002: NAP -2,80/-2,45 m (ZP/WP).

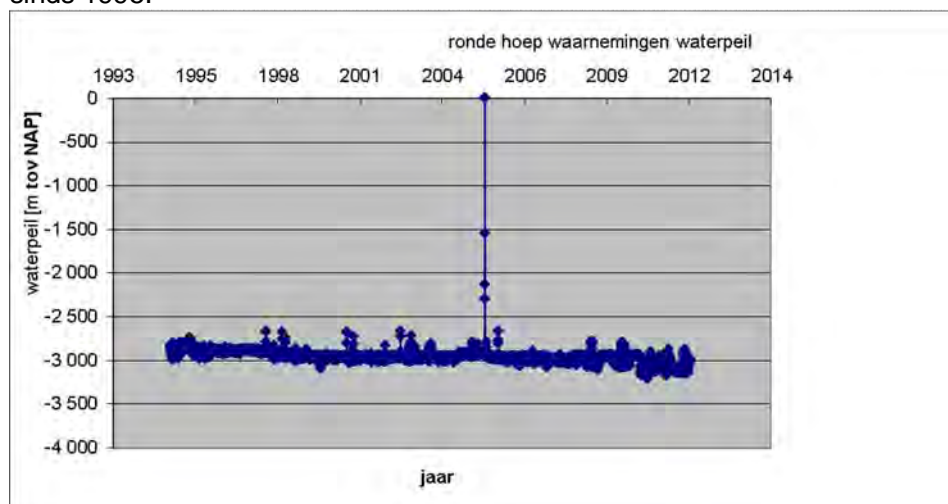
Hierbij moet worden gerealiseerd dat “vroeger” binnen de huidige begrenzing van het peilgebied van het reservaat meerder waterpeilen aanwezig waren (2 peilgebieden en ten noorden en oosten van de Meentsloot verschillende, ca. 10 onderbemalingen). Dus per perceel kunnen de historische peilen behoorlijk verschillend zijn geweest.

De peilverandering zoals die nu is voorzien betreft een flexibel waterpeil. Zoals het er nu naar uitziet wordt deze als volgt ingevuld zoals beschreven in [ref. 11]. Ingestelde flexibel peil ligt tussen een minimum waterpeil van NAP -2,80 m en een maximum waterpeil van NAP -2,45 m (in praktijk komt het peil momenteel tot een maximum van -2,50 m NAP, aangezien het peil van -2,45 niet haalbaar is vanwege overloop op te veel plekken uit het peilvak, overloop zal nog met maatregelen worden tegengegaan in de toekomst). Daarbij zijn de volgende afspraken gemaakt:

- 1 april: stuw wordt gezet op -2,60 m NAP.
- 1 mei: stuw wordt gezet op -2,70 m NAP.
- 1 november: stuw wordt gezet op -2,45 m NAP.

Bij -2,80 m NAP wordt water ingelaten tot een paar cm boven -2,80 m NAP.

In Figuur 7.2 zijn dagelijks gemeten waterpeilen bij het poldergemaal Ronde Hoep weergegeven waarin te zien is dat de waterstand geregeld op het laagste peil heeft gestaan sinds 1995.



Figuur 7.2 Waterpeil bij poldergemaal Ronde Hoep

7.3 Effect grondwaterstand

Op basis van peilbesluiten in het verleden zijn lage peilen van NAP -2,80 m tot NAP -2,97 m gehanteerd in de winter. In de zomer waren hoge peilen van NAP -2,75 m tot NAP -2,80 m gehanteerd.

In de winter zal vanwege neerslag de hoogste grondwaterstand in een perceel tot nabij of zelfs tot het maaiveld kunnen stijgen. De percelen zijn in het beschouwde gebied niet van drains voorzien. In het buitengebied zijn wel drains in de percelen aanwezig en zal de grondwaterstand minder snel en voor een kortere periode tot maaiveld kunnen komen.

Met de voorgestelde flexibele peilen wordt een minimaal waterpeil van NAP – 2,80 m aangehouden en een maximale waarde van NAP – 2,45 m. Daarbij wordt het minimale waterpeil verwacht in drogere periodes zoals de zomer en de maximale waarde in natte periodes zoals de winter. De stapsgewijze instelling van de stuwen zal eveneens een invloed hebben op minimale en maximale peilen maar is dan tevens afhankelijk van de peilen buiten het gebied. Vooral nog wordt in de schematisatie aangehouden dat er een minimum en een maximum is zoals hiervoor genoemd

In eerste instantie wordt verwacht dat het effect op de grondwaterstanden in een perceel niet noemenswaardig zal afwijken van wat in het verleden al is opgetreden aangezien de waterpeilen in een winter periode of in een zomerperiode al regelmatig over de uitersten, zoals nu gedefinieerd in het flexpeil, heen zijn gegaan.

Op basis van expert inzicht wordt verwacht dat de grondwaterstanden zullen gaan variëren met een sinusvormig patroon waarbij in een natte periode de grondwaterstand ongeveer gelijk zal zijn met het maaiveld en in een droge periode ongeveer 20 cm onder de laagste peil zal uitzakken, ofwel circa NAP – 3,0 m (circa 80 cm onder maaiveld). Dit is de basis geweest van effectberekening in de volgende paragrafen. Inmiddels is duidelijk geworden dat op basis van modellering door deelproject Hydro zowel de gemiddelde als laagste grondwaterstand niet zullen dalen, maar zelfs iets stijgen.

7.4 Inschatting effect

In een humeuze grondslag zal er een effect zijn op de snelheid van de maaiveldzakking ofwel bodemdaling. Er zijn in deze regio 5 belangrijke aspecten die een bodemdaling tot gevolg hebben:

- Tektonische daling.
- Isostasie: bodembeweging als gevolg afsmelten van landijsbedekking.
- Oxidatie en krimp van veen.
- Compactie en rijping.
- Winning van delfstoffen: olie, gas, zout.

Zonder verder in te gaan op de achtergrond van deze 5 aspecten kan op basis van bestaande kennis gesteld worden dat vanuit het oogpunt van geotechniek de 2 bepalende aspecten de volgende zijn:

- Compactie (samendrukking) van de ondergrond (zetting door belasting).
- Oxidatie van veen (verdwijnen van grond).

Zetting vindt in principe plaats in de slappe lagen als gevolg van een elastische en/of plastische samendrukking van deze lagen. De korrels/deeltjes waaruit de grond bestaat komen dicht op elkaar te zitten.

Oxidatie van veen vindt alleen plaats in veen of veenhoudende grond en alleen nabij het maaiveldoppervlak in niet met water verzadigde zone (boven de grondwaterstand).

Voor een inschatting van het effect zijn berekeningen uitgevoerd. In de volgende paragrafen wordt een inschatting gemaakt van de bodemdaling per component.

7.4.1 Zettingstheorie

Voor de modellering van het gedrag van de ondergrond is gebruik gemaakt van de meer geavanceerde isotache methode met de a-b-c parameters waarmee de rek per laag berekend wordt:

$$\varepsilon^H = a \ln \left(\frac{\sigma_p}{\sigma_0} \right) + b \ln \left(\frac{\sigma'}{\sigma_p} \right) + c \ln \left(\frac{\tau}{\tau_0} \right)$$

waarin:

ε^H = rek (natuurlijke) van de laag [-]

σ_0 = oorspronkelijke spanning in de laag (terreinspanning) [kPa]

σ_p = grensspanning in de laag [kPa]

σ' = uiteindelijke spanning na belasting in de laag [kPa]

a = isotache parameter die direct, elastische, zetting beschrijft

b = isotache parameter die plastische zetting beschrijft

c = isotache parameter die kruip zetting beschrijft

τ = intrinsieke tijd (wordt bij nieuwe belasting gelijk gesteld aan tijd) [dagen]

τ_0 = reference tijd (wordt bij nieuwe belasting gelijk gesteld aan 1 dag) [dagen]

Doordat de ondergrond slecht waterdoorlatend is, zal de zetting vertraagd in de tijd optreden. De snelheid waarmee het grondwater uit de poriën kan worden verdreven is afhankelijk van de doorlatendheid van deze grondlagen. Om dit te beschrijven wordt het Darcy model gebruikt op basis van doorlatendheid. Voor de berekening van zettingen wordt gebruik gemaakt van het Deltares software pakket D-Settlement.

Bij een toename van de korrelspanning zal de ondergrond samendrukken, bij een afname van de korrelspanning zal de grond zwellen. Dit verklaart ook dat in een gebied waar de grondwaterstand varieert er ook een variatie in maaiveldhoogte wordt geconstateerd.

7.4.2 Veenoxidatie

Een andere component die zal leiden tot een daling van het maaiveld zijn is veenoxidatie. Door het 'vergaan' van het veen onder invloed van verdroging en blootstelling aan zuurstof tot stof (fijn materiaal) 'verdwijnt' grond aan het maaiveld.

De grootte van de veenoxidatie is lastig te bepalen. Bij meetopstellingen zal het isoleren van de veenoxidatie component bij de veelal kleine vervormingen (tot 1 cm per jaar) niet eenvoudig of eenduidig zijn.

Uit de literatuur blijkt dat veenoxidatie van verschillende aspecten afhankelijk is. De afbraak van veen wordt beïnvloed door de bodemopbouw (textuur), mate van ontwatering, de kwel- of inzijgingssituatie, de chemie van het grondwater en de bemesting.

Uit literatuuronderzoek blijkt dat een maaiveld daling ten gevolge van veenoxidatie van tussen de 3,5 en 7 mm /jaar kan optreden. Bij een afstand van maaiveld tot de grondwaterspiegel van 1 m wordt een veenoxidatie waargenomen van 0,5-1,5 cm/jaar. Een andere waarneming is dat maaiveld daling door oxidatie kan oplopen tot 2% van de dikte aan belucht veen per jaar. Schothorst (1979) komt op waarden van 2-10 mm/jaar (hoogste waarde geldt voor een intensief gedraineerd veld). Omdat oxidatie alleen plaats vindt bij toetreding van lucht, dat wil zeggen boven het niveau van de grondwaterstand, vindt veenoxidatie overwegend plaats in de zomerperiode. In periodes met hoge grondwaterstanden zal er veel minder veenoxidatie plaatsvinden.

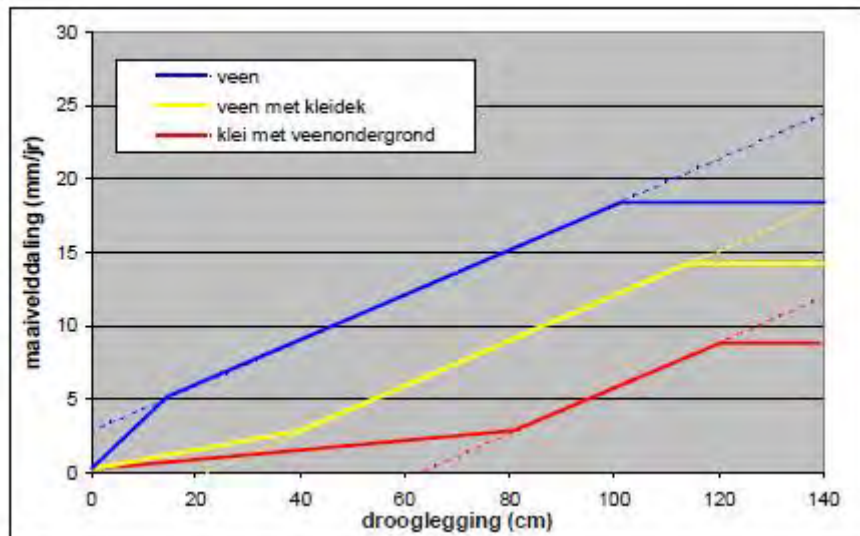
De droogstand van het veen is echter de belangrijkste parameter die op eenvoudige wijze aansluit bij de monitoring en de voorspellingsmodellen voor grondwater. In [ref. 12] maar ook in meer recente rapportages van TNO wordt de volgende empirische relatie gegeven die de grootte van de veenoxidatie beschrijft. Op basis van langdurige maaiveldmetingen in o.a. de polder Zegveld is vastgesteld dat in veenweidegebieden de bodemdaling voor het overgrote deel (75-80%) wordt veroorzaakt door veenoxidatie. In de formule voor de grootte van de veenoxidatie is een oxidatiesnelheid van 15 mm per meter droogliggend veen per jaar de maximale waarde die werd gemeten.

$$\Delta h = h_{\text{droog}} \cdot (1 - e^{(-V_{\text{ox}} \cdot \Delta t)})$$

met: h = dikte grondlaag (m); h_{droog} = dikte droogliggend veen;
 Δh = dikteverandering door veenoxidatie (m), V_{ox} = veenoxidatiesnelheid = 15 mm per m drooglegging per jaar, Δt = oxidatieduur (jr).

Wanneer een kleidek aanwezig is op het veen kan de veenoxidatie wel een factor 2 of meer lager zijn afhankelijk van de drooglegging.

Door TNO zijn volgende relaties met de drooglegging gepresenteerd waarbij de bovenste, blauw gekleurde lijn, is gebaseerd op de hierboven genoemde formule. Er is rekening gehouden met afwijkingen voor geringe en grote droogleggingen en de aanwezigheid van o.a. een kleidek. In deze lijntjes is aanvullende informatie uit metingen gebruikt van o.a. (van den Akker et. al., 2007) en (Jansen et al., 2010).



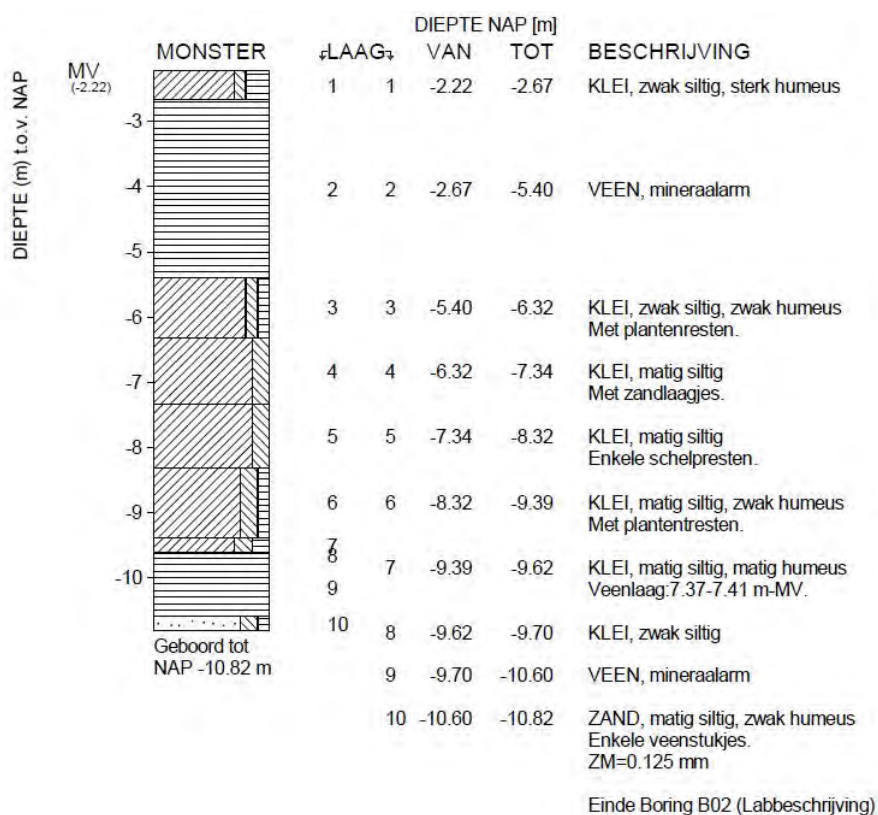
Figuur 7.3 Relatie drooglegging – maaiveldaling

7.5 Grondopbouw en parameters

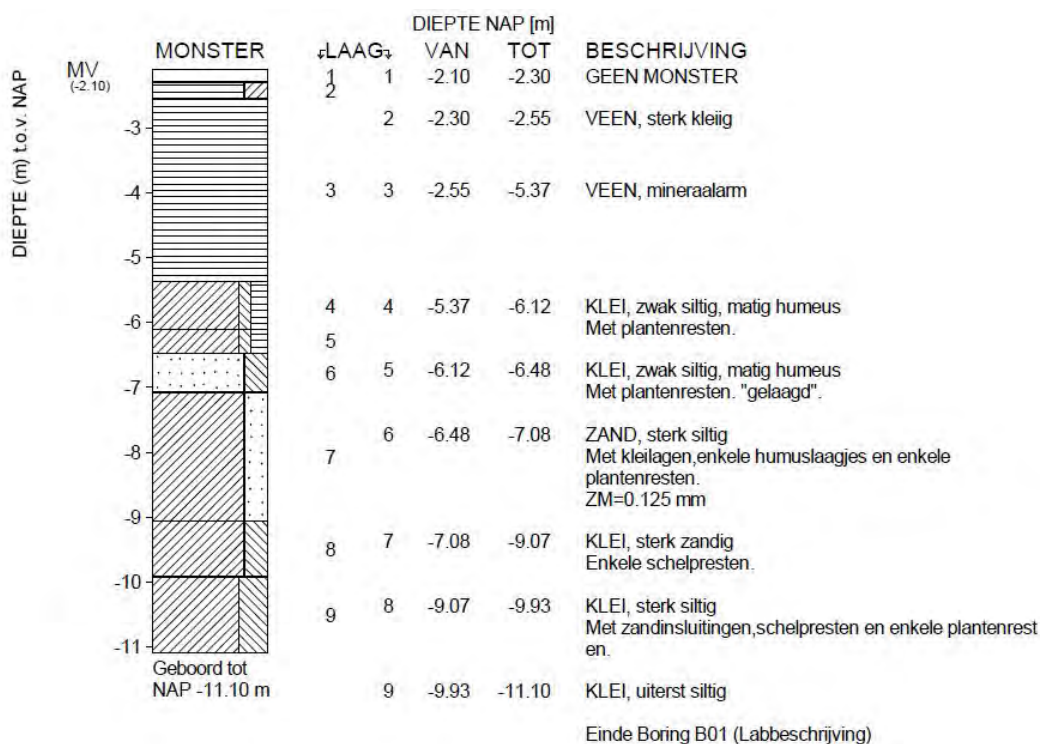
Ter plaatse van maaiveld meetpunt MV RH 1, nabij peilbuis RH19, is een Begemannboring 66 mm uitgevoerd. De booropbrengst levert een continu beeld op van de laagopbouw. De boring is uitgevoerd tot het diepe zandpakket op circa 10 m diepte. Een andere boring is uitgevoerd in de Middelpolder ter plaatse van maaiveld meetpunt MV MP 2, nabij peilbuis MP11.

De boringen zijn uitgevoerd door Fugro Geoservices op 20 en 21 oktober 2011. De verslaglegging van Fugro is weergegeven in bijlage A.

De booropbrengst is beschreven in het laboratorium van Deltares Delft. Het resultaat is weergegeven in Figuur 7.4.



Figuur 7.4 Boorbeschrijving Begemannboring Ronde Hoep



Figuur 7.5 Boorbeschrijving Begemannboring Middelpolder

De boringen leveren een continu beeld van de laagopbouw over het holocene lagen pakket. Deze wordt als referentie gebruikt t.o.v. de andere onderzoekspunten. Duidelijk is dat deze boring slechts één locatie is in de gehele polder.

Uit het beschikbare grondonderzoek is gebleken dat de grondopbouw enigszins varieert maar dit onderzoek bevestigt de opbouw zoals gevonden in de nieuwe boringen. Er zijn geen significante afwijkingen geconstateerd anders dan in laagdikte.

De boringen zijn in het geotechnisch laboratorium van Deltares (GeoLab) uitgelegd en beschreven conform NEN5104. In bijlage 1 zijn de resultaten van de boorbeschrijvingen van de boringen B01 (Middelpolder) en B02 (Ronde Hoep) weergegeven. Tevens bijgevoegd zijn de foto's gemaakt de uitgelegde boringen. Van de booropbrengst is per meter het volumegewicht (nat) bepaald. Deze zijn eveneens weergegeven in bijlage A.

T.b.v. de effectbepalingen zijn voor De Ronde Hoep berekeningen uitgevoerd. De grondopbouw is bepaald op basis van de uitgevoerde boring en is vermeld in Tabel 7.1 .

Bk laag	Vol.gew	Grondbeschrijving	Monster nr.
-2,22	11,5	klei, zwak siltig, sterk humeus	
-2,65	10,5	veen	11B, 12B,
-5,4	16,0	klei, zwak siltig, zwak humeus, plantenresten	14B
-9,5	10,5	veen (Basisveen)	
-10,6	20,0	zand	

Tabel 7.1 Grondopbouw Ronde Hoep

Bk laag	Vol.gew.	Grondbeschrijving	Monster nr.
-2,1	11,0	veen, kleiig	
-2,55	10,5	veen	2A, 3A,
-5,4	14,7	klei, humeus	5A
-6,5	19,0	zand, siltig, kleiig, humeus	
-7,1	17,2	klei, sterk siltig	
-12	20,0	zand	

Tabel 7.2 Grondopbouw Middelpolder

Uit de booropbrengst van de slappe lagen zijn uit de eerste 4 m 3 grondmonsters geselecteerd. Daarvan zijn er 2 uit de veenlaag en 1 uit de daaronder gesitueerde kleilaag. Hetzelfde is gedaan voor de booropbrengst van de boring uitgevoerd in de Middelpolder.

Op de 6 monsters zijn standaard 5-staps samendrukkingsproeven uitgevoerd. De resultaten van deze beproevingen zijn weergegeven in bijlagen 2. De uitwerking naar a-b-c parameters levert de parameters voor het meest geavanceerde zettingsmodel (a-b-c isotachen) maar tevens betere waarden voor onder andere de grensspanning.

In Tabel 7.3 zijn de belangrijkste resultaten van de 3 monsters weergegeven in de polder Ronde Hoep weergegeven. In Tabel 7.4 zijn de resultaten van de Middelpolder weergegeven.

Boring 02	Ronde Hoep		X = 122120.54	Y = 477088.73		Z = NAP-2,22 m	
Monster	Diepte (NAP)	Diepte (MV)	Grondomschrijving	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{droog} [kN/m ³]	Water gehalte	P0 [kN/m ²]
11B	-3,3	3,3	Veen mineraalarm	9,8	1	849	4,2
12B	-4,3	4,3	Veen mineraalarm	9,9	1	902	4,2
14B	-6,2	6,2	klei zwak siltig	16,3	10,4	57,3	6,5
alleen veenmonsters							
# waarnemingen				2	2	2	2
gemiddelde				9,9	1,0	875,5	4,2
standaardafwijking				0,07	0,00	37,48	0,00

Monster	Diepte (NAP)	a [-]	b [-]	c [-]	Pc [kN/m ²]	OCR [-]	POP [kN/m ²]
11B	-3,3	0,1300	0,3100	0,0230	19,4	4,6	15,2
12B	-4,3	0,1500	0,3000	0,0210	17,1	4,1	12,9
14B	-6,2	0,0110	0,0540	0,0026	27,9	4,3	21,4
alleen veen	# waarnemingen	2	2	2	2	2	2
	Gemiddelde	0,1400	0,3050	0,0220	18,3	4,3	14,1
	standaardafwijking	0,0141	0,0071	0,0014	1,6	0,4	1,6

Tabel 7.3 Resultaten samendrukkingsproeven B02(Ronde Hoep)

Boring 01	Middelpolder		X=121478.08	Y=480344.97		Z = NAP-2,1 m	
monster	diepte (NAP)	diepte (MV)	grondomschrijving	γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{droog} [kN/m ³]	water gehalte	P0 [kN/m ²]
2A	-3	12,9	Veen mineraalarm	9,9	1,2	737,3	4,6
3A	-4,3	14,2	Veen mineraalarm	9,7	1,1	814	4,6
5A	-6,01	15,91	klei zwak siltig	14,5	8,3	74,7	4,8
alleen veenmonsters							
# waarnemingen				2	2	2	2
gemiddelde				9,8	1,2	775,7	4,6
standaardafwijking				0,14	0,07	54,24	0,00

Monster	Diepte (NAP)	a [-]	b [-]	c [-]	Pc [kN/m ²]	OCR [-]	POP [kN/m ²]
2A	-3	0,0680	0,3000	0,0200	19,0	4,1	14,4
3A	-4,3	0,1100	0,3200	0,0260	19,5	4,2	14,9
5A	-6,01	0,0120	0,1000	0,0048	27,2	5,7	22,4
alleen veen	# waarnemingen	2	2	2	2	2	2
	gemiddelde	0,0890	0,3100	0,0230	19,3	4,2	14,7
	standaardafwijking	0,0297	0,0141	0,0042	0,4	0,1	0,4

Tabel 7.4 Resultaten samendrukkingsproeven boring B01 (Middelpolder)

Uit de proefresultaten vallen een aantal zaken op:

- De parameter b is conform verwachting, de correlatie met het volumegewicht is zoals bij eerdere projecten is gevonden, nl. $b = 0,326 * (\gamma_{nat}/\gamma_w)^{-2,11}$ met γ_{nat} het natte volumegewicht van de grondsoort en γ_w het volumegewicht van het water.
- De verhouding b/a varieert van 2 tot 4,5 voor veen. Deze verhouding is aan de lage kant. Het vermoeden is dat dit ligt aan de zeer lage aanwezige korrelspanning en de verstoring die is opgetreden in het monster. Een additionele ontlast/herbelast stap in de samendrukkingsproef had tot betere resultaten geleid en is voor veen grond aan te bevelen. De zetting bepaalt door de a parameter (elastische zetting voor de grensspanning) zal nu overschat worden. Een verhouding in de orde van 4-5 ligt meer conform de verwachting.
- De verhouding b/c bedraagt ongeveer 13,5 en is conform verwachting (correlatie met volumegewicht)
- De grensspanning (p_c) is in het veen en in de klei hoog t.o.v. de aanwezige korrelspanning. De spanning waar de grondlaag elastisch zal zetten is dus hoger. Dit betekent dat de grond al in het verleden zwaarder belast is geweest. Dat kan gebeurd zijn door lager grondwaterstanden in het verleden, maar ook doordat in het verleden het maaiveld hoger lag (er is grond verdwenen) en kruip vanuit het verleden (aging).
- De doorlatendheid en de consolidatie coëfficiënt waren slecht of niet te bepalen. Ook hier ligt de oorzaak vermoedelijk in de lage aanwezige korrelspanningen. Een extra ontlast/herbelaststap had tot betere resultaten geleid.

Belangrijk gevolg van de hoge grensspanningen is dat de aangenomen grondwaterstandsverlaging zoals die nu verwacht wordt (tot NAP -2,8 m volgens oppervlaktewaterpeil, mogelijk tot NAP -3 in het grondwater) valt binnen de elastische tak van de zettingen. Als het waterpeil dus weer omhoog gaat dan neemt de zetting weer af en zal zelfs zwel kunnen optreden.

Op basis van de systeemanalyse is vastgesteld dat de veenlaag kan variëren van 3 tot 5 m.

De aanwezige drooglegging, gedefinieerd als verschil tussen maaiveld en waterpeil, in het gebied varieert. De gehanteerde waterpeilen zijn in het flexpeil gebied hetzelfde. In Tabel 7.5 is de variatie weergegeven.

Codering	X-coördinaat	Y-coördinaat	MV	Laagste/gemiddeld peil	Drooglegging (max/gem.)	
MV RH 1	122114.93	477087.03	-2.236	-2.80/-2.62	0.56/0.38	
MV RH 2	122094.24	475704.81	-2.400	-2.80/-2.62	0.4/0.22	
MV RH 3	121420.54	474859.05	-2.296	-2.80/-2.62	0.50/0.32	
MV RH 4	121950.14	476652.10	-2.157	-2.80/-2.62	0.64/0.46	
MV RH 5	121467.72	476906.31	-2.082	-2.97/-2.89	0.9/0.8	referentie
MV RH 6	121483.97	474648.49	-2.371	-2.97/-2.89	0.6/0.5	referentie

Tabel 7.5 Variatie in drooglegging bij de maaiveldmeetpunten

Locaties 1 en 4 liggen in het noordelijke deel van het flexpeilgebied. Referentielocatie 5 ligt het dichtstbij. Bij het referentiepunt is de drooglegging groter door het lagere laagste peil. Locatie 2 ligt in het midden van het gebied. Locatie 3 ligt in het zuiden van het flexpeil gebied. Referentielocatie 6 ligt hier het dichtstbij. Ook hier geldt dat bij het referentiepunt een vast

zomer/winterpeil aanwezig is met een lager laagste peil. Tevens moet opgemerkt worden dat bij de referentiepunten drainage in de weilanden aanwezig is. Dit is in het flexpeil gebied niet het geval.

7.6 Resultaat voorspelling maaiveldzakking

De grondwaterreeks over een jaar gezien is geschematiseerd tot een geblokte sinus vorm, waarbij in een natte periode de grondwaterstand ongeveer gelijk zal zijn met het maaiveld en in een droge periode ongeveer 20 cm onder het laagste peil zal uitzakken, ofwel circa NAP – 3,0 m (circa 80 cm onder maaiveld). Bij een perfecte vorm zal de grond iets zetting en daarna zwellen met als netto resultaat een zetting 0.

In werkelijk is er een kleine afwijking t.o.v. deze perfecte sinus vorm. Hierdoor kan per saldo een zetting resteren. Dit wordt veroorzaakt omdat, hoewel gemiddeld gezien de korrelspanning niet toeneemt, tijdelijk gedurende een korte tijd de korrelspanning kan toenemen t.o.v. wat die daarvoor was. Er zal dan kruip optreden. Deze kruip zal met de zettingsmodellen overschat worden als aangenomen wordt dat de huidige belasting door waterstandsvariaties nieuw is. In werkelijk bestaan deze variaties al heel lang. In het model wordt hiermee rekening gehouden door het instellen van de grensspanning.

De volgende scenario berekeningen zijn uitgevoerd voor de veenoxidatie:

- A: veenoxidatie met sinusvorm geschematiseerd in 4 perioden, gws resp. NAP-2,62, -2,80, -2,62, -2,45 m; drooglegging resp. 0,42, 0,6, 0,42 en 0,25 m.
- B: veenoxidatie met continue gemiddelde grondwaterstand van NAP – 2,62 m; drooglegging 0,42 m.
- C: veenoxidatie buiten flexpeil met gemiddelde grondwaterstand van NAP – 2,9 m; drooglegging 0,9 m of 0,6 m.

De resultaten van deze scenario's zijn weergegeven in Tabel 7.6.

Scenario	Veenoxidatie [mm per jaar]	Veenoxidatie per 30 jaar [mm]
A	6,2	186
B	6,3	189
C (referentie)	7,4 resp. 11,9	222 à 357

Tabel 7.6 Veenoxidatie voor diverse scenario's

Uit Tabel 7.6 valt op dat in het flexpeil gebied uitgaande van de gemiddelde grondwaterstand een gelijke waarde voor de veenoxidatie geeft (afname van dikte) dan bij het rekening houden met de volledige variatie per jaar (0,1 mm extra). Conclusie is dat voor het bepalen van de lange termijn veenoxidatie het bepalen hiervan met een gemiddelde grondwaterstand dezelfde resultaten geeft dan wanneer in groot detail de grondwaterstand wordt gebruikt. Bij dit model zou het toepassen van de laagste grondwaterstand een overschatting van de veenoxidatie opleveren.

Omdat buiten het flexpeil gebied een grotere drooglegging is te verwachten vanwege de drainage en de lagere oppervlaktewaterpeilen is hier ook een grotere veenoxidatie te verwachten.

De nauwkeurigheid en betrouwbaarheid bij vergelijkingen is niet groot maar de waarden komen overeen met verwachtingen bij geotechnische experts.

De volgende scenario's zijn gebruikt voor de zettingberekeningen:

- A: continu lage grondwaterstand van NAP – 3,0 m zonder kruip.
- B: continu lage grondwaterstand van NAP – 3,0 m met kruip.
- C: variërende grondwaterstand zonder kruip.
- D: variërende grondwaterstand met kruip.
- E: scenario C met extra 2 m veen.
- F: scenario C met drooglegging 0,22 (minimaal).

Er is een variatieberekening uitgevoerd uitgaande van een begin grondwaterstand voor het instellen van flexpeil, die het gemiddelde is van de maximale en minimale open waterpeil, NAP – 2,62 m (aangegeven met de eerder genoemde scenario letter, de gemiddelde grondwaterstand blijft door flexpeil dan ongewijzigd) en een variatie met een begin grondwaterstand, die gelijk is aan de oorspronkelijk lage waarde van het open waterpeil, NAP – 2,8 m (aangegeven met een * naast de scenario letter, de gemiddelde grondwaterstand na flexpeil wordt dan iets hoger).

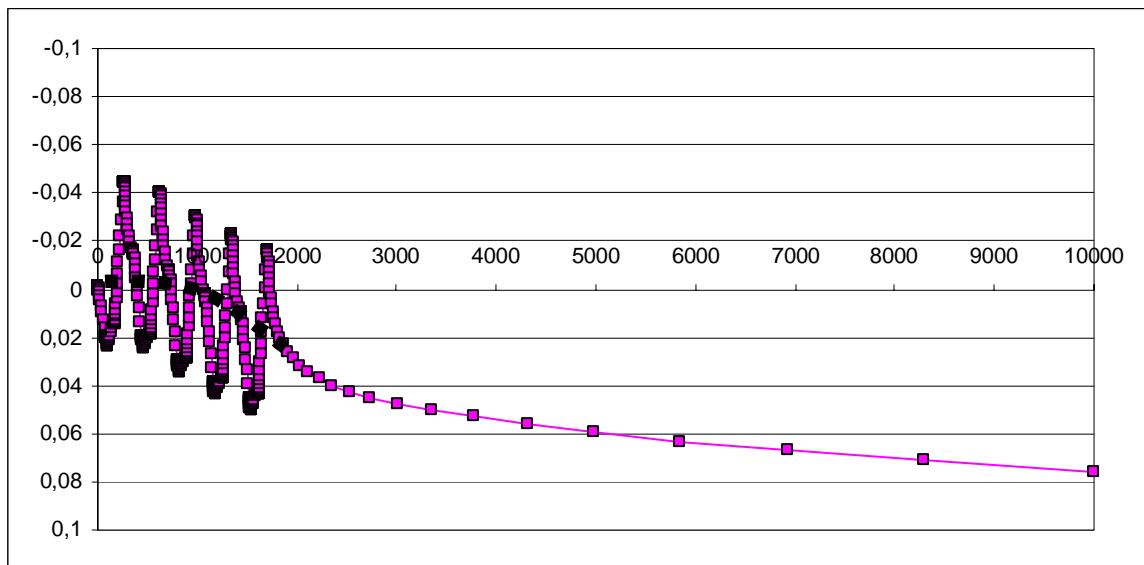
De resultaten van de scenario berekeningen zijn weergegeven in Tabel 7.7.

Scenario	Eindzetting na 30 jaar [mm]	Zetting per jaar mm/jaar]
A	159	5
A*	77	2,5
B	374 (215)	12
B*	266 (189)	9
C	0	0
D	163	5
D *	72	3
E	178 ipv 163	6
F	132 ipv 163	4,5
* lage begin gws		

Tabel 7.7 Zetting voor verschillende scenario's in mm en mm/jaar

Het scenario D* is het meest in overeenstemming met de werkelijkheid als de laagste grondwaterstand zou dalen. De resultaten van de berekening D* zijn weergegeven in Figuur 7.6, en geeft de grootte van de zetting t.o.v. de tijd (in dit geval dagen) na het instellen van flexpeil.

In de berekening zijn 5 jaarcycli van grondwaterwisselingen meegenomen. Te zien is dat de zetting daardoor varieert, dan weer samendrukking dan weer zwel. Uiteindelijk blijkt dat een gemiddelde lijn wordt gevolgd tot de eindzetting. Door de 5 jaarcycli is ook een gemiddelde lijn getrokken. Rond deze gemiddelde lijn wordt een variatie van circa 3 cm berekend. Uit Figuur 7.6 blijkt dat het maaiveld gemiddeld eerst iets zwelt. Dat is het gevolg van het feit dat de gemiddelde grondwaterstand iets omhoog gaat t.o.v. de gemiddelde grondwaterstand voor het instellen van het flexibele peil zoals dat nu wordt gehanteerd. Uiteindelijk gaat de grond zetten omdat de kruip van de ondergrond weer op gang komt.



Figuur 7.6 Maaiveldzakking in m t.o.v. de tijd (dagen) na het instellen van flexpeil (inclusief het effect van 5 jaarlijkse wisselingen van de grondwaterstand)

De gemiddelde zetting is voor scenario D* 72 mm gedurende de geotechnische zettingsperiode van 30 jaar ofwel gemiddeld 3 mm / jaar. Daarnaast is er nog de voorspelde veenoxidatie uit Tabel 7.6 en de totale maaiveldzakking wordt dan gemiddeld ca. 9 mm/jaar. In werkelijkheid zal de grondmechanische zetting, vanwege het niet dalen van de gemiddelde en laagste grondwaterstand, zeer beperkt zijn waarbij de totale maaiveldzakking op ca. 6 mm/j komt.

Dit komt overeen met de huidige waarde van 5-7 mm/jaar die door Waternet wordt aangehouden.

De variatie in resultaten als gevolg van variatie in laagdikte van het veen en drooglegging is zeer beperkt in absolute grootte, maar zeker aanwezig in percentages gezien:

- Grondopbouw variatie +/- 1mm, ofwel 20%.
- Drooglegging variatie +/- 1,5 mm, ofwel 30%.

Dit zijn variaties die passen in de gebruikelijke variaties van 30 % voor het resultaat van zettingsberekeningen. Deze variaties worden ook wel hoger aangenomen in veengrond met lage spanningen. Te zien is dat de variaties zoals hiervoor aangegeven (20-30%) dus al relatief hoog is.

7.7 Conclusies

- De veenoxidatie wordt berekend op 6 mm / jaar.
- De berekende zetting bij een daling van de laagste grondwaterstand van 0,2 m (door samendrukking als gevolg van grondwaterstandswisselingen) = 3 mm/jaar.
- De totale maaiveldzakking zou bij een verlaging van de grondwaterstand kunnen toenemen tot ca. 9 mm/jaar.
- Deze maaiveldzakking is niet meer nauwkeurig te berekenen; een spreiding van +/- 50% is zeker mogelijk.
- De veenoxidatie voor de huidige invulling van flexibel peil kan worden gerelateerd aan de destijds aanwezige gemiddelde grondwaterstand; deze was ongeveer gelijk, mogelijk zelfs lager; de veenoxidatie was destijds 6 à 7 mm/jaar.

- De verandering in maaiveldzakking zal gemiddeld gezien gelijk blijven; de invoering van flexibel peilbeheer heeft dus een zeer gering effect op de aanwezige bodemdaling.
- De door Waternet gehanteerde maaiveldzakkingssnelheid (bodemdaling) is ongeveer gelijk aan wat je op basis van veenoxidatie zou kunnen verwachten. Bij een grondwaterstands daling neemt de maaiveldzakking toe en ligt de maaiveldzakkingssnelheid aan de onderzijde van de spreiding die we met de berekende waarde hanteren.

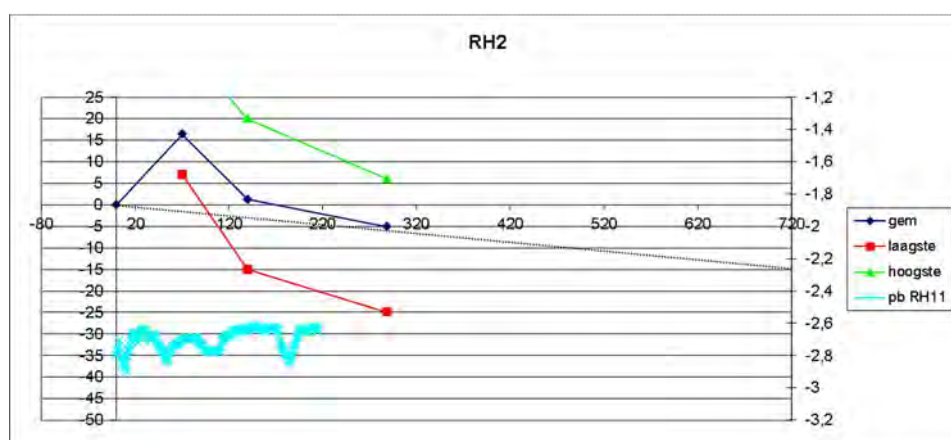
De door waternet gehanteerde maaiveldzakkingssnelheid is gebaseerd op data vanuit het AHN. De voorspelde maaiveldzakkingssnelheid is ongeveer gelijk aan de door Waternet gebruikte snelheid bij een niet dalende grondwaterstand. De voorspelling is zo goed mogelijk afgeleid gebruik makend van de beschikbare data. Deze voorspelling kan echter niet worden gevalideerd met werkelijke waarnemingen. Waarnemingen van de maaiveldzakking zoals nu wordt uitgevoerd levert op termijn de werkelijke maaiveldzakkingssnelheid. Daarmee kan meer inzicht worden verkregen over de werkelijke bodemdaling en of de aannames en veronderstellingen in de modellering juist zijn geweest. Dit kan op termijn dan aanleiding zijn om de in rekening te brengen bodemdaling in polders aan te passen.

7.8 Resultaat metingen

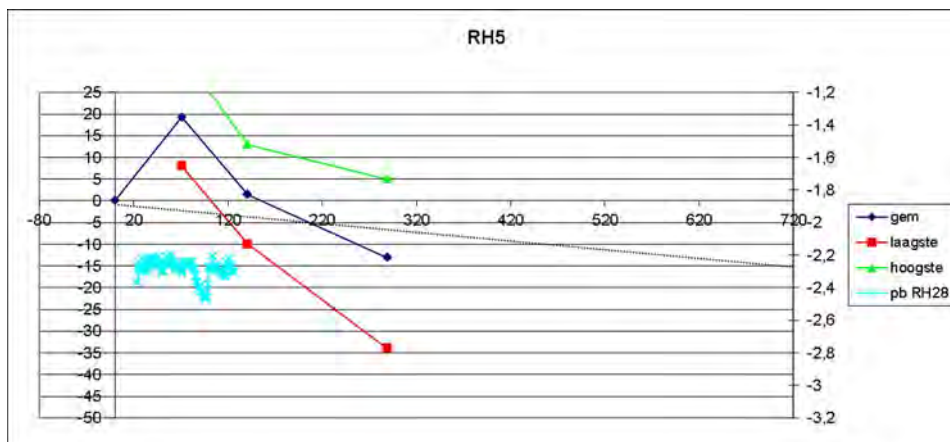
Het resultaat van de maaiveldzakkingmetingen is weergegeven in bijlage C. In de grafieken is het volgende weergegeven:

- Resultaat van de uitgevoerde metingen, gemiddelde zakking (blauw), minimale (rood) en maximale (groen) afwijking.
- De peilbuiswaarnemingen van de nabijgelegen peilbuis (lichtblauw).
- Een gelijkmatig toenemende gestippelde lijn van de verwachte gemiddelde maaiveldzakking.

In onderstaande Figuur 7.7 is het resultaat van maaiveldzakking meetpunt MVRH2 weergegeven in het flexibel peilbeheer gebied. In Figuur 7.8 is het resultaat van meetpunt MVRH5, buiten het flexibel peilbeheer gebied, welke als referentie dient. In de grafiek geldt dat $t=0d$ gelijk staat aan 8 november 2011. De laatste meting in deze grafiek is van eind augustus 2012. De laatste peilbuis waarneming is van maart 2012.



Figuur 7.7 Gemeten waarden voor MV zakking in mm (gemiddelde, hoogste waarde en laagste waarde), grondwaterstand en verwachte maaiveldzakkingsslijn



Figuur 7.8 Gemeten waarden voor MV zakking in mm (gemiddelde, hoogste en laagste waarde) en grondwaterstand en verwachte maaiveldzakingslijn

Uit figuren 7.7 en 7.8 blijkt dat er nog te weinig meetpunten zijn. Er is nog geen trend op te maken. Bovendien is de range tussen maximale en minimale maaiveldmeting en het gemiddelde nog hoog en variabel. Bij sommige locaties volgen deze de gemiddelde zakking, op andere locaties lopen ze soms uiteen. Bij maaiveldmeetpunt MV RH1 wordt een onverklaarbare zakking geconstateerd die vermoedelijk te maken heeft met toevallige vertrappingen of voertuigpassages.

Uit de meting is wel op te maken dat in de winter een vorstperiode het maaiveld heeft doen zwellen. Bovendien zal in de winterperiode als gevolg van een natte periode (de peilbuis waarnemingen gaan omhoog) een zwel van het maaiveld optreden. Het laatste meetpunt (augustus 2012) laat mogelijk het effect zien van de zomer. In de referentieberekeningen is ook een variatie van cm's voorspeld. De variatie tussen de gemeten minimale en maximale waarde van een maaiveldmeting rond het gemiddelde op 1 locatie is in Figuur 7.7 ca. 15 mm.

Er is ook nog geen conclusie te trekken over het verschil tussen een meting in het flexpeil gebied en een referentiemeting erbuiten.

Rekening houdend met de optredende variabiliteit moet voorlopig doorgemeten worden, langer dan de huidige project periode zoals al in het plan was aangegeven. Aanbevolen wordt om minimaal zo lang door te meten dat de optredende zakkingen minimaal 2x de optredende variabiliteit overschrijden. Bij een variabiliteit van 2-3 cm en een zakkingsnelheid van 9 mm/jaar moet minimaal 5 jaar gemeten worden.

7.9 Conclusies Maaiveldzakking

De algemene conclusie is dat flexibel peilbeheer niet hoeft te leiden tot een toename van de maaiveldzakkings als de gemiddelde grondwaterstand gelijk blijft of hoger wordt. Het flexibel peilbeheer zoals uitgevoerd in Ronde Hoep heeft geen significant effect op de maaiveldzakkingen in het gebied. Het verschil tussen de in het veld aanwezige maaiveldzakkingen en de na het instellen van flexibel peil ontstane maaiveldzakkingen is verwaarloosbaar.

De belangrijkste oorzaak hiervoor is dat de flexibele uitwerking van de waterpeilen niet veel ongunstiger wordt ten opzichte van het verleden. Er is zelfs een verhoging van het gemiddelde en de laagste waterstand voorzien. De grensspanning zoals aanwezig in de veen- en kleilagen is ruim boven de nu aanwezige (lage) korrelspanningen. Naast de vele

grondwaterstandswisselingen (waarvan de laagste in het verleden zeer waarschijnlijk lager zal zijn dan nu wordt verwacht met flexpeil) zijn ook de verdwenen bovenbelasting van het verloren gegane veen in de afgelopen honderden jaren en de veroudering van het veen in de toplagen hiervoor belangrijke redenen. Dit reduceert de grondmechanische zettingen als gevolg van een eventuele belastingsverhoging (die mogelijk in de toekomst kan optreden).

Uit de voorspellingen van veenoxidatie blijkt dat deze in de gebruikte modellering alleen afhankelijk is van de droge zone van het veen. Gemiddeld is deze buiten het flexpeilgebied groter dan binnen het flexpeil gebied. Flexpeil vergroot de veenoxidatie niet, maar zal door een verhoging van de gemiddelde waterstand deze iets verkleinen. Uiteraard geldt dat bij de laagste grondwaterstand, de meeste drooglegging, de veenoxidatie het grootst zal zijn. In werkelijkheid varieert de grondwaterstand. Bij een regelmatige veranderende grondwaterstand is de gemiddelde grondwaterstand over een jaar of meerder jaren gezien een betere bepalende parameter voor de grootte van de veenoxidatie. De gemiddelde grondwaterstand is de bepalende parameter nodig om de grootte van de veenoxidatie te beschrijven.

Berekend is dat als de laagste grondwaterstand zou dalen met 0,2 m, door de hoge aanwezige grensspanningen, er in het gebied met name kruipzetting optreedt met een elastische variatie daar over heen als gevolg van de variatie in hoge en lage grondwaterstanden. De gemiddelde zetting is berekend op 3 mm/jaar. Als gevolg van vorige veranderingen in waterpeilen zal er voor de instelling van flexibel peil ook al een kruipzetting aanwezig zijn geweest. Deze zal circa 1 mm/jaar bedraagt hebben (de snelheid behorende bij het einde van de kruiptak). Dit komt overeen met waarnemingen in onder andere polder Zegveld waar geconcludeerd is dat veenoxidatie het overgrote deel van de maaiveldzakking veroorzaakt. De lage grondwaterstand, bijvoorbeeld de Gemiddeld lage grondwaterstand, GLG, is voor zettingen bepalend. De veenoxidatie neemt dan met ca. 20-30%.

De in het gebied gehanteerde maaiveldzakkingsnelheid is m.n. gebaseerd op data uit het AHN. De nu gehanteerde modellen om maaiveldzakking te voorspellen hebben een bepaalde onnauwkeurigheid maar komen gemiddeld gezien wel overeen. Om de voorspelling te kunnen verifiëren en de betrouwbaarheid te vergroten zijn maaiveldzakkingsmetingen nodig over een langere periode. De meetpunten zijn reeds geplaatst maar de meetperiode is te kort om hieruit trends en conclusies te trekken. De variatie in metingen is nog te groot om een betrouwbare zakkingslijn af te leiden. Verwacht wordt dat een minimale meetperiode van 5 jaar dient te worden aangehouden.

Voor samendrukkingseffecten zijn de lage grondwaterstanden van belang. Daarbij is ook de in het verleden reeds opgetreden lage grondwaterstanden van belang. Wanneer de nieuwe lage grondwaterstand niet onder de historisch reeds opgetreden grondwaterstanden komt zal dit de samendrukking, en derhalve de maaiveldzakking, enorm beperken.

Voor het beschouwen van de maaiveldzakkingsproblematiek via voorspellingsmodellen en specifiek grondmechanische zettingen dient gekozen te worden voor het a-b-c isotachen model. Veenoxidatie is niet opgenomen in de huidige software zettingsmodellen. Bij het uitvoeren van samendrukkingsproeven dient een ontlast-herbelast stap te worden uitgevoerd omdat de aanwezige korrelspanningen in de ondiepe ondergrond doorgaans zeer laag zijn en anders grondparameters die zwel en herbelastgedrag beschrijven niet goed worden bepaald.

7.9.1 Hoe nadelige effecten voorkomen/reduceren

De nadelige geotechnische effecten van een flexibel peilbeheer op maaiveldzakking kunnen worden voorkomen of sterk worden gereduceerd door:

- Zorg dat de gemiddelde grondwaterstand ongeveer gelijk blijft.
- Zorg dat laagste grondwaterstand blijft binnen de historisch bereikte minimale grondwaterstanden.
- Voer grondonderzoek uit om door middel van samendrukkingsproeven vast te stellen welke extra ruimte er nog is voor een verlaging door het bepalen van de grensspanning in de klei- en veenlagen; dit geeft een 'extra ruimte' in wat mogelijk nog toelaatbaar kan zijn als grondwaterstandsverlaging.

Bij een verlaging van gemiddelde en laagste grondwaterstand is het onvermijdelijk dat de maaiveldzakking toeneemt. Dit zal dan geaccepteerd moeten worden.

Maatregelen om maaiveldzakking in dat geval te reduceren lijken ingrijpend en derhalve kostbaar. Gedacht kan worden aan het afdekken van de veenlaag of een actief drainage/infiltratie systeem.

8 Vertaling conclusies naar overige flexpeilgebieden

Uit de conclusies van voorgaande hoofdstukken kan worden vastgesteld dat deze zijn te koppelen aan:

- Gemiddelde grondwaterstand.
- Laagste grondwaterstand.

Tevens blijkt uit de modellering van de vertaling van waterpeilen naar grondwaterstanden zoals uitgevoerd in het deelproject Hydro dat de verandering van waterpeilen binnen een flexibel waterpeil beheer t.o.v. daarvoor gehanteerde waterpeilen ongeveer dezelfde veranderingen in grondwaterstand veroorzaken. Er zijn hier vrijwel geen extra verlagingen van de grondwaterstand door het instellen van flexibel peil geconstateerd zoals doorgaans wel wordt verondersteld, m.n. in een droge zomerperiode.

In Tabel 8.1 zijn per flexpeil gebied de veranderingen in gemiddeld waterpeil (in dit geval gemiddelde van uiterste marges) en het laagste waterpeil weergegeven. Wanneer de waarde stijgt (positieve waarde) zijn er geen nadelige geotechnische gevolgen. Wanneer de waarde daalt (negatieve waarde) kunnen er nadelige gevolgen zijn en is aandacht nodig.

Flexpeilgebied	Flexibel peilbeheer	Referentie peilbeheer	Verandering Gemiddeld peil [m]	Verandering Laagste peil [m]
Botshol	Min: -2.65	ZP: -2.45	0,025	0,05
	Max: -2.45	WP: -2.70		
Groene Jonker	Min: -5.60	ZP: -5.1	0	0
	Max: -5.10	WP: -5.60		
Loenderveen-Oost	Min: -1.3	Min: -1.2	0	-0,1
	Max: -1.0	Max: -1.1		
Middelpolder	Min: -2.55	ZP: -2.40	0,025	-0,1
	Max: -2.25	WP: -2.45		
Muyeveld	Min: -1.05	ZP: -1.15	0,015	0,00
	Max: -1.20	WP: -1.10		
		In de laatste 50 jaar is het peil al regelmatig - 1.18 à -1.20 m geweest		
Nieuwe Keverdijkse Polder (vak 16-6)	Min: -1.5	Flexibel:		
	Max: -1.2			
Nieuwe Keverdijkse Polder (vak 16-7)	Min: -1.7	Flexibel:		
	Max: -1.4			
Oostelijke Binnenpolder van Tienhoven	Min: -1.4	ZP: -1.25	0	-0,05
	Max: -1.2	WP: -1.35		
Ronde Hoep	Min: -2.8	ZP: -2.85	0,3	0,2
	Max: -2.45	WP: -3.00		
Westbroekse Zodden	Min: -1.1	ZP: -1.00	0	-0,05
	Max: -0.95	WP: -1.05		

Tabel 8.1 Verwachte verandering van waterstanden per flexpeilgebied en indicatie van aandachtsgebieden

Uit Tabel 8.1 blijkt dat in alle gebieden de gemiddelde waterstand (en daarmee volgens verwachting de gemiddelde grondwaterstand) niet wijzigt of zelfs hoger wordt. Voor het overgrote deel geldt dit eveneens voor de laagste waterstand.

Op voorhand wordt gesteld dat veranderingen tot 5 cm voor waterkeringen geen invloed heeft op mogelijke verandering in toetswaarden voor waterstand en grondwaterlijn. Structurele veranderingen van waterpeil dienen wel bekend te worden bij de dienst die toetswaarden vaststelt. Voor het gebied de Ronde Hoep, met grotere veranderingen dan in andere gebieden, zijn geen waterkeringen aanwezig.

De volgende aandachtsgebieden zijn voor in relatie tot de laagste grondwaterstand geïdentificeerd:

- Loenderveen Oost – 0,1 m.
- Middelpolder -0,1 m.
- Oostelijke binnenpolder van Tienhoven – 0,05 m.
- Westbroekse Zodden -0,05 m.

Uit de conclusies van de beschouwde flexpeilgebieden Muyevelde en Ronde Hoep blijkt dat bij deze waarden en gelijkblijvende (of minder wordende) gemiddelde waterstand:

- De veenoxidatie gelijk zal blijven (in de droge periode iets meer, maar in natte periode minder).
- De zetting als gevolg van waterstandverlaging beperkt blijft tot max. 1-3 mm/jaar.
- Houten palen, of eigenlijk het bovenste paalhout, tijdelijk boven de laagste grondwaterstand kan komen gedurende een droge periode, als deze houten palen nu al op de grens staan.
- Schade aan houten palen beperkt zal blijven en pas na vele 10 tallen jaren zichtbaar gaan worden.

De effecten lijken daarmee beperkt en goed beheersbaar.

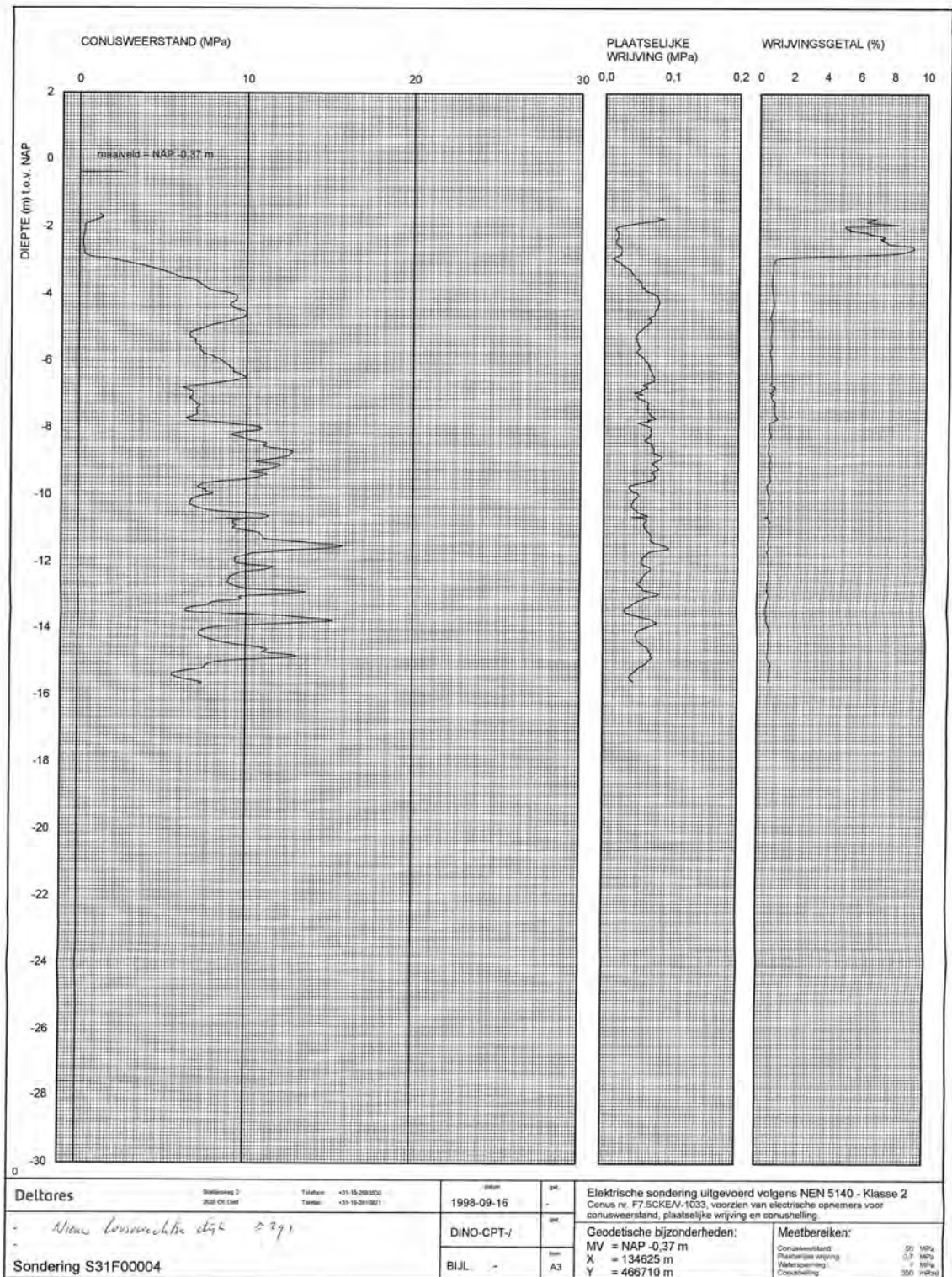
Bij verder verruiming van de grenzen, met name een daling van de gemiddelde grondwaterstand en verdere verlaging van laagste grondwaterstand zijn aanvullende maatregelen nodig:

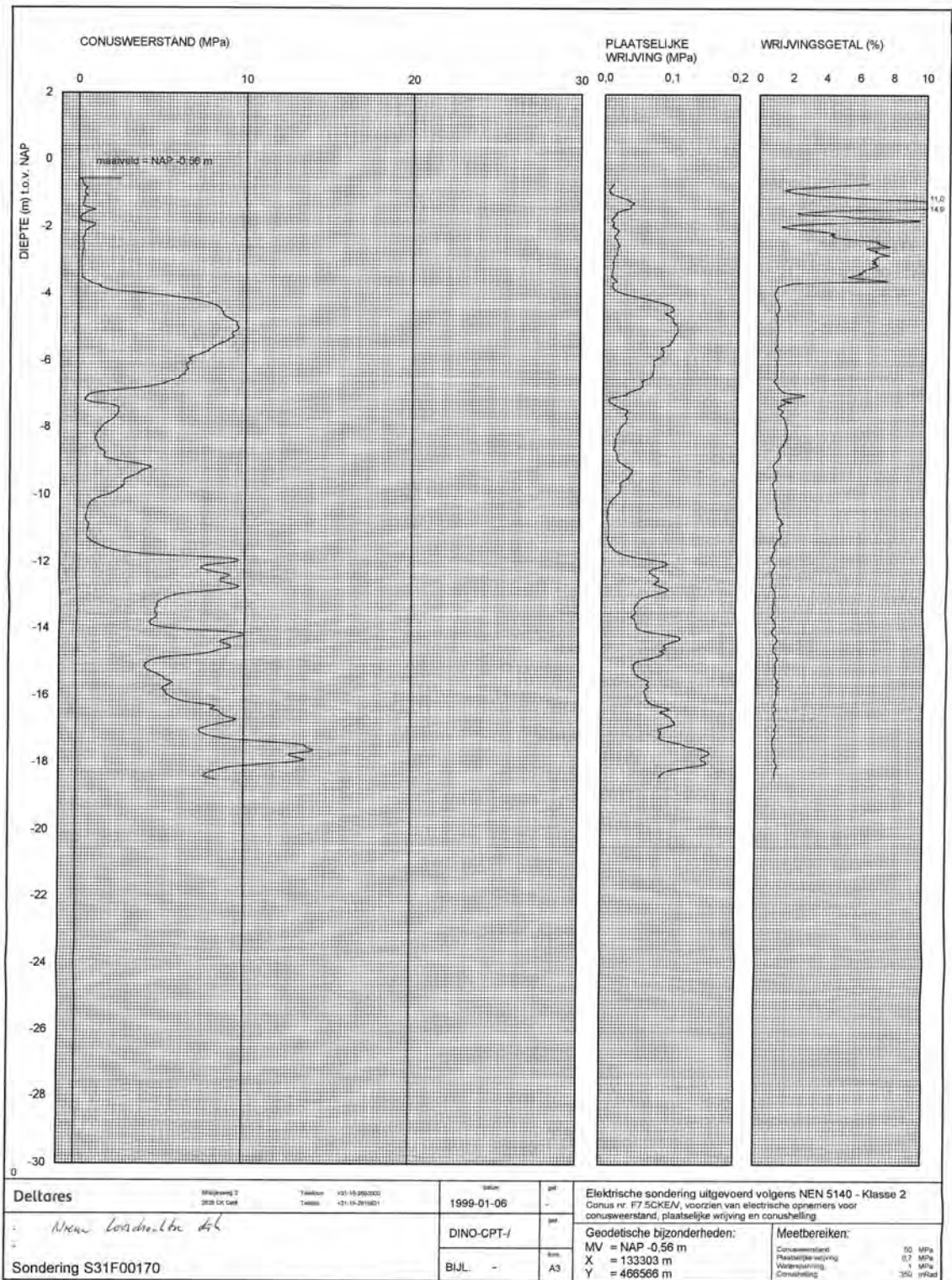
- Aanvullende voorspelling van maaiveldzakking (bijv. op basis van de in deze rapportage gegeven modellen) en gebruik maken van gemeten maaiveldzakking.
- Nadere inventarisatie van hoeveelheid en locatie van houten paalfunderingen.
- Monitoring van gebouwen met houten paalfunderingen (zakking, grondwaterstand), inventarisatie van de staat van houten paalfunderingen (funderingsonderzoek) of combinatie hiervan in representatieve steekproef.
- Beoordeling van de urgentie voor houten paalfunderingen en funderingen op staal voor aanvullende maatregelen.

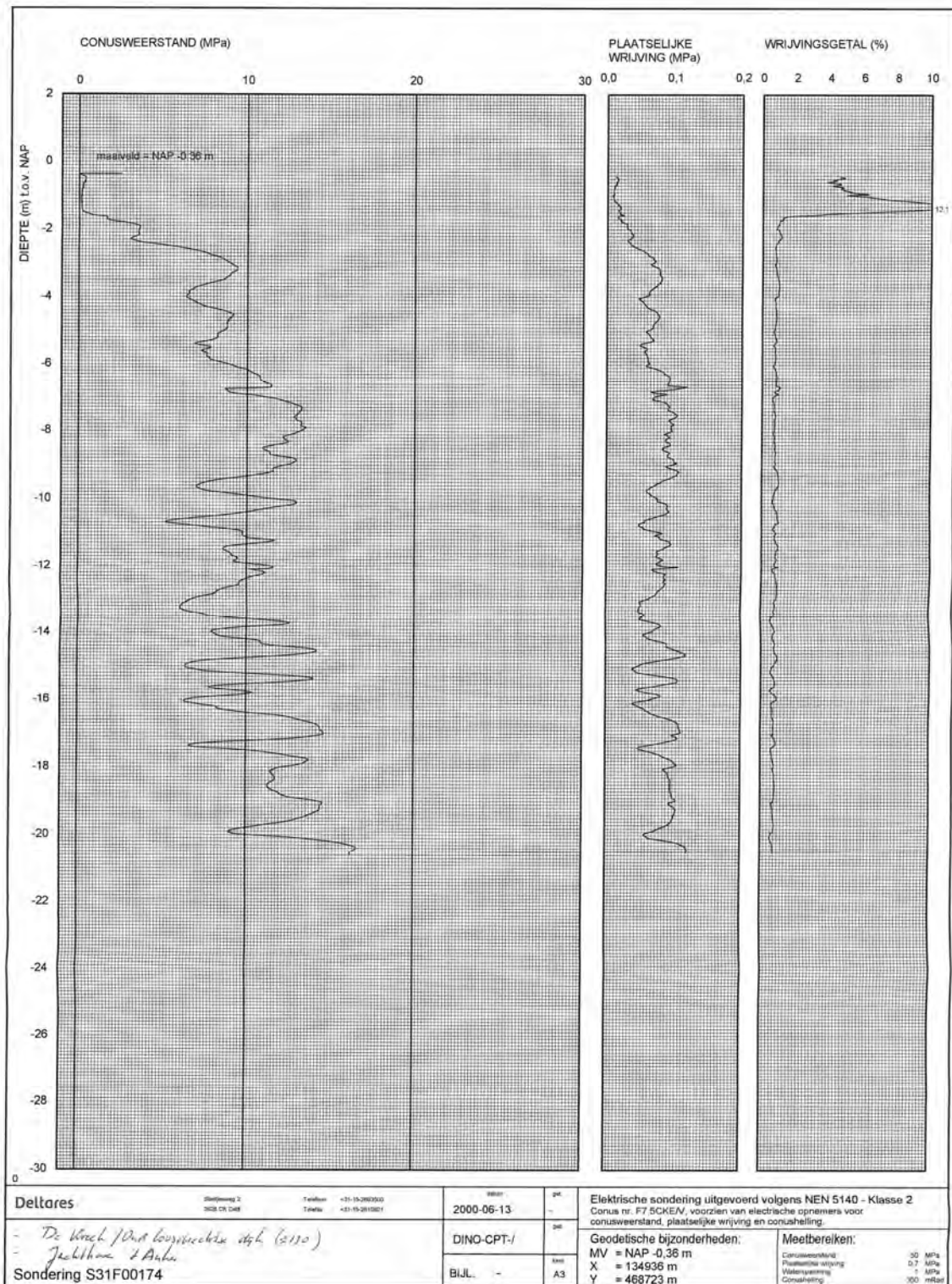
9 Referenties

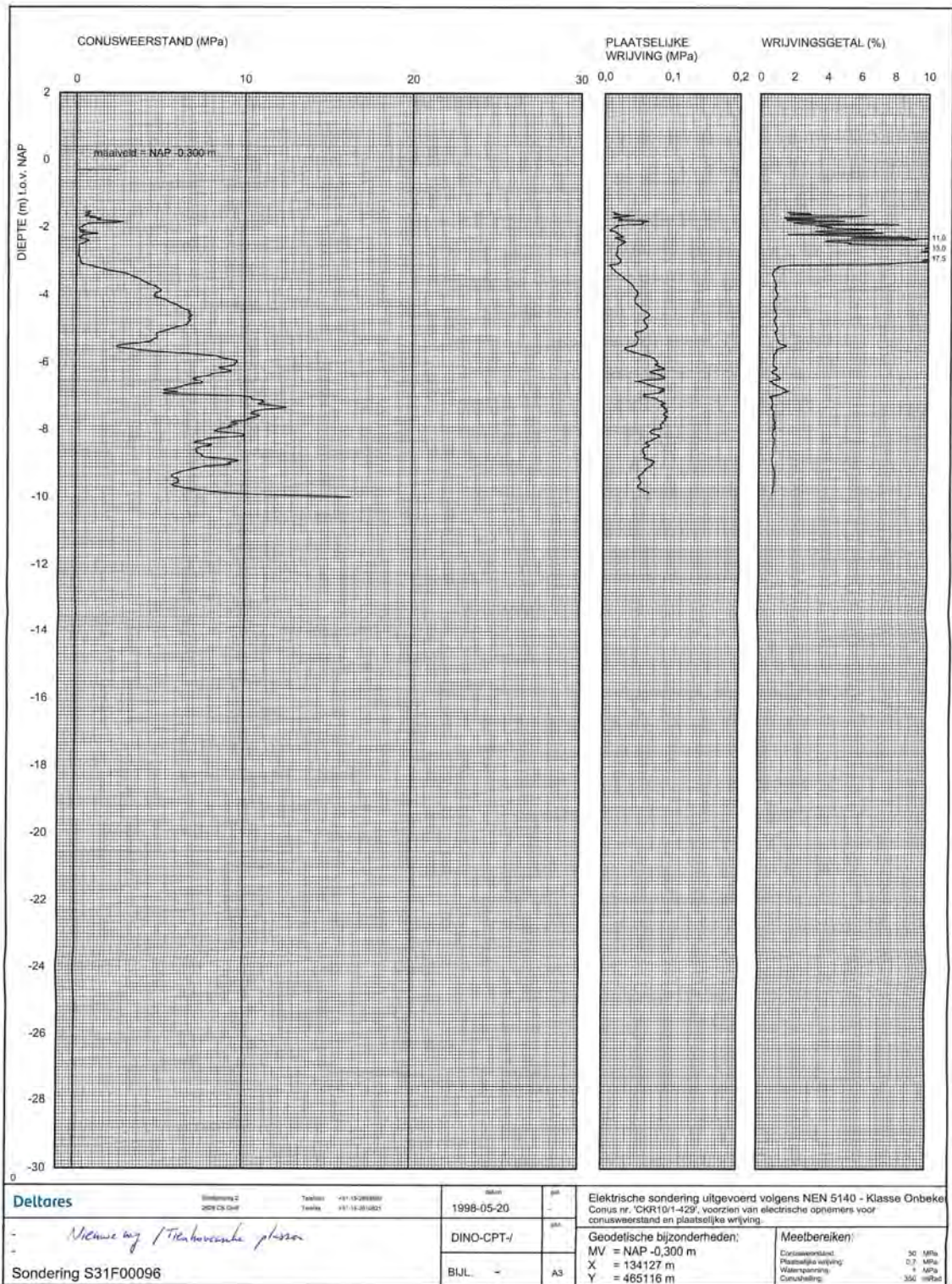
- 1 Zettingsonderzoek ten behoeve van toelaatbare calamiteitspeil in de toekomstige Loenderveense Plassen, Witteveen en Bos, kenmerk Loos3.8.4.3 d.d. 15-09-1995
- 2 Bebouwingsonderzoek verruiming flexibel peilbeheer Loosdrechtse Plassen, kenmerk Waternet Q4668, Deltares, juli 2008, incl. resultaten Enquête
- 3 Versterkingsronde Boezemkade AGV - Proevenverzameling van wrijvingsparameters, GeoDelft, kenmerk 389490.1107 v02 d.d. september 2007
- 4 *'Pilot' De Ronde Hoep; Een weegschaal voor beheersing van hoogwatercalamiteiten*, HKV, kenmerk Pr866 d.d. 30 mei 2005
- 5 C223 "Meten en monitoren van bouwputten", CUR, isbn 987-90-376-0517-4, oktober 2010
- 6 Behoud legakker- en petgatenstructuur in laagveengebieden 'De Deelen' en de 'Rottige Meente', Gerrit Bouius & Arjen Meijer (Hogeschool van Hall Larenstein), augustus 2010
- 7 cursus damwandconstructies en bouwputten, stichting postacademisch onderwijs, platform fundering) 2009
- 8 Schades door watertekorten en –overschotten in stedelijk gebied, Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen, Deltares, maart 2012, kenmerk 1205463-000-BGS-0003
- 9 Luijendijk, E. (2006), Als een paal boven water. Afstudeeronderzoek RUG / Grontmij / Sterk Consulting. Document nr. 13/99066894/EL, versie D1
- 10 Geotechniek, april 2011, "Het bepalen van schadekansen ten gevolge van meerdere zettingsbijdragen", J.L. Bijnagte en H.J. Luger
- 11 Waternet, verslag 8 maart 2011, "Peilbeheer peilvakken met flexibel peilbeheer in Middelpolder en Ronde Hoep"
- 12 Delft Cluster, 2008-U-R0960/A, "Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht)", nov 2008 en Delft Cluster, NITG 03-200-A, "Bodemdaling en Integraal Waterbeheer Eindrapport Delft Cluster project 06.03.02", okt 2003

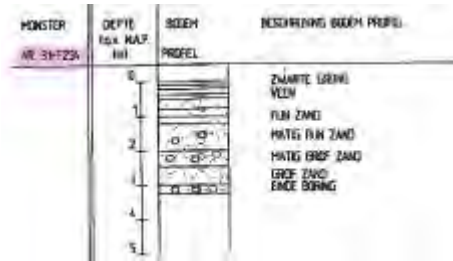
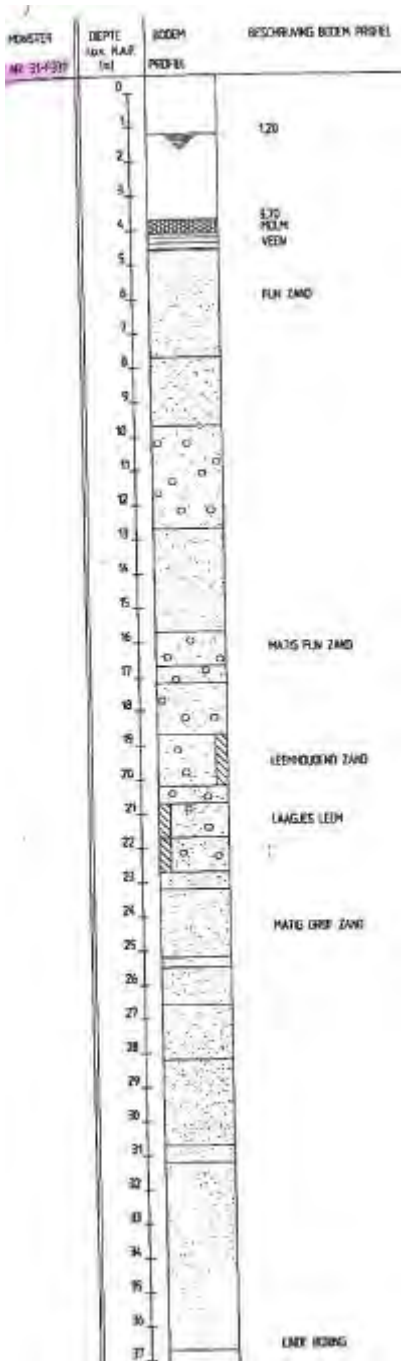
A Representatieve sonderingen en boringen Muyevel











Boring 31-F234 kruising Veendijk/Oud-Loosdrechtse dijk

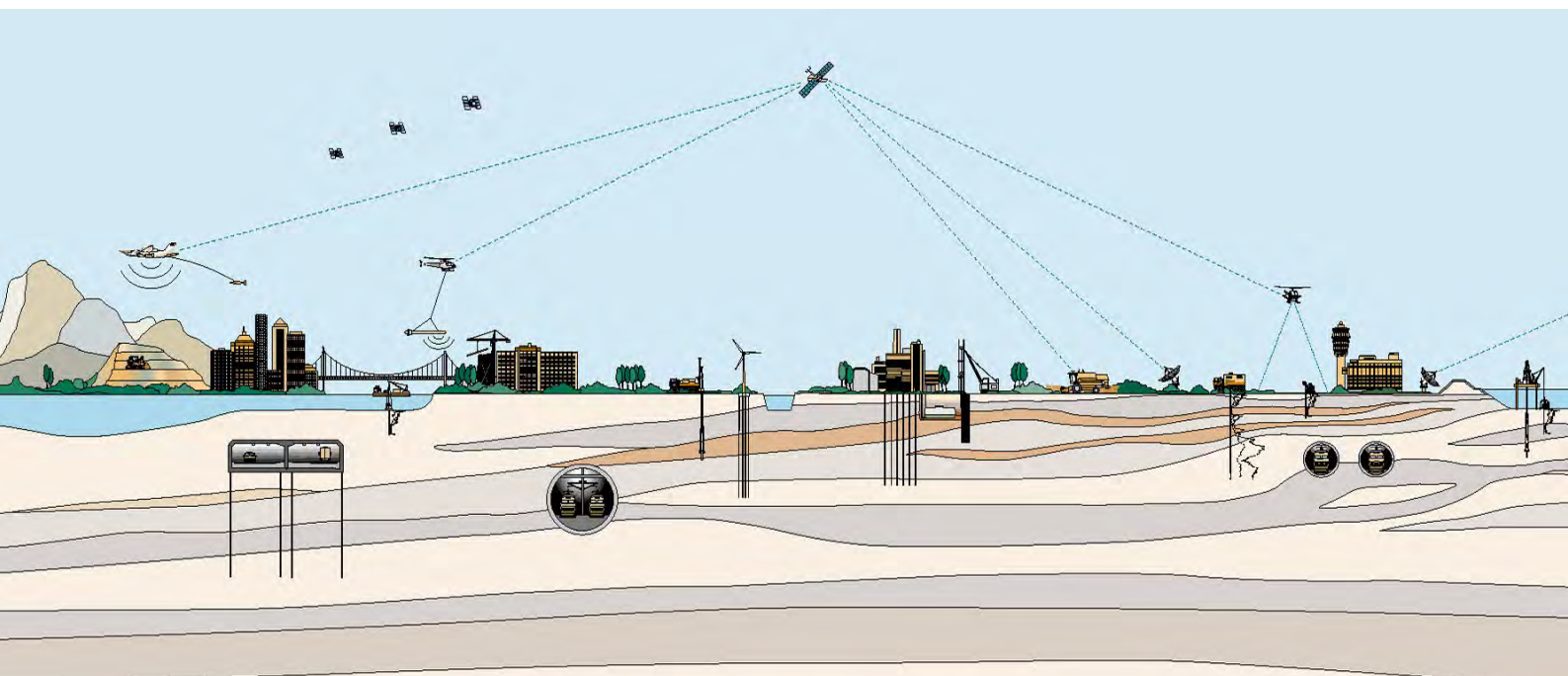
Boring 31-F331 in Loenderveense plas

B Resultaat boringen en peilbuizen Fugro Geoservices

Briefrapport
betreffende

FLEXPEIL OUDERKERK AD AMSTEL

Opdrachtnummer: 2111-0180-000



Briefrapport
betreffende

FLEXPEIL OUDERKERK AD AMSTEL

Opdrachtnummer: 2111-0180-000

Opgesteld door : Ing. F.A. van Os
Projectleider Geotechniek

Veurse Achterweg 10
Postbus 63
2260 AB Leidschendam
tel.: 070-3111333
fax: 070-3111339

Deltares
Postbus 177
2600 MH DELFT

T.a.v. de heer ir. J.C. Landwehr

Onze ref: 2111-0180-000.R01/FAO/SKB Leidschendam, 24 november 2011

Betreft: Flexpeil Ouderkerk ad Amstel

Geachte heer Landwehr,

Op 6 oktober 2011 ontving Fugro GeoServices B.V. te Leidschendam van Deltares te DELFT, de opdracht voor het uitvoeren van een geotechnisch grondonderzoek voor **Flexpeil Ouderkerk ad Amstel**.

Toelichting grondonderzoek

Het grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit:

- 2 Begemann boringen tot 10 m diepte
- 3 Handboringen tot 2 m diepte.
- 3 Plaatsing van 2 peilbuizen.

De onderzoekslocaties zijn door Fugro GeoServices uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP/RD en zijn aangegeven op de situatietekening in bijlage 1.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties in het terrein is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een Vast Punt of NAP. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

Boren en plaatsen peilbuizen

De handboringen en de Begemann boringen zijn uitgevoerd conform NEN 5119. Voor de Begemann boringen is gebruik gemaakt van een sondeerrups.

De resultaten van boringen zijn weergegeven op de boorstaten HB02, HB04, HB05, B01 en B02, waarbij de diepte is uitgezet ten opzichte van NAP.

In de boorgaten van B02, B04 en B05 zijn peilbuizen geplaatst conform NEN 5120 met de onderkant van het filter op maaiveld -2,0 m. De peilbuislocaties zijn ingetekend op de situatietekening.

—



Met vriendelijke groet,
Fugro GeoServices B.V.

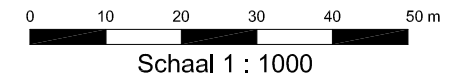
Ing. F.A. van Os
Projectleider Geotechniek

BIJLAGEN

Nr.

Grondonderzoek

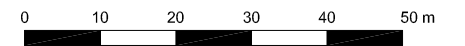
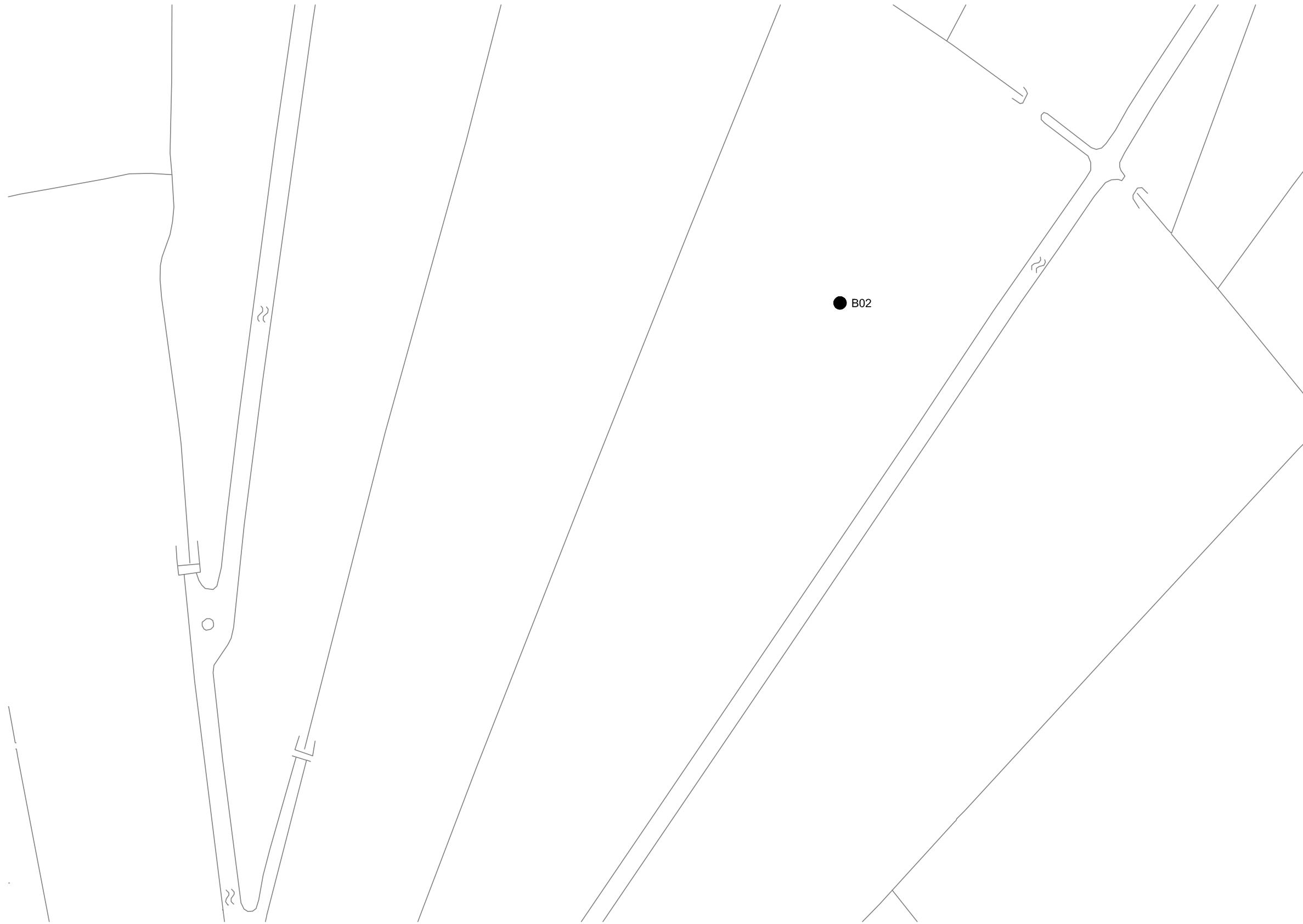
- | | |
|--|-------------------------------------|
| - Situatiekening | 2111-0180-000-1 t/m 2111-0180-000-5 |
| - "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten" | |
| - Boorstaten | B01, B02, HB02, HB04, HB05 |
| - Plaatsingformulier peilbuizen | PB02, PB04, PB05 |



SITUATIE

Flexpell Ouderkerk aan den Amstel

Opdr. : 2111-0180-000
Bijl. : 1



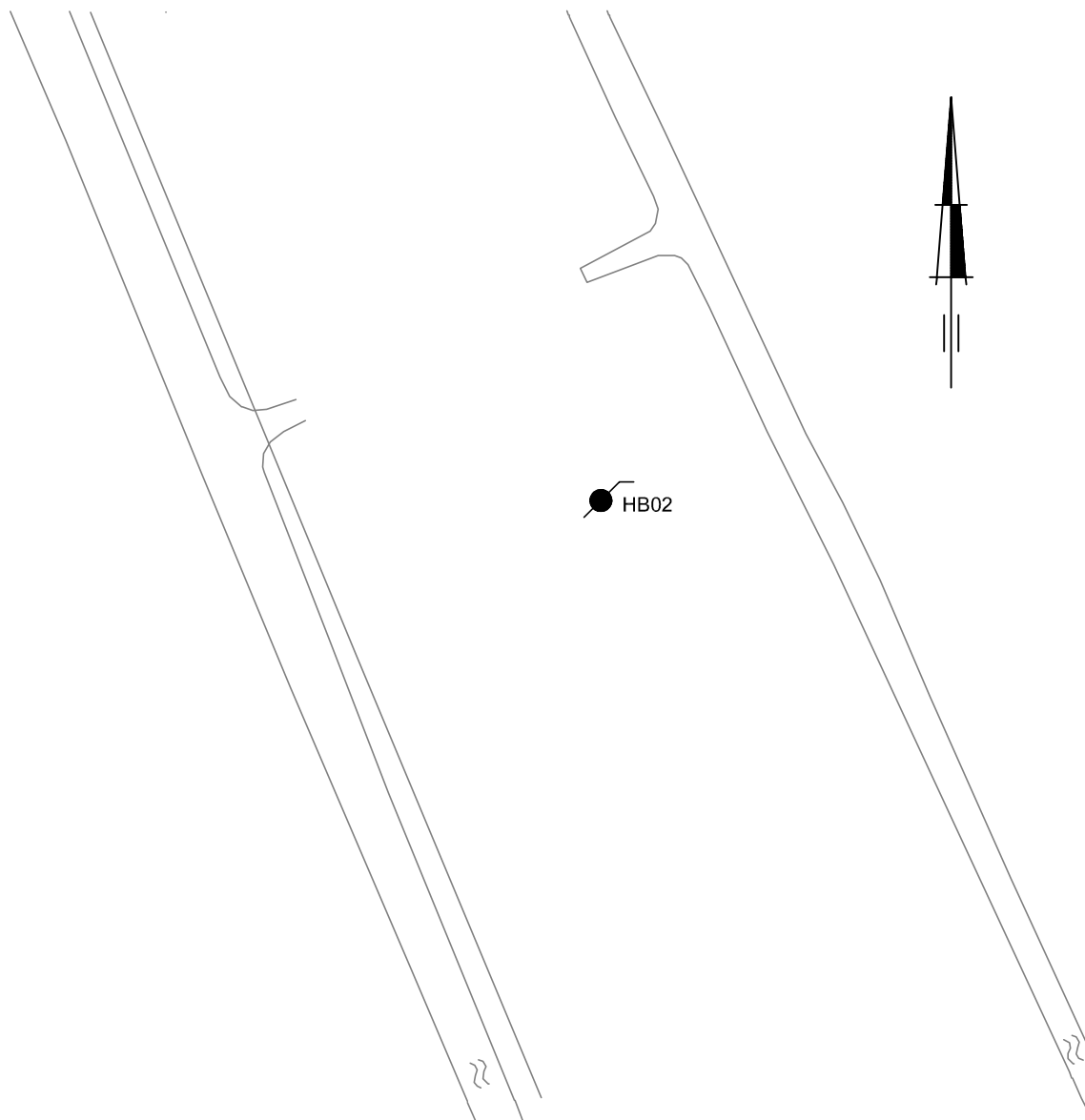
Schaal 1 : 1000

SITUATIE

Flexpell Ouderkerk aan den Amstel

Opdr. : 2111-0180-000

Bijl. : 2



F:\Veldwerk\212111-0180-000\Acad\2111-0180-000-3.dwg
Get.: KGR dd: 24-11-2011
Versie: Revisie Datum:



Schaal 1 :1000

SITUATIE

Flexpeil Ouderkerk aan den Amstel

Opdr.: 2111-0180-000

Bijl. : 3

F:\Veldwerk\212111-0180-000\Acad\2111-0180-000-4.dwg
Get.: FGU/KGR dd: 24-11-2011

Revisie Datum:

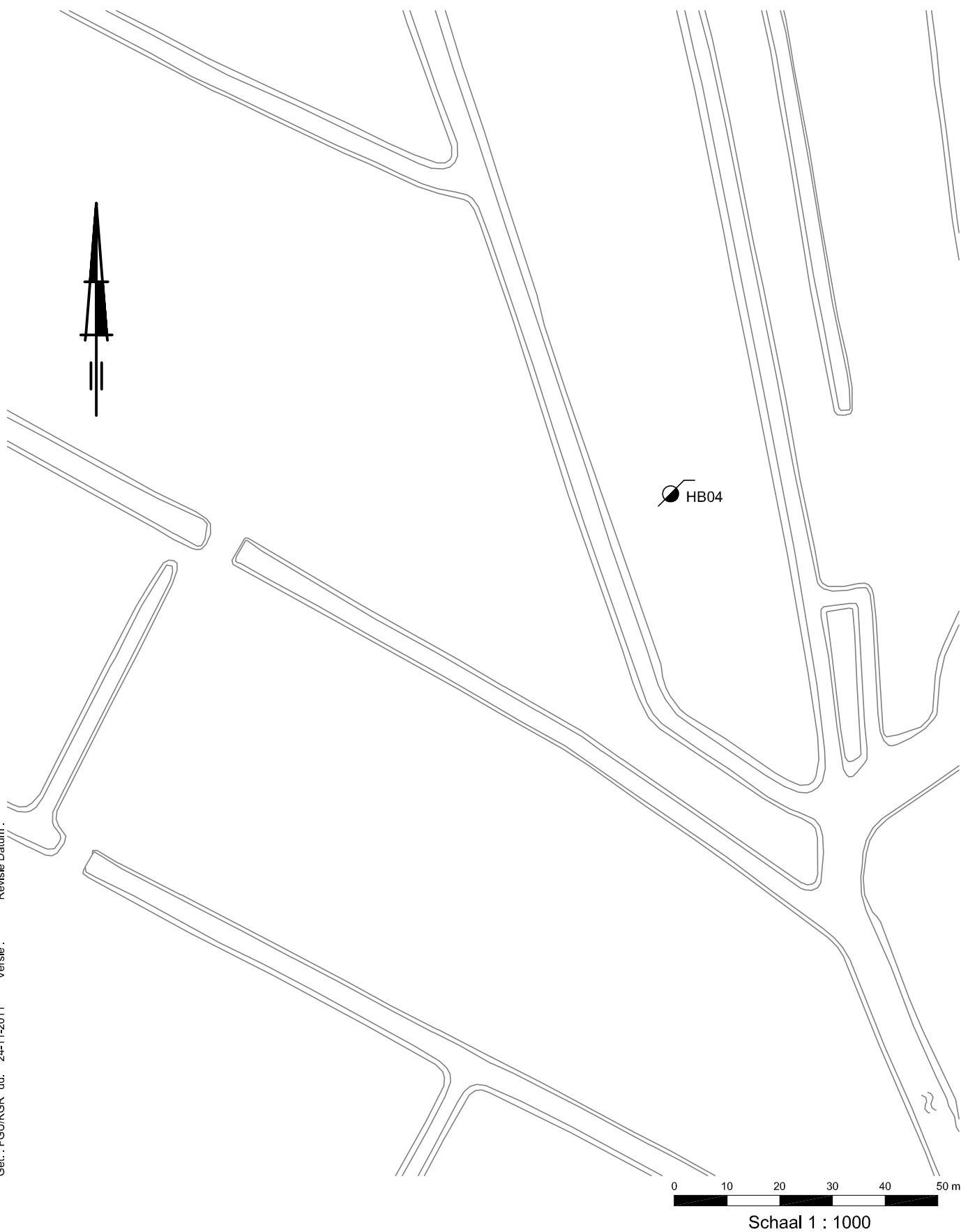
Versie:

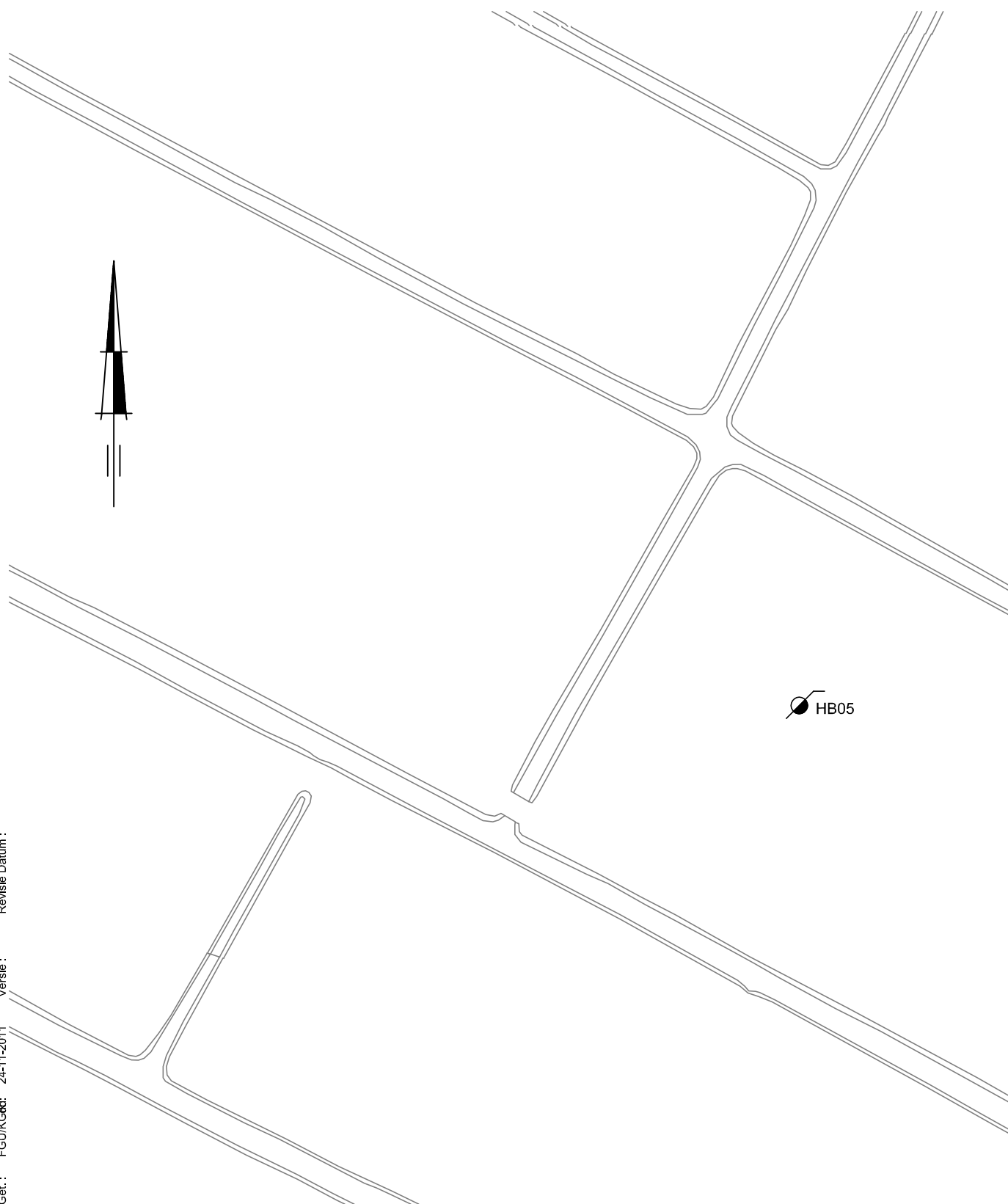
SITUATIE

Flexpeil Ouderkerk ad Amstel

Opdr.: 2111-0180-000

Bijl. : 4





F:\Veldwerk\212111-0180-000\Acad\2111-0180-000-5.dwg
Get.: FGJ/KGBt: 24-11-2011
Versie: Revisie Datum:

0 10 20 30 40 50 m
Schaal 1 : 1000

SITUATIE

Flexpeil Ouderkerk ad Amstel

Opdr.: 2111-0180-000

Bijl. : 5

LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

BORINGEN / PEILBUIZEN

●	mechanische boring (B)
◐	handboring (HB)
○	niet uitgevoerde boring
◌	niet uitgevoerde handboring
●	boring met peilbuis
●	boring met peilbuis, ondiep en diep filter
●	boring met peilbuis, ondiep, middeldiep en diep filter
◐	handboring met peilbuis
⊕	hellingmeterbuis (HMB)
⌵	gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF)
⊙	boring derden
⊙	boring derden met peilbuis

SONDERINGEN

▼	diep-/diepzware sondering
▽	middelzware sondering
▼	diep-/diepzware sondering met plaatselijke kleefmeting
▽	middelzware sondering met plaatselijke kleefmeting
⊕	slagsondering
▽	niet uitgevoerde sondering
⊕	waterspanningsmeter (WSM)
▽	sondering derden
▽	sondering derden met plaatselijke kleefmeting

Type sonderingen

M	middelzware sondering
D	diepsondering
DZ	diepzware sondering
S	slagsondering

Toegevoegde metingen

KM	meting van de plaatselijke kleef
P	meting van waterspanning
M	meting van de magnetische veldsterkte
G	meting van de geleidbaarheid
S	meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
T	meting van de temperatuur

LEGENDA / TERMINOLOGIE

grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

zand

	Zand, kleilig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleilig
	Veen, sterk kleilig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

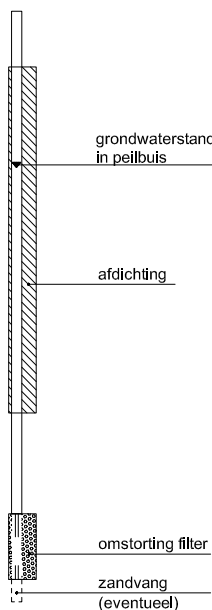
leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

Overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

Peilbuis



Monsters

	geroerd monster
	ongeroid monster

Overig

	gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	verharding / kern / asfalt
	puin

Veldregistratie Begemann boring



Datum:	20-10-2011	Plaats:	Ouderkerk a/d Amstel	blad:	1			
Naam:	Langstraat	Projectnummer:	2111-0180-000	uit:	1			
Voertuig:	Oma	Boring nr. :	B01	Gevraagde boor diepte (m): 10m				
MV - NAP	-2.1	Diameter gestoken monster (mm):	66mm					
X =	121478.08	Steekmond:	normaal					
Y =	480344.97	Aflezing unster (gr.)	Hoeveelheid steunvloeistof (cm ³)	Speet vol? na oplengen		Soort steunvloeistof en opmerkingen		
Diepte - MV of bodem van tot		eind	kop spleet	Ja	Nee			
	0	0.7	500	500	1000		X	1.05
	0.7	1.7	1000		1400	X		1.05
	1.7	2.7	1000		1400	X		1.4
	2.7	3.7	1000		1400	X		1.4
	3.7	4.7	1500		1400	X		1.4
	4.7	5.7	1500		1400	X		1.4
	5.7	6.7	1500		1400	X		1.8
	6.7	7.7	2000		1400	X		1.8
	7.7	8.7	2500		1400	X		1.8
	8.7	9.1	9000		1400	X		1.8
Dopdoos nrs. van boven tot onder		Monsternr. Lab	Dopdoos nrs. van boven tot onder	Monsternr. Lab	Steekweigering (diepte, reden, grondslag):			
					Kous liep vast hoge hangspanning			
1	213		11					
2	835		12		einde boring = onderkant steekmond (m):		9.10	
3	892		13		diepte putje of blindgestoken tot (m):		0.00	
4	10001		14		gestoken lengte (m):		9.10	
5	10003		15		afstand afsluiter tot onderk. steekmond (m):		0.99	
6	10016		16		theoretisch monsterlengte (m):		8.11	
7	10024		17		in afsluiterbuis (m):		0.26	
8	10047		18		volle PVC buizen (m):		7.00	
9	10069		19		in bovenste buis (m):		0.65	
10			20		totaal gestoken lengte (m):		7.91	7.91
Funnel test basisspoeling 1 liter in (sec):				goed	steekverlies (m):		0.20	
Controle rondheid steekmond:				goed	Gemeten kousbreedte (mm):		99	
Controle kousenbuis:				goed	Kwaliteit kous:		goed	

Veldregistratie Begemann boring



Datum:	21-10-2011	Plaats:	Ouderkerk aan de Amstel	blad:	1		
Naam:	Langstraat	Projectnummer:	2111-0180-000	uit:	1		
Voertuig:	Oma	Boring nr. :	B02	Gevraagde boor diepte (m): 10m			
MV - NAP	-2.217	Diameter gestoken monster (mm):	66mm				
X =	122120.54	Steekmond:	normaal				
Y =	477088.73	Aflezings unster (gr.)	Hoeveelheid steunvloeistof (cm ³)	Speet vol? na oplengen		Soort steunvloeistof en opmerkingen	
Diepte - MV of bodem		eind	kop	spleet	Ja		Nee
van	tot						
0	0.7	1000	500	1000		x	1.05
0.7	1.7	1500		1400	x		1.05
1.7	2.7	1500		1400	x		1.05
2.7	3.7	1500		1400	x		1.4
3.7	4.7	2000		1400	x		1.4
4.7	5.7	2000		1400	x		1.4
5.7	6.7	2500		1400	x		1.4
6.7	7.7	2500		1400	x		1.8
7.7	8.7	9000		1400	x		1.8
Dopdoos nrs. van boven tot onder	Monsternr. Lab	Dopdoos nrs. van boven tot onder	Monsternr. Lab	Steekweigering (diepte, reden, grondslag):			
				Kous liep vast hoge hangspanning, oma kwam omhoog			
1	75	11					
2	130	12		einde boring = onderkant steekmond (m):		8.70	
3	190	13		diepte putje of blindgestoken tot (m):		0.00	
4	282	14		gestoken lengte (m):		8.70	
5	329	15		afstand afsluiter tot onderk. steekmond (m):		0.99	
6	601	16		theoretisch monsterlengte (m):		7.71	
7	864	17		in afsluiterbuis (m):		0.26	
8	879	18		volle PVC buizen (m):		7.00	
9	10092	19		in bovenste buis (m):		0.30	
10		20		totaal gestoken lengte (m):		7.56	
Funnel test basisspoeling 1 liter in (sec):			goed	steekverlies (m):		0.15	
Controle rondheid steekmond:			goed	Gemeten kousbreedte (mm):		99	
Controle kousenbuis:			goed	Kwaliteit kous:		goed	



Grondbeschrijving

CO:	2111-0180-000	Waarnemer:	John
Boring nr:	HB02	Soort boring:	Hand
Plaats:	Ouderkerk aan de Amstel	Datum Boring:	15-11-2011
X=	121483.93	Proj.leider	Os
Y=	474650.99		
Z=	-2.31		
Laag nr:	Diepte	Grondsoort	
	m-MV	Hoofd bestanddeel	Bijmengsel
		Opmerkingen	
1	0 0.3	Teelaarde	
2	0.3 2	V	m Plantenresten
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Hoofdbestanddeel:	Bijmengsel:		
G=Grind	s = siltig (alleen icm grind)	h1 = zwak humeus (niet icm veen)	
K=Klei	s1= zwak siltig (niet icm v+g)	h2 = matig humeus (niet icm veen)	
L=Leem	s2= matig siltig (niet icm v+g)	h3 = sterk humeus (niet icm veen)	
V=Veen	s3= sterk siltig (niet icm v+g)	h4 = uiterst humeus (niet icm veen)	
Z=Zand	s4= uiterst siltig (niet icm v+g)	m = mineraalarm (alleen icm veen)	
z1= zwak zandig	k= kleilig (alleen icm zand)	g1= zwak grindig (alleen icm zand)	
z2= matig zandig (niet icm veen)	k1= zwak kleilig (alleen icm veen)	g2= matig grindig (alleen icm zand)	
z3= sterk zandig	k3= sterk kleilig (alleen icm veen)	g3= sterk grindig (alleen icm zand)	
z4= uiterst zandig (niet icm veen)			



Grondbeschrijving

CO:	2111-0180-000	Waarnemer:	John
Boring nr:	HB04	Soort boring:	Hand
Plaats:	Ouderkerk aan de Amstel	Datum Boring:	17-11-2011
X=	121949.29	Proj.leider	Os
Y=	476651.78		
Z=	-2.16		

Laag nr:	Diepte		Grondsoort		Opmerkingen
	m-MV	Hoofd bestanddeel	Bijmengsel		
1	0	0.4	Teelaarde		
2	0.4	0.8	V	m	Houtresten
3	0.4	2	V	m	Plantenresten
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					


Hoofdbestanddeel:	Bijmengsel:		
G=Grind	s = siltig (alleen icm grind)	h1 = zwak humeus (niet icm veen)	
K=Klei	s1= zwak siltig (niet icm v+g)	h2 = matig humeus (niet icm veen)	
L=Leem	s2= matig siltig (niet icm v+g)	h3 = sterk humeus (niet icm veen)	
V=Veen	s3= sterk siltig (niet icm v+g)	h4 = uiterst humeus (niet icm veen)	
Z=Zand	s4= uiterst siltig (niet icm v+g)	m = mineraalarm (alleen icm veen)	

z1= zwak zandig	k= kleiig (alleen icm zand)	g1= zwak grindig (alleen icm zand)
z2= matig zandig (niet icm veen)	k1= zwak kleiig (alleen icm veen)	g2= matig grindig (alleen icm zand)
z3= sterk zandig	k3= sterk kleiig (alleen icm veen)	g3= sterk grindig (alleen icm zand)
z4= uiterst zandig (niet icm veen)		



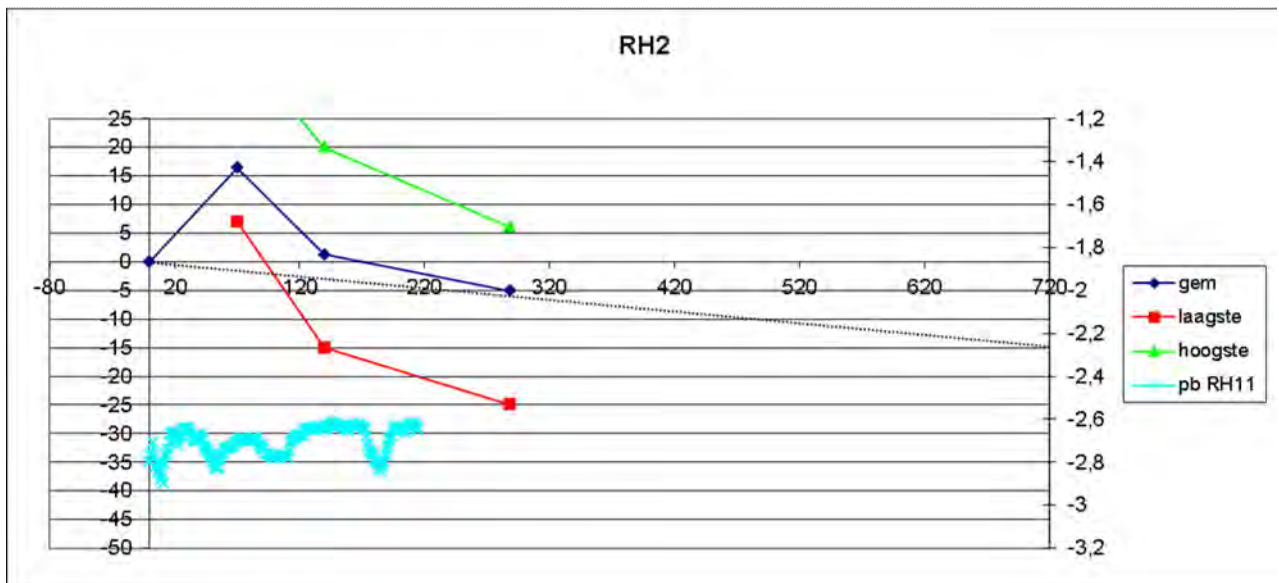
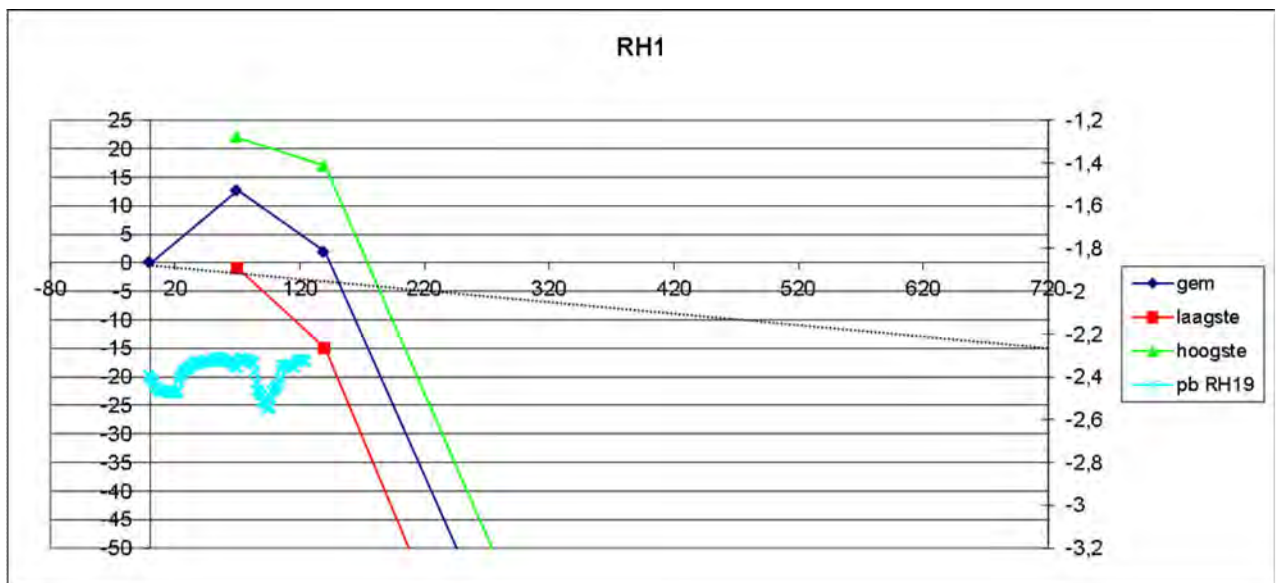
Grondbeschrijving

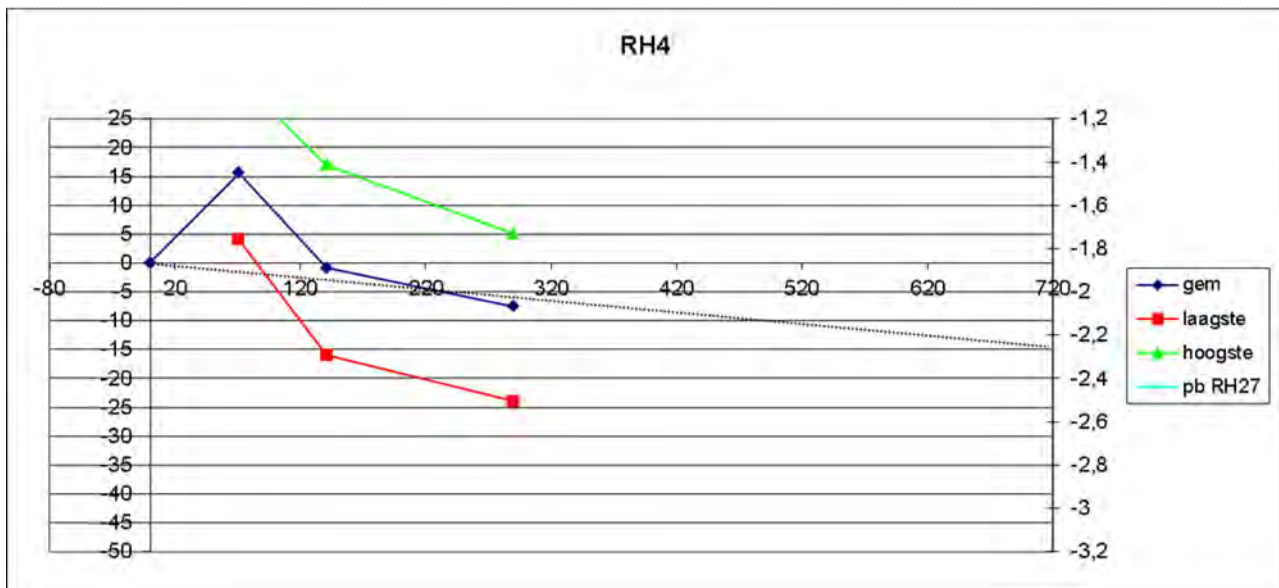
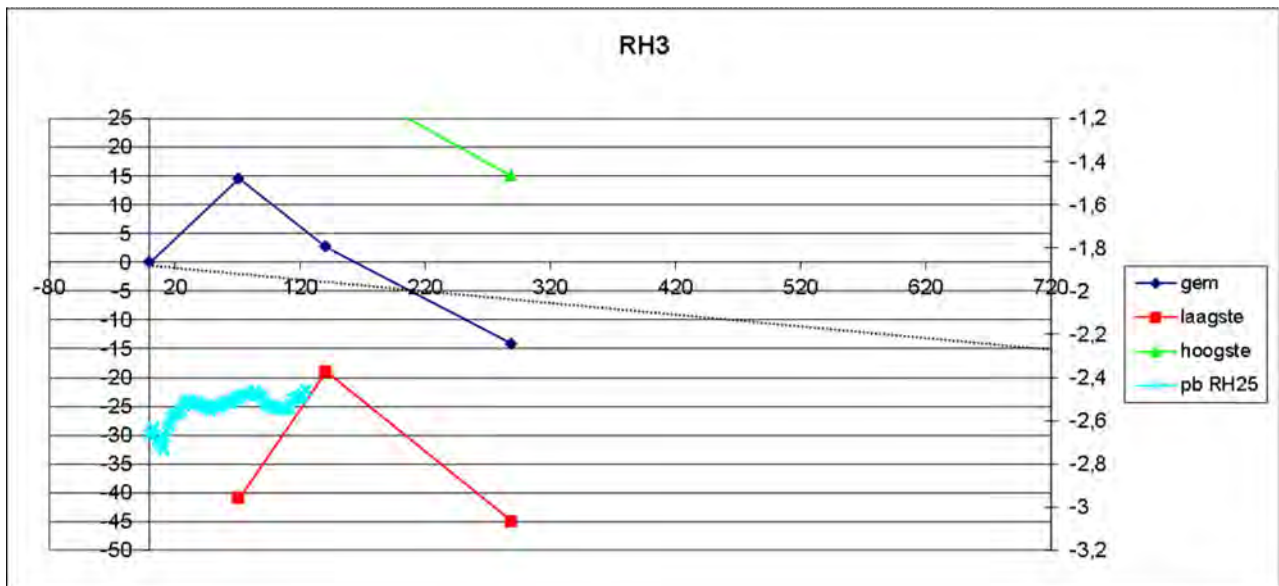
CO:	2111-0180-000	Waarnemer:	John
Boring nr:	HB05	Soort boring:	Hand
Plaats:	Ouderkerk aan de Amstel	Datum Boring:	15-11-2011
X=	121468.73	Proj.leider	Os
Y=	476906.68		
Z=	-2.09		
Laag nr:	Diepte	Grondsoort	
	m-MV	Hoofd bestanddeel	Bijmengsel
		Opmerkingen	
1	0 0.3	Teelaarde	
2	0.3 2	V	m Plantenresten
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Hoofdbestanddeel:	Bijmengsel:		
G=Grind	s = siltig (alleen icm grind)	h1 = zwak humeus (niet icm veen)	
K=Klei	s1= zwak siltig (niet icm v+g)	h2 = matig humeus (niet icm veen)	
L=Leem	s2= matig siltig (niet icm v+g)	h3 = sterk humeus (niet icm veen)	
V=Veen	s3= sterk siltig (niet icm v+g)	h4 = uiterst humeus (niet icm veen)	
Z=Zand	s4= uiterst siltig (niet icm v+g)	m = mineraalarm (alleen icm veen)	
z1= zwak zandig	k= kleilig (alleen icm zand)	g1= zwak grindig (alleen icm zand)	
z2= matig zandig (niet icm veen)	k1= zwak kleilig (alleen icm veen)	g2= matig grindig (alleen icm zand)	
z3= sterk zandig	k3= sterk kleilig (alleen icm veen)	g3= sterk grindig (alleen icm zand)	
z4= uiterst zandig (niet icm veen)			

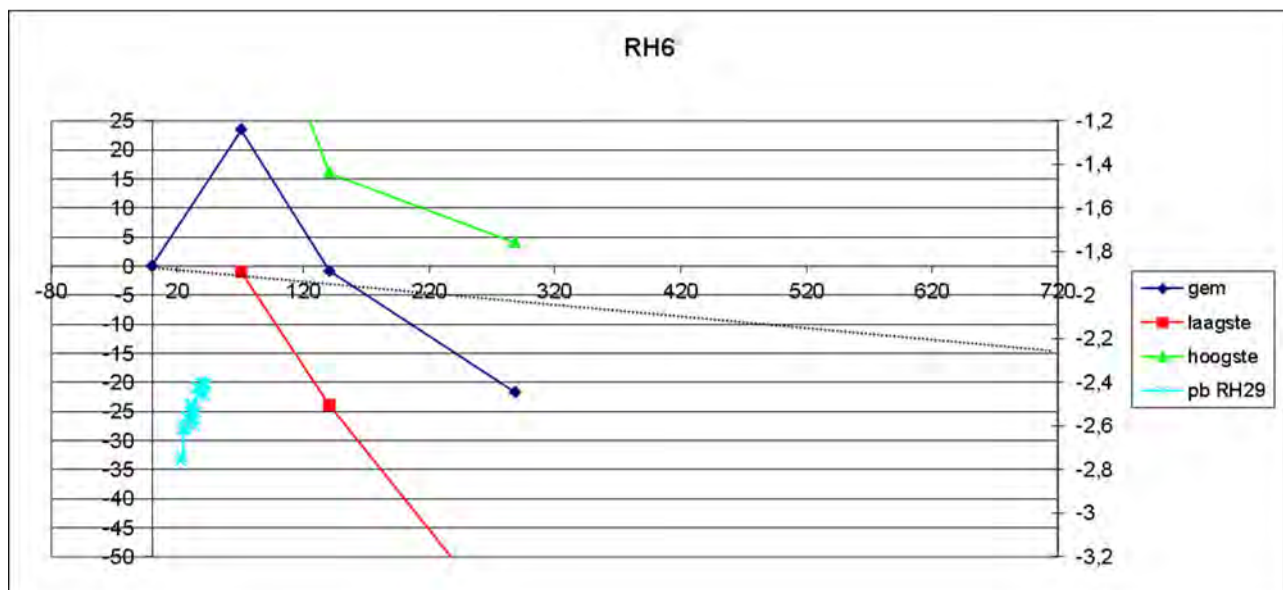
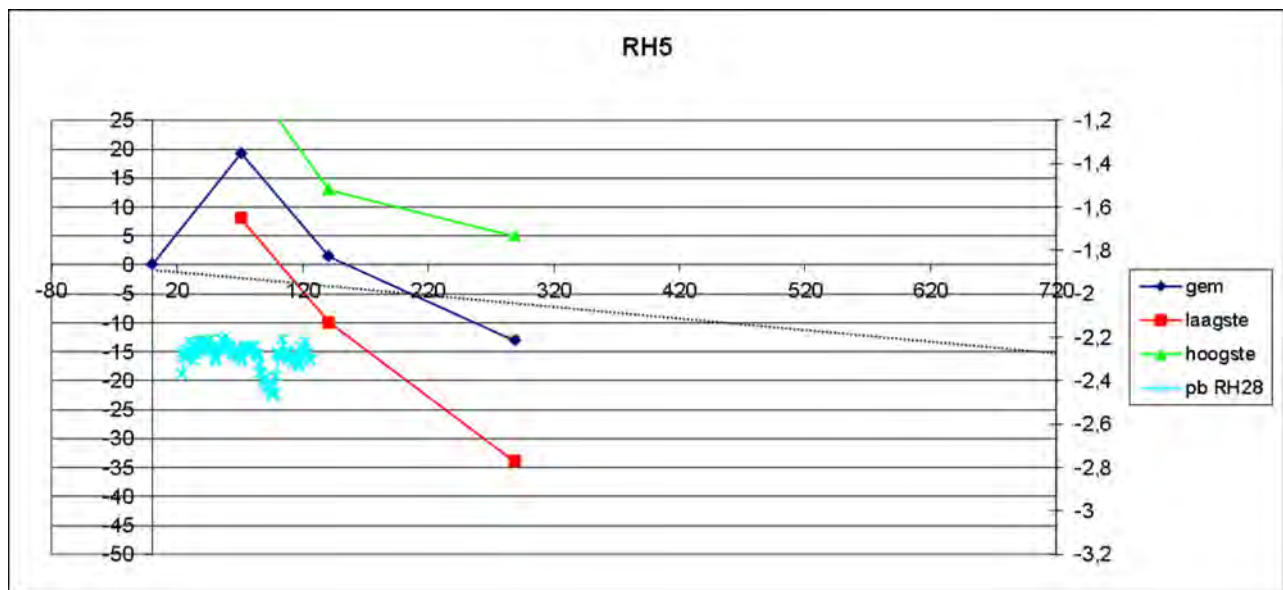
PLAATSEN PEILBUIZEN IN BOORGAT									
Opdrachtnummer:	2111-0180-000								
Sub:									
Lokatie:	Ouderkerk aan de Amstel								
Waarnemer:	John	John	John						
Projectleider:	Os	Os	Os						
Datum plaatsing:	17-nov	15-nov	15-11-2011						
Peilbuisnummer:	PB04	PB05	PB02						
Materiaal peilbuis / filter:	HDPE	HDPE	HDPE						
Binnen- / Buitendiameter:									
Bovenkan peilbuis (mv + m):									
Bovenkant filter (mv - m):	1,5	1,5	1						
Onderkant filter (mv - m):	2	2	2						
Filtergrind van...tot...(mv-m):	2m tot 0,30	2m tot 0,30	2m tot 1m						
Kleiafd.van...tot...(mv-m):			1m tot 0,10						
Afwerking peilbuis:	straatpot	straatpot	straatpot						
X:	121949,290	121468,730	121483,930						
Y:	476651,780	476906,680	474650,990						
Z:	-2,162	-2,085	-2,312						
Z bkb:	-2,470	-2,300	-2,423						
Opmerkingen									

C Maaiveldzakkingsmetingen Ronde Hoep en Middelpolder

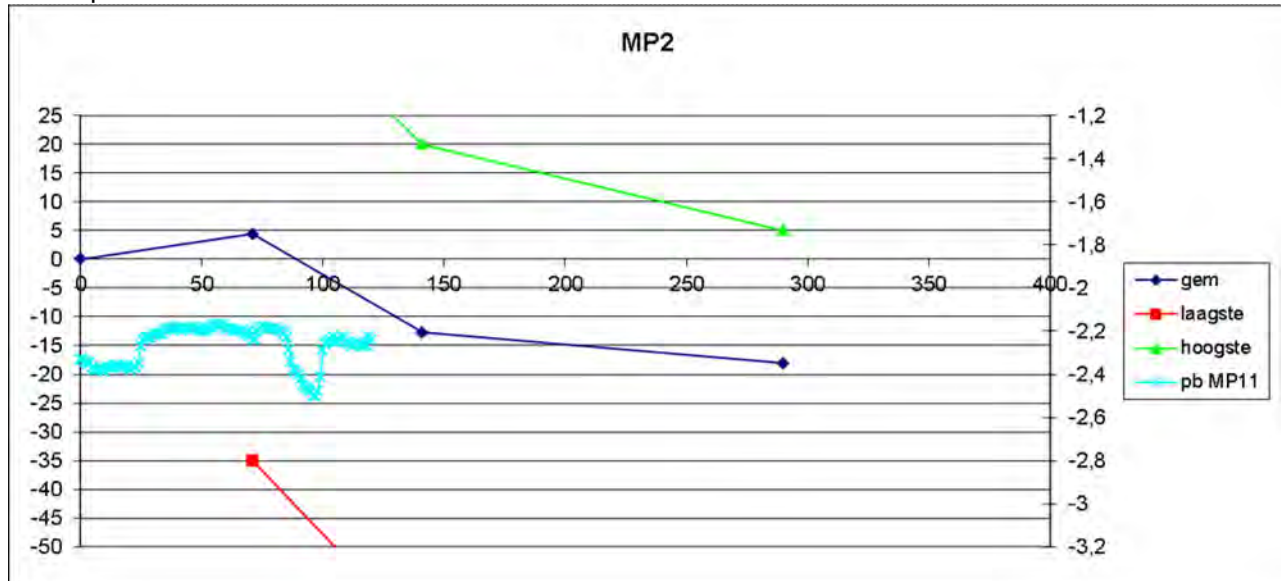
- Resultaat van de uitgevoerde metingen (gemiddelde zakking, minimale en maximale afwijking).
- De peilbuiswaarnemingen van de nabijgelegen peilbuis.
- Stippellijn de verwachte gemiddelde zettingslijn (alleen voor Ronde Hoep)







Middelpolder



stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 50
Stationsplein 89
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

