

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water

Aan: Walter Tromp
Van: Ben van der Wal
Datum: 3 december 2020
Kopie: Dave Groot
Ons kenmerk: BC2777-107_RP001_F1.0
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: Geohydrologische analyse Dijkverbetering Dorpskern Ouderkerk a/d Amstel

1 Inleiding

1.1 Opdracht

Waternet heeft Royal HaskoningDHV (RHDHV) verzocht te onderzoeken wat de gevolgen zijn van de voorgenomen Dijkverbetering Dorpskern Ouderkerk op het grondwater. In deze fase wordt geanalyseerd hoe de situatie is en wat er aan effecten te verwachten is ten gevolge van de dijkverbetering. Belangrijk is tevens om te bepalen of er aanvullend onderzoek nodig is. Ook wordt er een controle gedaan naar het effect van de sleuven op de sterkte en stabiliteit (en vervormingen) van de ontworpen grondkerende constructie.

1.2 Dijkverbetering Dorpskern Ouderkerk

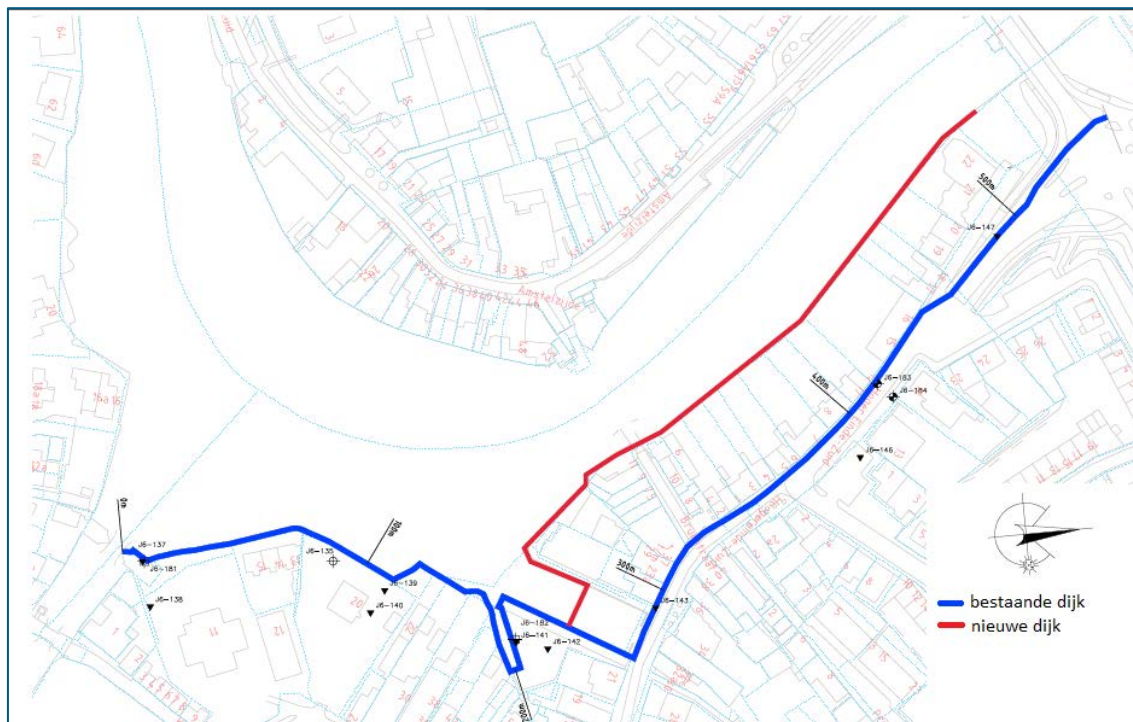
In de dorpskern Ouderkerk ligt een dijk die is afgekeurd, zie figuur 1. De waterkerende functie wordt waar deze door het dorp loopt verplaatst naar de oever van de Amstel. De huidige beschoeiing langs de Amstel is divers, in sommige gevallen is deze van verankering voorzien en niet waterdicht. De huidige oeverbescherming bestaat uit houten beschoeiingen, houten damwanden en betonnen keerwanden.

De huidige beschoeiing wordt in het kader van de dijkverbetering vervangen door een stalen damwand die wordt gefundeerd op het zandpakket, circa NAP -12,0 meter. De damwandconstructie bestaat uit losse stalen planken die in elkaar vast worden getrild. De constructie wordt gestaffeld aangebracht. Dit betekent dat er afwisselend lange en korte planken in de grond worden gebracht. De lange planken reiken tot de stevige zandlaag, zodat de damwand niet verder kan zakken. Daartussen worden korte planken aangebracht.

De damwand zal hoger zijn dan de huidige kade. De hoogte van de waterkering wordt NAP +0,10 meter. De damwandconstructie wordt vrijstaand aangelegd. Ter plaatse van de nieuwe damwand wordt de bestaande oeverbescherming vervangen.

1.3 Leeswijzer

Achtereenvolgens wordt een beschrijving gegeven van de bodemopbouw, het oppervlaktewatersysteem en de grondwaterstroming. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de effecten die te verwachten zijn ten gevolge van het plaatsen van de damwand. In hoofdstuk 4 worden de benodigde mitigerende maatregelen besproken. De conclusies zijn samengevat in hoofdstuk 5.



Figuur 1. Dijk en waterkering Ouderkerk a/d Amstel.

2 Beschrijving huidige situatie

2.1 Bodemopbouw

Er zijn verschillende boringen en sonderingen te vinden in het Dinoloket in de zone langs de Amstel. In bijlage 1 zijn de locaties ervan terug te vinden. Tevens zijn er een drietal sonderingen beschikbaar die uitgevoerd zijn in het kader van het waterbodemonderzoek (Multiconsult, 2015).

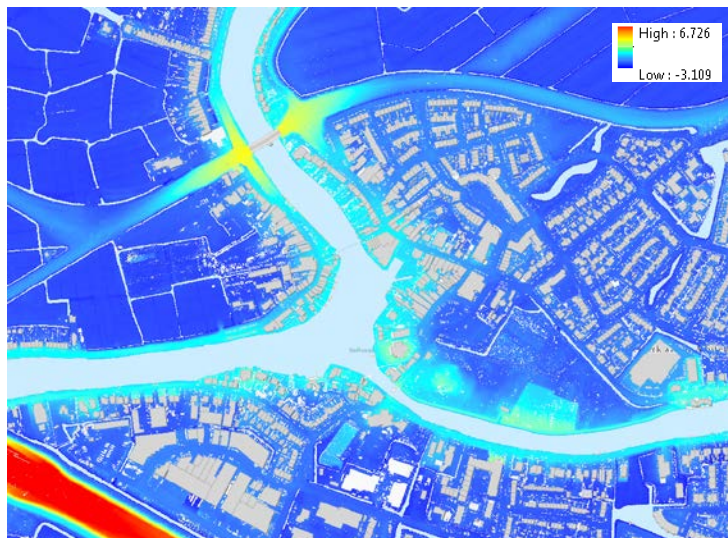
Geotop is een lagenmodel van de ondergrond gebaseerd op de boringen en sonderingen (bron: Dinoloket). Een doorsnede langs de Amstel van het lagenmodel is opgenomen in bijlage 1. Op een diepte van circa NAP -12 meter beginnen de pleistocene zanden van de Formatie van Boxtel en daaronder de gestuwde afzettingen. De deklaag bestaat van onderaf gezien uit een laag basisveen van wisselende dikte, een laag kleiige mariene afzettingen van de Formatie van Naaldwijk (laagpakketten van Wormer, NAWO), een laag Hollandveen en tenslotte kleiige en ook zandige fluviatiele afzettingen van de Formatie van Naaldwijk (laagpakketten van Walcheren, NIWA). Het basisveen heeft van de lagen de hoogste hydraulische weerstand, maar komt niet in alle boringen voor. De afzettingen in NIWA, boven het hollandveen, worden overwegend als kleilagen beschreven. In boring B25G2768 langs de Hoger Einde-Zuid wordt deze laag wel als zandlaag beschreven.

De sonderingen laten een beeld zien dat goed aansluit bij hetgeen in het lagenmodel is terug te vinden.

2.2 Oppervlaktewatersysteem

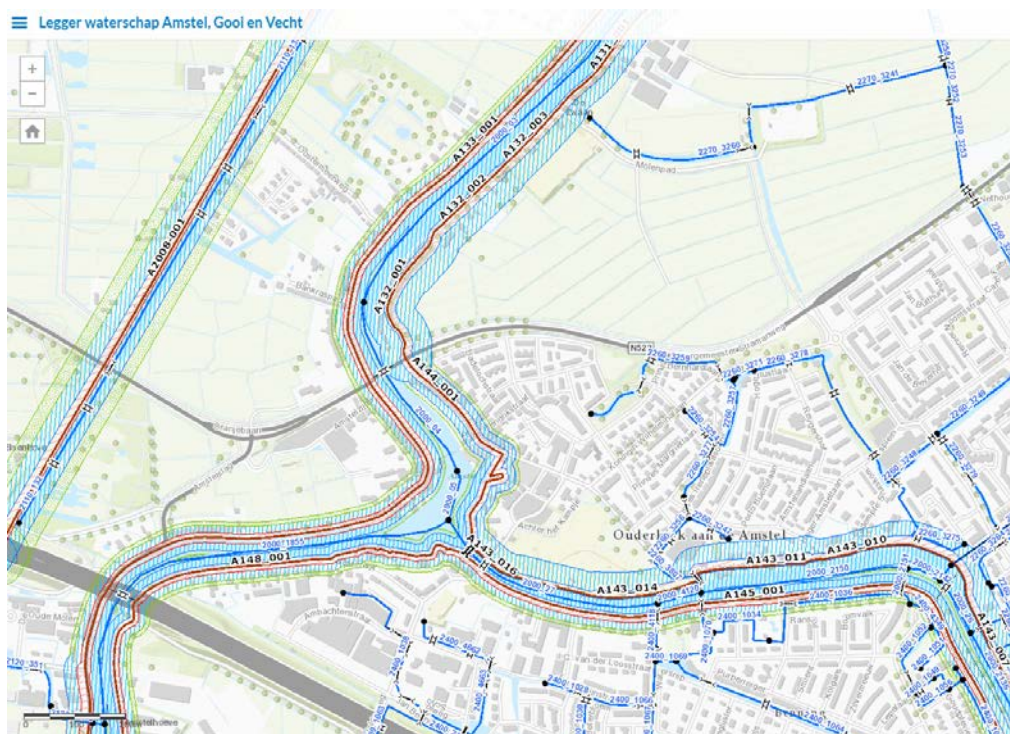
De Amstel is een bedijkte boezem met een hoger waterpeil dan het peil in de omgeving. Het maaiveld (AHN3) is weergegeven in figuur 2. Enkele delen van Ouderkerk, zoals rond de kerk, in een zone langs

de Amstel zijn hoger gelegen. Hier is het maaiveld tot maximaal circa NAP +1 meter. Afwatering in de dorpskern vindt plaats naar het oosten richting de leggerwaterlopen.



Figuur 2. Maaiveld

Het Maatgevend Boezem Peil (MBP) is vastgesteld op NAP +0,00 m. Het streefpeil (beheerpeil) in de boezem, waar de Amstel onderdeel van is, is NAP -0,40 m. De waterlopen in Ouderkerk a/d Amstel kennen een peil van NAP -2,25 meter.



Figuur 3 Oppervlaktewatersysteem (bron: legger waterschap)

Verder naar het zuiden en ook naar het noorden is het peil lager, tot NAP -2.80 meter. Verder naar het westen en oosten, buiten het gebied weergegeven in figuur 3, in de Bullewijk en in de wijken rond Amstelveen komen veel lagere oppervlaktewaterpeilen voor, van circa NAP -5 meter.

2.3 Grondwatersysteem

De grondwaterstroming valt af te leiden uit de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten. De gemeten stijghoogte in de omgeving is erg laag, circa NAP -4 meter, zie bijlage 2, peilbuis B25G0992. Ook wat noordelijker bij de Amstel wordt een dergelijke stijghoogte gevonden.

De in 2019 gemeten grondwaterstanden rond de Amstel variëren van circa NAP -0,1 meter tot NAP -1,6 meter. Dit betekent dat er een neerwaartse grondwaterstroming is in de deklaag naar het watervoerend pakket.

Uit de meetraaien blijkt dat de grondwaterstand vlak langs de Amstel hoger is dan op enige afstand van de Amstel. Dit geldt niet voor de meest zuidelijke raai. Hier zakt de grondwaterstand vlak achter de kade (J07271) juist wat verder dan bij het meetpunt wat verder van de Amstel (J07272). Het jaar dat er gemeten is (2019), is vrij droog geweest. In nattere perioden in 2019 komt de grondwaterstand boven het peil van de Amstel.

2.4 Analyse

De deklaag kent in de omgeving van de Amstel een hoge weerstand tegen verticale stroming van het grondwater. Het verschil tussen de grondwaterstand en de stijghoogte is groot. Deze varieert tussen 2,4 en 3,9 meter met als gevolg dat er een verticale neerwaartse stroming is in de deklaag.

De horizontale doorlatendheid in de deklaag met klei- en veenlagen is over het algemeen laag. De ondiepe kleiafzettingen zijn wel wat zandiger en daarmee wat meer doorlatend. Ook het ondiepe veen zal horizontaal het water gemakkelijker doorlaten. Als er uitwisseling van water is tussen de Amstel en het grondwater zal deze voornamelijk in de ondiepere lagen plaatsvinden boven het bodemniveau van de Amstel. Eventuele stroming via diepere lagen in de deklaag ondervindt veel verticale hydraulische weerstand maar ook de horizontale doorlatendheid is lager.

De grondwaterstand langs de Amstel is hoger dan op enige afstand van de Amstel, waar het maaiveld lager is en het grondwater afgevoerd wordt via de sloten. De hoge grondwaterstand langs de Amstel wordt veroorzaakt door de neerslag (minus de verdamping) en door infiltratie vanuit de Amstel. Voor het verdere onderzoek is het van belang te weten wat het aandeel van de Amstel is bij de totstandkoming van de hoge grondwaterstanden.

De rol van de Amstel blijkt het beste in de zomer. Als er geen infiltratie uit de Amstel zou plaatsvinden zou de grondwaterstand onder invloed van de verdamping van grondwater ver uitzakken. In de drie noordelijke meetraaien (bijlage 2) is goed zichtbaar dat de grondwaterstand in de meetpunten iets verder van de Amstel verder uitzakken dan de grondwaterstand dicht langs de Amstel. In meetpunt J06269 zakt de grondwaterstand zelfs niet verder dan NAP -0,45 meter. Voldoende aanwijzingen dat de grondwaterstand dicht langs de Amstel goed op peil gehouden wordt door infiltratie vanuit de Amstel.

Hoe ver de invloed van de Amstel rijkt hangt af van de doorlatendheid van de deklaag. In peilbuis J06266 zakt de grondwaterstand duidelijk verder dan in de peilbuizen J06264 en J06268. De doorlatendheid is hier mogelijk lager.

In het zuidelijk deel van het dijktraject zakt de grondwaterstand bij de kade (J06271) juist iets verder uit dan in het meetpunt op enige afstand (J06272). In deze zone is de bestaande kade of beschoeiing waarschijnlijk minder goed doorlatend en beperkt de uitwisseling met de Amstel.

De conclusie is dat infiltratie vanuit de Amstel een duidelijke rol speelt bij de hoge grondwaterstanden achter de bestaande beschoeiing. Waar de grondwaterstand dicht langs de Amstel wat lager is dan het peil van de Amstel belemmert de nu aanwezige beschoeiing mogelijk de uitwisseling met de Amstel al in de huidige situatie. Waar geen beschoeiing aanwezig is zal de uitwisseling het beste plaatsvinden.

In de nattere perioden in 2019 komt de grondwaterstand boven het peil van de Amstel. Het is aannemelijk dat als de Amstel het grondwater in droge perioden op peil houdt dat deze in de natte perioden het grondwater draineert.

In een zone langs de Amstel zal het maaiveld van de tuinen aflopen richting de Amstel. Ten tijde van hevige neerslag wordt mogelijk neerslagwater over maaiveld afgevoerd richting de Amstel.

Nader onderzoek

Er is een modelonderzoek uitgevoerd om de huidige situatie en de situatie met damwand te kunnen berekenen (bijlage 4). Er zijn veel aannamen nodig in een modelberekening ten aanzien van de doorlatendheid (ook van de beschoeiing) en de dikte van de verschillende bodemlagen, wat het inschatten van de effecten onzeker maakt. De omstandigheden variëren immers langs het traject en zijn maar in enkele punten bekend uit boringen en sonderingen. Voor sommige aspecten is een worst-case benadering gewenst. Zo wordt ervan uitgegaan dat de beschoeiing in de huidige situatie de uitwisseling van water met de Amstel niet belemmert. Wat betreft de parameterkeuze van de doorlatendheid van de deklaag is een vergelijking gemaakt tussen gemeten en berekende grondwaterstanden. Met de gekozen waarden voor de doorlatendheid van zand veen en klei wordt een beeld verkregen dat in grote lijnen vergelijkbaar is met het beeld uit de metingen. Ondanks de grote variatie in de ondergrond blijkt in alle boorlocaties een aantal kenmerken gelijk. De onderste helft van de deklaag bestaat voornamelijk uit klei en veen en is weinig doorlatend. Het bovenste deel bevat ook klei maar er zijn meer zandige laagjes aanwezig die het water gemakkelijker doorlaten. Doordat deze kenmerken steeds terugkomen is vooralsnog geen aanleiding voor nader onderzoek.

3 Effecten damwand

Op peil houden grondwater

Uit de grondwaterstandsmetingen valt af te leiden dat het grondwater op peil wordt gehouden door de Amstel. Alleen bij de zuidelijke raai gebeurt dit in mindere mate. In droge perioden infiltreert de Amstel. In natte perioden zal de Amstel het grondwater draineren.

De te plaatsen damwand wordt gestaffeld aangebracht met lange planken tot op het zand en korte planken ertussen (lange plank 12 meter, korte plank 5 meter, staffeling 1:2 (2:4)). Het plaatsen van de damwand zorgt ervoor dat de uitwisseling van water van de Amstel met het grondwater achter de damwand beperkt wordt en dat het grondwater niet goed meer op peil wordt gehouden door de Amstel. De staffeling zal dit slechts ten dele voorkomen omdat de uitwisseling voornamelijk bovenin de deklaag plaats vindt. Hier zijn de lagen horizontaal meer doorlatend. Bovendien ondervindt de grondwaterstroming na aanbrenge van de damwand meer verticale weerstand omdat het water onder de damwand door moet stromen. De grondwaterstand zal hierdoor 's zomers vlak langs de Amstel ver uitzakken, naar verwachting meerdere decimeters. Vergelijk hiertoe peilbuis J06269 en J06271. Bij de tweede peilbuis is de uitwisseling met de Amstel lokaal al in de huidige situatie beperkt met als gevolg dat de grondwaterstand decimeters uitzakt.

In bijlage 4 is het modelonderzoek beschreven dat is uitgevoerd om de effecten van de damwand in beeld te brengen. In figuur B4.4 is de berekende grondwaterstand langs de Amstel weergegeven met en

zonder damwand. Duidelijk is te zien dat ten gevolge van het aanleggen van een damwand de grondwaterstand zal zakken doordat infiltratie vanuit de Amstel niet meer mogelijk is.

Een dergelijk effect is niet gewenst in verband met inklinking van de bodem en het risico op zetting. De effecten zullen overigens niet overal even groot zijn. Daar waar de grondwaterstand in de huidige situatie het minst uitzakt in de zomer zal het effect het grootst zijn.

In natte perioden wanneer de grondwaterstand hoger is dan het peil van de Amstel zal door de damwand de Amstel niet meer draineren. Hierdoor kan wateroverlast ontstaan in een zone achter de damwand.

Afstroming over maaiveld

Doordat de kade hoger is dan de oorspronkelijke beschoeiing zal, waar de tuinen aflopen naar de Amstel, neerslagwater dat via maaiveld afstroomt niet meer vrij de Amstel in kunnen stromen. Er kan wateroverlast bij hevige neerslag vlak achter de damwand ontstaan of toenemen.

4 Mitigerende maatregelen

Op peil houden grondwater

Het toepassen van de gekozen damwandconstructie zal leiden tot te grote effecten op de grondwaterstand. Mitigerende maatregelen zijn nodig om het contact tussen Amstel en het grondwater te behouden, zodat vernatting of verdroging van het oeverland wordt voorkomen.

Een oplossing met sleuven in de damwand en een grindkoffer is een goede oplossing. De sleuven en de grindkoffer moeten minimaal hetzelfde doorlaatvermogen hebben als de huidige beschoeiing met de grond erachter. De sleuven kunnen het beste zoveel mogelijk boven de waterbodem geplaatst worden om voldoende infiltratie te garanderen (tussen NAP -0,40m en NAP -0,90m) in droge perioden en voldoende drainage in natte perioden. De grindkoffer dient bekleed te worden met filterdoek om het grind achter de damwand te houden en om te voorkomen dat de bestaande grond de grindkoffer binnendringt. De grindkoffer kan vervolgens het water verspreiden in de achterliggende bodem. De grindkoffer zal het beste werken als deze in contact staat met de grondlagen waar nu de horizontale stroming in plaats vindt, in de zandlaagjes, de zandige klei en de ondiepe veenlagen, waar deze ondiep voorkomen. Omdat op voorhand niet bekend is op welke diepte deze laagjes in het profiel voorkomen dient de grindkoffer voldoende hoogte te hebben. In de situatie langs de Amstel lijkt een hoogte van 1,60 meter binnen de eerste 2,0 a 2,5 meter onder maaiveld voldoende. Het is zeker niet de bedoeling de belangrijkste weerstandslagen te doorgraven. Bovenop de grindkoffer is dan nog minimaal 40cm ruimte voor aanvulling met teelaarde ten behoeve van beplanting en/of zand voor een (verhard) terras.

De sleuven worden grotendeels aangebracht boven de waterbodem (voor de beste uitwisseling), dus dat is tussen NAP -0,40m tot zeg NAP-0,90m. Alles boven de NAP-0.40m tot maaiveld wordt aangevuld met teelaarde of straatzand. Het maaiveld komt op minimaal NAP+0.10m te liggen dus dan kun je per saldo minimaal 0,5m teelaarde of straatzand aanbrengen bovenop de grindkoffer. Dat is meer dan voldoende voor de groei van nieuwe tuinbeplanting of de aanleg van een terras.

Wordt de grindkoffer goed aangelegd dan zal de uitwisseling van water tussen de Amstel en de deklaag beter zijn dan in de oorspronkelijke situatie. De grondwaterstand zal beter op peil worden gehouden in zowel natte als in droge perioden. Het doorlaatvermogen van de deklaag is naar verwachting maximaal slechts 1 a 5 m²/dag. In bijlage 3 is een berekening gegeven voor het bepalen van het doorlaatvermogen van de sleuven in de damwand. In deze berekening is een doorlaatvermogen van de sleuven van 16 m²/dag bepaald. Bij de berekening is uitgegaan van een doorlatendheid van grind van 200 m/dag. Dit is een zeer behoudende keuze. De grindkoffer wordt gevuld met lavasteen met

korrelgrootte van 16 tot 32 mm. Dit is erg grove en ook homogene korrelsamenstelling waardoor de werkelijke doorlatendheid waarschijnlijk groter is dan 10000 m/dag.

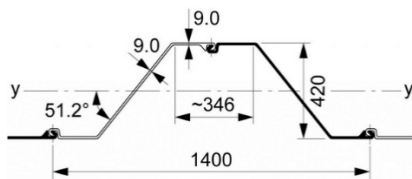
De verwachting is dat het toepassen van een grindkoffer in combinatie met sleuven in de damwand de uitwisseling van water tussen de Amstel en het grondwater verbetert ten opzichte van de huidige situatie. In bijlage 4 is dit met modelberekeningen aangetoond. Bij de berekeningen is uitgegaan van een doorlatendheid van het grind van 200 m/d, zoals gezegd een voorzichtige aanname. In de werkelijkheid zal de grindkoffer beter functioneren dan in het model als het gaat om de uitwisseling van water tussen de Amstel en het grondwater.

Monitoring na het aanbrengen van de damwand is gewenst om de verwachte verbetering vast te stellen.

Controle effect sleuven op sterkte en stabiliteit van de damwand

Met het aanbrengen van de sleuven in de damwand wordt er staal verwijderd uit de damwand waardoor de stijfheid (weerstand tegen vervorming) en de sterkte (om de optredende belastingen op te nemen) afnemen. Dit kan van invloed zijn op de momentcapaciteit van de damwand en de vervormingen. Voor de stabiliteit van de constructie tegen afschuiven heeft het aanbrengen van de sleuven geen negatief effect (in tegendeel, opbouw van waterspanningen wordt tegengegaan).

Toegepast wordt een gestaffelde AZ18-700 plank, zie onderstaand een profielplaatje:



De plank haalt zijn sterkte voornamelijk uit de flenzen, omdat het materiaal het verst van het zwaartepunt verwijderd is. De flenzen hebben een breedte van ca 346 mm. Wanneer er vier sleuven van 20 mm aangebracht worden neemt de capaciteit rechtevenredig met de afname van het doorsnedeoppervlak af, dus met $(4 \times 20 \text{ mm})/346 = \text{ca } 25\%$. Rekening houdend met afname van de wanddikte door corrosie is een moment van 324 kNm/m opneembaar. Ter plaatse van de sleuven neemt dit af tot $75\% \times 324 = 249 \text{ kNm/m}$. Berekening 3 is maatgevend met maximaal moment van ca 212 kNm/m, dit treedt overigens op in de buik. Het maximale opneembare moment wordt niet overschreden. De sleuven worden aangebracht op een hoogte van NAP -0,4 tot NAP -0,90 m. Op deze hoogte is een moment en een dwarskracht van aanwezig van minder dan 50 kN(m)/m. De optredende snedekrachten op deze hoogte blijven dus ver verwijderd van de opneembare belasting.

Door afname van de stijfheid kunnen de vervormingen enigszins toenemen. De invloed is het grootst bij een lage waterstand aan de zijde van de Amstel. Doordat de afname van de stijfheid beperkt is, over een eveneens beperkte hoogte van 0,5 m wordt aangebracht en zich op een kleine diepte bevindt, zal de toename van de vervorming verwaarloosbaar zijn.

Geconcludeerd moet daarom worden dat het aanbrengen van de sleuven geen negatief effect heeft op de sterkte en stabiliteit (en vervormingen) van de ontworpen grondkerende constructie.

Afstroming over maaiveld

Voor het ophopen van water in de aflopende tuinen dient een (beheersbare) uitlaat gecreëerd te worden, direct naar de Amstel of naar de grindkoffer. Het laatste is mogelijk als de grindkoffer niet te diep zit en met doorlatende grond wordt afgewerkt.

5 Conclusies

Uitgangssituatie

Rond de Amstel is een dikke deklaag aanwezig van circa 10 meter. De stijghoogte in het watervoerend pakket is erg laag, circa NAP – 4 meter. De grondwaterstand is dicht bij de Amstel circa NAP -0,4 meter en loopt naar het oosten af naar circa NAP -2 meter. Het oppervlaktewaterpeil aan de oostkant van Ouderkerk is NAP -2,25 meter. 's Zomers zakt de grondwaterstand maximaal enkele decimeters uit. Er is het hele jaar door een neerwaartse flux naar het watervoerend pakket. De grondwaterstand langs de Amstel wordt op peil gehouden door infiltratie en drainage van en naar de Amstel. De beter doorlatende lagen in de deklaag komen voor bovenin de deklaag (globaal de bovenste 5 meter). De uitwisseling van water zal voornamelijk bovenin plaatsvinden, door de grotere doorlatendheid, maar ook doordat de rol van de verticale weerstand van de deklaag toeneemt met de diepte.

Effect plaatsen damwand; op peil houden grondwater

Het plaatsen van een gesloten of dichte damwand beperkt de uitwisseling van water tussen de Amstel en het grondwater. Met een grondwatermodel is gerekend aan de te verwachten effecten. Bij het toepassen van een damwandconstructie met de gestaffelde planken zijn treden grondwaterstandsverlagingen op van meerdere decimeters. De bodem zal kunnen inklinken en er is risico op zetting. In natte perioden wanneer de grondwaterstand hoger is dan het peil van de Amstel kan juist verhoging van de grondwaterstand optreden omdat de Amstel in dat geval niet bij kan dragen aan de drainage.

Effect plaatsen damwand; afstroming over maaiveld

Doordat de kade hoger is dan de oorspronkelijke beschoeiing zal, waar de tuinen aflopen naar de Amstel, neerslagwater dat via maaiveld afstroomt niet meer vrij de Amstel in kunnen stromen. Er kan wateroverlast bij hevige neerslag vlak achter de damwand ontstaan of toenemen.

Mitigerende maatregelen; op peil houden grondwater

Een oplossing met sleuven in de damwand en een grindkoffer is een goede oplossing. De sleuven en de grindkoffer moeten minimaal hetzelfde doorlaatvermogen hebben als de huidige beschoeiing met de grond erachter. Mits goed aangelegd zal de uitwisseling van water tussen de Amstel en de deklaag beter zijn dan in de huidige situatie. De grindkoffer moet voldoende hoogte hebben maar de belangrijke weerstandslagen onder het niveau van de bodem van de Amstel mogen niet doorgraven worden. In bijlage 4 is met modelonderzoek het effect van het aanleggen van een damwand met grindkoffer bepaald. Uit de berekeningen blijkt dat de uitwisseling met de Amstel beter zal zijn dan in de situatie met de oorspronkelijke beschoeiing.

Monitoring na het aanbrengen van de damwand is gewenst om de verbetering te constateren.

Effect sleuven op sterkte en stabiliteit van de damwand;

Het aanbrengen van sleuven heeft geen negatief effect op de sterkte en stabiliteit (en vervormingen) van de ontworpen grondkerende constructie.

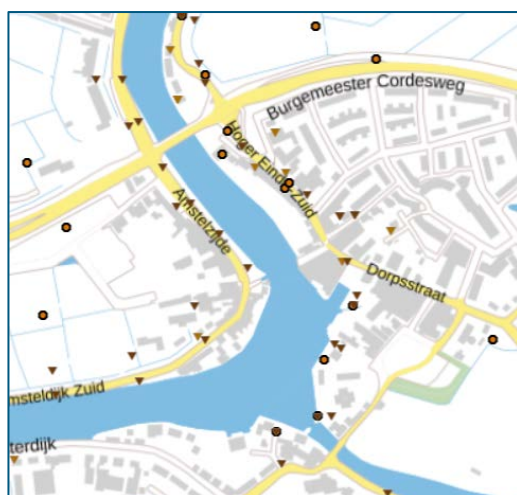
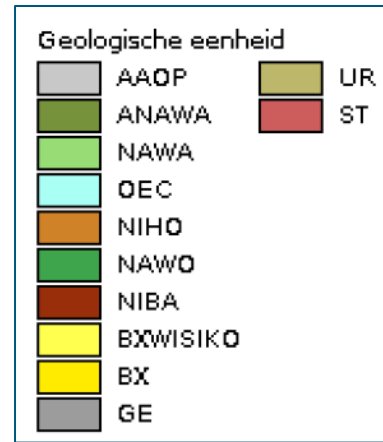
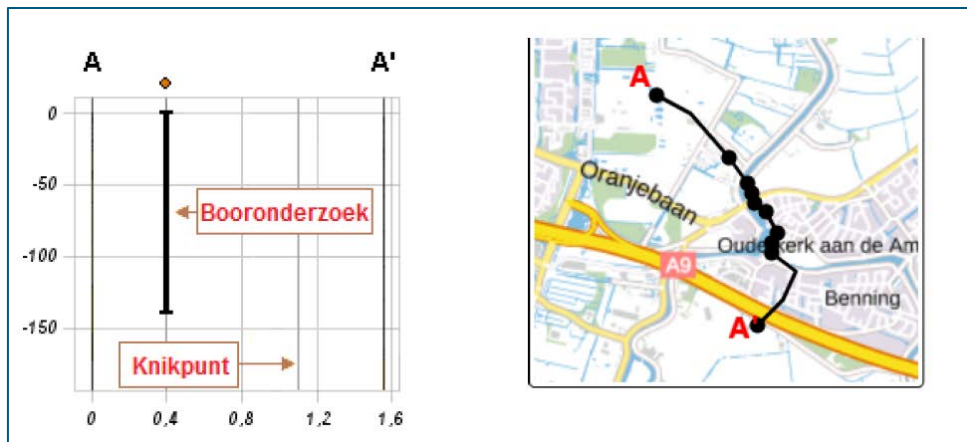
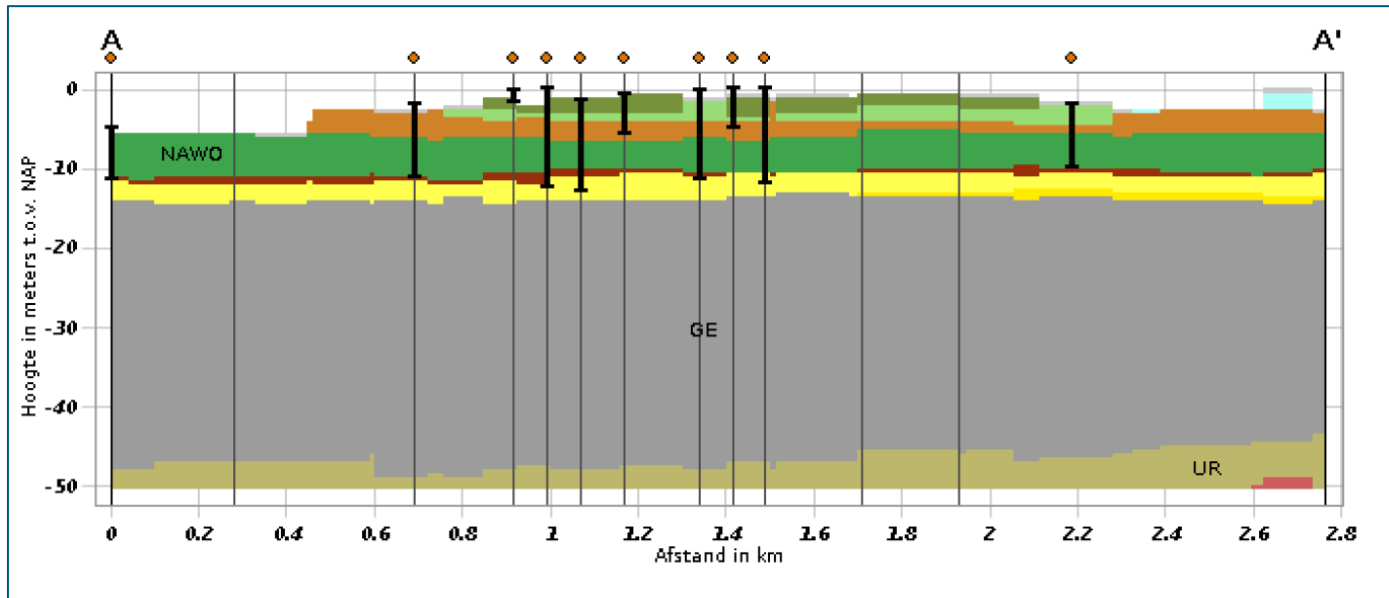
Mitigerende maatregelen; afstroming over maaiveld

Voor het ophopen van water in de aflopende tuinen dient een (beheersbare) uitlaat gecreëerd te worden, direct naar de Amstel of naar de grindkoffer. Het laatste is mogelijk als de grindkoffer niet te diep zit en met doorlatende grond wordt afgewerkt.

Nader onderzoek

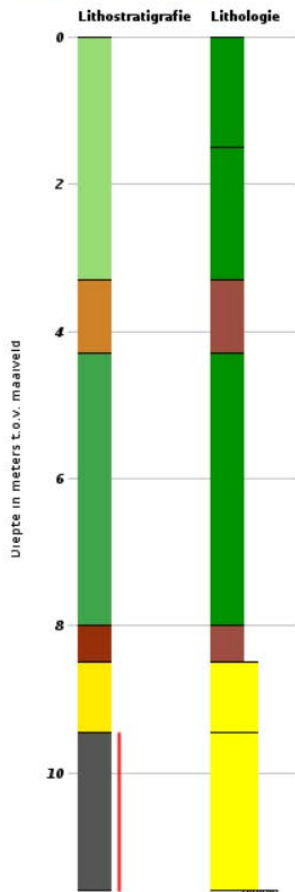
In hoofdstuk 2 is al geconcludeerd dat ondanks de grote variatie van de opbouw van de deklaag een aantal kenmerken in alle boringen en sonderingen terugkomen. Deze constatering samen met het feit dat ervan wordt uitgegaan dat de uitwisseling van water uit de Amstel met de ondergrond (en ook omgekeerd) door de constructie met de grindkoffer zal verbeteren wordt geconcludeerd dat er geen nader bodemonderzoek nodig is. De verwachting is dat de constructie zal functioneren bij de geconstateerde kenmerken van de ondergrond.

Bijlage 1 Bodemopbouw (bron Dinoloket), Geotop en boringen



Boringen (bolletjes) en sonderingen (driehoekjes) in Dinoloket

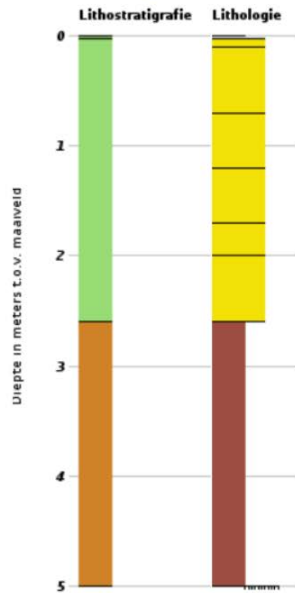
Boormonsterprofiel



Identificatie: B25G0315
 Coördinaten: 121770, 479080 (RD)
 Maaiveld: -1.30 m t.o.v. NAP
 Beschikbare informatie: Digitale opnamegegevens
 Beschrijfmethode: Onbekend
 Kwaliteit interpretatie: Geautomatiseerd toegekend



Boormonsterprofiel

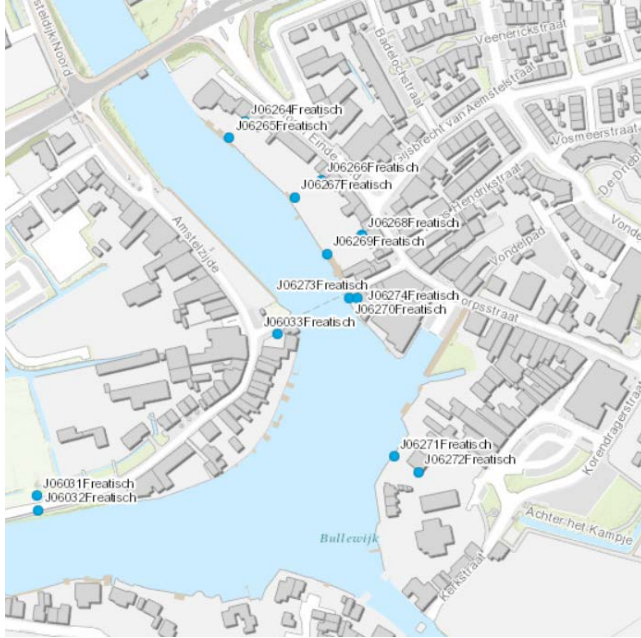


Identificatie: B25G2768
 Coördinaten: 121842, 479009 (RD)
 Maaiveld: 1.47 m t.o.v. NAP
 Beschikbare informatie: Digitale opnamegegevens
 Beschrijfmethode: GEF Standaard
 Kwaliteit interpretatie: Geautomatiseerd toegekend

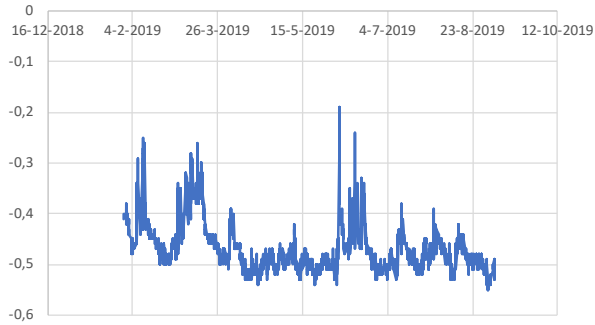
Lithostratigrafie	Lithologie
■ NAWA	■ Zand midden categorie
■ NIHO	■ Veen
	 Niet benoemd



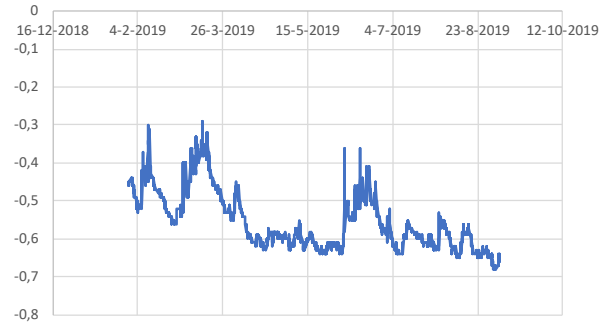
Bijlage 2 Grondwaterstanden



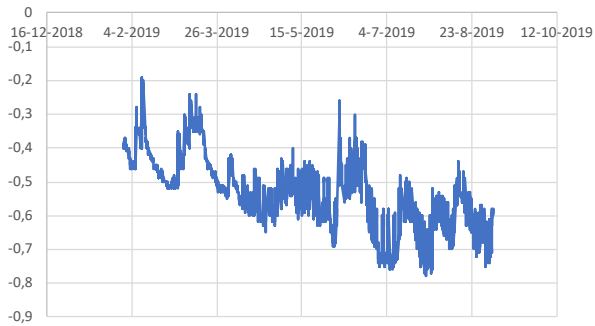
J06265



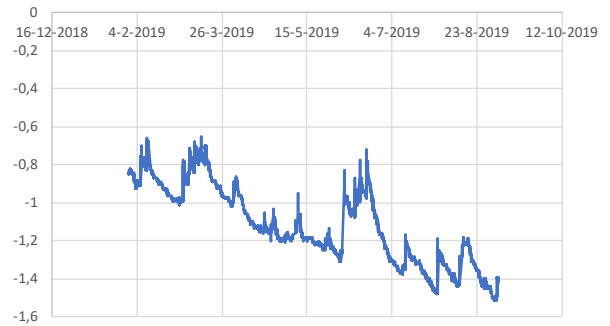
J06264



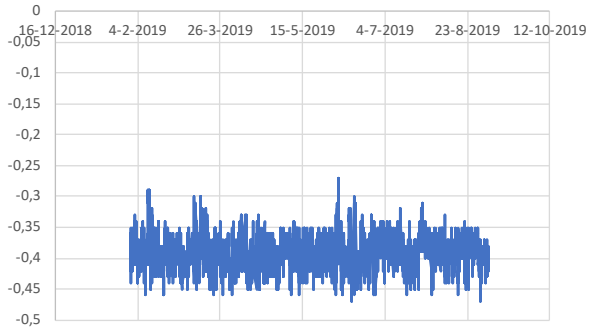
J06267



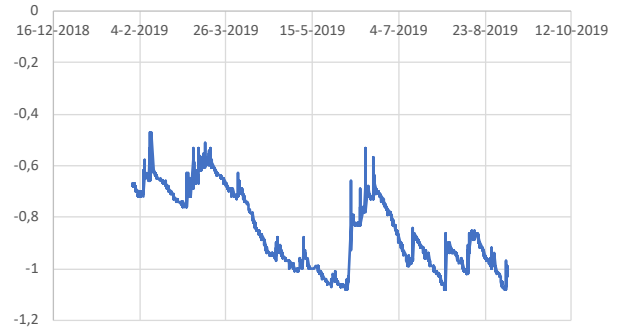
J06266



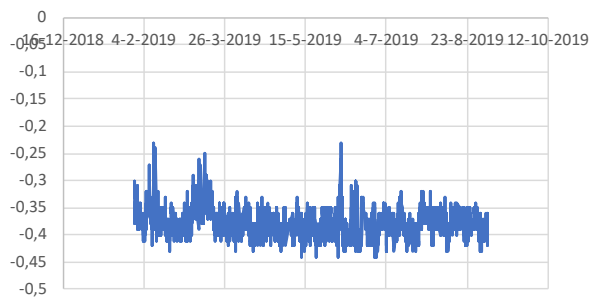
J06269



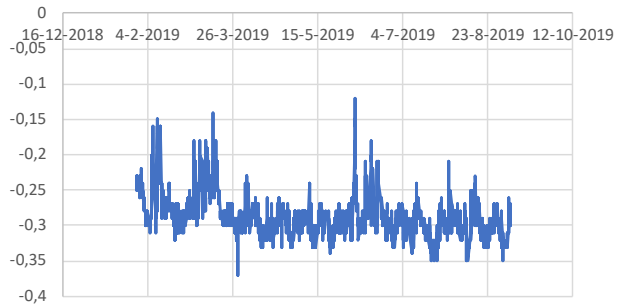
J06268



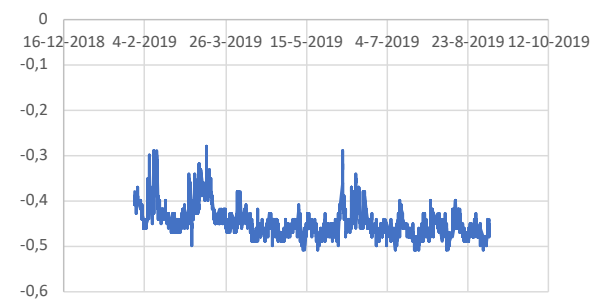
J06270



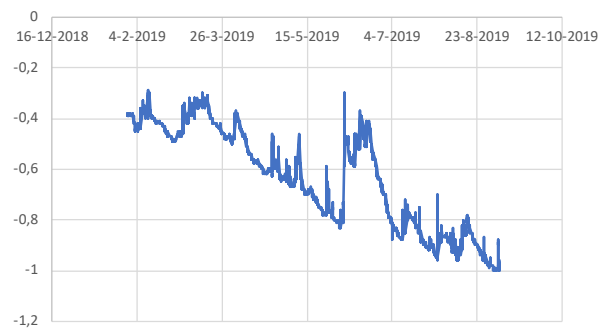
J06274



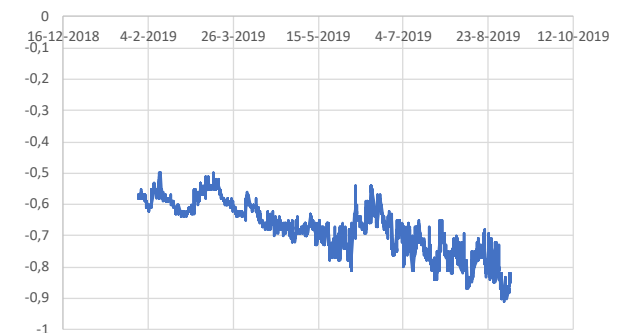
J06273



J06271

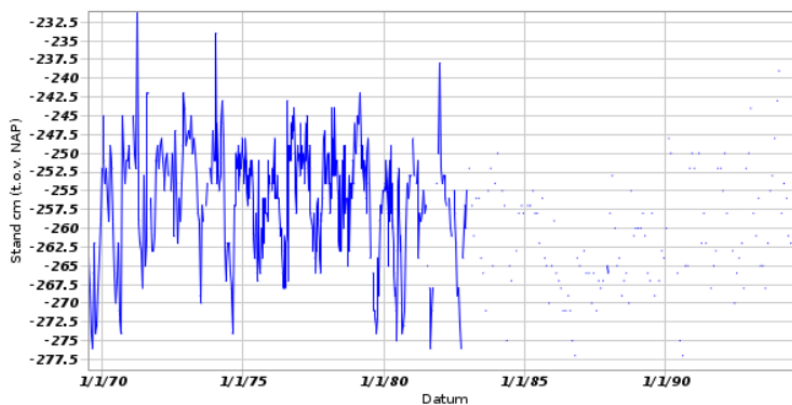


J06272

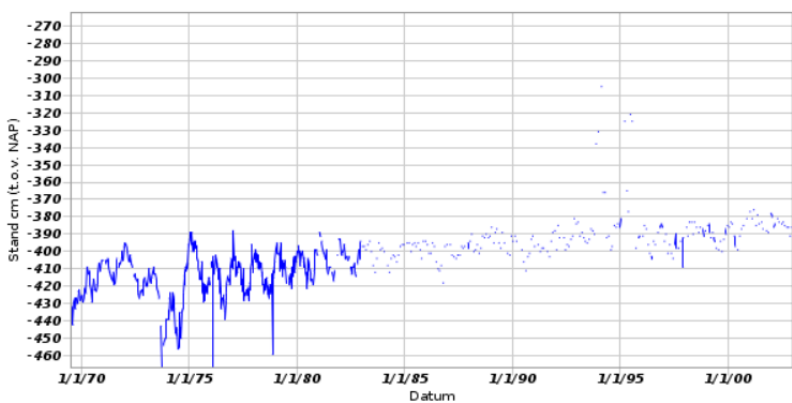


Put met onderzoeksgegevens DINO

Identificatie: B25G0992



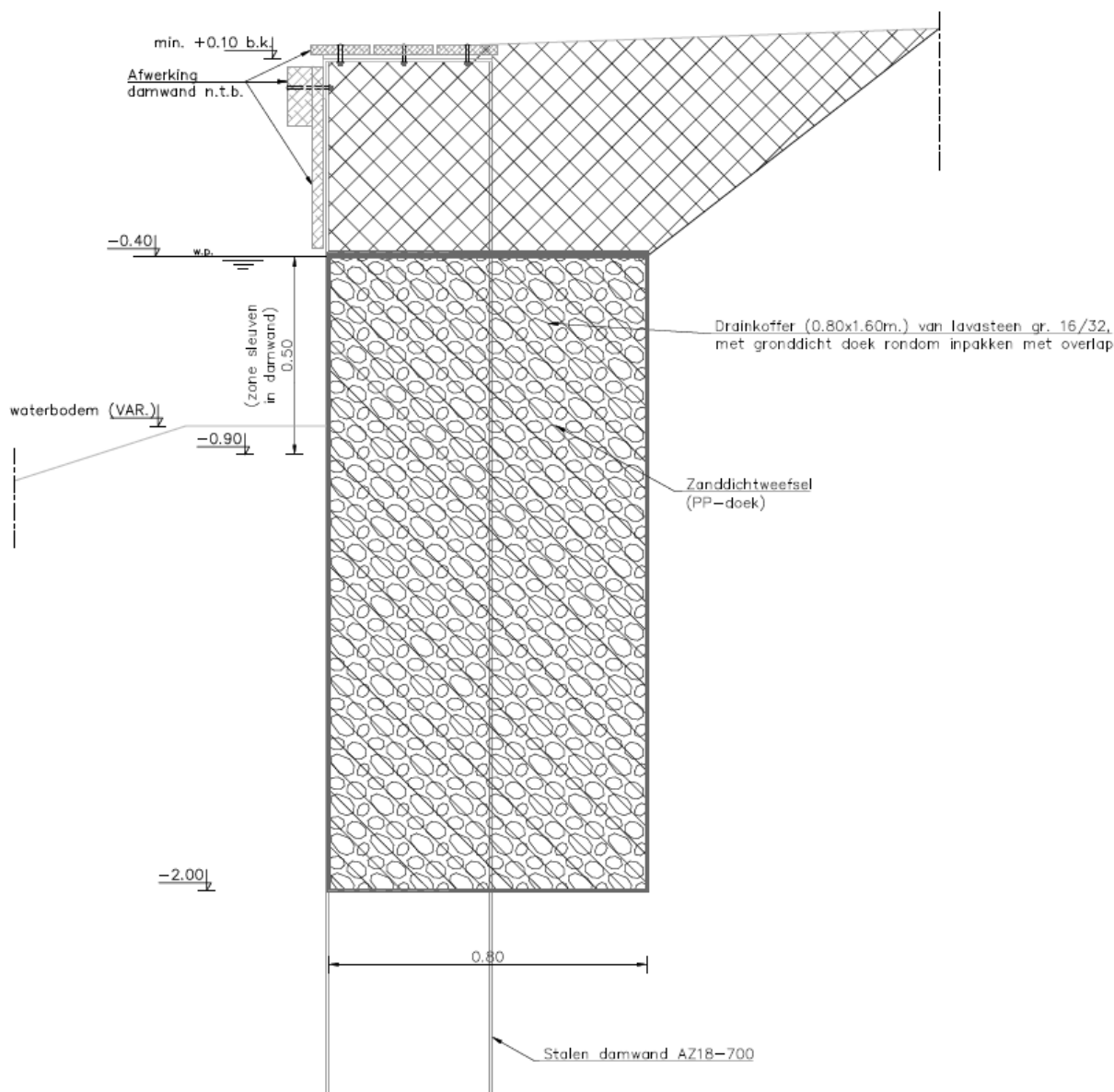
Identificatie buis: B25G0992-001
 Coördinaten: 122230, 478295 (RD)
 Maaiveld: -2.1 m t.o.v. NAP
 Hoogte bovenkant filter t.o.v. NAP: -4.14 m
 Hoogte onderkant filter t.o.v. NAP: -5.14 m
 Diepte bovenkant filter t.o.v. maaiveld: 2.04 m
 Diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld: 3.04 m
 Drukopnemer aanwezig: nee
 Begindatum: 08-07-1969
 Einddatum: 24-10-1994
 Aantal metingen: 570



Identificatie buis: B25G0992-002
 Coördinaten: 122230, 478295 (RD)
 Maaiveld: -2.1 m t.o.v. NAP
 Hoogte bovenkant filter t.o.v. NAP: -19.77 m
 Hoogte onderkant filter t.o.v. NAP: -20.77 m
 Diepte bovenkant filter t.o.v. maaiveld: 17.67 m
 Diepte onderkant filter t.o.v. maaiveld: 18.67 m
 Drukopnemer aanwezig: nee
 Begindatum: 08-07-1969
 Einddatum: 17-12-2002
 Aantal metingen: 667

Bijlage 3 Principe doorsnede damwand met grindkoffer en berekening doorlaatvermogen sleuven en grindkoffer

Principe doorsnede van de damwand



Berekening doorlaatvermogen damwandsleuven en grindkoffer

Bij 4 sleuven van 2 cm breed in een damwandplank van 50 cm breed betekent dat 16% van de damwand water doorlaat. Als de sleuven goed contact maken met de Amstel wordt het doorlaatvermogen van de sleuven bepaald door de doorlatendheid van het grind. De grindkoffer wordt gevuld met lavasteen met grove korrels van 16 tot 32 mm. Bij dergelijke grove en uniforme korrels zijn hoge doorlatendheden te verwachten van meer dan 10000 m/dag. Bij de berekeningen in bijlage 4 is een voorzichtige aanname gedaan voor de doorlatendheid van het grind van 200 m/dag. Als bij deze

doorlatendheid de grindkoffer voor voldoende verspreiding van water uit de Amstel zorg draagt, dan zal dat zeker gebeuren met een veel hogere doorlatendheid.

Bij een doorlatendheid van grind van 200 m/dag is de effectieve doorlatendheid 16% ervan en dus 32 m/dag.

Bij een lengte van 50 cm van de sleuven is het doorlaatvermogen van de sleuven 16 m²/dag. Als achter de damwand een grindkoffer van 2 meter hoog wordt geplaatst dan heeft het grind zelf een doorlaatvermogen van 400 m²/dag.

Bijlage 4 Modelberekeningen damwand en grindkoffer

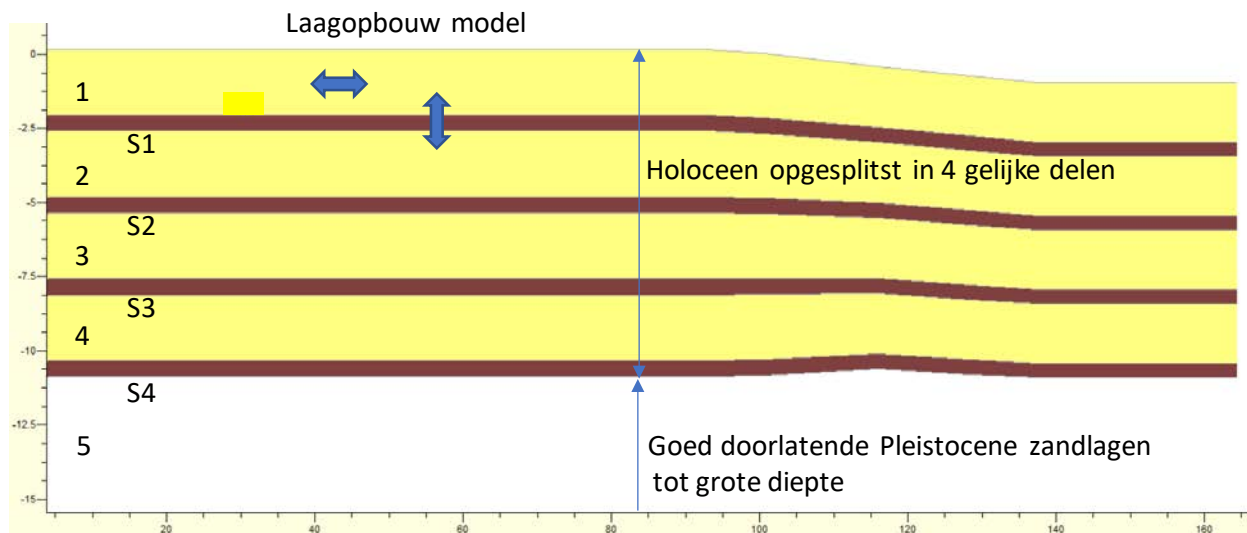
Inleiding

Voor de omgeving van het traject waar de beschoeiing wordt vervangen langs de Amstel is een 3D grondwatermodel opgezet om de effecten van de damwand te kunnen berekenen. Het model is opgezet met TRIWACO, een modelleromgeving voor het modelleren met eindige elementen-grids (driehoekjes; <https://www.royalhaskoningdhv.com/nl-nl/nederland/diensten/diensten-van-a-tot-z/triwaco/7253>).

Schematisatie ondergrond

De ondergrond is geschematiseerd in 5 watervoerende lagen met 4 scheidende lagen ertussen. Een doorsnede loodrecht op de Amstel is weergegeven in figuur B4.1. De eerste 4 lagen van gelijke dikte gekozen vertegenwoordigen de holocene deklaag. Laag 5 is het goed doorlatend pakket onder de deklaag. Elk kwart van de deklaag is in het model weer onderverdeeld in een laag (1 t/m 4) waarin de horizontale stroming plaats vindt en een laag waarin de verticale stroming plaats vindt (S1 t/m S4).

De opbouw van de deklaag is terug te vinden in bijlage 1. Voor de deklaag is een zogenaamd voxel-model beschikbaar in GEOTOP. Op rasters van 100*100 meter is voor elke 0,5 meter in de diepte (voxels) opgegeven wat de lithografie is (bijvoorbeeld zand, leem, klei of veen) en tot welke eenheid het afgezette materiaal behoort. Aan deze voxels is een horizontale en verticale doorlatendheid toegekend. Het horizontale doorlaatvermogen van de voxels die binnen een modellaag (laag x plus laag Sx samen) vallen is gesommeerd en toegekend aan het deel waarin de horizontale stroming is geschematiseerd (laag 1 t/m 4). De verticale weerstand van de voxels is ook opgeteld en wordt toegekend aan de modellagen waarin de verticale stroming plaats vindt (S1 t/m S4).



Figuur B4.1 Schematisatie ondergrond

De parameterwaarden ter plaatse van de beschoeiing zijn opgenomen in tabel 4.1. Uit de eerdere beschrijving (hoofdstuk 2 en bijlage 1) is al bekend dat de meeste weerstand voorkomt in de onderste twee kwarten van de deklaag. Het doorlaatvermogen van deze kwarten toegekend aan laag 3 en 4 is zeer gering, kleiner dan 0,25 m²/dag. Dit betekent dat er eigenlijk alleen klei en veen aanwezig is en vrijwel geen zandige lagen. In de bovenste 5 meter (eerste en tweede kwart) wordt minder weerstand gevonden, circa 400 dagen, die of in het eerste kwart of in het tweede kwart wordt aangetroffen. Voor de zandige lagen binnen de bovenste 5 meter wordt totaal een doorlaatvermogen van 7 a 15 m²/dag gevonden.

De verschillen in parameterwaarde langs het traject, afgeleid van het voxelmodel uit GEOTOP, zijn niet heel groot en geven een plausibele weergave van de ondergrond zoals die in de boringen en sonderingen wordt aangetroffen. In werkelijkheid zullen er grotere verschillen in de laagopbouw aanwezig zijn dan waar in het model rekening mee wordt gehouden. Kenmerkend voor het hele traject is dat de meeste weerstand onderin de deklaag aanwezig is en waarschijnlijk langs het gehele traject voorkomt. De meer doorlatende delen van de deklaag zijn aanwezig in de bovenste 5 meter.

Tabel 4.1 Parameterwaarden ondergrond langs de damwand

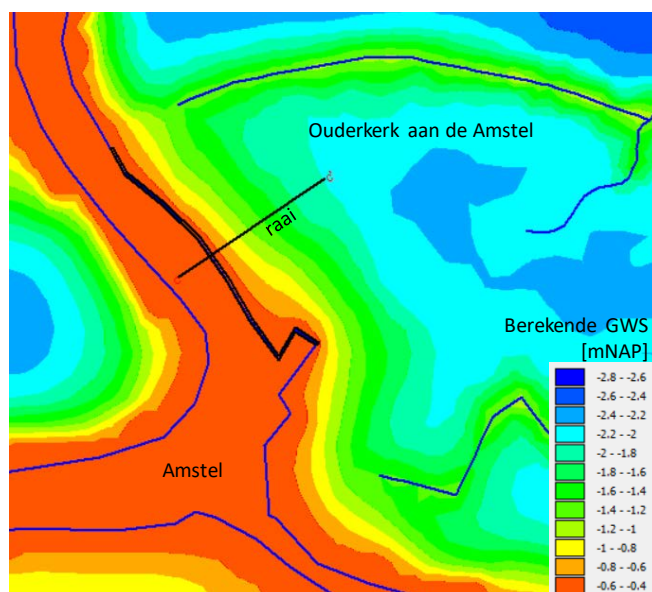
modellaag	doorlaatvermogen [m ² /d]	hydraulische weerstand [d]
1	5 - 10	
s1		5 - 400
2	2 - 5	
s2		10 - 350
3	0.25	
s3		900 - 1000
4	0	
s4		350 - 1400
5	1500	

Schematisatie Amstel en bestaande beschoeiing

De Amstel is in het model opgenomen met een vast peil van NAP -0,4 meter. Als infiltratieweerstand op de bodem van de Amstel is 40 dagen aangehouden. Ter plaatse van de beschoeiing is geen uittreweerstand in het model opgenomen. Er wordt van uitgegaan in dat de bestaande situatie de uitwisseling met het grondwater niet belemmerd wordt door de beschoeiing.

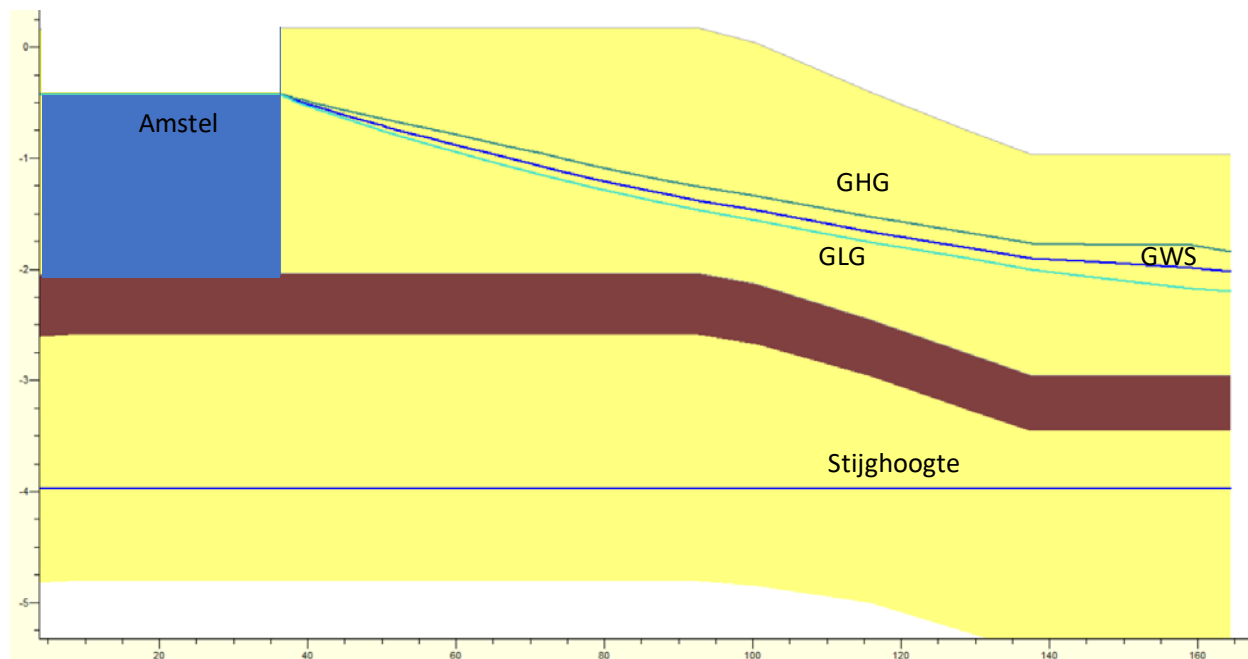
Berekende grondwaterstand

De met het model stationair berekende grondwaterstand met een grondwateraanvulling van 0,8 mm/dag is weergegeven in figuur B4.2. De grondwaterstand is ook doorgerekend met een grondwateraanvulling van 2 mm/dag, representatief voor een nattere periode (GHG) en met 0 mm/dag representatief voor een



Figuur B4.2 Berekend grondwaterstand omgeving Amstel

droge periode (GLG). De berekende grondwaterstanden zijn voor de raai in figuur B4.2 weergegeven in figuur B4.3.



Figuur B4.3 Berekende grondwaterstanden en stijghoogte in raai

Vlak tegen de Amstel is de berekende grondwaterstand nagenoeg gelijk aan het peil van de Amstel. Op 30 meter afstand van de Amstel varieert de grondwaterstand van NAP -0,85 m (GHG) tot NAP -1,05 m (GLG). Deze waarden worden langs het gehele traject vergelijkbaar berekend.

In de meetpunten die dicht tegen de Amstel aanliggen zijn er een aantal die het peil goed volgen. In de twee noordelijkste meetpunten langs de Amstel zakt de gemeten grondwaterstand naar NAP -0,5 en NAP -0,6 meter. Hier heeft de beschoeiing mogelijk toch wat weerstand. In de meetpunten op circa 30 meter afstand van de Amstel zakt de grondwaterstand van noord naar zuid naar NAP -0,65 meter, NAP -1,4 meter en circa NAP -1 meter.

De verschillen zijn te verklaren door de variatie in bodemopbouw die er zal zijn. Met het model worden langs het traject minder grote verschillen berekend. De met het model berekende waarde op 30 meter afstand van beschoeiing past wel bij wat er gemiddeld op basis van de metingen te verwachten is.

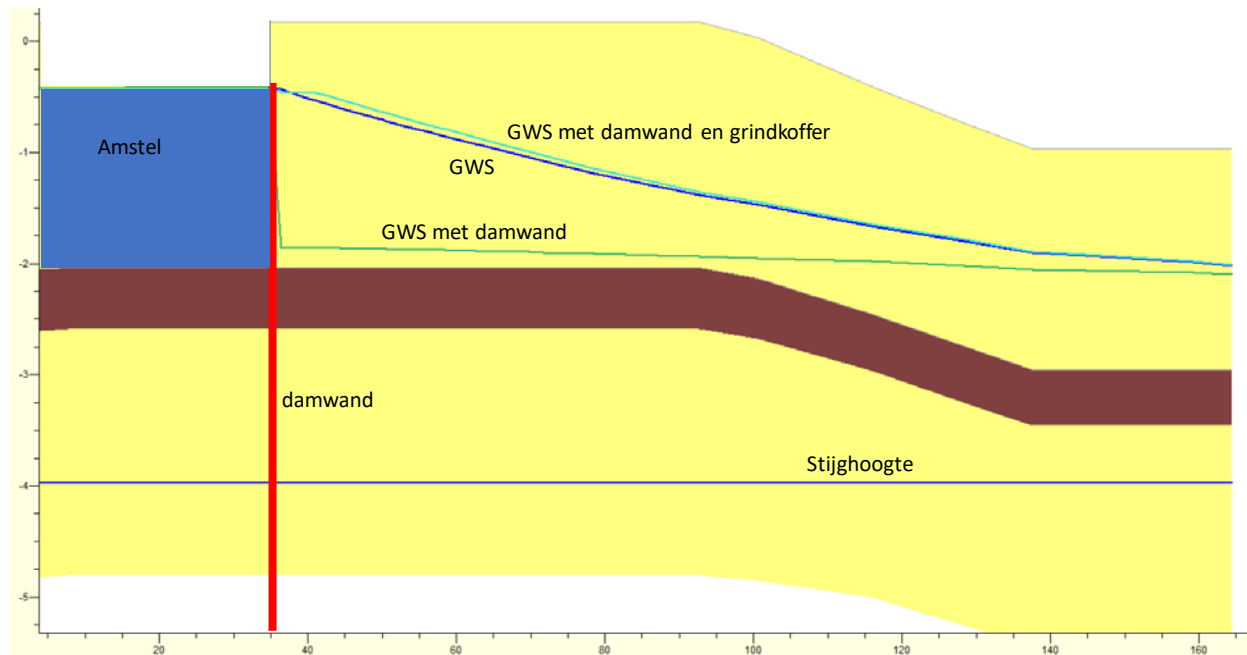
Effect van het plaatsen van een damwand

De bedoeling is langs het gehele traject een damwand te plaatsen met de planken gestaffeld, om en om tot op het pleistocene zand (10 tot 12 meter diep) en 5 meter lang. Het staffelen levert weinig op voor de uitwisseling van water uit de Amstel met het grondwater. Het doorlaatvermogen ligt immers juist in de bovenste 5 meter.

De damwand is in het model gebracht door een zone op te geven met een lage k-waarde (0,0001 m/d). Het plaatsen van de damwand leidt tot grondwaterstandsdalingen langs de damwand van circa 1,3 meter, zie figuur B4.4.

Deze verlagingen zijn niet acceptabel. Er worden sleuven in de damwand aangebracht en grindkoffer achter de damwand opgenomen om de verlagingen tegen te gaan. Met alleen sleuven is slechts een

geringe verbetering te verwachten omdat de grondlagen nog te veel worden afgesloten. Door grind aan te brengen kan het water goed instromen. Het grind heeft vervolgens voldoende contactoppervlak met de oorspronkelijke grondlagen. De constructie is in het model ingebracht zoals beschreven in bijlage 3. Er wordt vanuit gegaan dat de sleuven en de koffer binnen de eerste modellaag van 2,5 meter worden aangebracht. De sleuven komen boven de waterbodem.

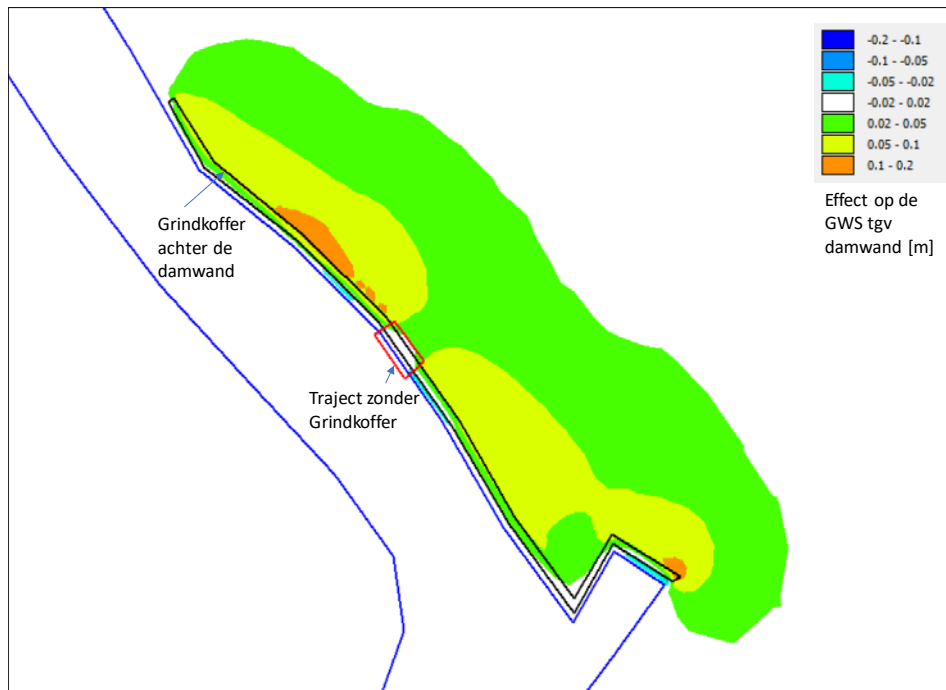


Figuur B4.4 Berekende grondwaterstanden en stijghoogte in raai; zonder damwand, met damwand en met damwand plus grindkoffer.

Met de damwand met sleuven in combinatie met de grindkoffer wordt geen verlaging meer berekend. De berekende grondwaterstand wordt tot maximaal circa 0,1 meter hoger berekend vlak achter de damwand. Waar in de huidige situatie door de weerstand van de bestaande beschoeiing de grondwaterstand lager was dan het Amstelveil (hier is niet mee gerekend) zal de grondwaterstand in de nieuwe situatie wel gelijk zijn aan het Amstelveil en dus hoger zijn.

Effecten weglaten grindkoffer

Door de aanwezigheid van bomen kan het praktisch zijn om de grindkoffer lokaal weg te laten. Met het model is uitgezocht wat het effect is van het weglaten van de grindkoffer over een willekeurig traject van 15 meter. In figuur B4.5 is het effect weergegeven van de damwand met grindkoffer uitgezonderd het traject van 15 meter. Er worden verhogingen van de grondwaterstand berekend die lager zijn waar geen grindkoffer wordt aangelegd. Het lijkt daarmee geen enkel probleem om de grindkoffer over een traject van circa 15 meter weg te laten. Het hangt wel af van hoe ter plaatse van het traject de zandige laagjes in de bovenste 2,5 meter zijn ontwikkeld, want die bepalen hoe het water zich in het traject tussen de grindkoffers zich kan verspreiden. Aan te raden is dit te verifiëren met een of enkele ondiepe boringen.



Figuur B4.5 Effect van damwand met grindkoffer uitgezonderd traject van 15m op de grondwaterstand.