

Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer

Onderzoeksvraag 13: Verloop voorspanning JLD-
Dijkstabilisator

projectnummer 0413509
definitief revisie 02
1 maart 2019

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Voorliggende rapportage	2
1.3	Leeswijzer	3
2	Methode	4
2.1	Plan van aanpak	4
2.2	Proeflocaties	6
3	Onderzoek proeflocatie Purmerend	9
3.1	Uitgangsdocumenten / randvoorwaarden	10
3.2	Grondonderzoek + parameters	10
3.3	Predictie verloop voorspanning Purmerend	11
3.4	Monitoringsdata voorspanproeven Purmerend	17
3.5	Postdictie voorspanproeven Purmerend	17
4	Onderzoek Pilot project Watergraafsmeer	18
4.1	Predictie verloop voorspanning Watergraafsmeer	18
4.2	Monitoring	23
5	Conclusie	24
5.1	Predictie Purmerend	24
5.2	Verloop voorspanning Watergraafsmeer	25
6	Verwijzingen	27

Bijlage 1 Monitoringsplan voorspanproeven Purmerend

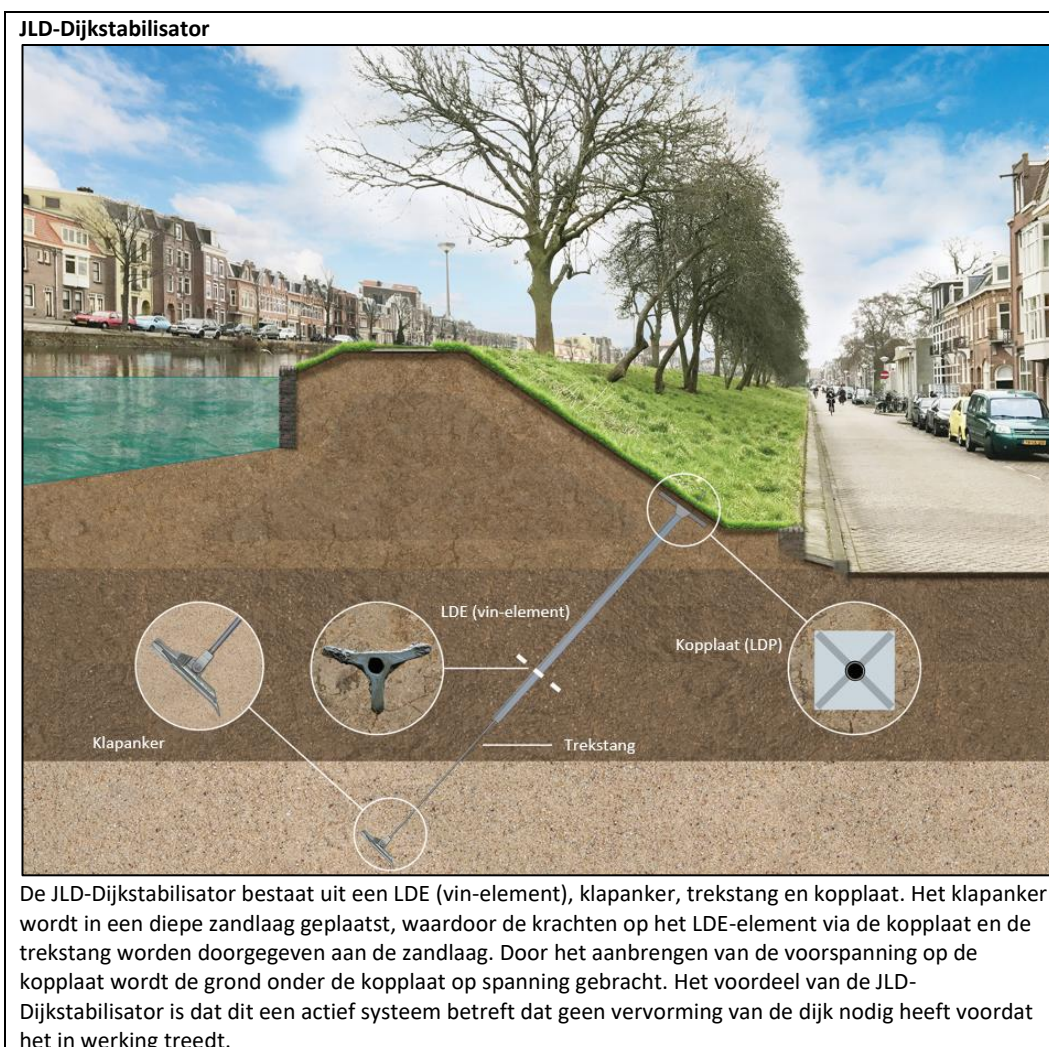
Bijlage 2 Monitoringsplan Pilotproject Watergraafsmeer

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De JLD-Dijkstabilisator is een nieuwe dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en aantoonbaarheid van deze methode is een pilotproject in combinatie met praktijkproeven opgezet. De resultaten van het pilotproject en de praktijkproeven hebben als doel de (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing om acceptatie van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) mogelijk te maken.

In een voorgaande fase zijn reeds diverse veldproeven uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling en onderbouwing van de techniek. Deze veldproeven hebben antwoord gegeven op de meeste vragen rond deze innovatieve techniek maar niet alle vragen zijn hiermee beantwoord.



Na uitvoeren van de veldproeven is op basis van de postdictie een ontwerpmethodode opgesteld voor de JLD-Dijkstabilisator. Het onderzoek uitgevoerd in de postdictie en de hierop gebaseerde ontwerpmethoden zijn voorgelegd aan de ENW. De ENW heeft aangegeven dat het onderzoek en de ontwerpmethodode voldoende basis bieden voor verdere ontwikkelingen. Het ENW heeft hierbij wel enkele kennisvragen opgesteld die in de verdere doorontwikkeling beantwoord moeten worden.

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen voor de dijkversterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van JLD Contracting, Antea Group en Deltares betrokken. De kennisvragen van ENW zijn bij aanvang van het pilotproject in Watergraafsmeer gecombineerd met kennisvragen die specifiek gelden voor de pilotlocatie en de dijkversterking van de Ringdijk. In het totaal betreft het negentien onderzoeksvragen die beantwoord worden op basis van het pilot project en aanvullende veldproeven. Voor verder onderzoek en voor de beantwoording van de onderzoeksvragen worden de volgende proeven en het eerder genoemde pilotproject uitgevoerd en gemonitord:

- Voorspanproeven te Purmerend;
- Interactieproef Veen te Broek in Waterland;
- Pilotproject Ringdijk Watergraafsmeer.

1.2 Voorliggende rapportage

Het voorliggende rapport beschrijft de aanpak en de voortgang van onderzoeksvraag 13 en het daaraan ten grondslag liggende onderzoek. Het beschrijft de predictie van het verloop van de voorspanning en op hoofdlijnen de monitoring. De postdictie van de voorspanning kunnen we pas na enkele jaren meten uitvoeren.

De onderzoeksvraag uit het PvA van de Pilot JLD-Dijkstabilisator ringdijk Watergraafsmeer is als volgt geformuleerd: *Hoe verloopt de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisatoren in de tijd bij een samendrukbare dijk?*

De onderzoeksvraag is opgedeeld in 2 subvragen:

1. Wat is het verloop van de voorspanning in de tijd bij een samendrukbare dijk?
2. Hoe moet de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisator worden beheerd?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de gehanteerde aanpak voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag beschreven. In hoofdstuk 3 is het onderzoek op de Proeflocatie in Purmerend toegelicht. In hoofdstuk 4 is het onderzoek op de pilot locatie te Watergraafsmeer toegelicht.

Voorliggende rapportage hangt nauw samen met het Definitief ontwerp van de dijkversterking te Watergraafsmeer (1) en de POV-M publicatie vernagelingstechnieken (2). Voor veel achterliggende informatie wordt verwezen naar de betreffende documenten.

2 Methode

2.1 Plan van aanpak

De JLD-Dijkstabilisator is een actief dijkversterkingssysteem. Bij het installeren van de JLD-Dijkstabilisator wordt het systeem onder voorspanning gezet. Deze voorspanning leidt tot een verhoging van de spanningen in de grond. Als gevolg van deze spanningsverhoging treedt er lokale zetting op. Het krimpen en zetten van de grond heeft een negatieve werking op de voorspanning. Wanneer de grond zwelt of deformeert bij hogere belastingen, dan neemt de voorspanning toe. Dus afhankelijk van het gedrag van de grond verandert de voorspanning in de tijd.

Om het verloop van de voorspanning inzichtelijk te maken is er een plan van aanpak opgesteld. Dit plan bestaat uit drie stappen, namelijk de predictie van de voorspanning, monitoring van de voorspanning in de praktijk en postdictie van de voorspanning. Dit plan van aanpak wordt doorlopen voor 2 proeflocaties, te weten een proeflocatie te Purmerend het Project Watergraafsmeer. De twee proeflocaties bieden verschillende voordelen waardoor alle onderzoeksvragen beantwoord worden. Voorliggende rapportage behandelt de predictie voor beide locaties en beschrijft kort de monitoring.

2.1.1 Predictie

De eerste stap in het onderzoek naar het verloop van de voorspanning betreft de voorspelling van de voorspanning voor beide proeflocaties. De voorspelling is uitgevoerd conform de methodiek uit de 'POV-M Publicatie Vernagelingstechnieken' (PPV) (2). Hiervoor is de volgende werkwijze uit de PPV gehanteerd:

'Vervormingen (zettingen en kruip) beïnvloeden de werking van de JLD-Dijkstabilisator en voorspanning in het systeem. Deze effecten hebben invloed op de vervormingen die optreden bij een waterkering versterkt met de JLD-Dijkstabilisator. Om de vervormingen beter te kunnen kwantificeren dient er een apart model opgesteld te worden om deze effecten te beschouwen. In dit model dient de interactie beschouwd te worden tussen (kruin)ophogingen en het naspannen van de voorspanning gedurende de levensduur van de constructie. De vervormingen dienen beschouwd te worden in PLAXIS 2D met het materiaalmodel Soft Soil Creep. Het doel van dit model is inzicht krijgen in de vervormingen rond de kopplaat, de afname van de voorspanning in de tijd en het benodigde afspanschema van de voorspanning wat hierdoor benodigd is.'

De vervormingen dienen berekend te worden in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT). De BGT is de toestand van de waterkering tijdens gemiddelde omstandigheden gedurende de levensduur van de constructie. In het vervormingsmodel dient gebruik gemaakt te worden van verwachtingswaarden van de sterkte- en stijfheidsparameters in combinatie met waterspanningen zoals deze onder dagelijkse omstandigheden aanwezig zijn in de waterkering. Hiermee wordt een zo realistisch mogelijk beeld verkregen van de vervormingen die zullen optreden. Er worden geen veiligheidsfactoren gebruikt, zoals bij het bepalen van de stabiliteitsfactoren en de snedekrachten, omdat de berekende vervormingen dan een onrealistisch beeld geven ten opzichte van de werkelijk optredende vervormingen.'

'Na aanbrengen van de voorspanning loopt de voorspanning in het systeem geleidelijk terug door zetting en kruip. De ondergrens van de voorspanning is de voorspanning die gedurende de gehele levensduur minimaal in de JLD-Dijkstabilisator aanwezig moet zijn om een bepaalde veiligheid van

de waterkering te halen. De bovengrens van de voorspanning is de voorspanning die wordt aangebracht bij het aan- en naspinnen van de JLD-Dijkstabilisator. De hoogte van de bovengrens bepaald de duur tot het volgende afspanmoment en bepaald het aantal keer afspannen gedurende de levensduur en dus de beheerinspanning die benodigd is. De hoogte van de bovengrens heeft daarnaast invloed op de vervorming rond de kopplaat.

Om tot een optimale bovengrens van de voorspanning te komen dienen enkele varianten beschouwd te worden met verschillende bovengrenzen van de voorspanning. Op basis van de resultaten kan een keuze gemaakt worden van de bovengrens van de voorspanning. Bij het bepalen van de bovengrens van de voorspanning dient niet alleen gelet te worden op de beheerinspanning en de vervormingen onder de kopplaat maar dient eveneens getoetst te worden op de draagkracht van de grond onder de kopplaat en de constructieve toetsen van de elementen. Deze vastgestelde bovengrens van de voorspanning dient vervolgens gebruikt te worden in de gevoeligheidsberekeningen op de stijfheidsparameters.'

2.1.2 Monitoring

In deze stap wordt informatie ingewonnen uit de praktijk. Daartoe zijn er twee proeflocaties ingericht, namelijk het Pilot Project Watergraafsmeer en de proeflocatie te Purmerend. Voor beide projecten is een apart monitoringsplan opgesteld. Zie bijlage 1 en 2. Beide proeflocaties zijn beschreven in paragraaf 2.2.

2.1.3 Postdictie

In de postdictie fase worden de monitoringsdata vergeleken met de predictie. Indien nodig wordt de predictie methode aangepast aan de hand van de analyseresultaten. Onderwerpen welke tijdens de postdictie uitgewerkt worden zijn:

- Aanscherpen predictie met de as built gegevens;
- Passend rekenmodel met bijhorende parameters;
- Zettingssnelheid ten gevolgen van voorspanning;
- Gevoeligheid van berekeningen voor verschillende zettingsmodellen;
- Impact seizoenseffecten.

2.2 Proeflocaties

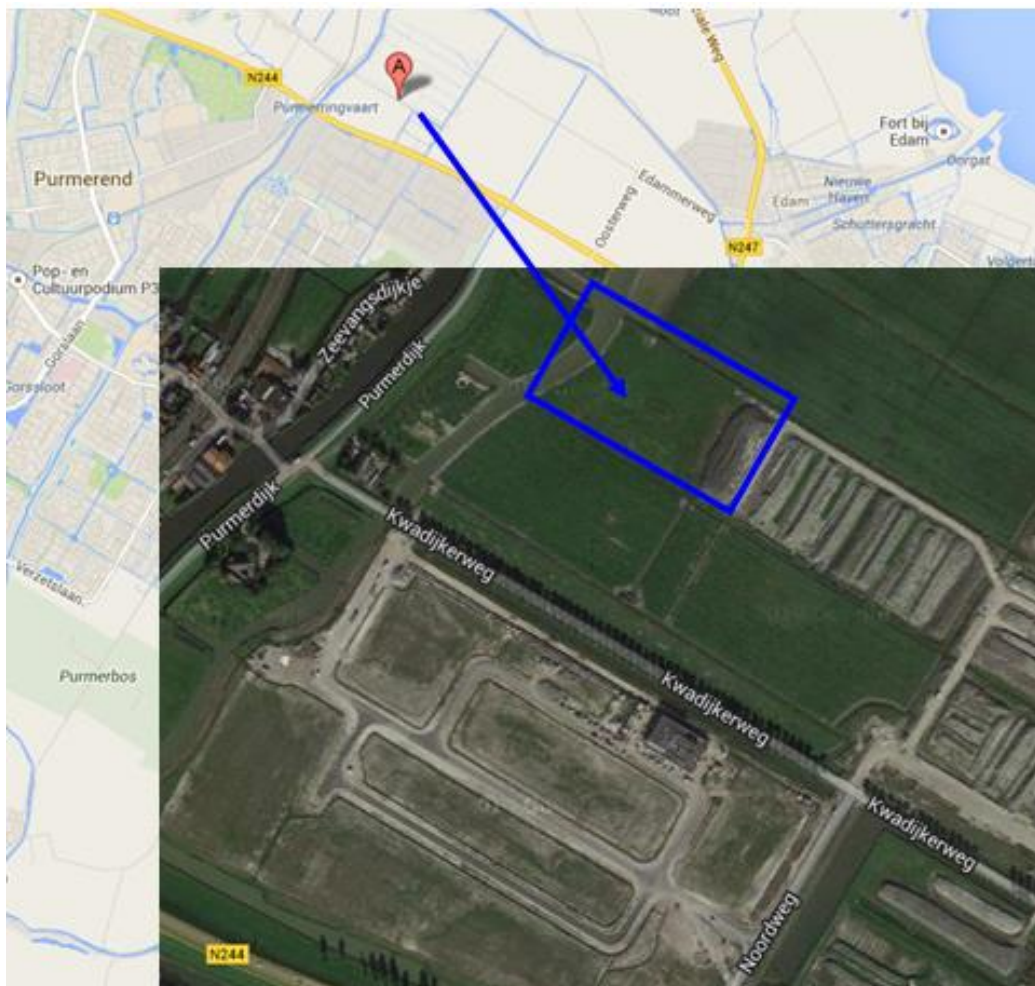
2.2.1 Proeflocatie Purmerend

Onderstaande afbeelding geeft een impressie van de locatie waar de proeven te Purmerend plaatsvinden. Op deze proeflocatie wordt deelvraag 1 beantwoord:

1. Wat is het verloop van de voorspanning in de tijd bij een samendrukbare dijk?

Om het inzicht in het verloop van de voorspanning in de tijd te vergroten, monitoren we de volgende aspecten:

- Wat is het verloop van de voorspanning zonder een LDE-Element?
- Wat is het effect van naspannen op het verloop van de voorspanning?
- Wat is de invloed van het LDE-Element op het verloop van de voorspanning?



Figuur 2-1: Impressie locatie proeven Purmerend

De locatie bevindt zich op bouwland in de gemeente Purmerend. Deze keuze heeft de volgende redenen:

- Deze voorgenomen locatie omvat alle kritische aspecten die van belang zijn voor een goede proef. Dit betreft de volgende zaken:
 - De locatie is voldoende lang beschikbaar om de kritische processen te monitoren.
 - Om een nauwkeurige predictie te doen is het noodzakelijk om een proefopstelling te realiseren met zo veel mogelijk homogeniteit. Voor het uitvoeren van de proef is een homogene grondopbouw een voorwaarde. Bij het uitvoeren van de proef willen we zoveel mogelijk omgevingsvariabelen elimineren om het rekenmodel te kunnen valideren. De proeflocatie bestaat uit een homogene (klei) ondergrond gefundeerd op een zandlaag.
 - Er zijn diverse samendrukbare lagen aanwezig waarbij de verwachting is dat er zwel en/of krimp processen optreden.
- Bij het uitvoeren van de proef willen we een ondergrond hebben waar we kunnen voorspellen hoe het grondgedrag gaat zijn. Daarvoor is grondonderzoek benodigd. Op deze locatie is reeds veel grondonderzoek beschikbaar.
- De eigenaar van de grond is welwillend om een dergelijke proef op haar grondgebied te laten uitvoeren, er is namelijk vrijwel geen overlast naar de omgeving toe.

Aspecten die niet in deze proefopstelling zijn meegenomen:

- De gekozen locatie in Purmerend heeft geen veen in de ondergrond. Er is alleen slappe klei in de ondergrond. De proef genereert daardoor enkel informatie voor een kleiïge ondergrond.
- Er is geen dijklichaam aanwezig op de proeflocatie, hierdoor kan het effect van grondophogingen enkel gemodelleerd worden;

2.2.2 Proeflocatie Pilotproject Ringdijk Watergraafsmeer

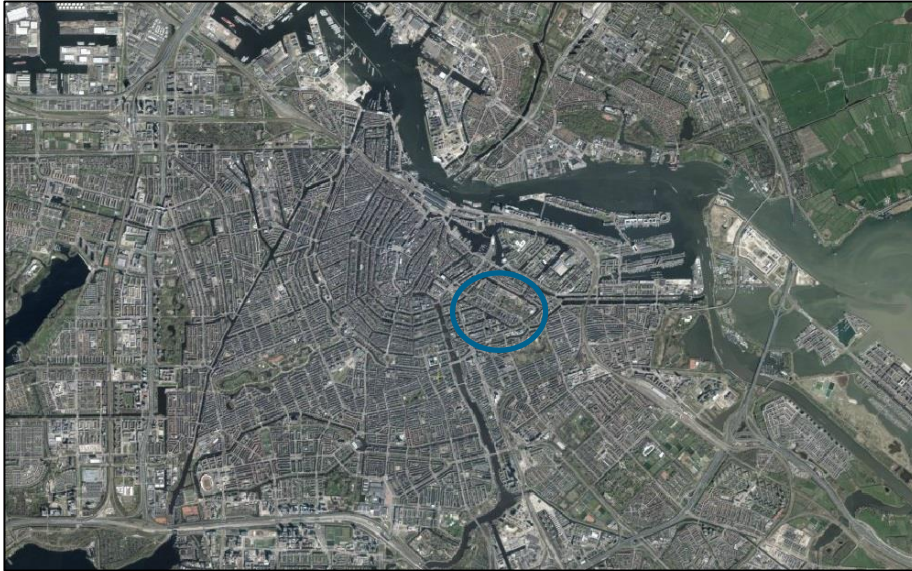
Een deel van de Ringdijk is in 2012 afgekeurd vanwege onvoldoende macrostabiliteit van het binnentalud. Het te versterken traject heeft een lengte van circa 600 m. In Figuur 2-2 en in Figuur 2-3: is de ligging van de projectlocatie weergegeven. Het pilotproject op de Ringdijk te Watergraafsmeer is geschikt om informatie in te winnen over het voorspanningsverloop in de JLD-Dijkstabilisator in een functionele waterkering. Doormiddel van het pilotproject worden de volgende deelvragen beantwoord:

1. Wat is het verloop van de voorspanning in de tijd bij een samendrukbare dijk?
2. Hoe moet de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisator worden beheerd?

De projectlocatie biedt de volgende voordelen:

- De projectlocatie omvat een functionele waterkering met een stabiliteitstekort. De kennis die in het pilotproject wordt ontwikkeld heeft daardoor een 1 op 1 relatie met de praktijk;
- In het projectgebied is veel onderzoek gedaan naar de bodemopbouw doormiddel van ca. 10 boringen en 30 sonderingen
- De Ringdijk kent een heterogene bodemopbouw met ook veen in de ondergrond. Doordat er een heterogene bodemopbouw aanwezig is, wordt er kennis ontwikkeld over de variantie van het verloop van de voorspanning door toedoen van een wisselende bodemopbouw.
- De projectlocatie bestaat uit een traject van 600 meter lang. Doordat de dijk over een lengte van 600 meter versterkt wordt, ontstaat er inzicht in de ruimtelijke variatie van

het verloop van de voorspanning. Deze variatie kan door de grote hoeveelheid grondonderzoek in de postdictie direct gelinkt worden aan de bodemopbouw ter plaatse.



Figuur 2-2: Ligging Ringdijk Watergraafsmeer in Amsterdam [1].



Figuur 2-3: Ligging Ringdijk Watergraafsmeer in Amsterdam [1].

3.1 Uitgangsdocumenten / randvoorwaarden

Voor de berekeningen is uitgegaan van de volgende uitgangspunten, zie Tabel 3-1:

Tabel 3-1: Uitgangspunten berekeningen

Omschrijving	Uitgangspunt
Documenten	Antea Group / JLD Contracting, "Monitoringsplan voorspanproeven te Purmerend", docnr. 413509.Mon.X.01, concept revisie 0A, d.d. 15 mei 2018.
	Deltares, "Rapportage JLD-Dijkstabilisator, Postdictie EEM analyses fullscale proeven", doc.nr. 1210440-001-GEO-0018, d.d. juni 2016.
Grondonderzoek	Resultaten grondonderzoek Wiertsema & Partners, opdracht nummer VN-60689-1 en 60738-1, d.d. 2 oktober 2014.
Grondwaterstanden: - polderpeil - stijghoogte	Gebaseerd op de Postdictieberekening van de bezwijkproeven uit 2015 in Purmerend, zie Deltares rapport. - NAP -4,60 m - NAP -3,60 m
Maaiveld	Bij de berekeningen is rekening gehouden met een gemiddeld maaiveldniveau van NAP -3,90 m.
Voorspanning	- In de proeven en de predictie wordt uitgegaan van een ontwerpvoorspanning van 70 kN. Dit is tevens de minimale voorspanning. - Afgesproken is om de JLD-Dijkstabilisatoren initieel af te spannen op $1,2 \times 70 \text{ kN} = 84 \text{ kN}$.
Duur interactieproeven	De interactieproeven worden gedurende twee jaar uitgevoerd en gemonitord.
Software	EEM model – Plaxis 2D, versie 2017.01

3.2 Grondonderzoek + parameters

Voor het bepalen van de bodemopbouw is gebruik gemaakt van het grondonderzoek uit 2014. Er zijn 7 sonderingen uitgevoerd op de proeflocatie, zie Figuur 3-1. In 2018 zijn nog 3 extra sonderingen uitgevoerd binnen het sondeernet van 7 sonderingen om een totaalbeeld te creëren. Het beeld uit de beschikbare sonderingen is dat het bodemprofiel uniform is aan de locatie van de bezwijkproef. Verder worden de grondparameters uit het postdictie model (3) gebruikt, deze zijn reeds aangepast na de bezwijkproef. In Tabel 3-2 t/m Tabel 3-4 zijn het bodemprofiel en de verschillen grondparameters benoemd, die gebruikt zijn in de predictie berekeningen.

Tabel 3-2: Bodemprofiel + doorlatendheid en sterkteparameters

Grondsoort	Niveau b.k. [m t.o.v. NAP]	$\gamma_v / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	k_x [m / dag]	k_y [m / dag]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
Toplaag klei	-3,90	16,0 / 16,0	1	1	41,7	3,0
Klei, schoon	-5,00	14,1 / 14,1	1,81E-4	1,81E-4	41,7	2,2
Klei, sterk zandig	-8,20	17,1 / 17,1	1,04E-3	1,04E-3	38,5	3,7
Klei, zwak zandig (wadzand)	-8,50	17,1 / 17,1	1,04E-3	1,04E-3	38,5	3,7
Pleistocene zand	-11,20	18,0 / 20,0	1	1		

Tabel 3-3: Stijfheidsparameters Soft Soil Creep

Grondsoort	Niveau b.k. [m NAP]	κ [-]	λ [-]	μ [-]
Toplaag klei	-3,90	0,0022	0,0131	0,0008
Klei, schoon	-5,00	0,0220	0,1314	0,0077

Grondsoort	Niveau b.k. [m NAP]	κ [-]	λ [-]	μ [-]
Klei, sterk zandig	-8,20	0,0105	0,0747	0,0050
Klei, zwak zandig (wadzand)	-8,50	0,0105	0,0747	0,0050

Tabel 3-4: Stijfheidsparameters Hardening Soil

Grondsoort	Niveau b.k. [m NAP]	E_{50} [kN/m ²]	E_{oed} [kN/m ²]	E_{ur} [kN/m ²]	v'_{ur}	K_0^{nc}
Pleistocene zand	-11,20	30.000	30.000	90.000	0,20	0,33

Met in de tabellen:

γ_v	= Volumiek gewicht van aardvochtige grond	[kN/m ³]
γ_{sat}	= Volumiek gewicht van verzadigde grond	[kN/m ³]
K_x	= Doorlatendheid horizontaal	[m / dag]
K_y	= Doorlatendheid verticaal	[m / dag]
ϕ'	= Hoek van inwendige wrijving	[°]
c'	= Cohesie	[kN/m ²]
κ^*	= Stijfheidsparameter Soft Soil Creep kappa*	[-]
λ^*	= Stijfheidsparameter Soft Soil Creep lambda*	[-]
μ^*	= Stijfheidsparameter Soft Soil Creep mu*	[-]
E_{50}	= Elasticiteitsmodulus uit triaxiaalproef bij	[kN/m ²]
E_{oed}	= Elasticiteitsmodulus uit samendrukkingsproef	[kN/m ²]
E_{ur}	= Elasticiteitsmodulus bij ontlast/herbelast – 3 x E_{50}	[kN/m ²]

3.3 Predictie verloop voorspanning Purmerend

3.3.1 Proef 1A: JLD-Dijkstabilisatoren zonder LDE, met naspannen

Er worden 5 Dijkstabilisatoren ingebracht zonder LDE voor deze interactieproef. Deze worden initieel voorgespannen op 84 kN. Tijdens de proef wordt onder andere de voorspanning gemonitord. Bij overschrijding van de minimale voorspanning van 70 kN wordt de JLD-Dijkstabilisator opnieuw afgespannen op 84 kN. De onder en bovengrens van de voorspanning liggen dus dicht bij elkaar. Hiermee zijn we verzekerd dat we binnen de doorlooptijd van 1 à 2 jaar een aantal maal moeten naspannen. Met behulp van de predictie in deze rapportage is een protocol opgesteld op welke tijdstippen waarschijnlijk opnieuw afgespannen moet worden.

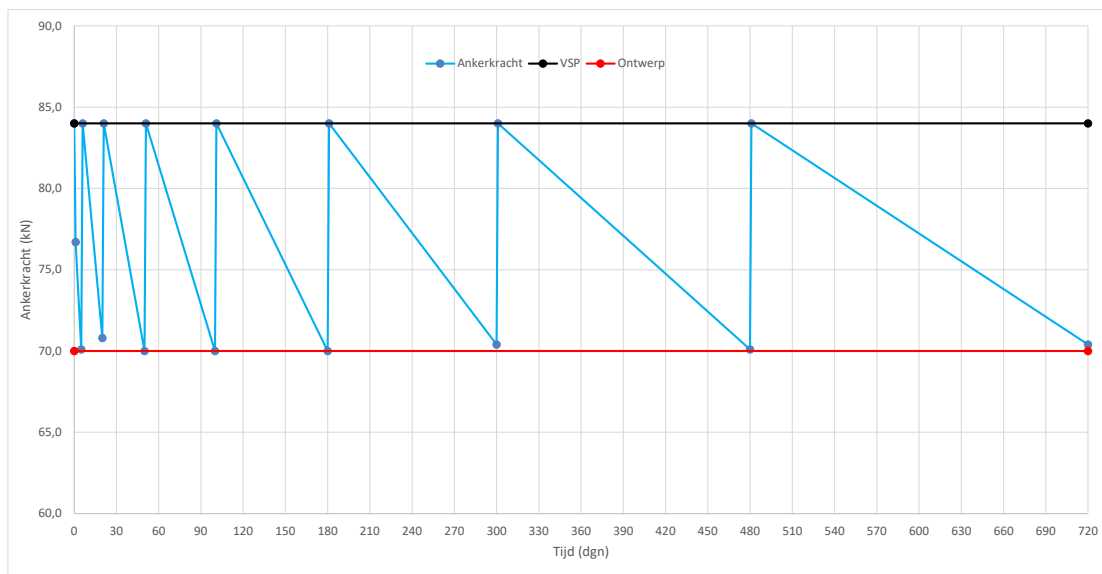
Gekozen is om alles in de consolidatie modus te berekenen zodat de wateroverspanning ook wordt meegenomen. Iteratief is bepaald wanneer de JLD-Dijkstabilisator afgespannen moet worden op 84 kN. In Tabel 3-5 is de fasering van de Plaxisberekening weergegeven.

Tabel 3-5: Overzicht fasering Plaxisberekening, inclusief tijd en ankerkracht proef 1A

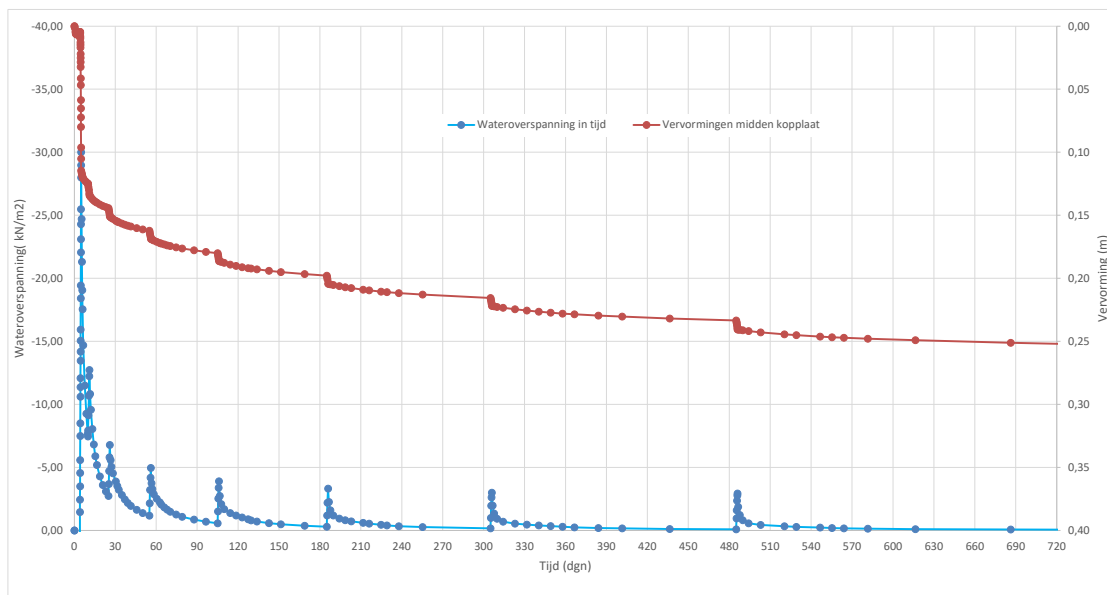
Calculatiestap	Calculatie type	Loading type	Tijd na start proef [dgn]	Ankerkracht [kN]
Initial phase [InitialPhase]	K0 procedure	Staged construction	-5	-
Graven sleuf [Phase_1]	Consolidation	Staged construction	-4	-
Consolidatie 1 dag [Phase_2]	Consolidation	Staged construction	-3	-
Activeren anker [Phase_3]	Consolidation	Staged construction	-1	-

Calculatiestap	Calculatie type	Loading type	Tijd na start proef [dgn]	Ankerkracht [kN]
VSP anker 84 kN [Phase_4]	Consolidation	Staged construction	0	84
Grond op kopplaat [Phase_5]	Consolidation	Staged construction	1	76,7
5 dgn [Phase_6]	Consolidation	Staged construction	5	70,1
NSP 84 kN [Phase_7]	Consolidation	Staged construction	6	84,0
22 dgn [Phase_8]	Consolidation	Staged construction	20	70,8
NSP 84 kN [Phase_9]	Consolidation	Staged construction	21	84,0
50 dgn [Phase_10]	Consolidation	Staged construction	50	70,0
NSP 84 kN [Phase_11]	Consolidation	Staged construction	51	84,0
100 dgn [Phase_12]	Consolidation	Staged construction	100	70,0
NSP 84 kN [Phase_13]	Consolidation	Staged construction	101	84,0
180 dgn [Phase_14]	Consolidation	Staged construction	180	70,0
NSP 84 kN [Phase_15]	Consolidation	Staged construction	181	84,0
300 dgn [Phase_16]	Consolidation	Staged construction	300	70,4
NSP 84 kN [Phase_17]	Consolidation	Staged construction	301	84,0
480 dgn [Phase_18]	Consolidation	Staged construction	480	70,1
NSP 84 kN [Phase_19]	Consolidation	Staged construction	481	84,0
720 dgn [Phase_20]	Consolidation	Staged construction	720	70,4

Het verloop van de ankerkracht in de tijd is weergegeven in Figuur 3-2, inclusief aanduiding van de minimale voorspanning en de initiële voorspanning. Om een indruk te krijgen van de wateroverspanning en de vervorming nabij de kopplaat is Figuur 3-3 opgenomen.



Figuur 3-2: Grafische weergave van het ankerkrachtverloop gezien in de tijd – proef 1a

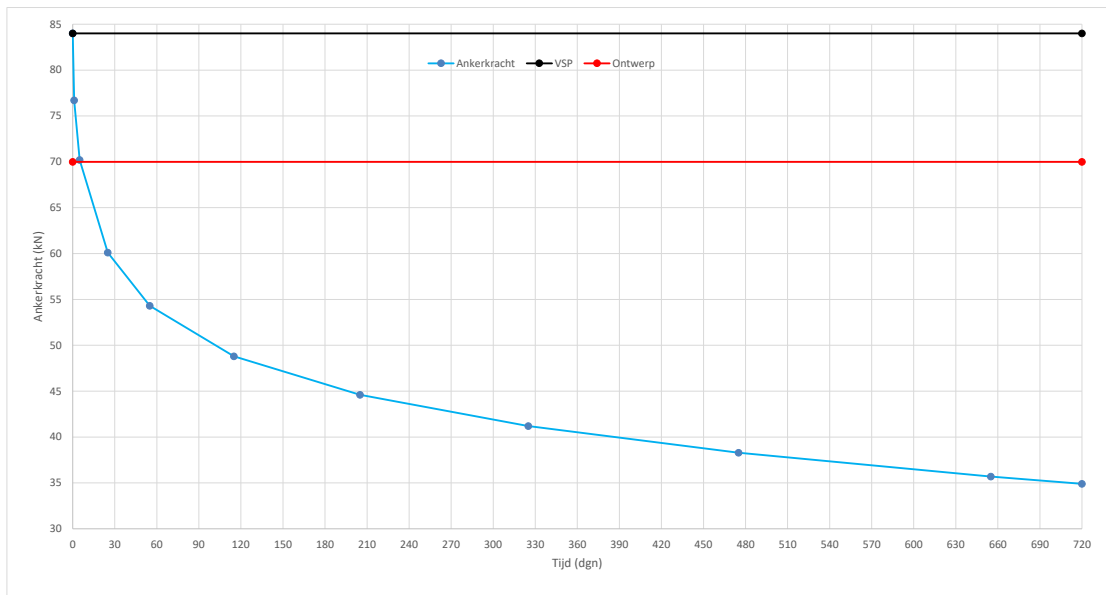


Figuur 3-3: Grafische weergave van het verloop in wateroverspanning en de vervorming nabij de kopplaat gezien in de tijd – proef 1a

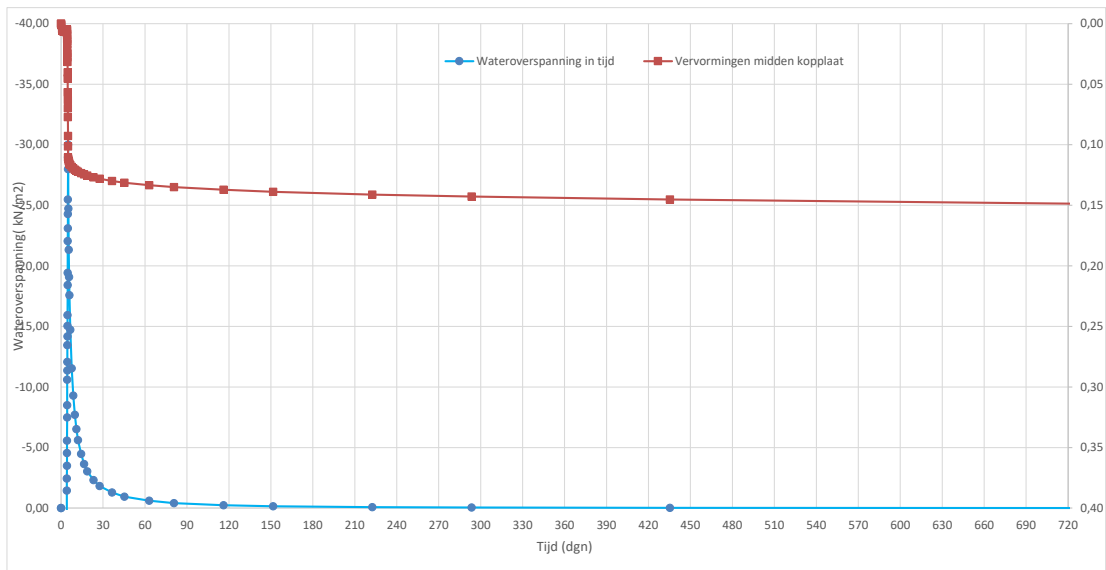
In het algemeen, ook voor de andere proeven, gelden de volgende aandachtspunten:
De vervorming van ca. 0,10 m die bijna direct optreedt en de snelle afname van de voorspanning. Verwacht wordt dat dit een overschatting is van de praktijk, omdat de grond er al langer ligt en zich stijver zal gedragen. Met behulp van de gegevens buiten zal dit bijgesteld moeten worden door een langere consolidatietijd aan te nemen in de berekening. Nu is dat gemodelleerd met een consolidatietijd van 1 dag voor de start van de proeven, zie fase 2.

3.3.2 Proef 1B: JLD-Dijkstabilisatoren zonder LDE zonder naspannen

Voor deze interactieproef worden 3 Dijkstabilisatoren ingebracht zonder LDE. Deze worden initieel voorgespannen op 84 kN en daarna wordt er niet meer afgespannen. Tijdens de proef wordt de afname van de voorspanning gemonitord. Voor de predictie is daarom een eenvoudig model te gebruiken met een aantal standaardstappen die ook besproken zijn bij proef 1A. Daarna wordt de JLD-Dijkstabilisator voorgespannen en na 2 jaar beschouwd wat de resterende voorspanning is in de JLD-Dijkstabilisator. Het verloop van de ankerkracht in de tijd is geïllustreerd in Figuur 3-4, inclusief aanduiding van de minimale voorspanning en de initiële voorspanning. Om een indruk te krijgen van de wateroverspanning en de vervorming nabij de kopplaat is Figuur 3-5 opgenomen.



Figuur 3-4: Grafische weergave van het ankerkrachtverloop gezien in de tijd – proef 1b



Figuur 3-5: Grafische weergave van het verloop in wateroverspanning en de vervorming nabij de kopplaat gezien in de tijd – proef 1b

3.3.3 Proef 2: JLD-Dijkstabilisatoren met LDE en met naspannen

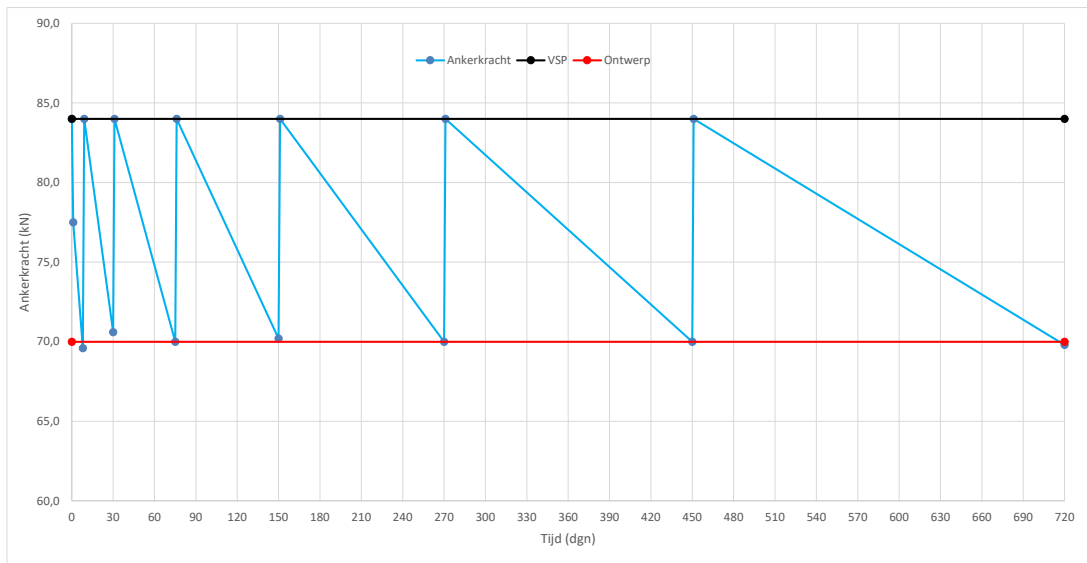
Er worden 5 Dijkstabilisatoren ingebracht met LDE voor deze interactieproef. Deze proef wordt uitgevoerd ter vergelijking van proef 1A, zonder het LDE. De JLD-Dijkstabilisatoren worden initieel voorgespannen op 84 kN. Tijdens de proef wordt onder andere de voorspanning gemonitord. Bij onderschrijding van de minimale voorspanning van 70 kN wordt de JLD-Dijkstabilisator opnieuw afgespannen op 84 kN. Met behulp van de predictie in deze memo wordt een protocol opgesteld op welke tijdstippen opnieuw afgespannen moet worden.

In Plaxis is daarom het model ingevoerd conform de schematisatie van Tabel 3-6. Gekozen is om alles in de consolidatie modus te berekenen zodat de wateroverspanning ook wordt meegenomen. Iteratief is bepaald wanneer de JLD-Dijkstabilisator afgespannen moet worden op 84 kN. De bijbehorende ankerkracht is eveneens opgenomen in Tabel 3-6.

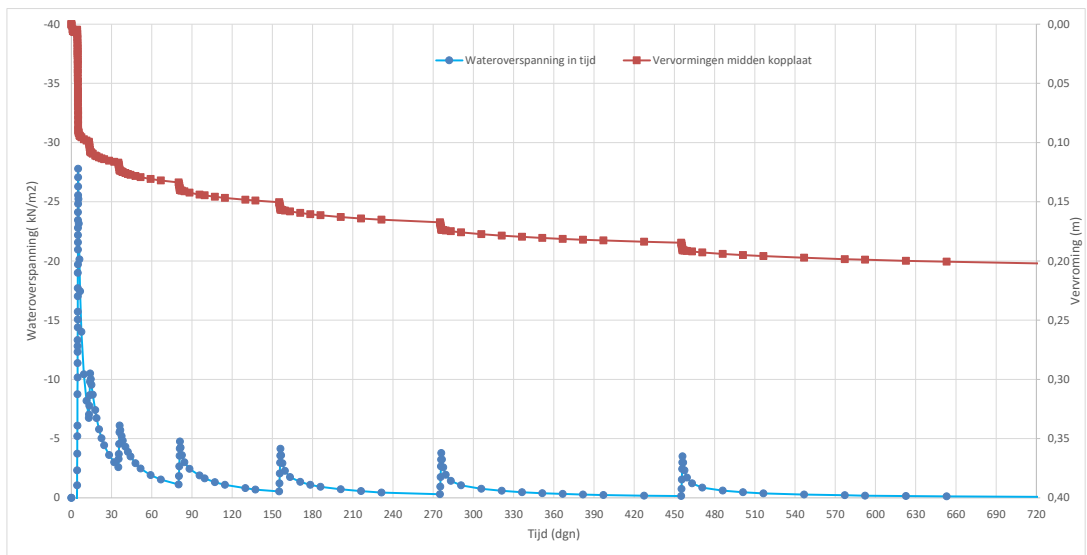
Tabel 3-6: Overzicht fasering Plaxisberekening, inclusief tijd en ankerkracht proef 2

Calculatiestap	Calculatie type	Loading type	Tijd na start proef [dgn]	Ankerkracht [kN]
Initial phase [InitialPhase]	K0 procedure	Staged construction	-5	-
Graven sleuf [Phase_1]	Consolidation	Staged construction	-4	-
Consolidatie 1 dag [Phase_2]	Consolidation	Staged construction	-3	-
Activeren anker [Phase_3]	Consolidation	Staged construction	-1	-
VSP anker 84 kN [Phase_4]	Consolidation	Staged construction	0	84,0
Grond op kopplaat [Phase_5]	Consolidation	Staged construction	1	77,5
8 dgn [Phase_6]	Consolidation	Staged construction	8	69,6
NSP 84 kN [Phase_7]	Consolidation	Staged construction	9	84,0
30 dgn [Phase_8]	Consolidation	Staged construction	30	70,6
NSP 84 kN [Phase_9]	Consolidation	Staged construction	31	84,0
75 dgn [Phase_10]	Consolidation	Staged construction	75	70,0
NSP 84 kN [Phase_11]	Consolidation	Staged construction	76	84,0
150 dgn [Phase_12]	Consolidation	Staged construction	150	70,2
NSP 84 kN [Phase_13]	Consolidation	Staged construction	151	84,0
270 dgn [Phase_14]	Consolidation	Staged construction	270	70,0
NSP 84 kN [Phase_15]	Consolidation	Staged construction	271	84,0
450 dgn [Phase_16]	Consolidation	Staged construction	450	70,0
NSP 84 kN [Phase_17]	Consolidation	Staged construction	451	84,0
720 dgn [Phase_18]	Consolidation	Staged construction	720	69,8

Het verloop van de ankerkracht in de tijd is weergegeven in Figuur 3-6, inclusief aanduiding van de minimale voorspanning en de initiële voorspanning. Om een indruk te krijgen van de wateroverspanning en de vervorming nabij de kopplaat is Figuur 3-7 opgenomen.



Figuur 3-6: Grafische weergave van het ankerkrachtverloop gezien in de tijd – proef 2



Figuur 3-7: Grafische weergave van het verloop in wateroverspanning en de vervorming nabij de kopplaat gezien in de tijd – proef 2

3.4 Monitoringsdata voorspanproeven Purmerend

Doormiddel van een loadcel onder elke kopplaat wordt het verloop van de voorspanning dagelijks gemeten en geregistreerd. Wanneer de monitoringsdata beschikbaar is worden deze hier gepresenteerd.

3.5 Postdictie voorspanproeven Purmerend

Volgt na de meetperiode.

4 Onderzoek Pilot project Watergraafsmeer

Ten behoeve van het Pilotproject te Watergraafsmeer is een volledige ontwerprapportage opgesteld (1). In het voorliggende hoofdstuk is een beknopte weergave opgenomen van de onderzoeksresultaten, ten behoeve van de beantwoording van onderzoeksvraag 13.

4.1 Predictie verloop voorspanning Watergraafsmeer

De dijkversterking met de JLD-Dijkstabilisator is ontworpen voor een planperiode van 100 jaar. Vervormingen (autonome bodemdaling, zetting en kruip) beïnvloeden de werking van de JLD-Dijkstabilisator en de voorspanning in het systeem. Om de vervormingen en het verloop van de voorspanning te kwantificeren is er een eindige elementen model opgesteld, namelijk het vervormingsmodel. In het vervormingsmodel zijn, met het materiaalmodel Soft Soil Creep, de tijdseffecten beschouwd. Het doel van dit model is inzicht krijgen in de vervormingen rond de kopplaat en afname van de voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator en het benodigde afspanschema van de voorspanning wat hierdoor benodigd is.

Het vervormingsmodel is opgesteld voor de maatgevende dwarsdoorsnede DWP-800. Het model is uitgevoerd met één JLD-Dijkstabilisator en met twee JLD-Dijkstabilisatoren in de dwarsdoorsnede. In het pilotproject komen beide situaties voor.

In het ontwerp is opgenomen dat er rekening wordt gehouden met een bodemdaling van 7 mm per jaar. Om aan deze eis te voldoen is in het model rekening gehouden met een kruinophoging van 0,35 m 5 jaar¹ na aanbrengen van de JLD-Dijkstabilisator en een tweede kruinophoging van 0,35 m 55 jaar na aanbrengen van de JLD-Dijkstabilisator.

Na aanbrengen van de voorspanning loopt de voorspanning in het systeem geleidelijk terug door zetting en kruip. De ondergrens van de voorspanning is de voorspanning die gedurende de gehele levensduur minimaal in de JLD-Dijkstabilisator aanwezig moet zijn om een bepaalde veiligheid van de waterkering te halen. De bovengrens van de voorspanning is de voorspanning die wordt aangebracht bij het aan- en naspinnen van de JLD-Dijkstabilisator. De hoogte van de bovengrens bepaald de duur tot het volgende afspanmoment en bepaald het aantal keer afspannen gedurende de levensduur en dus de beheerinspanning die benodigd is. De hoogte van de bovengrens heeft daarnaast invloed op de vervorming rond de kopplaat.

Om tot een optimale bovengrens van de voorspanning te komen zijn er in de ontwerpfase enkele varianten beschouwd met verschillende bovengrenzen van de voorspanning. Op basis van de resultaten is de bovengrens van de voorspanning gesteld op 60 kN. Deze bovengrens is vervolgens gebruikt in de gevoeligheidsberekeningen op de stijfheidsparameters. De ondergrens is gesteld op 30 kN.

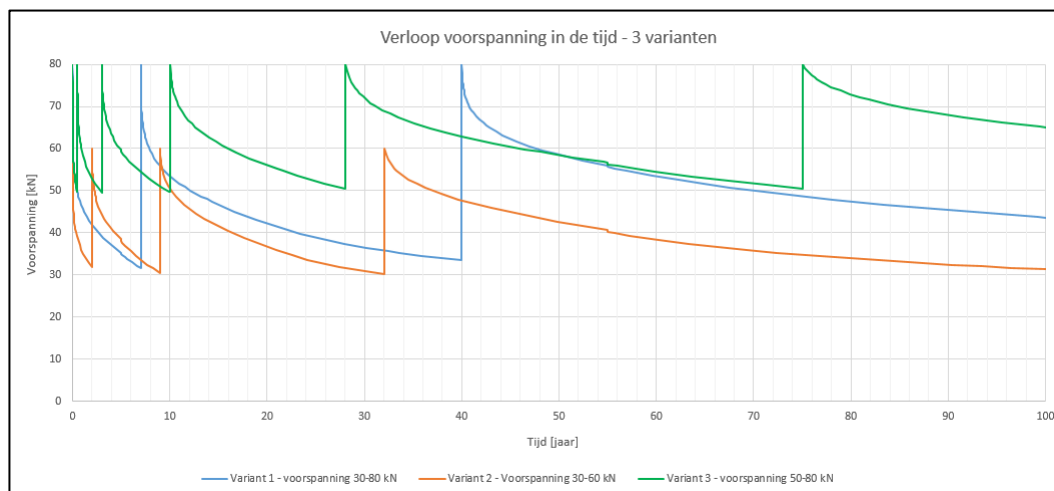
1 Deze waarde is gebaseerd op expert judgement. Het daadwerkelijke tijdstip van ophogen heeft slechts een beperkte invloed op het verloop van de voorspanning.

4.1.1.1 Varianten onder- en bovengrenswaarden voorspanning

De keuze voor de bovengrens van de voorspanning heeft invloed op de beheerinspanning en op de vervorming rond de kopplaat. Om tot een optimale bovengrens van de voorspanning te komen zijn er meerdere varianten beschouwd. Hieronder is een overzicht gegeven van de beschouwde varianten en is tevens aangegeven wat het doel is van de betreffende variant:

- Variant 1 - minimale beheerinspanning: de bovengrens van de voorspanning is gelijk gesteld aan 80 kN (maximaal benutten van de houdkracht van de grond onder de kopplaat), waarna deze langzaam terugloopt naar de ondergrens van 30 kN. Bij deze variant is de veiligheid gegarandeerd en is de beheerinspanning minimaal. De vervorming onder de kopplaat is in deze variant groter dan in de volgende variant.
- **Variant 2- minimale vervormingen:** Door een lagere bovengrens van de voorspanning te hanteren van 60 kN zijn de vervormingen rond de kopplaat minimaal. Bij deze variant is de veiligheid gegarandeerd en zijn de vervormingen rond de kopplaat minimaal.
- Variant 3 -maximale veiligheid: door zowel de onder- als de bovengrens van de voorspanning te verhogen wordt de maximale veiligheid die continue in het systeem aanwezig is vergroot. Bij deze variant is de bovengrens van de voorspanning gelijk gesteld aan 80 kN, de maximale draagkracht van de grond onder de kopplaat (incl. veiligheidsfactoren). De ondergrens van de voorspanning is verhoogd naar 50 kN. Bij deze variant zijn zowel de beheerinspanning als de vervormingen rond de kopplaat maximaal.

In Figuur 4-1 is het verloop van de voorspanning in de tijd weergegeven van de drie varianten. De afname van de voorspanning heeft, identiek aan de zakking van de kruin, een logaritmisch verloop. De tijd tussen elk opvolgend afspanmoment wordt daardoor steeds langer.



Figuur 4-1: Verloop van de voorspanning in de tijd voor de 3 varianten.

In Tabel 4-1 zijn de resultaten van de varianten van het vervormingsmodel weergegeven. Hierin is aangegeven hoe vaak de JLD-Dijkstabilisator opnieuw nagespannen dient te worden nadat deze initieel in de uitvoering is aangebracht.

Tabel 4-1: Resultaten modellen varianten voorspanning vervormingsmodel.

Variant	Voorspanning [kN]	Aantal keer naspennen	Vervorming onder de kopplaat [m]
1	30 - 80	2	0,54
2	30 - 60	3	0,43
3	50 - 80	5	0,65

Het doel van de pilot Watergraafsmeer is om ervaring op te doen met de techniek, de onderzoeksvragen te beantwoorden en een complete en betrouwbare ontwerpmethode op te stellen. Om de doelstellingen van de pilot te halen is de gematigde variant (variant 2) gekozen voor het ontwerp. Bij deze variant is er een ruime marge aanwezig tussen de voorspanning en de draagkracht van de grond onder de kopplaat. Ook wordt er ruimschoots voldaan aan de gestelde veiligheidseisen. De beheerinspanning is bij de gekozen variant beperkt.

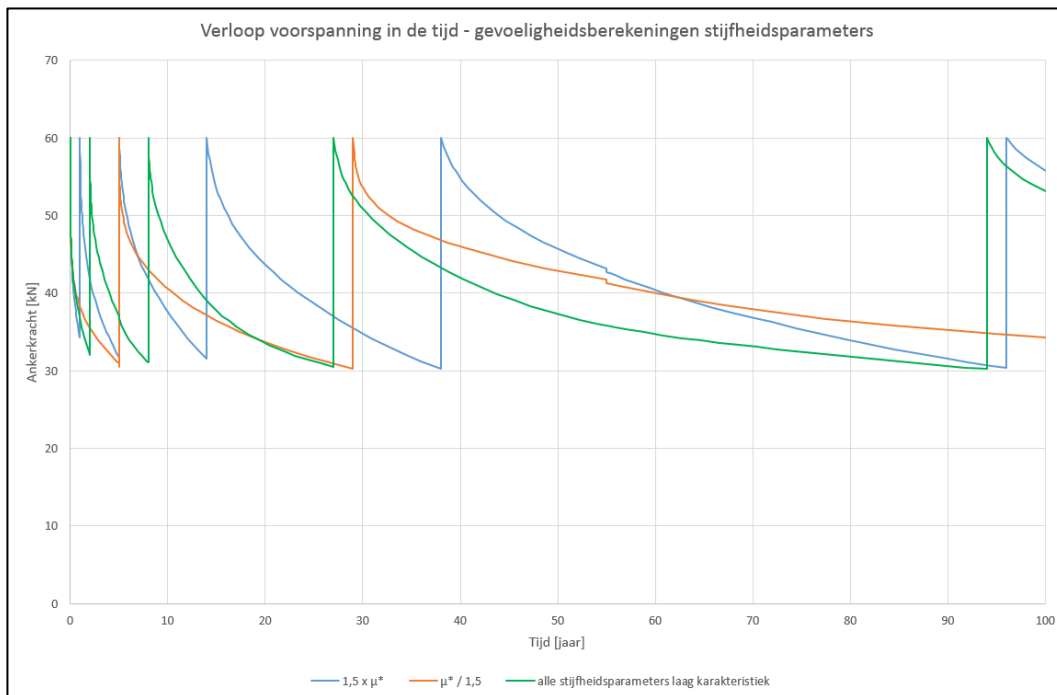
4.1.1.2 Gevoeligheidsberekeningen stijfheidsparameters

Het vervormingsmodel is in de basis uitgevoerd met verwachtingswaarden van de sterkte- en stijfheidsparameters. Om meer gevoel te krijgen bij het verloop van de voorspanning in de tijd als gevolg van variaties in de grondparameters zijn enkele gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd. Bij deze gevoeligheidsberekeningen is er gevarieerd met de stijfheidseigenschappen van de grond. Met deze gevoeligheidsberekeningen is een bandbreedte verkregen waartussen de vervormingen met een relatief grote mate van zekerheid zullen optreden. De volgende gevoeligheidsberekeningen zijn uitgevoerd op de stijfheidseigenschappen:

- Verhogen van de kruipparameters (μ^* in SSC) met 50%;
- Verlagen van de kruipparameters (μ^* in SSC) met 50%;
- laag karakteristieke waarden voor alle stijfheidsparameters.
- De OCR heeft al de minimale waarde in de berekening, een gevoeligheidsberekening toont daarom enkel positieve effecten. Dit is derhalve niet uitgevoerd.

In Figuur 4-2 zijn de resultaten weergegeven van de gevoeligheidsberekeningen op de stijfheidsparameter. De kruip is van grote invloed op de snelheid waarmee de voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator terugloopt. Bij aanpassing van de kruipparameter in SSC volgt dan ook een ander beheerschema voor het naspannen van de voorspanning. In Tabel 4-2 is een overzicht gegeven van de resultaten en beheerinspanning behorende bij de gevoeligheidsberekeningen. Hieruit volgt dat de beheerders van Waternet de beheerinspanning, zelfs in de ongunstige berekening, acceptabel vinden.

Wat opvalt, is dat het verhogen van de kruipparameter met 50% meer invloed heeft op het verloop van de voorspanning dan het rekenen met laag karakteristieke waarden voor alle stijfheidsparameters. Het verhogen van de kruipparameter met 50% (vermenigvuldiging met een factor 1,5) is vrijwel gelijk aan het gebruik van laag karakteristieke waarden voor de kruip. Dit verschil kan worden verklaard doordat de verhouding waarin de stijfheidsparameters worden gehanteerd in SSC meer invloed heeft op de resultaten dan de waarde van de parameters. Voor de gevoeligheidsberekening op de kruipparameter is enkel deze parameter aangepast waardoor de verhoudingen tussen de stijfheidsparameters uit verhouding raakt.



Figuur 4-2: Verloop van de voorspanning in de tijd voor de gevoeligheidsberekeningen op de kruipparameter in SSC.

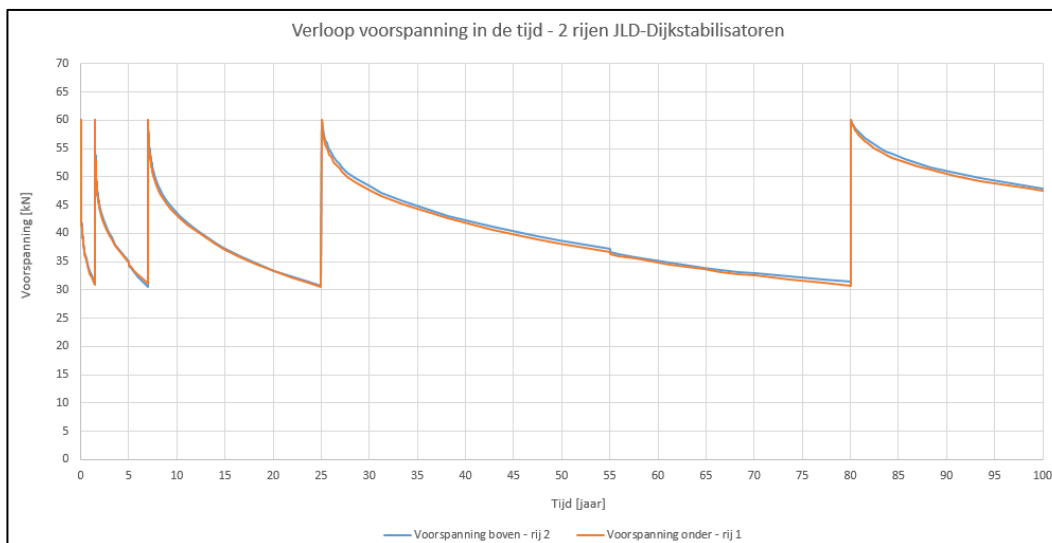
Tabel 4-2: Resultaten modellen varianten voorspanning vervormingsmodel.

Vervormingsmodel	Voorspanning [kN]	Aantal keer naspennen	Vervorming onder de kopplaat [m]
$\mu^* / 1,5$	30 – 60	2	0,35
μ^* (Referentie)	30 – 60	3	0,43
karakteristieke waarden alle stijfheidsparameters	30 – 60	4	0,64
$1,5 \times \mu^*$	30 – 60	5	0,57

4.1.2 Vervormingsmodel 2 rijen JLD-Dijkstabilisatoren

Voor het vervormingsmodel met 2 rijen JLD-Dijkstabilisatoren in de dwarsdoorsnede is gebruik gemaakt van dezelfde uitgangspunten. Ook voor 2 rijen JLD-Dijkstabilisatoren zijn de vervormingen rond de kopplaat bepaald en is de benodigde beheerinspanning bepaald.

Het vervormingsmodel voor 2 rijen JLD-Dijkstabilisatoren in de dwarsdoorsnede is enkel uitgevoerd met ondergrens van de voorspanning van 30 kN en een bovengrens van 60 kN.



Figuur 4-3: Afname van de krachten tijdens de levensduur van de twee JLD-Dijkstabilisatoren.

Hieruit is af te leiden dat de afname van de voorspanning redelijk gelijkmatig verloopt in de beide rijen. Ter vergelijking met het vervormingsmodel van 1 rij is Tabel 4-3 opgenomen. Hierin zijn de afspanmomenten aangegeven voor beide situaties uit het vervormingsmodel. Hieruit volgt dat de spanning sneller af neemt wanneer er twee rijen dijkstabilisatoren worden toegepast. Dit is te verklaren door het feit dat er twee JLD-Dijkstabilisatoren worden afgespannen, waardoor meer verplaatsing optreedt en er dus sneller krachtsverlies optreedt. In het beheerprotocol worden concrete handvatten opgenomen om voor beide rijen tot een gelijke beheerinspanning te komen.

Tabel 4-3: Vergelijking afspanmomenten 1 rij en 2 rijen JLD-Dijkstabilisator.

Aantal rijen JLD-Dijkstabilisator	1 Rij	2 Rijen
Initieel	X	X
1,5 jaar		X
2 jaar	X	
7 jaar		X
9 jaar	X	
25 jaar		X
32 jaar	X	
80 jaar		X

4.2 Monitoring

4.2.1 Monitoring voorspanning

De werking van de *JLD-Dijkstabilisator* wordt real-time gevolgd aan de hand van de voorspanning. Hiertoe is tussen de voorspanmoer en de kopplaat een druksensor ('load cell') geplaatst. Deze meet standaard 4 maal per dag de voorspanning en stuurt deze middels een zendkastje 2 maal per dag door. Bij hoogwater of maatgevende regelval kan de monitoringsfrequentie worden verhoogd. De monitoring heeft twee doelen.

1. Het meten van de voorspanning heeft als eerste doel het bepalen van het eerst volgende beheermoment van de voorspanning voor de *JLD-Dijkstabilisator*. Deze monitoring kan met een relatief lage meetintensiteit (circa 1 maal per week) uitgevoerd worden. De reactietijd is groot. Op basis van deze metingen wordt het moment van opnieuw voorspannen bepaald. Aangezien de voorspanning relatief langzaam afneemt kan door middel van fitting met de monitoringsresultaten dit beheermoment ruim van te voren worden bepaald.
2. Het tweede doel is het meten van het gedrag van de *JLD-Dijkstabilisator* en van de dijk tijdens hoogwater situaties. Om het gedrag tijdens deze situatie te monitoren is een hoge meetintensiteit nodig (circa 1 maal per uur). De reactietijd in deze situatie is kort. Om goed inzicht te krijgen in het gedrag van de dijk bij hoogwater is het noodzakelijk om ook andere zaken te meten zoals waterspanningen en grondwaterstanden. Hiermee krijgt men op den duur beter inzicht in het gedrag van de dijk.

4.2.2 Overige monitoring

Om een goede postdictie te kunnen maken worden naast de voorspanning ook de volgende zaken gemeten:

- Waterspanningen en stijghoogtes;
- Buitenwaterstand;
- Neerslag;
- Vervorming van de dijk middels waterpassing van dwarsprofielen en een lengteprofiel.

5 Conclusie

De onderzoeksvraag uit het PvA van de Pilot JLD-Dijkstabilisator ringdijk Watergraafsmeer is als volgt geformuleerd: *Hoe verloopt de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisatoren in de tijd bij een samendrukbare dijk?*

De onderzoeksvraag is opgedeeld in 2 subvragen:

1. Wat is het verloop van de voorspanning in de tijd bij een samendrukbare dijk?
2. Hoe moet de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisator worden beheerd?

Voor zowel de proeflocatie in Purmerend als het project in de Watergraafsmeer zijn predicties van het verloop van de voorspanning gemaakt. Uit de predicties blijkt dat de afname van de voorspanning in de tijd afvlakt en dat bij herhaaldelijk afspannen de voorspanning, zoals verwacht, steeds minder snel afneemt. Onderhoud in de vorm van naspannen is noodzakelijk om de voorspanning gedurende de levensduur op peil te houden. Hoe vaak de beheerder dient na te spannen is sterk afhankelijk van de lokale situatie en grondsterkte.

Een postdictie volgt na enige jaren meten.

5.1 Predictie Purmerend

In Purmerend zijn voor 3 verschillende proefopstellingen een predictie gemaakt:

- (1a) JLD-Dijkstabilisatoren zonder een LDE-element met beheer op de voorspanning ;
- (1b) JLD-Dijkstabilisatoren zonder een LDE-element zonder beheer op de voorspanning;
- (2) JLD-Dijkstabilisatoren met een LDE-element én met beheer op de voorspanning.

De proeven worden uitgevoerd op een onbelast vlak maaiveld. De stabilisatoren staan onder een hoek van 45 graden. Gekozen is voor een onder en bovengrens van de voorspanning die dicht bij elkaar ligt. De ondergrens van de voorspanning ligt op 70 kN. De bovengrens op 84 kN.

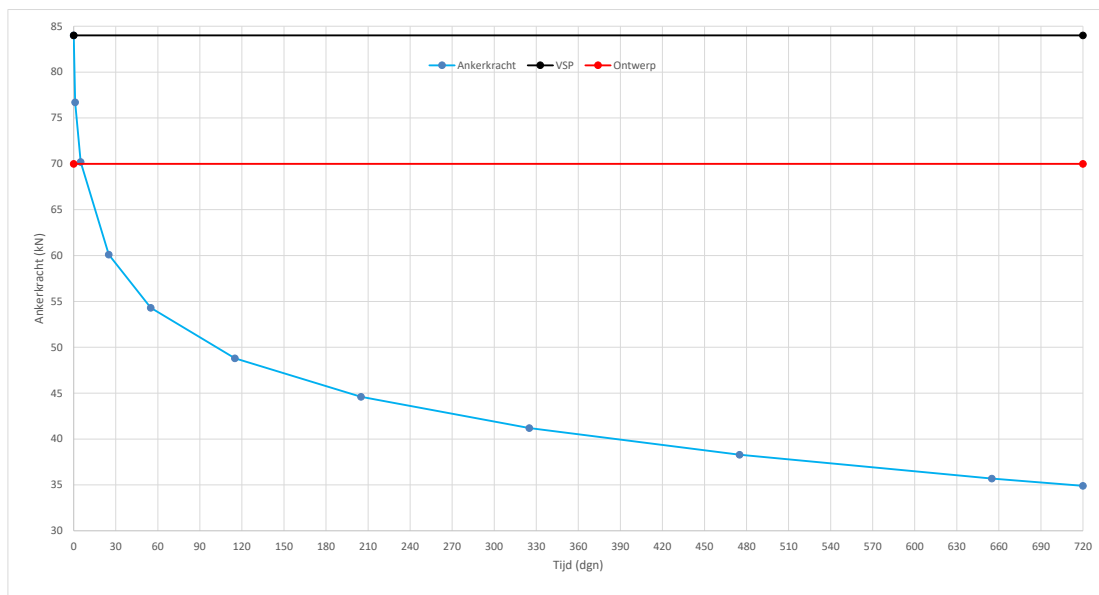
In de onderstaande tabel zijn de resultaten samengevat.

Tabel 5-1: resultaten predicties Purmerend

Variant	Voorspanning [kN]	Gesimuleerde periode	Aantal keer naspannen	Vervorming onder de kopplaat [m]
1a	84 - 70	2 jaar	7	0,25
1b	84 - n.v.t.	2 jaar	n.v.t.	0,15
2	84 - 70	2 jaar	6	0,20

In de proefopzet is voor een kleine bandbreedte gekozen, waarbij relatief vaak moet worden nagespannen. Door de kleine bandbreedte en hoge voorspanning kan er gedurende een korte periode veel kennis worden opgedaan over het vervormingsgedrag.

Indien er niet wordt nagespannen in de proef zonder het LDE element, loopt de voorspanning in 2 jaar tijd terug van 84 kN tot 35 kN. Zoals verwacht is vlakt de afname van de voorspanning in de tijd af.



Figuur 5-1: Grafische weergave van het ankerkrachtverloop gezien in de tijd – proef 1b

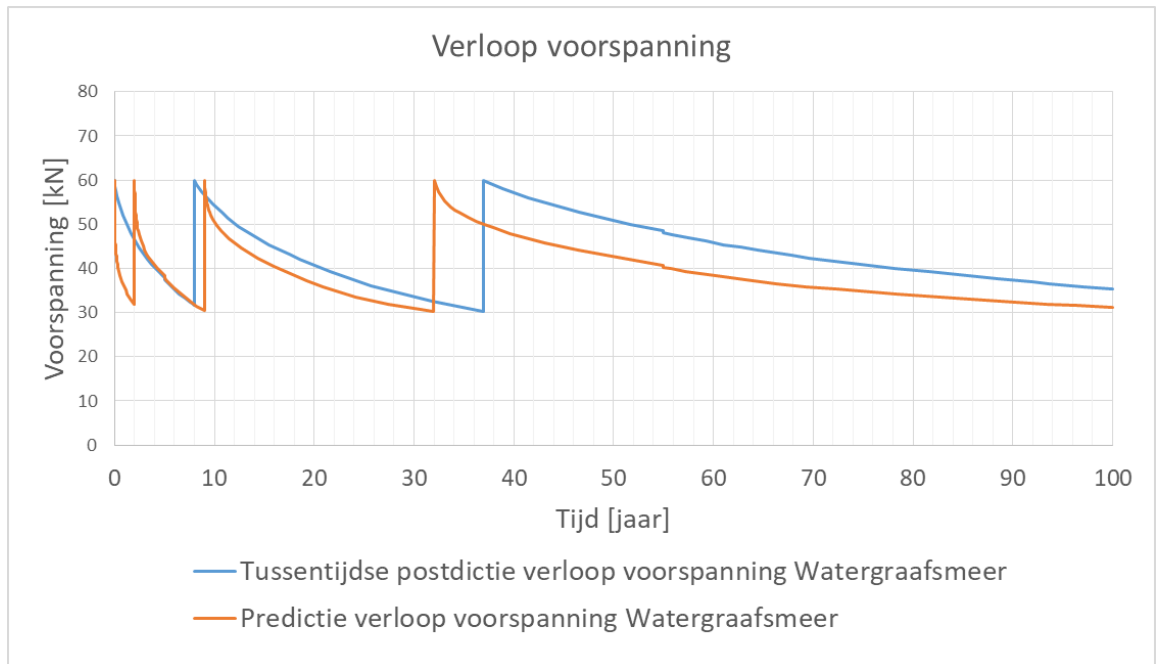
5.2 Verloop voorspanning Watergraafsmeer

Voor het project in de Watergraafsmeer zijn predicties gemaakt. Zowel voor een enkele rij JLD-Dijkstabilisatoren als voor een dubbele rij. De JLD-Dijkstabilisatoren staan in het talud van de dijk onder een hoek van 55 graden. In de onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven voor verschillende bandbreedtes van de voorspanning.

Op basis van de monitoring tijdens het aanbrengen van het systeem is een tussentijdse postdictie gemaakt van het verloop van de voorspanning in een enkele rij JLD-Dijkstabilisatoren. Uit de monitoring volgt dat de kleefcapaciteit van de ondergrond groter is dan aanvankelijk is gebruikt in de schematisatie (1 kN/m versus 7 kN/m). Hieruit volgt dat het aantal keer naspanssen afneemt van drie naar twee keer in 100 jaar.

Tabel 5-2: Resultaten predictiemodellen varianten voorspanning vervormingsmodel.

Variant	Voorspanning [kN]	Gesimuleerde periode	Aantal keer naspanssen	Vervorming onder de kopplaat [m]
1 (enkele rij)	30 - 80	100 jaar	2	0,54
2 (enkele rij)	30 - 60	100 jaar	3	0,43
3(enkele rij)	50 - 80	100 jaar	5	0,65
4 (dubbele rij)	30 - 60	100 jaar	4	Niet uitgewerkt



Figuur 5-2 Resultaat tussentijdse postdictie verloop voorspanning Watergraafsmeer

6 Verwijzingen

1. **Antea Group.** *Definitief ontwerp Watergraafsmeer.* 2019 .
2. **POV-Macrostablieit.** *POV-M publicatie Vernagelingstechnieken.* 2018.
3. **Deltares.** *JLD-Dijkstabilisator Postdictie EEM analyses fullscale proeven.* 2016.
4. **CUR bouw en infra.** *CUR166 Damwandconstructies.* 2012.
5. **Nederlands Normalisatie-instituut.** *NEN 9997-1+C2 (nl).* Delft : NEN, 2017.
6. **Deltares.** *Invulling witte vlekken acceptatie dijkvernageling secr, kenmerk: 1209112-001-GEO-0005-v02-r.* november 2016.
7. **Antea Group.** *Onderzoeksvraag 5 - draagkracht grond onder de kopplaat.* 2019.
8. **NEN.** *NEN997-1+C2 Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels.* 2017.
9. **Deltares.** *Invulling witte vlekken acceptatie Dijkvernageling.* 2016.
10. **van Weele, A.F.** *Moderne Funderingstechnieken.* 1983.

**Bijlage 1 Monitoringsplan voorspanproeven
Purmerend**



Monitoringsplan voorspanproeven te

ten bepaling van de voorspanning in de tijd van
de JLD-dijkstabilisator

projectnummer 0413509.00
definitief revisie 02
1 juni 2018

Monitoringsplan voorspanproeven te Purmerend

ten bepaling van de voorspanning in de tijd van de JLD-dijkstabilisator

projectnummer 0413509.00
documentnummer 413509.Mon.X.01
definitief revisie 01
1 juni 2018

Auteurs

B. van Meekeren
M. van Woerden

Opdrachtgever

Waternet
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam

datum vrijgave
4/6/18

beschrijving revisie 01
definitief

goedkeuring
P.J. Bart

vrijgave
V.R. Laracker

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding en context	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Planning	2
1.3	Leeswijzer	3
2	Doel van de proeven en de monitoring	4
2.1	Probleem- en doelstelling van de proeven en pilotproject	4
2.2	Waarom doen we de proef?	4
2.2.1	Voorspanproeven (vraag 13)	4
2.2.2	Pipingrisico langs ankers (vraag 7)	5
2.2.3	Trillingen (vraag 15)	6
2.2.4	Maaiveldzakkingen (vraag 16)	6
2.3	Geluidsmetingen	6
2.4	Testen van de machine voor het aanbrengen van de stabilisatoren en de afspanunit	7
3	Invulling onderzoek en proeven	8
3.1	Doelstelling voorspanproeven (vraag 13)	8
3.1.1	Doelstelling voorspanproeven - fase 1 Bureauonderzoek en Predictie	8
3.1.2	Doelstelling voorspanproeven - fase 2 Insitu proef	8
3.1.3	Doelstelling voorspanproeven - fase 3 Postdictie	9
3.2	Doelstelling Pipingrisico langs ankers (vraag 7)	9
3.3	Doelstelling trillingsmetingen (vraag 15)	9
3.4	Doelstelling maaiveldzakkingen (vraag 16)	10
3.5	Doelstelling geluid	10
4	Fase 1 – berekeningen	11
5	Fase 2 insitu proef - Metingen	12
5.1	Locatie van de proeven	12
5.2	Bodemopbouw	13
5.3	Opzet proefveld	14
5.4	Proefopstelling	16
5.4.1	Proefopstelling dijkstabilisatoren	16
5.4.2	Proefopstelling trillingsmeters	17
5.4.3	Proefopstelling kwelmeting	19
5.4.4	Proefopstelling geluidsmetingen	19
5.5	Aandachtspunten voor de proef	20
6	Risico's en beheersmaatregelen	21
7	Meetmethoden	22

7.1	Logboek	22
7.2	Te meten variabelen	22
7.3	Meetmethode en belastingschema	23
7.4	Processchema	24

8	Beheer proefveld	26
----------	-------------------------	-----------

9	Contactpersonen	27
----------	------------------------	-----------

Bijlage 1 Spanprotocol JLD-Klapankers

Bijlage 2 Meetschema

Bijlage 3 Uitvoeringsvolgorde

Bijlage 4 Situatieschets proefopstelling

1 Inleiding en context

1.1 Inleiding

De JLD-dijkstabilisator is een nieuwe dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid, bewijsbaarheid van deze methode is een pilotproject met praktijkproeven opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een ENW-acceptatie.

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen de versterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Waterschap AGV heeft hiertoe opdracht gegeven aan JLD Contracting BV en hierbij is een team van JLD, Antea Group, Wiertsema & Partners en Deltares betrokken.

In 2015 zijn reeds diverse proeven in dit kader uitgevoerd. Daaruit blijken diverse antwoorden. Ook resteren er enkele leemtes. Deze kennisleemtes zijn verwoord in het tussentijdse ENW-advies van 20 oktober 2016. Uitwerking van deze kennisleemtes heeft geresulteerd in 19 onderzoeksvragen.

Een aantal van deze vragen dienen voorafgaand aan het DO van het pilotproject te zijn beantwoord. Voor verder onderzoek en voor de beantwoording van deze vragen worden de volgende proeven en (genoemd) pilotproject uitgevoerd en gemonitord:

- Voorspanproeven te Purmerend;
- Interactieproef Veen te Broek in Waterland;
- Pilotproject Ringdijk Watergraafsmeer.

Voorliggend rapport betreft het monitoring van de voorspanproeven te Purmerend. De locatie ligt nabij het gronddepot van Gemeente Purmerend aan de Kwadijkerweg in Purmerend. Op deze locatie zijn ook de full-Scale beproevingen in 2015 & 2016 uitgevoerd.

Hoofddoel van de voorspanproeven betreft het beantwoorden van de volgende onderzoeksvraag:

- Mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft bij een samendrukbare dijk (vraag 13).

Tevens wordt deze proef gebruikt om de werking van de nieuwe machine voor het plaatsen van de JLD-Dijkstabilisatoren, de daarop aanwezige meetsystemen en de afspanunit te testen. Naast het testen van de machine testen we ook de werking van de druksensor en de zendunit voor het monitoren van de voorspanning.

Hieronder een overzicht van alle kennisvragen die tijdens deze proef in Purmerend onderzocht worden wr:

- Mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft (vraag 13);
- Pipingrisico en kwel langs de ankers, [visueel, infrarood] (vraag 7);
- Trillingsmetingen (vraag 15);
- Deformaties van het maaiveld (vraag 16);
- Geluid;

- De werking van de nieuwe plaatsingsmachine;
- De mogelijkheid om de kopplaat tot onder maaiveld weg te drukken;
- De werking van het monitoringssysteem voor de voorspanning (load-cell, zendunit, ontvangst zendsignaal en verwerking via platform);
- De impact op de vervormingen wanneer de grond onder de kopplaat versterkt wordt met het product clay crete;

Onderzoek naar veroudering en kruip van de ankerstangen is niet opgenomen bij de veldproeven in Purmerend. Voorgesteld wordt dit eerst met JLD te bespreken welke informatie er al is en / of deze onderzoeken in een laboratorium te laten uitvoeren.

Binnen deze proef kijken we niet opnieuw naar de draagkracht van de kopplaat zelf. Deze kan gedimensioneerd worden met gangbare modellen.

In dit rapport wordt alleen de monitoring van de insitu proef fase 2 uitgewerkt. Een toelichting op fase 1 en 3 is niet in detail uitgewerkt.

1.2 Planning

De periode van de voorspanproeven in Purmerend laten we afhangen van de meetresultaten. De minimale duur van de proef is 6 maanden. De maximale duur is 2 jaar . Er wordt uitgegaan van de volgende planning:

- 25 mei 2018; concept monitoringsplan voorspanproeven Purmerend;
- 1 juni 2018; definitief monitoringsplan voorspanproeven Purmerend;
- 18 juni 2018; start insituproef Purmerend

1.3 Leeswijzer

Dit monitoringsplan is de nadere uitwerking van een deel van de proeven die voorgenomen zijn te Purmerend. Dit plan beschrijft de monitoring van de 'voorspanproeven'. Daarbij wordt ingegaan op de volgende zaken:

1. Doel van de monitoring;
2. Fase 1 – bureaustudie
3. Fase 2 – insitu proef
 - a. Niveau waarop de monitoring zal plaatsvinden;
 - b. Te meten variabelen;
 - c. Meetmethoden;
 - d. Uitvoeringswijze;

2 Doel van de proeven en de monitoring

2.1 Probleem- en doelstelling van de proeven en pilotproject

De hoofdprobleemstelling van de proeven is inzicht krijgen in het verloop van de voorspanning in de tijd..

Daarnaast zijn er diverse kennisleemten met betrekking kwel en piping, vervormingen als gevolg van de voorspanning én de wijze van aanbrengen en de omgevingseffecten. Doel van het geheel van de proeven is: het geven van een betrouwbaar beeld van de werking van de dijkstabilisator. De proeven worden door middel van monitoring gevolgd.

2.2 Waarom doen we de proef?

Wanneer een grondlaag wordt belast tot boven de grensspanning, dan is er sprake van een grote samendrukking. Daardoor neemt de voorspanning van de JLD-dijkstabilisator relatief snel af. Verkennende berekeningen geven aan dat wanneer de bodem ca. 5 cm krimpt de voorspanning geheel verdwenen is. Wanneer de bodem ca. 5 cm zwelt, dan verdubbelt de voorspanning. Echter wanneer de voorspanning door beheer weer op de ontwerpspanning wordt gebracht, dan zal de grond stijver reageren en zal de voorspanning (langer) aanwezig blijven. Daardoor speelt het beheer een voorname rol in het behouden van de voorspanning.

Door verdichting van de grond maar ook doordat de LDP zich meestal in de onverzadigde zone bevindt is de grensspanning moeilijk te bepalen en zal veelal veel hoger zijn dan de terreinspanning. Dieper in de ondergrond, onder de verzadigde zone zal de grensspanning dichter tegen de oorspronkelijke terreinspanning liggen waardoor de invloed van de voorspanning op de samendrukking van de grondlagen weer groter is. Hierdoor is het totale vervormingsgedrag onder de kopplaat, en daarmee het verloop van de voorspanning, niet eenvoudig rekenkundig te voorspellen met de bestaande rekenmethoden. Er zijn veldproeven nodig om het inzicht in deze processen te vergroten.

Door een goed inzicht in relatie tussen de samendrukking van de grond onder de kopplaat en het verloop van de voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator is een betere inschatting te maken van de beheerinspanning die benodigd is. Daarnaast kan de wijze van aanbrengen van voorspanning in de bouwfase mogelijk de beheerinspanning optimaliseren.

Het hoofddoel van de veldproef in Purmerend betreft het verkrijgen van inzicht in het verloop van de voorspanning (onderzoeksvraag 13).

Tevens worden tijdens deze proef onderzoeken gedaan naar trillingen, deformaties van het maaiveld, kwel langs de stangen en geluid.

2.2.1 Voorspanproeven (vraag 13)

Door ENW zijn de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- *Mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft bij een samendrukbare dijk.*

Daarnaast is een nevendoelstelling om:

- *Het monitoringssysteem van de voorspanning en de verwerking daarvan tot voor de beheerder relevante informatie te testen.*

De JLD-dijkstabilisator wordt ingebracht met een voorspanning. Deze voorspanning leidt tot een verhoging van de spanningen in de grond. Als gevolg van deze spanningsverhoging treden er lokale zetting op. Wanneer de grond krimpt of zet neemt de voorspanning af. Wanneer de grond zwelt of deformeert bij hogere belastingen, dan neemt de voorspanning toe. Dus afhankelijk van het gedrag van de grond verandert de voorspanning in de tijd.

Om hier grip op te krijgen voeren we een proef uit. De doelen van de proef zijn:

- Controle van de predictie van het verloop van de voorspanning;
- Inzicht krijgen in de impact van beheer- en ontwerpmaatregelen op het verloop van de voorspanning;
- Ervaring opdoen met de voorgestelde monitoring, in de gebruikersfase zal er continue monitoring uitgevoerd worden. Tijdens de proef zal deze getest worden. Specifiek wordt hierbij gekeken naar de werking (monitoring, verzending en verwerking tot informatie) en redundantie van het monitoringssysteem, de energievoorziening (aanwezigheid batterij en mogelijkheid tot aansluiting op een vaste stroomvoorziening) en of de monitoring ook met de hand kan worden uitgelezen.;
- Input ophalen voor de monitoring en bijbehorend beheer voor het ontwerp in de Watergraafsmeer .

Het onderzoek sluit aan bij de gestelde onderzoeksvraag 13 door ENW:

- *Mate waarin de voorspanning over langere tijd aanwezig blijft bij een samendrukbare dijk.*

Het spanningsverloop in de JLD-dijkstabilisator dient continu inzichtelijk te zijn en minimaal en met een frequentie van 1 maal per uur te worden vastgelegd. Uitval van de metingen is een groot risico daar de proef dan verloren gaat. Door het toepassen van een online monitoring is er steeds inzicht in de werking van het monitoringssysteem en kan er snel worden ingegrepen bij eventuele uitval.

Logistiek dienen de ankers zo worden ingebracht dat bij het inbrengen van de volgende ankerstangen niet over eerder geplaatste rij gereden worden dan wel belast worden.

2.2.2 Pipingrisico langs ankers (vraag 7)

Door ENW zijn de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- Pipingrisico en kwel langs de ankers, [visueel, infrarood] (vraag 7);

Het risico op kwel langs ankers is moeilijk te voorspellen. De verwachting is dat in veel gevallen de gevormde gaten zich als gevolg van de natuurlijke gronddruk herstellen. In het geval er een wateroverdruk in het Pleistoceen aanwezig is, is het waarschijnlijk dat bij het trekken van de voorloper de waterdruk direct in het gat van de voorloper komt te staan waardoor het gat open blijft staan, zoals dat ook bij sonderingen en boringen het geval is. Verwacht wordt dat dit onderwerp bij komende projecten wordt besproken. Het invullen van deze kennisvraag stelt eisen aan de locatie, er moet namelijk sprake zijn van een (significante) wateroverdruk in de Pleistocene zandlaag.

Controle op kwel wordt uitgevoerd door:

- Het plaatsen van twee JLD-dijkstabilisatoren zonder voorspanning, ontgraven tot grondwaterstand;
- Visuele inspectie en foto-opnamen van alle JLD-dijkstabilisatoren;
- Infrarood opnamen.

Infrarood metingen werkt alleen bij temperatuurverschillen. Onderzoek naar temperatuurverschillen tussen de verschillende bodemlagen en watervoerende lagen kan door middel van het plaatsen van dataloggers in peilbuizen met temperatuursopname.

2.2.3 Trillingen (vraag 15)

Door ENW zijn de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- *Trillingen tijdens inbrengen (vraag 15).*

Om meer inzicht te krijgen in de trillingen worden de trillingen tijdens het inbrengen van de JLD dijkstabilisatoren gemonitord. Separaat aan de uitvoering zal een trillingspredictie worden opgesteld.

De trillingen dienen continu te worden gemeten conform de SBR-richtlijnen. Voorafgaand dienen 2 ankerstangen tot 2 meter in het pleistocene zand te worden ingebracht. De trillingsmetingen worden uitgevoerd aan de ankerstangen met VIBRA-apparatuur. Daarnaast worden er 2 trillingsmeters 1 m – mv weggezet. Hiermee krijgen we inzicht in de trillingen op het funderingsniveau van bebouwing.

2.2.4 Maaiveldzakkingen (vraag 16)

Door ENW zijn de volgende onderzoeksvraag gesteld:

- *Grondverdringing tijdens het inbrengen (deformaties dijk en panden) (vraag 16).*

Voorgesteld wordt om de maaiveldzakkingen te monitoren:

- Tijdens het inbrengen
- Gedurende de proef

De maaiveldzakkingen kunnen worden gemonitord door middel van een total station. Vooraf dient een grid met meetpunten te worden vastgelegd. De punten worden t.o.v. NAP en RD ingemeten.

2.3 Geluidsmetingen

Voor werkzaamheden in bebouwd gebied is inzicht nodig in het geluidsniveau. Voorgesteld wordt om geluidsmetingen uit te laten voeren zodat dit in de projectbladen kan worden onderbouwd.

2.4 Testen van de machine voor het aanbrengen van de stabilisatoren en de afspanunit

Voor het plaatsen van de dijkstabilisatoren is een nieuwe machine en een afspanunit ontwikkeld. Dit materieel wordt ook in de proef in Purmerend getest. Het gaat hierbij om

- Het aanbrengen van de ankers/dijkstabilisatoren verloopt conform ontwerp van de machine;
- De monitorings- en logsytemen van de machine goed werken en de gewenste outputleveren;
- Het afspannen van de dijkstabilisatoren verloopt conform ontwerp afspanunit;

3 Invulling onderzoek en proeven

Het totale onderzoek wordt gedaan in drie fasen.

- Fase 1: Bureauonderzoek en predictie, omvat literatuur en modelonderzoek;
- Fase 2: Insitu proef;
- Fase 3: Postdictie en schrijven beheerplan

3.1 Doelstelling voorspanproeven (vraag 13)

3.1.1 Doelstelling voorspanproeven - fase 1 Bureauonderzoek en Predictie

De JLD-dijkstabilisator bestaat uit een LDE, klapanker, ankerstang, kopplaatbout en kopplaat. Het klapanker kan tot in een diepe zandlaag geplaatst worden, waardoor de JLD-dijkstabilisator kracht ontleent aan verschillende grondlagen. Door het aanbrengen van de voorspanning op de kopplaat wordt het maaiveld onder spanning gezet, terwijl de JLD-dijkstabilisator via de trekstang en het klapanker kracht ontleent aan de diepe ondergrond. Het voordeel van de JLD-Dijkstabilisator is dat dit een actief systeem betreft dat geen vervorming van de dijk nodig heeft voordat het in werking treedt. De kopplaat speelt een essentiële rol in de overbrenging van de krachten naar de ondergrond.

De gedragingen van de grond rondom voorspanning van de kopplaat zijn onbekend. De voorspanning wordt aangebracht in de trekstang. Dit vertaalt zich in een kopplaat die de dijk wordt "ingetrokken". Er bestaan diverse interacties die zowel positief als negatief kunnen werken. Een risico voor het plaatsen van de kopplaat is de aansluiting met de ondergrond. De kopplaat dient over het gehele oppervlak contact te maken met het talud. In de voorgaande proeven bij Purmerend is gebleken dat dit een aandachtspunt is.

Onderwerpen welke tijdens het bureauonderzoek uitgewerkt worden zijn:

- Voorbereiden van de proef en opstellen monitoringsplan;
- Predictie van de zettingssnelheid t.g.v. voorspanning;
- Versteving als gevolg van aanpassing grensspanning;
- Predictie van impact seizoenseffecten;
- Ontwerp versteving ondergrond met clay-crete.

Het bureauonderzoek wordt separaat aan de insitu-proef in Purmerend uitgevoerd. Gestreefd wordt om de predictie vooraf aan de proeven gereed te hebben. Op dit moment zijn in dit rapport belastingen ingeschat op basis van de voorgaande proeven.

Hiermee wordt de hoofdoelstelling van fase 1 van de voorspanproeven: inzicht verkrijgen in de optredende processen en de bandbreedtes daarvan op de voorspanningen van de kopplaat ten behoeve van toepassen van de dijkstabilisator.

3.1.2 Doelstelling voorspanproeven - fase 2 Insitu proef

De eerste fase geeft een bandbreedte weer. De vervolgfase, fase 2, gaat in op de praktijk. Daarbij wordt beschouwd in elke mate de verwachte bandbreedtes optreden. Daarmee is fase 1 een predictie van fase 2.

Hiermee wordt de hoofdoelstelling van fase 1 van de voorspanproeven: de voorspelde bandbreedtes uit fase 1, betreffende de variatie van de voorspanning van de kopplaat van de JLD-dijkstabilisator, verifiëren in de praktijk van de kopplaat en zo te komen tot een passende ontwerpwijze en beheerstrategie voor de dijkstabilisator. Nevendoelstelling is om door middel van metingen antwoord te geven op de onderzoeksvragen met betrekking tot: het pipingrisico, de optredende trillingen en maaiveldzakkingen en de wijze van aanbrengen en monitoring van de voorspanning.

3.1.3 Doelstelling voorspanproeven - fase 3 Postdictie

Na het uitvoeren van de proeven wordt er een postdictie opgesteld. Binnen deze postdictie worden de resultaten uit de proeven vergeleken met de predicties. Idealiter zou het zo zijn dat de postdictie in het geheel pas wordt uitgevoerd na het voltooien van de proef. Echter in verband met de informatie behoefte vanuit de POV M, het project Dijkversterking Watergraafsmeer en het project dijkversterking KIJK zullen er een of meerdere tussentijdse analyses van de data uitgevoerd moeten worden.

Onderwerpen welke tijdens de postdictie uitgewerkt worden zijn:

- Passend rekenmodel met bijhorende parameters.
- Gevoeligheid rekenmodel voor modelkeuzes en parameters.
- Spanningsspreiding en relatie met groepseffect.
- Zettingssnelheid t.g.v. voorspanning.
- Gevoeligheid van berekeningen voor verschillende zettingsmodellen.
- Versteving als gevolg van aanpassing grensspanning
- Predictie van impact seizoenseffecten.
- Verifiëren evenwichtsdraagvermogen kopplaat voor proeflocatie.

3.2 Doelstelling Pipingrisico langs ankers (vraag 7)

Inzicht dient te worden verkregen of kwel langs ankers zal optreden. Tevens dient inzicht te worden verkregen hoe een locatie met kwel hersteld kan worden. Deze vraag kent geen predictie fase. Op basis van de veldmetingen wordt geconstateerd of piping optreedt of niet (postdictie).

3.3 Doelstelling trillingsmetingen (vraag 15)

Met de trillingsmetingen wordt meer inzicht verkregen in de trillingen door het apparaat. Met inzicht kin de trillingen kan de werkwijze worden aangepast. Voor komende projecten kan het risico op trillingen worden onderbouwd. Deze vraag kent geen predictie fase. De postdictie betreft het verwerken van de gemeten trillingen in een factsheet.

3.4 Doorstelling maaiveldzakkingen (vraag 16)

Meer inzicht krijgen in het verloop van maaiveld deformaties. De pre- en postdictie hiervan worden meegenomen in het beantwoorden van onderzoeksvraag 13.

3.5 Doelstelling geluid

Door middel van geluidsmetingen wordt inzicht verkregen in de geluidsproductie. Bij nieuwe projecten kan het geluidsniveau worden onderbouwd. De metingen maken keuze in aanpassingen mogelijk. Deze vraag kent geen predictie fase. De postdictie betreft het verwerken van het gemeten geluid in een factsheet.

4 Fase 1 – berekeningen

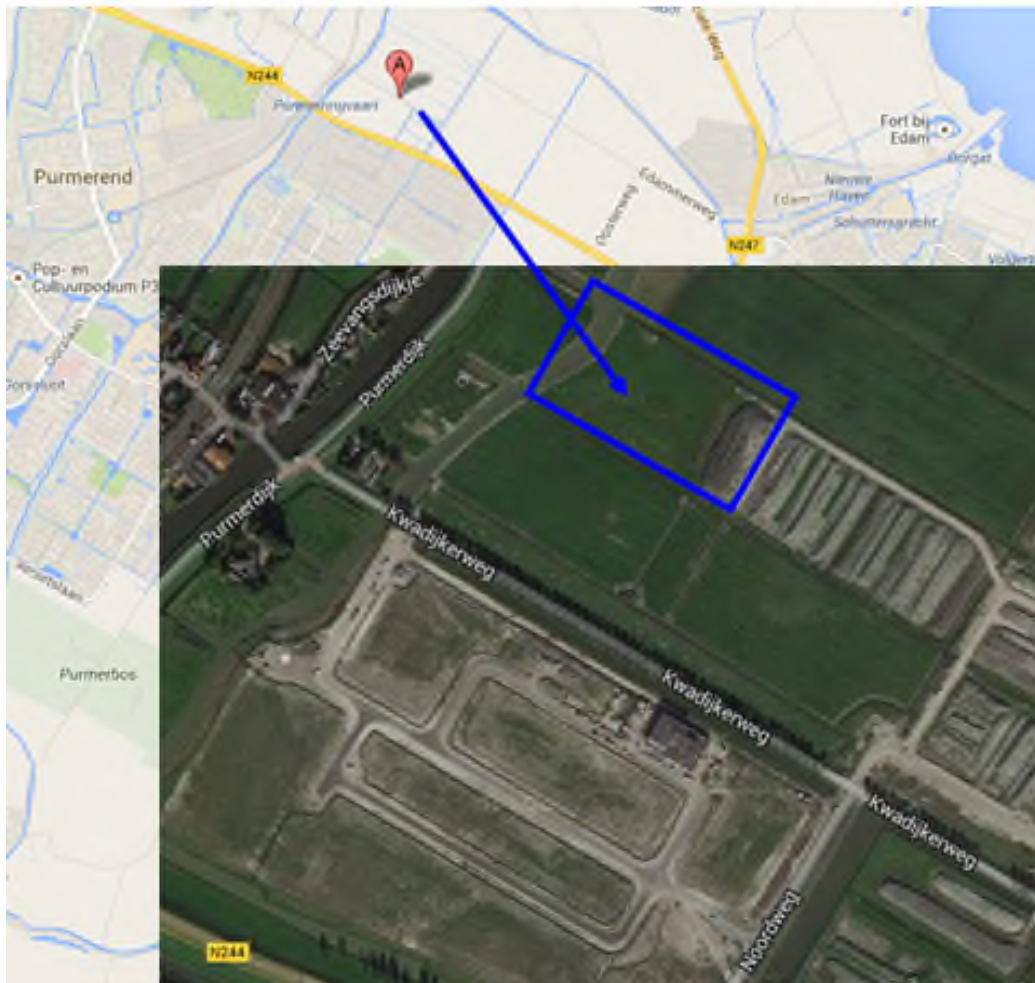
De berekeningen voor de voorspanproeven worden gezien de planning separaat aan de voorspanproeven uitgewerkt. Gestreefd wordt om vooraf een predictie gereed te hebben.

In het voorgaande traject zijn al belastingen en aanspanmomenten bepaald. Een beperkt risico is dat later mogelijk toch liever voor andere spanningen of aanspanmomenten was gekozen.

5 Fase 2 insitu proef - Metingen

5.1 Locatie van de proeven

Onderstaande afbeelding geeft een impressie van de locatie waar de proeven te Purmerend zullen plaatsvinden.



Figuur 5-1: Impressie locatie proeven Purmerend

De locatie bevindt zich op bouwland in de gemeente Purmerend. De beschikbaarheid van het terrein is afgestemd met de eigenaar.

Er is gekozen voor het bouwland in Purmerend als testlocatie voor de voorspanproeven. Deze keuze heeft de volgende redenen:

- Deze voorgenomen locatie omvat alle kritische aspecten die van belang zijn voor een goede postdictie. Dit betreft de volgende zaken:
 - De locatie is voldoende lang beschikbaar om de kritische processen te monitoren.
 - Voor het uitvoeren van de proef is een homogene grondopbouw een voorwaarde. Bij het uitvoeren van de proef willen we zoveel mogelijk omgevingsvariabelen elimineren (bijvoorbeeld heterogene opbouw) om het rekenmodel te kunnen valideren.
 - Van de locatie worden de volgende seizoensvariaties verwacht: dag/nacht, zomer/winter.
 - Er zijn diverse samendrukbare lagen aanwezig waarbij de verwachting is dat er zwel en/of krimp processen optreden.
 - Er is een lichte overdruk in de diepe zandlaag aanwezig.
- Bij het uitvoeren van de proef willen we een ondergrond hebben waar we kunnen voorspellen hoe het grondgedrag gaat zijn. Daarvoor is grondonderzoek benodigd. Op deze locatie is reeds veel grondonderzoek beschikbaar.
- We willen graag met enige snelheid starten met het uitvoeren van de proef; de voorkeur gaat uit naar een locatie waar we gelijk kunnen aanvangen met het werk;
- De eigenaar van de grond is welwillend om een dergelijke proef op haar grondgebied te laten uitvoeren, er is namelijk vrijwel geen overlast naar de omgeving toe.

Nadelen van het terrein zijn er echter ook

- De gekozen locatie in Purmerend heeft geen veen ondergrond. Er is alleen slappe klei in de ondergrond. Om deze reden zijn ook proeven in Broek en Waterland gepland.
- Er is geen dijklichaam aanwezig op de proeflocatie, hierdoor kan het effect van grondophogingen enkel gemodelleerd worden;

De proeven die in dit plan beschreven zijn worden uitgevoerd op een deel van het terrein dat nog niet eerder gebruikt is voor proeven en daarmee ongeroerd is.

5.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is bepaald bij het uitvoeren van interactieproeven in 2015. Er worden circa 6 aanvullende sonderingen geplaatst om de bodemopbouw te verifiëren. Daarnaast worden nieuwe peilbuizen geplaatst om de freatische lijn en de stijghoogte in het diepe zand te monitoren.

Hieronder staat een korte samenvatting van het grondonderzoek uit 2015 van het veld naast het proefveld. Voor het volledige onderzoek wordt verwezen naar Deltares (2016) JLD-Dijkstabilisator - Postdictie EEM analyses fullscale proeven; Par 3.1 Bodemopbouw

De bodemopbouw is reeds bepaald in het verkennend geotechnisch onderzoek. Dit omvat een fors aantal sonderingen (> 20 stuks). Daarnaast zijn een aantal boringen uitgevoerd (ca. 10 stuks).

De bodemopbouw is schematisch weergegeven in de onderstaande tabel. Daarin is te zien dat de locatie in een polder ligt met een laag maaiveld (ca. NAP -3,9 m). Van de bodem is de toplaag gerijpte/ verstevigde klei. Daaronder ligt tot ca. NAP -8,2 m een laag slappe klei. Van ca. -8,2 tot ca. -8,5 m is er overall een sterk zandig kleilaagje aanwezig. Van -8,5 tot ca. -11,2 m bestaat de

bodem uit wadzand. Dit wadzand bestaat afwisselend uit klei- en zandlagen, beide hebben een dikte van enkele centimeters. Onder het wadzand start het pleistocene zand. Het totale holocene pakket is ca. 7 m dik. In *Tabel 1* is een overzicht gegeven van de grondopbouw van de proeflocatie.

Tabel 1 Globale grondopbouw van de proeflocatie

nr.	van [m+NAP]	tot [m+NAP]	dikte [m]	grondsoort
1	-3,9	-5	1,1	klei, toplaag
2	-5	-8,2	3,2	klei, schoon
3	-8,2	-8,5	0,3	klei, sterk zandig
4	-8,5	-11,2	2,7	klei, zwak zandig / wadzand
5	-11,2	zand

De ondiepe grondwaterstand is gelijkgesteld aan het polderpeil. Dit is NAP -4,6 m. Ter plaatse van de proef is vooralsnog geen rekening gehouden met opbolling als gevolg van neerslag. Ook is geen rekening gehouden met andere factoren, zoals overspannen water dat uittreedt aan de bovenzijde (dus leidt tot een stijging van de freatische waterstand). Indien dit tijdens de proef optreedt en effect heeft op de resultaten wordt dit opgenomen in de postdictie

De diepe grondwaterstand is bepaald aan de hand van twee diepe peilbuizen. Deze geven waarden variërend van NAP -3,95 tot -3,4 m.

5.3 Opzet proefveld

Het proefveld is weergegeven in bijlage 1. Daarbij is rekening gehouden met een h.o.h. afstand van 5,0 m tussen de individuele proeven. Reden hiervoor is om onderlinge beïnvloeding van de dijkstabilisatoren tegen te gaan. Gezien de ruimte wordt 5,0 m aangehouden.

In deze fase zijn 4 verschillende typen proeven voorgenomen. Er worden 3 ankers in de grond gebracht met voorspanning (klpanker met trekstang en kopplaat). Aan deze ankers wordt niet opnieuw onderhoud gepleegd. Deze ankers gelden als referentie. In *Tabel 2* en *Tabel 3* staat omschreven hoe de overige proeven worden uitgevoerd.



Figuur 5-2: Indeling proefveld met deelproeven.

Tabel 2 Overzicht proeven – voorspanproeven (must have)

Proef nr.	Aantal	Doel
1a	5x	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (F_{int}) en opnieuw voorspannen na 20% afname van F_{int} . Geen LDE element onder de kopplaat
1b	3x	Voorspanning bij aanbrengen. Geen LDE element onder de kopplaat
2	5x	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (F_{int}) en opnieuw voorspannen na 20% afname van F_{int} . Dit betreft een volledige dijkstabilisator inclusief een LDE element.
Totaal	12	

Tabel 3 Overzicht additionele voorspanproeven (nice to have)

Proef nr.	Aantal	Doel
3	5x	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (F_{int}) en opnieuw voorspannen na 20% afname van F_{int} . Bij deze proeven wordt er een grondverbetering met clay crete aangebracht onder de kopplaat.

Onderbouwing aantallen proeven

Elke proef wordt 5 maal herhaald (m.u.v. de referentie proeven) zodat, ook in het onverhoopte scenario van uitval, er nog steeds afdoende proeven over zijn voor het bepalen van een representatief gemiddelde.

5.4 Proefopstelling

5.4.1 Proefopstelling dijkstabilisatoren

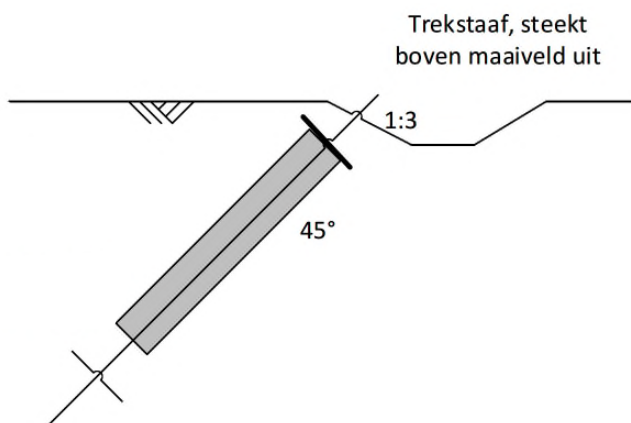
De proefopstelling is voorgenomen conform de schetsen in Figuur 5-2 en Figuur 5-3. De elementen worden onder een hoek van 45° met het horizontale maaiveld ingebracht, conform eerdere proeven. Deze worden haaks op het talud geplaatst. Daarbij komt het diepste punt onder de kruin.

Er worden vijf proeven uitgevoerd per onderdeel. Dit wordt gedaan om zowel het risico op uitval te beperken als ook om voldoende proeven te hebben voor het toepassen van statistiek. Risico is de uitval van de sensoren of dat ze niet goed werken. De sensoren dienen vooraf zeer goed getest te worden. Bij uitval van sensoren kan de (volledige) proef verloren gaan. Dit risico wordt ook beheerst doordat de sensoren online gemonitord worden.

Bij uitval van één van de proeven resteren er dan vier proefresultaten. Dit wordt gezien als het minimum voor het bepalen van een passend gemiddelde per onderdeel.

De onderstaande figuur geeft een beeld van de voorgenomen proefopstelling. Er is gekozen om een volledige JLD-dijkstabilisator toe te passen, dus inclusief plaatsingshoek en LDE. Dit sluit het beste aan bij de praktijksituatie. Voor de kopplaat gelden de volgende uitgangspunten:

- Afmetingen kopplaat: 950 x 950 mm.
- Plaatsingshoek kopplaat: haaks op de trekstaaf, dus 45°.
- Gemiddelde diepte kopplaat: 0,35 m.
- Gemiddelde gronddekking kopplaat: 0,30 m.
- De lengte van het toe te passen LDE dient tot 1 m boven de pleistocene zandlaag te reiken. Dit komt uit op een lengte van circa 9 meter.



Figuur 5-3 Schets van de proef (must have). Getekend is de opstelling mét LDE

Tabel 4 Overzicht samenstelling stabilisatoren per proef

#	Lengte LDE	Lengte trekstaaf	Diepte anker	Diepte onderkant LDE	Niveau kopplaat	Plaatsingshoek
1	9 m	14+1 m	NAP -13 m	Ca. NAP -10 m	0,3 m-mv	45°

Uitgangspunten:

- Maaiveld NAP -3.9 m.
- Ankerdiepte NAP -13 m
- Trekstaaf steekt 1,0 m boven maaiveld uit.

5.4.2 Proefopstelling trillingsmeters

Het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator zal resulteren in trillingen. Trillingen zijn voornamelijk van invloed op:

- Bebouwing, waarbij er schade kan ontstaan t.g.v. trillingen.
- Zandige gronden met een korrelverdeling waarbij één bepaalde korreldiameter sterk oververtegenwoordigd is. Dit zal in hoofdzaak een pleistocene deklaag zijn, die na het

terugtrekken van de pleistocene gletsjers door wind is aangevoerd. Dit type zand kan bij voldoende lage verdichting potentieel snel verweken t.g.v. trillingen.

De huidige software om trillingspredicties uit te voeren is geschreven voor het inbrengen van een (stalen) damwand. Hierbij wordt de damwand verticaal aangebracht. Dit is een wezenlijk andere situatie dan bij de JLD-Dijkstabilisator, waarbij zowel het anker als het LDE-element onder een hoek wordt aangebracht.

Het is noodzakelijk om de predictiesoftware van damwanden te ijken in relatie tot de JLD-Dijkstabilisator.

Tevens dient onderzocht te worden wat de amplitude van de trillingen nabij het LDE-element.

Configuratie trillingsmetingen:

- De trillingsmeters worden gezet in de diepe zandlaag (2 stuks) én op 1 meter min maaiveld (2 stuks, de diepte van een fundering op staal)
- Er wordt gemeten in de lengterichting van de proeven en haaks erop; De trillingsmeters worden als volgt geplaatst:
 - o Haaks op de inbrengrichting van de dijkstabilisatoren: op 1 m van de positie van het klapanker van proef 18;
 - o In lengterichting van de dijkstabilisatoren: op 1,5 m uit het hart van de kopplaat ten westen van proef 18;.
- Eén controle meetpunt op ca. 60 meter van de kopplaat.

Hierbij worden de locaties van de mogelijke bebouwing goed afgedekt, evenals een laag zeer verweekbaar zand. Doordat continue gemeten wordt tijdens het inbrengen van de klapankers en het LDE wordt ook het verloop van de trillingen met de afstand goed in kaart gebracht (We werken naar de trillingsmeters toe).



Figuur 5-4 Overzicht proefopstelling

5.4.3 Proefopstelling kwelmeting

Er worden 3 klapankers met LDE weggezet om na te gaan of er kwel langs de ankers/LDE's op kan treden. Bij deze proef wordt geen kopplaat toegepast en wordt het LDE niet afgedekt met grond om eventuele kwel zo goed mogelijk te kunnen meten. Hiertoe worden de ankers met het LDE net als bij de voorspanproef in een greppel gezet zodat de metingen niet verstoord worden door neerslag die zich ophoopt in de ontgraving om het LDE te plaatsen. Voordeel van deze opstelling is ook dat de kop van het LDE beneden maaiveld komt te staan en daarmee de overdruk uit het diepe zand ten opzichte van de kop van het LDE groter wordt.

De metingen vinden incidenteel plaats op basis van de gemeten stijghoogte. Er wordt gemeten bij een hoge stijghoogte in de zandlaag. De metingen worden uitgevoerd met infrarood en visueel. Ten behoeve van de infraroodmetingen wordt ook een referentiemeting uitgevoerd op een onverstoord stuk maaiveld én wordt de temperatuur van het water in de diepe zandlaag gemeten.

5.4.4 Proefopstelling geluidsmetingen

De geluidsmetingen worden uitgevoerd met de wind mee en haaks op de wind. Hiertoe wordt op de meetdag bepaald wat de windrichting is (en gecontroleerd gedurende de dag) Dit gebeurt met een vlag in het veld.

De metingen worden op uitgevoerd op afstanden van 5, 10, 25 en 50 meter vanaf de locatie waar een dijkstabilisator wordt geïnstalleerd.

5.5 Aandachtspunten voor de proef

De opzet van de proef is om het gehele systeem van de JLD-dijkstabilisator te testen. In eerste plaats moet het systeem een kopplaat omvatten, omdat hiermee de voorspanning aangebracht wordt. Op de tweede plaats omvat het systeem een trekstaaf, voorspanbout en klapanker om de kracht vanuit het systeem over te brengen naar de ondergrond.

Ten derde is er bij 5 proeven een LDE aanwezig. Dit heeft een aantal argumenten:

1. Het sluit aan bij het toe te passen systeem in dijkversterkingen, daarmee wordt dit een volledige proef.
2. Door het toepassen van proeven mét en zónder LDE wordt het verschil in werking inzichtelijk gemaakt.
3. Er zal sprake zijn van krimp en zwel processen, vooral bij krimp processen zal de kracht verloop via het LDE naar diepere lagen verlopen.. Op basis van eerdere ervaringen in Purmerend is het beeld dat de krachten langs het LDE niet te verwaarlozen zijn (20-30 kN)..
4. Het plaatsen van de LDE zorgt voor enige verstoring in de bodem dit leidt mogelijk tot een andere vorm van het bezwijkvlak onder de kopplaatvlak wat ook van toepassing is in het toepassingsgebied van de JLD- dijkstabilisator (dijkversterkingen).

Het verloop van de voorspanning mag niet worden beïnvloed door kruip van het klapanker. Daarom dient een klapanker gebruikt te worden dat de aan te brengen voorspanning met een ruime marge kan dragen. Hiertoe wordt de maximale ankerkracht bepaald. Hier wordt vervolgens

een veiligheidsfactor gebruikt om tot een ankerkracht te komen. Er wordt een klapanker gekozen dat deze kracht zonder problemen aan kan. Hierdoor kan de afmeting van het klapanker in de proef verder buiten beschouwing gelaten worden.

Er is tevens een proef voorgenomen met grondverbetering onder de kopplaat. Dit heeft een aantal redenen. Wanneer het draagvermogen onder een kopplaat onvoldoende sterk is, dan is een grondverbetering direct onder de kopplaat een maatregel die voorhanden is. Daarnaast zorgt de grondverbetering voor een reductie van de kans op 'frietsnijden' van de grond direct onder de kopplaat door de openingen van de kopplaat en grondbreuk / plastisch vervormen van de deklaag onder de kopplaat. Tenslotte zorgt deze werkwijze er voor dat de grond direct onder de kopplaat steviger wordt en mogelijk minder zal krimpen en zwellen. Ook wordt de belasting beter gespreid naar de ondergrond en zal de ondergrond ook minder zetten. Om inzicht te krijgen in deze aspecten is deze proef ook opgenomen in de proefopzet.

6 Risico's en beheersmaatregelen

In Tabel 6.1 zijn de Risico's die op kunnen treden en de te nemen beheersmaatregelen weergegeven.

Tabel 6.1: risico's en beheersmaatregelen

#	Risico	Criterium	Actie	Beslisser
1	Impact weersomstandigheden (bv verweking toplaag door hevige regenval of vorst)	Plassen op het maaiveld	Kopplaat in talud aanbrengen zoals de dijkstabilisator ook in werkelijkheid wordt aangebracht zodat water weg kan	PJ. Bart
			Weersomstandigheden meten(temp, neerslag, luchtdruk)	
		>0,10 m vorst in bodem	Weersomstandigheden meten(temp, neerslag, luchtdruk)	PJ. Bart
		Temperatuur $\leq -5^{\circ}\text{C}$	Proef onderbreken	PJ. Bart
2	Stroomuitval	Uitvallende generator	Back up generator aansluiten anders proef onderbreken	K-J Van der Made
3	Uitval meetapparatuur	Niet werkende meetapparatuur	Meetapparatuur vervangen en onderbrekingsmoment rapporteren	K-J Van der Made
4	Uitval personeel		Ter beslissing in het veld	J. Koopman & K-J Van der Made
5	Uitval materieel		Proef onderbreken	J. Koopman
6	H.o.h. afstand stabilisatoren beïnvloed de proef	Analyse vooraf	Stabilisatoren voldoende ver uit een zetten	Voorafgaand aan proef besloten
7	Diefstal en vandalisme van de apparatuur	Niet werkende/verdwijende meetapparatuur	Proef afzetten met hekwerk	J. Koopman
8	Maaibeleid	Handmatig maaien	Handmatig maaien	J. Koopman
9	Vergraving door mollen e.d.	Visuele inspectie	1/week visueel inspecteren	J. Koopman

7 Meetmethoden

7.1 Logboek

Tijdens de uitvoering dient een nauwkeurig logboek te worden bijgehouden. Datum, tijdstip en locaties van de werkzaamheden dienen te zijn opgenomen. Werkzaamheden per meting, wijziging en inbrengen JLD-dijkstabilisatoren dienen met aanvangs- en beëindigingstijdstippen te zijn opgenomen.

7.2 Te meten variabelen

Hieronder staat een overzicht van de te meten variabelen. In de bijlage is een schema opgenomen met een overzicht inclusief kwantificering van de meetmethoden.

Concreet worden gedurende de proef de volgende zaken gemeten:

- *De kracht van de trekstaaf op de kopplaat in de tijd.*
Dit start met de voorspankracht die met de vijzel wordt gezet en wordt continue gemeten met een drukdoos;
- *De verdraaiing van de trekstang.*
Deze helling van de trekstang wordt incidenteel bemeten;
- *De verplaatsing van de kopplaat (midden en hoekpunten).*
Deze wordt incidenteel bemeten,
- *De verticale verplaatsing van de omliggende bodem (aan het maaiveld)..*
Deze wordt incidenteel bemeten,
- *De horizontale verplaatsing van de omliggende bodem(aan het maaiveld).*
Deze wordt incidenteel bemeten tesamen met de verticale vervorming
- *De grondwaterstanden stijghoogte in het diepe zand,*
Deze wordt gemeten in de aanwezige peilbuis.
- *Infraroodmeting van de kwel bij 3 ankers met LDE's.* Deze wordt incidenteel bemeten,
- *De weersomstandigheden (temp, neerslag, luchtdruk).*

Daarnaast worden tijdens het plaatsen de volgende zaken gemeten:

- Trillingen
- Geluid
- Werking monitoring en doorgifte monitorings- en interventiesignalen
- Werking plaatsingsmachine en afspanunit

Gedurende de proef wordt periodiek op kwel gecontroleerd.

7.3 Belastingschema en beheer voorspanning

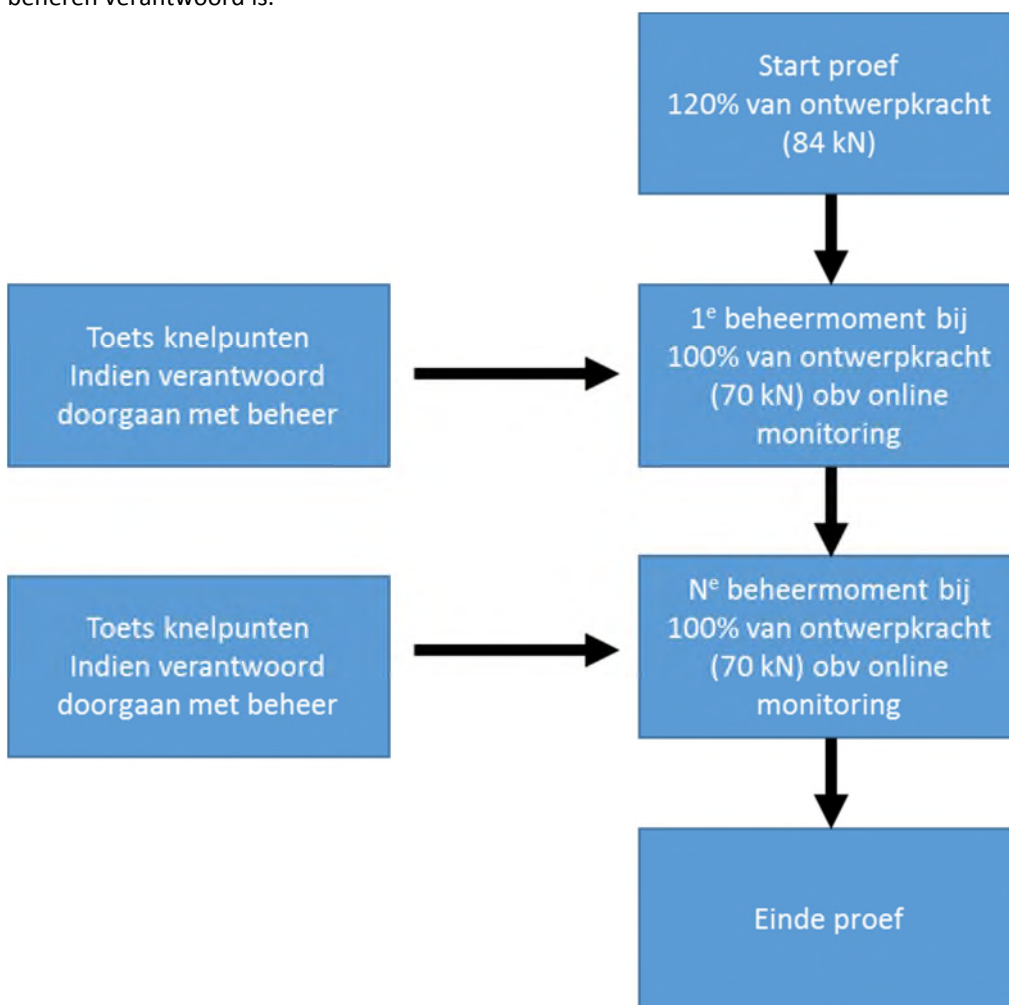
Voor de meetmethode en het belastingschema zijn geen vergelijkbare objecten en procedures beschikbaar. Wel bestaan parallellen met de belasting van trekpalen conform CUR236. Deze werkwijze stelt voor om door te gaan tot 120% van de ontwerpkracht. Dit is de basis van de voorgenomen monitoringswijze. De voorspankracht bij de proeven in Purmerend was 70 kN, deze waarde is hier als ontwerpwaarde aangehouden. De maximumkracht die de kopplaat en spanmoer aan kunnen is ca. 100 kN. De ontwerpwaarde is lager gekozen dan de sterkte van deze onderdelen.

Tabel 7.1: Belastingschema voorspanproef

Tijdstip (maand)	Omschrijving	Belasting (Fp = 70 kN)	Meetwijze / constatering
0	Start proef	120% van ontwerpkracht (=84 kN)	Plaatsen en met vijzel op spanning brengen.
1	Beheer moment	Ingrijpen bij 100 % van de ontwerpkracht (70 kN) opspannen naar 120% van ontwerpkracht (=84 kN)	Opgraven en met vijzel op spanning brengen.
2	Geen acties	Geen acties	Visueel en landmeetkundig
3			
...			
12	Beheer moment	Ingrijpen bij 100 % van de ontwerpkracht (70 kN) opspannen naar 120% van ontwerpkracht (=84 kN)	Opgraven en met vijzel op spanning brengen.
...			
24	Einde proef	Geen acties	

7.4 Processchema

Hieronder is het processchema weergegeven. In de basis vervolgt de proef altijd alle stappen (24 maanden). Per moment van meten of beheren moet echter gezien worden of het meten of beheren verantwoord is.



Figuur 7-1 stroomschema meting

Toets knelpunten per beheermoment

Er dient per meetmoment getoetst te worden op de volgende zaken:

- Algehele veiligheid (verkeer, werklocatie, e.d.)
- Voorspankracht, deze dient kleiner te zijn dan de bezwijkkracht van de trekstang en spanmoer/load-cell waarmee de trekstang verbonden is met de kopplaat (=100 kN).
 - o Indien de kracht ongewenst groter is, bestaat het risico op letsel bij bezwijken en terugveren van de kopplaat en trekstang.
 - o In dit geval geen beheer uitvoeren. Opgraven kopplaat is onverantwoord.
- Toets op visuele knelpunten voor uitvoeren proef, voorbeelden zijn:
 - o Scheurvorming ondergrond
 - o Scheurvorming kopplaatgrond
 - o Scheurvorming powernutgrond

Uitvoering beheermoment

Bij het beheermoment dienen de volgende zaken worden uitgevoerd:

- Invullen meetstaat/formulier.
- Opgraven kopplaat, graszode apart.
- Foto maken van de kopplaat
- Kopplaat op spanning brengen met vijzel, aanspannen conform protocol controle proef JLD Klapanker. Hierbij geldt $F_{s, A'd}$ als F_{int} (=84kN). Het schema van de controleproef is opgenomen in de bijlage.
- Foto maken van de kopplaat.
- Lengte van de trekstaaf boven de kopplaat opmeten.
- Grond terugzetten op kopplaat.

8 Beheer proefveld

Het veld mag gedurende de proeven niet met zwaar materieel onderhouden worden.
Maaierwerkzaamheden dienen handmatig te worden uitgevoerd.

Toegang tot het veld moet worden afgesloten door een hek met een slot.

9 Contactpersonen

Tabel 2 Contactpersonen aanwezig op het werk

Naam	Rol	E-mail	Tel	Organisatie
Sander Medendorp	Proefleider W&P	s.medendorp@wiertsema.nl	06-21874246	Wiertsema & Partners
Pieter Jeroen Bart	Proefleider Antea	pieter.bart@anteagroup.com	06- 5154 8364	Antea Group
Erik de Wildt	V&G coördinator en terreinopzichter	-	06-16701307	JLD International

Tabel 3 Contactpersonen back-office

Naam	Rol	E-mail	Tel	Organisatie
Kees-Jan van der Made	Grond-, labonderzoek en monitoring	c.made@wiertsema.nl	06-50298442	Wiertsema & Partners
Martien Berk	Projectleider Antea	Martien.Berk@Anteagroup.com	06-51827394	Antea Group
Harmen van Meekeren	Geotechnische uitvoering proeven	harmen.vanmeekeren@Anteagroup.com	0513-634272	Antea Group
Jos Karsten	Directeur JLD	Jos@JLDinternational.com	06-46627983	JLD International
Jan Koopman	Projectleider JLD	Jan@JLDcontracting.nl	06-31688892	JLD-International
Huub de Bruijn	Adviseur opdrachtgever	Huub.deBruijn@Deltares.nl	06-51246029	Deltares

Bijlage 1 Spanprotocol JLD-Klapankers

Protocol Testen JLD-Klapankers



file: 4006-0713-003.R02.doc

INLEIDING

In Nederland worden JLD klapankers sinds 2006 regelmatig toegepast. Ten aanzien van de controle van de ankers wijken de gehanteerde procedures sterk af van de in Nederland gehanteerde procedures die zijn vastgelegd in CUR 166.

De ankers die in Nederland worden toegepast van het type - geschroefd of geboord al dan niet gegroot - ontleen hun houdkracht aan de schachtwrijving langs het ankerlichaam. Het klapanker daarentegen ontleent zijn houdkracht met name aan de beschikbare passieve weerstand van de grond vanaf het niveau waarop het uitgeklapte anker is geïnstalleerd. Ankertypen, die hun houdkracht ontleen aan de passieve weerstand, zijn meer vergelijkbaar met het traditionele ingegraven ankerschot en niet gegroete geschroefde ankers.

Aangezien de mobilisatie van de houdkracht van het klapanker principieel anders is, zal de beproevingsmethode zoals voorgeschreven voor gegroete ankertypen, die hun houdkracht aan schachtwrijving ontleen, minder geschikt zijn. Het gedrag van de ontwikkeling en mobilisatie van de passieve weerstand zal dus bij een klapanker beduidend anders verlopen in vergelijking met de mobilisatie van de schachtwrijving langs het groutlichaam bij gegroete systemen. Dit leidt tot een duidelijk slechter kruipgedrag, omdat de passieve weerstand bij een grotere verplaatsing wordt gemobiliseerd. Bij klapankers mogen dan ook grotere vervormingen worden verwacht dan bij gegroete systemen met dezelfde uiterste houdkracht.

Geconcludeerd wordt dan ook dat het kruipcriterium, en daarmee de beproeving zoals beschreven in CUR 166, eigenlijk minder geschikt zijn voor de beoordeling van de houdkracht van een anker dat zijn weerstand ontleend aan de passieve weerstand van de grond.

Om toch zoveel mogelijk aansluiting te vinden op de CUR 166 zijn op een project van Rijkswaterstaat een groot aantal ankers beproefd en geanalyseerd. Hiervoor is een procedure ontwikkeld, waarmee voldaan kan worden aan het kruipcriterium zoals omschreven in art. 7.3.3. "Uitvoering van controleproeven" in CUR 166.

Voorgesteld wordt om 10 % van de ankers op de volgende methode te testen:

1. Anker in een stap trekken tot 110% van de UGT-waarde $F_{s;A;d}$ en deze belasting 5 minuten vasthouden, waardoor de grondprop op voorspanning wordt gebracht.
2. Anker aflaten tot 100% van de UGT-waarde $F_{s;A;d}$ en deze stap 5 minuten monitoren op verplaatsing (kruipmaat bepaling).
3. Anker vastzetten naar 75% van de UGT-waarde $F_{s;A;d}$ en vastzetten.**
4. Vooruitlopend aan dit stappenplan dient het anker uiteraard eerst geklapt te zijn.

De overige 90% zal worden getrokken tot de 110% van de UGT-waarde $F_{s;A;d}$ en deze belasting zal direct weer worden afgelaten hierdoor zal de grondprop op voorspanning zijn gebracht. Dit zou eventueel kunnen geschieden door het toepassen van een loadcell waarbij de kracht wordt gegenereerd door de anker en/of testmachine.

De achtergrond van deze methode is als volgt:

Door het bezwijkmechanisme van passief bezwijken van het anker heeft het anker een relatief slap last-verplaatsings gedrag. Wanneer het anker wordt voorbelast tot 110 % van de UGT-waarde $F_{s;A;d}$ verloopt bij 100 % van de UGT-waarde $F_{s;A;d}$ het last-verplaatsings gedrag volgens een herbelastingscurve, die in het algemeen ca. 5 maal stijver reageert dan de originele "maagdelijke" belastingscurve.

Daardoor zal het anker stijver reageren, waarbij aan het kruip-criterium volgens CUR 166 kan worden voldaan.

De Procedure is in het volgend hoofdstuk nader uitgewerkt.

** project afhankelijk, voortvloeiende uit de damwand berekening

Procedure controleproef JLD klapanker

Voor het uitvoeren van een controleproef is de volgende apparatuur nodig:

- Koppelmof en ankerstaaf van ca. 0,5 m (verlengde ankerstaaf).
- Holle vijzel.
- Eventueel een hulpankerstoel zodat de vijzel parallel aan de ankerstaaf staat.
- Hydraulisch systeem voor de vijzel, voorzien van geijkte manometers met nauwkeurige schaalverdeling en het verband tussen oliedruk en de door het apparaat gegenereerde vijzelkracht.
- Een krachtopnemer om de kracht af te lezen.
- Verplaatsingsopnemer, analoog (= meethorloge) of digitaal. De meetnauwkeurigheid hiervan bedraagt minimaal +/- 0,01 mm.

Na het aanbrengen van de meetopstelling wordt het anker beproefd volgens de volgende procedure, waarbij de verplaatsing op de tijdstippen t_1 t/m t_5 moet worden genoteerd.

tabel 1 : te noteren verplaatsingen op tijdstip

stap	omschrijving	% $F_{S;A'd}$	t (min) **	verpl. (mm)
1	aanbrengen voorbelasting	110	0	n.v.t.
2	anker aflat	100	5	n.v.t.
3	noteren verplaatsing t_1	100	6
4	noteren verplaatsing t_2	100	7
5	noteren verplaatsing t_3	100	8
6	noteren verplaatsing t_4	100	9
7	noteren verplaatsing t_5	100	10
8	afspannen anker	75 *	11	n.v.t.

* Verifiëren met de ontwerper van het anker waarde is project afhankelijk en vloeit voort uit de damwand berekening

** tijdwaarneming starten nadat 110 % $F_{S;A'd}$ is bereikt

Opmerkingen:

Indien het aanbrengen van de voorbelasting niet in 1 stap lukt, bijvoorbeeld omdat de verplaatsingen relatief groot zijn en de maximale slag van het vijzel bereikt is, moet de vijzelprocedure opnieuw worden opgestart. De tijdwaarneming (tijdstip $t = 0$ minuten) pas starten nadat 110 % $F_{S;A'd}$ is bereikt.

De **kruipmaat** wordt bepaald gedurende de laatste 3 minuten volgens de volgende formule.

$$K = (u_5 - u_2) / \log (t_5 / t_2)$$

$$K = (u_5 - u_2) / 0,398 \text{ (mm)}$$

Waarin:

K = kruipmaat (mm)

u_5 = ankerkop verplaatsing op tijdstip t_5

u_2 = ankerkop verplaatsing op tijdstip t_2

t_5 = tijdstip $t_5 = 5$ minuten na afvang controle proef

t_2 = tijdstip $t_2 = 2$ minuten na afvang controle proef

Indien de kruipmaat kleiner is dan 1,0 mm, dan voldoet het anker. Indien de kruipmaat meer is dan 2,0 mm bedraagt, dan moet het anker worden afgekeurd. Indien de kruipmaat tussen deze waarden ligt mag de belastingprocedure met 10 minuten worden verlengd (zie verder CUR 166).

Controle proeven JLD Klapankers

Project:	
projectnr.:	
opdrachtgever:	
datum	
kloktijd	
anker nr.	
anker type	
ankerhelling	
$F_{s;A;d}$	

afspanner 1	
afspanner 2	

	Aflezingen							Aanpassingen protocol						
	nominaal	tijdstip	tijdstip (klok)	manometer	kracht	verplaatsingsopnemer	theodoliet	analogemeetklok	tijdstip	manometer	kracht	verplaatsingsopnemer	theodoliet	analoge meetklok
	kN	min		bar	kN	mm	mm	mm	min	bar	kN	mm	mm	mm
$1,10 \times F_{s;A;d}$		0												
		5												
$1,0 \times F_{s;A;d} \ t_0$		5												
t_1		6												
t_2		7												
t_3		8												
t_4		9												
t_5		10												
$0,75 \times F_{s;A;d}$		10												
		11												

Bepaling kruipmaat volgens CUR 166

$$k = (U_5 - U_2) / \log (t_5 / t_2) = (U_5 - U_2) / 0,398 \text{ (mm)}$$

hierin is:

k = kruipmaat in mm Eis $K < 1,0 \text{ mm}$

U_5 = ankerkopverplaatsing in mm op tijdstip t_5

U_2 = ankerkopverplaatsing in mm op tijdstip t_2

$t_5 = 5 \text{ min.}$ het tijdstip na aanvang belastingsstap in minuten

$t_2 = 2 \text{ min.}$ het tijdstip einde w aarnemingsperiode van de belastingstap in minuten

Kruipmaat voldoet w el/niet

Opmerkingen

Bijlage 2 Meetschema

Bijlage 2 Meetschema

Tabel: monitoring met meetfrequenties								Meetfrequentie			
Nr.	Parameter	Omschrijving	Aantal	Meetwijze / constatering	Eenheid	Aanvullingen en opmerkingen	Meetperiode	Week -1 (nul-meting)	Week 0 (installatie JLD)	Week 1 t/m 8	Week 9 t/m 104
A	Gebeurtenissen en afwijkingen	Logboek bijhouden, met omschrijving werkzaamheden, bijzonderen werkzaamheden, datum, tijdstip en weer. Tijdstip aanvang en beëindiging per JLD-anker moet zijn opgenomen. Datum en tijdstip per aanpassing JLD-		Visuele waarnemingen, logboek, tijdregistratie, digitaal rapporteren in excel of word		Tijdens uitvoering dagelijks rapporteren. Vervolgens 1x per 2 weken.	24 maanden	normaal	intensief	per bezoek en wijziging	per bezoek en wijziging
B	Meetpunten	Alle meetpunten, JLD 1-20, trillingsmeetpunten, peilbuizen, geluidsapparatuur		NAP RD, 06-GPS	NAP RD [m]				eenmalig na installatie		
1	Trekkracht - JLD 1-5	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (Fint=84 kN) en opnieuw voorspannen na 20% afname van Fint. Geen LDE element onder de kopplaat	5	vijzel / drukdoos	kN		24 maanden		continu	continu	continu
2	Trekkracht - JLD 6-8	Voorspanning bij aanbrengen. Geen LDE element onder de kopplaat	3	vijzel / drukdoos	kN		24 maanden		continu	continu	continu
3	Trekkracht - JLD 9-13	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (Fint= 84kN) en opnieuw voorspannen na 20% afname van Fint. Onder de kopplaat direct een LDE element plaatsen	5	vijzel / drukdoos	kN		24 maanden		continu	continu	continu
4	Trekkracht - JLD 14-18	Voorspanning aanbrengen tot 1.2 keer de rekenwaarde van de benodigde voorspankracht (Fint= 84 kN) en opnieuw voorspannen na 20% afname van Fint. Bij deze proeven wordt er een grondverbetering aangebracht onder de kopplaat. Wel een LDE element aanbrengen onder de kopplaat.	5	vijzel / drukdoos	kN		24 maanden		continu	continu	continu
5	Piping JLD - 19-20	LDE element met klapanker inbrengen.	2	Open graven en visueel inspecteren, infrarood	-		24 maanden		dagelijks	1x per week	1x per 4 wkn
	Piping, dummie of pikket 21-22	Punt markeren met pikket of staaf tot 0,30 m diepte	2	Infrarood (totaal 2 keer) - mulmeting op een locatie waar niets kan gebeuren		Werkwijze afstemmen met Duurt (Wiertsema)				week 3 en 8	NTB
6	Verplaatsing van trekstang in de lengterichting JLD 1-18		18	X, Y, Z coördinaten van vast deel trekstang, dit deel blauw markeren.	m	Werkwijze afstemmen met Duurt (Wiertsema)	24 maanden		1x	1x per week	1x per 4 wkn
7	Helling trekstang JDL 1-8		18	Hellingmeter op trekstang, meten nabij maaiveld, dit deel roze markeren.	°		eenmalig		eenmalig na inbrengen		
8	Lengte trekstang boven kopplaat JLD 1-18		18	Lengte vanaf kopplaat, rolmaat, na op spanning brengen kopplaat	m		24 maanden		1x na op spanning brengen	bij opnieuw op spanning brengen	bij opnieuw op spanning brengen
9	Verplaatsing kopplaat		18	vastleggen in logboek en digitale fotocamera met datum en tijdstip	NAP RD [m]	Werkwijze afstemmen met Duurt (Wiertsema)	24 maanden		1x	1x per week	1x per 4 wkn

Tabel: monitoring met meetfrequenties								Meetfrequentie			
Nr.	Parameter	Omschrijving	Aantal	Meetwijze / constatering	Eenheid	Aanvullingen en opmerkingen	Meetperiode	Week -1 (nul-meting)	Week 0 (installatie JLD)	Week 1 t/m 8	Week 9 t/m 104
10	Verticale verplaatsing omliggende bodem, JLD 9-15		5	Meetwijze met theodoliet. 9 meetpunten per raai, afstand t.o.v. trekstang richting dijk. Afstanden: -0,25 m, 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m, 1,00 m, 1,50 m, 2,50 m, 5,00 m, 10,00 m	NAP RD [m]		24 maanden		1x voor aanspannen	1x per week	1x per 4 wkn
11	Horizontale verplaatsing omliggende bodem, JLD 9-15		5	Zie boven	NAP RD [m]		Zie boven		1x voor aanspannen	1x per week	1x per 4 wkn
12a	Grondwaterstand	1 freatische peilbuis, 1x peilbuis in wvp	2	Peilbuizen en dataloggers en een barometer - uitwerking tov NAP	NAP [m]	Boorplan op sondering met afstelling filters	24 maanden	1x uur	1x uur	1x uur	1x uur
12b	Grondwaterstanden	Handmatige meting, uitlezen dataloggers e barometer en verwerken data in grafieken tov NAP	3	Handmeting ter controle iedere maand - uitwerking tov NAP	NAP [m]					week 3 en 8	1x per 3 mnd
13	Trillingsmetingen JLD 1 -18	2 metingen in de zandlaag en 2 op 1 m mv	18	Trillingskasten met duidelijke nummering. Aan vooraf ingebrachte ankertangen tot 2 meter in vast zandlaag. SBR-A-Richtlijn	Hz		bij inbrengen JLD 1-18		Contiu		
14	Geluidsmetingen JLD 1 - 5	Geluidsmetingen op de tweede of derde dag tijdens inbrengen JLD - ankers. Metingen met de wind mee en haaks op de wind op 5, 10, 25 en 50 m van de in te brengen dijkstabilisator	5	Geluidsmetingen	dB(A)		1 dag tijdens inbrengen		2e dag		
15	Kwel JLD 19-20	infrarood en visueel	2	visueel inspecteren, foto vastlegging en infraroodmeting		Fotoopnamen, met datum en tijdstip	Bij inbrengen 2x per dag. Daarna incidenteel obv metingen stijghoogte		1 meting	incidenteel (minimaal 1 metingen)	incidenteel minimaal 5 metingen)
16	Kwel JLD 1-20		20	Visueel controleren		Fotoopnamen, met datum en tijdstip	Bij aanwezigheid		dagelijks	1x per week	1x per 4 wkn
17	Kwel JLD 1-20		20	Infrarood (totaal 2 keer)		Werkwijze afstemmen met Duurt (Wiertsema)				week 3 en 8	NTB
18	Algemeen	Visueel.Waarnemingen over scheurvorming kopplaat, scheurvorming bodem vastleggen.		Vastleggen in logboek en digitale fotocamera met datum en tijdstip			24 maanden	dagelijks	dagelijks	bij bezoek	bij bezoek
19	Werking materieel	Elke afwijking tov geplande uitvoering na aanbrengen elke dijkstabilisator	20	Vastleggen in logboek en digitale fotocamera met datum en tijdstip			tijdens aanbrengen dijkstabilisatoren en tijdens afspannen				
20	Werking monitoring	controle op werking en redundatie monitoring	18	controle op meetsignaal, doorgifte, werking interventiesignalen, mogelijkheden energievoorziening, mogelijkheid tot handmatige uitlezing			deels testen tijdens afspannen deels testen gedurende looptijd proef			tijdens afspannen daarna continu	doorgave signalen& energievoorziening: continue controle nauwkeurigheid: bij herspannen

Bijlage 3 Uitvoeringsvolgorde

Bijlage 3 Uitvoeringsvolgorde

Bijlage 4 Situatieschets proefopstelling

Bijlage 4 Situatieschets proefopstelling



Situ Purmerend, 4-6-2018, MVW

JLD Dijkstabilisator

h.o.h. ca. 5,0 m

1 – 5 geen LDE element onder kopplaat, opnieuw voorspannen bij 25% afname

6 – 8 geen LDE element onder de kopplaat, voorspanning bij aanbrengen

9 – 13 LDE element onder de kopplaat, opnieuw voorspannen bij 25% afname

14-18 LDE element, clay crete + voorspannen na 25% afname

19-20 alleen LDE element, monitoring piping

20-22 meetpunt tot 0,30 m diepte, nulmetingen infra rood

Meetpunt XYZ, 0,25 m, 0,50 m 0,75 m, 1,00 m, 1,50 m, 2,50 m, 5,00 m, 10,00 m

Trillingsmetingen, continu

trillingsmetingen aan ankerstangen

Diepe zandlaag

Geluidsmetingen, 5, 10, 25 en 50 meter met de

Wind mee en haaks op de wind

Trillingsmetingen, continu

trillingsmetingen aan ankerstangen

1 meter diep

ca. 85 m

ca. 110 m

ca. 7,6 m

ca. 60 m

0413509_Ringdijk Watergraafsmeer

DKMP Sondering DKMP, klasse 2, tot MV -20 m, met peilbuizen en waterspanningsmeters max 1 dag)

PB1 en PB2

Freatische peilbuis

Peilbuis zandlaag

Waterspanningsmeter

MV -1,0 m, op 0,5 m vanaf hart LDE

Waterspanningsmeter

MV -,2,0 m, op 0,5 m vanaf hart LDE (horizontaal)

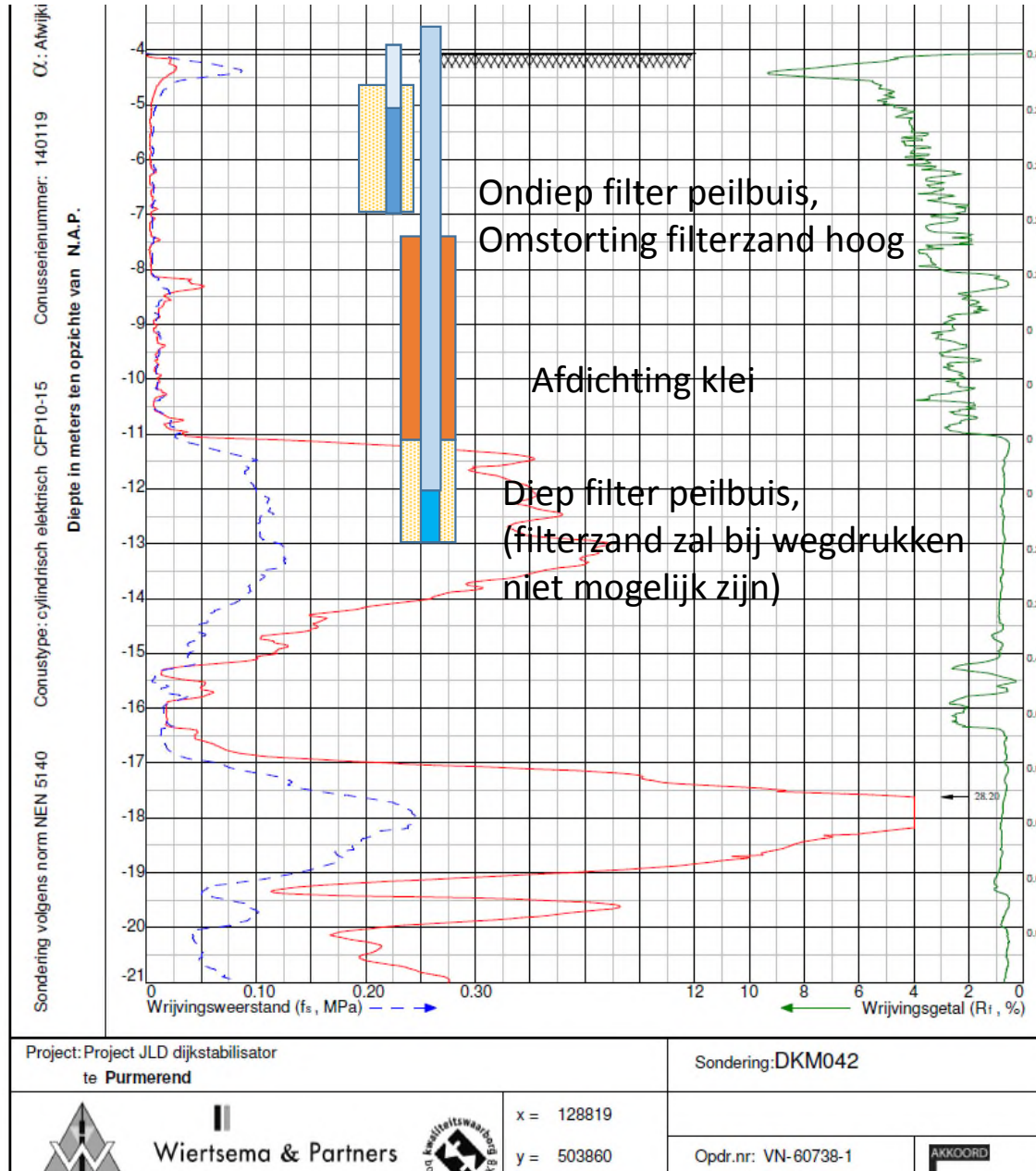
Afwateringsgreppel, max 0,80 m diep

MV -,2,0 m, op 0,5 m vanaf hart LDE (horizontaal)

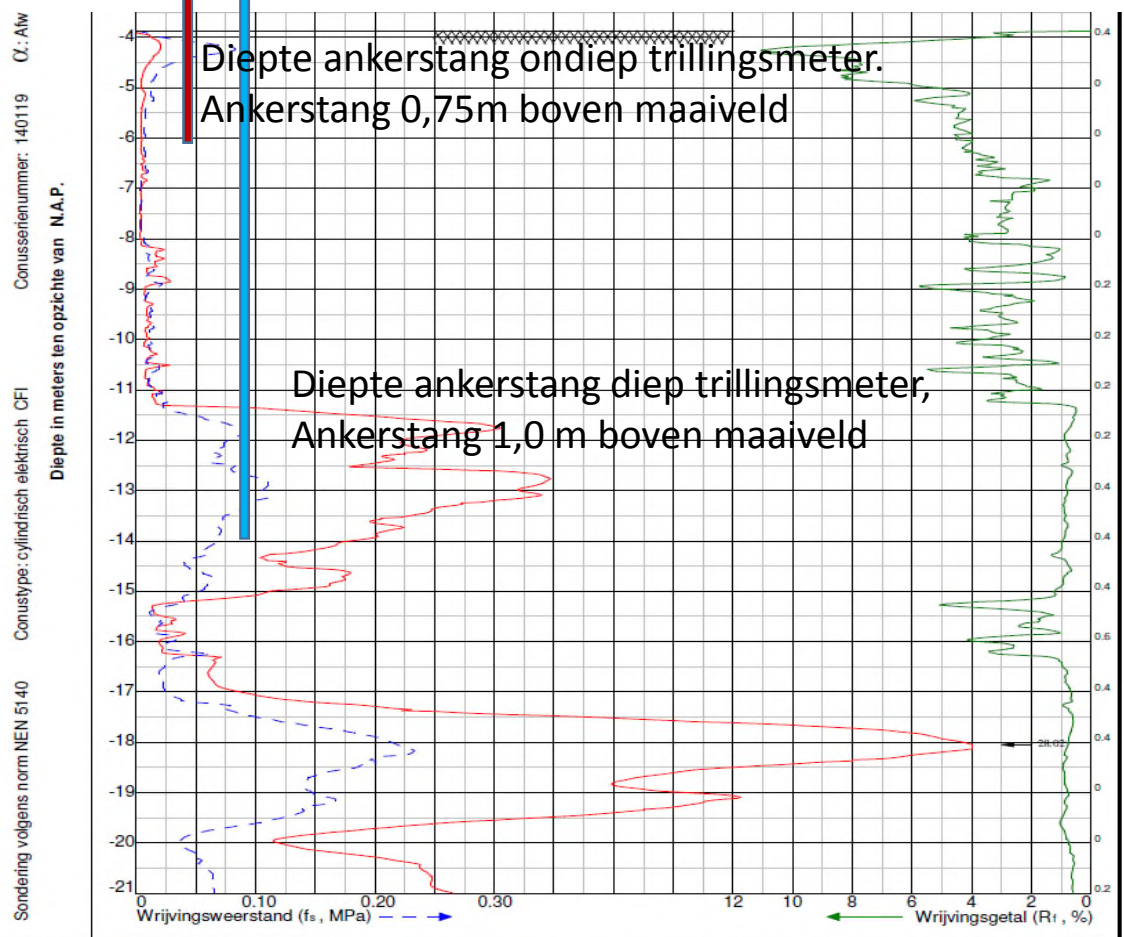


Situ Purmerend, 4-6-2018, MVW




Peilbuizen



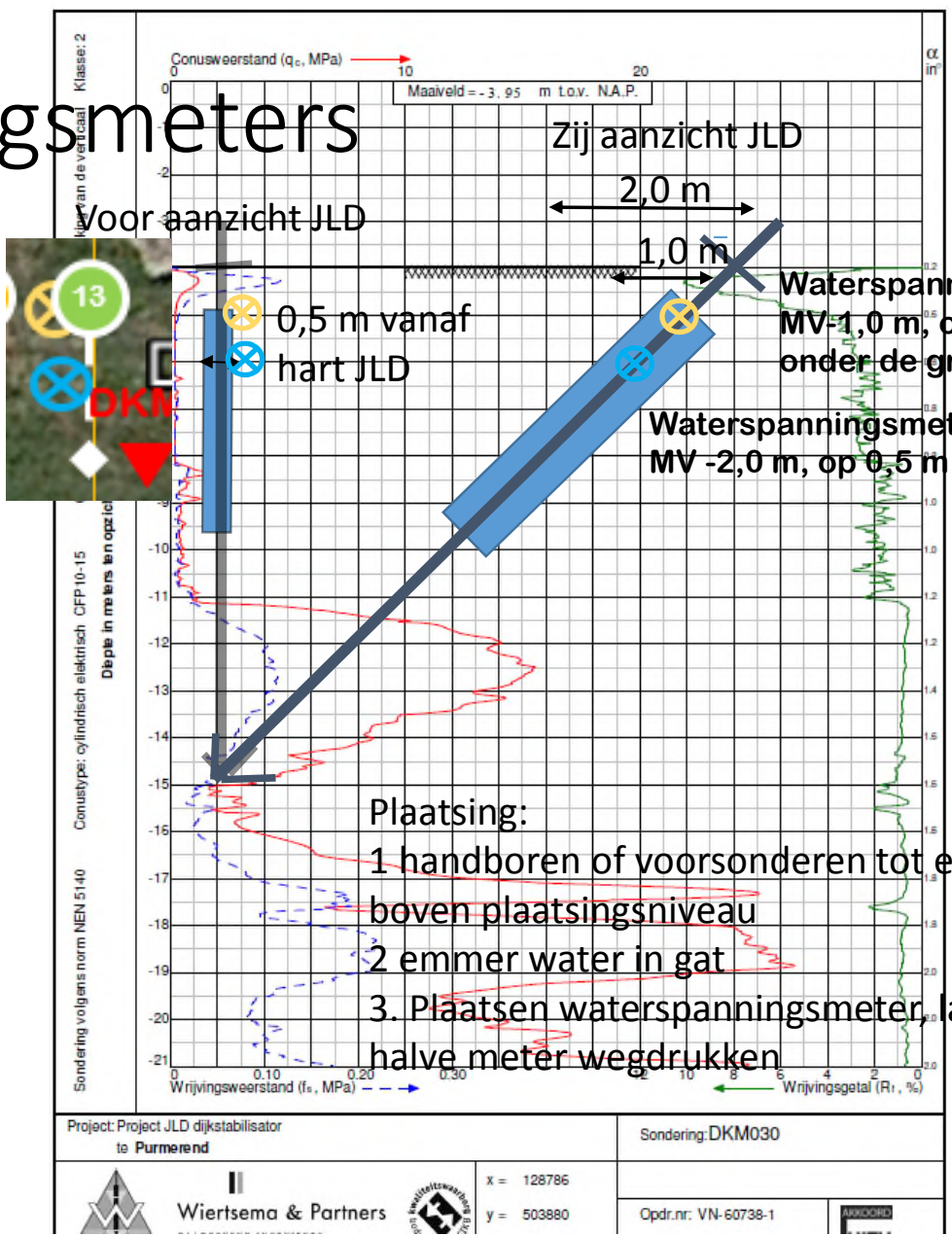
Trillingsmeters



Project: Project JLD dijkstabilisator te Purmerend Sondering: DKM011

 <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS</p>		<p>x = 128747 y = 503925</p>	<p>Opdr.nr: VN-60738-1</p> 
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

waterspanningsmeters



- Plaatsing:
- 1 handboren of voorsonderen tot een halve meter boven plaatsingsniveau
 - 2 emmer water in gat
 3. Plaatsen waterspanningsmeter, laatste halve meter wegdrücken

Project: Project JLD dijkstabilisator te Purmerend		Sondering: DKM030	
 Wiertsema & Partners	x = 128786	 Opdr.nr: VN-60738-1	
	y = 503880		

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

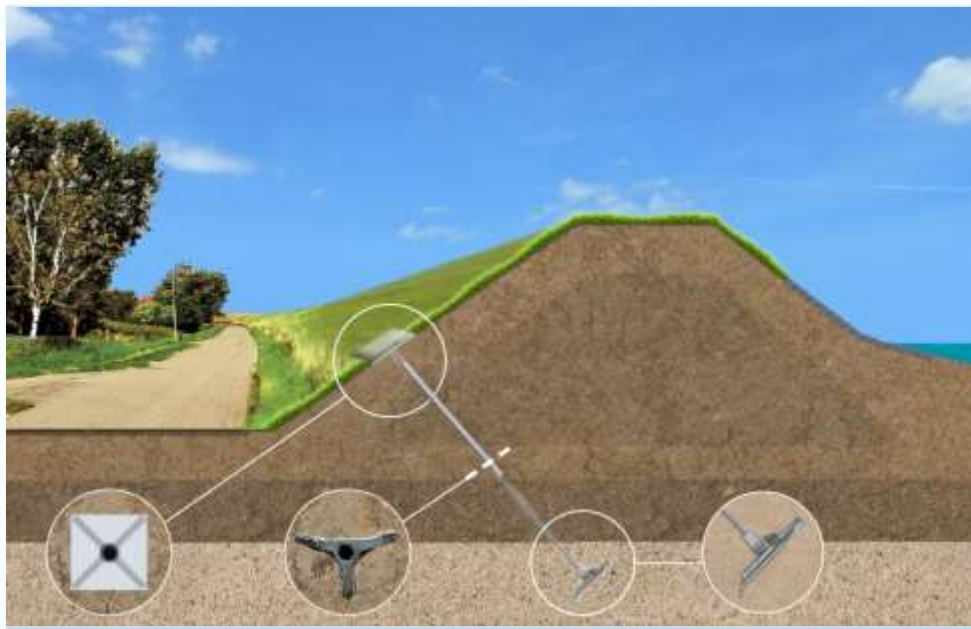
Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM
T. 06 53673249
E. pieter.bart@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2017

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

**Bijlage 2 Monitoringsplan Pilotproject
Watergraafsmeer**



Pilot dijkstabilisator Watergraafsmeer

Monitoringsplan pilot Watergraafsmeer

projectnummer 413509
definitief revisie V02
19 oktober 2018

Pilot dijkstabilisator Watergraafsmeer

Monitoringsplan pilot Watergraafsmeer

projectnummer 413509

definitief revisie V02
19 oktober 2018

Auteurs

Stan van den Broek
Bas van Luit
Maarten van Woerden

Opdrachtgever

Waternet
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam

datum vrijgave	beschrijving revisie V02	goedkeuring	vrijgave
24-10-18	Definitief	P.J.N.J. Bart	V.R. Laracker

Pilot dijkstabilisator Watergraafsmeer

Monitoringsplan pilot Watergraafsmeer

projectnummer 413509

definitief revisie V02
19 oktober 2018

Auteurs

Stan van den Broek
Bas van Luit
Maarten van Woerden

Opdrachtgever

Waternet
Postbus 94370
1090 GJ Amsterdam

Ingediend CM	Controle MPB	Vrijgegeven PM
Jan Koopman	René Dekker	Wim van Steeg
Datum:	Datum:	Datum:
Handtekening:	Handtekening:	Handtekening:

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond monitoringsplan	1
1.2	Doel monitoringsplan	2
1.3	JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving	2
1.4	Onderzoekspoor	3
1.5	Overzicht	4
2	Uitgangspunten	5
2.1	Projectlocatie	5
2.2	Bodemopbouw	5
2.3	Waterstanden (hydraulische randvoorwaarden)	6
3	Bouwkundige voor- & na-opname	7
4	Gevoelige objecten	8
4.1	Tillingen	8
4.2	Zakkingen	8
4.3	Bomen	8
4.4	Overzicht	9
5	Deformatie JLD-Dijkstabilisator	10
5.1	Doel	10
5.2	Monitoring	10
5.3	Meetmethode	10
5.4	Benodigde nauwkeurigheid	11
5.5	Risico's	11
5.6	Grenswaardes en acties	11
6	Deformatie kruin (maaiveld)	12
6.1	Doel	12
6.2	Monitoring	12
6.3	Meetmethode	12
6.4	Benodigde nauwkeurigheid	13
6.5	Risico's	13
6.6	Grenswaardes en acties	13
7	Deformaties kopplaat	14
7.1	Doel	14
7.2	Monitoring	14
7.3	Meetmethode	14
7.4	Benodigde nauwkeurigheid	15

7.5	Risico's	15
7.6	Grenswaardes en acties	16
8	Beplanting	17
8.1	Doel	17
8.2	Monitoring	17
8.3	Meetmethode	18
8.4	Benodigde nauwkeurigheid	18
8.5	Risico's	18
9	Piping	19
9.1	Doel	19
9.2	Monitoring	19
9.3	Meetmethode	19
9.4	Benodigde nauwkeurigheid	19
9.5	Risico's	19
9.6	Grenswaardes en acties	19
10	Voorspanning	21
10.1	Doel	21
10.2	Monitoring	21
10.3	Meetmethode	21
10.4	Benodigde nauwkeurigheid	21
10.5	Omggaan met uitval van druksensoren	21
10.6	Grenswaardes en acties	22
11	Ruimtebeslag	23
11.1	Doel	23
11.2	Monitoring	23
11.3	Meetmethode	23
11.4	Risico's	23
11.5	Grenswaardes en acties	23
12	Trillingen	25
12.1	Doel	25
12.2	Nulmeting en visuele inspectie	25
12.3	Monitoren trillingspredictie	25
12.4	Meetmethode	28
12.5	Risico bouwwerken	28
12.6	Risico's	29
12.7	Grenswaardes en acties	30
13	Deformaties objecten	32
13.1	Doel	32

13.2	Meetmethode	32
13.2.1	Digitaal waterpasinstrument (nauwkeurigheidswaterpassing Z)	32
13.2.2	GPS-metingen (XYZ)	33
13.3	Zakking bebouwing (Z)	33
13.4	Trillingsgevoelige Bebouwing (Z)	33
13.5	Kademuur en muurtje binnenzijde talud (XYZ)	33
13.6	Trappen (XYZ)	33
13.7	Meetfrequentie	34
13.8	Risico's	34
13.9	Grenswaardes + acties	34
14	Geluid	36
14.1	Meetmethode	36
14.2	Benodigde nauwkeurigheid	36
14.3	Risico's	36
14.4	Grenswaardes en acties	36
15	Rapportage en communicatie	37
15.1	Rapportage	37
15.2	Communicatie	37
16	Referenties	38
	Bijlage 1 Geotechnisch lengteprofiel	39
	Bijlage 2 Overzichtstabel – te monitoren parameters	40
	Bijlage 3 Monitoringsplan tekening	41
	Bijlage 4 Annular Load Cell	42
	Bijlage 5 Situatietekening peilbuizen en waterspanningmeters	43

1 Inleiding

1.1 Achtergrond monitoringsplan

De JLD-Dijkstabilisator is een innovatieve dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en bewijsbaarheid van deze methode is een pilotproject met praktijkproeven opgezet. De resultaten hiervan hebben als doel (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)-acceptatie.

In een voorgaande fase zijn reeds diverse proeven in dit kader uitgevoerd. Daaruit blijken diverse antwoorden. Ook resteren er enkele leemtes.

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen de versterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van JLD, Antea Group en Deltares betrokken.

JLD Dijkstabilisator



De JLD-Dijkstabilisator bestaat uit een LDE (vinelement), klapanker, trekstang, kopplaatbout en kopplaat. Het klapanker kan tot in een diepe zandlaag geplaatst worden, waardoor de JLD-Dijkstabilisator kracht ontleent aan verschillende grondlagen. Door het aanbrengen van de voorspanning op de kopplaat wordt het maaiveld onder spanning gezet, terwijl de JLD-Dijkstabilisator via de trekstang en het klapanker kracht ontleent aan de diepe ondergrond. De kopplaat speelt een essentiële rol in de overbrenging van de krachten naar de ondergrond. Het voordeel van de JLD-Dijkstabilisator is dat dit een actief systeem betreft dat geen vervorming van de dijk nodig heeft voordat het in werking treedt.

Parallel aan het pilotproject in Watergraafsmeer zijn door Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) voor de doorontwikkeling van de JLD-dijkstabilisator negentien onderzoeksvragen

opgesteld. Om een goed antwoord te kunnen geven op al deze onderzoeksvragen dienen tijdens zowel de uitvoering als de beheerfase bepaalde parameters gemonitord worden.

Het voorliggende rapport beschrijft het monitoringsplan van het pilotproject Ringdijk Watergraafsmeer. De monitoring van de dijkversterking richt zich op:

- JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving;
- verzamelen parameters voor de onderzoeksvragen.

1.2 Doel monitoringsplan

In de monitoring binnen dit project kan onderscheidt worden gemaakt tussen de dijkversterking en het onderzoekspoor. De monitoring van de dijkversterking is nodig om het functioneren van de JLD-Dijkstabilisator elementen te kunnen volgen, tevens dient het om te controleren of de uitvoering volgens de gestelde voorwaarden verloopt. De monitoring van het onderzoekspoor bestaat uit de monitoring van parameters om meer inzicht te krijgen in het gedrag van de dijk en de JLD-Dijkstabilisator, om de innovatie verder te ontwikkelen.

In het kader van life cycle monitoring [1] is in dit rapport beschreven welke data er tijdens elke fase in de life cycle (ontwerp, uitvoering, beheer, afkeuring) nodig is om die stap goed te doorlopen. Dit monitoringsplan wordt geschreven in de ontwerpfase, en concentreert zich op de resterende fases van de cyclus (uitvoeringsfase, beheerfase en afkeurfase).

In dit plan is beschreven welke parameters worden gemonitord en waarom deze gegevens nodig zijn. Ook is beschreven met welke frequentie de monitoring plaatsvindt en wat er dient te gebeuren als een parameterwaarde boven een grenswaarde uit komt.

In onderstaande paragrafen is voor zowel de JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving als het onderzoekspoor kort beschreven wat er gemonitord dient te worden en waarvoor dit van belang is.

1.3 JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving

Binnen de dijkversterking dient de uitvoering gemonitord te worden. Dit is nodig om te verifiëren dat binnen de gestelde voorwaarden wordt gewerkt en om schade tijdens de uitvoering op de omgeving te voorkomen. Binnen dit project komt dit neer op 5 parameters:

- schade aan omliggende bebouwing door trillingen van de werkzaamheden;
- verzakkingen / zettingen van de dijk en omliggende bebouwing door inbrenging van de JLD-Dijkstabilisator;
- geluidsoverlast tijdens werkzaamheden;
- bomen;
- ruimtebeslag om het werkterrein met betrekking tot bebouwing.

In Hoofdstuk 3 is verder ingegaan op de gevoelige objecten. Hoofdstuk 7, 10, 11, 12 en 13 gaan verder in op bovenstaande parameters.

Ook de uiteindelijke sterkte van de dijk dient gemonitord te worden. Met behulp van de gemonitorde parameters dient bewezen te worden dat de JLD-Dijkstabilisator naar behoren werkt en de dijk aan de veiligheidsnormen voldoet. De monitoring zal zich richten op :

- deformaties van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element);
- deformaties van de kruin (maaiveld);
- deformaties van de kopplaat;

- piping;
- voorspanning JLD-Dijkstabilisator.

Hoofdstuk 4, 5, 6, 8 en 9 geven meer informatie over deze parameters.

De invloed op de omgeving van onder andere monitoring van beplanting, trillingen, deformaties van bebouwing en geluid wordt ook gemonitord. Dit is behandeld in respectievelijk hoofdstuk 7, 11, 12 en 13.

1.4 Onderzoekspoor

Het ENW heeft vragen gesteld over de JLD-Dijkstabilisator. De antwoorden op deze vragen geven het ENW voldoende onderbouwing om de JLD-Dijkstabilisator te accepteren en toe te passen als dijkversterkingstechniek. Binnen het pilotproject watergraafsmeer zijn de volgende onderzoeksvragen van toepassing:

- **Nr.8** Wat zijn de effecten van vervormingen door kruip en zettingen, veroorzaakt door kruinophogingen gedurende de levensduur, op de werking van de JLD-Dijkstabilisator?
- **Nr.9a** Bij de toepassing van een JLD-Dijkstabilisator binnen een wortelkruit van bestaande beplanting, kan een grote druk op het wortelstelsel komen, waardoor de beplanting ernstig wordt beschadigd of afsterft. Op welke wijze is dit te voorkomen?
- **Nr.9b** De mogelijkheid bestaat dat op langere termijn er wortels onder de kopplaat gaan groeien, waardoor de werking van de JLD-Dijkstabilisatoren afneemt. Wat is de te verwachten invloed van beplanting op de werking van de JLD-Dijkstabilisator?
- **Nr.11** Kan de waterspanning in de zandlaag van de ringdijk Watergraafsmeer leiden tot kwel en daarmee piping of heave en kan dit een probleem opleveren voor de uitvoerbaarheid?
- **Nr.13** Hoe verloopt de voorspanning van de JLD-Dijkstabilisatoren in de tijd bij een samendrukbare dijk?
- **Nr.14a** Welke werkruimte heeft de JLD-machine nodig bij het inbrengen van de JLD dijkstabilisatoren?
- **Nr.14b** Wat is de afstand van de machine tot de bestaande gevels, bomen, etc. bij het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator in de ringdijk Watergraafsmeer?
- **Nr.15** Welke trillingen komen vrij tijdens het installeren van de JLD-Dijkstabilisator?
- **Nr.16** Hoe groot is de grondverdringing tijdens het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisatoren?

De vragen 8 t/m 9, 11 en 13 hebben betrekking op de effectiviteit van de JLD-Dijkstabilisator als dijkversterkingsmethode, in de vragen 14 t/m 16 staan de effecten voor de omgeving centraal.

De onderwerpen / te monitoren parameters komen in de onderzoeksvragen duidelijk naar voren, ter verduidelijking staan de parameters ook genoemd in Tabel 1-1.

In deze rapportage is verder niet ingegaan op de functie van de monitoring voor het onderzoekspoor. Hiervoor wordt doorverwezen naar verschillende uitgebrachte PvA's, het DO en de ontwerpmemo's.

1.5 Overzicht

Een groot deel van de parameters die gemonitord worden voor het onderzoekspoor dienen ook gemonitord te worden vanuit de standaard dijkversterking. In Tabel 1-1 staat hier een overzicht van weergegeven. Wel dient rekening te worden gehouden met een intensievere monitoring voor de onderzoeksvragen dan alleen voor een dijkversterking zou worden gedaan.

In hoofdstuk 5 t/m 14 zijn de parameters individueel behandeld en staat de monitoring beschreven.

Tabel 1-1: Overzicht monitoring

Hoofdstuk	Parameter	Onderzoeksvragen (OV)						Fase life cycle monitoring		
		OV8	OV9	OV1 1	OV1 3	OV1 4	OV1 5	OV1 6	Uitvoering	Beheer
5	Deformatie JLD-Dijkstabilisator.	X							X	X
6	Deformatie kruin (maaiveld)	X							X	X
7	Deformatie dijk nabij kopplaat	X							X	X
8	Beplanting		X						X	X
9	Piping			X					X	X
10	Voorspanning				X				X	X
11	Werkruimte					X			X	
12	Trillingen						X		X	
13	Deformaties panden							X	X	
14	Geluid								X	

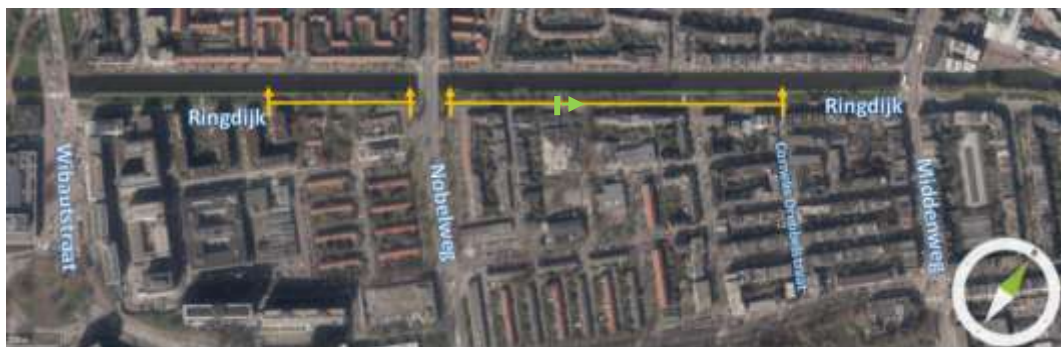
In bijlage twee is een overzichtstabel opgenomen met alle te monitoren parameters. De situatietekening in bijlage 3 bevat de locaties van de te monitoren parameters.

2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn uitgangspunten beschreven die van belang zijn voor de monitoringsprocedure of de te monitoren parameters. Hieronder vallen de projectlocatie, de bodemopbouw en de hydraulische randvoorwaarden.

2.1 Projectlocatie

De Ringdijk ligt binnen het beheergebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. De Ringdijk is onderdeel van de regionale boezemwaterkering (A117_001) langs de Ringvaart van de Watergraafsmeer in Amsterdam. Het projectgebied start ligt tussen de Wibautstraat tot de Middenweg en heeft een lengte van circa 600 meter, zie Figuur 2-1. Vooralsnog wordt aangenomen dat de werkzaamheden beginnen tegenover het opslagterrein op Ringdijk 44 en in eerste instantie vervolgen richting oostelijke richting (zie groene streep + pijl in Figuur 2-1).



Figuur 2-1: Overzichtssituatie projectlocatie

2.2 Bodemopbouw

In het conceptrapport Bodemschematisatie, sterkte en stijfheidsparameters, en waterstanden concept versie 1.0 [2] staat beschreven dat de bodemopbouw ter plaatse van de Ringdijk in Amsterdam bestaat uit een homogene bodemopbouw met een beperkte variatie. Na verdere analyse met o.a. het geotechnisch lengteprofiel (Bijlage 1 van het rapport) is tot de conclusie gekomen dat de bodemopbouw ter hoogte van sondering DKP006 (metreering 300) als representatief kan worden beschouwd. De bodemopbouw staat vermeld in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Bodemopbouw ter hoogte van DKP006 (metreering 300)

	Boezem [m + NAP]	Kruin [m + NAP]	Teen [m + NAP]	Achterland [m + NAP]
Antropogeen / Cunetzand			-4,44	-3,34
Antropogeen / Dijkmateriaal	-1,20	-1,20	-5,16	-5,16
Veen	-5,95	-5,95	-5,56	-5,56
Diepe klei	-7,48	-7,48	-6,64	-6,64
Wadafzetting	-9,83	-9,83	-9,69	-9,69
Diepe klei	-11,13	-11,13	-11,33	-11,33
Basisveen	-12,13	-12,13	-11,73	-11,73
Pleistoceen zand				

2.3 Waterstanden (hydraulische randvoorwaarden)

De waterstand in de boezem staat onder invloed van neerslag en de afvoercapaciteit. Het streefpeil is NAP-0,40m. De maatgevende waterstand is conform de uitgangspunten van waternet gelijk aan NAP+0,0m. Verder staat in de rapportage *bodemschematisatie, sterkte- en stijfheidsparameters, en grondwaterstanden_rev01* alle stijghoogten benoemd op basis van de peilbuisanalyse (zie Tabel 2-2).

Tabel 2-2: Nieuwe stijghoogten na peilbuisanalyse [2]

	Boezem [m NAP]	Kruin (buitenkant) [m NAP]	Teen [m NAP]	Achterland [m NAP]
Freatische lijn	0,00	-0,70	-2,60	-3,00 / mv
Wadafzetting ^[1]		-1,00		-3,10
Pleistoceen zand		-2,20		

^[1] Alleen van toepassing op DWP 100 tot en met DWP 400.

Om in de bodem de waterspanning te kunnen meten zijn door Wiertsema & Partners 28 waterspanningsmeters geplaatst in 3 raaien op 3 locaties [3]. De locaties en grondsoorten van deze waterspanningsmeters zijn weergegeven in onderstaande tabel en te vinden in bijlage 5.

Tabel 2-3: Diepte en grondslag waterspanningsmeters raai [3]

Raai	Locatie	X' [m]	Y' [m]	MV-hoogte [m NAP]	Diepte WSM [m NAP]	Grondsoort	WSM
1	A-1	123156	484929	0,24	-2,36	Veen	WSM001
1	A-2	123156	484929	0,21	-5,39	Veen	WSM002
1	A-3	123157	484930	0,21	-7,89	Wadzand	WSM003
1	A-4	123157	484929	0,19	-9,91	Wadzand	WSM004
1	B-1	123163	484919	-2,61	-8,01	Wadzand	WSM005
1	C-1	123166	484913	-2,82	-5,32	Veen	WSM006
1	C-2	123167	484913	-2,82	-7,82	Veen	WSM007
1	C-3	123167	484913	-2,81	-9,81	Wadzand	WSM008
1	C-4	123167	484913	-2,81	-12,55	Wadzand	WSM009
2	A-1	123371	485085	0,28	-2,54	Veen	WSM010
2	A-1	123371	485085	0,30	-5,52	Veen	WSM011
2	A-1	123371	485085	0,28	-8,04	Wadzand	WSM012
2	A-1	123371	485085	0,31	-9,97	Wadzand	WSM013
2	B-1	123377	485077	-2,42	-7,44	Wadzand	WSM014
2	C-1	123380	485072	-3,22	-5,50	Veen	WSM015
2	C-2	123380	485072	-3,22	-8,00	Wadzand	WSM016
2	C-3	123380	485071	-3,22	-10,00	Wadzand	WSM017
2	C-4	123381	485072	-3,22	-12,56	Pleistocenezand	WSM018
3	A-1	123569	485228	0,31	-2,50	Veen	WSM019
3	A-2	123569	485229	0,31	-5,50	Veen	WSM020
3	A-3	123568	485229	0,32	-8,00	Wadzand	WSM021
3	A-4	123568	485228	0,33	-10,00	Wadzand	WSM022
3	A-5	123569	123568	0,31	-13,00	Pleistocenezand	WSM023
3	B-1	123575	485219	-2,80	-8,00	Wadzand	WSM024
3	C-1	123583	485215	-3,15	-5,50	Veen	WSM025
3	C-2	123582	485216	-3,16	-8,00	Wadzand	WSM026
3	C-3	123582	485215	-3,15	-10,00	Wadzand	WSM027
3	C-4	123583	485216	-3,17	-13,00	Pleistocenezand	WSM028

Resultaten van deze metingen worden weergegeven op de online webapplicatie FacilityApp. Username en wachtwoorden zijn via de opdrachtgever op te vragen. Username en wachtwoorden zijn via de opdrachtgever op te vragen.

3 Bouwkundige voor- & na-opname

Voorafgaand aan en na de werkzaamheden wordt de huidige staat van de belendende bebouwing, kademuur en muurtje binnenzijde middels een expertise vastgesteld. Door de expertise kunnen eventuele kwetsbare panden tot de aandachtspunten worden toegevoegd en kunnen vermeende schades aan panden als gevolg van de werkzaamheden achteraf worden beoordeeld op juistheid.

Bij de expertise wordt over het algemeen in eerste instantie een globale (foto-)expertise uitgevoerd, zo kort mogelijk voordat de werkzaamheden aanvangen. Dat wil zeggen dat alleen de buitenzijde van de panden wordt geïnspecteerd op eventuele verzakkingen en scheurvorming. Zichtbare schade wordt op foto vastgelegd. Vervolgens kan op basis van de inspectie worden besloten om de panden, waarvan aan de buitenzijde schade is vastgesteld, ook aan de binnenzijde te inspecteren (intensieve foto-expertise). Uiteraard is bij een meer uitgebreide expertise de toestemming van eigenaren van de betreffende panden noodzakelijk.

Op basis van de invloedssfeer van de trillingen wordt aanbevolen de expertise van de bebouwing direct aan de Ringdijk uit te voeren. Aanbevolen wordt om deze panden ook aan de binnenzijde op te nemen.

4 Gevoelige objecten

In het projectgebied bevinden zich verschillende objecten in de vorm van bebouwing, kademuuren, muurtje binnenzijde, trap, bomen etc. Deze objecten kunnen schade direct of indirect ondervinden door het project. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de verschillende objecten welke als kwetsbaar zijn beoordeeld en de schademechanismen waarvoor deze objecten gevoelig zijn.

4.1 Tillingen

In de trillingsrapportage '*Onderzoeksvraag 15 – Onderzoek naar trillingen*' [4] is het gevolg van trillingen op de diverse bebouwing in de nabijheid van de Ringdijk onderzocht. Hieruit is naar voren gekomen dat er mogelijk een klein risico bestaat (tot max 7%) dat trillingen effect hebben op de fundering van de bebouwing van Ringdijk 45 t/m 54, 57 en 58. In deze rapportage is de betonnen brug halverwege het tracé (Nobelweg) als niet-trillingsgevoelig aangemerkt. Verder is de kademuur meegenomen in de trillingsanalyse. Zie hoofdstuk 12.

4.2 Zakkingen

De inbreng van de dijkstabilisator kan zakkingen / zettingen teweeg brengen in het dijkprofiel en de daaraan bevestigde objecten. De objecten die gevoelig worden geacht voor dit mechanisme zijn: de kademuur, de muur aan binnenzijde talud en objecten op dijkprofiel (trappen, voetpad, etc.). Deze objecten dienen zowel tijdens de uitvoering als de beheerfase te worden gemonitord op zakkingen door toedoen van de werkzaamheden met betrekking tot de JLD-Dijkstabilisator. De monitoring van de zakkingen staat beschreven in de hoofdstukken 5, 6, 7 en 13.

4.3 Bomen

Verder zijn over het gehele projectgebied bomen aanwezig op de bovenste helft van het binnentalud. Deze bomen kunnen beschadigd worden tijdens de werkzaamheden en/of het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisatoren. De monitoring van deze bomen staat beschreven in hoofdstuk 8.

4.4 Overzicht

In Tabel 4-1 staat een overzicht van alle objecten met de schademechanisme waar de monitoring zich op zal richten. In Figuur 4-1 staat een overzicht weergegeven met de locatie van deze objecten. Voor een gedetailleerde weergave is in bijlage 3 een situatietekening toegevoegd.

Tabel 4-1: Gevoelige objecten in het projectgebied

Gevoelige objecten	Categorieklasse	Schademechanismen
Bebouwing (ringdijk 45 t/m 54, 57 en 58)	2	Trillingen
		Zakkingen
Kademuur	2	Trillingen
		Zakkingen
Muurtje buitenzijde dijk (met achterliggende grindkoffer met drainagesluis)	2	Trillingen
		Zakkingen
Trap op talud	n.v.t.	Zakkingen
Brug ter hoogte van Nobelweg	1	Trillingen
		Zakkingen

Kabels en leidingen zijn niet in het monitoringsplan opgenomen.



Figuur 4-1: Gevoelige objecten projectgebied

5 Deformatie JLD-Dijkstabilisator

5.1 Doel

Het doel van het meten van de deformatie van de JLD-Dijkstabilisator is informatie verkrijgen of de JLD-Dijkstabilisator op lange termijn, in de beheerfase, werking blijft houden. Indien te grote vervormingen optreden kan de JLD-Dijkstabilisator minder goed functioneren, waardoor het mogelijk is dat de dijk niet aan de vigerende veiligheidseisen voldoet.

Tevens kunnen de gegevens gebruikt worden in combinatie met andere monitoringsaspecten zoals deformatie kruin (maaiveld) en voorspanning beschreven in respectievelijk hoofdstuk 6 en 10. Mogelijke verbanden kunnen gelegd worden indien een analyse wordt gemaakt van een combinatie van deze gegevens.

De metingen geven informatie in de beheerfase. Uit het perspectief van life cycle monitoring kan deze informatie ook van belang zijn voor de ontwerpfase voor toekomstige projecten.

5.2 Monitoring

De verplaatsing van het LDE element dient gemonitord te worden. Een verplaatsing van het LDE element duidt op een deformatie van de JLD-Dijkstabilisator.

5.3 Meetmethode

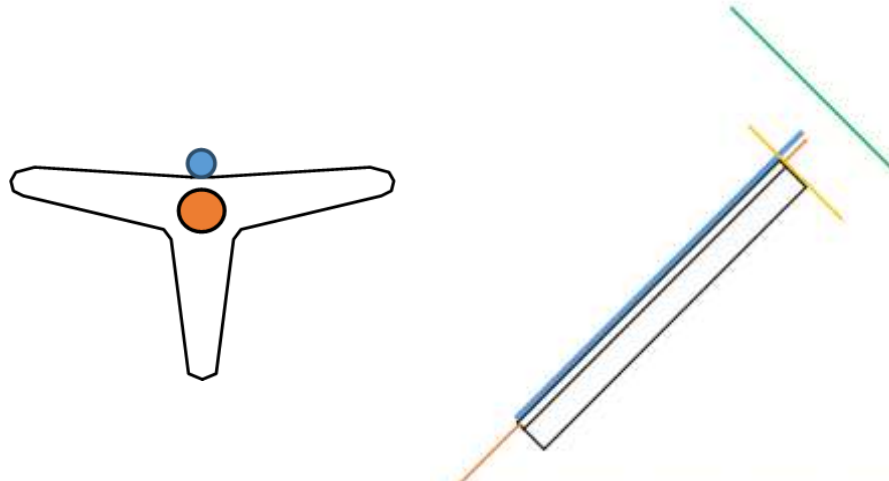
De deformatie van de JLD-Dijkstabilisator wordt gemeten met een SAAF sensor. Een 'Shape Accel Array / Field' (SAAF) bestaat uit een ketting van aaneengesloten sensor elementen van 0,3 tot 0,5m lang. Deze elementen kunnen de vervorming in 3-dimensionale richting meten ten opzichte van elkaar en daarmee de vervorming over een langere afstand meten. Een SAAF heeft een diameter van 25mm en kan een lengte tot 100m meten [5]. Naast het meten van deformaties bevat de SAAF sensor ook een temperatuursensor.

Om een SAAF meting uit te voeren worden vijf extra LDE-elementen ingebracht zonder kopplaat. Aan het LDE-element wordt een holle gasbuis aangebracht. Om lekkage vanuit de verschillende watervoerende pakket te voorkomen is de gehele gasbuis waterdicht wordt ook de onderkant waterdicht afgedicht. Deze buis vervormd met het LDE-element mee over de tijd. Op geplande momenten kan een SAAF sensor in de buis gezakt worden en de vervorming van het LDE element uitgelezen. De binnendiameter en de specificatie van de gasbuis zijn afhankelijk van de SAAF en moet worden afgestemd met de SAAF leverancier.

Om verplaatsing van het LDE-element en de gasbuis te meten dient de ligging van de kop van de gasbuis gelijktijdig met elke SAAF-meting te worden ingemeten X, Y en Z. Op deze manier kunnen verschillende SAAF-metingen met elkaar vergeleken worden en de vervorming en de verplaatsing in beeld worden gebracht.

Er is voor gekozen om op de volgende momenten de monitoring uit te voeren:

- Direct na aanbrengen JLD-Dijkstabilisator
- Jaarlijkse meting tijdens de beheersperiode van 5 jaar.



Figuur 5-1: Links: Dwarsdoorsnede LDE element met holle 'gasbuis' in blauw, rechts: Langdoorsnede JLD-Dijkstabilisator met ankerstang in oranje, LDE-element in zwart, 'gasbuis' in blauw en dekplaat in geel.

5.4 Benodigde nauwkeurigheid

Binnen een hoek van 20 graden is een nauwkeurigheid benodigd van 1,5 mm over een lengte van 32 meter. De resolutie van de gemeten hoek dient 0,0001 graden te zijn. Des te nauwkeuriger de hoek, des te nauwkeuriger de deformatie weergegeven kan worden. De gegevens die geleverd moeten worden zijn de x, y en z coördinaten van het gehele LDE-element in meter ten opzichte van NAP.

5.5 Risico's

Er bestaat een risico dat de gasbuizen worden dichtgedrukt voordat de SAAF sensor geplaatst is in de gasbuis. Daardoor kunnen geen SAAF sensoren geplaatst worden en geen metingen verricht worden aan de deformatie van het LDE element. De gasbuizen dienen na plaatsing te worden gecontroleerd. Het aantal LDE-element met gasbuizen van 5 stuks is minimaal. Overwogen kan worden extra LDE-elementen en / of gasbuizen te plaatsen.

De holle gasbuis dient over de lengte en aan de onderkant waterdicht te zijn ter voorkoming van kwelstromen door de gasbuis heen. Tijdens het meten van de deformaties moet er een controle uitgevoerd worden of er een kwelstroom plaatsvindt door de holle gasbuis. Daarnaast dient tijdens de visuele inspecties op piping de locaties van de holle gasbuis geïnspecteerd te worden, dit is beschreven in hoofdstuk 8 'piping'. Indien een kwel stroom ontstaat, dient de gasbuis waterdicht te worden afgedicht te worden met bijvoorbeeld een dop en / of zwelklei.

Tabel 5-1: risico's monitoring deformatie JLD-Dijkstabilisator

Risico	Gevolg	Maatregel
Dichtdrukken gasbuizen	geen meting mogelijk	Er worden voldoende gasbuizen in de grond geplaatst met de gedachte dat er een paar dicht mogen drukken.

5.6 Grenswaardes en acties

Vanwege het onderzoekende aspect van deze monitoring zijn er in principe geen grenswaardes en acties omschreven voor de monitoring van de deformatie van de JLD-Dijkstabilisator. Wel wordt er na de beheersperiode van 5 jaar een eerste analyse uitgevoerd met de gevonden metingen, op basis hiervan wordt bepaald of de deformatie van het anker een relevant mechanisme is om te monitoren en grenswaardes aan toe te kennen.

6 Deformatie kruin (maaiveld)

6.1 Doel

Met de deformatiemetingen van de kruin wordt de hoogteligging van de Ringdijk gemonitord. Deze informatie is benodigd voor de beheerfase van de life cycle monitoring. De dijk is gevoelig voor bodemdaling gezien de bodemopbouw van de Ringdijk. Daarnaast biedt het informatie om eventuele verbanden te leggen tussen verschillende meetaspecten voor de onderzoeksvragen.

Door de deformatiemetingen van de kruin kan tevens beoordeeld worden of de dijk daalt volgens de prognose van de te verwachte bodemdaling. Indien dit niet het geval is en extra zettingen aanwezig zijn kan onderzocht worden of er een relatie is met de JLD-Dijkstabilisator.

De gegevens worden ook gebruikt in combinatie met andere monitoringsaspecten zoals deformatie JLD-Dijkstabilisator en voorspanning beschreven in respectievelijk hoofdstuk 5 en 10. Mogelijke verbanden kunnen gelegd worden indien een analyse wordt gemaakt van een combinatie van deze gegevens.

De metingen geven informatie met betrekking tot de beheerfase en het onderzoekspoor.

6.2 Monitoring

De geometrie van de dijk dient ingemeten te worden, hierdoor wordt inzicht verkregen in de deformaties van de dijk over de tijd. De inmeting van de geometrie bestaat uit 7 dwarsprofielen en 1 lengteprofiel op de kruin. Bij metingen dienen ook de overige meetpunten op de muur binnendijks en de palen keermuur te worden gemeten. Zie hiervoor hoofdstuk 13 en de situatietekening. Dit zijn 10 punten extra.

6.3 Meetmethode

Met een 06-GPS of een Total Station worden de posities van de lengte- en dwarsprofielen uitgevoerd op centimeterniveau. De meetnauwkeurigheid in XYZ is +/- 1 cm. De meetresultaten dienen in XYZ tov RD en NAP te worden uitgewerkt. Indien de nauwkeurigheid in Z-richting niet gehaald kan worden dient een nauwkeurigheidswaterpassing te worden uitgevoerd.

Lengteprofiel

Het lengteprofiel wordt over gehele kruin dijk gemeten. Aan beide zijden van het projectgebied wordt ter referentie over minimaal 10 meter doorgemeten. Hierbij dient minimaal elke 10^{de} meter een meting gedaan te worden. Daarnaast worden ook de locaties van grenzen en overgangen in hoogtes en locaties met hoogteverschillen ingemeten. De metingen zijn nodig om een beeld te kunnen krijgen van de algehele deformatie van de dijk: zakt deze uit, zakt deze in z'n geheel of zakt de kruin alleen ter plaatse van de kopplaat.

Dwarsprofielen

Om de deformatie van de kruin en de teen inzichtelijk te maken worden binnen het projectgebied op 5 locaties dwarsprofielen ingemeten. Ter referentie worden aan weerszijden buiten het projectgebied twee dwarsprofielen ingemeten. Totaal zijn dit dan 7 dwarsprofielen. Alle dwarsprofielen starten met een vast meetpunt op het muurtje aan de binnenzijde van de dijk en eindigen met een meetpunt op de palen keermuur. Deze meetpunten worden vastgelegd met een meetspijker of een meetbout. De meetpunten op het grondlichaam worden niet

gemarkeerd. Wel dient altijd in dezelfde lijn te worden gemeten. De metingen uitgevoerd; per meter bij grensovergangen en verschillen etc.

Het lengteprofiel en de dwarsprofielen dienen tijdens iedere meting op dezelfde lijn worden ingemeten.

Kruindaling is een relatief langzaam proces wat over tijd steeds langzamer gaat (initiële vs. secundaire zettingen). Hierom is ervoor gekozen om bovenstaande monitoringsmethoden op de volgende momenten uit te voeren:

- voor aanvang werkzaamheden (0-meting);
- direct na aanbrengen JLD-Dijkstabilisator;
- vervolgd met een meting ieder jaar tijdens de beheersperiode van 5 jaar.

6.4 Benodigde nauwkeurigheid

De metingen dienen tot 1 cm nauwkeurig gemeten te worden. De te leveren gegevens dienen in meter ten opzichte van NAP en RD gemeten te worden met twee decimalen.

6.5 Risico's

Na afronding van de werkzaamheden kan er een object op de dijk geplaatst worden, waardoor de oorspronkelijke locatie een andere geometrie heeft. Indien de geometrie is gewijzigd ter plaatse van de locatie waar de metingen plaatsvinden, dient het dwarsprofiel op de dichtstbijzijnde locaties ingemeten te worden waar het oorspronkelijk profiel aanwezig is. In tabel 6-1 is een overzicht van de risico's en de maatregelen opgenomen.

Tabel 6-1: risico's monitoring deformatie kruin (maaiveld)

Risico	Gevolg	Maatregel
Metten raai niet meer mogelijk	geen resultaten van zettingen	<ul style="list-style-type: none"> - Door voldoende raaien in te meten (à 6 stuks) kan nog een goede inschatting van de zetting worden gegenereerd. - Mocht het benodigd zijn, kan een alternatieve raai bepaald worden.

6.6 Grenswaardes en acties

De dijk dient voldoende hoogte te behouden vorm het maatgevend hoogwaterpeil te kunnen keren. Vanwege de bodemopbouw wordt een bodemdaling van 7 mm / jaar verwacht. Mocht de dijk beneden de minimaal vereiste kruinhoogte zakken (NAP+0,1m), dan dient de dijk te worden opgehoogd. De monitoring van deze grenswaarde en bijbehorende actie valt buiten de scope van dit project. Voor de deformatiemetingen van de kruin (maaiveld) zijn daarom geen grenswaardes en bijbehorende acties beschreven.

7 Deformaties kopplaat

7.1 Doel

Het meten van de deformatie van de vijf stuks kopplaten geeft informatie of de JLD-Dijkstabilisator tijdens de uitvoerfase grondverdringing met zich mee neemt. Hiermee is het doel om maaiveldvervormingen inzichtelijk te maken tijdens de installatie van de JLD-Dijkstabilisator.

Er dient na elke stap in de uitvoering gemeten te worden voor- en na elke stap in de uitvoeringsfase op maaiveldvervorming:

- intrillen anker;
- aanbrengen LDE- element;
- kopplaat afspannen.

Tevens kunnen de gegevens gebruikt worden in combinatie met andere monitoringsaspecten zoals deformatie kruin (maaiveld) beschreven in hoofdstuk 6. Mogelijke verbanden tussen maaiveldaleningen kunnen gelegd worden indien een analyse wordt gemaakt van een combinatie van deze gegevens.

De metingen geven informatie in de uitvoeringsfase. Uit het perspectief van life cycle monitoring kan deze informatie ook van belang zijn voor de ontwerpfase voor toekomstige projecten.

7.2 Monitoring

Het maaiveld rondom de kopplaat wordt ingemeten voor en na het plaatsen van de JLD-Dijkstabilisator. Hiermee wordt de grondverdringing inzichtelijk gemaakt die ontstaat na het aanbrengen van de JLD-Dijkstabilisator.

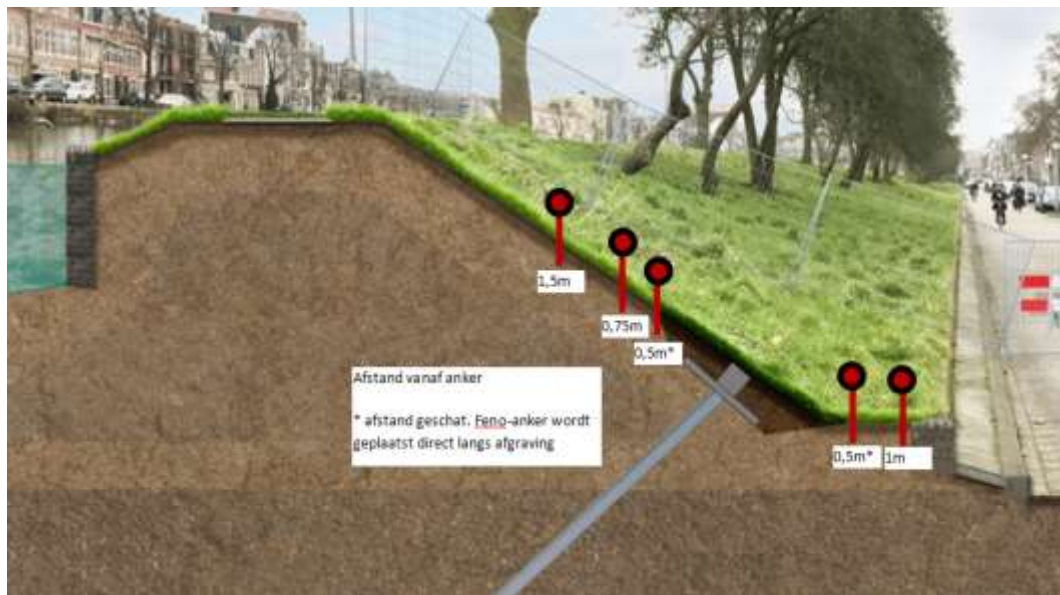
7.3 Meetmethode

Het maaiveld rondom de kopplaat wordt ingemeten door middel van een Total Station met behulp van vijf feno-ankers waarboven meetprisma's zijn geïnstalleerd. In totaal worden vijf kopplaten ingemeten. De locaties van de feno-ankers zijn bepaald op basis van de locatie van de ankers in de voorspanproeven in Purmerend. Hieruit is bepaald dat er aan bovenzijde van de JLD-dijkstabilisator 3 feno-ankers geplaatst dienen te worden op 0,5m, 1m en 1,5m afstand van de dijkstabilisator. Aan de onderzijde dienen twee feno-ankers geplaatst te worden op een afstand van 0,5m en 1m (zie Figuur 7-1).

Bij het aanbrengen wordt gedurende een dag gemeten. Als het maaiveld gereed gemaakt is voor het plaatsen van de JLD-Dijkstabilisator (de eerste meter is afgegraven) wordt de eerste meting uitgevoerd voordat de JLD-Dijkstabilisator is geplaatst. Vervolgens wordt de JLD-Dijkstabilisator geplaatst terwijl de feno-ankers met meetprisma's op de locatie blijven staan. Aan het einde van de dag worden, na het plaatsen van de JLD-Dijkstabilisator, de meetprisma's opnieuw ingemeten met de Total Station. Op deze manier kun je een analyse maken van eventuele verschillen in maaiveldhoogtes voor en na installatie van de JLD-Dijkstabilisator.

Twee weken na plaatsing wordt een herhalingsmeting uitgevoerd.

De locaties van de meetpunten zijn geschematiseerd in onderstaande figuur.



Figuur 7-1: feno-ankers met daar boven op meetprisma's rondom JLD-dijkstabilisator

Op deze manier zijn er in totaal 5 feno-ankers met meetprisma's benodigd per meting. Dit komt uit op 25 feno-ankers met meetprisma's en één Total Station.

7.4 Benodigde nauwkeurigheid

De metingen dienen tot op de 2 mm nauwkeurig gemeten te worden. De te leveren gegevens dienen in meter ten opzichte van NAP en RD gemeten te worden met drie decimalen.

7.5 Risico's

Indien veel grondverdringing aanwezig is kan het maaiveld dusdanig deformeren dat er schade ontstaat aan de keerwand en eventueel bebouwing. Dit wordt ook gemeten en staat beschreven in hoofdstuk 13.

Door het plaatsen van feno-ankers en meetprisma's is er kans op vandalisme door mensen die de meetapparatuur meenemen of vernielen. De gehanteerde meetmethode is relatief duur. Om de kans op vandalisme te verkleinen, worden de metingen op één dag uitgevoerd.

Tijdens het meten in de uitvoering kan een meetprisma afwijkingen vertonen doordat het prisma verplaatst wordt door menselijk handelen. Hierdoor ontstaan metingen die deformaties registreren die niet het gevolg zijn van de plaatsing van een JLD-Dijkstabilisator. Indien dit gebeurd moet dit gerapporteerd worden, zodat duidelijk is dat er afwijkingen aanwezig zijn in de metingen. Om dit risico te ondervangen worden meerdere metingen verricht. Als blijkt dat meer dan 50% van de metingen fouten bevat, dienen 5 nieuwe kopplaten ingemeten te worden. Een korte samenvatting van dit risico staat beschreven in Tabel 7-1.

Tabel 7-1: risico's monitoring deformatie kopplaat

Risico	Gevolg	Maatregel
Feno-anker verplaatst / weggehaald	geen resultaten van zettingen	<ul style="list-style-type: none"> - Door voldoende raaien in te meten (à 6 stuks) kan nog een goede inschatting van de zetting worden gegenereerd. - Mocht het benodigd zijn, kan bepaald worden nogmaals de metingen uit te voeren

7.6 Grenswaardes en acties

Er zijn voor de monitoring van deze parameters geen grenswaarden gegeven. De monitoring van de zetting van de kopplaat wordt gedaan in kader van een onderzoeksvraag. Hierdoor zijn er geen grenswaardes en bijbehorende acties gegenereerd te worden.

8 Beplanting

8.1 Doel

Doel van de monitoring van de beplanting op de dijk is het beperken van invloeden van (het inbrengen van) de JLD-Dijkstabilisator op de beplanting. In *ontwerpmemo onderzoeksvraag 9* [6] staan de volgende mechanismen vermeld als risicovol voor schade aan beplanting:

- Ontgravingen aan de dijk (schade aan wortels)
- Inbrengen ankerstang en LDE-element (doorboren wortels)

In het ontwerp is rekening gehouden met het inbrengen van de ankerstang door een minimale afstand aan te houden waardoor geen direct effect wordt verwacht van de JLD-Dijkstabilisator op bomen. Echter zijn bomen moeilijk te monitoren omdat schade pas later zichtbaar wordt.

De opslag van grond ter plaatse van beworteling is maximaal tien centimeter en twee weken in het groeiseizoen. Buiten het groeiseizoen moet de maximale opslag door een boomdeskundige worden bepaald.

Indien een boom onverhoopt schade oploopt zal een deskundige moeten beoordelen of de boom kan blijven staan of verwijderd moet worden. Er dient in ieder geval voorkomen te worden dat de boom omvalt en schade aan het dijklichaam veroorzaakt.

Monitoring van beplanting valt voornamelijk binnen de uitvoerings- en beheerfase van de dijkversterking. Resultaten worden ook via het onderzoekspoor gebruikt in de verdere ontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator.

8.2 Monitoring

Voor de uitvoering worden de bomen gekeurd doormiddel van een Visual Tree Assessment (VTA keuring) dit is de nulmeting. Deze VTA keuring wordt aan de eigenaar (Gemeente of Waternet) van de bomen voorgelegd. Indien uit de VTA keuring volgt dat de voorgenomen werkzaamheden effect hebben op de boom of vice versa wordt ook een boom-effectanalyse uitgevoerd waarbij in meer detail de locatie en omvang van de wortelkluit bepaald wordt. Op basis hiervan wordt bepaald wat de impact van het plaatsen van de dijkstabilisator op die locatie op de beplanting is én wat eventuele risico's voor de dijkstabilisator zijn.

Indien de JLD-Dijkstabilisator geplaatst wordt binnen de kroonprojectie van een boom dan zal er een European Tree Technician (ETT) aanwezig zijn, dit is alleen nodig bij bomen van de 1^e grootte (bomen hoger dan 15m). De ETT-er kan dan beoordelen of de JLD-Dijkstabilisator op de aangewezen plek geplaatst kan worden of dat uitgeweken moet worden.

Eén jaar na de uitvoering dient eventueel schade of waarde vermindering van de beplanting visueel te worden vastgesteld en gerapporteerd.

8.3 Meetmethode

Voor de werkzaamheden dient een VTA-keuring uitgevoerd te worden. Uit deze keuring wordt de definitieve meetmethode opgesteld. Voor nu wordt uitgegaan van een periodieke visuele inspectie.

8.4 Benodigde nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van een visuele inspectie is niet in een nauwkeurigheid uit te drukken

8.5 Risico's

De monitoring van de beplanting omvat het verkleinen / kunnen uitsluiten van de kans op schade aan de beplanting. Een risico hierbij is dat de bomen pas verlaat schade laten zien en op dat moment niet meer te redden zijn. Dit risico is niet uit te sluiten. Wel wordt er op geanticipeerd door regelmatig visueel de dijk te monitoren.

9 Piping

9.1 Doel

Uit memo *ontwerpeisen onderzoeksvraag 7 en 11* [7] is aangetoond dat piping op voorhand kan worden uitgesloten in de pilotlocatie Watergraafsmeer. Echter is in het extreme geval van maatgevende omstandigheden mogelijk lichte kwel te verwachten. Tijdens de realisatiefase dienen de grondwaterstanden, stijghoogten en waterspanningen gemeten te worden middels de bestaande peilbuizen en waterspanningsmeters (zie Tabel 2-3). De peilbuizen en waterspanningsmeters dienen voorafgaand aan de uitvoering gecontroleerd en onderhouden te worden. De te meten stijghoogte dienen binnen de veilige marges te blijven die aangehouden zijn in het DO.

9.2 Monitoring

Ter controle en verificatie van deze resultaten dient visueel op kwel en zand meevoerende wellen gemonitord te worden gedurende zowel de uitvoerings- als beheerperiode.

9.3 Meetmethode

In de dijk staan verschillende peilbuizen en waterspanningsmeters gepositioneerd. Als waterstanden, -stijghoogten of drukken boven de marges uit het DO worden gemeten dan dient de dijk wekelijks visueel op kwel gemonitord te worden.

9.4 Benodigde nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van een visuele inspectie is niet in een nauwkeurigheid uit te drukken.

9.5 Risico's

Het risico van het missen van kwel tijdens een visuele inspectie heeft geen consequenties voor de dijkveiligheid aangezien piping kan worden uitgesloten. Echter is kwel ook niet wenselijk. De kans op kwel langs het LDE-Element wordt als zeer laag geacht. Bij kwel langs het LDE-Element kan eventueel door middel injectie extra afdichting worden ingebracht. Bij kwel door de gasbuis (zie hoofdstuk 5) dient de buis afgedicht te worden met een dop en of zwelklei.

9.6 Grenswaardes en acties

Het eerste signaal van piping is kwel. Kwel op zich levert geen schade, maar geeft wel een indicatie van overdrukken van water. Als bij het water ook zand mee komt uit de wel, geeft dit wel schade en dient actie te worden ondernomen.

Tabel 9-1: Signaleringswaarde en grenswaarde voorspanningsmetingen

Meetpunt	Gemeten deformaties	
	Signaleringswaarde	Grenswaarden
Piping	Visueel kwel waargenomen	Visueel zandmeevoerende wellen waargenomen

De acties die uitgevoerd worden bij het overschrijden van de signaleringswaarde en grenswaarde zijn beschreven in tabel 9-2.

Tabel 9-2: Acties bij overschrijding signaleringswaarde en grenswaarde voorspanningsmetingen

Overschrijding	Actie
Signaleringswaarde	Onderzoeken waar kwel vandaan komt en waar mogelijk het 'gat' dichten
Grenswaarde	Afdichten

10 Voorspanning

10.1 Doel

De voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator is cruciaal voor de werking van het systeem. De voorspanning fluctueert in de tijd. Onder invloed van kruip neemt de voorspanning in de tijd af. Door zwel en krimp van het dijklichaam als gevolg van seizoensinvloeden neemt de voorspanning respectievelijk toe of af.

10.2 Monitoring

Elke dijkstabilisator wordt voorzien van een sensor om de actuele voorspanning te meten. Afname van de voorspanning kan duiden op een verminderde werking van de JLD-Dijkstabilisator.

10.3 Meetmethode

Elke dijkstabilisator wordt voorzien van een sensor om de actuele voorspanning te meten. Deze sensoren worden real-time uitgemeten en blijven zitten gedurende de levensduur van de JLD-Dijkstabilisator.

Om de voorspanning te meten worden drukmeters op de JLD-Dijkstabilisatoren aangebracht. Deze 'load-cell' met sensor (zie Figuur 10-1) wordt tussen de afdekplaat en de moer geklemd en kan hiermee de spanning in het anker meten. De meter dient 10 jaar, 4 maal per dag een drukmeting te doen. Meer informatie van de load-cell is opgenomen in de bijlage 4.



Figuur 10-1: load-cell met sensor

10.4 Benodigde nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van de sensor is kleiner dan 0,5 % van de meetwaarde. Bij een druk van 100 kN. is de afwijking ca. 0,5 kN.

10.5 Omgaan met uitval van druksensoren

Tijdens de beheerfase zullen naar alle waarschijnlijkheid op enig moment druksensoren uitvallen. Hierbij gelden de volgende aandachtspunten:

- Bij uitval van hier en daar een enkele druksensor hoeft niet direct te worden ingegrepen. Het onderhoud van verschillende druksensoren kan dan gecombineerd worden. Dooradat alle dijkstabilisatoren van een sensor zijn voorzien blijft er een goed beeld van de algehele werking van het systeem.
- Indien 2 druksensoren naast elkaar uitvallen, dient dit direct te worden onderzocht.

10.6 Grenswaardes en acties

Voor een correcte werking van de JLD-Dijkstabilisator dient de voorspankracht minimaal 35 kN (signaalwaarde) te bedragen. Het anker dient weer afgespannen te worden tot 60 kN. Indien de voorspanning gedurende de planperiode onder de 30 kN (ondergrens) komt, kan de bijdrage van de JLD-Dijkstabilisator aan de waterveiligheid niet meer worden gegarandeerd. Daarnaast mag de voorspanning in het JLD-anker ook niet te groot worden.

Tabel 10-1: Signaleringswaarde en grenswaarde voorspanningsmetingen

Meetpunt	Gemeten deformaties	
	Signaleringswaarde	Grenswaarden
Voorspanning (minimale spanning)	35 kN	30 kN
Voorspanning (maximale spanning)	60 kN	80 kN

De acties die uitgevoerd worden bij het overschrijden van de signaleringswaarde en grenswaarde zijn beschreven in Tabel 10-2.

Tabel 10-2: Acties bij overschrijding signaleringswaarde en grenswaarde voorspanningsmetingen

Overschrijding	Actie
Signaleringswaarde	Anker opnieuw afspannen
Grenswaarde	Oorzaak af/toename voorspanning analyseren en mogelijk maatregelen toepassen.

11 Ruimtebeslag

11.1 Doel

Om schade aan huizen te voorkomen en zeker te stellen dat uitvoering mogelijk is, dient voldoende ruimte tussen de huizen / bomen en de installatie aanwezig te zijn.

11.2 Monitoring

De afstand tussen de uitvoeringsmachines en de gevel van de bebouwing dienen te worden gemeten. Tevens dient een minimale afstand bewaakt te worden tot de bomen, zodat er geen schade optreedt aan bebouwing en bomen. Eventueel kan naar aanleiding van ruimtegebrek bij bomen de mogelijkheden onderzocht worden of de bomen gesnoeid kunnen worden.

11.3 Meetmethode

Visueel dient tijdens de uitvoering erop te worden gelet dat er minimaal 1 meter tussen de machines en de bebouwing geborgen blijft. Indien binnen 1 meter vanaf de gevel wordt gewerkt dient de visuele controle continu plaats te vinden. Bij de controle is goede en directe communicatie tussen de machinist en controleur nodig.

11.4 Risico's

Als niet goed wordt gemonitord op het ruimtebeslag, kan schade ontstaan aan:

- bebouwing;
- voorbijgangers / bewoners;
- schade aan bomen;

Daarnaast kan de kraan instabiel worden wanneer niet goed wordt gemonitord op het ruimtebeslag.

Tabel 11-1: risico's monitoring grensbewaking

Risico	Gevolg	Maatregel
Schade aan : bebouwing, Voorbijgangers / bewoners, bomen.	Stopleggen werkzaamheden, analyseren hoe verder dient te worden gegaan.	- Per risicopunt afzonderlijk te bepalen. - Mocht het benodigd zijn, kan bepaald worden nogmaals de metingen uit te voeren
Instabiliteit kraan	Geen veilige uitvoeringsmethode + geen garantie op correcte aanleg JLD-Dijkstabilisator	- Per locatie bekijken wat de mogelijkheden zijn.

11.5 Grenswaardes en acties

Tabel 11-2: Signaleringswaarde en grenswaarde ruimtebeslag

Meetpunt	Gemeten deformaties	
	Signaleringswaarde	Grenswaarden
Afstand bomen	0,50 m	0,10 m
Afstand bebouwing	1,50 m	1,00 m

De acties die uitgevoerd worden bij het overschrijden van de signaleringswaarde en grenswaarde zijn beschreven in tabel 11-3.

Tabel 11-3: Acties bij overschrijding signaleringswaarde en grenswaarde van de deformatiemetingen

Overschrijding	Actie
Signaleringswaarde	Evt. bomen snoeien, materieel anders opstellen
Grenswaarde	Stop met uitvoering, alternatieve uitvoeringsmethode toepassen.

12 Trillingen

12.1 Doel

Het doel van het monitoren van de trillingen tijdens de uitvoering van de JLD-Dijkstabilisator is inzichtelijk maken of de JLD-Dijkstabilisator schade veroorzaakt aan potentieel gevoelige objecten. Indien te grote trillingen optreden kan tijdens de uitvoering de werkwijze aangepast worden. De metingen geven informatie in de uitvoeringsfase met betrekking tot life cycle monitoring.

12.2 Nulmeting en visuele inspectie

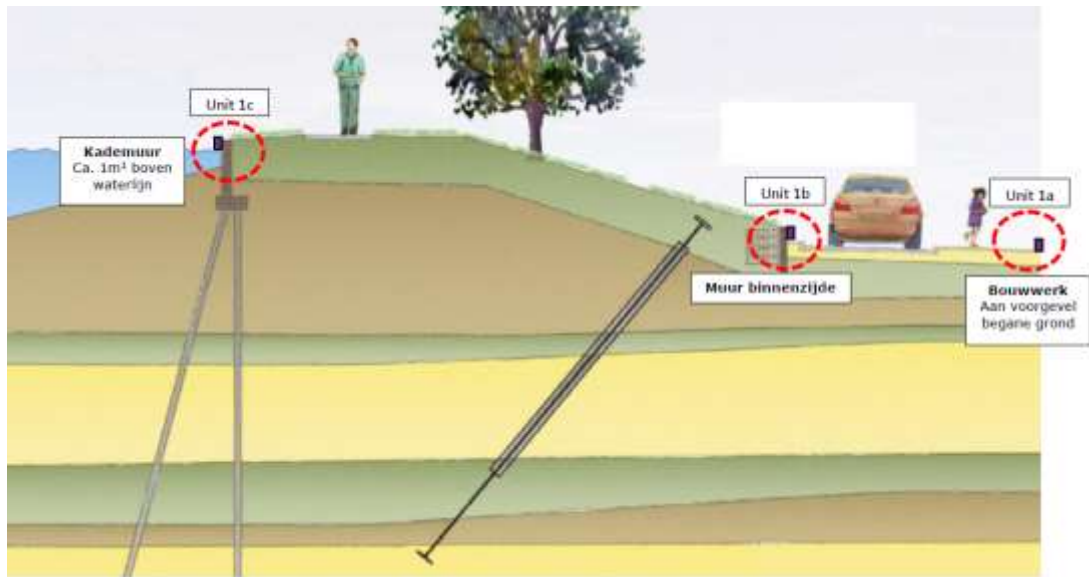
Voor de start van het werk wordt voor het monitoren van trillingen een nulmeting op de Ringdijk Watergraafsmeer te Amsterdam uitgevoerd. Dit dient als inventarisatie van de huidige situatie waarbij de resultaten worden meegenomen als uitgangspunt voor verder onderzoek. Naast de trillingsmetingen dienen visuele inspecties uitgevoerd te worden om eventuele schade zoals scheurvorming in kaart te brengen aan de objecten die gemeten worden. Indien de signaleringswaarde bereikt wordt dient opnieuw een visuele inspectie uitgevoerd te worden.

12.3 Monitoren trillingspredictie

Gestart wordt met de werkzaamheden op een locatie waar ervaring opgedaan kan worden zonder dat er zorgen hoeft worden te gemaakt dat gevoelige bebouwingen beschadigd kunnen worden. In dit gebied kan worden gecontroleerd of de berekende trillingspredicties correct zijn, om latere schade aan gevoelige objecten met meer zekerheid uit te kunnen sluiten. Over het traject van 140m¹ ter hoogte van Ringdijk 44 tot de Willem Beukelsstraat 2 worden diverse trillingsmeters geplaatst. De trillingsmeters worden om de 20 meter geplaatst. Dit aangezien voor de maximale afstand tussen de ankermachine en de trillingsmeters 10 meter wordt voorgesteld. De volgende objecten worden tijdens het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator gemonitord op trillingen:

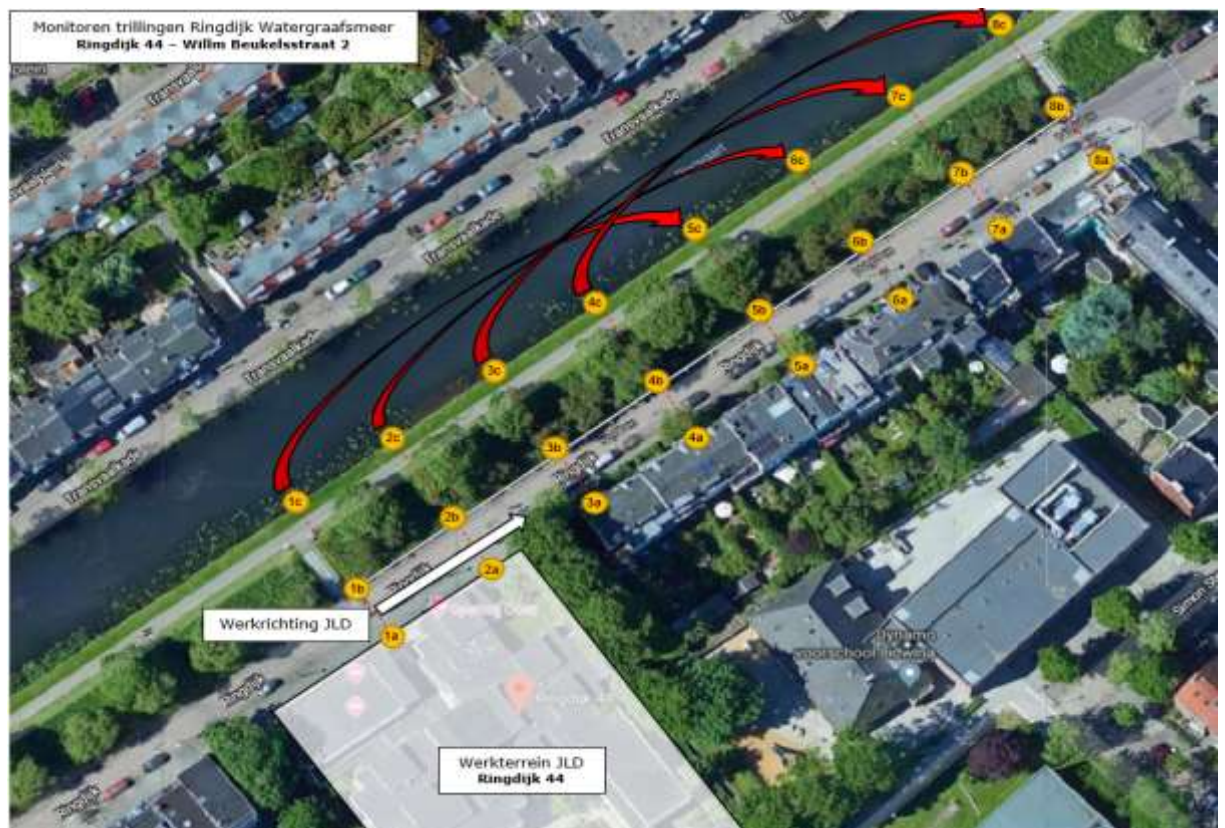
- Bebouwing,
- Muurtje binnenzijde van de Ringdijk (met achterliggende grindkoffer)
- Palen kademuur

De objecten zijn gevisualiseerd in onderstaande figuur 12-1.



Figuur 12-1: Te monitoren objecten.

Het aantal meetunits en aantal verplaatsingen mag worden bepaald door de opdrachtnemer, zolang aan de genoemde eisen wordt voldaan. Een goede administratie van de meetunits en de locaties is hierbij noodzakelijk. De trillingsmeters 1a – 8a worden elke 20 meter bij de bebouwing geplaatst. De methode is gevisualiseerd in onderstaande figuur 12-2, 12-3 en 12-4.



Figuur 12-2: Methode locatiebepaling van trillingsmeters. De gele cirkels zijn de locaties van de trillingsmeters, de rode pijlen zijn de te verplaatsen meetunits.



Figuur 12-3: Methode locatiebepaling van trillingsmeters. De gele cirkels zijn de locaties van de trillingsmeters.



Figuur 12-4: Methode locatiebepaling van trillingsmeters. De gele cirkels zijn de locaties van de trillingsmeters.

Indien voldoende inzicht is verkregen in de trillingen van de objecten kan in overleg met Waternet en Gemeente Amsterdam overwogen worden de trillingsmetingen voor de rest van het traject te stoppen of over te worden gegaan naar grotere afstanden. Aanbevolen wordt minimaal 1 week tijdens de uitvoering te meten.

12.4 Meetmethode

De trillingssnelheid en versnelling worden tijdens de werkzaamheden continue gemonitord met behulp van trillingsmeters. De trillingssensoren worden vast worden gemaakt aan een stijf punt van de constructie van de verschillende 'gevoelige' objecten. Bij woningen zal dit aan de voorgevel aan het begane grondniveau zijn. Voor de kademuur betreft dit de bovenzijde van de kademuur. De metingen moeten voldoen aan de richtlijnen van SBR deel A. Bijlage 1 van deze richtlijn bevat aanwijzingen en specificaties voor de te gebruiken meetapparatuur.

Trillingsmetingen volgens SBR richtlijn A

Bouwwerken kunnen door verschillende omstandigheden in trilling raken. Veel bouwwerken zijn niet expliciet ontworpen om trillingen op te nemen, waardoor er kans op schade bestaat. Een en ander is afhankelijk van de aard en de constructiewijze van het bouwwerk en de aard, de sterkte en de frequentie van de trillingen. Daar verificatie van de belasting op gebouwen door trillingen in relatie met het incasseringsvermogen van bouwwerken in bepaalde gevallen wenselijk is door de Stichting Bouwresearch (SBR) een richtlijn (A) opgesteld voor het meten en beoordelen van schade aan bouwwerken door trillingen. De meet- en beoordelingsrichtlijn A, "Schade aan gebouwen" bevat richtlijnen voor het meten en beoordelen van schade aan gebouwen. De richtlijn maakt onderscheid in de constructiewijze en de staat van het bouwwerk.

De metingen worden de eerste twee dagen bemand uitgevoerd. Met bemande metingen kan met behulp van de plaatsing van meerdere sensoren direct inzicht worden verkregen in de hoogte van de trillingen in relatie tot de bron. Directe afstemming is mogelijk. Vervolgens wordt onbemand gemeten. Met behulp van automatische metingen (onbemand) wordt achteraf inzicht verkregen in de trillingsniveaus. Wel dient een waarschuwings-waarde te worden ingesteld, die bij overschrijding een signaal afgeeft per sms en email. Voor bebouwing waar verwacht wordt dat de signaleringswaarde wordt overschreden dient bemand gemeten te worden.

De trillingsmetingen worden continu uitgevoerd. De trillingsmeters dienen dagelijks te worden uitgelezen en via een (webapplicatie) inzichtelijk te zijn. De metingen geven een 'wolk' van resultaten waarbij overschrijdingen gemeten worden. Om discussies en onrust te voorkomen dienen de resultaten door een trillingsdeskundige te worden beoordeeld. Wekelijks worden rapportages verzonden.

12.5 Risico bouwwerken

Daarnaast zijn er enkele risico bouwwerken. De bouwkundige staat is beoordeeld op basis van Google Maps/ Globetrotter. De inschatting (normaal/ gevoelig) is van invloed op de grenswaarden conform SBR A. De bouwkundige staat dient conform SBR A beoordeeld te worden. Omdat verder niets over de fundatie van de bestaande bouwwerken bekend is, wordt er standaard vanuit gegaan dat het om een trillingsgevoelige fundering gaat (worst-case). De bouwkundige staat van de bouwwerken is ten tijde van het opstellen van dit onderzoek niet bekend. Op basis van fotomateriaal uit Google Maps / GlobeSpotter is een aanname gedaan voor de (SBR) categorie indeling en de bouwkundige staat van de bouwwerken. Geadviseerd wordt om tijdens een expertise van de bebouwing (opname) de bouwkundige staat per pand te laten beoordelen conform SBR A.

In tabel 12-1 is een overzicht van de aangetroffen bouwwerken weergegeven. De laatste kolom betreft de minimale afstand van de JLD-Dijkstabilisator tot het betreffende bouwwerk.

Tabel 12-1: Aanname voor de (SBR) categorie indeling en de bouwkundige staat van de bouwwerken

bouwwerk	straatnaam	nummer	fundatie	categorie SBR Trillings richtlijn A	monument status	bouwkundige staat	trillings gevoelige fundatie	minimale afstand [m]
kademuur	Ringdijk	-	houten palen tot in de eerste zandlaag	categorie 2	NEE	normaal	NEE	17
Frankendael	Ringdijk	60	onbekend	categorie 2	NEE	normaal	NEE	12
Plant Growth Systems	Ringdijk	58	onbekend	categorie 2	JA	gevoelig	JA	13
-	Ringdijk	57	aanbouw stalgebouw '73, houten palen 8 m lang	categorie 2	JA	gevoelig	JA	15
woningblok	Ringdijk	55 + 56	houten palen	categorie 2	NEE	normaal	NEE	10
woningblok	Ringdijk	49 t/m 54	onbekend	categorie 2	NEE	normaal	JA	10
woningblok	Ringdijk	45 t/m 48	onbekend	categorie 2	NEE	normaal	JA	11
gebouw	Ringdijk	44	onbekend	categorie 2	NEE	normaal	NEE	12
woningblok	Ringdijk	29 t/m 43	onbekend	categorie 2	NEE	normaal	NEE	11
woningblok	Willem Beukelsstraat	1	Peil paalfundering: NAP -5,5 m, 15 m lengte, afgeheid op: NAP -2,39 m, omtrek paal 75 cm, hout	categorie 2	NEE	normaal	NEE	12
woningblok	Ringdijk	24 t/m 28	Peil paalfundering: NAP -5,5 m, 15 m lengte, afgeheid op: NAP -2,39 m, omtrek paal 75 cm, hout	categorie 2	NEE	normaal	NEE	12
muurtje ter hoogte van de binnenteen	Ringdijk	-	Op staal gefundeerd	categorie 2	NEE	normaal	JA	2

Bij de volgende trillingsgevoelige bebouwing of funderingen dient een lagere grenswaarde te worden aangehouden:

- Ringdijk 45 t/m 54
- Ringdijk 57 & 58

De trillingsmeters dienen hier met een lagere signaalwaarde te worden ingesteld. Hiervoor kunnen aparte trillingsmeters worden gebruikt of de kasten dienen opnieuw te worden ingesteld. Voorgesteld worden om een trillingsmeter te plaatsen indien de werkzaamheden binnen een straal van 50 meter is benaderd. Na plaatsing wordt richting de trillingsmeter gewerkt. Vervolgens worden de trillingsmeters elke 20 meter geplaatst. Hierbij zijn dan wederom minimaal twee trillingsmeters nodig waartussen gewerkt wordt. Overschrijdingen worden direct gemeld en dagelijks gerapporteerd. Indien verwacht wordt dat de waarschuingswaarde wordt overschreden dient bemand te worden gemeten. De locaties van deze trillingsmeters zijn weergegeven in Bijlage 3.

12.6 Risico's

Er bestaat een risico dat de meetapparatuur externe trillingen meet die niet een gevolg zijn van het plaatsen van de JLD-Dijkstabilisator. Indien dit opgemerkt wordt dient dit gerapporteerd te worden en indien mogelijk nagegaan waardoor de trillingen veroorzaakt worden. Daarnaast bestaat het risico dat de trillingen boven de predicties uit komen en dat er schade ontstaat aan de (gevoelige) bebouwing. In tabel 12-2 zijn de risico's en de maatregelen opgenomen.

Tabel 12-2: risico's monitoring trillingen

Risico	Gevolg	Maatregel
Schade aan gevoelige objecten zonder dat trillingsgrenzen zijn overschreden	Schade objecten	Stilleggen werkzaamheden en her-analyse trillingspredicties.
Externe trillingen	Foutieve overschatting trillingen	Analyse resultaten om deze foute resultaten te monitoren.

12.7 Grenswaarden en acties

Voor onderzoeksvraag 15, trillingen tijdens het aanbrengen, is een onderzoek ingesteld naar trillingen [8]. Dit rapport bevat een overzicht van de verschillende objecten langs de Ringdijk, tevens zijn hierin de grenswaarden opgenomen. De grenswaarden zijn gebaseerd op SBR trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken. De resultaten uit de trillingspredictie met de berekende en grenswaarden zijn overgenomen in tabel 12-3. Bij een aantal locaties is de verwachtingswaarde hoger dan de grenswaarde conform categorie 2. Opgemerkt wordt dat bij de grenswaarden wordt uitgegaan van constructieve schade. Risico op schade aan bijvoorbeeld slecht stucwerk is daarom groter.

Tabel 12-3: Toetsing berekeningsresultaten conform SBR-richtlijn]

bouwwerk	minimale afstand [m]	onderdeel	V_d ^[1]	V_r	p ^[2]	a_d ^[1]	a_r	p ^[2]
			[mm/s]	[mm/s]	[%]	[m/s ²]	[m/s ²]	[%]
kademuur langs Ringdijk	17	draagconstructie	3,3	4,0	< 1	nvt	2,8	nvt
Frankendael, Ringdijk 60	12	draagconstructie	3,9	4,0	< 1	nvt		nvt
Plant Growth Systems, Ringdijk 58	13	draagconstructie	3,8	2,4	5	nvt		nvt
		trillingsgevoelige fundering	4,7	2,9	5	0,3		< 1
bouwwerk Ringdijk 57	15	draagconstructie	3,5	2,4	4	nvt		nvt
		trillingsgevoelige fundering	4,4	2,9	4	0,2		< 1
woningblok Ringdijk 55+56	10	draagconstructie	4,3	4,0	1	nvt		nvt
woningblok Ringdijk 49 t/m 54	10	draagconstructie	4,3	2,4	7	nvt		nvt
		trillingsgevoelige fundering	5,3	2,9	7	0,3		< 1
woningblok Ringdijk 45 t/m 48	11	draagconstructie	4,1	2,4	7	nvt		nvt
		trillingsgevoelige fundering	5,1	2,9	7	0,3		< 1
gebouw Ringdijk 44	12	draagconstructie	3,9	4,0	< 1	nvt		nvt
woningblok Ringdijk 29 t/m 43	11	draagconstructie	4,1	4,0	1	nvt		nvt
woningblok Willem Beukelsstraat 1	12	draagconstructie	3,9	4,0	< 1	nvt		nvt
woningblok Ringdijk 24 t/m 28	12	draagconstructie	3,9	4,0	< 1	nvt		nvt
muurtje ter hoogte van de binnenteen	2	draagconstructie	9,6	2,4	50	nvt	nvt	
		trillingsgevoelige fundering	12,0	2,9	50	1,8	< 1	

^[1] Bij de beoordeling van de trillingsnelheid (v_d) en -versnelling (a_d) wordt uitgegaan van een indicatieve meting.

^[2] Opgemerkt wordt dat er altijd een reële kans op schade bestaat (1%), ook wanneer er geen overschrijding van de grenswaarden plaatsvindt. In dit geval wordt met de term schade bedoeld: lichte scheurvorming in metselwerk.

In de tabel 12-3 is:

- V_d de rekenwaarde van de berekende trillingsnelheid;
 V_r de rekenwaarde van de grenswaarde van de toelaatbare trillingsnelheid volgens SBR;
 P kans op schade;
 a_d de rekenwaarde van de berekende trillingsversnelling, afgeleid van V_d .

De signaleringswaardes zijn aangehouden als 80% van de grenswaarden.

Tabel 12-4: Signaleringswaarde en grenswaarde trillingsmetingen

Meetpunt	Gemeten trillingen [mm/s]	
	Signaleringswaarde (80 % V_r)	Grenswaarden trilwerkzaamheden V_r (hoogfrequent) [8]
Kademuur langs Ringdijk	3,2	4,0
Ringdijk 45 t/m 54, 57, 58	Draagconstructie 1,9 Trillingsgevoelige fundering: 2,3	Draagconstructie: 2,4 Trillingsgevoelige fundering: 2,9
Overige bebouwing	3,2	4,0
Muurtje ter hoogte van de binnenteen	Draagconstructie: 1,9 Trillingsgevoelige fundering: 2,3	Draagconstructie: 2,4 Trillingsgevoelige fundering: 2,9

In tabel 12-5 zijn de acties weergegeven behorende bij de signaleringswaarden en de grenswaarden.

Tabel 12-5: Acties trillingsmetingen bij overschrijding van de signaleringswaarde en grenswaarde

Overschrijding	Actie
Signaleringswaarde	Wees alert en zet bemande metingen in i.p.v. onbemande trillingsmetingen
	Nadere visuele inspectie bebouwing, controleer of er extra scheurvorming plaatsgevonden heeft
	Overleg met projectteam
	Nader onderzoek naar de fundering van bestaande bouwwerken
	Bij geconstateerde gebreken afspraken maken voor herstel of herstelwerkzaamheden uitvoeren
Grenswaarde	Nadere inspectie bebouwing uitvoeren
	Overleg met projectteam
	Bemande trillingsmetingen uitvoeren
	Extra hoogtemetingen uitvoeren en eventueel hoogtebouten bijplaatsen
	Onderzoeken om met een kleinere slagenergie gewerkt kan worden of overgestapt kan worden naar een zwaarder trilblok met een lage slagkracht.

13 Deformaties objecten

13.1 Doel

Tijdens het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator treedt in bepaalde mate grondverdringing op. Daarnaast kunnen de trillingen tijdens de uitvoeringswerkzaamheden de grond verdichten. Deze veranderingen in de grond kunnen resulteren in lokale deformaties van objecten op/nabij de dijk en van de achterliggende bebouwing.

Om deformatie aan de bebouwing, kademuur en muurtje binnenzijde te beperken of te voorkomen en tijdig ingrijpen mogelijk te maken wordt tijdens de werkzaamheden gemonitord op trillingen en deformaties. De monitoring op trillingen is beschreven in hoofdstuk 12. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de monitoring van de deformaties.

13.2 Meetmethode

De deformatiemetingen worden uitgevoerd door middel van nauwkeurigheidswaterpassingen (Z-richting) en GPS-metingen (XYZ-richting).

Voor het aanbrengen van de meetpunten zoals beschreven in onderstaande sub-paragrafen is toestemming nodig van de bewoners en eigenaren.

13.2.1 Digitaal waterpasinstrument (nauwkeurigheidswaterpassing Z)

Ten behoeve van de nauwkeurigheidswaterpassingen worden meetboutjes (of meetspijkers) aan de in te meten objecten geplaatst. De meetboutjes worden ten opzichte van NAP ingemeten met een baak en een digitaal waterpasinstrument. De relatieve nauwkeurigheid van het instrument bedraagt ca. 0,3 mm. De weergesteldheid heeft tevens invloed op de nauwkeurigheid van de meting. Onnauwkeurigheden tot 1 à 1,5 mm in de meting worden hierom niet uitgesloten. Bij de meetresultaten wordt daarom altijd de weersgesteldheid van de betreffende meetdag vermeld.

Meetbouten zijn roestvast stalen boutjes met een doorsnede van 6mm. De meetboutjes worden bij voorkeur aangebracht in de voegen van de dragende muren. Het plaatsen van een meetbout heeft nagenoeg geen gevolgen voor het pand. Er wordt slechts een klein gaatje in een gevelsteen geboord. Buiten het invloedsgebied dienen referentiepunten te worden geplaatst die worden meegenomen in de monitoring.



Figuur 13-1: meetbout



Figuur 13.2: meetspijker

13.2.2 GPS-metingen (XYZ)

Met een 06-GPS of een Total Station worden de posities bepaald op centimeterniveau. Vooraf dienen de meetpunten vastgelegd te worden met meetbouten en meetspijkers. De meetnauwkeurigheid in XY is 1 cm. De meetresultaten dienen in XYZ tov RD en NAP te worden uitgewerkt.

13.3 Zakking bebouwing (Z)

Er worden geen zakkingen van bebouwing verwacht. Om discussies te voorkomen wordt aanbevolen een aantal panden te monitoren door middel van het aanbrengen van hoogtebouten en het uitvoeren van nauwkeurigheidswaterpassingen.

13.4 Trillingsgevoelige Bebouwing (Z)

Trillingsgevoelige bebouwing worden gemonitord door middel van het aanbrengen van hoogtebouten en het uitvoeren van nauwkeurigheidswaterpassingen. Op elk 'gevoelig' gebouw dient aan de voorzijde meetbouten aangebracht te worden. Bij voorkeur op de dragende muren en of op hoekpunten.

Ringdijk 43 is het eerste huis wat gepasseerd wordt tijdens de werkzaamheden. Dit huis staat niet als 'gevoelige bebouwing' bestempeld. Ter verificatie van de predicties dient op dit huis meetbouten te worden aangebracht om deformaties met zekerheid uit te kunnen sluiten.

Omdat de deformaties van de panden kan optreden ten gevolge van de trillingen, wordt uitgegaan dat er geen deformaties optreden als de trillingsgrens uit hoofdstuk 11 niet wordt overschreden. Echter wordt deze theorie wel gecontroleerd door de meetbout bij Ringdijk 43 én de gevoelige bebouwing periodiek te monitoren:

- Voor aanvang werkzaamheden dienen alle meetbouten te worden ingemeten;
- Direct na de werkzaamheden nabij ringdijk 43 (minimaal tot voorbij meetbout) dient de meetbout te worden ingemeten;
- Tijdens werkzaamheden nabij gevoelige panden dient 2x per week de deformatie uit te worden gemeten.

De frequentie van de metingen gedurende de werkzaamheden is afhankelijk van de gevonden waarden in zowel de deformatie- als trillingsmetingen (zie hoofdstuk 11). Mocht tijdens een meting een deformatie worden geregistreerd boven een grenswaarde, dan kan bovenstaande planning worden aangepast.

13.5 Kademuur en muurtje binnenzijde talud (XYZ)

De kademuur en het muurtje binnenzijde talud wordt gemonitord door middel van het aanbrengen van meetpunten (bouten of meetspijkers) aan de bovenkant van de muur. De punten worden in XYZ tot op 1 cm nauwkeurig ingemeten.

13.6 Trappen (XYZ)

Er zijn vier trappen op het talud aanwezig van de Ringdijk. Voorgesteld wordt om de trappen te monitoren door het inmeten van dwarsprofielen in XYZ. De metingen worden uitgevoerd door middel van het plaatsen van meetspijkers en GPS metingen tot op 1 cm nauwkeurig

Tijdens de uitvoeren dienen de trappen tevens visueel gemonitord te worden. Trappen kunnen worden vastgelegd met foto's.

13.7 Meetfrequentie

Gedurende de werkzaamheden worden periodiek alle meetpunten waar de werkzaamheden hebben plaatsgevonden uitgemeten. Omdat de verzakking van de kademuur direct is gekoppeld aan de grondverdringing die is ontstaan door de werkzaamheden, worden eventuele deformaties verwacht gedurende de werkzaamheden.

Deze metingen zijn in eerste instantie gepland:

- Totale inmeting twee à drie voor aanvang werkzaamheden (nulmeting)
- Enkele dagen voor aanvang van de werkzaamheden
- 1 week na aanvang werkzaamheden binnen een gebied van 50 meter aan weerszijden van gerealiseerde strekking
- 1 maand na aanvang werkzaamheden
- 2 maanden na aanvang werkzaamheden
- 4 maanden na aanvang werkzaamheden
- Na beëindigen werkzaamheden.

Mocht tijdens een meting een deformatie worden geregistreerd boven een grenswaarde, dan kan bovenstaande planning worden aangepast.

13.8 Risico's

Geen risico's bekend

13.9 Grenswaardes + acties

Als er geen signaleringswaarden op de trilling apparatuur op de woningen of kademuur zijn overtreden kan na de eerste week van de werkzaamheden de meetbouten op de kademuur (ter hoogte van de werkzaamheden) en aan de woning op Ringdijk 43 worden uitgemeten. Als uit deze metingen geen deformatie is gemeten, en er verder geen grensoverschrijding van trillingen worden gemeten, hoeven voor niet-gevoelige woningen en de kademuur geen verdere deformatiemetingen te worden uitgevoerd tijdens de werkzaamheden.

Wanneer de werkzaamheden de gevoelige objecten bereiken (minimale afstand van 30m) dient dagelijks visueel te worden gecontroleerd.

Tabel 13-1: Signaleringswaarde en grenswaarde deformatiemetingen

Meetpunt	Gemeten deformaties [mm]	
	Signaleringswaarde	Grenswaarden
Meetpunten kademuur en muur binnenzijde	10 mm	Bepaal naar analyse panden op basis van CUR 162
Meetbouten panden	5 mm	Bepaal naar analyse panden op basis van CUR 162
Visuele controle	Lichte scheurvorming in metselwerk	
	Piket paaltjes trappen staan scheef	

De acties die uitgevoerd worden zijn beschreven in tabel 13-2.

Tabel 13-2: Acties bij overschrijding signaleringswaarde en grenswaarde van de deformatiemetingen

Overschrijding	Actie
Signaleringswaarde	Vergelijk metingen met trillingsmetingen en pas waar nodig de schadepredictie aan
	Verscherp periodieke metingen en voer bemande metingen uit.
Grenswaarde	Stop werkzaamheden en maak maatregelenplan

14 Geluid

Om meer inzicht te krijgen in de geluidsbelasting en bijsturing mogelijk te maken wordt aanbevolen de geluidsbelasting enkele dagen te monitoren.

14.1 Meetmethode

Geluid geproduceerd tijdens de inbreng van de JLD-Dijkstabilisator wordt gemonitord doormiddel van een mobiele decibelmeter.

Voorafgaand aan de uitvoering wordt een 'nulmeting' uitgevoerd.

Binnen de eerste 5 werkdagen van de uitvoering dient tenminste 1 dag het geluid gemeten te worden met behulp van een decibelmeter. De metingen dienen plaats te vinden voor de gevel van aangrenzende woningen zoals staat beschreven in . Hierbij wordt tijdens de eerste inbreng van het eerste anker direct voor een huis gemeten en wordt de volgende meting 15 meter verder op te worden gedaan (tijdens de inbreng van het volgende anker). Hierdoor zijn aan het eind van de dag over een afstand van +/- 90m (bij inbreng van 7 ankers) geluidmetingen uitgevoerd te zijn. Op deze manier kan worden ingeschat hoeveel dagen één huis blootgesteld wordt aan het lawaai van de werkzaamheden.

14.2 Benodigde nauwkeurigheid

De maximale afwijking van de geluidsmeter is 1,5 dB op het gemeten geluidsniveau.

14.3 Risico's

Op basis van de verwachtte uitvoeringssnelheid kan worden bepaald hoe lang een huis last heeft van geluid. Mocht de uitvoering trager gaan dan verwacht, dan kan dit ervoor zorgen dat de maximale blootstelling uit het bouwbesluit 2012 wordt overschreden.

14.4 Grenswaardes en acties

In tabel 14-1 zijn de signaleringswaarden en grenswaarden van de geluidsmetingen opgenomen.

Tabel 14-1: Signaleringswaarde en grenswaarde geluidsmetingen

Meetpunt	Gemeten geluidsniveau [dB(a)]	
	Signaleringswaarde	Grenswaarden
Geluidsmeting	Geluidsniveau of duur ligt boven 80% van de voorgeschreven waardes ()	Overschrijding geluidsniveau of duur van voorschreven waardes uit .

De acties die uitgevoerd worden zijn beschreven in Tabel 14-2.

Tabel 14-2: Acties bij overschrijding signaleringswaarde en grenswaarde van de deformatiemetingen

Overschrijding	Actie
Signaleringswaarde	Voer periodieke meting in ter controle
Grenswaarde	Machine afstellen Machine uit het zicht halen Noise Control Barrier plaatsen tussen kraan en woningen Geluidsdempende panelen Tendu Noise & Fire Control

15 Rapportage en communicatie

15.1 Rapportage

De rapportage van de monitoring moet de volgende onderdelen bevatten:

- Beschrijving van de ligging van de meetpunten (welke woning, boutnummering ed). De meetlocaties moeten op een tekening aangegeven zijn;
- Overzicht van de meetperiode, onder andere datum en weersomstandigheden;
- Specificatie toegepaste apparatuur en data-acquisitiesysteem;
- Logboek van de metingen en een toelichting op bijzonderheden;
- Presentatie van de meetresultaten (nul- en vervolgmetingen).
- Logboek van de trilwerkzaamheden met gebruikt blok, hetgeen inhoudt dat onder andere is aangegeven waar gestart is, waar mogelijke problemen zijn opgetreden en waar geëindigd is;
- Specificatie toegepaste apparatuur en data-acquisitiesysteem;
- Logboek van de metingen en een toelichting op bijzonderheden, hetgeen onder andere inhoudt dat van de maatgevende trillingen de karakteristieken vermeld worden en bij welke activiteit er op dat moment plaats vond;
- Presentatie van de meetresultaten, inclusief een beoordeling en toetsing van de maatgevende meetresultaten. De meetwaarden moeten grafisch weergegeven zijn (amplitude tegen frequentie).

15.2 Communicatie

Alle meetresultaten dienen zo spoedig mogelijk na de uitvoering, met als streven binnen twee dagen, in tabellen e-mail gerapporteerd worden naar:

- JLD Contracting BV

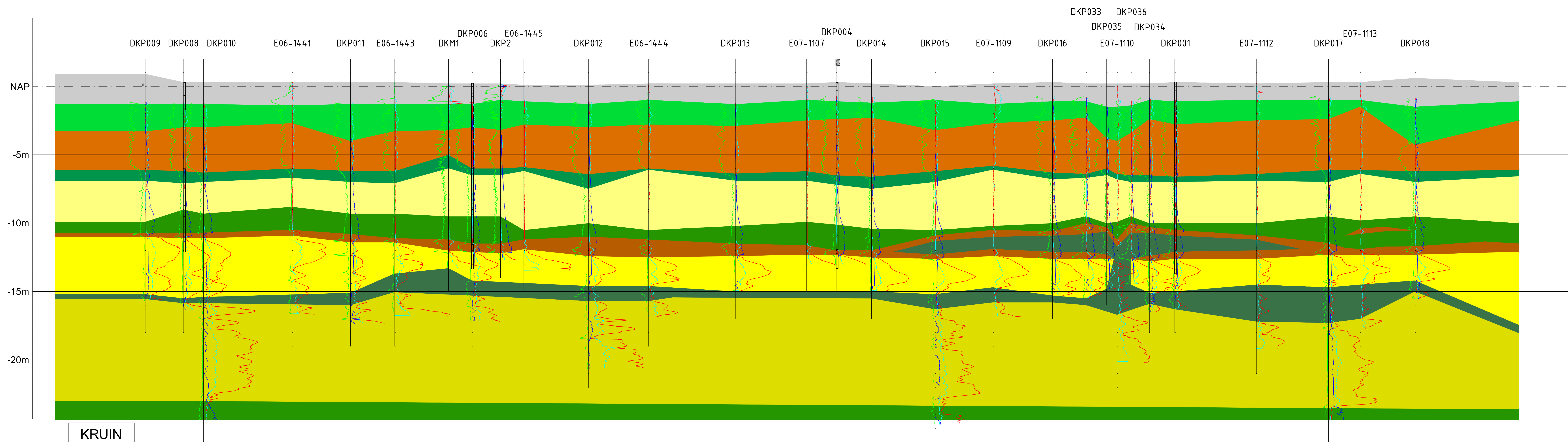
Aanbevolen wordt om duidelijke afspraken over de communicatie met de betreffende partijen te maken. De meetgegevens dienen steeds, bijgewerkt met de laatste metingen, in een overzichtelijke en bruikbare vorm ter inzage aanwezig te zijn op het werk en bij de bouwdirectie.

Het is van belang dat de meetgegevens die door de deskundigen op waarde zijn geschat, periodiek met het projectteam worden gecommuniceerd. Indien zich geen bijzonderheden voor doen is het wenselijk om maandelijks een overzicht te genereren van de gemeten grootheden en deze overzichten te voorzien van een toelichting en bijpassende conclusies. Indien de deskundige bijzonderheden of onregelmatigheden waarnemen in de meetreeksen dient hiervoor direct rapport gedaan te worden bij JLD Contracting en dient vervolgens de te nemen actie naar het projectteam te worden gecommuniceerd.

16 Referenties

- [1] POV Macrostablieit, „Handreiking Life Cycle Monitoring Fase 1,” 2016.
- [2] Antea Group, „Bodemschematisatie, sterkte en stijfheidsparameters, en waterstanden,” 2018.
- [3] Wiertsema & Partners, „Waterspanningsmetingen Pilot JLD Dijkstabilisator te Amsterdam,” 2017.
- [4] Antea Group, „Onderzoeksvraag 15 - Onderzoek naar trillingen definitief revisie 1.0,” 2018.
- [5] Inventec, „Leaflet SAAF,” [Online]. Available: <https://www.inventec.nl/Portals/0/ProductsheetsUK/SAAF%20engels.pdf>. [Geopend 12 7 2018].
- [6] Antea Group, „Ontwerpmemo onderzoeksvraag 9 pilot Watergraafsmeer -,” 30-7-2018.
- [7] Antea Group, „Ontwerpeisen DO Onderzoeksvragen 7 en 11 - Opstellen beoordelingsmethode inclusief te monitoren parameters gedurende levensduur,” 10-7-2018.
- [8] Antea Group, „Pilot Dijkstabilisator Watergraafsmeer Onderzoeksvraag 15 - Onderzoek naar trillingen,” Heerenveen, juli 2018.
- [9] Movax, „SG-45V,” Movax, [Online]. Available: <https://www.movax.com/en-GB/products-and-services/pile-drivers/sg-45v/?pdf=1>.
- [10] M. v. B. Z. e. Koninkrijksrelaties, „Bouwbestluit 2012,” 2011.
- [11] SBRCURnet, „SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken: 2017,” Delft , november 2017.
- [12] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, „Circulaire bouwlawaai,” 2010.

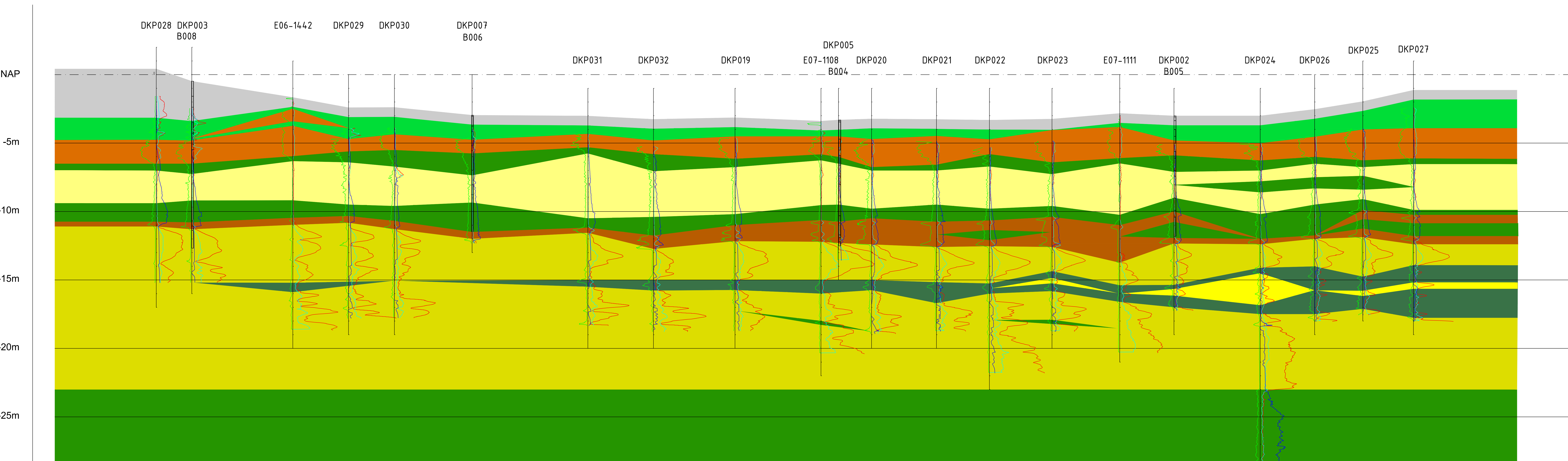
Bijlage 1 Geotechnisch lengteprofiel



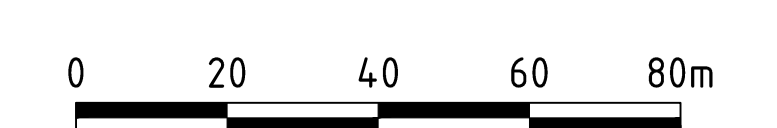
KRUIN

LEGENDA Lengteprofiel:

Antropogene grond: - zand, weinig tot zeer ziltig, weinig tot zeer humeus, matig fijn met plaatselijk één of meer van de volgende bestanddelen: sporen klei, sporen roest, sporen puin,
Jonge zeeklei: - klei, vast tot zeer vast, weinig siltig, met plaatselijk één of meer van de volgende bestanddelen: sporen veen, sporen puin, sporen roest
Hollandveen: - slap tot matig vast, met een enkel kleilaagje
Oude zeeklei: - matig vast, weinig siltig, weinig tot zeer humeus, sporen slib
Wadafzettingen (zand): - zeer fijn, zeer siltig met plaatselijk één of meer van de volgende bestanddelen: schelpresten
Hydrobioklei: - vast, weinig siltig met plaatselijke één of meer van de volgende bestanddelen: sporen veen, sporen zand
Basisveen: - matig voorbelast, zwak siltig, slap tot matig, mineraal arm, plaatselijk matig tot sterk kleilig of zandig
1e Zandlaag: - zeer fijn, weinig siltig, plaatselijk met één of meer van de volgende bestanddelen: humeus, sporen van slib, sporen veen
Tussenlaag: - klei zwak zandig, matig tot vast, zwak siltig
2e Zandlaag: - matig tot vast, matig tot zeer fijn



BINNENTEEN



CO	12-06-2018	CONCEPT		D.H.
Nr			Wijziging	Tec.

Waternet
 Projectontwikkelaar
 Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer
 Tekeningomschrijving
 Geotechnisch lengteprofiel

Tekenaar
 Dave Hensbach
 Formaat
 841*1470
 Status
 INTERN
 CO
 www.anteagroup.nl

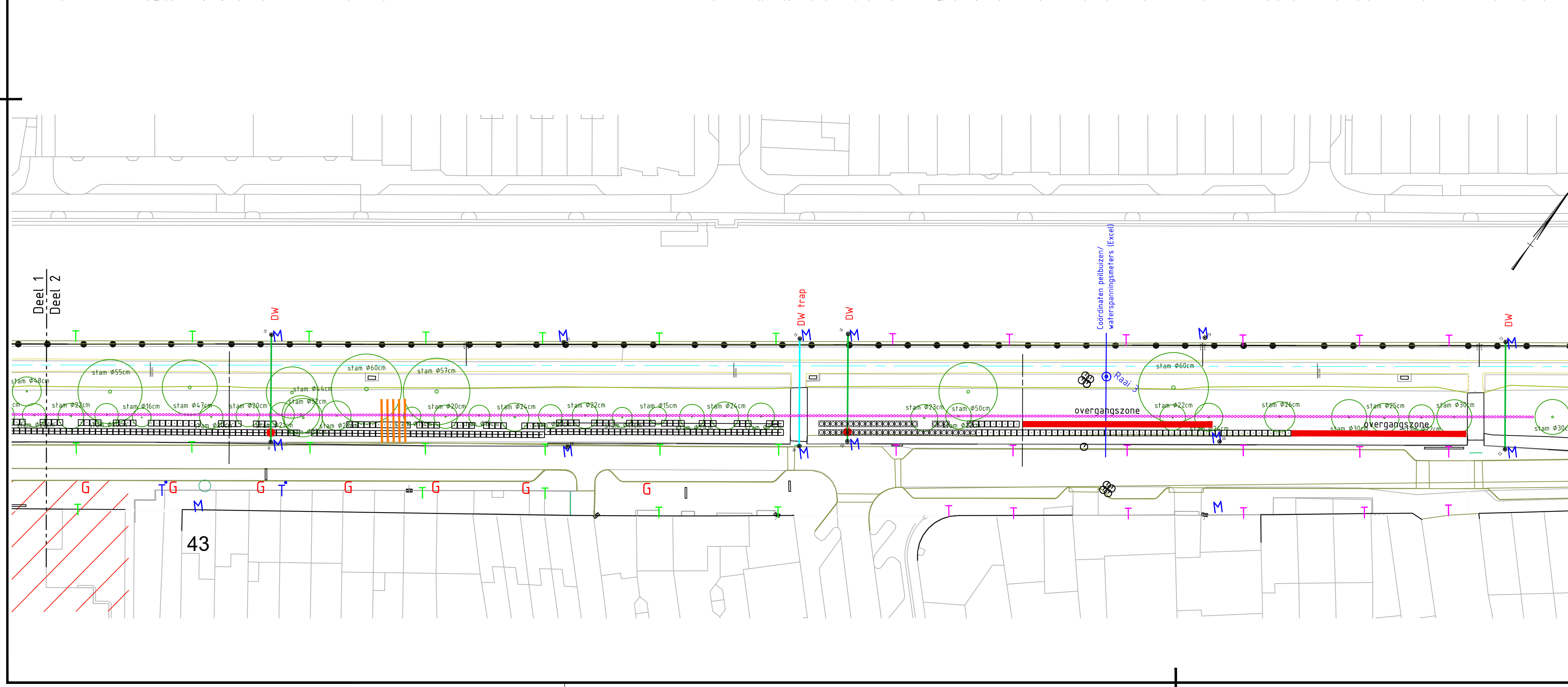
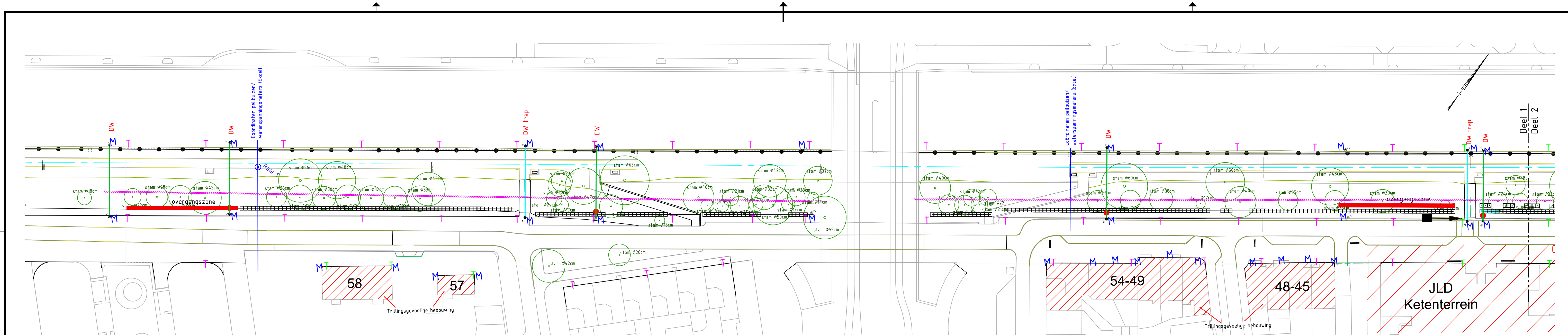
413509-LP-1-0001
 anteagroup

Bijlage 2 Overzichtstabel – te monitoren parameters

Tabel: monitoring met meetfrequenties

Uit te voeren door	Nr.	Parameter	Omschrijving	Aantal	Meetwijze / constatering	Eenheid	Aanvullingen en opmerkingen	Meetperiode	Meetfrequentie			
									Week 0 (nul-meting)	Week 1 t/m 12 (installatie JLD)	Week 13 t/m 52	jaar 2 t/m 5
JLD Contracting	A	Gebeurtenissen en afwijkingen	Logboek bijhouden met: omschrijving werkzaamheden, bijzondere werkzaamheden, datum, tijdstip en weer. Tijdstip aanvang en beëindiging per JLD-Dijkstabilisator moet zijn opgenomen. Datum en tijdstip per aanpassing JLD-Dijkstabilisator moet zijn opgenomen.		Visuele waarnemingen, logboek, tijdsregistratie, digitaal rapporteren in excel of word		Tijdens uitvoering dagelijks rapporteren. Vervolgens 1x per 2 weken.	24 maanden	normaal	intensief	per bezoek en wijziging	per bezoek en wijziging
JLD Contracting	B	Algemeen	Visueel. Waarnemingen over scheurvorming kopplaat, natte plekken/ kwel, scheurvorming bodem, verzakkingen, schade aan objecten vastleggen		Visuele waarnemingen, logboek en digitale fotocamera, tijdsregistratie, digitaal rapporteren in excel of word			5 jaar	-	dagelijks	per bezoek en wijziging	per bezoek en wijziging
Goudsblom	H3	Expertise bebouwing	Bouwkundige vooropname en na-opname bebouwing binnen en buiten langs Ringdijk	alle aangrenzende woningen projectlocatie	Foto-opname en beschrijving conform SBR-A		Beoordelen SBR-categorie indeling conform SBR-A		Voor aanvang werkzaamheden	eenmalig nameten na installatie	-	-
Antea Group		Expertise bebouwing	Opname muurtje binnenzijde en kade muur langs Ringdijk	langs gehele projectlocatie	Foto-opname en beschrijving				Voor aanvang werkzaamheden	eenmalig nameten na installatie	-	-
JLD Contracting	H5	Deformatie JLD Dijkstabilisator - SAAF	Ter plaatse van de vijf dwarsprofielen wordt een gasbuis bevestigd aan een LDE element, mogelijk zonder kopplaat. Door de gasbuis kunnen regulier SAAF-elementen ingebracht worden om de vervorming te meten.	5 stuks	SAAF (Shape Accel Array Field), x, y, z coördinaten van gehele SAAF	NAP RD [m]		5 jaar	-	eenmalig inmeten na installatie	1x per jaar	1 x per jaar
Antea Group		Deformatie JLD Dijkstabilisator - Referentiepunt SAAF	Locatie bovenzijde gasbuis inmeten met GPS als referentiepunt (vast punt voor) voor de SAAF-meting. Meting dient gelijktijdig met elke SAAF-meting te worden uitgevoerd.	5 stuks	x, y, z, coördinaten	NAP RD [m]		5 jaar	-	eenmalig inmeten na installatie	1x per jaar	1 x per jaar
Antea Group	H6	Deformatie kruin (maaiveld)	Inmeten van het dwarsprofielen dijk en dwarsprofielen trap vanaf meetpunt muurtje binnendijks tot meetpunt palen keermuur buitendijks + de tussen liggende meetpunten. Bij de dwarsprofielen worden ook de SAAF metingen uitgevoerd.	5 + 2 (elke ca. 100m)	NAP RD, 06-GPS, Total Station	NAP RD [m]	5 raaien + 2 raaien buiten een lengteprofiel over gehele dijkvak (tot 10 meter buiten)	5 jaar	eenmalig inmeten	eenmalig inmeten na installatie	1x per jaar	1 x per jaar
Goudsblom	H7	Deformaties kopplaat	Tijdens het inbrengen van de dijkstabilisator is het mogelijk dat het dijkprofiel vervormd. Hiervoor worden feno-ankers rondom de kopplaten aangebracht met daarop meetprisma's.	5 JLD dijkstabilisatoren, 3 fenoankers boven 0,5, 1,0 en 1,5 m en 2 fenoankers beneden 0,5 en 1 m	Meetprisma + total station met een max afwijking van 1mm	NAP RD [m]	Totaal 25 feno-ankers met meetprisma's + 1 Total station	Tijdens uitvoering dienen 5 kopplaten ingemeten te worden	Tijdens uitvoering 1 dag	Twee weken na uitvoering 1 dag.	-	-
Antea Group	H8	Monitoring beplanting - VTA keuring	Uitvoeren van een virtual tree assesment (VTA) op alle bomen/beplanting van de ringdijk, tijdens de uitvoering een visuele inspectie		VTA en visuele inspectie		Eenmalig uitvoeren voor aanvang van de werkzaamheden. Op deze manier wordt inzichtelijk gemaakt in hoeverre de bestaande beplanting beschadigd raakt door de JLD-Dijkstabilisator		eenmalige opname	Visueel 1 jaar na uitvoering	-	-
Antea Group		Monitoring beplanting - Boom-effectanalyse	Indien uit de VTA keuring volgt dat de werkzaamheden effect hebben op de boom of vice versa wordt een boom-effectanalyse uitgevoerd		Boom-effectanalyse		Nader onderzoek naar de locatie en omvang van de wortelkluif		eenmalig uitvoeren	-	-	-
Antea Group		Monitoring beplanting - ETT	Indien de JLD-Dijkstabilisator geplaatst wordt binnen de kroonprojectie van een boom dan dient een European Tree Technician aanwezig te zijn (ETT)		ETT		Een ETT dient alleen aanwezig te zijn bij bomen groter dan de 1e orde (bomen groter dan 15 meter)		-	Tijdens plaatsen van JLD-Dijkstabilisator binnen de kroonprojectie van de boom	-	-
JLD Contracting	H9	Piping - Waterspanning meten	In de Ringdijk zijn 4 raaien peilbuizen aanwezig die dagelijks metingen verrichten. Deze dienen ook tijdens de werkzaamheden doorgaand uitgelezen te worden. Om eventuele waterspanningsverhogingen door werkzaamheden te kunnen monitoren.	4 raaien peilbuizen	Gemautomatiseerde uurlijkse meting peilbuis + resultaten op WePGis	[m t.o.v. NAP]		Doorgaande metingen	Doorgaande uurlijkse meting	Doorgaande uurlijkse meting	Doorgaande uurlijkse meting	Doorgaande uurlijkse meting
JLD Contracting		Piping - visuele inspectie	Visuele inspectie op kwel indien de waterspanningsmeters een waterdruk meten die boven de waarde uitkomt van de marge in het DO.		Langs de Ringdijk dient een visuele inspectie uitgevoerd te worden op kwel. Tevens moeten de locaties van de holle gasbuizen gecontroleerd worden op kwel		De holle gasbuizen zijn elke 50 meter aangebracht op het LDE-element.	Indien marges worden overschreden van de waterspanningmeters	Op basis van overschrijding marge een inspectie uitvoeren	Op basis van overschrijding marge een inspectie uitvoeren	Op basis van overschrijding marge een inspectie uitvoeren	Op basis van overschrijding marge een inspectie uitvoeren
JLD Contracting	H10	Voorspanning	Voorspanning meten in het anker met behulp van sensoren (drukmeters) die tussen de kopplaat en de moer geklemd wordt van de JLD-dijkstabilisator.	667 (elke JLD-dijkstabilisator)				5 jaar	-	per 6 uur	per 6 uur	per 6 uur
JLD Contracting	H11	Ruimtebeslag	Inbrengwijze stedelijk gebied, grensbewaking tussen JLD machine en bebouwing door middel van visuele inspecties		Afstand meten tussen installatie en gevel			Tijdens uitvoering	ruimtegebruik inmeten, knelpunten inzichtelijk maken	na verplaatsing installatie afstand vanaf huizen meten	-	-
Goudsblom	H12	Trillingen	Nulmeting	1-3 kasten	Aan bouwwerken en muurtje binnenzijde	[mm/s]		1 week	Enmalige opname	-	-	-
Goudsblom		Trillingen	Aan bebouwing, muurtje binnenzijde en de kademuur worden trillingsmetingen uitgevoerd.	3-12 kasten, afhankelijk van uitvoeringslocatie	Aan bouwwerken, op een stijf punt van de constructie op begane grondniveau de meters bevestigen. Bij het muurtje binnenzijde en keermuur op de bovenzijde van de wand. Deze meters met werkzaamheden mee verplaatsen.		Indien voldoende inzicht is verkregen in de trillingen van de objecten kan in overleg met Waternet en Gemeente Amsterdam overwogen worden de trillingsmetingen voor de rest van het project te stoppen of over te gaan naar grotere afstanden	Tijdens uitvoering	-	Tijdens uitvoering doorgaans meten, en op basis van meetgegevens opstelling aanpassen	-	-
Goudsblom	H13	Deformaties objecten - muurtje binnenzijde	Deformatie van muurtje binnenzijde (eerse opname door Antea Group met Total Station 28-09-18)	elke ca. 50 meter een meetpunt + bij dwarsprofielen zie situ	x, y, z, coördinaten	NAP RD [m]			eenmalig inmeten	1 week na aanvang, 3 weken na aanvang, 2 en 4 maanden na aanvang werkzaamheden	na beëindiging werkzaamheden	-
Goudsblom		Deformaties objecten - kademuur	Deformatie van kademuur, (eerse opname door Antea Group met Total Station 28-09-18)	elke ca. 50 meter een meetpunt + bij dwarsprofielen zie situ	x, y, z, coördinaten	NAP RD [m]			eenmalig inmeten	1 week na aanvang, 3 weken na aanvang, 2 en 4 maanden na aanvang werkzaamheden	na beëindiging werkzaamheden	-
Goudsblom		Deformaties objecten - bebouwing	Deformaties van de trillingsgevoelige bebouwing en ter verificatie van de predictie één meting op Ringdijk 43	1 à 2 meetbouts per trillingsgevoelig gebouw (Ringdijk 43, 45- 48, Ringdijk 49-54, Ringdijk 57 en 58) 2 meetbouts op Ringdijk 43 ter verificatie van predictie	x, y, z, coördinaten	NAP RD [m]			eenmalig inmeten	Direct na werkzaamheden nabij Ringdijk 43 (eerste gevoelige gebouw die gepasseerd wordt) en voor de trillingsgevoelige bebouwing tijdens werkzaamheden 1x per week	-	-
Antea Group	H14	Deformaties objecten - trappen	Er zijn verschillende trappen aanwezig in het binnentalud van de dijk. Trappen met de dwarsprofielen inmeten in XYZ	3 trappen	markeringen aanbrengen, om de tree inmeten			Tijdens uitvoering	eenmalig inmeten	eenmalig inmeten na installatie, visueel controleren tijdens uitvoering	1x per jaar	1x per jaar
Goudsblom		Geluid	Nulmeting	1 kast	Aan bouwwerken	dB		1 week	Enmalige opname	-	-	-
Goudsblom	Geluid	geluidsmetingen	7 metingen	Met behulp van decibelmeter een aantal keer het geluid meten aan de voorkant van het huis bij de JLD-machine en om de 15 meter tot 90 m afstand.	dB		Tijdens uitvoering het geluid meten over een lengte van 90 meter tijdens 1 uitvoeringsdag	1 dag	-	1 dag meten tijdens uitvoering	-	-

Bijlage 3 Monitoringsplan tekening



Verklaring

- Rechtstand hoofdrijbaan
- Deformatie kruin, inmeten dwarsprofiel
- Raai peilbuizen --> waterspanningsmeters
- Trillingsgevoelig object
- Lengteprofiel, kruin dijk
- Dwarsprofiel trap
- Dwarsprofiel
- Startpunt + Werkingrichting
- Saafmeting
- Geluidmeting
- Meetpunt hoogtemeting
- Globaal punt trillingsmeter (1e fase)
- Globaal punt trillingsmeter (2e fase). Noodzaak uitvoering, beslissing op basis van resultaten trillingsmetingen 1e fase
- 5 Kopplaten met feno ankers, 25 totaal
- Locatie waterspanningsmeter
- Kademuur
- Boom kroonprojectie
- Nulmeting trillingsmeting

CONTROLE

DATUM	PARAFAF	TEKENAAR	CONTROLEUR	PROJECTLEIDER
D0	04-10-2018	Aanpassingen n.a.v. C3		JvL
C3	03-10-2018	Aanpassingen n.a.v. C2		JvL
C2	27-09-2018	Aanpassingen n.a.v. C1		JvL
C1	21-09-2018	Aanpassingen		JvL
C0	03-10-2018	Concept		MUS
Nr	Datum	Wijziging		Tek

Oprachtgever
JLD International

Tekenaar
M. Sarneel

Projectleider
M. Berk

Projectomschrijving
Dijkstabilisator Watergraafsmeer

Tekeningomschrijving
Definitief ontwerp
Situatie monitoring

Tekeningnummer
413509-S-2-0003

Schaal
1:500

Formaat
A1

Blad in bladen
1 IN 1

Wijz. nr.
DO

Status
INTERN

www.anteagroup.nl

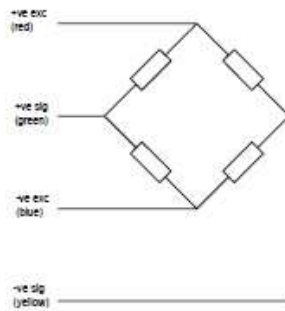
anteagroup

Bijlage 4 Annular Load Cell

Annular Load Cell Force Washer

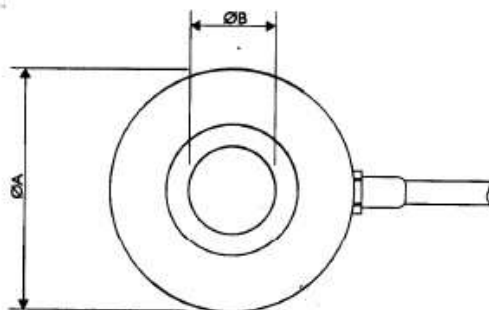


- Range 10kN to 200kN
- Sealed to IP66
- Low deflection
- Low profile and compact
- Suitable for metric or imperial bolts
- Robust construction



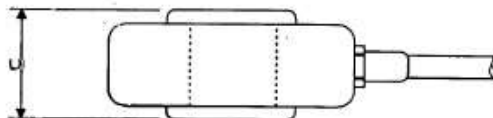
Capacities	10, 20, 40, 80, 120, 160, 200	kN
Full Load Output	1.0 nom.	mV/V
Zero Load Output	<±1.0	%
Excitation (Max)	10 (15)	V
Accuracy	<0.5	%
Repeatability	<0.10	%
Input Resistance	750	Ω
Output Resistance	700	Ω
Compensated Temp. Range	0 to +70	°C
Operating Temp. Range	-20 to +80	°C
Temp. Coefficient on Zero	<0.030	% Capacity/°C
Temp Coefficient on Span	<0.0050	% Capacity/°C
Safe Overload	150	%
Insulation	>500 @100Vdc	MΩ
Environmental Protection	IP66	

Specifications subject to change without notice



Capacity (kN)	Bolt Size	A	B	C
10	M6	18	6.1	12
20	M8	22	8.1	12
40	M10	28	10.2	12
80	M12	38	12.2	15
100	M16	42	16.3	20
120	M24	50	24.3	25
160	M30	60	30.5	30
200	M36	75	36.5	30

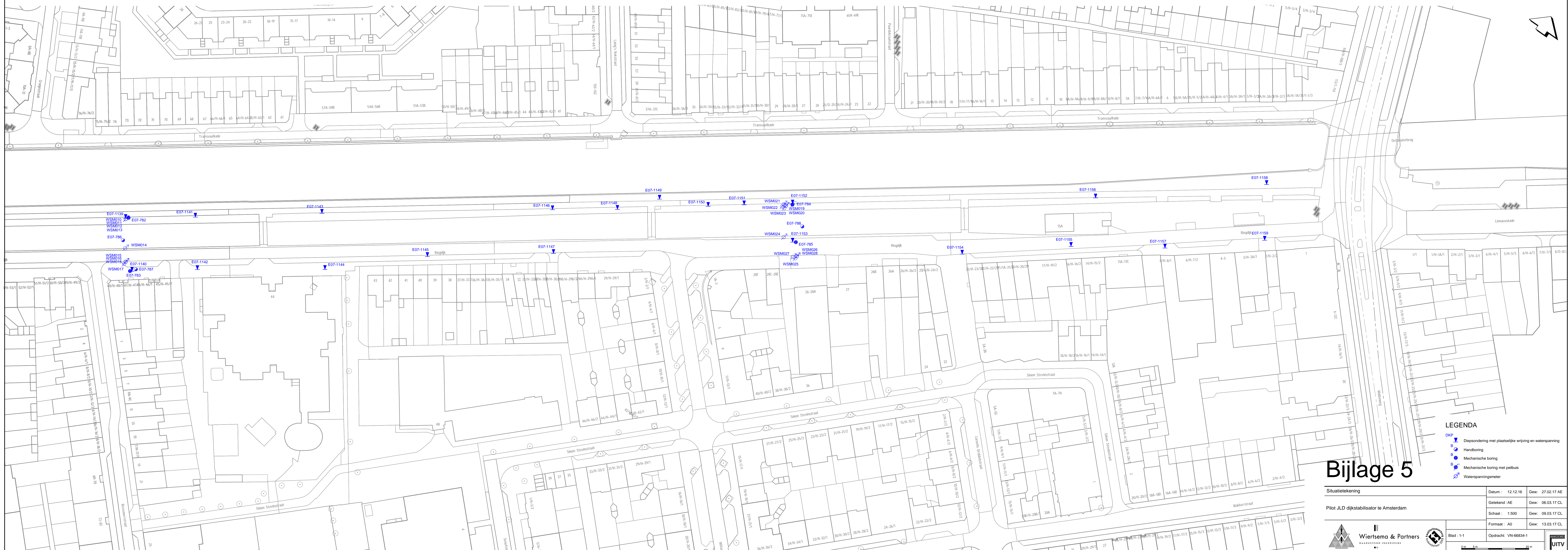
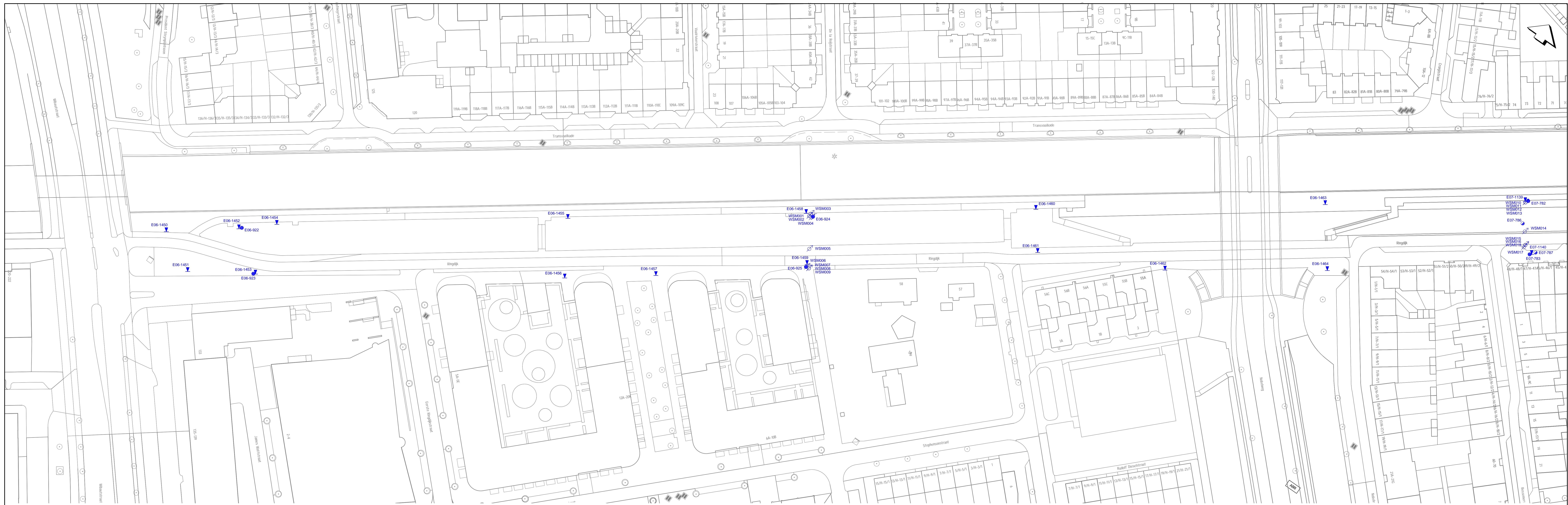
All dimensions in mm



Options :

Other ranges available on request
Full range of mounting options
Non-standard sizes available

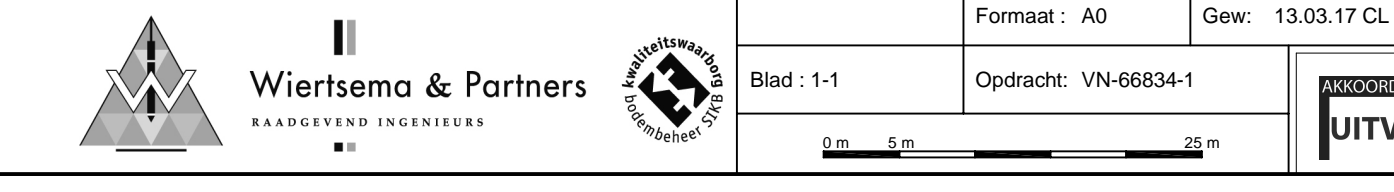
Bijlage 5 Situatietekening peilbuizen en waterspanningmeters



- LEGENDA**
- Deposering met plaatselijke vrijwing en waterspanning
 - Handboring
 - Mechanische boring
 - Mechanische boring met peilbus
 - Waterspanningsmeter

Bijlage 5

Situatietekening	Datum: 12.12.16	Gev: 27.02.17 AE
Pilot JLD dijkstabulator te Amsterdam	Gekend: AE	Gev: 05.03.17 CL
	Schaal: 1:500	Gev: 09.03.17 CL
	Formaat: A0	Gev: 13.03.17 CL
	Blaad: 1-1	Opdracht: W-66834-1



Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Antea Group

Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

E. www.anteagroup.nl

JLD Contracting BV

Wieder 23
1648 GA DE GOORN
Postbus 144
1135 ZK EDAM

E. www.JLDcontracting.com

Copyright © 2018

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Antea Group

Rivium Westlaan 72
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL
Postbus 8590
3009 AN ROTTERDAM

E. www.anteagroup.nl

JLD Contracting BV

Wieder 23
1648 GA DE GOORN
Postbus 144
1135 ZK EDAM

E. www.JLDcontracting.com

Copyright © 2018

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.