

# **Monitoring en grondonderzoeksplan**

**Fullscale damwandproef  
Product J: Monitoringsplan**





# **Monitoring en grondonderzoeksplan**

**Fullscale damwandproef  
Product J: Monitoringsplan**

Huub De Bruijn  
Dennis Peters  
Enno van Waardenberg

11200023-002



**Titel**  
Monitoring en grondonderzoeksplan

**Opdrachtgever** Waterschap Rivierenland      **Project** 11200023-002      **Kenmerk** 11200023-002-GEO-0009-      **Pagina's** 49

**Trefwoorden**  
SAAF; Waterspanningsmeters; FBG,

**Samenvatting**  
Dit rapport heeft tot doel om de informatiebehoefte en de daarop in te zetten monitoringstechnieken die de data voor deze informatie kan verzamelen te inventariseren.


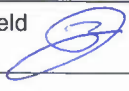

De input van dit rapport is vooral verkregen uit de uitvragen voor het grondonderzoek en de monitoring waarbij hetgeen is uitgevraagd is aangepast op hetgeen uiteindelijk is aangeboden.

In dit rapport wordt de POT proef , de aanlegfase van de terpen ten behoeve van de FSP proef, de FSP proeffase en de analyse fase.

Daarnaast wordt het benodigde grondonderzoek weergegeven.

Dit rapport is een bijlage bij het draaiboek.

#### Referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
2	jan. 2018	Huib De Bruijn		Joost Bredeveld		Leo Voogt	
		Dennis Peters					
		Enno van Waardenberg					

**Status**  
definitief



## Inhoud

<b>0 Productenoverzicht</b>	<b>1</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1 Achtergrond	3
1.1.1 Probleemstelling	3
1.1.2 Oplossingsrichting	3
1.2 Afbakening	3
1.3 Achtergrond	4
1.4 Probleembeschrijving	5
1.5 Doelstelling en resultaten definitiefase (zie rapport 12212199 Definitiefase full scale proef)	5
1.6 Leeswijzer	6
<b>2 Generieke informatie</b>	<b>7</b>
2.1 Korte omschrijving van de proeven	7
2.2 Geometrische gegevens en indeling proefterrein	7
2.3 Begrippen	8
2.4 Grondopbouw.	9
<b>3 Bezwijkmechanismen</b>	<b>11</b>
3.1 Ongewenste mechanismen tijdens opbouwfase	11
3.2 Te beschouwen mechanismen tijdens realisatiefase	11
<b>4 Doel en uitwerking monitoring (WAT)</b>	<b>13</b>
4.1 Nulfase	13
4.1.1 Doelstelling: in beeld brengen van de initiële spanningstoestand in de grond en het verzamelen van grondmonsters om op basis van laboratoriumproeven de initiële sterkte- en stijfheidsparameters van de locaties vast te stellen.	13
4.2 Aanlegfase	13
4.2.1 Doelstellingen: risicobeheersing en inzicht grondgedrag	13
4.2.2 Uitwerking monitoring voor aanlegfase (nulfase)	14
4.3 Proeffase	15
4.3.1 Doelstellingen: stuurinformatie en complete dataset ten behoeve van analyse	15
4.3.2 Uitwerking monitoring voor Proeffase	16
<b>5 Aantallen en uit te vragen monitoring ten behoeve van de uitvraag naar derden</b>	<b>19</b>
5.1 Hoeveelheden benodigde monitoring	19
5.1.1 Aanlegfase	19
5.2 Monitoring voor de proeffase	21
5.2.1 Proeffase	21
5.4 Constructieve monitoring	24
5.4.1 Data ontsluiting proeffase	24
<b>6 Grondonderzoek</b>	<b>27</b>
6.1 Voorafgaand aan Aanlegfase terpen	27

6.2	Gedurende de aanleg (om de sterkte ontwikkeling van de grond te volgen, op twee verschillende tijdstippen)	29
6.3	Na de aanlegfase van de terp, tijdens de proefopbouw	29
<b>7</b>	<b>Algemene eisen en specificaties de monitoring en grondonderzoek (HOE)</b>	<b>31</b>
7.1	Aandachtspunten en specificaties	31
7.2	Algemeen	32
<b>8</b>	<b>Laboratoriumwerkzaamheden</b>	<b>33</b>
8.1	Inleiding.	33
8.2	Te bepalen parameters	33
8.3	Te beproeven grondlagen	34
<b>9</b>	<b>Samenvatting</b>	<b>37</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A</b>	<b>Tekening bovenaanzicht bezwijkproeven met locatie monitoringsinstrumenten</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Tekening dwarsdoorsnede bezwijkproeven met diepte monitoringsinstrumenten</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Samenvattende tabel met eisen aan monitoringsinstrumenten (qua nauwkeurigheid en meetfrequentie)</b>	<b>C-1</b>
<b>D</b>	<b>Samenvattende grafiek met verwachtingswaarde van de horizontale deformatie</b>	<b>D-1</b>
<b>A</b>	<b>Tekening bovenaanzicht bezwijkproeven met locatie monitoringsinstrumenten</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Tekening dwarsdoorsnede bezwijkproeven met diepte monitoringsinstrumenten</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Samenvattende tabel met eisen aan monitoringsinstrumenten (qua nauwkeurigheid en meetfrequentie)</b>	<b>C-1</b>
<b>D</b>	<b>Samenvattende grafiek met verwachtingswaarde van de horizontale deformatie</b>	<b>D-1</b>
<b>A</b>	<b>Tekening bovenaanzicht bezwijkproeven met locatie monitoringsinstrumenten</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Tekening dwarsdoorsnede bezwijkproeven met diepte monitoringsinstrumenten</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Samenvattende tabel met eisen aan monitoringsinstrumenten (qua nauwkeurigheid en meetfrequentie)</b>	<b>C-1</b>
<b>D</b>	<b>Samenvattende grafiek met verwachtingswaarde van de horizontale deformatie</b>	<b>D-1</b>
	<b>Samenvattende tabellen met eisen aan monitoringsinstrumenten (nauwkeurigheid en meetfrequentie)</b>	



- A Tekening bovenaanzicht bezwijkproeven met locatie monitoringsinstrumenten A-1**
- B Tekening dwarsdoorsnede bezwijkproeven met diepte monitoringsinstrumenten B-1**
- C Samenvattende tabel met eisen aan monitoringsinstrumenten (qua nauwkeurigheid en meetfrequentie) C-1**
- D Samenvattende grafiek met verwachtingswaarde van de horizontale deformatie D-1**



## 1 Productenoverzicht

Als verantwoording voor de invulling van het proefprogramma rondom de POV|M Eemdijkproef zijn de volgende hoofdproducten<sup>1</sup> in Tabel 1.1 voorzien:

CODE	HOOFDPRODUCTEN
A	Algemene werkzaamheden
B	Externe stuurinformatie
C	Interne stuurinformatie
D	Inkoop installatie monitoring, veld- en laboratoriumonderzoek
E	Vergunningen
F	Geotechnisch basisrapport proeflocatie
G	Voorlopig ontwerp aanleg/opbouw FSP
H	Voorlopig ontwerp proef POT
I	Definitief ontwerp proef/herstel FSP/POT
J	Monitoringsplannen FSP en POT (aanleg, opbouw en proef)
K	Inkoop grondwerk t.b.v. aanleg en opbouw FSP
L	Inkoop grondwerk t.b.v. (tussentijds) herstel proef FSP/POT
M	Inkoop en installatie damwanden en hulpconstructies FSP/POT
N	Inkoop overig materieel t.b.v. uitvoering proef FSP/POT
<b>O</b>	<b>Draaiboeken voor aanleg, opbouw, proef en herstel FSP/POT</b>
P	Factual report en analyse reststerkte & restprofiel proef FSP
Q	Factual report en analyse opbouw en proef POT
R	Factual report aanleg FSP (groene en blauwe dijk)
S	Analyse aanleg FSP (groene en blauwe dijk)
T	Factual report opbouw FSP (groene en blauwe dijk)
U	Factual report proef FSP (groene en blauwe dijk)
V	Analyse proef FSP/POT (groen en blauwe dijk, push-over)
W	Dataverwerking en dataopslag

Tabel 1.1 Overzicht van producten bij proefprogramma POV|M Eemdijkproef

Het voorliggende deelproduct betreft een bijlage van de draaiboeken (**hoofdproduct O**), namelijk het monitoringsplan.

N.B. De overige draaiboeken binnen hoofdproduct O voor de aanleg van de full-scale proef (deelproduct O1/O2) en de opbouw, de proef en het herstel van het terrein na de pull-over test (deelproduct O5/O6) worden in aparte deelproducten opgeleverd.

<sup>1</sup> zie aanbieding met Deltares kenmerk 11200956-001-GEO-0003-ydh van 10 mei 2017



## 2 Inleiding

### 2.1 Achtergrond

#### 2.1.1 Probleemstelling

Op dit moment ontbreekt het nog aan inzicht in het werkelijke (vervormings)gedrag van een waterkering met een damwandconstructie als stabiliteit-verhogende constructie (SVLC) onder extreme condities (i.e. combinatie van hoogwater en opdrijven achterland). Deze extreme condities treden in de praktijk zelden op. Verder is ook nog niet gevalideerd in welke mate het sterkte- en vervormingsgedrag van een dergelijke waterkering in het daartoe meest geschikt rekenmodel (gebaseerd op de EEM) en de werkelijkheid overeenkomen. Onder meer doordat in de praktijk steeds vaker discontinue damwanden worden toegepast, die ten opzichte van een continue wand mogelijk afwijkend sterkte- en vervormingsgedrag vertonen.

Deze witte vlekken in de kennis bemoeilijken het leggen van de juiste relatie tussen het voorgeschreven en in de analyse gerealiseerde betrouwbaarheidsniveau van de combinatie van damwandconstructie en de overige delen van de waterkering (grond). En daarmee het aanscherpen van de huidige ontwerpaanpak<sup>2</sup>, dat noodzakelijk is voor het beter en goedkoper constructief versterken van gronddijken. Terwijl dit objecttype in verschillende verschijningsvormen al veelvuldig is toegepast, en naar verwachting ook in de toekomst relevant blijft.

#### 2.1.2 Oplossingsrichting

Om het werkelijke gedrag van een met damwandconstructie versterkte waterkering (de 'blauwe dijk') onder extreme condities tot na bezwijken betrouwbaar in kaart te brengen is binnen de POV|Macro stabiliteit voor deze principetechniek een full-scale damwandproef voorzien. Deze proef heeft tot doel om de kennisvragen in (zie Bijlag A van draaiboek te beantwoorden en een betrouwbare en complete set monitoringsgegevens vast te leggen, zodat deze als case voor rekentechnische validatie (door derden) kan dienen. Door bij dezelfde ondergrond- en belastingcondities ook een full-scale proef op een niet constructief versterkte dijk (de 'groene dijk') uit te voeren, wordt een referentie voor het geconstateerde gedrag verkregen.

### 2.2 Afbakening

In de definitiefase<sup>3</sup> ter voorbereiding van de full-scale proeven is er onderkend, dat inzicht in het systeemgedrag van damwand en (on)gedraineerd reagerende grond alleen wordt verkregen als er ook voldoende inzicht is in de interactie tussen afzonderlijke onderdelen en tussen onderdelen en de omringende grond. In lijn hiermee is in de definitiefase<sup>3</sup> tot een optimale mix van numeriek en fysiek (grootschalig) onderzoek gekomen.

*Voorliggend draaiboek betreft de full-scale proeven op de groene en blauwe proefdijk, waarbij laatstgenoemde ook het onderzoek naar het bezwijken van het binnentalud omvat.*

De full-scale proeven worden uitgevoerd op nieuw op te bouwen dijklichamen op de proeflocatie.

<sup>2</sup> deze ontwerpaanpak (bestaande uit een veiligheidsfilosofie en rekenmethodiek) kan als locatie-specifiek, conservatief en pragmatisch worden gekarakteriseerd;

<sup>3</sup> POV|M-rapport met titel 'POVM full-scale test, Activiteit 2 – definitiefase', v1.0 definitief, februari 2017;

Bij de uitvoering van het proefprogramma zijn de volgende fasen voorzien:

- Definitiefase (vaststellen proeflocatie en te beproeven constructie).
- Ontwerpfase (vaststellen van opbouwwijze proefdijk en dimensies onderdelen).
- Realisatiefase, die bestaat uit:
  - Aanlegfase (aanleggen van grondlichamen inclusief interne voorzieningen).
  - Opbouwfase (opbouwen proefdijken met monitoring en externe voorzieningen).
  - Proeffase (uitvoeren van de proeven en vastleggen proefresultaten).
  - Herstelfase (herstellen proeflocatie na bezwijken proefdijk).
- Analysefase (interpreteren van de proefresultaten).

*Voorliggend draaiboek omvat een groot deel van de realisatie, te weten de opbouw-, proef- en herstelfase van de full-scale proef op de blauwe en groene proefdijk. De aanleg van de groene en blauwe proefdijk is afgedekt in een apart draaiboek<sup>4</sup>.*

Voorliggend rapport behandelt de monitoringbehoefte en het benodigd grondonderzoek noodzakelijk om de full-scale damwandproef uit te kunnen voeren. Het uitvoeren van de proef houdt in:

- Aanleggen van de faciliteit.
- Gecontroleerd uitvoeren van de full-scale testen.
- Analyse van de testen.
- De pushover test.

Om de monitoring en grondonderzoek in omvang te kunnen duiden wordt eerst de achtergrond van de proef en de globale opzet van de proef weergegeven.

Op het moment van het opstellen van dit document is de locatie van de proeflocatie nagenoeg bekend, de afmetingen van de faciliteit kunnen eventueel nog wijzigen. Dit laatste heeft geen effect op de benodigde hoeveelheid grondonderzoek en monitoring, wel op de locatie van monitoring en op bijvoorbeeld kabellengte etc.

Verder is dit memo primair opgesteld voor de monitoring van de proefdijken (de groene dijk, zonder langsconstructie en de blauwe dijk met langsconstructie). Naast de proefdijken wordt ook een monitoring gevraagd voor de zogenaamde Pushover tests. Deze is nog niet in dit memo opgenomen en zal in een later stadium worden uitgewerkt.

### 2.3 Achtergrond

Binnen het huidige Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP2), een samenwerking tussen waterschappen en Rijksoverheid, is een aantal projectoverstijgende verkenningen (POV's) opgezet met als doel om dijkversterking beter, sneller en goedkoper te maken. Tegen deze achtergrond is geconstateerd dat het aantal te versterken dijkvakken in het HWBP-programma vanwege onvoldoende sterkte voor macrostabiliteit omvangrijk is. De HWBP-opgave waarbij macrostabiliteit maatgevend is, betreft 287 km. Hiervan is aan 69,5 km een hoge urgentie toegekend en opgenomen in de programmering 2015-2020.

---

<sup>4</sup> POV|M-rapport 'POVM Eemdijkproef, Draaiboek aanleg full-scale damwandproef- Product O1', kenmerk 11200956-011-0001 v2 definitief, september 2017

Binnen de Projectoverstijgende verkenning Macrostabiteit (POVM), die is onderverdeeld in vier inhoudelijke clusters, zoeken waterschappen, het bedrijfsleven en kennisinstututen samen naar innovaties om het faalmechanisme macrostabiteit bij dijken effectiever te kunnen aanpakken. De focus ligt hierbij op het verder helpen van de concepten die in theorie binnen de HWBP-versterkingsopgave in de referentieprojecten toegepast kunnen worden. Bij het uitdagen van de markt kunnen technieken worden voorgesteld die met de huidige richtlijnen en technische rapporten nu nog slecht kunnen worden beoordeeld. POVM-cluster “Innovaties in versterkingstechnieken” stelt zich tot doel om voor vier principetechnieken (de zogenaamde ‘hoekpunten’) generieke technische rapporten uit te werken. Bij het hoekpunt “Damwanden en rekbare constructies” is voor deze uitwerking ook een full-scale proef voorzien.

#### 2.4 Probleembeschrijving

Op dit moment ontbreekt het nog aan het vereiste inzicht in het werkelijke (vervormings)gedrag onder extreme (hoogwater)condities van stabiliteit-verhogende langsconstructies in een dijk. Ook is het onbekend in welke mate het sterkte- en vervormingsgedrag van de versterkte gronddijk in het rekenmodel (gebaseerd op de EEM) en de werkelijkheid overeenkomen.

Deze witte vlekken in de kennis bemoeilijken het leggen van de juiste relatie tussen het voorgeschreven en in de analyse gerealiseerde betrouwbaarheidsniveau van de combinatie van constructieve onderdelen en het omringende grondlichaam. En daarmee het aanscherpen van de veiligheidsfilosofie en rekenmethodiek ontwerpaanpak, dat noodzakelijk is voor het beter en goedkoper constructief versterken van gronddijken.

Overigens kan het inzicht in het gedrag van de combinatie van constructie-onderdelen en grond (het systeemgedrag) alleen worden verkregen als er ook voldoende inzicht is in de interactie tussen afzonderlijke onderdelen en tussen onderdelen en de omringende grond.

#### 2.5 Doelstelling en resultaten definitiefase (zie rapport 12212199 Definitiefase full scale proef)

De doelstelling van de proef volgt uit de definitiefase en maakt onderscheid in een systeem en onderdeelgedrag. Met dit onderscheid zijn twee parallelle sporen onderscheiden, met elk andere sub-doelstellingen:

- 1 Wat betreft het gedrag van de stabiliteit-verhogende langsconstructie als systeem:
  - a. Vaststellen scope van de full-scale proef die de grootste winst oplevert.
  - b. Vaststellen opzet en uitvoering van de full-scale proef.
  - c. Creëren van voldoende draagvlak voor full-scale proef bij stakeholders.
- 2 Wat betreft de interactie met afzonderlijke (constructie-)onderdelen:
  - a. Vaststellen kennisleemten in modelleren van gedrag relevante onderdelen.
  - b. Vaststellen vereiste kleinschalige proeven voor in kaart brengen onderdeelgedrag.

##### Ad1

Het plan voorziet in het uitvoeren van 2 full-scale testen, 1 op een zogenaamde groene dijk (een niet met een langsconstructie versterkte dijk) en een test op een gelijkvormige proefdijk, maar dan voorzien van een langsconstructie. De proefdijken zouden tot bezwijken moeten worden gebracht door een combinatie van hoogwater en daarmee afnemende effectieve spanningen in de grond (door afgraven binnendijksmaaiveld tot dat opdrijfveiligheid ongeveer 1,0) is en een bovenbelasting.

## Resultaten 1)

- Inzicht in het vervormingsgedrag van een met een langsconstructie versterkt dijklichaam en een niet versterkte.
- Inzicht in de afname van het waterkerende vermogen bij grote deformaties.
- Inzicht in het verschil in vervormingsgedrag tussen een met een langsconstructie versterkt grondlichaam en een niet versterkt dijklichaam.

## Ad 2

Het onderzoek op onderdelenniveau moet inzicht geven in de interactie damwand-grond. De onderwerpen die hierin onderzocht worden zijn:

- Het werkelijke krachts – verplaatsingsdiagram van een damwandplank en de daadwerkelijke plastische capaciteit (moment en rotatie) van een damwandplank en de daarmee gepaard gaande vervorming. Hierbij zal vooral worden gefocust op het effect van discontinuïteit in de wand en de invloed van grondinbedding van de damwand.
- Bezwijken grond voor de damwand en de vorm van het restprofiel. Hierbij zal ook worden gekeken naar de sterkte van grond bij grote rekken met een afwijkende beproevingswijze. Hiervoor worden grote bussen gestoken. Hierbij zal ook naar de restdeformatie worden gekeken.

## Resultaten 2)

- Kennisleemten: invloed bezweken talud, Gedrag van een discontinue wand, invloed klasse dwarsdoorsnede op gedrag damwand in grond, invloed verschillende grondsoorten?
- Fysieke en numerieke testen op vrije damwand.
- Fysieke en numerieke testen op damwand in grond.

## 2.6 Leeswijzer

Bovenstaande onderzoeksvragen worden uitgewerkt voor een locatie bij Eemdijk. Omdat daar een fysieke dijk met een substantiële kerende hoogte ontbreekt worden hiervoor terpen gebouwd. Zowel voor het bouwen als voor de uiteindelijke proef en uit te werken onderzoeksvragen is een informatiebehoefte.

Dit rapport heeft tot doel om de informatiebehoefte en de daarop in te zetten monitoringtechnieken die de data voor deze informatie kan verzamelen te inventariseren.

De input van dit rapport is vooral verkregen uit de uitvragen voor het grondonderzoek en de monitoring waarbij hetgeen is uitgevraagd is aangepast op hetgeen uiteindelijk is aangeboden.

In dit rapport wordt de POT proef , de aanlegfase van de terpen ten behoeve van de FSP proef, de FSP proeffase en de analyse fase.

Daarnaast wordt het benodigde grondonderzoek weergegeven.



### 3 Generieke informatie

Teneinde de monitorings- en grondonderzoeksbehoefte te kunnen duiden wordt in dit hoofdstuk eerst een beknopte omschrijving van de proeven gegeven.

#### 3.1 Korte omschrijving van de proeven

De damwandbezwijkproef bestaat uit drie full-scale veldproeven, namelijk:

1. Het tot bezwijken brengen van een zogenaamde groene dijk (een dijk zonder langsconstructie).
2. Het tot bezwijken brengen van een blauwe dijk (dijk versterkt met een langsconstructie).
3. Een pushover test.

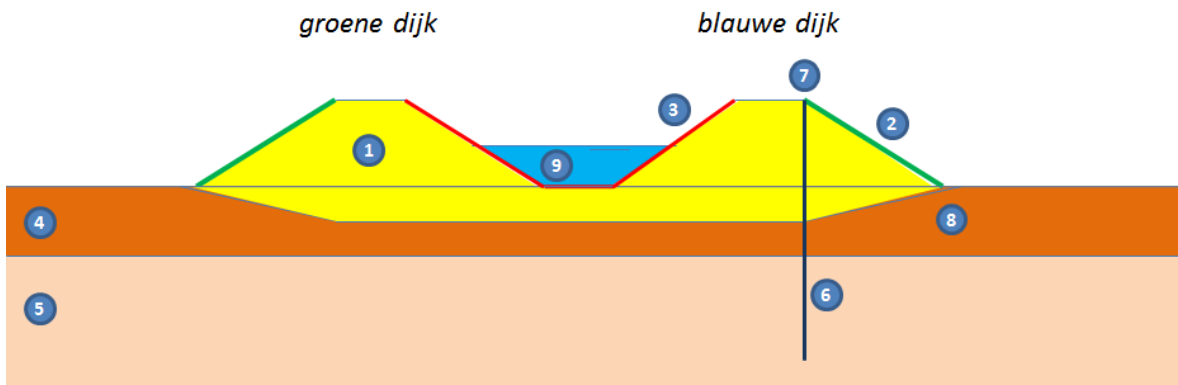
De proefdijken of terpen voor de blauwe en de groene dijk zullen circa 5 m hoog zijn en ruim 60 m lang. Bezwijken wordt geïnitieerd door voor de dijk het maaiveld te verlagen, in de dijk de waterdruk te verhogen, door enerzijds het verzadigen van het dijklichaam en anderzijds een bassin te vullen voor de dijk en ten derde met een belasting in de vorm van containers boven op de dijk. De derde test zijn zogenaamde push over tests. Hierbij wordt eerst een reactieconstructie geïnstalleerd waarvoor 4 verschillende damwanden of damwand-configuraties worden geplaatst welke met een plunjer vanaf het reactieblok worden omgedrukt.

De monitoring voor de proeven is onderverdeeld in een geotechnische monitoring (monitoring geplaatst in de grond) en een constructieve monitoring (monitoring geplaatst in of op de damwandschermen).

Voor alle drie de testen geldt dat er een aanlegfase en een proefuitvoeringsfase is te onderscheiden met elk een afwijkende monitoringsbehoefte. In dit bijlagerapport zal per fase de informatievraag worden uitgezet met daaraan gekoppeld een monitoringstechniek waarmee de data voor deze informatie behoefte kan worden verzameld.

#### 3.2 Geometrische gegevens en indeling proefterrein

De aan te leggen proefterpen zijn voorzien als circa 5,5 m hoge terpen met een lengte van 60 m per terp. De terpen liggen met hun ruggen tegen elkaar aan. De taludhellingen zijn vooralsnog 1:2. Tussen de proefdijken is een bassin gepland. De proefdijken worden opgebouwd uit een zandkern met een kleibekleding. Op onderstaande figuur zijn de contouren van de proefdijk schematisch weergegeven. In de figuur staan raaien getekend. In raai 1, 2 en 3, respectievelijk op 0,25; 0,5 en 0,75 uit de rand van de terp is de monitoring gepland.



Figuur 3.1 principe doorsnede proefopstelling

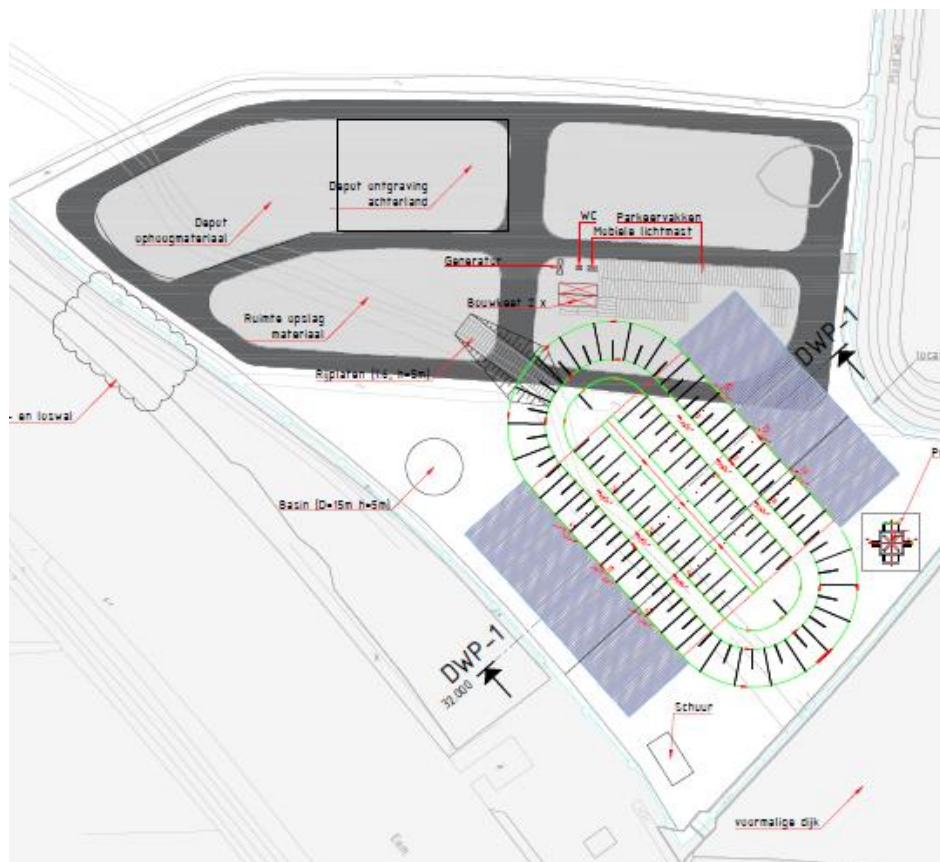
### 3.3 Begrippen

Voor de duidelijkheid even een korte toelichting bij *Figuur 3.1* met tussen haakjes de cijfertjes vermeld in de figuur.

- (1) De groene dijk is een proefdijk zonder stabiliteitsverhogende langsconstructie (STVL).
- (1) De blauwe dijk is een proefdijk met stabiliteitsverhogende langsconstructie (STVL) (7).
- (3) Buitenwaarts/buitendijks is de zijde van het bassin tussen de groene en de blauwe dijk.
- (9) Is het bassin.
- (2) Binnenwaarts/binnendijks is de richting waarin de proef wordt verwacht te bezwijken (randen van terp).
- (4 en 8) Het pakket slappe lagen.
- (5 en 6) De tussenzandlaag.

De locatie waar de proeven worden uitgevoerd is hier onder weergegeven. De pushover test zal in de nabijheid van de proefdijken worden gepland.

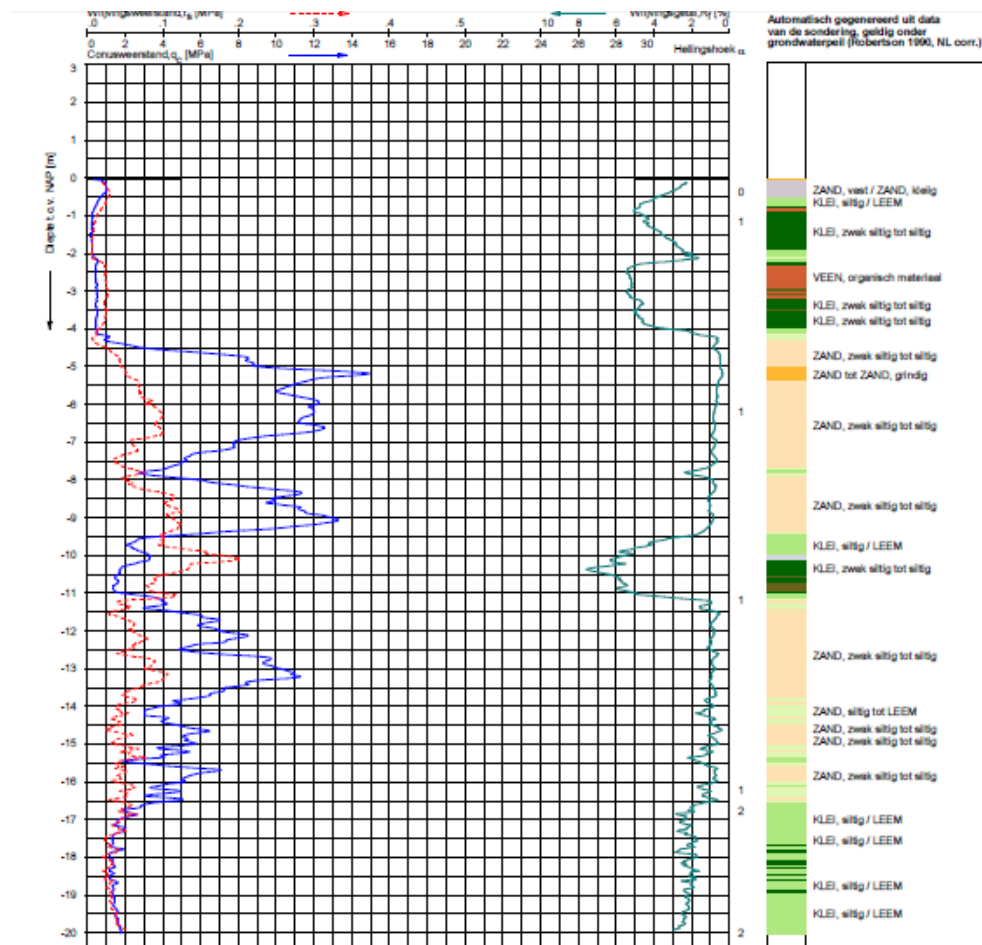
De indeling van het proefterrein is hieronder weergegeven.



Figuur 3.2 Terreinindeling

### 3.4 Grondopbouw.

De bodemopbouw is hieronder weergegeven. De bodemopbouw is relatief homogeen en vastgesteld op basis van een groot aantal (23 sonderingen). Globaal zijn vanaf maaiveld (circa NAP+0,20 m) slappe kleilagen aanwezig tot NAP – 1,0 m tot -2,0 m. Daaronder zijn overwegend veenlagen aanwezig tot NAP – 4,2 m. Vanaf NAP – 4,2 m tot NAP – 8,0 m is een zandlaag aanwezig welke aan de onderzijde is begrensd door kleiige, lagen. Vanaf NAP – 11,0 komen losgepakte zandlagen voor tot NAP – 17,0 m. Daaronder zijn wederom kleilagen aangetroffen. Op basis van onderstaande sondering is de bodemopbouw weergegeven.



Figuur 3.3 Representatieve sondering op het testveld

## 4 Bezwijkmechanismen

Uit bovenstaande gegevens volgt dat er in de verschillende fases van de proeven verschillende ongewenste gebeurtenissen kunnen optreden die schadelijk zijn voor de proefdoelstelling. In deze paragraaf worden deze toegelicht.

### 4.1 Ongewenste mechanismen tijdens opbouwfase

Tijdens het realiseren van de buitencontour en opbouw van de proefopstelling kunnen de volgende (onwenselijk geachte) bezwijkmechanismen worden geïnitieerd:

- Overschrijding bezwijkdraagvermogen van cohesief pakket (afschuiven).
- Overschrijding bezwijkdraagvermogen van cohesief pakket (doorponsen).
- Inwendig stabiliteitsverlies in de ondergrond (squeezing).
- Verlies standzekerheid van ophoogmateriaal zelf.
- Inwendig stabiliteitsverlies van ophoging en ondergrond.
- Overmatige zetting van de ophoging.
- Over-/onderschrijding van benodigde afstroming wateroverspanning.
- Te veel afstroming (terwijl noodzakelijk is voor macro-instabiliteit blauwe dijk).
- Te kort afstroming (terwijl noodzakelijk is voor macro-stabiliteit blauwe dijk).

De parameters die hierin een rol spelen en de gevolgen van deze bezwijkmechanismen zouden gemonitord moeten worden tijdens het opbouwen van de proefopstelling.

### 4.2 Te beschouwen mechanismen tijdens realisatiefase

Binnen het kader van de full-scale bezwijkproeven zal naar de volgende bezwijkmechanismen van een groene (zonder SVLC) en blauwe (met SVLC) dijk worden gekeken:

- Macro-instabiliteit groene dijk.
- Macro-instabiliteit blauwe dijk.
- Macro-instabiliteit van binnentalud blauwe dijk.
- Constructief bezwijken van SVLC.
- Overmatige vervorming van groene/blauwe dijk.

Bij het beschouwen van overmatige vervorming van de blauwe dijk moet worden gerealiseerd dat de stijfheidsverhouding tussen ondergrond en SVLC bepaalt in welke mate de additionele schuifweerstand van de diepere ondergrond wordt aangesproken, en daarmee de vervormingen van de constructief versterkte waterkering en de directe omgeving.



## 5 Doel en uitwerking monitoring (WAT)

De te instrumenteren monitoring kent verschillende doelen. De te onderscheiden doelen zijn gekoppeld aan de verschillende fases van het project. De doelen van de monitoring per fase zijn hieronder weergegeven. Deze doelen, gecombineerd met de hierboven weergegeven risico's en ongewenste gebeurtenissen leiden tot de informatiebehoefte.

### 5.1 Nulfase

- 5.1.1 Doelstelling: in beeld brengen van de initiële spanningstoestand in de grond en het verzamelen van grondmonsters om op basis van laboratoriumproeven de initiële sterkte- en stijfheidsparameters van de locaties vast te stellen.

#### **Primair doel**

In beeld brengen hoogteligging van het terrein alsmede de initiële grond- en waterspanningen over het terrein.

#### **Secundair doel**

Vastleggen huidige situatie ten behoeve van het na de proef weer opleveren van het terrein in oorspronkelijke toestand.

### 5.2 Aanlegfase

- 5.2.1 Doelstellingen: risicobeheersing en inzicht grondgedrag  
In de aanlegfase heeft de monitoring als belangrijkste doel: risicobeheersing wat betreft het optreden van de ongewenste gebeurtenissen in paragraaf 4.1. Op basis van de monitoring dient het aanleggen van de terp zo optimaal mogelijk te geschieden. Hierbij wordt bedoeld dat enerzijds de zettingen en anderzijds de stabiliteit gedurende de aanlegwerkzaamheden optimaal zijn voor de proef. Het spreekt voor zich dat stabiliteitsverlies gedurende het ophogen te allen tijde moet worden voorkomen, omdat anders de proef volledig mislukt. Anderzijds mag de consolidatie ook niet te groot zijn omdat anders de terpen te stabiel worden waardoor bezwijken in de proeffase een te groot probleem wordt.

#### **Primair doel**

Primair dient de monitoring er dus voor om ervoor te zorgen dat er geen stabiliteitsverlies optreedt in de bouwfase.

Het aanleggen van de proefdijken kan worden gezien als een grote laboratoriumproef. Het meten van de juiste parameters kan worden gebruikt voor het bijstellen van de parameterset, zoals deze is bepaald op basis van het uitgevoerde laboratoriumonderzoek. Door vooraf op basis van predicties verschillende ophoogscenario's vast te stellen kan op basis van bijvoorbeeld het gemeten zettingsgedrag en consolidatiegedrag het werkelijke gedrag van de grond worden bepaald. Door de scenario's als het ware te fitten op dit gedrag kan de parameterset verkregen uit laboratoriumonderzoek worden bijgesteld. Dit wordt Observational Method genoemd. Het werkelijk gemeten grondgedrag kan worden gebruikt bij het opstellen van de predicties en de postdictie analyses van de full-scaleproef.

#### **Secundair doel:**

Inzicht in de werkelijke sterkte en stijfheid van de grond voordat de daadwerkelijk proeffase start.

## 5.2.2 Uitwerking monitoring voor aanlegfase (nulfase)

### Vanuit het Primaire doel risicobeheersing

Bij het aanleggen van de terpen zijn er verschillende geotechnische risico's te onderscheiden (zie mechanismen paragraaf 4.2) welke met monitoring dienen te worden beheerst. Voor de uitvoeringsstabiliteit is de sterkte van de grond van belang evenals de stijfheid en de doorlatendheid van de samendrukbare lagen.

Naast de geotechnische risico's zijn de terpen een soort van modelopstelling waarin de onzekerheden zo klein mogelijk dienen te zijn. Met andere woorden, bij start van de daadwerkelijke bezwijkproef moet de 0-situatie (start proef) zo goed als mogelijk vast liggen. Het aanleggen van een proefterp is tevens een mooie gelegenheid om inzicht te krijgen in het werkelijke grondgedrag. Met een gerichte monitoring kunnen geotechnische parameters worden gevalideerd wat van nut kan zijn bij de uitvoering van de full-scale testen.

In onderstaande tabellen is per parameter en per fase aangegeven welke parameters moeten worden gemeten en hoe dat kan.

Monitoring wordt zo veel mogelijk automatisch uitgevoerd. Data wordt ingewonnen met dataloggers voorzien van een gsm/dataverbinding. De meest recente data wordt 1 keer per dag (semi-realtime) verzonden en beschikbaar gesteld in engineering units (gef, ascii of excelformaat). Tijdens de aanlegfase worden de waterspanningsmeters en de zettingsmeetplaatjes 1 keer per uur uitgelezen. De hellingmeetbuizen over de gehele aanlegfase 3 keer en de zettingsmeetslangen worden alleen uitgelezen bij start aanlegfase en voor start proeffase. De zakbaken dienen worden hoofdzakelijk voor en na een ophooslag ingemeten. De zettingspredictie vindt plaats op de zettingsmeetplaatjes.

In onderstaande tabel zijn de informatiebehoefte per fase vastgelegd en uitgewerkt.

Fase en nummering	Geotechnische onzekerheid / risico	Informatie behoefte	parameter	Monitoring
<b>Nulfase</b>				
F00-1	Initiële spanningstoestand	Vastleggen 0 situatie	geometrie	Digitaal terreinmodel
F00-2	Initiële spanningstoestand	Waterspanningen aanvullend op F01-1	Waterdruk in kleilaag onder de tussenzandlaag (F01-08 zijn de PB's in zandlaag)	Waterspanningsmeter onder de tussenzandlaag
<b>Aanlegfase</b>				
F01-1	Uitvoeringsstabiliteit (overschrijding draagvermogen cohesieve lagen, doorlatendheid)	Inzicht in initiële sterkte Inzicht in sterkte opbouw	Grond- en waterspanningen;	Monitoren van de waterspanningen (semi-realtime); (in totaal 6*2 wsm's)
F01-2			Schuifsterkte of conusweerstand	
F01-3	(rest)zettingen (doorlatendheid, doorsponen)	Zetting van de ondergrond en nog te verwachten restzetting na start proef	Zettingsparameters, Zettingverloop in de tijd;	Zettingsplaatjes (semi-realtime); (I totaal 3*3 stuks)
F01-4			Zettingsprofiel	Zettings slang



Fase en nummering	Geotechnische onzekerheid / risico	Informatie behoefte	parameter	Monitoring
Nulfase				
			(dwarsprofiel)	(periodiek of in en uitmeting); (in totaal 3*2 stuks (3 lange en 3 korte, zie opmerking))
F01-5			Samendrukking per grondlaag;	periodiek sonderingen.
F01-6	Horizontale deformaties (squeezing)	Horizontale deformaties ter controle en als nulmeting voor de proeffase	Horizontale vervorming (absolute)	Inclinometer; periodieke (handmeting (in en uitmeting en tussentijds 2 keer op aangeven) (In totaal 6 Hellingmeetbuizen diameter 0,07 m lengte 15 m
F01-7	Verdichting 0	Sterkte van de ophoging en klink ophoging	Schuifsterkte en stijfheid	Periodieke sonderingen; Proctor proeven
F01-8	Waterpeil verandering in diepe zand	Waterpeil in diep zand	waterspanning	Peilbuis met borehole (realtime online)
F01-9	Koppeling waterspanning aan verkeerde diepte	Juiste waterspanningen	waterspanning	Periodiek waterpassen bovenkant buis
1	Extensiometers zijn lastig omdat gedurende het ophogen deze moeten worden opgelengd wat lastig is. De sonderingen geven ook inzicht in de zetting per laag (goedkoper en de voorkeur)			

Tabel 5.1 Data en informatiebehoefte aanlegfase

### 5.3 Proeffase

Voor de proeffase is de functie van de monitoring tweeledig. Ten eerste dient deze de nodige stuurinformatie te geven om de proef te begeleiden. Ten tweede dient de monitoring voldoende informatie te geven om de proef naderhand te kunnen analyseren. Uit deze functies volgen ook de doelen van de monitoring.

#### 5.3.1 Doelstellingen: stuurinformatie en complete dataset ten behoeve van analyse

##### Primair doel: stuurinformatie

Het primaire doel is het verkrijgen van de stuurinformatie voor de proefleiding om tijdens de proeffase beslissingen te nemen wanneer en welke proefstap moet worden uitgevoerd. Dit doel stelt naast eisen aan de monitoring ook eisen aan de wijze waarop de monitoring moet worden gepresenteerd (realtime op de monitoring).

##### Secundair doel: analyse van de proef

Het secundaire doel, maar eigenlijk het hoofddoel van de monitoring is het verkrijgen van de juiste data en informatie uit de proef om de kennisvragen te kunnen beantwoorden. Voor dit doel hoeft de monitoring niet per se direct uitleesbaar te zijn, maar dient wel continu gemonitord te worden en gekoppeld te kunnen worden aan de overige (real time) monitoring.

In onderstaande hoofdstukken wordt per fase de monitoring toegelicht aan de hand van de bovenstaande doelstellingen.

Vanuit de monitoringsdoelen volgt een knip in de wijze waarop de monitoring dient te worden gepresenteerd, namelijk monitoring gebruikt om als stuurparameters te dienen voor de proef (wanneer moet welke proefstap worden genomen) en ten tweede om alle benodigde data voor de latere analyse fase te verzamelen. Voor het eerste doel dient de data realtime als informatie te worden gepresenteerd in de keet van de proefleiding op locatie (in gef- of ascii formaat). Bij voorkeur wordt de monitoring lokaal bedraad aangesloten op de keet van de proefleiding.

Het tweede doel vraagt vooral een goede vastlegging van data tegen een vaste en bekende tijdsschaal. Loggen op tijd is daarvoor dus noodzakelijk, presentatie van de data op een dashboard niet per se.

### 5.3.2 Uitwerking monitoring voor Proeffase

Voor de monitoring in de proeffase is naast geotechnische monitoring ook een constructieve monitoring voorzien. Met constructieve monitoring wordt vooral bedoeld de monitoring aan de langsconstructie. In onderstaande tabel is de geotechnische en constructieve monitoring weergegeven. Voor de meetfrequenties en meet nauwkeurigheden wordt verwezen naar bijlage C.

Fase en nummering	stuurparameters	Informatie behoefte	parameter	monitoring
F02-1	Deformaties in de ondergrond	Horizontale en verticale deformaties in de ondergrond	Rekken; Stijfheden	Saaf's of vergelijkbaar systeem, meting van de horizontale deformatie over pakket slecht doorlatende lagen die zodanig worden gepresenteerd dat op elk gewenst niveau de horizontale deformatie in de tijd kan worden gepresenteerd (realtime, online)  Zettingsplaatjes, ontwikkeling zetting in de tijd (realtime, online)
F02-2	Deformaties tegen de tijd		rektoename	
F02-3a	Deformatie van verschillende grondlagen		Rek- en stijfheidsverschillen	
F02-3b	Sterkte van de terpen	Grond- en waterspanningen schuifsterkte	Waterspanning Grondspanning Schuifsterkte	Waterspanningen en sonderingen, zelfde als in de aanlegfase (realtime, online)
F02-4	Deformatie van de dijk	Totale vervorming van dijklichaam	deformatie	Total station metingen of laser scan (niet per se online)
F02-5	Waterdrukken in de	Waterdrukken in de	waterspanning	Waterspanningen in de dijk

Fase en nummering	stuurparameters	Informatie behoefte	parameter	monitoring
	dijk	zandkern		voor infiltratie (realtime online)
F02-6	Belasting op de dijk	Waterdrukken in de dijk	waterspanning	Waterspanningen (realtime online) zie F02-05
F02-7		Waterpeil in ontgravingen voor de dijk	waterspanning	Waterspanningen (realtime online), geplaatst na ontgraven sloot
F02-8		Waterpeil in containers	waterspanning	Waterspanningsmeter borehole (realtime online)
F02-9	Waterpeil verandering in diepe zand	Waterpeil in diep zand	waterspanning	Peilbuis met borehole (realtime online)
F02-10	Deformatie van de dijk	Omhoogkomen bodem in ontgraving voor de dijk	deformatie	Zakbaaken op de bodem plaatsen na ontgraven. Total station metingen of laser scan (niet per se online). Controlemetingen met waterpastaestel
F02-11	Proefverloop vastleggen	Proefverloop inzichtelijk maken, communicatie	-	Vanuit verschillende posities filmen in Full HD (vooraanzicht en zij aanzicht)
<b>Constructief</b>				
	stuurparameters	Informatie behoefte	parameter	Monitoring
F02-13	Deformaties damwandscherm in de diepte	Horizontale deformatie in de tijd, over de diepte	deformatie	Hellingsensoren op damwand bevestigd of Saaf's in buizen op damwand gelast (kosten aspect met name bij knikken gaat Saaf verloren)
F02-14	Deformatie in lengterichting van de damwand	Totale vervorming van dijklichaam+damwand	deformatie	Total station metingen / scanner Stabi Allert
F02-15	Spanningen en rekken in damwand	Rekken en buiging moment damwand	rekken	FBG extensometer Fibre optics (Inventec, Fugro)
F02-16	Vervormingen damwand algemeen	Plooiën scherm	deformatie	Bij trekken inspecteren en fotograferen

Tabel 5.2 informatie en data behoefte voor de proeffase



## 6 Aantallen en uit te vragen monitoring ten behoeve van de uitvraag naar derden

Op basis de informatiebehoefte en de type monitoring volgt hier onder de aantallen etc. Dit hoofdstuk kan gebruik worden voor de uitvraag naar derden. Daarnaast is in dit hoofdstuk ook het benodigde grondonderzoek aangegeven.

### 6.1 Hoeveelheden benodigde monitoring

In onderstaande tabellen zijn de aantallen monitoring genoemd noodzakelijk voor de aanlegfase.

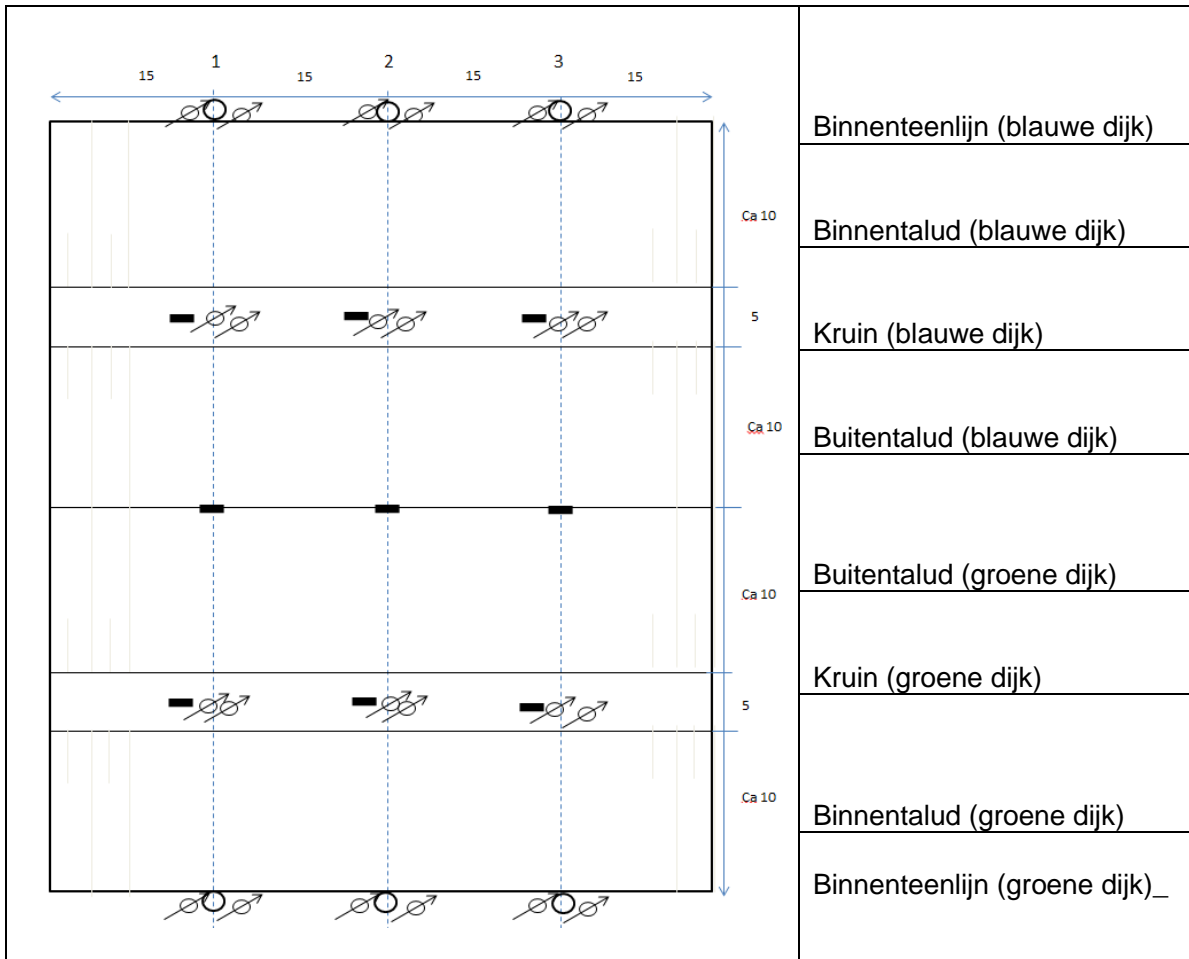
#### 6.1.1 Aanlegfase

Fase en nummering	Monitoring incl	Aantallen
Initieel		
F00-1	Digitaal terreinmodel	1 model over het gehele te huren perceel
F00-2	Waterspanningsmeter onder de tussenzandlaag (1 stuk)	1 waterspanningsmeter
F00-3	Peilbuis en borehole in tussenzandlaag	1 peilbuis diep filter (m-mv) met bore hole
Aanlegfase		
F01-1	Monitoren van de waterspanningen (semi-realtime); (in totaal 3*8 wsm's)	24 waterspanningsmeters inclusief standpijpen, Denk aan lange kabels (volgt uit detaillering)
F01-2	Periodieke sonderingen	2*6 sonderingen klasse 1 (zie tabel grondonderzoek)
F01-3	Zettingsplaatjes (semi-realtime); (In totaal 3*3 stuks)	9 zettingsplaatjes, denk aan verlengde kabels en buisjes (levering Deltares)
F01-4	Zettingsslang (periodiek of in en uitmeting); (in totaal 3*2 stuks (3 lange en 3 korte, zie opmerking)	3 stuks met een lengte van 45 m en 3 stuks van 20 m. beide voorzien van een blind einde en katrol.
F01-5	periodieke sonderingen.	Alleen sonderingen, gebruik hiervoor stap F01-2 (zie tabel grondonderzoek)
F01-6	Inclinometer; periodieke (handmeting) (In totaal 6 stuks)	6 grote diameter hellingmeetbuizen 4 keer inmeting met standard inclinometer
F01-7	Periodieke sonderingen;	Zie stap f01-2 (zie tabel grondonderzoek)
F01-8	Peilbuis met borehole (realtime online) (1 stuk in proefdijk)	1 peilbuis ondiep filter
F01-9	Periodiek waterpassen bovenkant buis	Inmeten, uitmeten en een keer tussendoor, op aangeven van de Directie

Tabel 6.1 Aantallen en type monitoring voor de aanlegfase

De locatie van de raaien is hieronder weergegeven in *Figuur 6.1*.

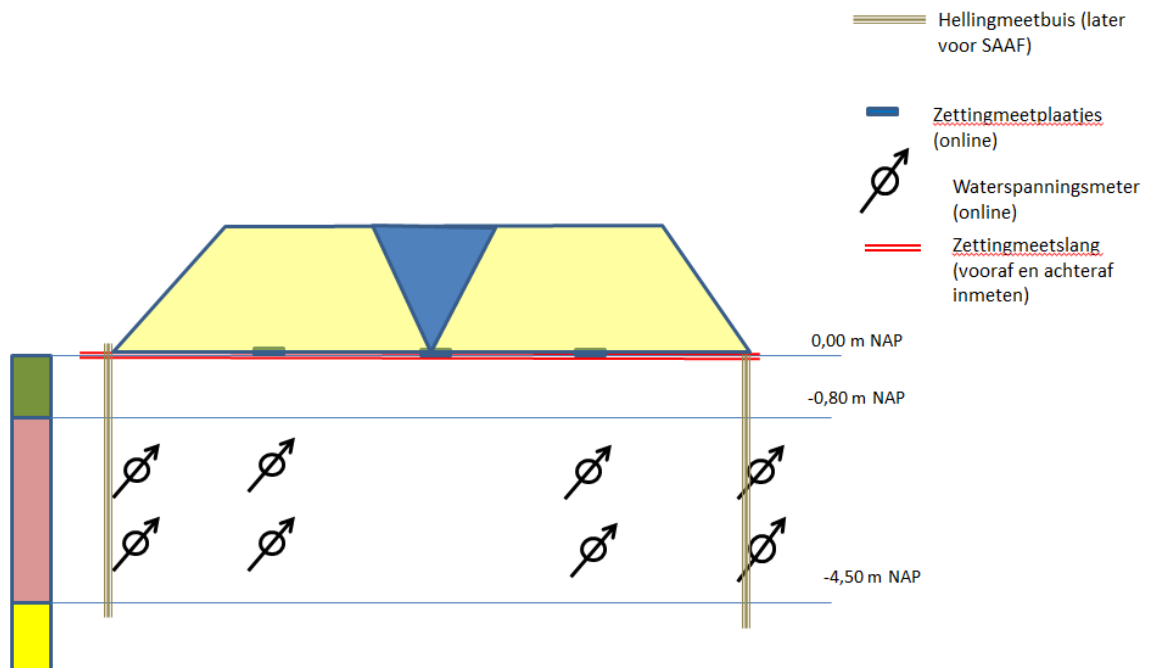
Voorgesteld wordt om bovengenoemde monitoring in 3 raaien (raai 1 op 15,raai 2 op 30 en raai 3 op 45 m uit de kop van de terpen) te plaatsen en te monitoren volgens:



### Legenda

- Automatisch zettingsmeet plaatje
- ↗ Waterspanningsmeting
- Hellingmeetbuis
- Zettingslang

*Figuur 6.1* Schematische weergave proefterpen



Figuur 6.2 Principe doorsnede monitoring

## 6.2 Monitoring voor de proeffase

Voor deze monitoring geldt dat deze deels pas kan worden geïnstalleerd nadat de terpen zijn aangelegd. Delen van de monitoring uit de aanlegfase zullen ook gebruikt worden voor de proeffase, bij beschadiging of uitval van monitoring kan het dus noodzakelijk zijn dat deze wordt hersteld.

### 6.2.1 Proeffase

De monitoring voor de proeffase is weergegeven in onderstaande tabel.

Voor de meetfrequenties en meetnauwkeurigheden wordt verwezen naar bijlage C.

Fase en nummering	monitoring	aantallen
F02-1	Saaf's of vergelijkbaar systeem, meting van de horizontale deformatie over pakket slecht doorlatende lagen die zodanig worden gepresenteerd dat op elk gewenst niveau de horizontale deformatie in de tijd kan worden gepresenteerd (realtime, online)  Zettingsplaatjes, ontwikkeling zetting in de tijd (realtime, online)	Saaf's plaatsen nabij hellingmeetbuis van inclinometers stap F01-6. Telkens 3 SAAF's per proefdijk (drie locaties in de teen), rekening houden met verlies SAAF's  Zettingsplaatjes gebruiken uit Fase 01-3
F02-2		
F02-3a		
F02-3b	Waterspanningen, zelfde als in de aanlegfase (realtime, online)	Zelfde Waterspanningsmeters en sonderingen als in F01-1. G waarbij de werking wordt gecontroleerd en waarnodig voor de proef worden vervangen.
F02-4	Total station metingen of laser scan (niet per se online)	1 opstellingen per proefdijk meten over een oppervlakte vanaf de top van de dijk tot in de ontgraving voor de kwelsloot
F02-5 en F02-6	Waterspanningen in de dijk voor infiltratie (realtime online)	In de eerder genoemde drie raaien per raai 1 wsm: in totaal 12 waterspanningsmeters in de ondergrond (6 per proefdijk).
F02-7	Waterspanningen (realtime online), geplaatst na ontgraven sloot	Waterspanningen in de sloot leggen tijdens de proef om slootpeil bij te houden
F02-8	Waterspanningsmeter borehole (realtime online)	Waterspanningen in containers meten met borehole, in het midden van de containers om scheefstand te compenseren
F02-9	Peilbuis met borehole (realtime online)	In peilbuis geplaatst in stap F0-03
F02-10	Zakbaken op de bodem plaatsen na ontgraven. Total station metingen of laser scan (niet per se online). Controlemetingen met waterpastaestel	6 zakbaken (evt 3 en dan hergebruiken per proef)
F02-11	Infra rood, vochtsensoren	Wordt niet uitgevoerd
F02-12	Vanuit verschillende posities filmen in Full HD (vooraanzicht en zij aanzicht)	Zowel een front camera, als twee camera's vanaf de zijkant. Misschien gedurende de proef met gopro onder Drone filmen
<b>Constructieve monitoring (nog niet uitvragen)</b>		
F02-13	Hellingsensoren op damwand	Een koker op het scherm aanbrengen en voorzien van SAAF's (3 stuks) en



Fase en nummering	monitoring	aantallen
	bevestigd en Saaf's in buizen op damwand gelast (kosten aspect en redundantie, met name bij knikken gaat Saaf verloren)	inclinometer aanbrengen op damwand dan om de meter meten over 12 m hoogte (ook in de tussenzandlaag, op drie lengte raaien)
F02-14	Total station metingen / 3D scanner	Gelijk aan F02-4 maar dan ook met prisma's op de kop van de wand. Scanner voor het inmeten scannen van het terrein na de proef.
F02-15	FBG/ extensometer Fibre optics (	Groot aantal FBG geprefabriceerd op strip en gespotwelded op plank: een aantal voorgespannen om ook druk te kunnen meten
F02-16	Bij trekken van de wand, inspecteren en fotograferen van de planken en 3D scannen	Enkele damwand na trekken ook inscannen om exacte deformatie te bepalen. 3D omgevingsscan met hoge resolutie.
F02-17	3 Hellingmeetbuis in Talud	Hoe verplaatst het verschoven talud zich en in welke mate geeft dit tegendruk aan de het damwandscherm
F02-18	Divers voor in peilbuizen	6 divers
F02-19	Waterspanningsmeters voor in containers	8 stuks

Tabel 6.2 Aantallen en type monitoring voor de proeffase FSP test

Test/locatie	monitoring	aantallen
POT/grond POT-01	waterspanningen	5 waterspanningsmeters 4 op NAP -2,5 m en 1 op NAP -7,0 m.
POT/grond POT-02	Horizontale deformatie	8* (2 per configuratie) installatie buis op damwand t.b.v SAAF's met voet op NAP – 10,0 m; maaiveld circa NAP +0,0 m. Metingen nearby realtime uitvoeren waarbij de resultaten gedurende de proef (totaal ca 1 week) op ieder gewenst moment op een door de OG beschikbare computer kunnen worden gepresenteerd, (gebruik maken van SAAF's FSP in de teen, <b>duis geen SAAF aanschaf, alleen installatie</b> ) <sup>(1)</sup>  Op 0,3 en 0,5 m uit deze locaties wordt in de grond een tweede locatie voor SAAF's geplaatst met de voet op NAP – 14,0 m t.b.v back-up locaties
POT/Plank POT-03	Kop Deformaties	Total station of automatische theodoliet voor het meten van de verplaatsing van de kop van de damwand en het omliggende maaiveld (ca 10 meetpunten per proef)
POT/Plank POT-05	rekken	4 planken instrumenteren met elk 2 continue fibre op plank aangebracht en beschermd met kleefbreker aan onderzijde en afdekstrip. (12* BOTDA). Metingen gedurende de proefduur (totaal 1 week) loggen volgens eerder gegeven interval
POT/plank POT-06	rekken	4 planken instrumenteren met elk 2 discrete meting FBG 36 meetpunten per plank gelijkmatig verdeeld met interval van 0,5 m.
POT09	temperatuur	temperatuur fibre plaatsen of geïntegreerd in de rekmeting (2*) Metingen gedurende de proefduur (totaal 1 week) loggen volgens eerder gegeven interval
1	Bij het hergebruik van de SAAF'S dient de werking van de SAAF opnieuw te worden gecontroleerd. Van deze controle dient schriftelijk verslag te worden gedaan.	

Tabel 6.3 Constructieve monitoring POT

## 6.4 Constructieve monitoring

De constructieve monitoring is hieronder uitgewerkt voor de FSP- en de POT-toets.

Voor de FSP-proef worden 4 planken geïnstrumenteerd met ieder een SAAF en twee FBG-strengen. De geïnstrumenteerde planken staan op ca 30, 43,2, 45 en 60 m uit de rand van het scherm. Op een aantal niveau's (zie tekening) wordt naast de rekken ook de temperatuur gemeten.

Voor de POT-test worden 4 damwandplankconfiguraties om een reactieframe heen geplaatst. Hier worden de twee GU8-planken getest, een AZ13 en een AZ 26 plank. Naast de monitoring op de plank zijn er ook SAAF's voorzien nabij de schermen en tussen de twee AZ in om te controleren of er van beïnvloeding sprake is.

Voor de monitoring wordt verwezen naar de FSP- en POT-tekeningen.

Teneinde de werking van de monitoring te controleren wordt na het aanbrengen van de fibres een afnametest gehouden waarbij de plank wordt belast. Hiervoor is een aparte belasting- en meetschema opgesteld.

### 6.4.1 Data ontsluiting proeffase

Tijdens de proeffase FSP zal de navolgende monitoring inclusief dataontsluiting aanwezig zijn:

- 6 waterspanningsmeters per proef in de ondergrond uit aanlegfase (werking gecontroleerd) realtime op schermen in de keet in stijghoogte; kPa (FGR)
- Waterspanningsmeters in de containers. Waterpanningsmeters (kPa) geplaatst in de containers (8 stuks) realtime op scherm (Deltares) realtime op schermen in de keet
- 1 Waterspanningsmeter in de ontgraving (plaatsen na stap1) real time op scherm (FGR) realtime op schermen in de keet; (betreft F02-07 uit uitvraag monitoring)
- 3 Zakbaken plaatsen in ontgraving voorzien van meetlat (op 3, 5 en 10 m uit de teen van de ophoging in de middenraai)
- Zettingmeetplaatjes (3 stuks per proef, Deltares) realtime op schermen in de keet (m)
- 6 Boreholemetingen in de zakbaken (kPa) realtime op schermen in de keet (FGR), Alle 6 geplaatst in de zakbaken (betreft F02-07 en F02-09 uit monitoringsplan). Bij FSP-groen is het belangrijk dat ook de boreholes bij de blauwe dijk zijn geïnstalleerd ten einde te controleren of er geen kortsluiting optreedt tussen de zandkeren.
- Waterspanningsmeters in de testdijk (kPa) t.b.v infiltratie (realtime op schermen in de keet; betreft F02-06, alleen blauwe dijk (FGR)
- SAAF metingen (horizontale deformatie) software en display in keet aanwezig om op elk gewenst moment de data te vertalen naar stuurinformatie. Dit betreft zowel totale deformatie over slappe lagen pakket (Y=diepte NAP; X= hor def, twee richtingen) en volgen van een meetniveau in de tijd (X=t; y:is U) in beide richtingen of gecombineerde richting van de SAAF
  - 3, 6 m SAAF's in teen waterkering (groen en blauw);
  - 3\* 10 m Saaf in talud blauwe dijk
  - 4 \* 17 m Saaf op damwand blauwe dijk
- 8 \* FBG en temperatuur strengen op 4 geïnstrumenteerde damwandplanken blauwe dijk (op scherm in keet, teneinde uitval tijdens proef te controleren)

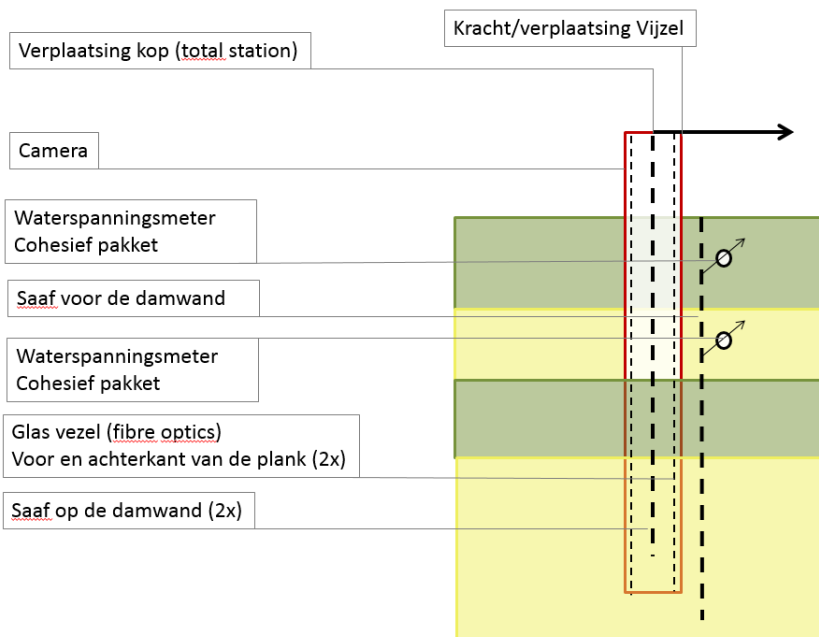
- Total stationmetingen op 44 prisma's per proef (op NAP+0,0; NAP + 2.5; NAP +5,00, hoh 3 m over de middelste 30 m van de proef inclusief 2 vaste punten (groene dijk) en additioneel 4 op de geïnstrumenteerde planken.

Tijdens de proeffase POT zal de volgende monitoring aanwezig zijn.

In Figuur 6.3 en Tabel 1 is een overzicht gegeven van alle monitoring equipment. Er wordt direct gemeten aan de damwand. Het reactieframe zal met de total station op de hoekpunten worden ingemeten om het gedrag van het reactieframe tijdens de proef vast te stellen. Mochten de vervormingen meer zijn dan verwacht dan kan er vroegtijdig bijgestuurd worden.

Tabel 1: Overzicht monitoring

Apparatuur	Doel
SAAF voor de damwand, 14m lang (2x)	Metten grondvervorming
SAAF op de damwand, 10m lang (2x)	Metten damwandvervorming
Waterspanningsmeters voor de damwand	Metten waterspanningen in de passieve zone In totaal 5 waterspanningsmeters. Per proefopstelling 1 in het cohesieve pakket. 1x een waterspannings meter in het zand (tpv AZ26)
Total station	Metten verplaatsing damwand (x,y,z), zowel op de top als op een lager niveau Metten verplaatsing reactieframe op de hoekpunten van het frame (x,y,z) Metten vervorming maaiveld rondom damwand
Glasvezel (vooraf ingelijmd)	Rekmeting in lengterichting
Trekkraachtmeter vijzel	Trekkraachtmeter tussen vijzel en damwand.
Camera kop damwand	Vervormingen kop damwand in beeld brengen. (zijaanzicht)



Figuur 6.3 Monitoring (principe schets)

## 7 Grondonderzoek

Ook het grondonderzoek is verdeeld over een aanlegfase en een proeffase. Hieronder is het grondonderzoek schematisch weergegeven. In de bijlage is zijn de onderzoekslocaties van het grondonderzoek weergegeven. De locaties van de boringen en sonderingen zijn op onderstaande figuur weergegeven.



Figuur 7.1 Situatie grondonderzoek

### 7.1 Voorafgaand aan Aanlegfase terpen

Voordat de aanleg van de terpen begint dient het navolgende grondonderzoek te worden uitgevoerd. 4 Klasse 2 Sonderingen (24, 26, 32, 34) op de hoekpunten van de gehele proefferpt tot NAP- 25,00 m. Het grondonderzoek voor de aanlegfase is hier onder weergegeven.

Locatie	omschrijving	sondering		boring	opm
		Klas.	m-NAP	m-NAP	
24	Sondering	2	25		
25	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5 <sup>(1)</sup>	
26	sondering	2	25		
27	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	13 <sup>(2)</sup>	
28	Sondering	2	25		
29	Sondering	2	25		
30	Sondering	2	25		
31	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5	
32	sondering	2	25		
33	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5 <sup>(1)</sup>	
34	Sondering	2	25		
35	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5 <sup>(1)</sup>	Peilbuis afstellen in boorgat
36	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5 <sup>(1)</sup>	
37	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	13	Peilbuis afstellen in boorgat
38	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	13	
39	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5	
40	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5 <sup>(2)</sup>	Peilbuis afstellen in boorgat
41	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5 <sup>(1)</sup>	
42	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen	1	7	5 <sup>(1)</sup>	
(1)	Diepte geldt voor de ongeroerde bussen. Ivm met het afstellen van de hellingmeetbuizen moeten deze boringen doorgezet worden zonder monstername tot NAP -7,0 m				
(2)	Diepte geldt voor de ongeroerde bussen. Ivm met het afstellen van de Peilbuizen moeten deze boringen doorgezet worden zonder monstername tot NAP -7,0 m				

Tabel 7.1 Grondonderzoek aanlegfase

## 7.2 Gedurende de aanleg (om de sterkte ontwikkeling van de grond te volgen, op twee verschillende tijdstippen)

Locatie	omschrijving	sondering		boring	opm
		Klas	m-NAP	m-NAP	
27a	Sondering mv ca NAP +2,00	1	7		
27b	Sondering mv ca NAP +4,00	1	7		
31a	Sondering mv ca NAP +2,00	1	7		
31b	Sondering mv ca NAP +4,00	1	7		
38a	Sondering mv ca NAP +2,00	1	7		
38b	Sondering mv ca NAP +4,00	1	7		
39a	Sondering mv ca NAP +2,00	1	7		
39b	Sondering mv ca NAP +4,00	1	7		
40a	Sondering mv ca NAP +2,00	1	7		
40b	Sondering mv ca NAP +4,00	1	7		
41a	Sondering mv ca NAP +2,00	1	7		
41b	Sondering mv ca NAP +4,00	1	7		

Tabel 7.2 Grondonderzoek tijdens ophoogwerkzaamheden

## 7.3 Na de aanlegfase van de terp, tijdens de proefopbouw

Locatie	omschrijving	sondering		boring	opm
		Klas.	m-NAP	m-NAP	
27c	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen, mv ca NAP + 5,0 m	1	7	6	
31c	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen, mv ca NAP + 5,0 m	1	7	6	
38c	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen, mv ca NAP + 5,0 m	1	7	6	
39c	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen, mv ca NAP + 5,0 m	1	7	6	
40c	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen, mv ca NAP + 5,0 m	1	7	6	
41c	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen, mv ca NAP + 5,0 m	1	7	6	
42c	Sondering; continu gedrukte boringen met ongeroerde bussen, mv ca NAP + 5,0 m	1	7	6	

Tabel 7.3 Grondonderzoek Proeffase.

Hieronder is de tabel nogmaals weergegeven maar dan in tekst.

Aanvullend zijn er nog 4 sonderingen uitgevoerd nabij de POT damwandplanklocaties en de reactie frame.



## 8 Algemene eisen en specificaties de monitoring en grondonderzoek (HOE)

Bovenstaande monitoring en grondonderzoek heeft tot doel om de risico's te beheersen van het aanleggen van de proef, het uitvoeren van de proef en analyse na afloop van de proef. Een proef stelt hoge eisen aan de werkwijze, kwaliteit, robuustheid en nauwkeurigheid van de monitoring zeker in vergelijking tot het monitoren van een normaal bouwproces.

Voor de meetfrequenties en meet nauwkeurigheden wordt verwezen naar bijlage C.

### 8.1 Aandachtspunten en specificaties

#### Monitoring

- Alle monitoring in het veld mag alleen gevoed worden met zwakstroom, maximaal 12 volt.
- Waterspanningsmeters:
  - Wegdrukbare, met standpijpen. Standpijp tot boven de ophoging om het niveau van het meetinstrument te controleren. Standpijp van stoombuis. De standpijp van de diepste waterspanningsmeters in de ophoging is voorzien van een pvc-mantelbuis om doordrukken door kleef te verminderen.
  - Oplengen van de standpijpen gedurende de aanlegfase van de terp, er moet van uitgegaan worden om 7 keer terug te komen om op te lengen.
  - Er moet rekening gehouden worden met een langere kabellengte afhankelijk van de locatie van de loggers en meetcabine (in overleg).
  - De meetfrequentie is minimaal 2 keer per minuut.
  - Barometercorrectie.
  - De waterspanningsmeters dienen nieuw te worden geleverd.
  - De zettingsmeetplaatjes worden door Deltares geleverd, evenals de loggerkasten voor deze plaatjes.
  - De zettingmeetslangen, met een diameter 50 mm, telkens in twee delen beide blind uitvoeren i.v.m. met damwand (detaillering volgt), de kopse zijde 0,75 m uit de as van de damwand (dus over 1,5 m geen zettingsmeetslang). Vooraf bij start aanleg inmeten en vooraf bij start proefopbouw inmeten; houd rekening met om de 25 cm te meten.
- Alle in de grond en aan de constructie geplaatste sensoren dienen als verloren te worden beschouwd.
- Hellingmeetbuis; Voorkeur, gedurende de aanlegfase met een normale inclinometer diameter buis (70 mm) en daarmee de deformaties tijdens de aanlegfase meten (realtime niet nodig). Houd rekening met 4 keer uitlezen (0. 0+6 weken, 0+12weken, 0+18 weken en eindmeting aanlegfase). Voor aanvang proef zonodig nieuwe standpijp installeren voor de SAAFS (28 mm inwendig, buis moet grote deformaties aankunnen, hdpe).
- Voor de start van de proef moet elk meetinstrument ingemeten zijn, filterniveau's moeten bekend zijn en de deformatiemetingen moeten zijn uitgevoerd?
- Saafs en wsm moeten online in de keet gepresenteerd kunnen worden op afzonderlijke monitoring. Bij de saafs zowel de totale deformatie als de mogelijkheid om de deformatie te volgen op verschillende diepteniveaus in de tijd.
- De infrastructuur van de kabels voor de monitoring is nog niet helemaal uitgedetailleerd en dient in overleg met de opdrachtgever te worden vastgesteld.

## Boringen:

- Boringen moeten een diameter hebben van minimaal 65 mm.
- Boringen mogen niet worden geslagen en dienen continu te worden gedrukt (continue monsternamen ongeroerde bussen).
- De monsternamen moeten voldoen aan Eurocode 7 en aan de norm NEN-EN-ISO 22475-1.
- Het transport en de opslag dienen gecontroleerd en met zorg plaats te vinden. De temperatuur van de opslag dient  $10 \pm 2$  graden Celsius te zijn. De relatieve luchtvochtigheid van de opslag dient 85 tot 100% te zijn.
- Met betrekking tot de monsterbussen is gebleken dat de lege ruimten in de monsterbussen dienen te worden opgevuld. Voor de meeste grondsoorten zijn zakjes zand hiervoor het meest geschikt. In het geval van veen dient hiervoor een **lichter** (welk materiaal is dan lichter???) opvulmateriaal te worden gebruikt. De bussen dienen luchtdicht te worden afgesloten en rechtstandig (niet ondersteboven) en geveerd te worden vervoerd.

## Sonderingen:

- De sonderingen moeten worden uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 met een meting van de waterspanning op U2.
- De sonderingen dienen minimaal met  $10 \text{ cm}^2$  conus te worden uitgevoerd.
- Alle klasse 1 en 2 sonderingen dienen met de zelfde conus te worden uitgevoerd.
- Klasse 1 sonderingen worden voorzien van een hellingmeting.
- Klasse 1 sonderingen worden voorzien van een temperatuurmeting.

## 8.2 Algemeen

- Op het grondonderzoek is het WBI Protocol laboratoriumproeven voor grondonderzoek aan waterkeringen, 1230090-019-GEO-0002, Versie 03, 25 mei 2016, definitief, van toepassing.
- Alle onderzoekslocaties worden door Deltares uitgezet en gemarkeerd, de markering dient op de boorstaat, monsters en/of sondeergrafiek te worden overgenomen.
- Sondeer- en boorgaten dienen te worden afgedicht met zwelstaven (sonderingen alleen de bovenste 3 m, boringen volledig afdichten).
- Sondeerconus vooraf op temperatuur brengen.
- Monsters moeten zodanig vervoerd worden dat de monsterverstoring minimaal is (geconditioneerd en trillingsarm). Een omschrijving van het vervoer dient vooraf aan Deltares kenbaar te worden gemaakt. De monsters moeten worden afgeleverd bij Deltares, Boussinesqweg 1 2629 HV te Delft.
- Tevens worden de sonderingen in GEF-bestand en als hardcopy afgeleverd.
- De boorbeschrijvingen, conform NEN5104/SBB, dienen digitaal te worden aangeleverd in format tbv aanlevering BRO.

## 9 Laboratoriumwerkzaamheden

### 9.1 Inleiding.

In Hoofdstuk 5 zijn de doelen aangegeven voor de monitoringswerkzaamheden. Teneinde deze doelen te kunnen halen is naast monitoring ook inzicht nodig in het sterkte- en vervormingsgedrag van de ondergrond. Om dit inzicht te verkrijgen dienen sterkte en stijfheidsparameters te worden bepaald met behulp van laboratoriumonderzoek deze te kunnen bepalen is zijn diverse laboratoriumproeven mogelijk. In dit hoofdstuk zullen deze worden aangegeven. Het gaat hier overigens alleen om de geotechnische parameters. De eigenschappen van de constructieve elementen wordt apart aangegeven.

### 9.2 Te bepalen parameters

Voor de proeflocatie dient allereerst een initiële bodemopbouw bekend te zijn, waarbij voor alle relevante grondlagen classificatie moet plaatsvinden en het volumiek gewicht moet worden bepaald. Ten einde de aanleg en opbouw van de proef op cohesieve grond te kunnen ontwerpen, en uiteindelijk het grondgedrag uit de proef te kunnen analyseren, zijn parameters over de grond (sterkte, stijfheid en doorlatendheid) en het grondwaterregime (freatisch peil, stijghoogte) noodzakelijk. Verder vraagt een damwandanalyses ook inzicht in stijfheden van de grond in meerdere richtingen (horizontaal en verticaal). Bij het vaststellen van de te bepalen parameters van de grond wordt getracht zoveel als mogelijk rekening te gehouden met eventuele wensen van derden die op basis van de dataset uit de proef rekentechnische validaties willen kunnen uitvoeren. Hier wordt aan de volgende analyses gedacht:

- Stabiliteitsanalyses (Bishop, Spencer, Uplift Van, PLAXIS).
- Zettingsanalyses (NEN Koppejan, NEN Bjerrum, Isotachen, PLAXIS).
- Analyses consolidatieproces (Terzaghi, Darcy, PLAXIS).
- Analyses grond-constructie interactie (PLAXIS).

Hierbij nog de volgende opmerkingen:

- Voor zandlagen zijn gedraineerde sterkte- en stijfheidsparameters nodig.
- Klei- en veenlagen kunnen zowel gedraineerd als ongedraineerd gedrag vertonen, wat om zowel gedraineerde als ongedraineerde sterkte- en stijfheidsparameters vraagt.
- Bij klei- en veenlagen is ook het onderscheid tussen gedrag boven en gedrag onder de grensspanning (normaal respectievelijk overgeconsolideerd) van belang.
- In de proef wordt ook ontgraven, zodat er voor de vervormingen in klei en veen ook een parameter nodig is die het ontlastgedrag (zwell) kan beschrijven.
- Voor het beschrijven van het complexe stijfheidsgedrag van de grond kan in EEM-pakket PLAXIS een groot aantal constitutieve modellen (Mohr-Coulomb, Hardening Soil, Soft Soil, Soft Soil Creep, SHANSEP) worden aangehouden.

Eigenschap	Parameter	Symbol	Eenheid
bodemopbouw	maaiveldniveau		[m NAP]
	conusweerstand	$q_c$	[MPa]
	gecorrigeerde conusweerstand	$q_{net}$	[MPa]
	plaatselijke wrijving	$f_s$	[kPa]
classificatie	volumiek gewicht droge grond	$\gamma_{dr}$	[kN/m <sup>3</sup> ]

Eigenschap	Parameter	Symbol	Eenheid
	volumiek gewicht in situ grond	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]
	watergehalte	w	[%]
	volumieke massa korrels	$\rho_s$	[kg/m <sup>3</sup> ]
	minimaal poriëngetal	$e_{\min}$	[-]
	maximaal poriëngetal	$e_{\max}$	[-]
	vloeigrens	$w_L$	[%]
	uitrolgrens	$w_P$	[%]
	gloeiverlies bij 550°C	N	[-]
	gemiddelde korreldiameter	$D_{50}$	[mm]
	gelijkmatigheidscoëfficiënt		
sterkte	effectieve cohesie	$c'$	[kPa]
	dilatantehoek	$\psi$	[°]
	effectieve inwendige wrijvingshoek	$\varphi'$	[°]
	NC horizontale gronddrukcoëfficiënt	$K_0^{nc}$	[-]
	ongedraineerde schuifsterkte	$f_{undr}$	[kPa]
	grensspanning	$p_q$	[kPa]
	NC ongedraineerde schuifsterkte ratio	S	[-]
	OC ongedraineerde schuifsterkte ratio	$s_u/\sigma_{vc}'$	[-]
	sterkte toename exponent	m	[-]
	proportionaliteitsfactor	$\alpha$	[-]

Eigenschap	Parameter	Symbol	Eenheid
vervorming	stijfheidsmodulus	E	[kPa]
	glijdingsmodulus	G	[kPa]
	dwarscontractiecoëfficiënt	$\nu$	[-]
	dwarscontractiecoëfficiënt ontlasten/herbelasten	$\nu_{ur}$	[-]
	oedometerstijfheid	$E_{oed}$	[kPa]
	volume samendrukkingscoëfficiënt	$m_v$	[m <sup>2</sup> /kN]
	primaire samendrukkingsindex	$C_c$	[-]
	secundaire samendrukkingsindex	$C_\alpha$	[-]
	herbelastingsindex	$C_r$	[-]
	zwelindex	$C_{sw}$	[-]
doorlatendheid	horizontale/verticale doorlatendheidscoëfficiënt	$k_h / k_v$	[m/s]
	horizontale/verticale consolidatiecoëfficiënt	$c_h / c_v$	[m <sup>2</sup> /s]
	initiële poriëngehalte	$e_0$	[-]
	constante rek-afhankelijke doorlatendheid	$c_k$	[-]

Opgemerkt wordt dat het onderzoek naar de reststerkte van (of sterkte na het optreden van grote deformaties in) de grond binnen de full-scale proef een van de onderdeelproeven is. Hiertoe zullen apart monsters worden gestoken met het grote monsterapparaat en zullen proeven in het LDSA apparaat en mogelijk met grote triaxiaalproeven.

### 9.3 Te beproeven grondlagen

Voor het analyseren van de full-scale testen worden veelal verwachtingswaarde voor de sterkte en stijfheid gebruikt. Hierbij is inzicht nodig in de variatie van parameterwaarden. Het op een betrouwbare wijze statistische afleiden van eigenschappen voor de relevante

grondlagen vergt een significant aantal proeven per grondsoort. Uitgaande van de conservatieve aanname, dat de spreiding (i.e. variatiecoëfficiënt) van grondparameters onbekend is, zijn er minimaal 3 maar bij voorkeur 5 waarnemingen per grondlaag noodzakelijk. Het in kaart brengen van de (gecorrigeerde) variatiecoëfficiënt per parameter, en daarmee het statistisch afleiden van een laaggemiddelde, is ook belangrijk voor het kunnen uitvoeren van veiligheidsanalyses.

Vanuit *Figuur 3.3* volgen een aantal representatieve grondlagen die hieronder zijn weergegeven.

Laagnummer	Grondsoort	Laagscheiding in m.- NAP	
		Onderzijde	Bovenzijde
	[-]		
1	Klei, zandig (rooflaag)	0,05	-0,30
2	Klei (onverzadigde zone)	-0,30	-1,00
3	Klei (verzadigde zone)	-1,00	-2,00
4	veen	-2,00	-4,50
5	Zand	-4,50	-9,50
6	Klei-leem	-9,5	-11,00
7	Zand	-11,00	-17,00
8	Klei	-17,00	

Voor de aanlegfase en het vervormingsgedrag van de dijk zijn de lagen 1 t/m 4 relevant, voor het constructieve aspect zijn de lagen 5 en 6 eveneens relevant.

#### Stijfheidsparameters

Voorgesteld wordt om de stijfheidsparameters te bepalen middels ( $K_0$ )-CRS testen. De lagen die van belang zijn voor het vervormingsgedrag van de dijk zijn vooral laag 3 en 4. Laag 1 is zal voordat de proef zal gaan starten worden verwijderd. Laag 2 is een laag die zich in de onverzadigde zone bevindt. Een zone met doorgaans scheurvorming en een stijf gedrag (zie hoge conusweerstand). Deze zone is lastig (representatief) te bemonsteren. Laag 3 is vanuit sterkte en stijfheid relevant en zal volledig worden bemonsterd en beproefd. Dit geldt ook voor laag 4. Laag 5 is de zandlaag en is alleen voor de constructie relevant. Voorgesteld wordt om voor deze laag uit te gaan het een enkel monster voor sterkte en stijfheid. Laag 6 is alleen voor de constructie relevant. Voorgesteld wordt om voor deze laag uit te gaan het een enkel monster voor sterkte en stijfheid.

De lagen 7 en 8 worden niet bemonsterd.

Fase 1 Monsters naar verwachting 24 april binnen

Laag	Sterkte parameters					Stijfheidparameters	
	CUAC	CUAC	DSS	DSS	CD	K0-CRS	
	OC	NC	OC	NC			
1							
2							
3	6	4(+2)	6	5		6	2 extensie proeven
4			7	6		6	
5					6		
6		2 <sup>2</sup>				3	
Totaal							

Fase 2: nadat de terpen zijn opgehoogd (circa oktober)

laag	Sterkte parameters						Stijfheidparameters	
	CUAC	CUAC	DSS	DSS	CD	UU	K0-CRS	
	OC	NC	OC	NC				
Kleilaag								
zandophoging					6 <sup>(2)</sup>			
1								
2								
3	4						4	
4			4				4	
5								
6								
Totaal	4		4		6		8	
1	Zowel bij alle veen monsters ook gloeiverlies bepalen en partiel density							
2	Proeven op Zand, min max dichtheden Phi koppelen aan rel dichtheid. Rel dichtheid koppelen aan sonderingen. Triaxiaalproeven bij verschillende relatieve dichtheden. In situ dichtheid bepalen door of correlaties op sondering of relatieve dichtheidsmetingen.							

De uitwerking van het laboratoriumonderzoek is weergegeven in de feitelijke rapportage.

## 10 Samenvatting

Door middel van het grond- monitoring- en laboratoriumwerk wordt de ondergrond en de eigenschappen van de ondergrond in beeld gebracht. Op basis hiervan kunnen de diverse grondparameters noodzakelijk voor de predictie berekeningen worden afgeleid.

Bij het opstellen van de postdicties wordt de input verkregen uit de monitoring gebruikt. Op basis van de monitoring kunnen de laboratoriumdata worden geüpdatet of aangepast.

Voor de resultaten van zowel het laboratoriumwerk als het grondonderzoek wordt verwezen naar de feitelijke- en analyserapportages die hiervoor zijn opgesteld.





## **A Tekening bovenaanzicht bezwijkproeven met locatie monitoringsinstrumenten**

Voor deze bijlage wordt verwezen naar de tekeningen bij het draaiboek.

Zie Bijlage F

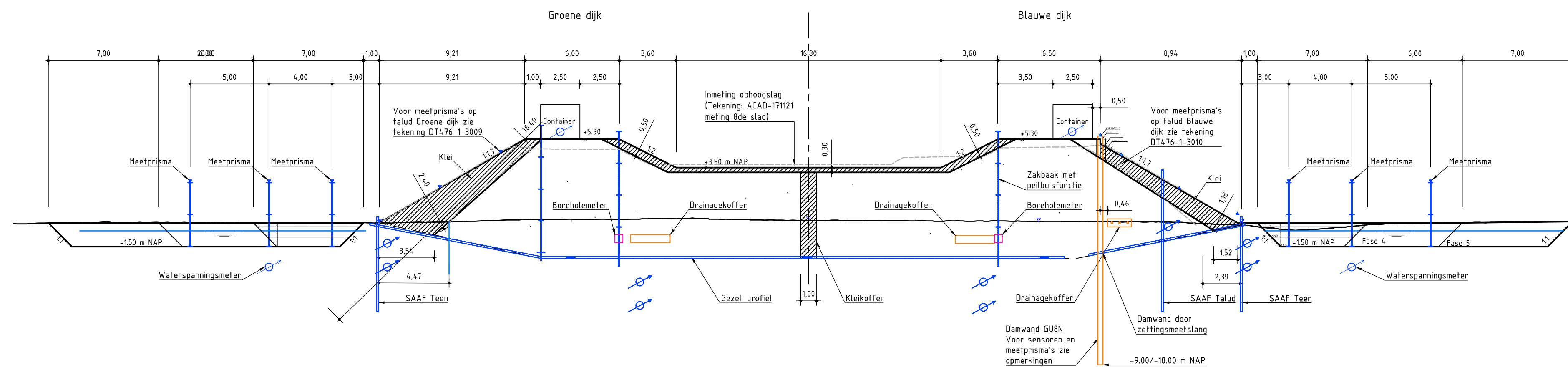




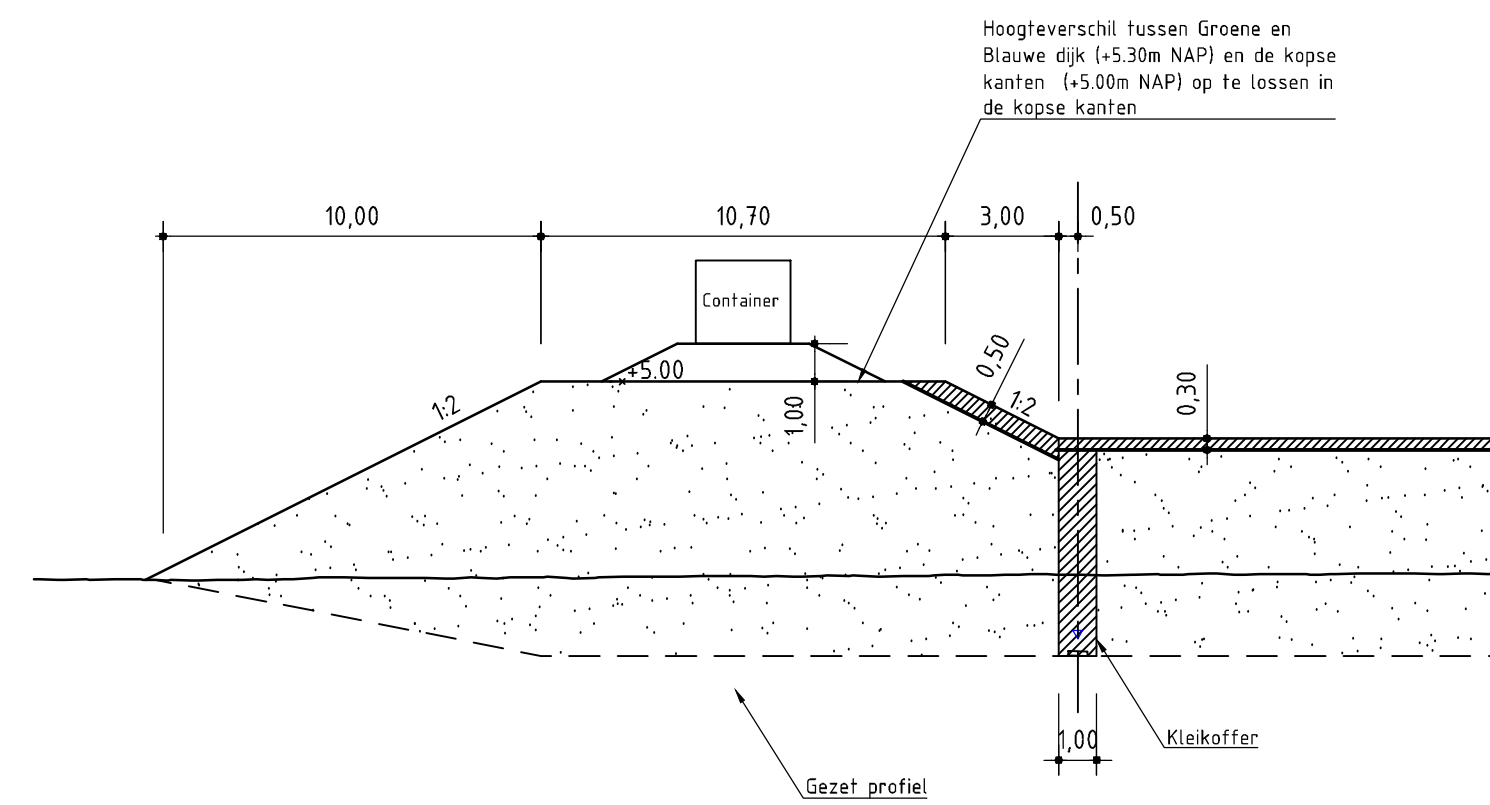


## **B Tekening dwarsdoorsnede bezwijkproeven met diepte monitoringsinstrumenten**

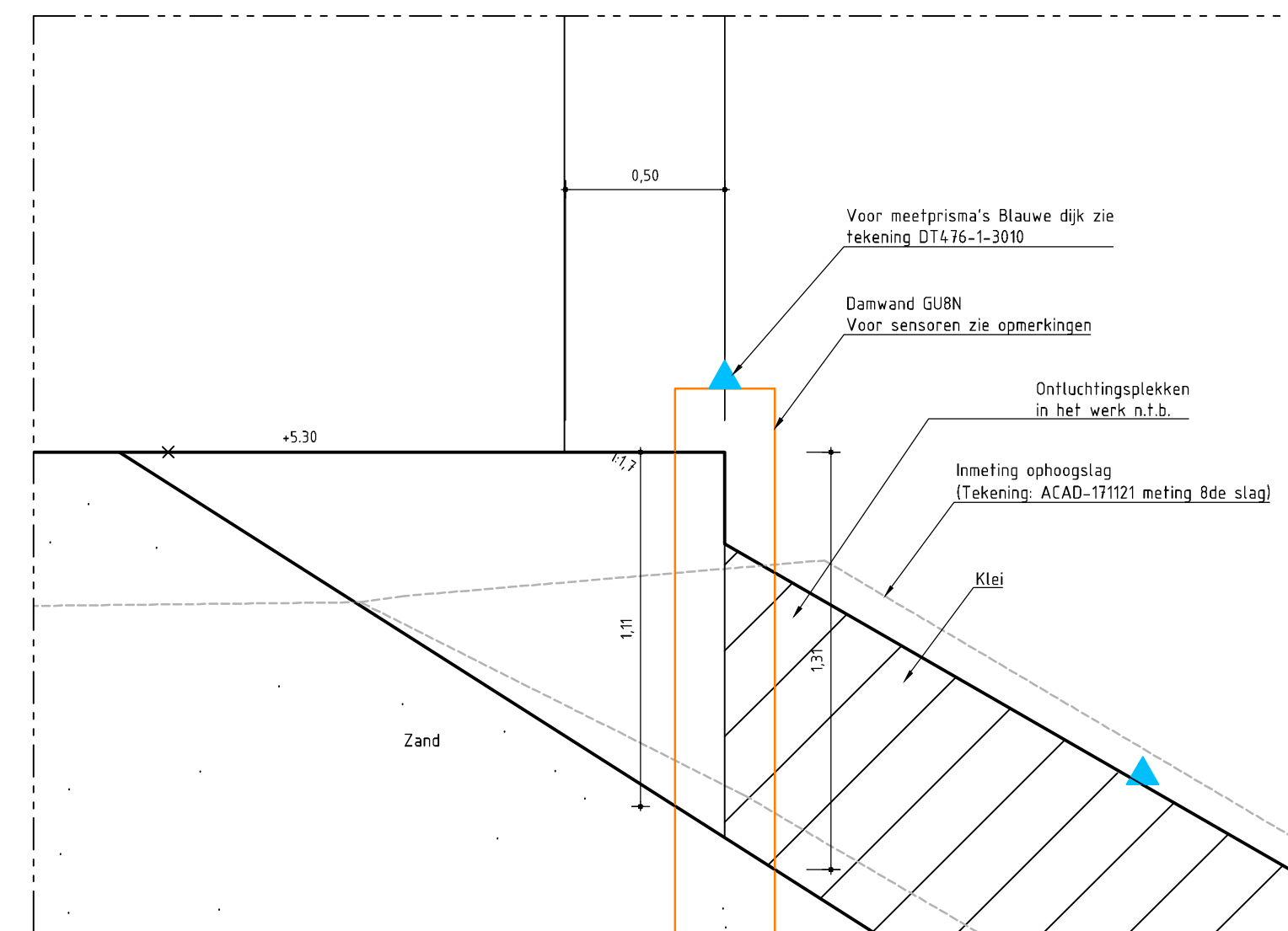
Zie Bijlage F bij het draaiboek



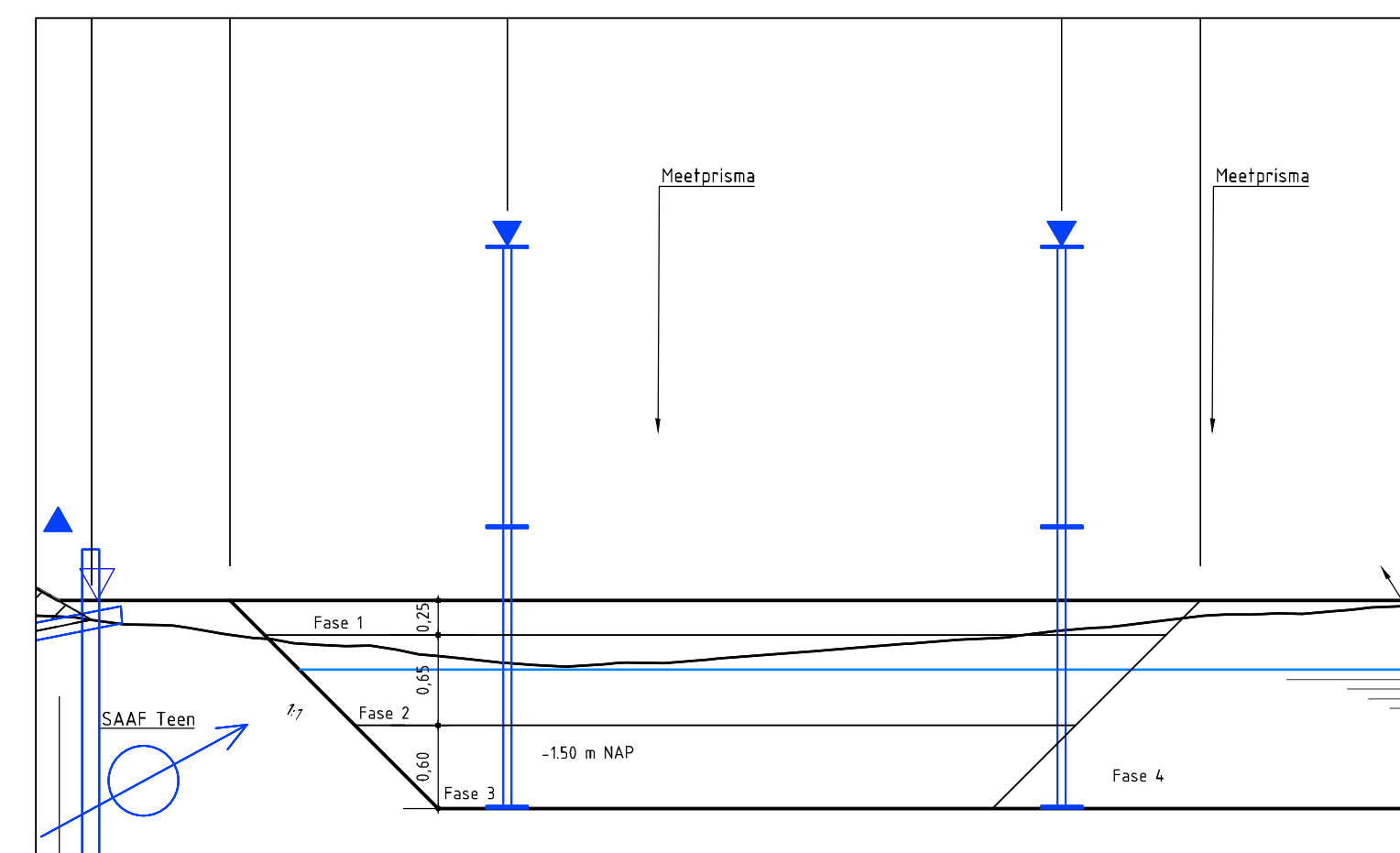
DWP-1 eindsituatie  
SCHAAL 1 : 200



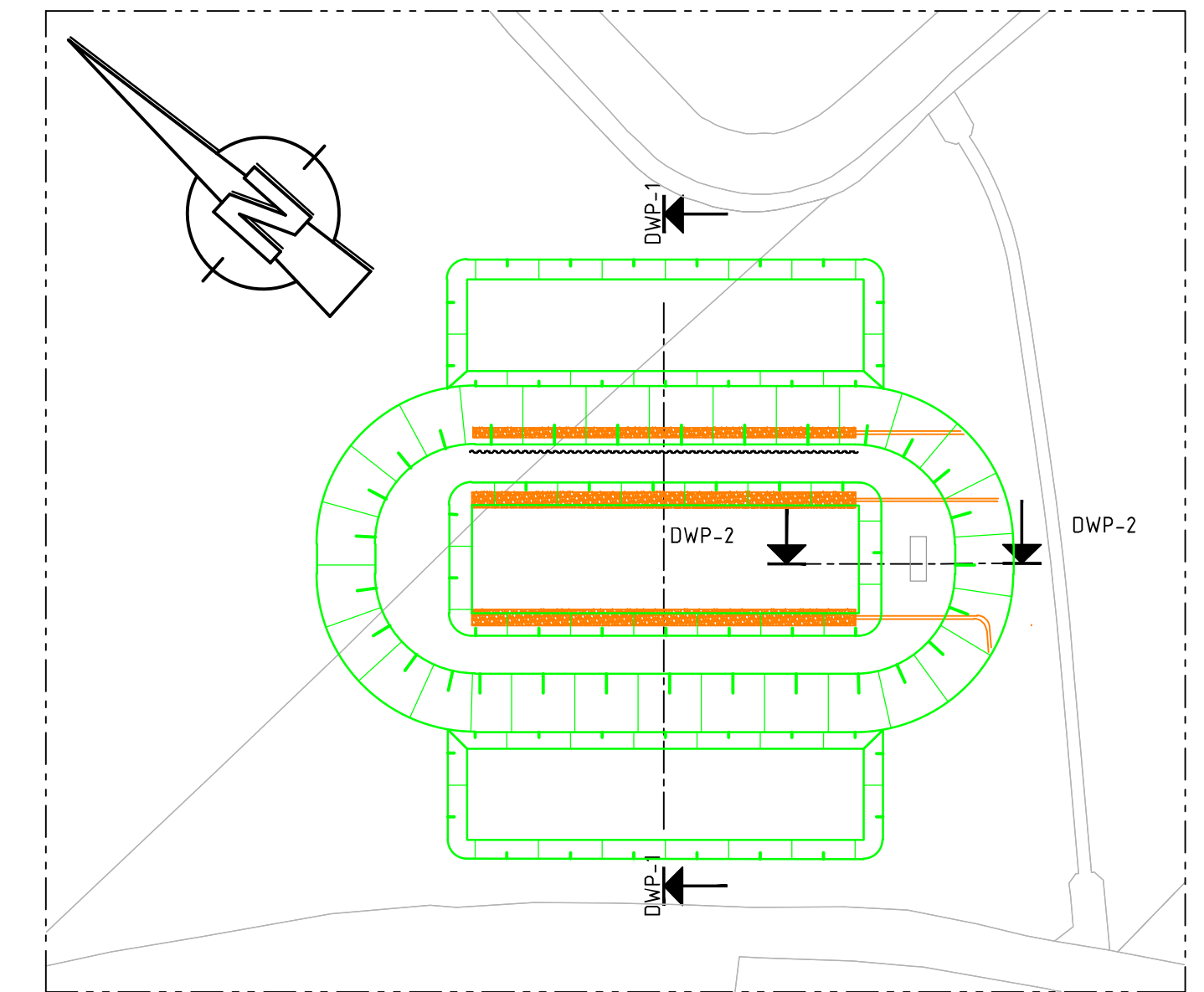
DWP-2 eindsituatie  
SCHAAL 1 : 200



Detail 1 - Aansluiting klei op damwand  
SCHAAL 1 : 20



Detail 2 - Ontgravingfasering t.p.v. teen  
SCHAAL 1 : 50



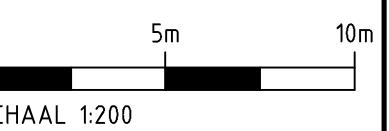
Bovenanzicht locatie indeling sensoren  
SCHAAL 1 : 1000

**LEGENDA**

- Boreholemeter
- SAAF
- Meetprisma
- Meetprisma op zakbaak
- Waterspanningsmeter
- Zakbaak
- Klei cat1/2
- Zandpakket

**OPMERKINGEN**

- maten in meters
- hoogtematen in meters t.o.v. NAP, tenzij anders vermeld
- Afstand damwand tot start talud afhankelijk van definitieve taludhelling
- Voor sensoren op de damwanden zie ontwerp Fugro. Tekening: 1317-0071-001-05 dd. 26-10-2017



POV macrostabiliteit  
Full scale damwandproef

DO ontwerp  
POVM fullscale test  
Dwarsprofiel proeffase

<b>Witteveen Bos</b>		Gefokend	F. Sa	Schaal	1:20/1:200
Postbus 233	7400 AE Deventer	Gecontroleerd	T. Naves	DT476-1-3011	
Telefoon 0510 69 79 11	Telefax 0510 69 73 44	Goedgekeurd	H.J. Lengkeek	Formaat A1	
			Datum	04-01-2018	

## C Samenvattende tabel met eisen aan monitoringsinstrumenten (qua nauwkeurigheid en meetfrequentie)

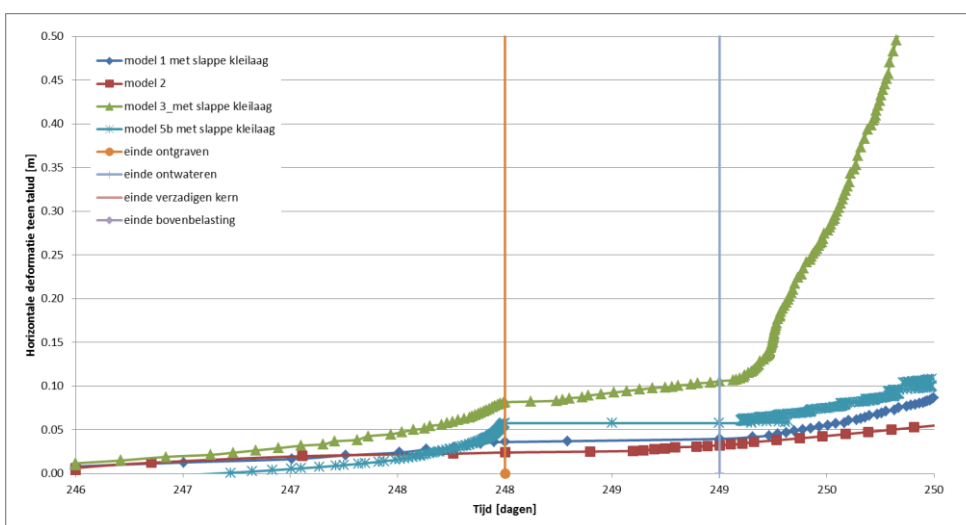
Glasvezelmetingen		
Aspect	FSP	POT
Lengte	18 m	10 m
Min aantal meetlocaties per Plank lengte (18 m)	36 stuks	18 stuks
Nauwkeurigheid van de meetlocaties	< 2 cm (+/-)	
Meet bereik	+/- 10.000 µrek	-1000 / 10000
Meet nauwkeurigheid	10 µrek	
Meet periode	Ca 2 weken	Ca 2 weken
meetinterval	1 keer per uur alle sensors	1 keer per min alle sensors
Temperatuurmetingen	4 per lengte 0,2 graden nauwkeurig	
Maximale hoekverdraaiing	7 graden	

Type instrument	onderdeel	Nauwkeurigheid	meetinterval
Waterspanningsmeter	plaatsingsdiepte	Controleerbaar op basis van standpijphoogte en plaatsingsformulier op 0.02 m	3 keer bijstellen tijdens aanlegfase; inmeten voor proeffase
	meetfrequentie		Aanlegfase 1 /uur Proeffase 2 minuut
	Meet nauwkeurigheid	+/- 0,2 kPa	+/- 0,2 kPa
	Bijzonderheid	Barometercorrectie	
Zettingsmeetplaatjes	plaatsingsdiepte	Inmeten na plaatsing	
	Meet interval		Aanlegfase 1/uur Proeffase 1/min
	Meet nauwkeurigheid	+/- 2 cm	+/- 2 cm
Zettinsmeetslangen	Meet nauwkeurigheid	+/- 2 cm	+/- 2 cm
Hellingmeetbuis	Meet frequentie	Op afroep	
	Meet interval	+/- 0.01 m	0.5 m
	Meet nauwkeurigheid	2 mm/20 m	
SAAF	Meet interval	+/- 0.01 m	0.5 m
	Meet frequentie	1/minuut	
	Meet nauwkeurigheid	2 mm/20 m	
Total station	Meet nauwkeurigheid	+/- 0,02 m	
	Meet interval		FSP 6/uur POT 6/uur

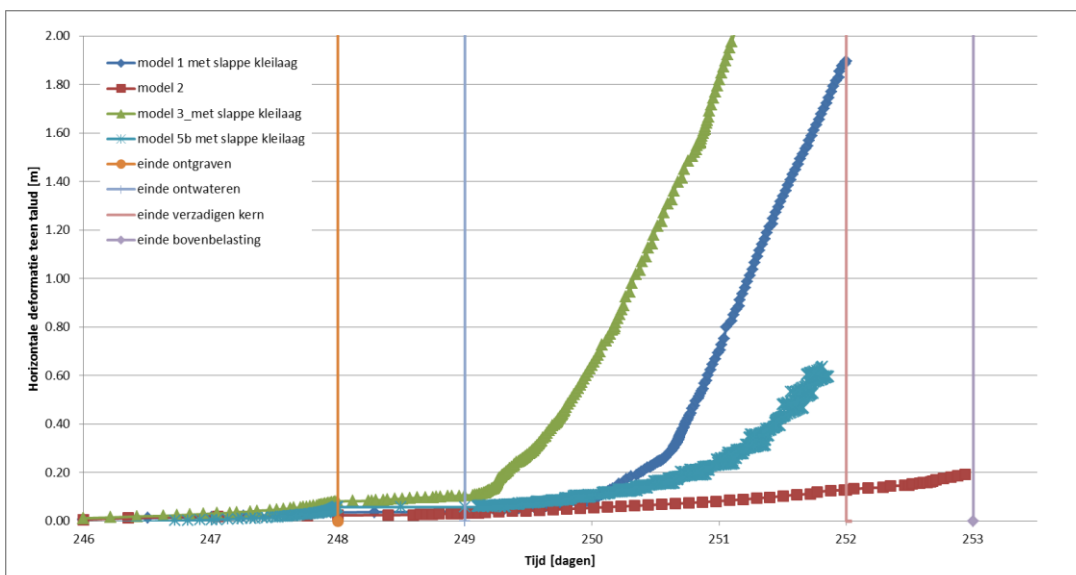


## D Samenvattende grafiek met verwachtingswaarde van de horizontale deformatie

### Groene Dijk



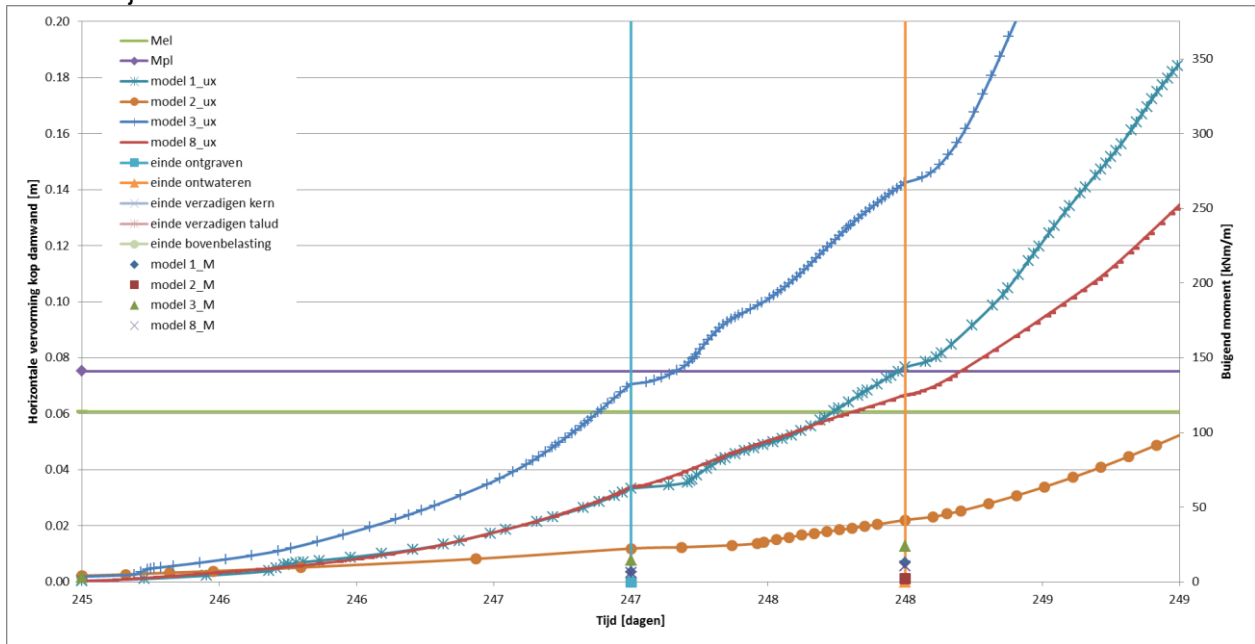
Figuur D.1 Verwachte horizontale verplaatsing van de SAAF's in de teen bij ontgraven en verlagen waterstand teenontgraving (stap 1 en 2)



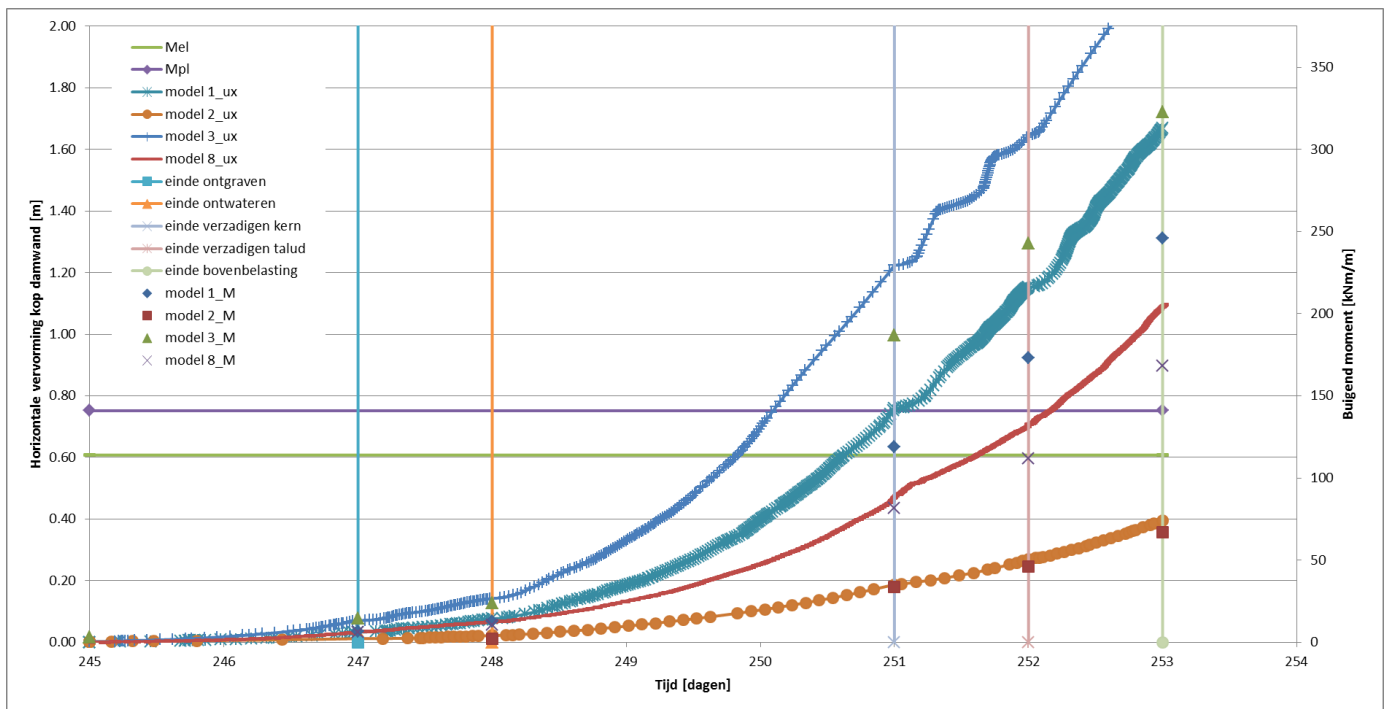
Figuur D.2 Verwachte horizontale verplaatsing van de SAAF's in de teen



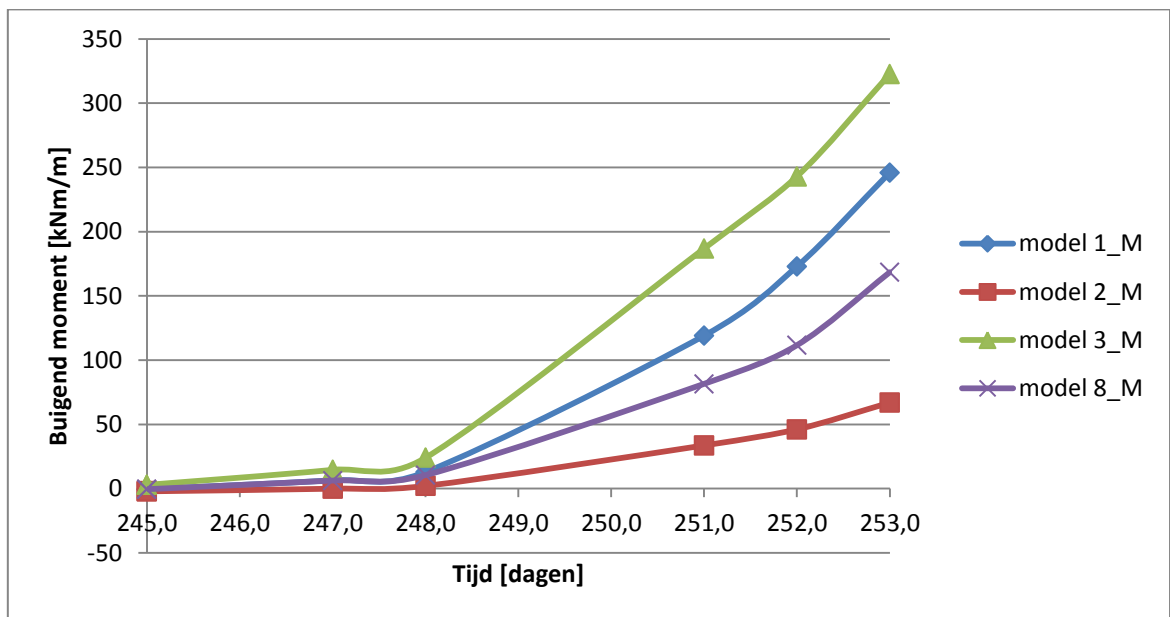
## Blauwe dijk



Figuur D.3 Verwachte horizontale verplaatsing van de SAAF's in de teen bij ontgraven en verlagen waterstand teenontgraving (stap 1 en 2)



Figuur D.4 Verwachte horizontale verplaatsing van de SAAF's in de teen



Figuur D.5 Verwachte buigende momenten in plank