



Monitoringsrapportage 2020

Watergraafsmeer - JLD-Dijkstabilisator

projectnummer 0413509.101
definitief revisie 02
5 mei 2021

Inhoudsopgave

	Blz.	
1	Inleiding	4
1.1	Achtergrond jaarrapportage	4
1.2	Doel jaarrapportage	5
1.3	JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving	6
1.4	Locaties monitoring	6
1.5	Leeswijzer	7
2	Proces	8
2.1	Werkwijze	8
2.2	Voortgang	9
3	Onderzoeksvragen	10
4	Monitoringsdata en analyse Watergraafsmeer	11
4.1	Veldinspectie	11
4.1.1	Meetlocaties	11
4.1.2	Meetperiode	11
4.1.3	Apparatuur	11
4.1.4	Bijzonderheden	11
4.1.5	Analyse data	11
4.2	Deformatie JLD-Dijkstabilisator SAAF	12
4.2.1	Meetlocaties	13
4.2.2	Meetperiode	13
4.2.3	Apparatuur	13
4.2.4	Bijzonderheden	13
4.2.5	Data	13
4.3	Deformatie kruin	14
4.3.1	Meetlocaties	14
4.3.2	Meetperiode	14
4.3.3	Apparatuur	15
4.3.4	Bijzonderheden	15
4.3.5	Data	15
4.4	Deformatie kopplaten	16
4.4.1	Meetlocaties	16
4.4.2	Meetperiode	16
4.4.3	Apparatuur	17
4.4.4	Bijzonderheden	17
4.4.5	Data	18
4.5	Beplanting	18
4.5.1	Meetlocaties	18

4.5.2	Meetperiode	19
4.5.3	Apparatuur	19
4.5.4	Bijzonderheden	19
4.5.5	Data	19
4.6	Piping en kwel	21
4.6.1	Meetlocaties	21
4.6.2	Meetperiode	23
4.6.3	Apparatuur	23
4.6.4	Bijzonderheden	23
4.6.5	Analyse data	24
4.7	Voorspanning	30
4.7.1	Meetlocaties	32
4.7.2	Meetperiode	32
4.7.3	Apparatuur	32
4.7.4	Bijzonderheden	32
4.7.5	Analyse data	33
4.7.6	Inspectiewerkzaamheden offline nodes	41
4.8	Neerslag	42
4.8.1	Meetlocatie	42
4.8.2	Meetperiode	43
4.8.3	Apparatuur	43
4.8.4	Bijzonderheden	43
4.8.5	Data	43
4.8.6	Overzicht jaar 2020	45
5	Monitoringsdata en analyse Purmerend	46
5.1	Concept resultaten	46
5.2	Vervolgstappen	47
6	Analyse	48
6.1	Koppeling tussen monitoringsdata en onderzoeksvragen	48
6.2	Onderzoeksvraag 7 (Kwel)	48
6.2.1	Voorlopige conclusie	48
6.3	Onderzoeksvraag 8 (Invloed vervormingen)	48
6.4	Onderzoeksvraag 9 (Beplanting)	49
6.5	Onderzoeksvraag 11 (Piping)	51
6.5.1	Voorlopige conclusie	51
6.6	Onderzoeksvraag 13 (Verloop voorspanning)	51
6.6.1	Voorspanning versus neerslag	51
6.6.2	Voorspanning versus temperatuur	53
6.6.3	Voorlopige bevindingen	54
7	Financiële verantwoording	55
8	Advies	56

8.1	Werkplan 2021	56
8.2	Algemeen advies aanvulling te ondernemen werkstappen	56
8.3	Nastel en herstel werkzaamheden	57
8.3.1	Online brengen van de nodes	57
8.3.2	Naspannen	58
8.3.3	Meekoppelkansen	59
8.4	Postdictie	62
9	Bibliografie	64

1 Inleiding

1.1 Achtergrond jaarrapportage

De JLD-Dijkstabilisator is een innovatieve dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en bewijsbaarheid van deze methode is de afgelopen jaren een pilotproject met praktijkproeven uitgevoerd. De resultaten hiervan hebben geleid tot een positief advies van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)-voor het toepassen van de JLD-Dijkstabilisator in dijkversterkingen [1].

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is het pilotproject uitgevoerd. Als pilotproject is gekozen voor de versterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van Waternet, JLD, Antea Group en Deltares betrokken. Tevens is een locatie in Purmerend aangewezen als een proeflocatie. De pilot omvat niet alleen het ontwerp en de realisatie van de dijkversterking maar ook een monitorings- en nastelperiode van 5 jaar.

Parallel aan het pilotproject in Watergraafsmeer zijn op basis van vragen van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) voor de doorontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator negentien onderzoeksvragen opgesteld. Een groot deel van deze vragen is beantwoord tijdens de realisatie van het pilot project. Voor de verdieping van een aantal onderzoeksvragen is het ook nodig om tijdens de beheerfase te monitoren hoe de JLD-Dijkstabilisator zich gedraagt. Hiertoe monitoren we gedurende 5 jaar de met de JLD-Dijkstabilisator versterkte kade.

Er is reeds een monitoringsplan opgesteld. Dit beschrijft de te monitoren parameters voor de beheerperiode van vijf jaar van het pilotproject Ringdijk voor de locaties Watergraafsmeer en de proeflocatie in Purmerend. [2] De monitoring van de dijkversterking richt zich op:

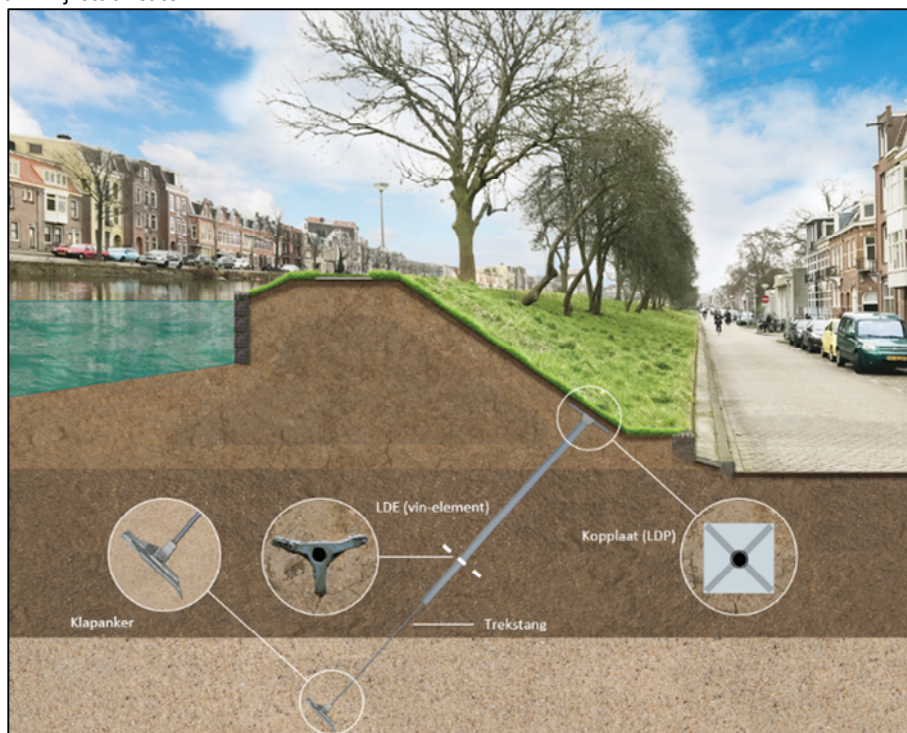
- JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving;
- verzamelen parameters voor de onderzoeksvragen.

Gedurende de nastelperiode van vijf jaar wordt elk jaar een werkplan opgesteld met daarin de uit te voeren monitoring van de kade met de JLD-Dijkstabilisator. In het werkplan is beschreven wat voor een type monitoring wordt uitgevoerd en waarvoor de monitoring benodigd is.

Voor de monitorings- en nastelperiode is door het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) een beschikking afgegeven. Op basis van het werkplan wordt elk jaar een voorschot op de beschikking aangevraagd. Het eerste werkplan van de periode medio 2019 – eind 2020 is inmiddels uitgevoerd, het werkplan voor 2021 is in uitvoering [3].

De voorliggende jaarrapportage gaat in op de monitoring en analyse van de verkregen data uit 2020. De basis hiervan ligt in de diverse 3-maandelijke feitenrapportages [4] [5] [6], opgesteld vanaf het 1^e kwartaal in 2020.

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.

1.2 Doel jaarrapportage

Het doel van de jaarlijkse rapportage is het inwinnen van verdiepende kennis over de JLD-Dijkstabilisator in relatie tot een aantal van de door ENW opgestelde onderzoeksvragen. Daarnaast heeft de jaarrapportage als doel om inzichtelijk te maken hoe de werkstappen zijn doorlopen in relatie tot het vooraf opgestelde werkplan [7].

De jaarrapportages dienen aan het eind van de monitoringsperiode (5 jaar) de juiste gegevens verzameld te hebben voor het uitvoeren van een postdictie van het verloop van de voorspanning en het vervormingsgedrag van de waterkering met JLD-Dijkstabilisator. Aan de hand van de monitoring en de postdictie worden de laatste onderzoeksvragen definitief beantwoord.

1.3 JLD-Dijkstabilisator en de invloed op de omgeving

De monitoring dient te bevestigen dat de JLD-Dijkstabilisator werkt zoals in het ontworpen is en de dijk aan de veiligheidsnormen voldoet. De monitoring richt zich op:

- deformaties van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element);
- deformaties van de kruin (maaiveld);
- deformaties van de kopplaat;
- piping;
- voorspanning JLD-Dijkstabilisator;
- materiaaldegradatie;
- waterspanningen;
- neerslag;
- beplanting.

1.4 Locaties monitoring

Ringdijk Amsterdam

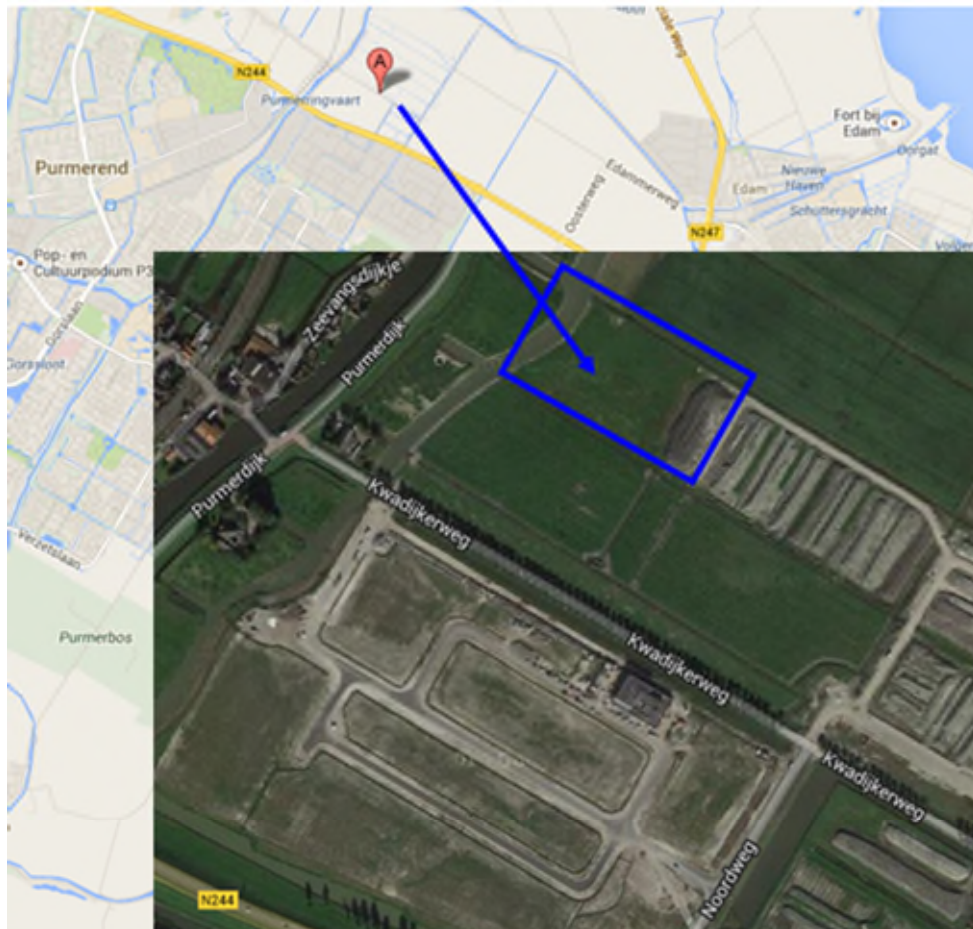
De Ringdijk ligt binnen het beheergebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. De Ringdijk is onderdeel van de regionale boezemwaterkering (A117_001) langs de Ringvaart van de Watergraafsmeer in Amsterdam. Het projectgebied ligt tussen de Wibautstraat tot de Middenweg en heeft een lengte van circa 600 meter, zie Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Overzichtssituatie projectlocatie

Proeflocatie Purmerend

Figuur 1-2 geeft de locatie weer van de locatie in Purmerend waar de proeven uitgevoerd zijn. De locatie bevindt zich op bouwland in de gemeente Purmerend. Er is gekozen voor het bouwland in Purmerend als testlocatie voor de voorspanproeven en de monitoring tijdens de monitoringsfase van twee jaar.



Figuur 1-2: Impressie locatie proeven Purmerend

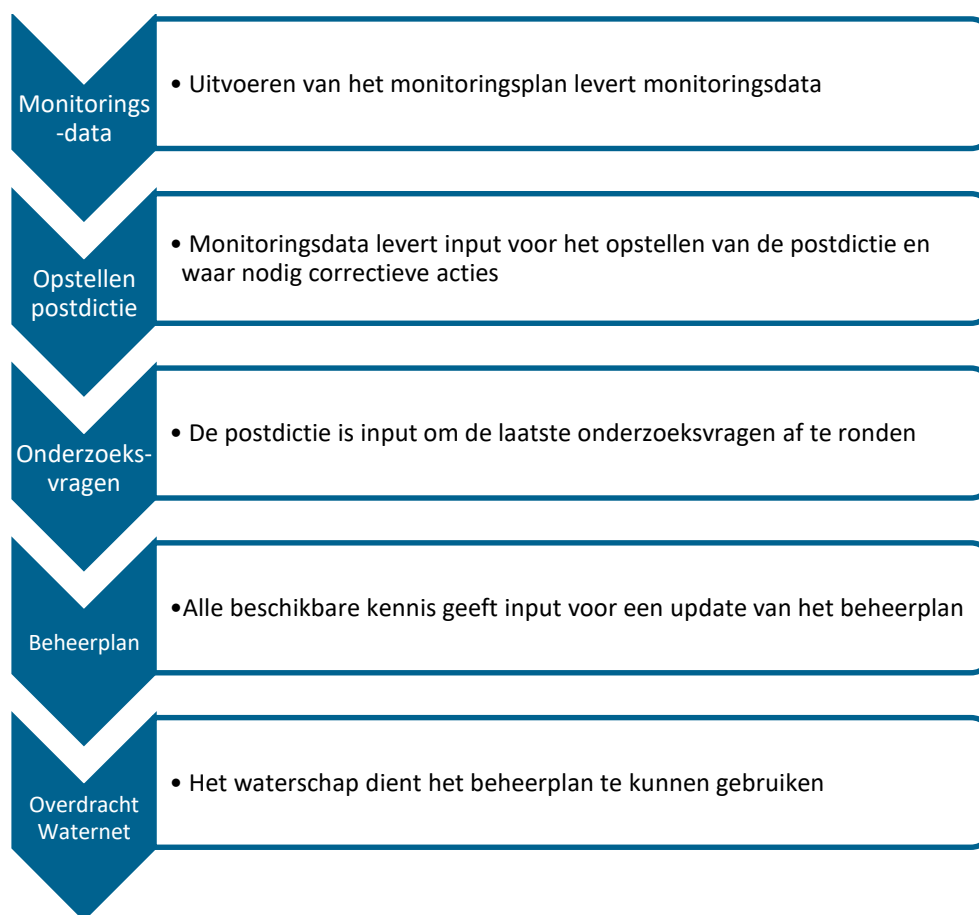
1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is het proces beschreven met betrekking tot de werkwijze en de doorlopen stappen van monitoring tot jaarrapportage. Hoofdstuk 3 beschrijft de onderzoeksvragen en de koppeling met de monitoringsparameters. Hoofdstuk 4 betreft de beschrijving van de monitoringsdata en een beknopte analyse per parameter voor de locatie Watergraafsmeer te Amsterdam. In hoofdstuk 5 is de beschrijving van de proef in Purmerend opgenomen. Hoofdstuk 6 beschrijft ten slotte de analyse van de onderzoeksvragen en mogelijke verbanden tussen verschillende parameters. Hierin is een voorlopig antwoord gegeven van de onderzoeksvragen op basis van de beschikbare data. In hoofdstuk 7 is toelichting op de financiële verantwoording opgenomen. Tot slot is in hoofdstuk 8 het advies voor de komende periode opgenomen.

2 Proces

2.1 Werkwijze

Om de monitoring gestructureerd te laten verlopen is er een werkplan opgesteld. Het doel van de monitoring is tweeledig, namelijk enerzijds om de benodigde gegevens te verzamelen die nodig zijn om aan het eind van de monitoringsperiode een postdictie uit te kunnen voeren en de onderzoeksvragen aan te vullen. Daarnaast is monitoring van de voorspanning van belang om de veiligheid van de dijk inzichtelijk te houden en eventueel in te kunnen grijpen. Met de, in de postdictie en onderzoeksvragen, opgedane kennis kan aansluitend het beheerplan worden aangescherpt en is een overdracht van het beheerplan naar het waterschap mogelijk. Het werkplan beschrijft per jaar de benodigde werkzaamheden om aan het eind van de monitoringsperiode (5 jaar) de juiste gegevens verzameld te hebben voor de postdictie en het beantwoorden/aanvullen van de onderzoeksvragen. In Figuur 2-1 is dit proces schematisch weergegeven.



Figuur 2-1 Koppeling tussen doelen werkplan

2.2 Voortgang

De voorliggende jaarrapportage is de tweede rapportage in de nazorgperiode van 5 jaar. De voorliggende rapportage vormt de basis voor de toekomstige dataverzameling en analyses. In dit hoofdstuk is de voortgang bijgehouden ten opzichte van het vooraf opgestelde werkplan. Een beschrijving van de werkzaamheden welke in 2020 waren voorzien en uitgevoerd zijn, is opgenomen in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Overzicht monitoring 2020

Omschrijving	Aantal voorzien 2020	Uitgevoerd			
		Q1	Q2	Q3	Q4
Veldinspectie	4	0	1	0	1
Trekkraft / Voorspanning	4 maal per dag	4pd	4pd	4pd	4pd
Piping	Onvoorzien, rekening houdend met 1 keer. Op basis van overschrijding marge een inspectie uitvoeren	0	0	0	0
Meting verplaatsing kopplaat / deformaties kopplaat	1	1	0	0	0
Meting verplaatsing omliggende grond (horizontaal en verticaal) / deformatie dijk (maaiveld)	1	1	0	0	0
Meting deformatie JLD Dijkstabilisator - SAAF LDE-Ios	1	1	0	0	0
Meting deformatie JLD Dijkstabilisator - Referentiepunt SAAF	1	1	0	0	0
Grondwaterstand / waterspanning meten	4	1	1	1	1
Neerslag meten	4	1	1	1	1
VTA meting beplanting	1	0	1	0	0
Opstellen werkplan 2021	1	0	0	0	1
Wrap-up proeflocatie Purmerend	0	0	0	1	0
Beslisnotitie inspectie nodes	0	0	1	0	0
Werkplan inspectie nodes	0	0	0	1	0
Inspectie nodes	0	0	0	0	1

3 Onderzoeksvragen

Ten behoeve van de kennisontwikkeling van de JLD-Dijkstabilisator zijn op basis van eerder onderzoek en de uitvoering reeds meerdere onderzoeksvragen beantwoord. De monitoring levert nieuwe informatie op die leidt tot verdieping op de al beschikbare kennis. 15 van de 20 onderzoeksvragen zijn reeds beantwoord. Conform het werkplan zijn de volgende 5 onderzoeksvragen beschouwd in relatie tot de gemonitorde data:

- **Nr. 7** Is er een risico op kwel, en daarmee op piping of heave langs het anker door het inbrengen van het anker met de voorloper/drijfstang en hoe groot is dit risico?
- **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 en of samendrukbare ondergrond?

De vragen hebben betrekking op de effectiviteit van de JLD-Dijkstabilisator als dijkversterkingsmethode. De onderwerpen / te monitoren parameters komen in de onderzoeksvragen duidelijk naar voren. De koppeling tussen de onderzoeksvragen en de parameters is ter verduidelijking beschreven in Tabel 3-1.

Naast de onderzoeksvragen is de monitoring van belang voor kunnen uitvoeren van de postdictie. Tevens geeft het ook aanvullende kennis om het beheerplan waar nodig bij te stellen/aan te passen.

Tabel 3-1: Overzicht monitoring

Parameter	Onderzoeksvragen				
	Vraag 7 (Kwel)	Vraag 8 (invloed vervorming)	Vraag 9 (Beplanting)	Vraag 11 (Piping)	Vraag 13 (Verloop voorspanning)
Veldinspecties	X	X	X	X	X
Deformatie JLD-Dijkstabilisator.		X			
Deformatie kruin (maaiveld)		X			
Deformatie kopplaat		X			
Inspectie beplanting			X		
Piping	X			X	
Voorspanning					X
Neerslag	X	X		X	X
Materiaal degradatie		X			X
Waterspanningen	X	X	X	X	X

4 Monitoringsdata en analyse Watergraafsmeer

In onderstaand hoofdstuk zijn de monitoringsparameters beschreven van Watergraafsmeer. Tevens is een beknopte analyse toegevoegd van de monitoringsdata indien dit van toepassing is. Deze analyse gaat in op het vergelijken van de data en of het gedrag afwijkt van de verwachtingen.

4.1 Veldinspectie

4.1.1 Meetlocaties

De veldinspectie is uitgevoerd over de volledige lengte van de versterkte kering plus aan weerszijden een extra 25 à 50 m. De inspectie van de versterkte kering betreft de volledige buitenruimte vanaf het trottoir aan de zijde van de woningen tot en met de waterkant.

4.1.2 Meetperiode

De inspectie voor en na uitvoeringswerkzaamheden vormt de basis voor de volgende jaren. Aangezien 2019 het jaar van uitvoering was, is geen specifieke inspectie uitgevoerd t.b.v. nastellen en monitoring. In 2020 zijn twee inspecties uitgevoerd, één in Q2 op 23 juni 2020 en één in Q4 op 3 november 2020. Dit zijn twee inspecties minder dan initieel voorzien. Er is afgeweken van de frequentie met de volgende redenen:

- Q1, geen inspectie door lockdown COVID-19
- Q2, uitgevoerd volgens planning
- Q3, Tijdens de inspectie in Q2 zijn geen waarnemingen gedaan die duiden op de aanwezigheid van de JLD-Dijkstabilisator. Derhalve is er geen noodzaak om 3 à 4 maal per jaar een inspectie uit te voeren. Het advies is om dit terug te brengen naar 2 maal per jaar.
- Q4, inspectie uitgevoerd gelijktijdig met de inspectiewerkzaamheden van de nodes.

4.1.3 Apparatuur

Niet van toepassing.

4.1.4 Bijzonderheden

Er zijn geen incidentele inspecties uitgevoerd, er zijn geen bijzonderheden geconstateerd.

4.1.5 Analyse data

Inspectie juni 2020:

De resultaten van de inspectie zijn vastgelegd in een memo welke is bijgevoegd in kwartaalrapportage 2020 Q1 [4]. De waargenomen schadebeelden zijn vastgelegd in de inspectieformulieren. De inspectie is uitgevoerd samen met de beheerder van Waternet (Sietse Dekker) en de inspecteur (Cock Vermeulen).

Over het algemeen ligt de waterkering er in goede staat bij. Diverse scheuren zijn opgemerkt in de grondlaag/kleilaag die opnieuw aangebracht is na installatie van de JLD-Dijkstabilisator. (om de kopplaten aan te brengen is er grond afgegraven, vervolgens is de kopplaat aangebracht en

tot slot is de grond op de kopplaat weer aangevuld). Doordat de grond opnieuw is aangebracht is deze grond wat losser gepakt dan de omliggende grond die al jaren ongeroerd is. De verwachting van de beheerders is dat de scheurvorming door droogte komt en tijdelijk van aard is. In Figuur 4-1 is de scheurvorming te zien in het talud. Er zijn tijdens de inspectie geen deformaties van het grondlichaam waargenomen. Hierbij wordt wel opgemerkt dat er veel begroeiing aanwezig was op het talud, waardoor er weinig zicht was op het grondlichaam. In bijlage 1 is een memo opgenomen van de inspectie.



Figuur 4-1: Droogte scheuren in het talud ter hoogte van de kopplaten.

Inspectie november 2020:

In november 2020 is opnieuw een inspectie uitgevoerd op de Ringdijk. Zoals verwacht is de scheurvorming (zoals waargenomen in juni) nu niet meer aanwezig. Dit bevestigt dat de droge zomer de oorzaak was. In het natte seizoen is de klei weer gaan zwellen en is de scheurvorming hersteld. Er zijn daarnaast geen vervormingen van het talud waargenomen. Er is geen aanvullende memo opgesteld van de inspectie in november.

Daarnaast is bij deze inspectie dezelfde schadebeelden gevonden die eerder opgemerkt waren bij de inspectie in juni 2020.

4.2 Deformatie JLD-Dijkstabilisator SAAF

Het doel van het meten van de deformatie van de JLD-Dijkstabilisator (LDE element), door middel van SAAFmetingen, is informatie verkrijgen en verifiëren dat de JLD-Dijkstabilisator op lange termijn, vervormt zoals verwacht wordt. De meting welke is uitgevoerd in kwartaal 1 van 2020 betreft de 0-meting.

4.2.1 Meetlocaties

Het betreft meetpunt 2 t/m 6 welke zijn gepresenteerd in Figuur 4-2.



Figuur 4-2: Overzichtssituatie meetlocaties.

4.2.2 Meetperiode

Op 19 maart 2020 zijn er 7 SAAFmetingen uitgevoerd in 5 raaien in het versterkte dijktraject. In 3 raaien is 1 meting per raai uitgevoerd (enkele rij JLD-Dijkstabilisatoren). In 2 raaien zijn 2 metingen uitgevoerd (2 rijen JLD-Dijkstabilisatoren).

4.2.3 Apparatuur

De vervorming is gemeten met een inclinometer.

4.2.4 Bijzonderheden

Tijdens de meting zijn er geen bijzonderheden waargenomen.

4.2.5 Data

Hieronder is de conclusie van de data beknopt weergegeven. In de feitenrapportage van kwartaal 1 uit 2020 is dit uitgebreider beschreven [4]. Tevens is het deformatierapport toegevoegd in bijlage 2. De meting in 2020 betreft de nulmeting.

De LDE's tonen enige vervorming. Drie van de 5 LDE's vertonen een kleine holling in het midden en een knikje onderaan het element. Twee van de 5 LDE's laten juist een bolling in het midden zien. De herhalingsmeting in 2021 wordt gebruikt om meer inzicht te krijgen in de gemeten vervormingen.

Vervolg

Het advies is om de metingen periodiek door te zetten, waarbij voor deformatie op hoofdlijnen één maal per jaar voldoende is. Het advies is om dit in hetzelfde seizoen uit te voeren, bij voorkeur met een gelijke hoeveelheid neerslag.

Daarnaast is het advies om de lengte van de SAAF die in het LDE gaat in te meten. Dit maakt eventuele analyse eenvoudiger.

4.3 Deformatie kruin

In deze paragraaf zijn de metingen van de dwarsprofielen en het langspanprofiel beschreven. In de bijlage 2 is het deformatierapport toegevoegd met betrekking tot de metingen op het maaiveld en de kopplaten, hierin zijn de profielen op volledige grootte weergegeven.

4.3.1 Meetlocaties

Het betreft twee dwarsprofielen op de onversterkte dijk zonder JLD-Dijkstabilisator, één aan weerszijde van het projectgebied en vijf dwarsprofielen ster plaatse van de versterkte dijk. Daarnaast is een langspanprofiel ingemeten over de gehele versterkte dijk. In Tabel 4-1 zijn de dwarsprofiel nummers weergegeven. De locatie van de dwarsprofielen is weergegeven in Figuur 4-2.

Tabel 4-1: Overzicht ingemeten dwarsprofielen, herhalingsmeting

Raai Nr.	Versterkte / onversterkte dijk
1	Onversterkt
2	Versterkt
3	Versterkt
4	Versterkt
5	Versterkt
6	Versterkt
7	Onversterkt

4.3.2 Meetperiode

De meting is uitgevoerd op 19, 20 en 23 maart 2020.

4.3.3 Apparatuur

Meetinstrumentarium, meetnauwkeurigheid en meetmethodiek

Voor de inmeting van de dwarsprofielen is gebruik gemaakt van GPS. De meetnauwkeurigheid van de apparatuur is 0,01 m.

Meetnauwkeurigheid Lengteprofiel

Voor de inmeting van het lengteprofiel is gebruik gemaakt van GPS. De meetnauwkeurigheid van de apparatuur is 0,01 m.

4.3.4 Bijzonderheden

Tijdens de meting zijn er geen bijzonderheden waargenomen.

4.3.5 Data

In onderstaande tabel is de vergelijking tussen de verschillende metingen opgenomen.

Tabel 4-2: Analyse tussen de metingen

Nr.	DP nr.	Versterkte / onversterkte dijk	Vergelijking 0 meting (2018) en 1 ^e herhalingsmeting (2019)	Vergelijking tussen 1 ^e herhalingsmeting (2019) en 2 ^e herhalingsmeting (2020)
1	DP 1-2	Onversterkt	Geen bijzonderheden, kruin is ca. 1 tot 2 cm lager	Geen bijzonderheden, kruin is circa 1 à 2 cm hoger
2	DP 3-4	Versterkt	Het profiel is 33 cm lager na de eerste 4 inmetingen in het dwarsprofiel, dus de keermuur ligt op dezelfde hoogte, maar het binnentalud en de kruin zijn 33 cm lager.*	Tussen 2019 en 2020 zijn de verschillen minimaal. De kruin is even hoog, het talud is in 2020 lokaal enkele centimeters hoger.
3	DP 31-32	Versterkt	Geen vergelijking	Geen bijzonderheden, kruinmeting is circa 2 à 3 cm hoger
4	DP 13-14	Versterkt	Stijging op de kruin van ca. 2 cm en op het binnentalud ca. 4 tot 10 cm	Het talud is iets hol komen te liggen. Het verschil met 2019 is enkele centimeters. Het talud is daarmee weer overeenkomstig met 2018.
5	DP 15-16	Versterkt	Geen vergelijking	Het hoogste punt is iets verplaatst in de richting van de binnenkruinlijn, en is enkele centimeters lager dan het jaar ervoor. Het talud is lokaal enkele centimeters gezakt.
6	DP 19-20	Versterkt	Stijging op de kruin van ca. 2 cm en op het beneden binnentalud ca. 7 cm. Op het boven binnentalud is een daling waarneembaar van ca 5 cm	Het gehele profiel is uniform circa 2 cm gezakt.
7	DP 21-22	Onversterkt	Stijging van ca. 3 tot 6 cm over het gehele profiel	Het gehele profiel is uniform circa 2 cm gezakt.
8	Langs-profiel	n.v.t.	Er is nog geen 1 op 1 vergelijking mogelijk. Een periodieke kademeting is uitgevoerd als 0-meting, echter in de revisie is een DTM meting uitgevoerd.	Het dwarsprofiel is gemeten langs dezelfde lijn als in 2017. De hoogte langs de gemeten lijn varieert tussen circa NAP -0,15 m en circa NAP +0,35 m. In de gemeten dwarsprofielen is te zien dat het hoogste punt van het dijkprofiel varieert tussen NAP +0,10 m en NAP +0,30 m.

* De in 2018 gemeten kruin en taludhoogte komen niet overeen met het AHN en de aangrenzende dwarsprofielen. De profielen gemeten in 2019 en 2020 komen wel overeen met de verwachting op basis van het AHN3 en de naastliggende dwarsprofielen.

Het verschil tussen de 0-meting en de herhalingsmeting in 2019 toonde op bepaalde locaties een stijging van het maaiveld. De hypothese was dat dit mogelijk door een herprofilering van de waterkering is veroorzaakt. De herhalingsmeting in 2020 lijkt dit te bevestigen, omdat alle profielen gezakt zijn. Dit wordt nader bekeken als de volgende herhalingsmetingen uitgevoerd zijn in de jaarrapportage van 2021.

Op één locatie (DP 3-4) is een daling van ca 33 cm over de kruin en het binnentalud te zien in de meetresultaten tussen de 0-meting en de herhalingsmeting in 2019. Het betreft het eerste profiel van de versterkte kant ter hoogte van de appartementsgebouwen. De oorzaak is naar verwachting een meetfout in het dwarsprofiel. De meting in 2020 toont namelijk nauwelijks verschillen met de meting in 2019. De dwarsprofielen zijn in bijlage 2 weergegeven.

4.4 Deformatie kopplaten

De kopplaten zijn op zeven locaties ingemeten op 19,20 en 23 maart 2020. Op dezelfde locaties als de dwarsprofielmetingen en de SAAF metingen, zie Figuur 4-2. Er is nog geen analyse beschikbaar, omdat er maar één meting beschikbaar is. De meting in 2020 is de 0-meting. In de volgende jaarrapportage kunnen de metingen vergeleken worden. In de bijlage 2 is het deformatierapport toegevoegd met betrekking tot de metingen op het maaiveld en de kopplaten.

4.4.1 Meetlocaties

De kopplaten zijn ingemeten door middel van een meetpunt op de bovenkant van de bus. Het betreft de locaties waar ook de dwarsprofielen worden ingemeten. Zie Figuur 4-2 voor de locaties.

4.4.2 Meetperiode

De meting is uitgevoerd op 19, 20 en 23 maart 2020.

4.4.3 Apparatuur

Om de verplaatsing van de kopplaat te monitoren is de bovenkant van de mantelbuis (de pot) ingemeten. Het meetpunt is het midden van de rand van de pot.



Figuur 4-3 Foto's meetopstelling (links) en de locatie van het meetpunt, zichtbaar door de rode licht van de laser (rechts)

Voor de **XY-meting** is gebruik gemaakt van een tachymeter van het merk Leica, type TCRP1201+:

- standaardafwijking (vast) horizontale rand : 0.0003 gon
- standaardafwijking (vast) verticale rand : 0.0003 gon
- standaardafwijking (var.) horizontale rand : 0.00003 gon*km
- standaardafwijking (var.) verticale rand : 0.00003 gon*km
- standaardafwijking afstandmeting : 1 mm + 2 ppm

Z-meting

Voor de **Z-meting** van de deformatiemetpunten is gebruik gemaakt van een digitaal waterpasinstrument van het merk Leica, type DNA03, i.c.m. een 4 meter DNA barcode baak van het merk Leica, type GTL4M telescopische glasfiber.

- de afleesnauwkeurigheid is : 0.1 mm
- de standaardafwijking is : 1.41 mm/ $\sqrt{\text{km}}$

4.4.4 Bijzonderheden

Tijdens de meting zijn er geen bijzonderheden waargenomen.

4.4.5 Data

In onderstaande tabel is het overzicht opgenomen van de gemeten kopplaten.

Tabel 4-3 Locatiegegevens midden wanddikte pot (hoogste punt)

Raai	Stabilisator	X-coördinaat	y-coördinaat	Z [m t.o.v. NAP]
2	A483	123157.253	484919.487	-1,941
3	A317	123341.277	485052.076	-2,433
4	B133	123419.971	485110.994	-2,081
5	B101	123459.696	485139.732	-2,124
5	A184	123460.495	485138.527	-2.632
6	B043	123538.746	485197.334	-2,043
6	A094	123539.595	485196.246	-2,575

4.5 Beplanting

Onderstaande paragraaf beschrijft de inspectie naar bomen. In 2020 is opnieuw een Visual Tree Assessment (VTA) uitgevoerd.

4.5.1 Meetlocaties

Het projectgebied is gelegen tussen de Wibautstraat en de Middenweg in de gemeente Amsterdam. Het beschouwde gebied is groter dan de versterkte dijk, in Figuur 4-4 is het beschouwde gebied weergegeven met een rode lijn.



Figuur 4-4: Onderzoeksgebied (rode kader) aan de Ringdijk in Amsterdam en het versterkte gebied (blauw kader)

4.5.2 Meetperiode

In mei 2020 is een VTA (visual tree assessment) uitgevoerd.

4.5.3 Apparatuur

De metingen zijn zonder apparatuur uitgevoerd.

4.5.4 Bijzonderheden

Niet van toepassing

4.5.5 Data

Hieronder is de conclusie opgenomen van de boom veiligheidscontrole. De gehele memo is opgenomen in bijlage 3.

Conditie bomenbestand

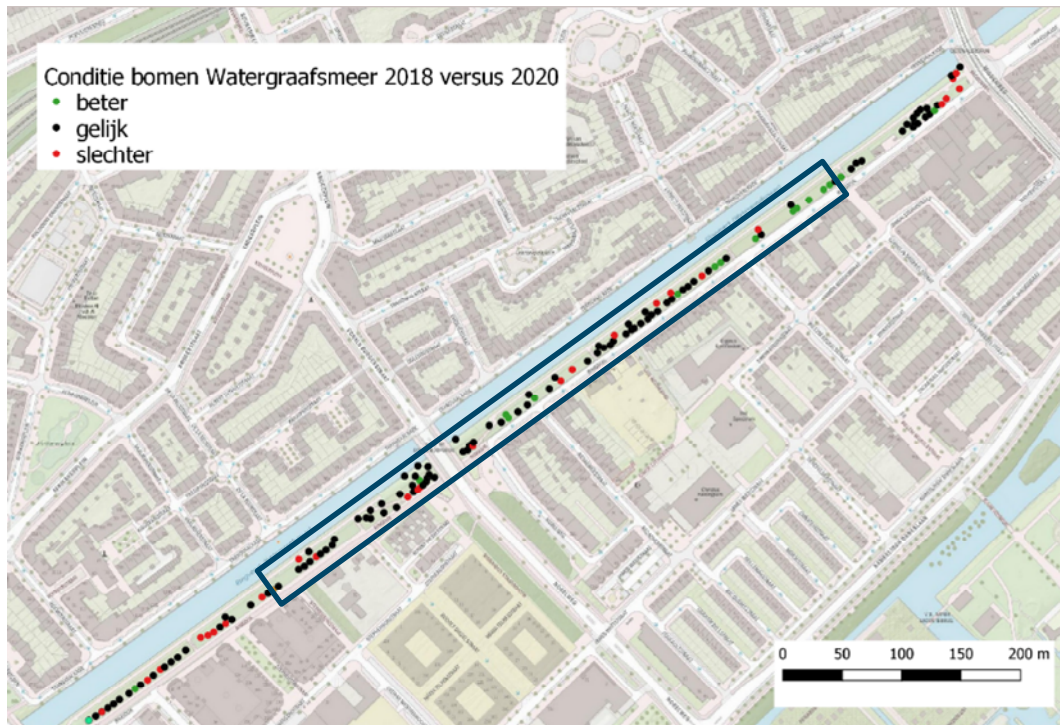
Er kan geconcludeerd worden dat er geen directe schade aan de boven- en ondergrondse delen van de bomen is ontstaan door de aanwezigheid van de JLD-Dijkstabilisator.

De conditieontwikkeling laat zien dat de conditie van de bomen over het algemeen nauwelijks verschilt tussen de keuring voor aanvang van de werkzaamheden (2018) en de keuring na de werkzaamheden (2020). Als er in meer detail wordt gekeken naar de bomen op de versterkte dijk en de bomen in de controlegroep (naastgelegen dijktracé) is te zien dat er 26 bomen zijn waarvan de conditie achteruit is gegaan en 16 bomen waarvan de conditie vooruit is gegaan. Daarvan staat er 13 in de controlegroep en 13 op het versterkte tracé (zie Figuur 4-5 en Figuur 4-6)

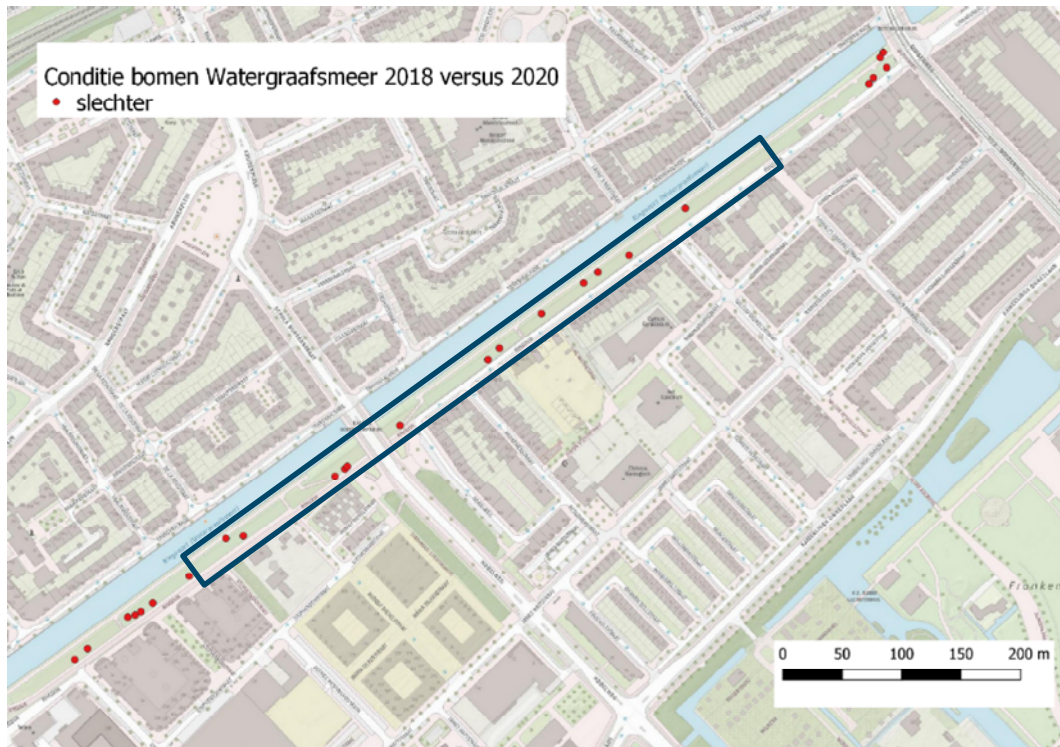
De achteruitgang is naar verwachting te wijden aan de droge zomer in 2018 en 2020. Doordat zowel de bomen op de onversterkte dijk als de versterkte dijk een soortgelijke ontwikkeling laten zien is er geen relatie tussen de verbetering/ verslechtering van de conditie van de bomen en het gebruik van de JLD-Dijkstabilisator.

Tabel 4-4: Overzicht conditieontwikkeling tussen de opname jaren 2018 en 2020

Conditieklasse	Conditie 2018	Conditie 2020
Goed	20 st	14 st
Redelijk	50 st	56 st
Matig	43 st	39 st
Slecht	9 st	12 st



Figuur 4-5 Overzicht conditievergelijking bomen 2020 versus 2018, met in blauw de locatie van de versterking. (in rood de bomen die in 2020 een slechtere conditie hebben dan in 2018).



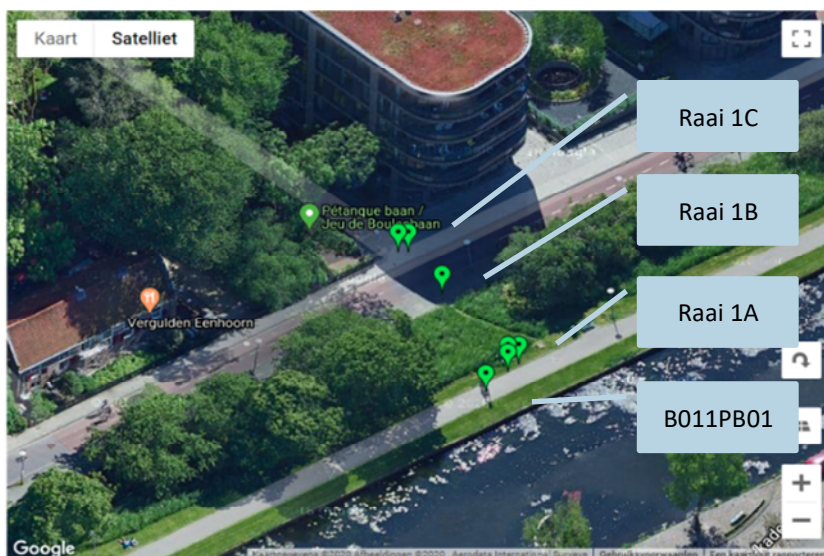
Figuur 4-6 Overzicht conditievergelijking bomen 2020 versus 2018 (selectie bomen met een slechtere conditie in 2020), met in blauw de locatie van de versterking

4.6 Piping en kwel

Onderstaande paragraaf beschrijft het onderzoek naar piping en kwel door middel van een peilbuis analyse.

4.6.1 Meetlocaties

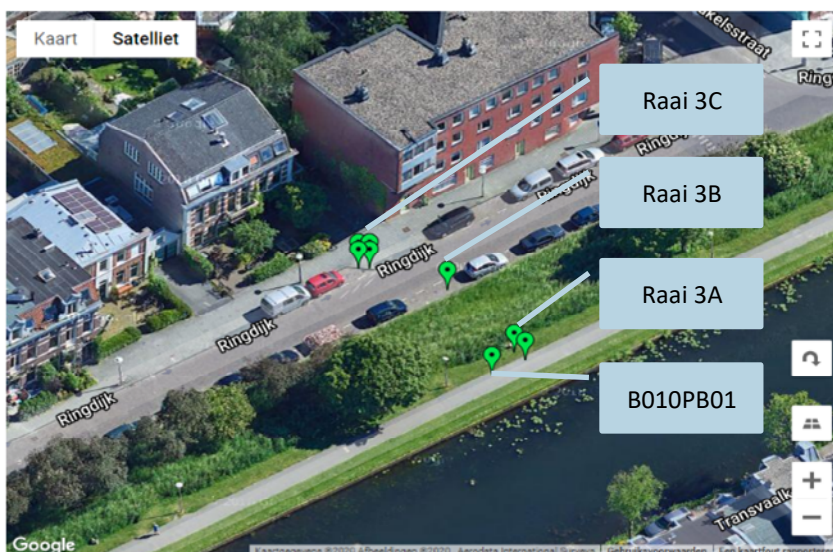
De locaties van de waterspanningsmeters en peilbuizen zijn opgenomen in Figuur 4-8 tot en met Figuur 4-9. Tevens is een overzicht van de peilbuizen en waterspanningsmeters weergegeven in Tabel 4-5.



Figuur 4-8 Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 1



Figuur 4-7 Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 2



Figuur 4-9: Overzicht locatie peilbuizen en waterspanningsmeters raai 3

In Tabel 4-5 is een overzicht opgenomen van de verschillende waterspanningsmeters met de bijbehorende diepteligging en X,Y coördinaten.

Tabel 4-5: overzicht bestaande peilbuizen, dikgedrukt de peilbuizen die uitgevallen zijn tussen maart 2020 en januari 2021

Raai	Locatie	X' [m]	Y' [m]	MV-hoogte [m NAP]	Diepte WSM [m NAP]	Grondsoort	WSM	Status (jan '21)
1	A-1	123156	484929	0,24	-2,36	Veen	WSM001	Uitgevallen
1	A-2	123156	484929	0,21	-5,39	Veen	WSM002	Uitgevallen
1	A-3	123157	484930	0,21	-7,89	Wadzand	WSM003	
1	A-4	123157	484929	0,19	-9,91	Wadzand	WSM004	Uitgevallen
1	B-1	123163	484919	-2,61	-8,01	Wadzand	WSM005	
1	C-1	123166	484913	-2,82	-5,32	Veen	WSM006	Uitgevallen
1	C-2	123167	484913	-2,82	-7,82	Veen	WSM007	
1	C-3	123167	484913	-2,81	-9,81	Wadzand	WSM008	Uitgevallen
1	C-4	123167	484913	-2,81	-12,55	Pleistocene zand	WSM009	
2	A-1	123371	485085	0,28	-2,54	Veen	WSM010	Uitgevallen
2	A-2	123371	485085	0,30	-5,52	Veen	WSM011	Uitgevallen
2	A-3	123371	485085	0,28	-8,04	Wadzand	WSM012	
2	A-4	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	Uitgevallen
2	C-2	123380	485072	-3,22	-8,00	Wadzand	WSM016	
2	C-3	123380	485071	-3,22	-10,00	Wadzand	WSM017	Uitgevallen
2	C-4	123381	485072	-3,22	-12,56	Pleistocene zand	WSM018	
3	A-1	123569	485228	0,31	-2,50	Veen	WSM019	Uitgevallen
3	A-2	123569	485229	0,31	-5,50	Veen	WSM020	
3	A-3	123568	485229	0,32	-8,00	Wadzand	WSM021	Uitgevallen
3	A-4	123568	485228	0,33	-10,00	Wadzand	WSM022	Uitgevallen
3	A-5	123569	123568	0,31	-13,00	Pleistocene zand	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	Uitgevallen
3	C-4	123583	485216	-3,17	-13,00	Pleistocene zand	WSM028	

4.6.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode 01-10-2019 tot en met 31-12-2020.

4.6.3 Apparatuur

Analoge waterspanningsmeters type 21Y met een meetbereik van 200 kPa van Geopoint systems BV. De data wordt met een vaste kabel van de waterspanningsmeter naar de sensor op een loggerkast verstuurd. (type: één-kanaalslogger van Geopoint). Vanuit de loggerkast worden de gegevens dagelijks naar een online server verstuurd.

4.6.4 Bijzonderheden

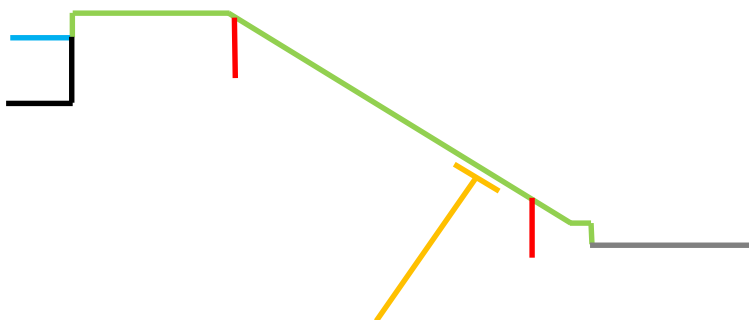
In september 2018, maart 2020 en januari 2021 is de status van de peilbuizen gecontroleerd, de status is tevens in Tabel 4-5 opgenomen. Een aantal waterspanningsmeters zijn niet meer betrouwbaar en uitgesloten van het onderzoek. Er zijn eind 2020 nieuwe peilbuizen geplaatst, echter deze dienen nog ingemeten te worden. In Figuur 4-10 is een illustratie opgenomen van de locatie van de nieuwe peilbuisraaien.



Figuur 4-10 Illustratie locatie nieuwe peilbuisraaien

De peilbuizen staan in de binnenteen (beneden de kopplaat) en één peilbuis ter hoogte van de binnenkruinlijn. De peilbuizen zijn geplaatst op een diepte van circa MV -1,5 m, hierdoor wordt de freatische lijn inzichtelijk van de dijk. De drie raaien zijn verspreid over het projectgebied uitgezet, nabij de huidige raaien. In Tabel 4-6 is een overzicht gegeven van de nieuwe peilbuizen.

Het betreft doorgaande metingen die dagelijks uitgevoerd worden over een periode van vijf jaar.



Figuur 4-11: Schets dwarsprofiel van de locatie peilbuizen (rood), JLD-dijkstabilisator (oranje)

Tabel 4-6: Nieuw te plaatsen peilbuizen met waterspanningsmeters

Nabij raai	Locatie	X' [m]*	Y' [m]*	Diepte WSM [m MV]	WSM**	Status
1	Binnenteen	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
1	Buitenkruinlijn	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
2	Binnenteen	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
2	Buitenkruinlijn	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
3	Binnenteen	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst, nog inmeten
3	Buitenkruinlijn	n.t.b.	n.t.b.	-1,5	n.t.b.	Geplaatst

*De X en Y coördinaten dienen nog vastgesteld te worden. In de situatietekening is de locatie van de nieuw te plaatsen peilbuizen indicatief opgenomen.

** De nummering van de waterspanningsmeters dient opgenomen te worden wanneer de waterspanningsmeters geactiveerd zijn.

4.6.5 Analyse data

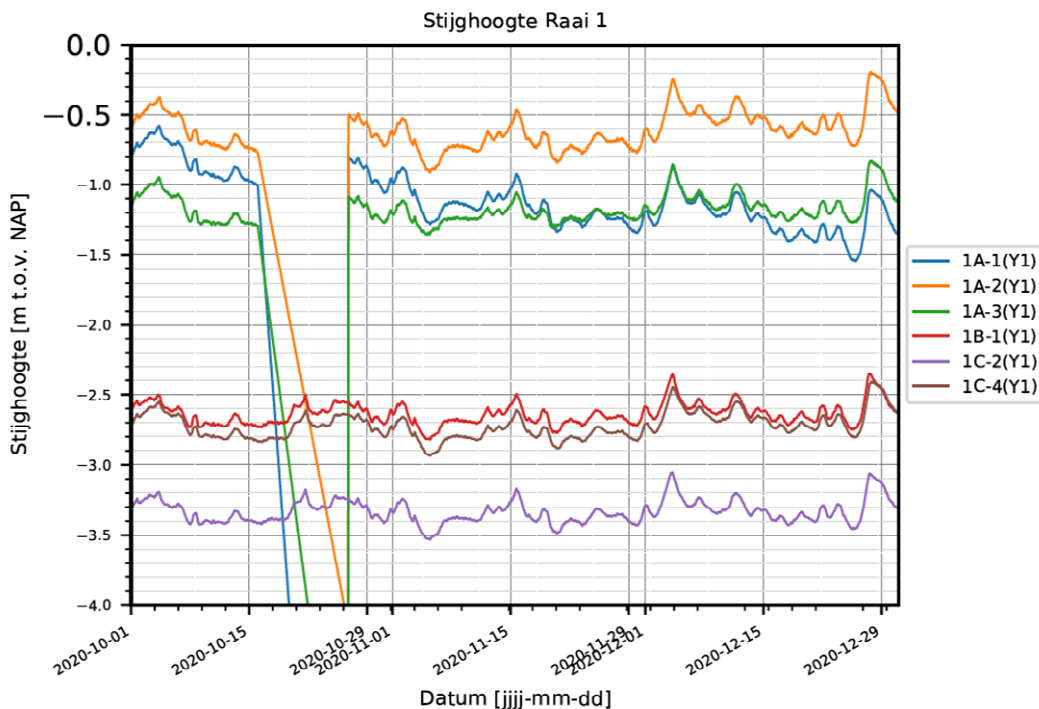
Uit de onderzoeksrapportage is gebleken dat piping langs het LDE in de Ringdijk niet kan optreden. Kwelwater door het LDE is in theorie mogelijk bij een stijghoogte in de zandlaag hoger dan het niveau van de kopplaat (circa NAP -2,5 m). De peilbuizen tonen een waarde van gemiddeld NAP -2,5 m eind 2020 en de waterspanningsmeters variëren van NAP -4 m tot NAP -0,5 m.

In de monitoring na de realisatie is geen melding van kwelwater gedaan door de beheerders of burgers. Wel is waarneembaar dat er voldoende stijghoogteverschil is om kwel te laten ontstaan. Het monitoren van kwel is vanaf 2020 tijdens de veldinspecties meegenomen. Er is geen kwelwater waargenomen. Het advies is om in 2021 bij de herstelwerkzaamheden te controleren of er water uit het LDE stroomt.

4.6.5.1 Grondwater en stijghoogte per raai

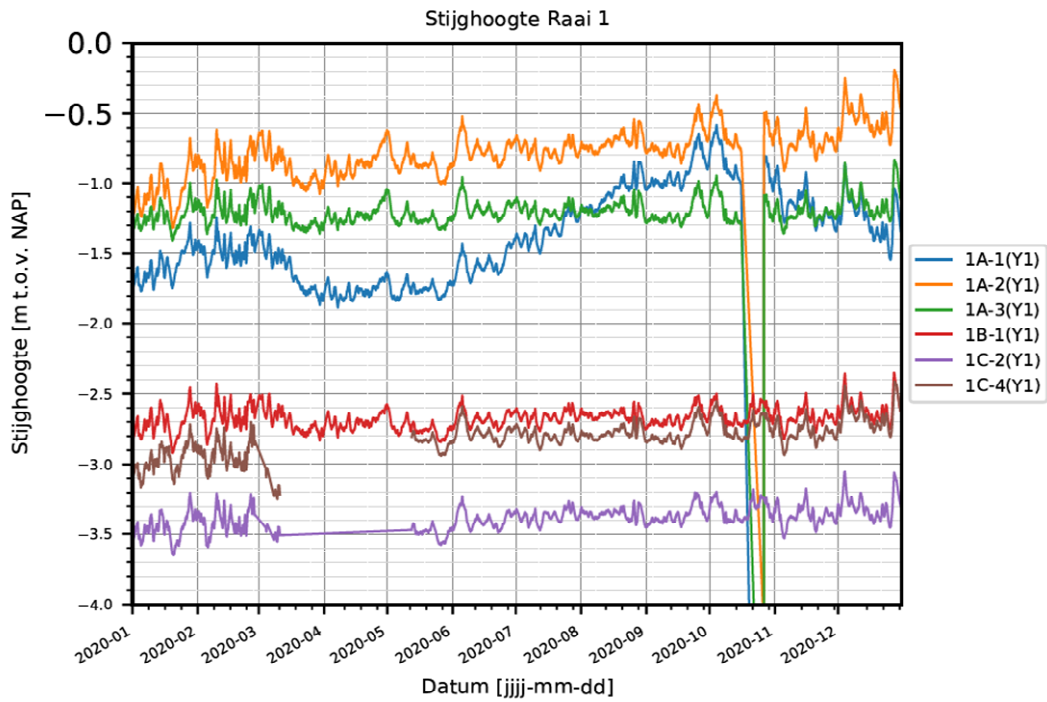
In Figuur 4-12 tot en met Figuur 4-17 zijn de waarnemingen per raai uitgezet tegen de datum. Dit betreffen grafieken die de analyse van Q4 tonen en de grafieken van de waterspanningen over het gehele jaar 2020. Daarnaast is Tabel 4-7 in tot en met Tabel 4-9 de stijging of daling per maand weergegeven, met als referentiepunt de start van elke maand. Hierin is ook het verschil tussen eind 2019 en eind 2020 weergegeven.

Raai 1:



Figuur 4-12: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-10-2020 tot 31-12-2020, van raai 1

Opgemerkt wordt dat 1A-1 een stijging laat zien vanaf medio juli tot en met september en weer daalt in oktober. Uit de status van de peilbuizen blijkt dat deze sensor foutieve data registreert. In de kwartaalrapportages van 2021 zal deze sensor niet weergegeven worden. Hetzelfde geldt voor waterspanningsmeter 1A-2, deze toont ook een stijging. Echter in de brondata van de sensor blijkt dat deze ook foutieve metingen heeft geregistreerd. Daarnaast is het opmerkelijk dat waterspanningsmeter 1A-3 tijdelijk geen metingen heeft geregistreerd in de tweede helft van oktober, dit geldt ook voor waterspanningsmeter 1A-1 en 1A-2.

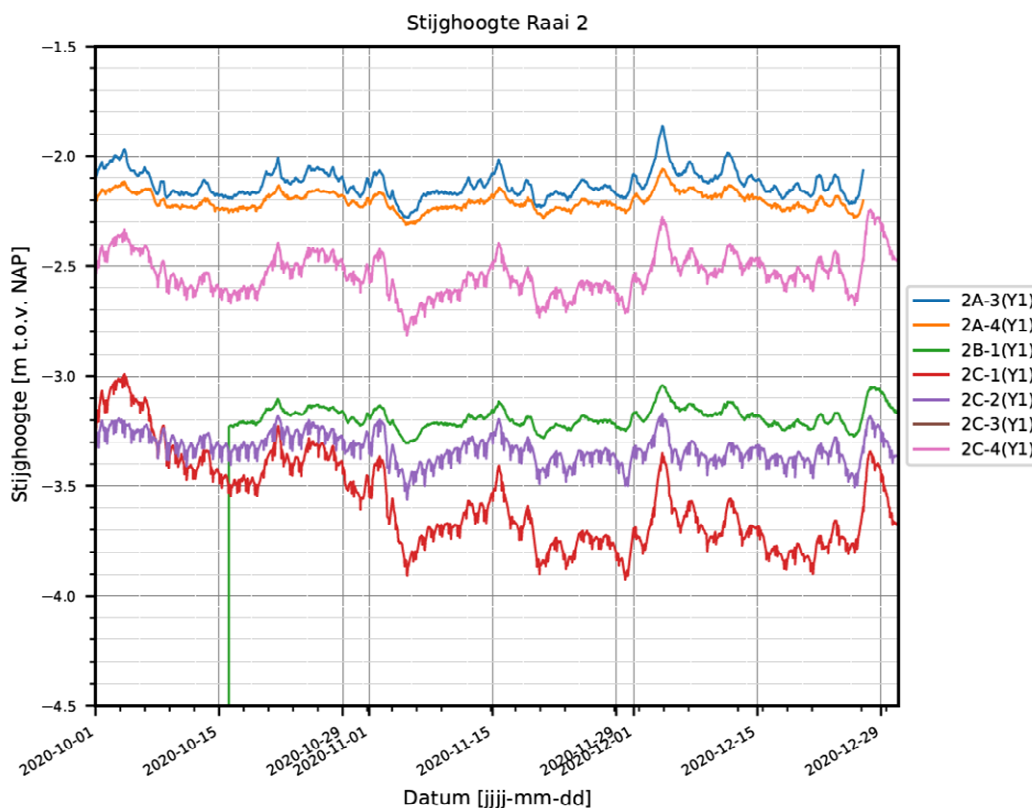


Figuur 4-13: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2020 tot 31-12-2020, van raai 1

Tabel 4-7: Stijging en daling weergegeven per maand per waterspanningsmeter, raai 1

Raai 1	Grondsoort	Diepte WSM [m t.o.v. NAP]	MV-hoogte [m NAP]	Oktober [m]	November [m]	December [m]	Verschil 2019 en 2020
1A-1	Veen	-2,36	+0,24	-0,20	-0,20	-0,15	+0,40
1A-2	Veen	-5,39	+0,21	-0,05	+0,05	+0,10	+0,75
1A-3	wadzand	-7,89	+0,21	-0,05	+0,05	+0,03	+0,20
1B-1	wadzand	-8,01	-2,61	-0,05	+0,07	-0,05	+0,20
1C-2	Veen	-7,82	-2,82	-0,03	+0,05	-0,02	+0,25
1C-4	pleistoceen	-12,55	-2,81	-0,05	+0,05	+0,08	+0,40

Raai 2:



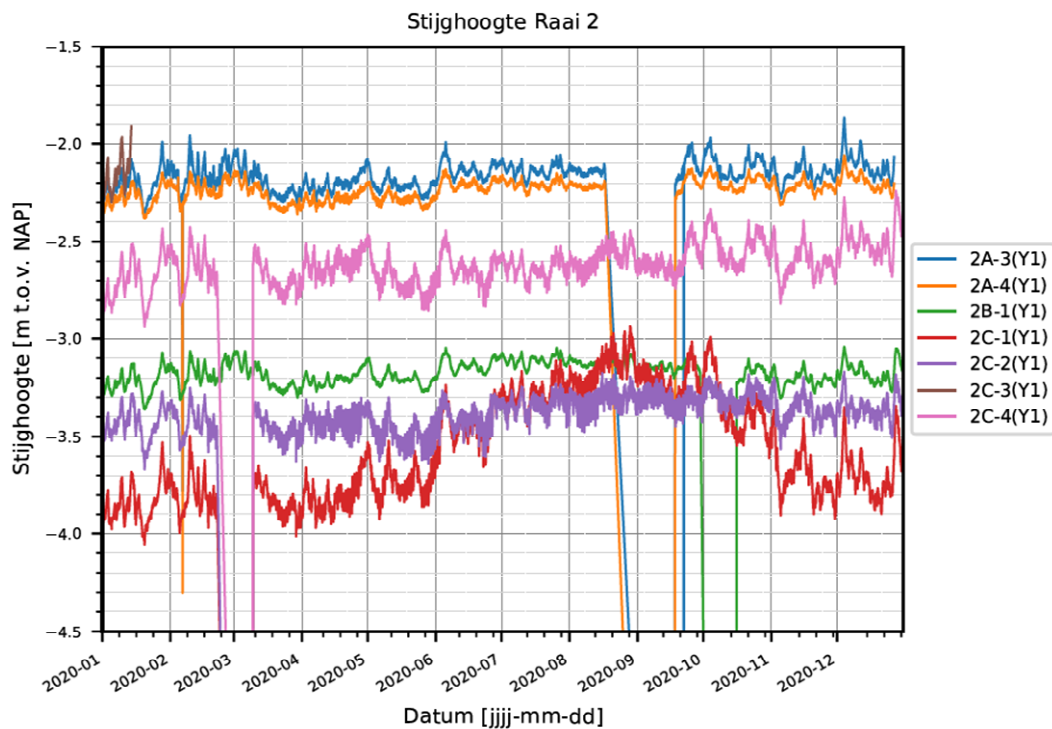
Figuur 4-14: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-10-2020 tot 31-12-2020, van raai 2

Opgemerkt wordt dat 2C-1, in de periode van Q2, in juni, een sterke stijging toont. In Q3 zijn de metingen min of meer stabiel en is de waterspanning niet terug gedaald naar de waarden gemeten voor 1 juni, in Q4 zakt de waterspanning langzaam terug richting het oude niveau. Daarnaast vertoont de data nog steeds een grillig verloop voor de peilbuizen die in het achterland staan, dit betreft de peilbuizen 2C-1, 2C-2 en 2C-4. Het grillige verloop is in minimale mate terug te zien in de kruin, dit betreft de peilbuizen 2A-3 en 2A-4. De fluctuatie is niet te zien in de teen van de dijk, peilbuis 2B-1. Wel wordt opgemerkt dat de fluctuaties van ca. 6 cm het sterkst terug komen in de wadzandlaag, (peilbuis 2C-2). De fluctuatie heeft een terugkeertijd van ca. 24 uur. Er is geen doorslaggevende verklaring voor dit grillige verloop, onderstaan zijn de parameters welke onderzocht zijn opgenomen:

- Er is geen verband te vinden tussen de bodemopbouw en deze fluctuaties.
- Een mogelijke oorzaak is de temperatuur. Hier is echter geen directe correlatie tussen gevonden.
- Daarnaast kan gedacht worden aan een lokale grondwateronttrekking, omdat het grootste effect zichtbaar is bij de peilbuizen in het achterland (C-peilbuizen). Ook hier is geen bewijs voor gevonden.
- Er lijkt geen verband te zijn tussen neerslag/droogte en het grillige verloop.
- Het kan zijn dat de waterspanningsmeters onbetrouwbaar zijn geworden.
- Het is mogelijk dat het globale verloop (behoudens de grilligheid) wel representatief is.

Het wordt geadviseerd om dit te blijven monitoren. Tevens wordt geadviseerd om een nieuwe waterspanningsmeter te plaatsen om te verifiëren of de grilligheid nog steeds aanwezig is.

Tevens wordt opgemerkt dat de er data ontbreekt van peilbuis 2A-3 en 2A-4 aan het einde van december in Q4. Daarnaast mist er data van 2B-1 in oktober, medio oktober is dit hersteld.



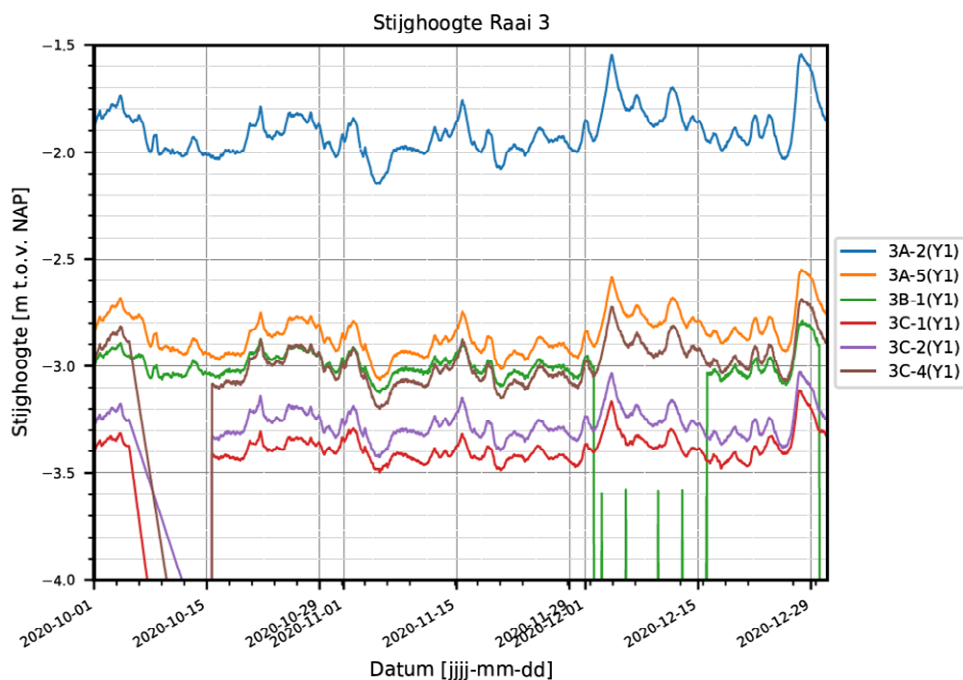
Figuur 4-15: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2020 tot 31-12-2020, van raai 2

Tabel 4-8: Stijging en daling weergegeven per maand per waterspanningsmeter, raai 2

Raai 2	Grondsoort	Diepte WSM [m t.o.v. NAP]	MV-hoogte [m NAP]	Oktober [m]	November [m]	December [m]	Vershil 2019 en 2020
2A-3	wadzand	-8,03	+0,28	-0,05	+0,07	NB	+0,25*
2A-4	wadzand	-9,97	+0,31	+0,00	+0,03	NB	+0,15*
2B-1	wadzand	-7,44	-2,42	NB	+0,02	+0,00	+0,15
2C-1	Veen	-5,50	-3,22	-0,35	-0,15	+0,03	+0,27
2C-2	wadzand	-8,00	-3,22	-0,05	+0,00	-0,04	+0,15
2C-4	pleistoceen	-12,56	-3,22	-0,05	+0,00	+0,08	+0,40

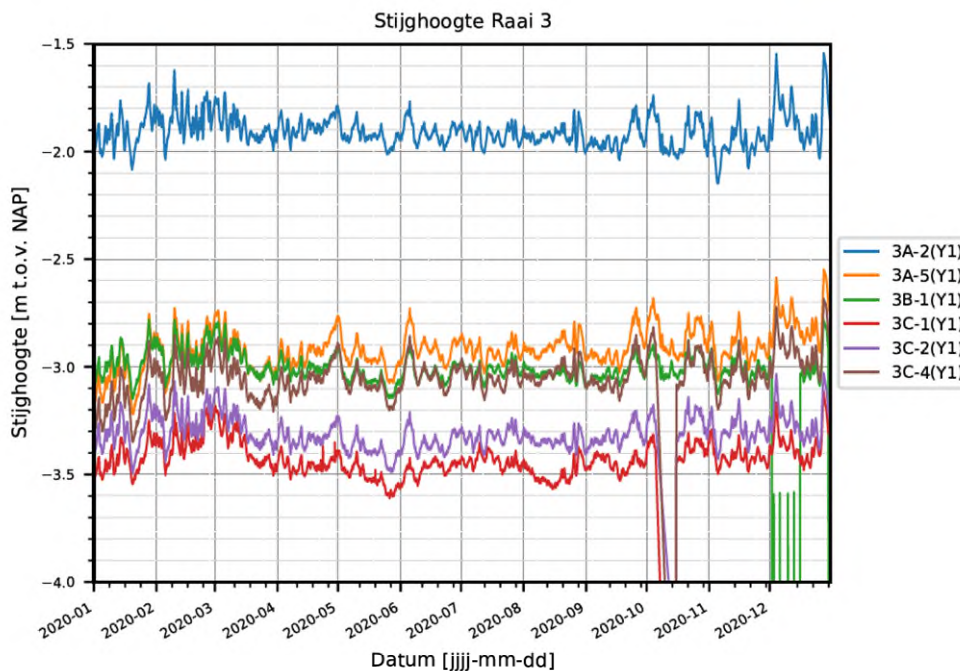
*: eind december 2020 is er geen meting bekend. De laatst gemeten waarde is gebruikt om het verschil te bepalen

Raai 3:



Figuur 4-16: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-10-2020 tot 31-12-2020, van raai 3

Opgemerkt wordt dat in Q4 gegevens missen in de eerste paar weken van oktober van waterspanningsmeter 3C-1, 3C-2 en 3C-4. Medio oktober registreren de waterspanningsmeters weer metingen. Hetzelfde geldt voor 3B-1 gedurende de eerste twee weken van november.



Figuur 4-17: Stijghoogte uitgezet tegen de datum, 01-01-2020 tot 31-12-2020, van raai 3

Tabel 4-9: Stijging en daling weergegeven per maand per waterspanningsmeter, raai 3

Raai 3	Grondsoort	Diepte WSM [m t.o.v. NAP]	MV-hoogte [m NAP]	Oktober [m]	November [m]	December [m]	Verschil 2019 en 2020
3A-2	Veen	-5,50	+0,31	-0,08	+0,10	+0,00	+0,15
3A-5	pleistoceen	-13,00	+0,31	-0,02	+0,03	+0,08	+0,40
3B-1	wadzand	-8,00	-2,80	+0,02	+0,03	NB	+0,15*
3C-1	Veen	-5,50	-3,15	+0,05	-0,02	+0,04	+0,20
3C-2	wadzand	-8,00	-3,16	+0,00	+0,05	+0,00	+0,15
3C-4	pleistoceen	-13,00	-3,17	-0,03	+0,03	+0,07	+0,45

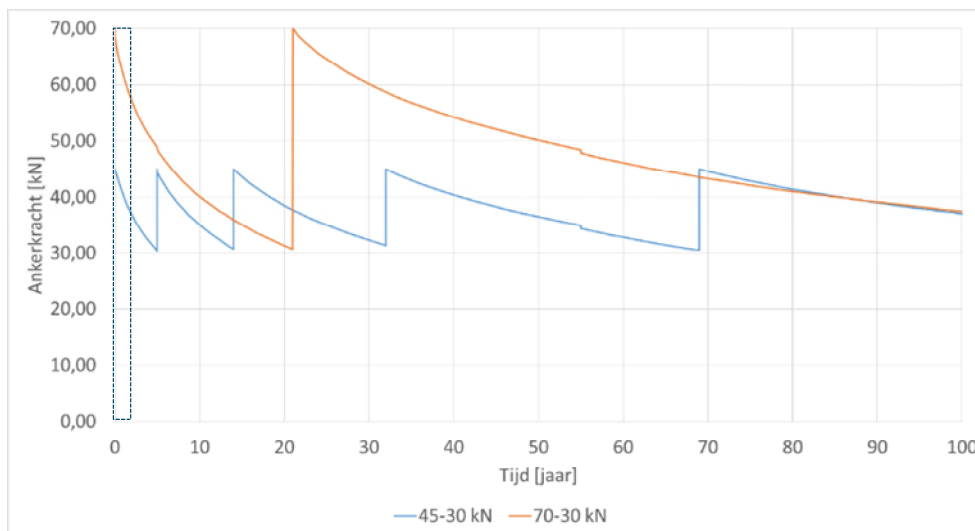
*: de laats gemeten waarde in 2020 is een onrealistische waarde, de laatst betrouwbare meting is gebruikt om het verschil tussen 2019 en 2020 te bepalen.

4.7 Voorspanning

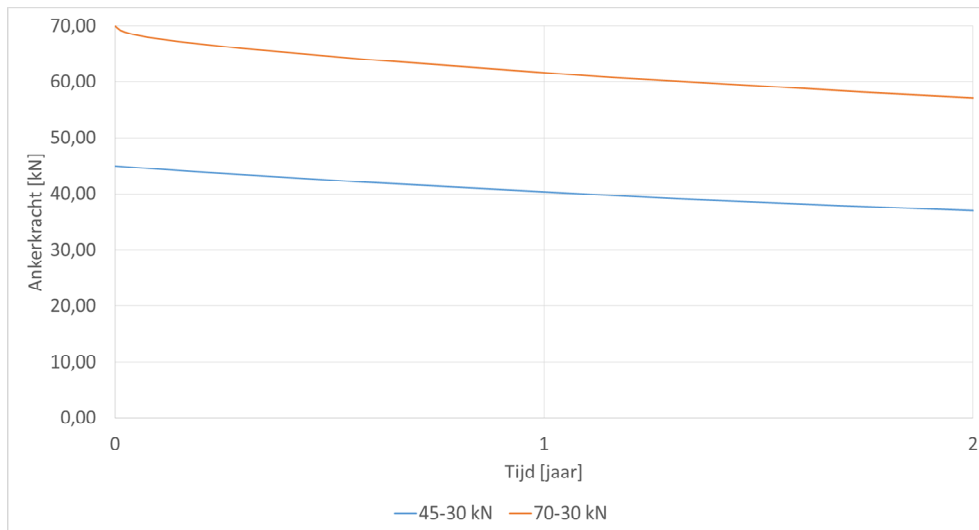
In het ontwerp van de dijkversterking van de ringdijk is een predictie opgesteld van het verloop van de voorspanning. Deze predictie is opgenomen in Figuur 4-18 en Figuur 4-19. In het revisieontwerp is onderscheid gemaakt tussen stabilisatoren die op circa 70 kN zijn voorgespannen en stabilisatoren die op circa 45 kN zijn voorgespannen.

Tabel 4-10 Voorspelde gemiddelde afname voorspanning op basis van de predicties

Initiële voorspanning [kN]	Voorspanning na 1 jaar [kN]	Afname [kN]	Afname [%]	Voorspanning na 2 jaar [kN]	Afname [kN]	Afname [%]	Afname t.o.v 1 ^e jaar [%]
45	40	5	11	38	7	15	5
70	61	9	13	58	12	17	5

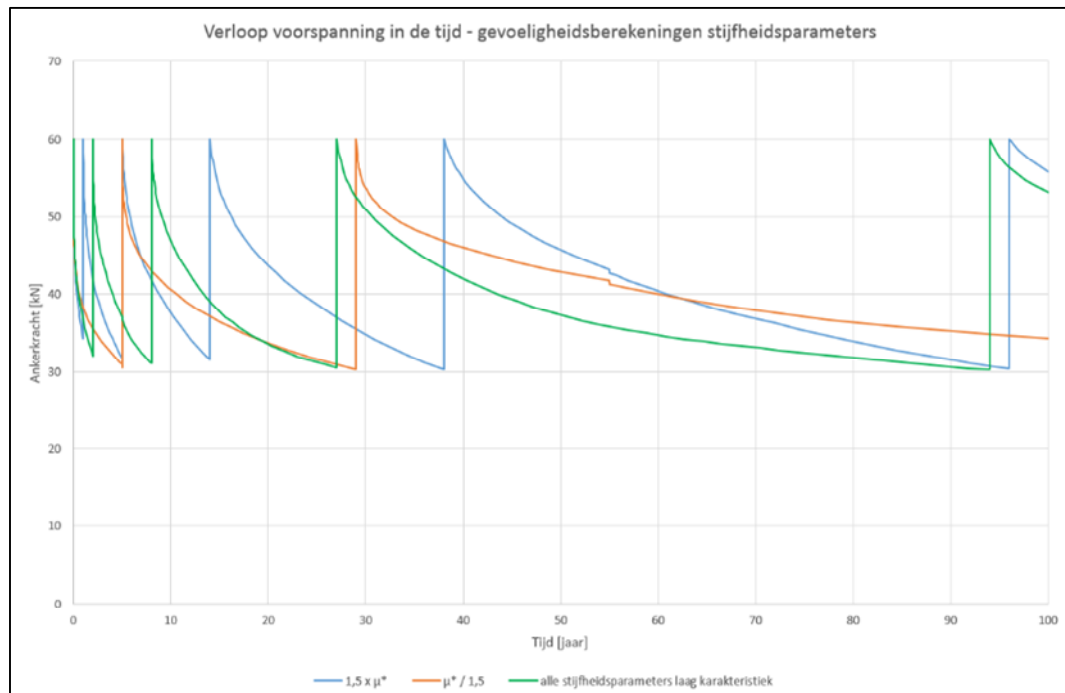


Figuur 4-18 Predictie verloop gemiddelde voorspanning planperiode



Figuur 4-19 Predictie verloop voorspanning jaar 1 en 2 (uitsnede uit bovenstaande grafiek).

Naast de gemiddelde afname is in 2019 ook een gevoeligheidsberekening uitgevoerd van de kruipparameter op het verloop van de voorspanning. Hieruit is geconcludeerd dat het waarschijnlijk is dat de ondergrens van 30 kN voor het eerst wordt bereikt na 1 tot 5 jaar.



Figuur 4-20 Verloop van de voorspanning in de tijd voor de gevoeligheidsberekeningen op de kruipparameter in SSC op basis van de DO berekeningen.

4.7.1 Meetlocaties

Elke JLD-Dijkstabilisator is voorzien van een druksensor om de voorspanning te meten. Er zijn in totaal 647 stabilisatoren waarvan 615 met voorspanning en 32 zonder voorspanning (defect gegaan tijdens plaatsen in 2019). Zoals in paragraaf 4.7.4.1 is beschreven zijn er meerdere stabilisatoren die op dit moment geen data doorzenden. Van de 615 zijn er 282 online en 333 offline. Ten behoeve van de volledige analyse is enkel het spanningsverloop van de 282 op dit moment zendende stabilisatoren beschouwd.

Ten behoeve van de analyse van de voorspanning is een selectie gemaakt van karakteristieke configuraties, deze zijn weergegeven in de volgende tabel. Hierin zijn dezelfde stabilisatoren beschouwd die ook in de jaarrapportage van 2019 zijn opgenomen. In bijlage 4 is het overzicht opgenomen van de geanalyseerde stabilisatoren. Tevens is hierin het spanningsverloop opgenomen van alle stabilisatoren.

Tabel 4-11 Overzicht geanalyseerde stabilisatoren

Nummer	Beschrijving	Stabilisatoren	Opmerking
1	Algemeen beeld	Alle zendende stabilisatoren (gemiddelde toe en afnames)	
2	Overgangszone	A002, A005, A007, A486, A487, A488, A489, A 492, A494	
3	Geul in de ondergrond (2 rijen)	A082, A085, A086, A088, A090, A092, A093, A094, B031, B032, B033, B034, B036, B037, B039, B042, B043	
4	Rondom bomen	A103, A118, A125, B050, B059, B060, B064, B066, B076, B077, B080	
5	1 rij oostelijk van Nobelweg	A291, A292, A293, A294, A295, A298, A300, A301, A302	
6	1 rij westelijk van Nobelweg	A440, A442.1, A443, A444, A445, A447, A448, A449	
7	LDE dieper	A418, A419, A420, A421, A422	Geen recente meetwaarden

4.7.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode vanaf realisatie tot en met 31-12-2020.

4.7.3 Apparatuur

De spanning is gemeten met de ingebouwde drukcel.

4.7.4 Bijzonderheden

4.7.4.1 Data verzending

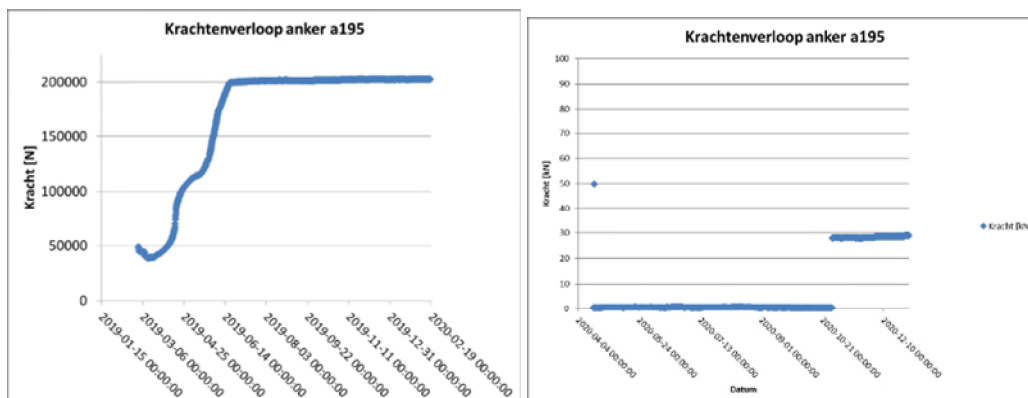
Alle dijkstabilisatoren zijn voorzien van een sensor die de voorspanning op het systeem meet. Circa 54% van deze sensoren verzendt vanaf medio 2019 tot op heden geen (of slechts sporadisch) data. Het betreft steeds dezelfde 54%. Doordat de voorspanning in sommige sensoren niet waargenomen kan worden, kan de monitoring van de JLD-Dijkstabilisator nog niet

in zijn volledigheid uitgevoerd worden zoals voorgeschreven in het monitoringsplan. Er is met succes een onderzoek uitgevoerd om te achterhalen wat de oorzaak is van het niet verzenden van data. Dit is nader beschreven in paragraaf .

Er zenden voldoende stabilisatoren (en deze zijn ook voldoende verspreid over de dijk) om een representatief beeld te hebben van het verloop van de voorspanning over de gehele dijk. De drukcellen die wel data verzenden, geven voor het grootste deel ook betrouwbare resultaten. Er zijn er een paar die onrealistische waarden geven. Het onderzoek hiernaar is gecombineerd met het onderzoek naar de problemen met het niet zenden, zie paragraaf .

4.7.4.2 Meetbereik

In de maandelijkse analyse van de voorspanning is te zien dat er ankers zijn met een extreem hoge voorspanning (>100.000N). Dit betreft 2 stabilisatoren. A022, met een voorspanning van ca. 118 kN en A303 met een extreem hoge voorspanning van ca. 259 kN. Evenals de hoge voorspanningen worden er ook negatieve voorspanningen weergegeven. Dit betreft 11 stabilisatoren (A033, A306, A311, A392, A408, A433, A434, A452, A465, B059 en B137). Dit zijn geen realistische waarden. De weergegeven voorspanning wijkt af van de daadwerkelijk aanwezige voorspanning. De oorzaak is dat er een defect aanwezig is in (de bekabeling van) de loadcell. In de analyse zijn dergelijke waardes gemarkeerd. Ter illustratie is in onderstaand figuur het krachtverloop van anker a195 weergegeven, die in het verleden een extreem hoge voorspanning had.



Figuur 4-21 Illustratie weergave krachtverloop buiten meetbereik drukcel. Rechts de voorspanning met in oktober de herstelwerkzaamheden aan de loadcell.

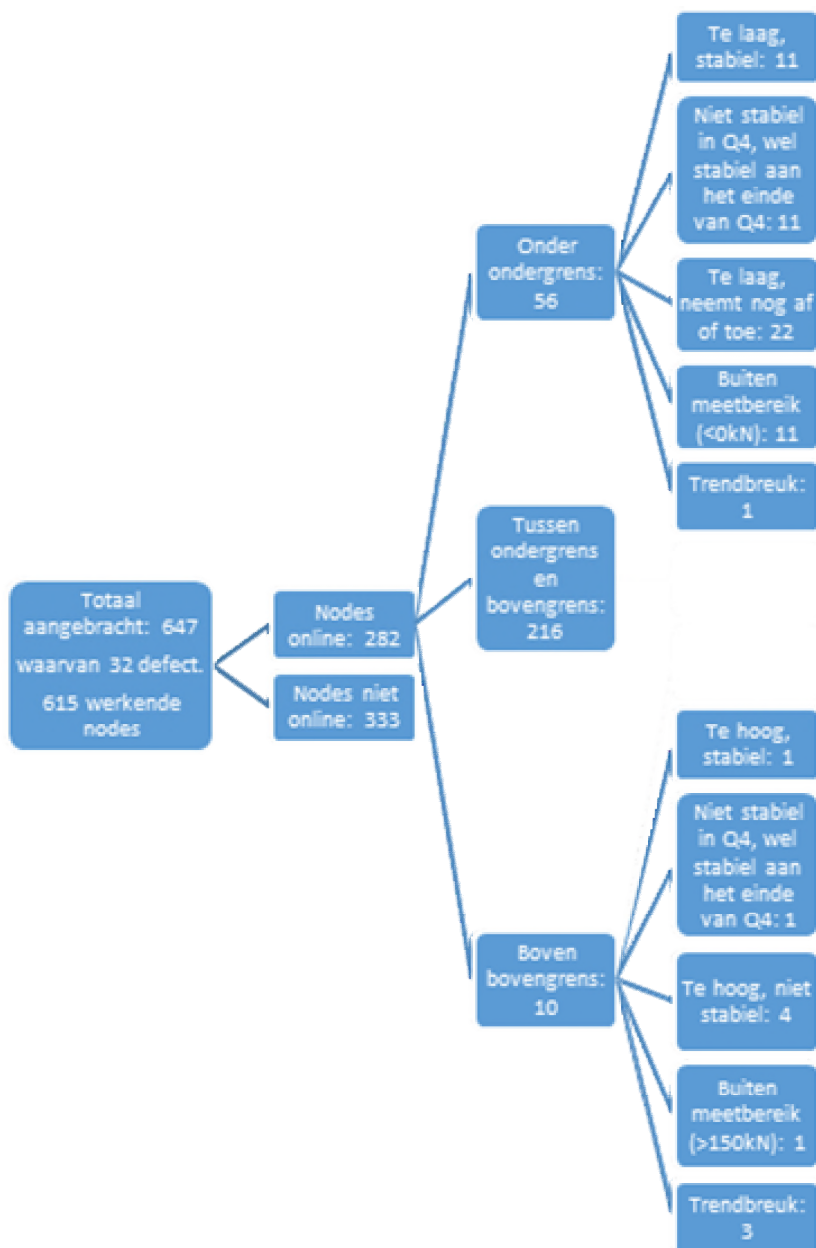
4.7.5 Analyse data

4.7.5.1 Algemeen

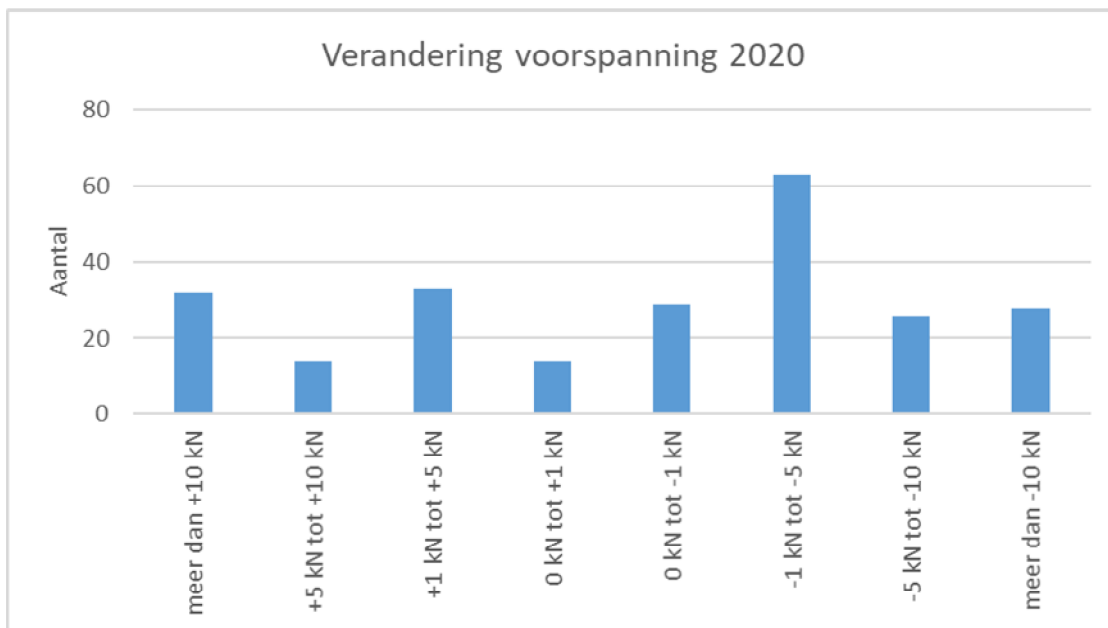
In Figuur 4-23 is de vergelijking opgenomen van de voorspanning bij aanleg en de voorspanning in het begin van 2020. In Figuur 4-24 is de procentuele toename en afname opgenomen. Hieruit blijkt dat de spanningstoename/afname per stabilisator divers is.

Het overgrote deel (76%) van de stabilisatoren heeft nog een voorspanning binnen het vooraf opgegeven ondergrens (30kN) en de bovengrens (70kN). De stabilisatoren met een te lage voorspanning (56 stuks) of een te hoge (10 stuks) voorspanning zijn in de hier op volgende paragraaf nader beschouwd.

De voorspelling was een gemiddelde spanningsafname van circa 15% à 17% ten opzichte van de initiële voorspanning. In de huidige analyse is de spanning op 1 januari 2020 vergeleken met de spanning op 31 januari 2020, hierin is een afname van 5 % voorspeld. Uit Figuur 4-24 volgt dat 17% een afname heeft rondom de voorspelde waarde (5% afname). 37% heeft een kleinere afname dan voorspeld, in dit geval een stijging van de voorspanning en 62% heeft een grotere afname dan voorspeld.



Figuur 4-22 Overzicht voorspanning eind 2020



Figuur 4-23 Vergelijking voorspanning tussen 1 januari 2020 en 31 december 2020



Figuur 4-24 procentuele verandering voorspanning 2e jaar, tussen 1 januari 2020 en 31 december 2020



4.7.5.2 Voorspanning onder ondergrens

Er zijn 40 stabilisatoren¹ (van de 282) waarbij de gemeten voorspanning lager is dan de ondergrens (30 kN). Conform het beheer- en onderhoudsplan [8] dient bij een te lage voorspanning van enkele stabilisatoren de gemiddelde voorspanning over een traject van 30 meter gecontroleerd te worden. Als hier uit volgt dat de gemiddelde voorspanning lager is dan 30 kN dan dienen de stabilisatoren nagespannen te worden. Als de gemiddelde voorspanning hoger is dan 30kN, maar lager dan 35 kN, dan dient het naspannen ingepland te worden zodat deze niet onder de 30 kN zakt.

Uit de analyse volgt dat de gemiddelde² voorspanning op bijna alle plaatsen nog boven de 35 kN zit. Op twee locaties is de gemiddelde voorspanning 30 tot 35 kN. Ter plaatse van de overgangsconstructie aan de westzijde is de gemiddelde voorspanning circa lager dan 30 kN. In Figuur 4-25 is de gemiddelde voorspanning weergegeven.

De locatie waar de gemiddelde voorspanning lager is dan 30 kN betreft de westzijde van het traject. Om de veiligheid van de dijk te waarborgen is het naspannen gepland medio 2021. Het gedeelte waarbij de voorspanning onder de 30 kN is gezakt is een sterker deel van de dijk waarbij de initiële stabiliteitsfactor circa 1,35 à 1,54 bedraagt. De vereiste stabiliteitsfactor bedraagt 1,26. Daardoor is de waterveiligheid nog voldoende gewaarborgd.

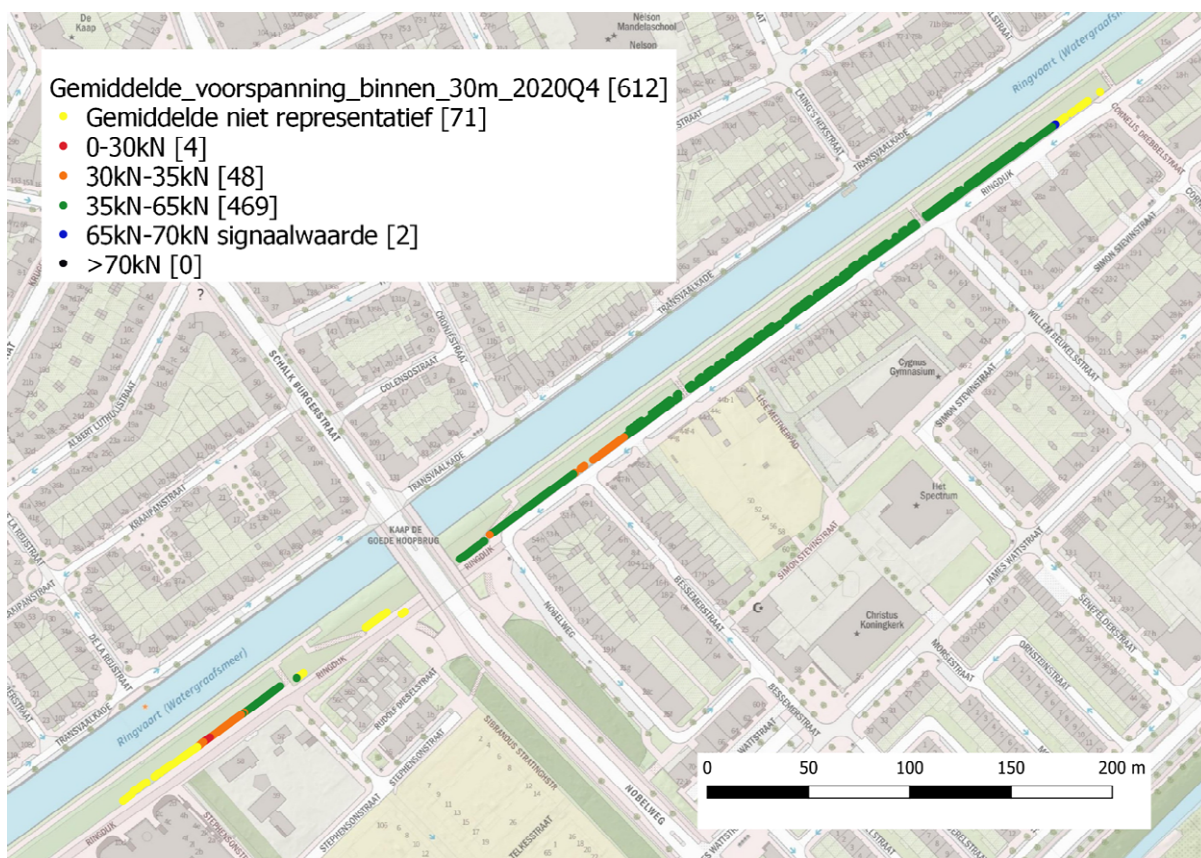
Er is drie zones waarbij er niet voldoende nodes online zijn om een realistisch gemiddeld te bepalen, deze zones zijn geel gemarkeerd in de afbeelding. Medio 2021 zijn de herstelwerkzaamheden ingepland om hier volledige dekking te verkrijgen (zie paragraaf 4.7.4.1).

¹ Van de stabilisatoren met een realistische voorspanning

² De analyse van de gemiddelde voorspanning is uitgevoerd op de stabilisatoren waarvan recentelijk meetgegevens zijn ontvangen. stabilisatoren met een onrealistische voorspanning (<0,0 kN en >150 kN) zijn op 0 kN gezet. Dit betekent dat deze stabilisatoren het gemiddelde rondom deze stabilisatoren omlaag halen.

Bij de stabilisatoren die een te lage voorspanning hebben zijn 5 categorieën waarneembaar:

1. Er zijn 11 stabilisatoren waarbij de voorspanning onder de ondergrens van 30kN is gedaald die nu een stabiele waarde hebben.
2. Er zijn 11 stabilisatoren die niet stabiel waren in Q4 van 2020 en nu wel een stabiel signaal afgeven.
3. Er zijn 22 stabilisatoren die niet stabiel zijn, ofwel de stabilisatoren laten een stijging zien (11 stabilisatoren) ofwel een daling (11 stabilisatoren).
4. Er is 1 stabilisator met trendbreuk. Van deze stabilisator is de verwachting dat ze op dit moment conform ontwerp bijdraagt aan de stabiliteit.
5. Er zijn 11 stabilisatoren die een meetwaarde laten zien dat buiten het meetbereik van de drukcel valt. Hiervan is eveneens de verwachting dat de werking nog in tact is.



Figuur 4-25 Overzicht categorie gemiddelde³ voorspanning rondom elke JLD-Dijkstabilisator binnen een straal van 15 m

³ Let op, deze analyse is later toegevoegd aan de rapportage, de gemiddelde waarden zijn berekend op basis van de meetwaarden in april 2020. Het gemiddelde in december 2019 is hoger dan het gemiddelde in april 2020

4.7.5.3 Voorspanning boven bovengrens

Er zijn 10 stabilisatoren (van de 282) waarbij de gemeten voorspanning hoger is dan de bovengrens (70 kN). Binnen deze set zijn 5 categorieën waarneembaar.

1. Er is 1 stabilisator waarbij de voorspanning boven de bovengrens van 70kN is gestegen en nu een stabiele waarde heeft.
2. Er is 1 stabilisator die niet stabiel was in Q4 van 2020 en nu wel een stabiel signaal afgeeft.
3. Er zijn 4 stabilisatoren die niet stabiel zijn, ofwel de stabilisatoren laten een stijging zien (2 stabilisatoren) ofwel een daling (2 stabilisatoren).
4. 3 stabilisatoren laten trendbreuk zien. Van deze stabilisatoren is de verwachting dat ze op dit moment conform ontwerp bijdragen aan de stabiliteit.
5. Er is 1 stabilisator die een meetwaarde laat zien dat buiten het meetbereik van de drukcel valt. Van deze stabilisator is de verwachting dat hij op dit moment conform ontwerp bijdraagt aan de stabiliteit.

4.7.5.4 Verloop voorspanning overgangszones

Aan weerszijden van het traject zijn 2 zones met een overgang van een versterkte naar een onversterkte waterkering. De stabilisatoren in de 1^e overgangszone zijn A1 t/m A11, in de 2^e zone zijn dit A486 t/m A 497.

De 8 stabilisatoren laten een afname tussen de 3,5 en de 53 procent zien. Er is bij deze stabilisatoren geen relatie gevonden tussen de h.o.h. afstand en de spanningsafname in het eerste jaar. De verwachting is dat de spanningsafname voornamelijk te maken heeft met de grondgesteldheid en de lokale geschiedenis van de voorbelasting. 3 stabilisatoren bevatten een voorspanning onder de ondergrens.

Tabel 4-12 Overzicht afname in de overgangszone

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020
A005	(meetwaarde boven meetbereik)	(meetwaarde boven meetbereik)
A488	3,64%	Geen metingen eind 2020
A007	11,67%	3,39%
A002	12,73%	19,57%
A494	14,52%	5,85%
A492	16,67%	Geen meting eind 2020
A487	36,54%	32,75%
A486	53,33%	32,27% (laatste meting begin december)

4.7.5.5 Verloop voorspanning t.p.v. geul (2 rijen)

Ter plaatse van de Willem Beukelsstraat is in de ondergrond een slappe laag aanwezig. Dit betreft de stabilisatoren A71 t/m A 102. En B26 t/m B49. Op deze locatie zijn de stabilisatoren verankerd in een diepere zandlaag, waardoor de lengte van de trekstang circa 22 meter is (versus 16 m op andere locaties). In de analyse zijn de middelste stabilisatoren geanalyseerd. Dit betreft A82 t/m A94 en B31 t/m 43.

Uit de analyse volgt dat de voorspanning in dit gebied redelijk gelijkmatig af is genomen. Ook is te zien dat de afname in 2020 veel kleiner is dan in 2019. Het gros heeft een afname van 0 tot 10%. Hierin is te zien dat de spanningsafname op de A-rij gemiddeld lager is dan op de B-rij, tevens zijn er iets meer ankers op de A-rij gestegen in voorspanning vergeleken met de B-rij. Er is 1 stabilisator aanwezig met een voorspanning onder de ondergrens (a082).

Tabel 4-13 Overzicht afname ter plaatse van de geul (negatieve waarde is een toename)

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020
A094	-3,13%	-3,20%	B034	-1,54%	1,46%
A086	1,49%	-1,30%	B033	0,00%	-13,37%
A088	1,61%	4,84%	B042	12,50%	6,23%
A093	4,23%	16,69% (bevat trendbreuk)	B039	14,71%	1,07%
A092	9,09%	-16,35%	B032	17,86%	8,64%
A090	10,77%	-0,61%	B036	20,00%	-1,89%
A085	17,65%	18,41% (bevat trendbreuk)	B043	24,07%	8,06%
A082	Geen realistische meetwaarde	Geen realistische meetwaarde	B037	27,59%	8,75%

4.7.5.6 Verloop voorspanning naast boom

Op een deel van het traject zijn 2 rijen dijkstabilisatoren aanwezig. Om de bomen op de dijk te behouden is er ter plaatse van de bomen een gat in het stramien gelaten. Ten behoeve van de kennisontwikkeling zijn 11 stabilisatoren beschouwd die direct grenzen aan een onderbreking.

Uit de analyse volgt dat de voorspanning van deze stabilisatoren af is genomen met 0 tot 30% (gemiddeld 8%, zonder de twee stabilisatoren die sterk gestegen zijn). Eén stabilisator heeft een voorspanning onder de ondergrens (b064), daarnaast zijn nog twee stabilisatoren aanwezig met een trendbreuk. Stabilisator b077 daalt en komt bijna onder de ondergrens.

Tabel 4-14 Overzicht afname stabilisatoren naast een onderbreking in het stramien door de aanwezigheid van een boom

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020	Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020
A103	4,76%	9,35%	B080	2,00%	0,00%
A125	30,43%	-21,78%	B076	10,00%	10,50%
A118	trendbreuk	trendbreuk	B059	11,11%	3,47% (laatste meting begin september) bevat trendbreuk
			B066	11,32%	0,46%
			B050	18,75%	5,31%
			B077	26,67%	5,38%
			B064	31,11%	30,33%
			B060	31,82%	-34,74%

4.7.5.7 Verloop voorspanning 1 rij (oosten van Nobelweg)

Op een groot deel van het traject is 1 rij dijkstabilisatoren aanwezig. Er is in de analyse onderscheid gemaakt tussen 1 rij ten oosten en 1 rij ten westen van de nobelweg.

Uit de analyse volgt dat de voorspanning van deze stabilisatoren relatief veel is af is genomen met 4 tot 65% (gemiddeld 19%). 5 van de 9 stabilisatoren hebben een voorspanning onder de ondergrens (a298, a300, a301, a292, en a295) en 1 passeert bijna de ondergrens (a293). De relatief sterke afname vond bij een deel stabilisatoren direct na realisatie plaats en bij het andere deel na circa 3 à 4 maanden, medio maart – juni 2020 zet een nieuwe daling in.

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020
A294	12,00%	4,18%
A302	17,24%	5,62%
A295	20,37%	65,39% (continue dalende lijn, waarschijnlijk defecte loadcell)
A293	28,00%	15,33% (laatste meting begin oktober)
A292	28,85%	19,03% (laatste meting begin november)
A291	33,33%	-11,42%
A301	36,00%	46,72%
A300	38,00%	14,00%
A298	54,39%	12,57%

4.7.5.8 Verloop voorspanning 1 rij (westen van nobelweg)

Op een groot deel van het traject is 1 rij dijkstabilisatoren aanwezig. Er is in de analyse onderscheid gemaakt tussen 1 rij ten oosten en 1 rij ten westen van de nobelweg. Uit de analyse van 8 stabilisatoren volgt dat de voorspanning van deze stabilisatoren af is genomen met circa 4 tot 42% (gemiddeld 8%, inclusief de stabilisatoren die gestegen zijn in voorspanning). 7 van de 8 stabilisatoren hebben een voorspanning boven de ondergrens, één stabilisator ligt net boven de ondergrens. 1 stabilisator is niet meegenomen in dit gemiddelde, namelijk een stabilisator welke trendbreuk laat zien (a440). De relatief sterke afname vond bij een deel stabilisatoren direct na realisatie plaats en bij het andere deel na circa 3 à 4 maanden, met een opnieuw een kleine daling medio maart – juli 2020

Stabilisator	Afname over 2019	Afname over 2020
A448	3,45%	17,43%
A445	14,29%	6,07% (laatste meting begin november)
A443	20,00%	4,65% (laatste meting begin november)
A444	21,28%	-0,74% (laatste meting begin maart)
A442.1	28,00%	-3,67%
A449	30,00%	-9,85%
A447	42,00%	42,16%
A440	Trendbreuk	Niet beschikbaar

4.7.5.9 Verloop voorspanning JLD-Dijkstabilisator waar LDE dieper is gedrukt t.b.v. onderzoek

Ten behoeve van het onderzoek is het LDE bij 5 stabilisatoren circa 25 cm dieper de grond in gedrukt. Bij deze 5 stabilisatoren sluit de kopplaat dus nooit aan op het LDE. (Bij de rest van de dijkstabilisatoren is de afstand tussen het LDE bij aanbrengen 0 tot enkele centimeters). Helaas is het signaal van deze 5 stabilisatoren weggevallen na 2 tot 4 maanden. In de eerste maanden lijkt het gedrag niet anders dan op de andere trajecten. Na de herstelwerkzaamheden in 2021 worden deze stabilisatoren nader beschouwd.

4.7.6 Inspectiewerkzaamheden offline nodes

Bij aanvang van de inspectie waren er 238 van de 647 nodes online. Na uitvoering van de inspectie op 62 nodes zijn er 298 van de 647 nodes online. Dit betekent dat de werkzaamheden een slagingspercentage van 96% hadden. Van de 62 nodes zijn er nu slechts 2 nodes welke nog niet online zijn. Naar verwachting kunnen deze 2 eenvoudig online worden gebracht door tijdens de volgende inspectie de pot van deze 2 stabilisatoren op te lengen.

Het hoofddoel van het onderzoek was het beantwoorden van de vraag:

‘Wat is de oorzaak van het offline zijn van de nodes?’

Aan de hand van de uitgevoerde inspectie is het antwoord op de onderzoeksvraag:

- De hoofdoorzaak van het niet zenden van de nodes is de oude versie van de software op de node. De oude versie van de software was niet in staat om automatisch weer online te komen na een update van de telecomprovider. Bij deze nodes was het nu noodzakelijk om handmatig een update van de software uit te voeren. De nieuwe versie van de software heeft een ingebouwd vangnet waardoor deze automatisch weer online komt, ook na een tijdelijke storing.
- De gronddekking was bij enkele stabilisatoren te groot om een stabiel signaal te verzenden. De gronddekking is bij 3 stabilisatoren verkleind door een holle oplengmof aan te brengen op de pot. Dit heeft geresulteerd in een stabiel signaal.
- De positie van de node in de pot speelt een rol in het bereik van het signaal. Het effect is tijdens de inspectie niet gekwantificeerd. Wel is het advies om in de toekomst alle nodes met de antenne naar boven in de pot te plaatsen om het risico op verlies van bereik te beperken.
- In enkele potten was een klein laagje water aanwezig. Voor zover bekend speelt dit geen rol op de werking van de node.

In onderstaande tabel is het resultaat van de werkstappen opgenomen. Daaruit is afgeleid dat de eenmalige handmatige update van de software noodzakelijk was om de nodes online te brengen. Na deze update is het mogelijk om volgende updates op afstand uit te voeren.

In de volgende paragrafen is antwoord gegeven op de verschillende subonderzoeksvragen. Daarbij is een predictie opgesteld van het te verwachten resultaat bij voortzetting van de inspectie op de 349 stabilisatoren welke nu nog offline zijn.

Tabel 4-15 Overzicht resultaat werkstappen op de status van de node

Uitgevoerd	Status	Aantal	Aantal [%]	opmerkingen
Opgraven nodes	Offline	62	100%	Eenvoudig met een grondbus en een kleine graafmachine
Controle water in de pot	Offline	17	27%	Er zijn 17 nodes waarbij een klein beetje water in de pot zat. De nodes zijn waterdicht waardoor dit geen effect heeft op het signaal.
Update firmware & vervangen batterij	Online	62	100%	Op kantoor zodat de werkzaamheden droog uitgevoerd konden worden. Bij 58 van de 62 nodes zat er nog voldoende energie in de batterij. Bij 4 van de 62 nodes was de batterij nagenoeg leeg.
Aantal stabilisatoren met onrealistische voorspanning	Online	14	3,6% tot 5,0%	Voor inspectie 12 van de 238 met een onrealistische voorspanning: 5% Tijdens de inspectie 2 van de 56 met een onrealistische voorspanning: 3,6%
Loadcell vervangen	Online	6	10% ⁴	Geen effect op signaal.
Naspannen	Online	36	56%	Eenvoudig met 2 personen, een kleine vijzel en een klein aggregaat. Naspannen stabilisatoren onder grenswaarde: 23% Naspannen meekoppelkans: 33%
In pot (niet afgedekt)	Online	62	100%	Teruggeplaatst met de antenne naar boven.
Afdekken grond	Online	62	100%	De uitgestoken plag is weer teruggeplaatst. De grasmat is grotendeels intact.
Oplengmof aanbrengen	Online	3	5%	Stabiel signaal na oplengen pot.
7 dagen na afdekken	Online	60	96%	Stabiel signaal. Twee potten met net te veel gronddekking waardoor deze het signaal hebben verloren.

4.8 Neerslag

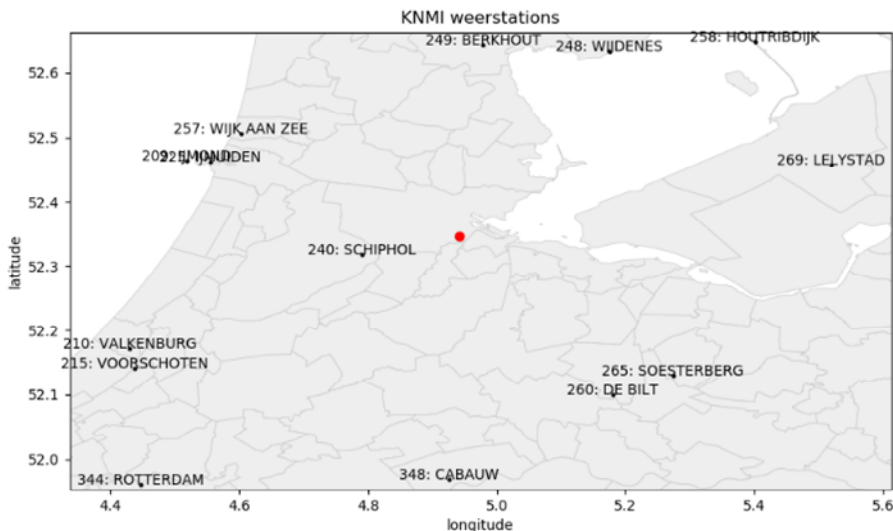
Het weerstation is aangesloten op het dak van waternet. De meetdata wordt vanaf 2021 geïncludeerd in de feitenrapportages. Voor de huidige analyse is data van het KNMI geraadpleegd.

4.8.1 Meetlocatie

Om tot representatieve data te komen zijn de weerstations van het KNMI geraadpleegd. In Figuur 4-26 zijn de weerstations in de omgeving van de projectlocatie weergegeven. Hieruit is duidelijk zichtbaar dat Schiphol het dichtstbijzijnde weerstation is (afstand ca. 15 km). Andere

⁴ Let op, dit is het aantal vervangen loadcellen tijdens deze inspectie. Extrapolatie van dit aantal is niet representatief om een verwachting op te stellen van het aantal nog te vervangen loadcellen. De verwachting voor het aantal te vervangen loadcellen bij de stabilisatoren die op dit moment offline zijn is 3,6% tot 5,0% (gelijk aan de verwachting voor het aantal stabilisatoren met een onrealistische voorspanning).

weerstations zijn minimaal 30 km verwijderd van de projectlocatie. Derhalve kan worden gesteld dat regen- en verdampingsdata van het weerstation Schiphol het meest representatief is voor de projectlocatie.



Figuur 4-26: Weerstations in de omgeving van Amsterdam. De projectlocatie is in rood weergegeven. (bron: KNMI)

4.8.2 Meetperiode

De meetgegevens omvatten de periode van Q4, 01-10-2020 tot en met 31-12-2020. Tevens is een overzicht gegeven van het gehele jaar 2020.

4.8.3 Apparatuur

De apparatuur staat vermeld op: <http://projects.knmi.nl/klimatologie/metadata/schiphol.html>

4.8.4 Bijzonderheden

Op het dak van Waternet is een weerstation aanwezig, echter is er op dit moment nog geen data beschikbaar van dit weerstation. Om tot representatieve data te komen zijn de weerstations van het KNMI geraadpleegd.

4.8.5 Data

In Figuur 4-27 is neerslag- en verdampingsdata weergegeven van het weerstation Schiphol in de periode van 1-oktober-2020 tot 31-december-2020.

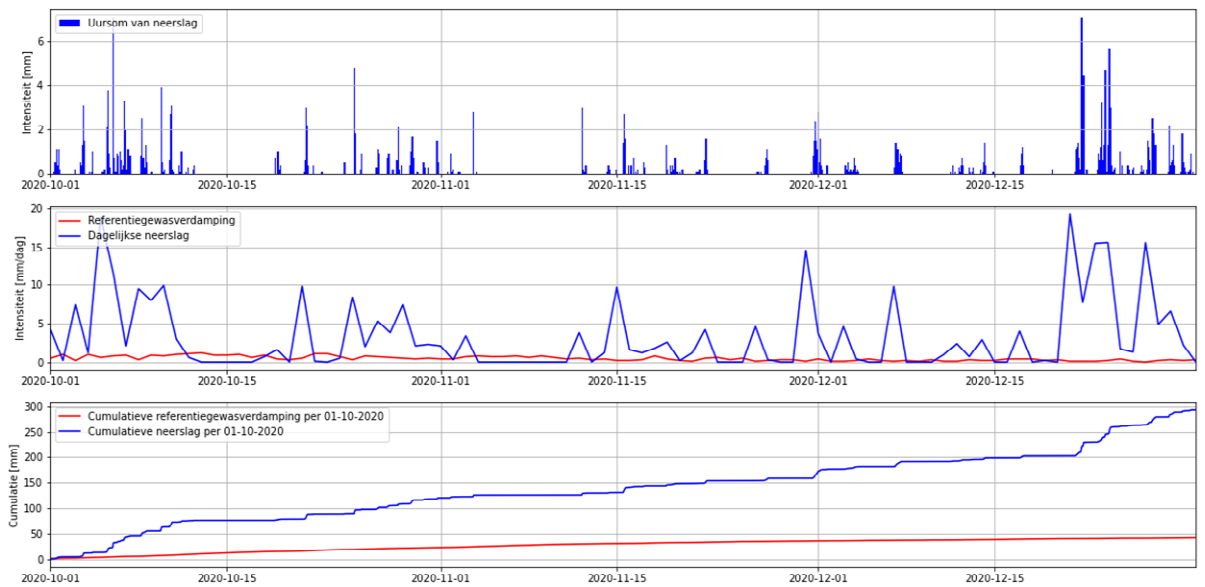
Neerslag Q4 2020

In de bovenste grafiek van Figuur 4-27 is de uursom weergegeven van de neerslag. Gedurende het gehele kwartaal is er veel neerslag gevallen, de langste periode van droogte duurt slechts 8 dagen (begin november). Er hebben zich totaal vijf evenementen voorgedaan met een dagelijkse regenval van minimaal 10 mm (zie middelste grafiek).

In de cumulatieve grafiek (onder) is te zien dat de regenval redelijk gelijkmatig verdeeld is over de periode, met een totale neerslag van 294 mm.

Verdamping Q4 2020

De referentiegewasverdamping is een theoretische waarde voor verdamping. Het staat voor de hoeveelheid water die verdampt uit een grasveld dat goed voorzien is van water en nutriënten. De referentiegewasverdamping wordt door het KNMI bepaald uit onder meer de temperatuur en zonnestraling. De dagelijkse referentiegewasverdamping is weergegeven in de middelste grafiek van Figuur 4-27. In de maand oktober schommelt de verdamping tussen ca. 0,5 en 1,0 mm/dag. Hierna neemt dit verder af, het schommelt in november en december tussen de 0,0 en 0,5 mm/dag.



Figuur 4-27: Neerslag en referentiegewasverdamping van het meetstation Schiphol (bron: KNMI)

Relatie neerslag-verdamping

In Tabel 4-16 is de wekelijkse neerslag- en verdamping weergegeven. Hier is te zien dat vrijwel elke week er een neerslagoverschot is, dit heeft te maken met zowel een grote hoeveelheid neerslag als een lage verdamping. Enkel in week 42 en 45 is er een (minimaal) neerslagtekort i.v.m. de beperkte hoeveelheid neerslag. Netto is er aan het eind van de periode een neerslagoverschot van ca. 251 mm.

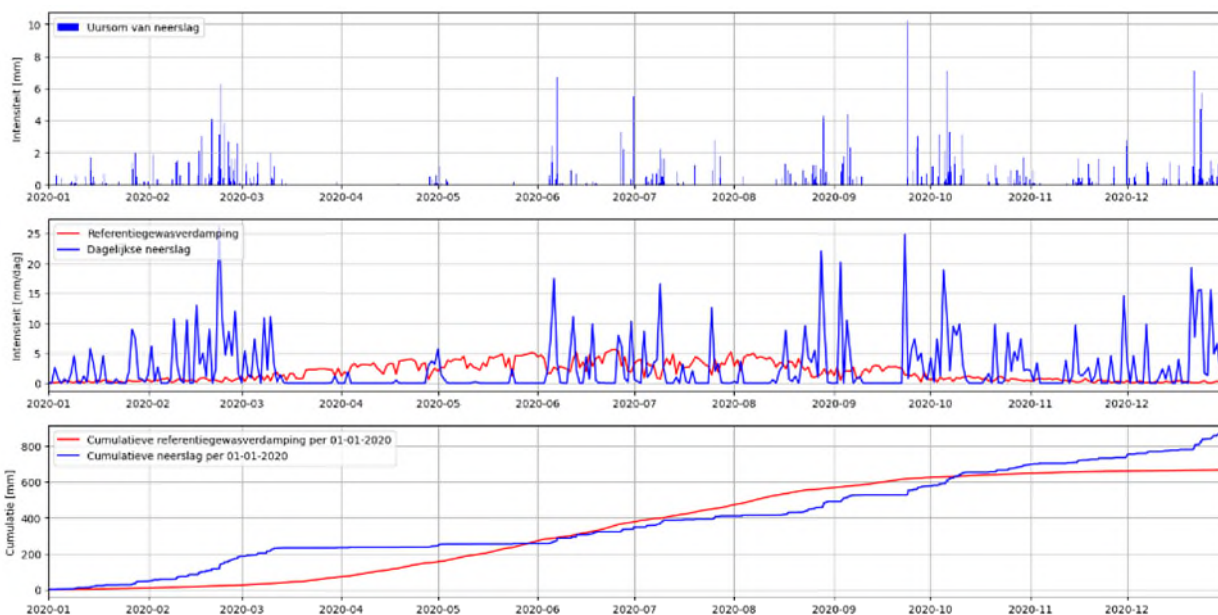
Tabel 4-16: Wekelijkse neerslag en verdamping

Week	Van	Tot	Neerslag [mm]	Verdamping [mm]
40	1-okt	4-okt	13	3
41	5-okt	11-okt	63	5
42	12-okt	18-okt	1	7
43	19-okt	25-okt	20	4
44	26-okt	1-nov	25	4
45	2-nov	8-nov	4	5
46	9-nov	15-nov	15	3
47	16-nov	22-nov	13	3
48	23-nov	29-nov	5	2
49	30-nov	6-dec	23	2

Week	Van	Tot	Neerslag [mm]	Verdamping [mm]
50	7-dec	13-dec	14	1
51	14-dec	20-dec	7	2
52	21-dec	27-dec	77	1
53	28-dec	31-dec	14	1

4.8.6 Overzicht jaar 2020

In Figuur 4-28 is neerslag- en verdampingsdata weergegeven van het weerstation Schiphol in de periode van 1-januari-2020 tot 31-december-2020.



Figuur 4-28: Neerslag en referentiegrasverdamming van het meetstation Schiphol 2020 (bron: KNMI)

Het jaar 2020 was wederom een relatief droog jaar. Met name in het tweede kwartaal is er zeer weinig neerslag gevallen met een aanhoudende droogte die ca. 2 maanden heeft geduurd. Hierna is de hoeveelheid neerslag toegenomen, aan het einde van het jaar bedraagt het neerslagoverschot ca. 150 mm.

5 Monitoringsdata en analyse Purmerend

De proef in Purmerend is in Q1 van 2020 afgerond. Daarom wordt er geen nieuwe monitoringsdata meer verkregen uit het proefveld van Purmerend. Er is een rapportage over opgesteld met de opbrengsten van de proef [9]. Onderstaand zijn de resultaten en eventuele vervolgacties opgenomen. Het volledige rapport is in bijlage 7 opgenomen.

5.1 Concept resultaten

De volgende resultaten zijn behaald:

- Input verkregen voor de monitoring en bijbehorend beheer voor het ontwerp van Watergraafsmeer;
De analyse betrof de eerste praktijkervaringen opdoen met de monitoringssystemen en de JLD-Dijkstabilisator. Hierop is het monitoringssysteem, het ontwerp en beheer afgestemd van Watergraafsmeer.
- Onderzoeksvraag 7 & 11 Kwel- en pipinganalyse is beantwoord [10];
Dit betrof een onderzoek naar kwel en piping langs de JLD-Dijkstabilisator. Dit onderzoek is uitgevoerd door middel van infrarood metingen, visuele inspecties en waterspanningsmetingen. Dit is gerapporteerd in de beantwoording van onderzoeksvraag 7 en 11 van het ENW. Hierbij zijn metingen van Purmerend en Watergraafsmeer gebruikt. Er zijn geen piping situaties opgetreden. Tevens is er vrijwel geen kwelwater waargenomen tijdens de metingen. In het veld komt de stijghoogte niet boven maaiveld uit, de locatie is daarmee niet pipinggevoelig.
- Onderzoeksvraag 15 'Trillingen tijdens inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator' is beantwoord [11];
Tijdens het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator zijn de trillingen gemeten in Purmerend. Aan de hand van de metingen in Purmerend is de uitvoeringswijze aangepast voor Watergraafsmeer. In de Watergraafsmeer zijn vervolgens opnieuw trillingsmetingen gedaan en op basis van deze trillingsmetingen is onderzoeksvraag 15 beantwoord;
- Onderzoeksvraag 16 'Maaiveld deformaties bij het inbrengen van de JLD-Dijkstabilisator en deformaties rondom kopplaten tijdens het afspannen' is beantwoord [12];
Tijdens het inbrengen en afspannen van de kopplaten zijn maaiveld deformaties opgetreden. Bij het inbrengen zijn de deformaties orde grootte 10 tot 70 mm en bij het afspannen bedroeg de zakking van de kopplaat ca 30 tot 70 mm. De effecten van deformaties reiken tot een straal van maximaal 1,5 m. De metingen zijn verwerkt in een rapportage voor onderzoeksvraag 16 van het ENW.
- Testen van de uitvoering is geslaagd;
Tijdens de proeven in Purmerend is de uitvoering getest met betrekking tot aanbrengen, materieel, monitorings- en logsystemen van de machine en afspannen van de JLD-Dijkstabilisator met de afspanunit. De ervaringen zijn meegenomen in de uitvoering voor Watergraafsmeer. Wijzigingen naar aanleiding van de proeven in Purmerend zijn veel kleine aanpassingen waardoor de uitvoering efficiënter gaat en daarnaast de vervanging van het trilblok om de trilling te minimaliseren.

5.2 Vervolgstappen

Een groot deel van de analyses zijn reeds uitgevoerd. Daarmee heeft de proef waardevolle informatie opgeleverd. Op basis van de in Purmerend verzamelde data zijn nog een aantal analyses mogelijk die in een nadere postdictie uitgewerkt worden. Deze postdictie is gepland in 2024 samen met de postdictie van het pilotproject in Watergraafsmeer. Het betreft de volgende analyses:

- Vergelijking configuratie volledige JLD-Dijkstabilisator met een JLD-Dijkstabilisator zonder LDE in relatie tot het verloop van de voorspanning ten behoeve onderzoeksvraag 13;
- Controle predictie verloop voorspanning over tijd; door een postdictie uit te voeren kan voor toekomstige projectie het verloop van de voorspanning nog nauwkeuriger worden bepaald.

6 Analyse

6.1 Koppeling tussen monitoringsdata en onderzoeksvragen

In dit hoofdstuk is een eerste analyse opgenomen van de onderzoeksvragen met betrekking tot de monitoringsdata. Daartoe zijn de onderzoeksvragen in concept beantwoord en mogelijke verbanden tussen verschillende parameters onderzocht.

6.2 Onderzoeksvraag 7 (Kwel)

Is er een risico op kwel, en daarmee op piping of heave langs het anker door het inbrengen van het anker met de voorloper/drijfstang en hoe groot is dit risico?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is de theoretische achtergrond uit het gecombineerde onderzoeksrapport van vraag 7 en vraag 11 geraadpleegd samen met de ervaringen uit de interactieproef van Purmerend.

'Na het plaatsen van het LDE-element wordt verwacht dat het resterende gat waardoor kwel op kan treden sterk zal zijn samengedrukt, waardoor de theoretische hoeveelheid kwel wordt gereduceerd tot hooguit enkele liters kwelwater per dag in extreme omstandigheden. Deze hoeveelheid is verwaarloosbaar klein.'

Uit de praktijk blijkt dat er geen melding is gemaakt of incidenten zijn opgetreden met betrekking tot een kweldebiet in Purmerend en ook niet in Watergraafsmeer. Dit komt overeen met de verwachting dat het kweldebiet verwaarloosbaar klein is.

6.2.1 Voorlopige conclusie

Er was in Watergraafsmeer geen significant risico op het ontstaan van kwel. In de monitoring in 2019 na de realisatie is geen melding van kwelwater gedaan door de beheerders of burgers. Wel is waarneembaar dat er voldoende stijghoogteverschil is om theoretisch kwel te laten ontstaan. Het monitoren op kwel is in 2020 tijdens de veldinspecties meegenomen. Tijdens de inspecties in 2020 is ook geen kwelwater waargenomen. Eind 2020 is er kans op kwelwater conform de metingen, echter dit is niet waargenomen tijdens de inspectie in november 2020. In het vervolg wordt er gekeken naar de grondwaterstanden tijdens de werkzaamheden met betrekking tot het online krijgen van de nodes die nu nog offline zijn. Dit is geborgd in het werkplan [13].

6.3 Onderzoeksvraag 8 (Invloed vervormingen)

Wat zijn de effecten van vervormingen door kruip en zettingen, veroorzaakt door kruinophogingen gedurende de levensduur, op de werking van de JLD-Dijkstabilisator?

De onderzoeksvraag is onderdeel van de postdictie van 2022 in Q2 (zie paragraaf 8.4). Op dat moment is naar verwachting de meetdata beschikbaar van alle Dijkstabilisatoren inclusief 1 maal naspannen. De dwarsprofielen tonen in de herhalingsmeting van 2020 dat de waterkering enkele centimeters is gezakt.

6.4 Onderzoeksvraag 9 (Beplanting)

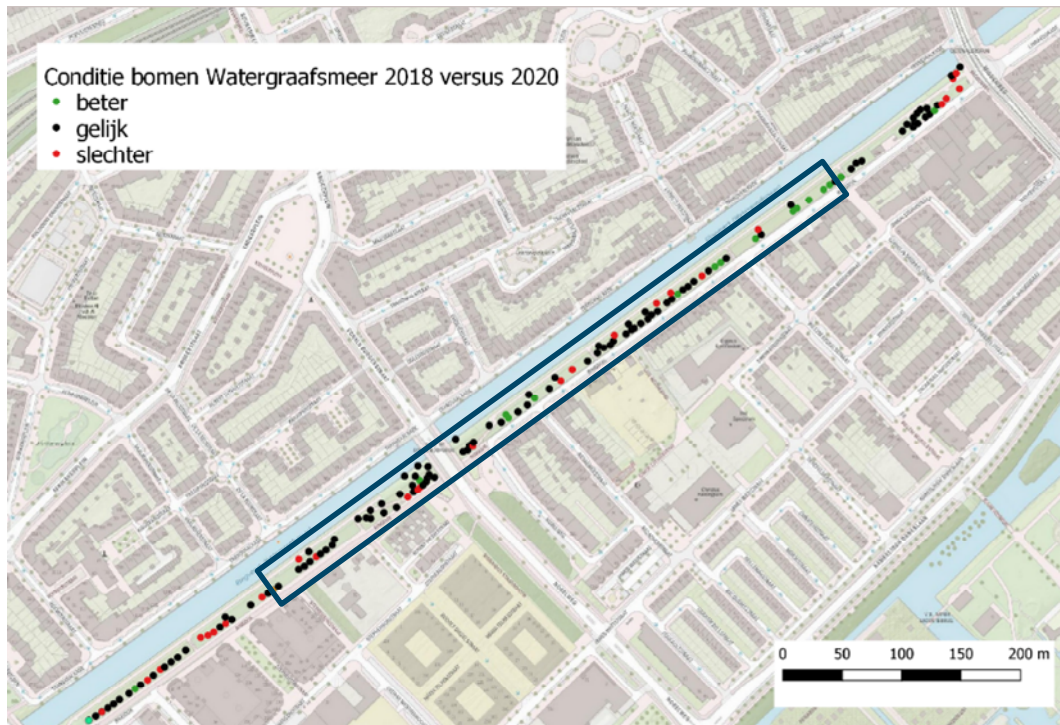
Er kan geconcludeerd worden dat er geen directe schade aan de boven- en ondergrondse delen van de bomen is ontstaan door de aanwezigheid van de JLD-Dijkstabilisator. De ontwerpmethode zoals beschreven in de eindrapportage van onderzoeksvraag 9 [14] heeft daarmee zijn doel gehaald. Het voorkomen van schade aan bomen is dus mogelijk door in het ontwerp onder andere een bepaalde afstand te houden tot de stam van de boom. Daarmee dient ten minste 80% van de wortelkluif behouden te worden. Tijdens de uitvoering mogen er daarnaast geen stabiliteitswortels van de boom verwijderd worden. De volledige lijst met ontwerperegels en aandachtspunten is opgenomen in de rapportage van onderzoeksvraag 9 [14].

De conditieontwikkeling laat zien dat de conditie van de bomen over het algemeen nauwelijks verschilt tussen de keuring voor aanvang van de werkzaamheden (2018) en de keuring na de werkzaamheden (2020). Als er in meer detail wordt gekeken naar de bomen op de versterkte dijk en de bomen in de controlegroep (naastgelegen dijktracé) is te zien dat er 26 bomen zijn waarvan de conditie achteruit is gegaan en 16 bomen waarvan de conditie vooruit is gegaan. Daarvan staat er 13 in de controlegroep en 13 op het versterkte tracé (zie Figuur 4-5 en Figuur 4-6)

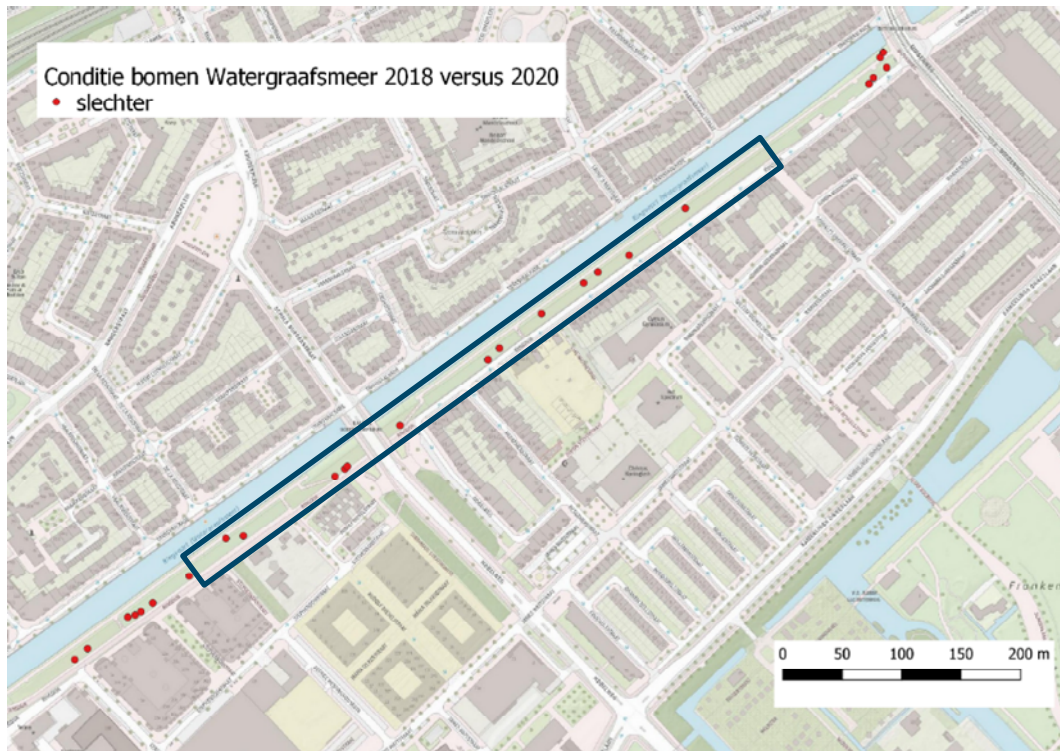
De achteruitgang is naar verwachting te wijden aan de droge zomer in 2018 en 2020. Doordat zowel de bomen op de onversterkte dijk als de versterkte dijk een soortgelijke ontwikkeling laten zien is er geen relatie tussen de verbetering/ verslechtering van de conditie van de bomen en het gebruik van de JLD-Dijkstabilisator.

Tabel 6-1: Overzicht conditieontwikkeling tussen de opname jaren 2018 en 2020

Conditieklasse	Conditie 2018	Conditie 2020
Goed	20 st	14 st
Redelijk	50 st	56 st
Matig	43 st	39 st
Slecht	9 st	12 st



Figuur 6-1 Overzicht conditievergelijking bomen 2020 versus 2018, met in blauw de locatie van de versterking. (in rood de bomen die in 2020 een slechtere conditie hebben dan in 2018).



Figuur 6-2 Overzicht conditievergelijking bomen 2020 versus 2018 (selectie bomen met een slechtere conditie in 2020), met in blauw de locatie van de versterking

6.5 Onderzoeksvraag 11 (Piping)

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?

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is de theoretische achtergrond uit het gecombineerde onderzoeksrapport van vraag 7 en vraag 11 geraadpleegd. Hieruit is het volgende geconcludeerd:

Uit de onderzoeksrapportage is gebleken dat in theorie piping kan optreden (langs of door het LDE) met de kopplaat als uittredepunt) als er een stijghoogte van NAP -0,1 m of hoger aanwezig is. Uit de peilbuisanalyse blijkt dat deze waarde niet bereikt wordt. Omdat niet alle peilbuizen realistische data genereren worden er nieuwe peilbuizen geplaatst. Nadat nieuwe meetdata verkregen wordt, zal de voorlopige conclusie getoetst worden. Tevens wordt in het vervolg gekeken naar de grondwaterstanden tijdens de werkzaamheden met betrekking tot het online krijgen van de nodes die nu nog offline zijn.

6.5.1 Voorlopige conclusie

Uit de monitoringsdata is gebleken dat de aanwezige stijghoogte in alle gevallen lager is ten opzichte van de stijghoogte waarbij piping theoretisch kan optreden. Uit de waarden is waarneembaar dat er in 2019 en 2020 dus geen piping heeft kunnen plaatsvinden vanwege de geringe waterspanningen.

6.6 Onderzoeksvraag 13 (Verloop voorspanning)

De JLD-Dijkstabilisatoren zijn nu circa 2 jaar operationeel. In de eerste 9 maanden is de eerste primaire zetting opgetreden. De primaire zetting bestaat uit 2 delen:

- Zetting door aanbrengen van voorbelasting op onbelast maaiveld.
- Zetting doordat er circa 1 à 2 cm ruimte zat tussen de kopplaat en het LDE element.

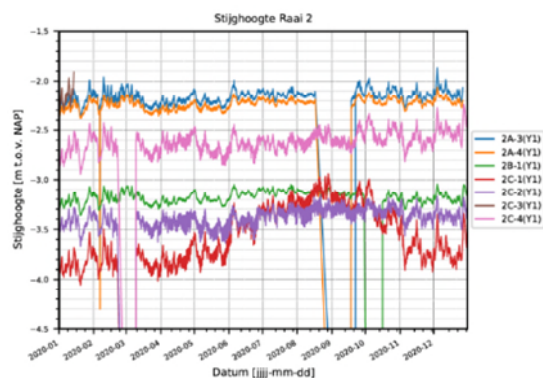
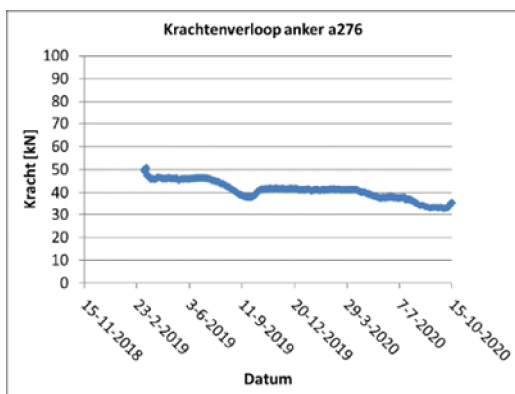
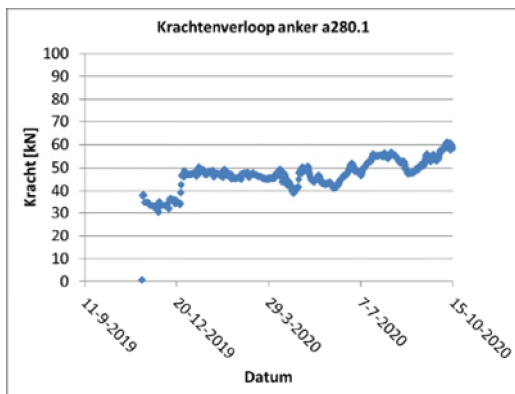
Het was de verwachting dat de initiële spanningsafname per stabilisator zeer verschillend kon zijn door toedoen van de lokale verschillen in de bodemopbouw. De resultaten van de eerste 2 jaar onderbouwen deze verwachting.

6.6.1 Voorspanning versus neerslag

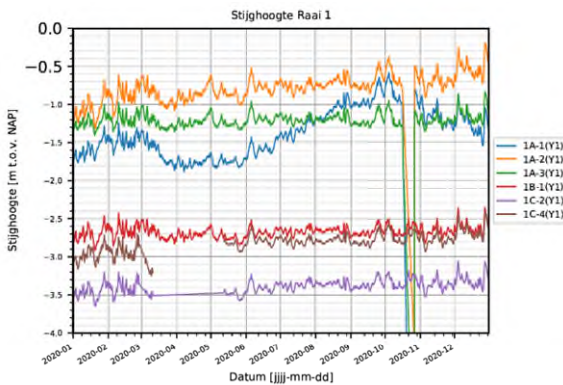
Er is een verband tussen neerslag en de waterspanningen in de waterkering. Bij langdurige neerslag nemen de waterspanningen toe en bij droogte nemen deze af. Dit effect wordt gekwantificeerd in de postdictie. Wel is er gekeken naar een verband tussen de voorspanning en de waterspanningen die gemonitord zijn.

Als de waterspanningen vergeleken worden met de voorspanning is het niet eenduidig om een relatie te leggen tussen de grafieken. Er zijn drie stabilisatoren vergeleken met de waterspanningen ter hoogte van raai 1, 2 en 3. Dit betreft stabilisator a472, a280.1 en a47.1. Het lijkt erop dat de voorspanning stijgt als de waterspanning stijgt, dit verband is terug te zien in anker a280.1 en de waterspanningsanalyse van raai 2. Hieronder is het krachtenverloop en de waterspanning ter hoogte van raai 2 gepresenteerd. Hierbij is de waterspanningsmeter vergeleken die het dichtst bij het maaiveld geplaatst is. (2C-1). Echter deze relatie is niet te vinden in raai 1 en 3. Tevens is een extra stabilisator onderzocht om te verifiëren of dit verband

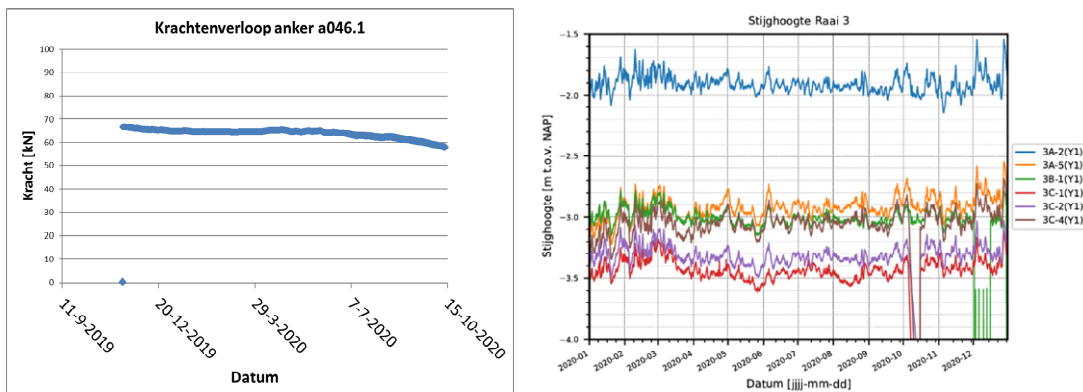
ook aanwezig is nabij raai 2, anker a276. Hierin is precies het tegenovergestelde verband te zien. Dit toont aan dat dit het gedrag per anker divers is. Wel kan voorzichtig geconcludeerd worden dat in droge periodes de voorspanning meer daalt dan in natte periodes (zichtbaar bij A472 en A276).



Figuur 6-3: Krachtenverloop bij ankers a280.1 en a276 en waterspanningsverloop ter hoogte van raai 2



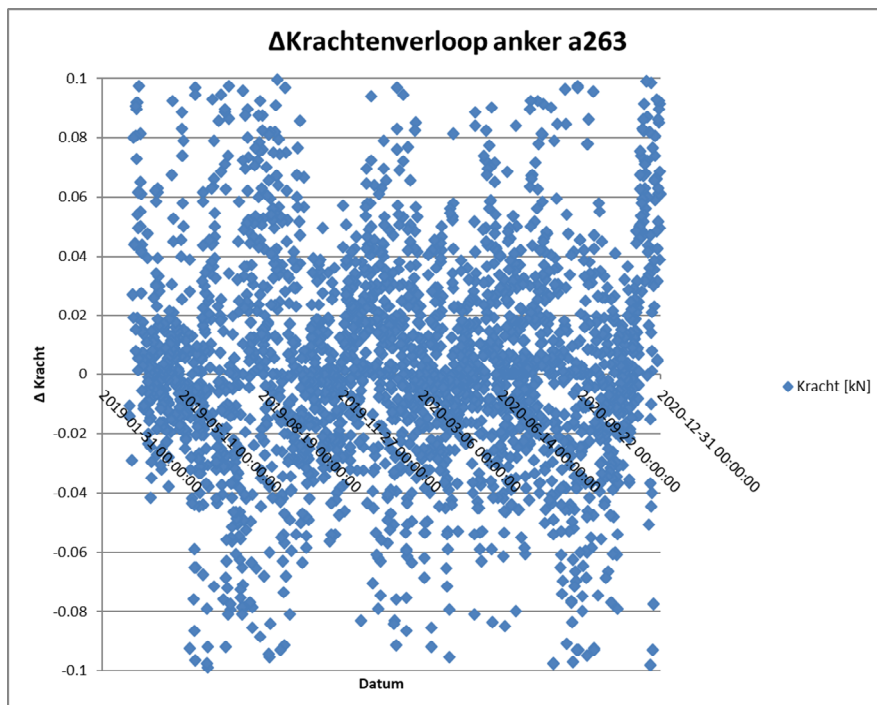
Figuur 6-4: Krachtenverloop bij anker a472 en waterspanningsverloop ter hoogte van raai 1



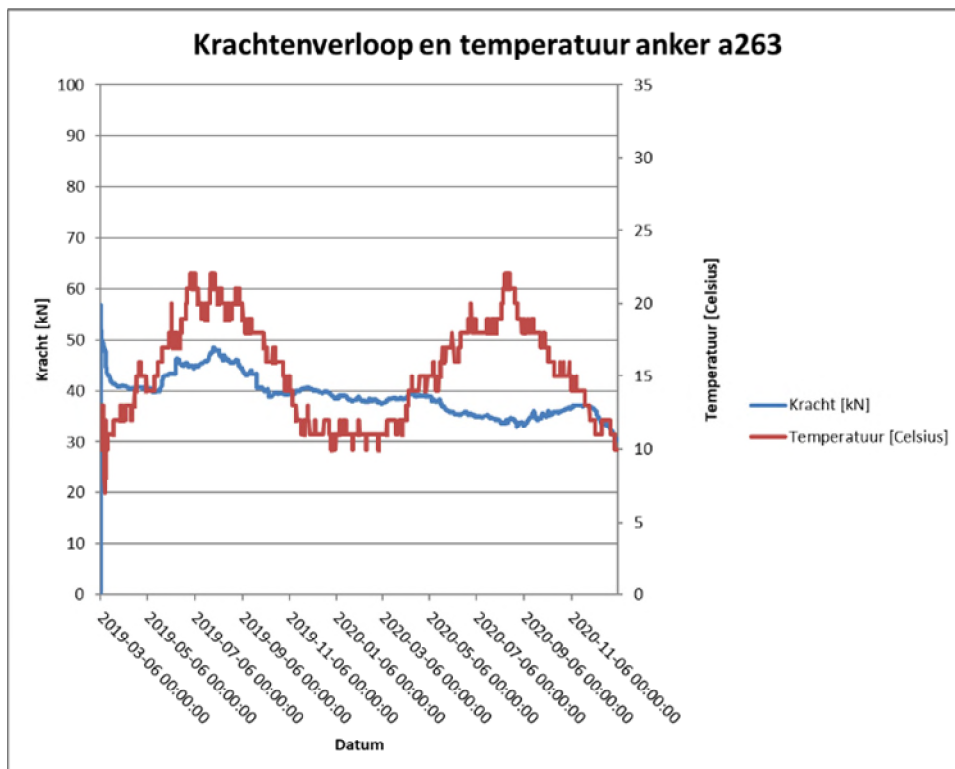
Figuur 6-5: Krachtenverloop bij anker a046.1 en waterspanningsverloop ter hoogte van raai 3

6.6.2 Voorspanning versus temperatuur

Er is onderzocht of er een correlatie aanwezig is tussen de temperatuur en de voorspanning. Deze lijkt niet aanwezig te zijn. Als voorbeeld is anker a263 uitgelicht. In Figuur 6-6 en Figuur 6-7 is de kracht en temperatuur uitgezet over de afgelopen periode. Er is geen direct verband te zien tussen de stijging of daling van de temperatuur vergeleken met de voorspanning, ook niet ten opzichte van de delta voorspanning (de toe of afname per meetmoment). Het is nog steeds mogelijk dat er een verband is, maar dat dit verband niet zichtbaar is doordat andere invloeden (bodemgesteldheid, neerslag, grondwaterstand) een significant groter effect hebben.



Figuur 6-6: Delta kracht versus datum



Figuur 6-7: Kracht en temperatuur versus datum

6.6.3 Voorlopige bevindingen

Op basis van de beschikbare gegevens is de volgende voorlopige conclusie opgesteld.

- Het overgrote deel (76%) van de stabilisatoren heeft nog een voorspanning binnen het vooraf opgegeven ondergrens (30kN) en de bovengrens (70kN).
- De afname is circa 15% à 17% ten opzichte van de initiële voorspanning.
- In de huidige analyse is de spanning op 1 januari 2020 vergeleken met de spanning op 31 januari 2020, hierin is een afname van 5 % voorspeld. Uit Figuur 4-24 volgt dat 17% een afname heeft rondom de voorspelde waarde (5% afname). 37% heeft een kleinere afname dan voorspeld.
- 62% heeft een grotere afname dan gemiddeld voorspeld. De verwachting is dat dit deels te wijten is aan de configuratie tijdens het aanbrengen. De predictie is opgesteld uitgaande van een directe aansluiting van de kopplaat op het LDE element. Tijdens de realisatie is steeds circa 2 tot 5 cm ruimte tussen de kopplaat en het LDE gebleven, door toedoen van de stijve grond. Daardoor heeft de kopplaat aan het begin minder weerstand tegen kruip, want er is nog geen funderende werking van het LDE. Dit resulteert in een versnelde terugloop van de voorspanning van circa 5 tot 15 kN (veerstijfheid van de trekstang van circa 0,5 tot 0,25 kN/mm).
- Er zijn geen stabilisatoren die een grotere afname hebben dan in de gevoeligheidsberekeningen is beschouwd. (1^e keer naspannen na 1 à 8 jaar).

In de postdictie wordt de data nader geanalyseerd om ook deze effecten te kwantificeren. De verwachting is dat de spanningsafname na de eerste keer naspannen significant kleiner is dan in het eerste jaar, door de funderende werking van het LDE element.

7 Financiële verantwoording

In bijlage 6 is de verantwoording van de uitgaven ten opzichte van de initiële begroting weergegeven. Daarbij is specifiek toegelicht welke werkzaamheden zoals begroot zijn uitgevoerd, welke werkzaamheden meer/minder geld hebben gekost en welke onvoorziene werkzaamheden zijn uitgevoerd. Daar waar relevant is de verwijzing opgenomen naar de betreffende paragraaf in dit rapport. Een uitgebreid overzicht is opgenomen in bijlage 6.

In 2020 zijn de meeste posten uitgevoerd zoals gepland. Één bijzondere bijkomende activiteit is de in oktober uitgevoerde inspectie naar 62 nodes. Een deel van de nodes verzond geen signaal meer sinds medio 2019. Om de oorzaak te achterhalen is eerst een faalpadanalyse opgesteld, vervolgens is een beslisnotitie gemaakt om te bepalen welke acties ondernomen moeten worden om a) de oorzaak te achterhalen en b) de nodes te herstellen. Dit heeft geresulteerd in inspectiewerkzaamheden in oktober 2020. Voor meer informatie zie paragraaf 4.7.6 en rapport [15]. De extra kosten ten behoeve van de herstelwerkzaamheden zijn afgestemd tussen het IPM team, de Technische commissie, de beheerderscommissie en de stuurgroep. Vervolgens is deze extra uitgave goedgekeurd door het HWBP.

8 Advies

Op basis van het monitoringsplan is vanaf het monitoringsjaar 2020 in dit hoofdstuk advies voorzien. Op basis van het uitgevoerde onderzoek wordt advies opgenomen ten behoeve van de monitoring van de er op volgende jaren.

8.1 Werkplan 2021

Op basis van de monitoring is het werkplan voor het komende jaar bijgesteld [16].

8.2 Algemeen advies aanvulling te ondernemen werkstappen

Op basis van het tot nu toe uitgevoerde onderzoek zijn de volgende acties opgemerkt:

- In jaarrapportage 2021 toetsen hypothese 'het hoogteverschil (stijging) van de waterkering is veroorzaakt door de herprofilering van het dijklichaam tijdens de realisatie in 2018/2019'.
- Voor de SAAF metingen worden de volgende acties geadviseerd:
 - Het advies is om de metingen periodiek door te zetten, waarbij voor deformatie op hoofdlijnen één maal per jaar voldoende is. Het advies is om dit in hetzelfde seizoen uit te voeren, bij voorkeur met een gelijke hoeveelheid neerslag.
 - Daarnaast is het advies om de lengte van de SAAF die in het LDE gaat in te meten. Dit maakt eventuele analyse eenvoudiger.
- Kwel: Het advies is om in 2021 specifiek te monitoren op kwel ten tijde van hoge grondwaterstanden en tijdens de werkzaamheden om de nodes (die offline zijn) weer online te krijgen. Op basis van de veldinspecties kan in de jaarrapportage van 2021 mogelijk een definitieve conclusie getrokken worden bij onderzoeksvraag 7.
- Waterspanningsmetingen: Er zijn wiggles aanwezig in de metingen van raai 2. Het patroon is niet verklaarbaar door regen of verdamping of een andere reden. Het kan zijn dat de waterspanningsmeters onbetrouwbaar zijn, echter misschien klopt de 'rode' lijn wel van de metingen buiten de wiggles. Het wordt geadviseerd om dit te blijven monitoren. Tevens wordt geadviseerd om een nieuwe waterspanningsmeter te plaatsen om te verifiëren of de wiggles nog steeds aanwezig zijn. Het lijkt erop dat het onwaarschijnlijk is dat de wiggles realistische waardes zijn, omdat het effect niet in alle waterspanningsmetingen terug te vinden is van raai 2.
- De voorspanning van een 42 stabilisatoren is lager dan de ondergrens. In het oorspronkelijke beheer en onderhoudsplan is beschreven dat er direct actie ondernomen moet worden wanneer enkele stabilisatoren onder de ondergrens zakken. Doormiddel van voortschrijdend inzicht is in de loop van 2020 vastgesteld dat dit niet doeltreffend is. Het is doeltreffender om de gemiddelde voorspanning over een traject van 1 glijvlak (30 m) te analyseren en op basis daarvan het beheer in te plannen. Deze analyse is toegevoegd aan het monitoringsplatform. Aan het eind van de monitoringsperiode moet dit eveneens opgenomen worden in de update van het beheer en monitoringsplan.
- Voor de proef in Purmerend zijn de volgende stappen benodigd om de proef te voltooien.
 - Vergelijking configuratie volledige JLD-Dijkstabilisator met een JLD-Dijkstabilisator zonder LDE in relatie tot het verloop van de voorspanning ten behoeve onderzoeksvraag 13;

- Controle predictie verloop voorspanning over tijd; door een postdictie uit te voeren kan voor toekomstige projectie het verloop van de voorspanning nog nauwkeuriger worden bepaald.

8.3 Nastel en herstel werkzaamheden

Naar aanleiding van de waarnemingen is het hoofddoel van de werkzaamheden tweeledig:

1. Online brengen van 353 nodes door deze handmatig te voorzien van de nieuwe software.
2. Naspannen van de stabilisatoren met een te lage voorspanning
 - a. 40 stabilisatoren met een voorspanning onder de grenswaarde (<30 kN)
 - b. 29 stabilisatoren met een voorspanning onder de signaalwaarde (tussen 30 kN en 35 kN)

Onderstaand staat beknopt de achtergrond beschreven.

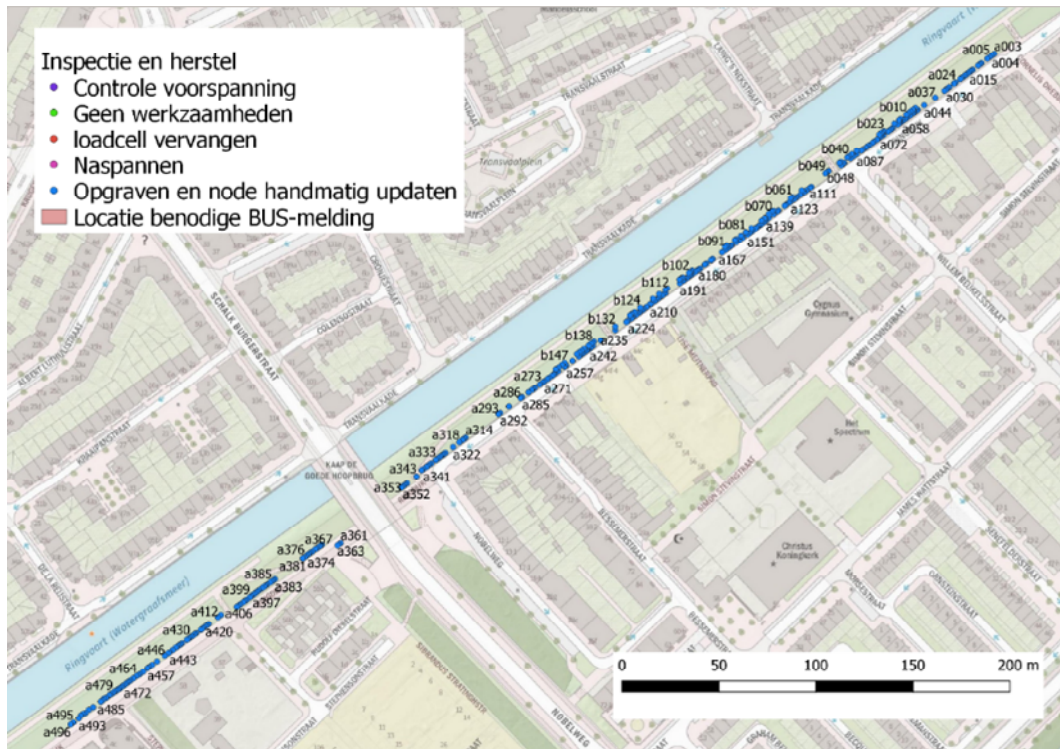
8.3.1 Online brengen van de nodes

Kennis van de voorspanning in de JLD-Dijkstabilisator is een belangrijk onderdeel 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 kan de voorspanning toe- of afnemen. Om meer inzicht in het verloop van de voorspanning te krijgen, zoals beschreven in het nastel- en monitoringsplan, is het nodig om elk jaar de voorspanning van alle stabilisatoren te analyseren.

Tijdens de realisatie is de monitoring van alle stabilisatoren getest, 21 maart 2019 verzond 87% van de stabilisatoren de gegevens. 10 april zond er na een storing in de IoT-service slechts 10% procent van de nodes een signaal. Vervolgens zijn diverse acties ondernomen om ervoor zorg te dragen dat het percentage communicerende nodes toe zou nemen. Tot medio 2020 heeft dit deels positieve resultaten opgeleverd, 40% van de sensoren verzendt zijn data 4 maal per dag (statusupdate april).

Om te bepalen wat er nodig is om alle stabilisatoren online te krijgen is in oktober en november van 2020 een inspectie uitgevoerd bij 62 stabilisatoren. Tijdens deze inspectie is ervoor gezorgd dat de geïnspecteerde nodes weer online zijn gekomen. Het probleempunt bleek een eerdere versie van de software op de nodes, waardoor deze na een storing niet meer zelfstandig online konden komen. De nieuwe versie van de software heeft een vangnet, waardoor dit probleem wordt ondervangen. De volledige beschrijving van dit onderzoek is opgenomen in [15]. Op het moment van schrijven zijn er nog 353 nodes die offline zijn (zie Figuur 8-1), en die nog niet zijn voorzien van de nieuwe versie van de software.

Tijdens deze inspectie zijn ook enkele andere aspecten van het systeem geoptimaliseerd, zo zijn enkele defecte loadcellen vervangen en zijn de stabilisatoren (waar relevant) nagespannen.



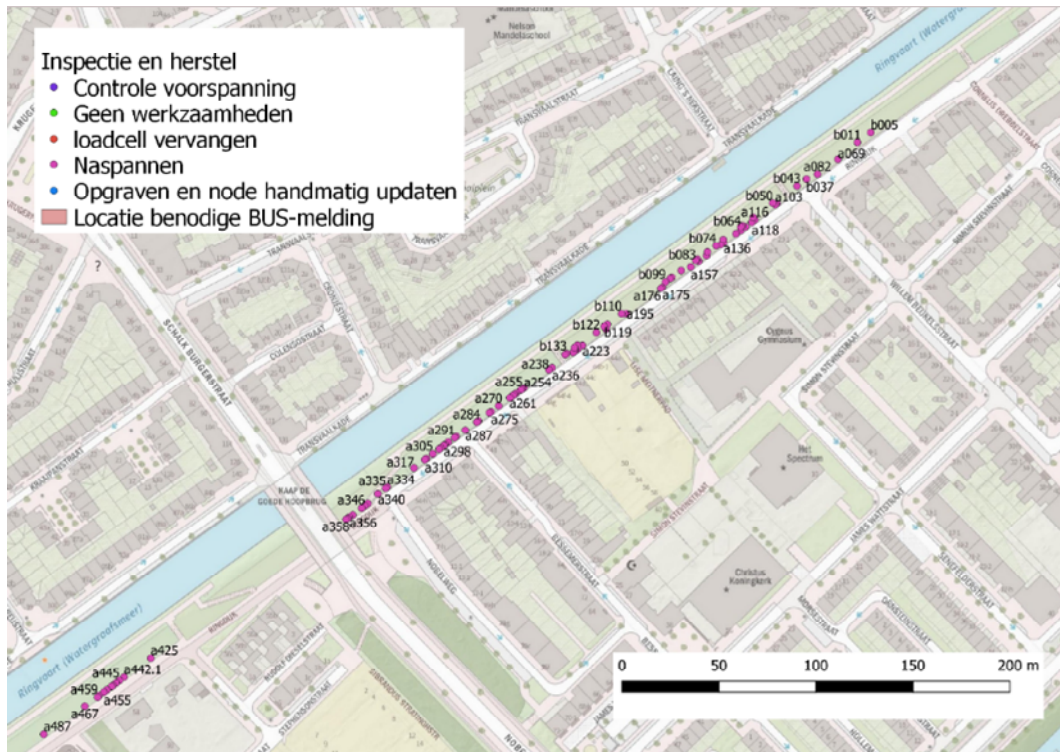
Figuur 8-1 Overzicht Stabilisatoren welke offline zijn, waarbij een handmatige update benodigd is.

8.3.2 Naspannen

De voorspanning in de JLD-Dijkstabilisatoren is belangrijk voor een goede werking van het systeem. De voorspanning zorgt er voor dat er altijd actief kracht wordt toegevoegd aan de dijk. Daardoor zorgt het systeem er voor dat er, ook zonder vervorming van de dijk, voldoende weerstand is tegen instabiliteit van het binnentalud.

Het systeem is gekalibreerd met een voorspanning van 30 kN – 70 kN. In de loop van de tijd verandert deze voorspanning. Er kan toename optreden door bijvoorbeeld zwel of toenemende belasting, en afname treedt op doordat de grond onderhevig is aan krimp, of zetting door de toegevoegde belasting. Wanneer de gemiddelde voorspanning binnen de lengte van 1 glijvlak (30 m) onder de 30 kN komt moet het systeem nagespannen worden. Bij het ontwerp [17] is een predictie opgesteld van het moment van naspannen. Hieruit volgt dat de eerste keer naspannen benodigd is na 1 tot 5 jaar.

Uit de monitoringsgegevens volgt dat er op dit moment 40 stabilisatoren zijn die een voorspanning hebben van minder dan 30 kN (onder de grenswaarde). Conform het beheerplan dienen deze stabilisatoren nu nagespannen te worden. Daarnaast zijn er 29 stabilisatoren waarvan de voorspanning lager is dan de signaalwaarde van 35 kN (en hoger dan de ondergrens van 30 kN). Conform het beheerplan dienen deze stabilisatoren ook nagespannen te worden.



Figuur 8-2 Overzicht stabilisatoren welke nagespannen moeten worden

8.3.3 Meekoppelkansen

Om de 2 hoofddoelen te bereiken dienen er werkzaamheden uitgevoerd te worden aan de Ringdijk te Watergraafsmeer. Deze werkzaamheden brengen een aantal meekoppelkansen met zich mee, waardoor werk in de toekomst wordt bespaard, óf meer en sneller inzicht wordt verkregen in de openstaande onderzoeksvragen.

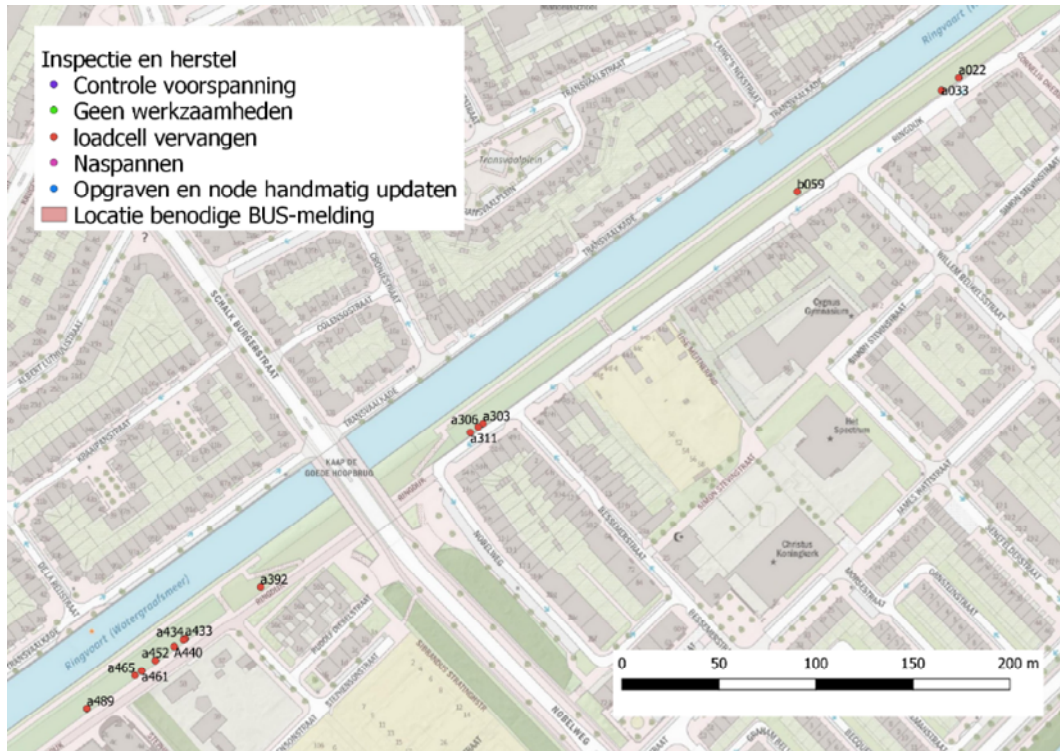
8.3.3.1 Preventief naspannen

Er zijn 27 stabilisatoren waarvan de voorspanning zich tussen de 35 kN en de 40 kN bevindt. Dit betekent dat de kans aanwezig is dat de voorspanning in deze stabilisatoren mogelijk binnen enkele maanden tot een jaar zakt tot onder de signaalwaarde. Om te voorkomen dat er binnen 1 jaar wederom naspanwerkzaamheden benodigd zijn, wordt het naspannen van deze 27 stabilisatoren als een meekoppelkans gezien.

8.3.3.2 Vervangen loadcel

Er zijn 14 stabilisatoren welke een voorspanning vertonen die onrealistisch is (lager dan 0 kN of hoger dan 100 kN). Tijdens de inspectie van 2020 [15] is gebleken dat dit kan komen door óf een defecte loadcell óf een defect in de bekabeling van de verbinding tussen de loadcell en de node. Binnen het nastel en monitoringsplan is voorzien dat dit defect incidenteel kan optreden. Omdat er nu buiten inspectiewerkzaamheden worden uitgevoerd, worden deze 14 stabilisatoren ook opgezocht en wordt het vervangen van deze loadcellen als een meekoppelkans gezien. Op basis van de ervaring van de inspectiewerkzaamheden uit 2020 is de verwachting dat bij de groep

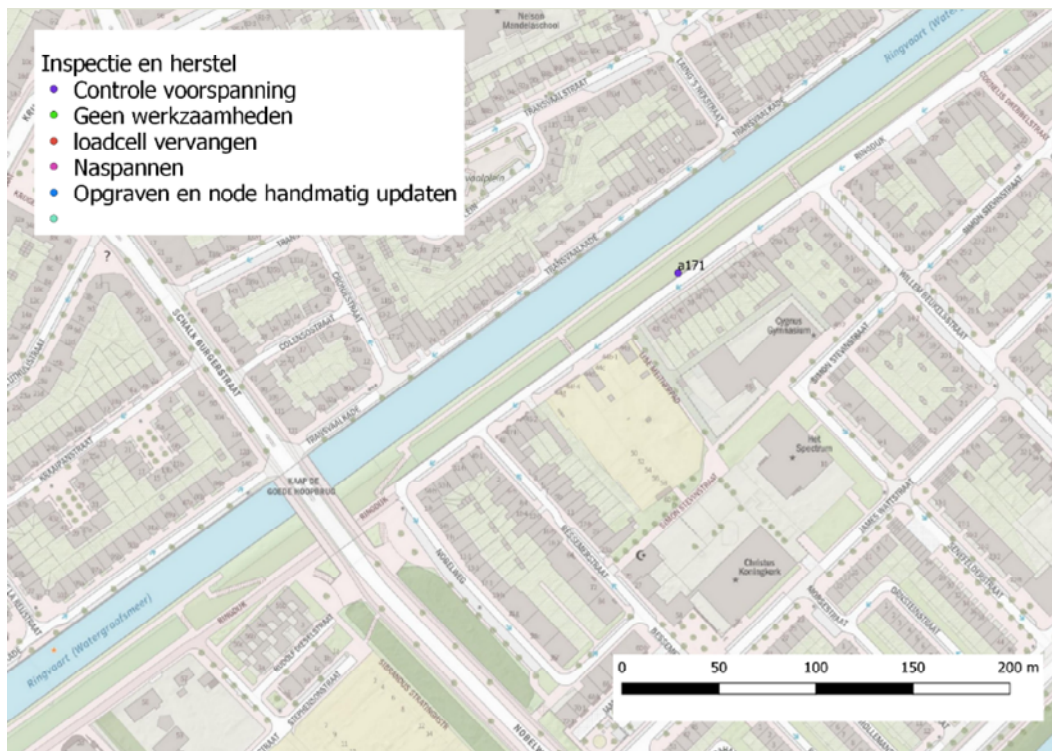
‘offline’ stabilisatoren er bij 18 stuks de loadcell wordt vervangen. Deze beheeractie zorgt voor een meer complete dataset ten behoeve van de postdictie.



Figuur 8-3 Overzicht locaties vervangen loadcell

8.3.3.3 Controleren voorspanning

Er is 1 JLD-Dijkstabilisator met een hoge voorspanning (94 kN). De werkzaamheden bieden een kans om te controleren of de voorspanning daadwerkelijk hoog is, of dat er een defect is in de loadcell.



Figuur 8-4 Overzicht locatie controle voorspanning

8.3.3.4 Inspectie kwel

De inspectiewerkzaamheden bieden een kans om te inspecteren op kwel. In de voorlopige beantwoording van onderzoeksvraag 7 en 11 is geconstateerd dat kwel vanuit de diepe zandlaag door het LDE onwaarschijnlijk is⁵. Daarnaast is geconcludeerd dat het op voorhand theoretisch niet uit te sluiten is.

8.3.3.5 Onderzoek verloop voorspanning zonder naspannen

In aanvulling op de onderzoeksresultaten in Purmerend is het wenselijk om ook in Watergraafsmeer meetgegevens te verzamelen van het verloop van de voorspanning zonder de stabilisatoren na te spannen. Bij de selectie van de stabilisatoren waarop werkzaamheden worden uitgevoerd is er rekening gehouden met het 'onaangetast' laten van een klein deel van het traject ten behoeve van dit onderzoeksdoel. De stabilisatoren A002 tot en met A032 worden niet nagespannen, wel worden een aantal van deze stabilisatoren open gegraven om de node te vervangen.

⁵ Tijdens de inspectiewerkzaamheden is in sommige potten een klein beetje water aangetroffen. De verwachting is dat water de pot in is gekomen door toedoen van de overspanning die op de ondergrond is aangebracht.

8.4 Postdictie

De voorliggende paragraaf geeft antwoord op de vraag ‘wanneer kan de postdictie van de voorspanning het best worden uitgevoerd?’. Uit onderstaande afweging volgt dat er in het begin van 2022 voldoende data beschikbaar is voor een gedegen postdictie. Het advies is om in kwartaal twee van 2022 de postdictie uit te voeren.

Doel postdictie

Om te bepalen op welk moment de postdictie de grootste toegevoegde waarde heeft, is hieronder de doelstelling van de postdictie opgenomen.

- Beantwoorden onderzoeksvraag 13: het verloop van de voorspanning
 - Aanscherpen predictie verloop voorspanning in PLAXIS;
 - Passend rekenmodel met bijhorende parameters;
 - Zettingssnelheid ten gevolge van voorspanning;
 - Gevoeligheid van berekeningen voor verschillende zettingsmodellen;
 - Impact seizoenseffecten.
 - IJken zakkingsgedrag a.d.h.v. gemeten vervorming
 - Effect van naspannen op het verloop van de nagespannen stabilisator.
 - Effect van naspannen op het verloop van de aangrenzende (niet nagespannen) stabilisatoren.
- Van geaccepteerde techniek naar bewezen techniek
 - Het uitvoeren van de postdictie is een onderdeel om de werking van de techniek te bewijzen.
 - Het uitvoeren van de postdictie is eveneens een moment om publiciteit te geven aan de JLD-Dijkstabilisator.

Afweging moment postdictie

De postdictie vindt plaats op een moment gedurende de monitoringsperiode van 5 jaar (2019-2024). In onderstaande tabel is opgenomen of de benodigde informatie voor de postdictie beschikbaar is, en zo ja hoe veel data er beschikbaar is.

Onderdeel	Q1 2019	Q1 2020	Q1 2021	Q1 2022	Q1 2023	Q1 2024
Verloop voorspanning zonder naspannen	Geen meetdata	1 jaar meetdata	2 jaar meetdata	3 jaar meetdata	4 jaar meetdata	5 jaar meetdata
Verloop voorspanning met naspannen	Geen meetdata	Geen meetdata	2 maanden meetdata van een tiental stabilisatoren	1 jaar meetdata van (naar inschatting) 50 - 100 stabilisatoren	2 jaar meetdata van (naar inschatting) 100 - 150 stabilisatoren	3 jaar meetdata van (naar inschatting) 150 stabilisatoren
Vervormingsmeting maaiveld en kopplaten	0 meting	1 jaar meetdata	2 jaar meetdata	3 jaar meetdata	4 jaar meetdata	5 jaar meetdata
Neerslag	Geen meetdata	1 jaar meetdata	2 jaar meetdata	3 jaar meetdata	4 jaar meetdata	5 jaar meetdata
seizoenseffecten	Geen meetdata	1 nat najaar en 1 droge zomer	1 nat najaar en 2 droge zomers	1 nat najaar en 2 droge zomers + nader in te vullen aantal	1 nat najaar en 2 droge zomers + nader in te vullen aantal +	1 nat najaar en 2 droge zomers + nader in te vullen aantal

Uit voorgaande tabel volgt dat er in het begin van 2022 op elk onderdeel voldoende meetdata beschikbaar is om de postdictie uit te voeren. Het advies is om in kwartaal 1 van 2022 eerst de jaarlijkse monitoringsrapportage op te stellen en dan in kwartaal 2 aan te vangen met de postdictie.

Vorbereiding voor Postdictie

Om de postdictie goed uit te voeren zijn er in kwartaal 2 van 2021 al wel voorbereidingen nodig, onder andere:

- Verzamelen waterstanden oppervlaktewater
- Inhoudsopgave postdictie maken
- bepalen welke analyses wel/niet worden uitgevoerd:
 - locatie van maatgevend profiel
 - slechtste 5%
 - gemiddelde afname
 - afwijkende stabilisatoren
 - Etc.
- Afstemmen configuratie postdictie met TC

9 Bibliografie

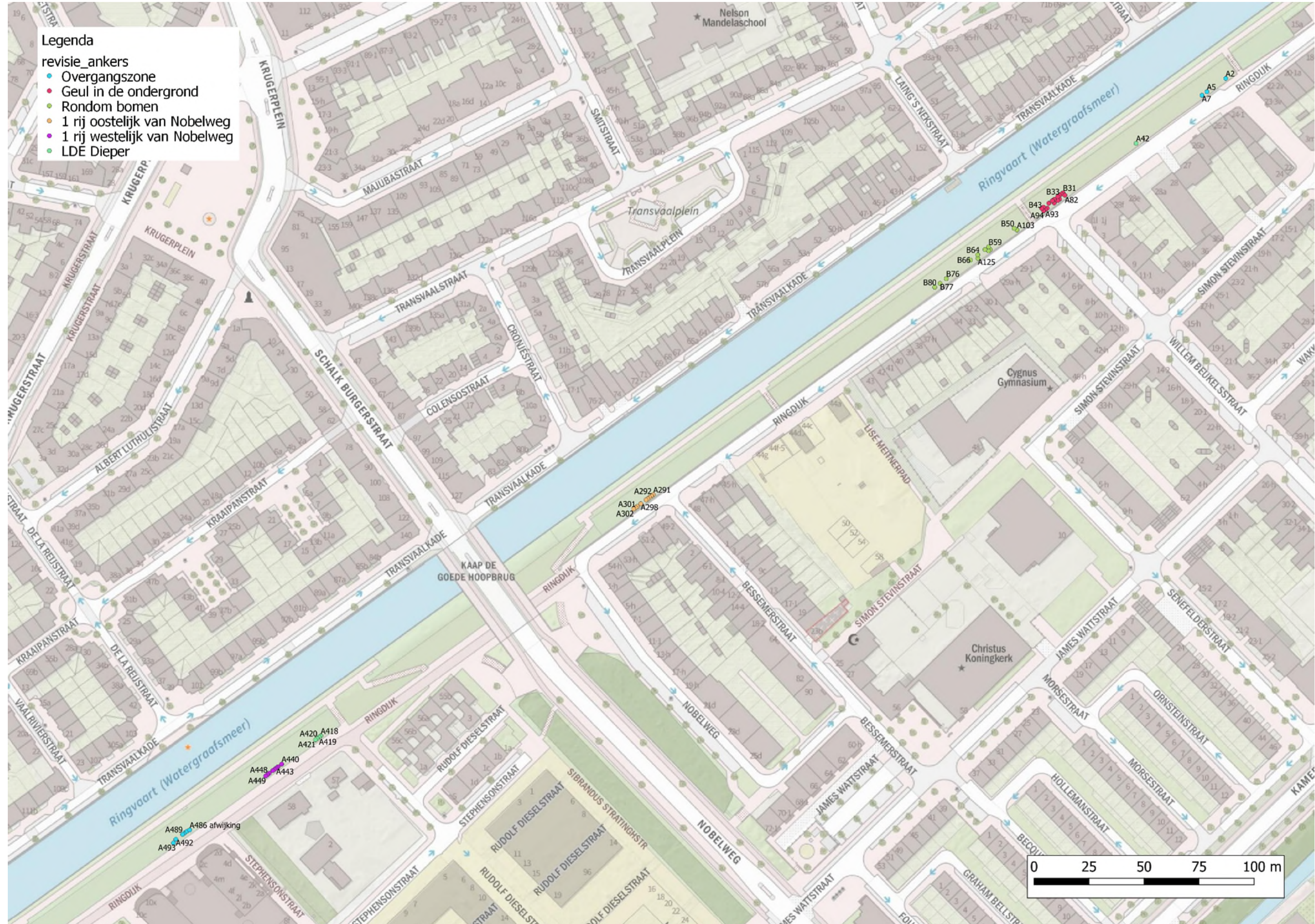
- [1] ENW, *Vernagelingstechnieken in Waterkeringen - Geaccepteerd*, 2019, juli, 26.
- [2] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - monitoring en nastel plan beheerfase pilot Watergraafsmeer en Purmerend,” Capelle a/d IJssel, 24-09-2019.
- [3] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Werkplan 2021 nastel- en monitoringsfase pilot Watergraafsmeer,” 2020.
- [4] Antea Group, „Feitenrapportage 2020 Q1 - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer en Purmerend,” 06-2020.
- [5] Antea Group, „Feitenrapportage 2020 Q2 - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer en Purmerend,” 09-2020.
- [6] Antea Group, „Feitenrapportage 2020 Q3 - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer en Purmerend,” 10-2020.
- [7] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Werkplan 2020 nastel- en monitoringsfase,” 11-2019.
- [8] Antea Group, „Beheer- en onderhoudsplan JLD-Dijkstabilisator Ringdijk Watergraafsmeer revisie 05,” 27-5-2019.
- [9] Antea Group, „Interactieproef Purmerend 2018-2020 JLD-Dijkstabilisator - overzicht data voor nadere analyse,” 02-12-2020.
- [10] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvragen 7 en 11: Piping en kwel,” 03-2019.
- [11] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer, onderzoeksvraag 15: evaluatie trillingen,” maart 2019.
- [12] Antea Group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvraag 16 - Grondverdringing tijden het inbrengen,” 03-2019.
- [13] Antea Group, „Inspectie en herstel - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - concept,” 01-2021.
- [14] Antea Group, *pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Onderzoeksvraag 9 - beplanting*, 2019.
- [15] Antea group, „Inspectie 62 nodes - JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer,” 2021.
- [16] Antea group, „Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer - Werkplan 2021 nastel- en monitoringsfase pilot - rev01,” 11-2020.
- [17] Antea Group, „JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer, As-built ontwerp,” 2019.

Bijlage 1: Veldinspectie Watergraafsmeer

Bijlage 2: Dwarsprofielen Watergraafsmeer

**Bijlage 3: Inventarisatie bomen (VTA)
Watergraafsmeer**

Bijlage 4: Locatie analyse voorspanning



Bijlage 5 Spanningsverloop

Separaat opgeleverd

Bijlage 6 Financiële overzicht 2019 en 2020

Bijlage 7 Wrapup Purmerend

Bijlage 8 SAAF meting

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1500 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al bijna 70 jaar.

Contactgegevens

Monitorweg 29
1322 BK ALMERE
Postbus 10044
1301 AA ALMERE

E. Timon.bruiggema@anteagroup.nl

www.anteagroup.nl

Copyright © 2020

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.