

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Water & Maritime

Aan: Projectteam IJMD, David-Jan Smeenge
Van: Jasper Jansen
Datum: 29 maart 2024
Kopie: Sander Post, Clara Spoorenberg
Ons kenmerk: BI8482-WM-ME-240329-1444
Classificatie: Projectgerelateerd
Gecontroleerd door: Sander Post

Onderwerp: Geohydrologische analyse IJMD – C02

0 Managementsamenvatting

Vraagstelling geohydrologische analyse

Voor project versterking IJsselmeerdijk (IJMD) is een geohydrologische analyse uitgevoerd. Het doel van deze analyse is het inschatten van de mogelijke effecten van de dijkversterking op de omgeving en waterveiligheid. Mogelijke effecten zijn: omgevingseffecten als gevolg van beïnvloeding van de stijghoogte in eerste watervoerende pakket door ontgraving van een potentieel grondverbeteringscunet t.b.v. de stabiliteit van de vooroeverdam en omgevingseffecten ten gevolge van beïnvloeding van de freatische grondwaterstand in de dijk (de vooroever kan door zijn slechte(re) doorlatendheid de freatische waterstand in de dijk verlagen).

N.B. De uitvoeringswijze wordt vrij gelaten aan de aannemer. Het graven van een cunet heeft de meeste invloed op geohydrologische situatie en is daarom in deze rapportage leidend verondersteld. Mogelijk kiest de aannemer voor verticale drainage als zettingsversnellende maatregel. De directe effecten van verticale drainage zijn kleiner en tijdelijker. Een belangrijk aandachtspunt bij verticale drainage is gelijk als bij het graven van een cunet; kortsluiting dient te worden voorkomen. Bij verticale drainage betekent dit dat de drains niet te diep moeten worden aangebracht, de installatiediepte bedraagt maximaal tot 1,0 m boven de Pleistocene ondergrond.

Regionale en lokale bodemopbouw en geohydrologische situatie

Ten bate van de analyse is de regionale en lokale bodemopbouw en geohydrologische situatie in beeld gebracht. De bodem bestaat een deklaag van klei en veen tot een diepte van circa -10 a -12 m NAP. Daaronder bevindt zich een dik watervoerend pakket met lokaal enkele ondiepe weerstandbiedende lagen. Er is sprake van permanente wegzijging vanuit het IJsselmeer naar het watervoerende pakket. Via het watervoerende pakket stroomt het water richting de polder en kwelt daar op.

Berekende effecten ontgraving cunet

Door het ontgraven van een cunet wordt de deklaag deels doorgraven. Uitgangspunt is dat minimaal 1 meter weerstandbiedend materiaal uit de deklaag blijft zitten zodat geen directe kortsluiting met het watervoerende pakket ontstaat. De geschatte weerstand van een laag van 1 meter dikte is minimaal 100 dagen en waarschijnlijk 300 dagen of meer. Uit de berekeningen blijkt dat het effect op de stijghoogte in het watervoerende pakket beperkt is als er een weerstand van minimaal 100 dagen aanwezig blijft. Bij een weerstand van 300 dagen is het effect op de stijghoogte nog kleiner. Bij een beperkt effect op de stijghoogte is het effect op de hoeveelheid kwel en op de grondwaterstand ook beperkt. Het effect op de stijghoogte is groter op locaties waar op geringe diepte een weerstandbiedende laag aanwezig is in het watervoerende pakket. Dat is het geval in het meest noordoostelijke deel van het projectgebied en mogelijk ook bij het meest zuidwestelijke deel.

Bij een restweerstand van 100 dagen is het effect op de stijghoogte onder het cunet maximaal 20 tot 50 cm. Direct binnendijks is het effect op de stijghoogte overal minder dan 50 cm. De 20 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 500 meter van de dijk. De 5 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 750 meter van de dijk. Daar waar geen ondiepe weerstandbiedende laag aanwezig is wordt een toename van de stijghoogte van 5 tot 10 cm berekend onder de dijk en het gebied direct binnendijks.

Bij een restweerstand van 300 dagen is het effect op de stijghoogte klein. Alleen daar waar een ondiepe weerstandbiedende laag aanwezig is (meest noordoostelijk en meest zuidwestelijke delen van het gebied) wordt onder de dijk een toename van de stijghoogte groter dan 5 cm berekend. In de rest van het gebied is dit alleen direct onder het cunet het geval.

De 20 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 100 meter van de buitenteen van de dijk. De 5 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 150 meter van de buitenteen van de dijk. Daar waar geen ondiepe weerstandbiedende laag aanwezig is wordt geen toename van de stijghoogte groter dan 5 cm berekend ter plaatse van de dijk en/of binnendijks gebied.

Mogelijk effect vooroever

Het gebruik van slecht waterdoorlatend materiaal in de vooroever zorgt voor een minimale toename van de weerstand van de bodem van het IJsselmeer. Hiervan wordt geen effect verwacht op de grondwaterstand in de dijk of de kwel door de dijk heen. Daarmee wordt er ook geen negatief effect verwacht op de watervoerendheid van de sloten rondom locatie BioResearch.

Mogelijk effect cunet t.b.v. verlengen hevel Lelystad Noord

Een cunet t.b.v. de verlenging van de hevel ten noorden van Lelystad heeft alleen een zeer lokaal en klein effect op de stijghoogte en grondwaterstand. Belangrijk uitgangspunt hierbij is dat ook bij dit cunet minimaal 1 meter slecht doorlatend materiaal uit de deklaag niet wordt doorgraven en onder het cunet aanwezig blijft.

Aandachtspunten uitvoering

Aandachtspunt bij de uitvoering is het laten zitten van minimaal 1 meter van de deklaag. Als de deklaag volledig wordt doorgraven dan is het effect op de stijghoogte meer dan 50 cm ter plaatse van de dijk en het binnendijkse gebied direct langs de dijk. Het effect reikt dan ook verder waarbij de 5 cm verhogingscontour van de stijghoogte op circa 3500 van de dijk ligt. Door middel van monitoring van de peilbuizen kan goed in de gaten gehouden worden of er geen onverwacht grote effecten optreden. Dat zou een indicatie zijn van het te ver verwijderen van de deklaag.

Het is verstandig om steeds door middel van deze metingen te bepalen of er inderdaad geen (of een klein) effect is voordat het cunet met zand wordt gevuld. Als er een groter effect blijkt te zijn doordat te veel weerstand is weggehaald dan kan dat nog hersteld worden door het aanbrengen van waterremmend materiaal. Na het aanbrengen van het zandcunet is het veel lastiger af te dichten (de gehele bovenzijde van het cunet moet dan worden afgedicht).

Op basis van de beschikbare boringen en sonderingen is de hoogteligging van de onderzijde van de deklaag redelijk goed in beeld. Tijdens de uitvoering moet rekening gehouden worden met de lokale variatie in de hoogteligging van de onderzijde van de deklaag. Hiervoor is een verdere analyse van de beschikbare boringen en sonderingen nodig. Mogelijk moet tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden en/of voorafgaand nog aanvullend onderzoek gedaan worden op het traject van het aan te brengen cunet.

1 Inleiding

Voor project versterking IJsselmeerdijk (IJMD) is een geohydrologische analyse uitgevoerd. Het doel van deze analyse is het inschatten van de mogelijke effecten van de dijkversterking op de omgeving en waterveiligheid. Voor deze geohydrologische analyse is een uitgangspuntennotitie opgesteld¹. Hierin is opgenomen welke vragen beantwoord moeten worden, wat het beoogde resultaat van de analyse is en hoe tot dit resultaat gekomen kan worden. Om de bruikbaarheid van de beschikbare grondwatermodellen, bodemgegevens en metingen uit het meetnet te beoordelen is ten bate van deze uitgangspuntennotitie al een eerste analyse uitgevoerd voor enkele punten. De uitgangspuntennotitie inclusief deze eerste analyse is als bijlage opgenomen bij deze rapportage (Bijlage 1). Onderstaande paragrafen beschrijven de te beantwoorden vragen, het beoogde resultaat en aanvullende aanwijzingen vanuit de opdrachtgever.

1.1 Vragen bij geohydrologische analyse

Hierbij wordt naar meerdere aspecten gekeken. In de opdracht staat dit als volgt beschreven.

ON dient middels een geohydrologische analyse advies te geven over de volgende mogelijke effecten:

- Omgevingseffecten als gevolg van beïnvloeding stijghoogte in eerste watervoerende pakket: De geohydrologische analyse moet de risico's en effecten op de omgeving (o.a. landbouwgrond, natuur, industrie, infrastructuur) in schatten en is bedoeld om discussie en hopelijk schadeclaims te voorkomen.
- Omgevingseffecten ten gevolge van beïnvloeding freatische waterstand in de dijk: de vooroever kan door zijn slechte(re) doorlatendheid de freatische waterstand in de dijk verlagen. De geohydrologisch analyse dient te onderzoeken of en in welke mate er minder kwelwater door de dijk zal stromen en de kwelsloot hier minder mee zal voeden.
- Waterveiligheidsopgave GABI/STMI: Op 4 locaties kent de dijkversterking ook een GABI/STMI-opgave, omdat hier een drainage in het achterland ontbreekt. Momenteel is nog onzeker hoe groot het risico op opdrukken van de bekleding werkelijk is. ON dient de omvang van het probleem te specificeren en te analyseren of drainage of andere ontwerp oplossingen kansrijk zijn. Opdat de aannemer voldoende eisen heeft om een mogelijke drainage of andere ontwerp oplossing op te dimensioneren.

Daarnaast moet het effect op de verplaatsing van brak en zout grondwater inzichtelijk gemaakt worden. In de NvI is daarover het volgende opgenomen:

Aanbesteder geeft nadere duiding aan WP 3.09.02 Geohydrologische analyse: Het is aan inschrijver om in de geohydrologische analyse te kijken naar mogelijke omgevingseffecten op het zoutgehalte in agrarisch gebied. Uit de recente studie zoetwaterbeschikbaarheid van ZZL [Waterbeschikbaarheid | Waterschap Zuiderzeeland – <https://www.zuiderzeeland.nl/waterbeschikbaarheid>] blijkt dat in agrarisch gebied de zoutgehalten al hoog zijn en door klimaatverandering verder gaan toenemen. Het is belangrijk om te kunnen duiden of de versterking van de IJsselmeerdijk invloed heeft op de verzilting.

1.2 Beoogd resultaat geohydrologische analyse

Het resultaat van de geohydrologische analyse is als volgt beschreven in de opdracht:

¹ BI8482-WM-ME-231219-2212 - Uitgangspunten notitie Geohydrologische analyse - DEF

Het beoogde resultaat is een rapportage met de geohydrologische analyses van het project waarin minimaal onderstaande effecten zijn meegenomen:

- De verwachte verandering van de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket en mogelijke effecten op de freatische waterstand in het achterland;
- Een analyse van het mogelijke effect van de vooroever op de hoeveelheid dijkkwel door de dijk;
- Een analyse van de omvang van de GABI/STMI opgave, met inzicht in de oplossingsrichtingen, zodat in het ontwerpspoor expliciet kan worden aangetoond of aan de waterveiligheidseisen wordt voldaan.
- Ook bevat het rapport een advies hoe negatieve effecten op gebied van geohydrologie kunnen worden voorkomen en een advies over de eisen die over genomen moeten worden in het contract met betrekking tot geohydrologische aspecten.

1.3 Aanwijzingen vanuit OG

In de opdracht staan enkele aanwijzingen van gegevens / modellen die gebruikt moeten worden. Dat zijn:

- Meetgegevens uit het grondwatermeetnet voor project versterking IJsselmeerdijk
- De meest recente versie van het AZURE grondwatermodel (indien al beschikbaar, en anders eerste analyse met een oudere versie en bij verdere uitwerking nogmaals de check of de nieuwe versie beschikbaar is en voldoende betrouwbaar in en rond het projectgebied)
- De studie zoetwaterbeschikbaarheid van ZZL [Waterbeschikbaarheid | Waterschap Zuiderzeeland – <https://www.zuiderzeeland.nl/waterbeschikbaarheid>]
- Boringen en sonderingen die in het kader van dit project zijn/worden uitgevoerd

1.3.1 Specifieke locaties

In de loop van het project zijn twee specifieke locaties benoemd waar naar de geohydrologische effecten gekeken moet worden:

- BioResearch
 - Wat is het effect op de watervoerendheid van de watergang rondom de faciliteit
- Cunet t.b.v. de verlenging van een bestaande hevelleiding ten noorden van Lelystad
 - Wat is het effect van een cunet tot aan de bestaande dijk (door de gehele vooroever, lengte circa 40 meter)?

1.4 Leeswijzer

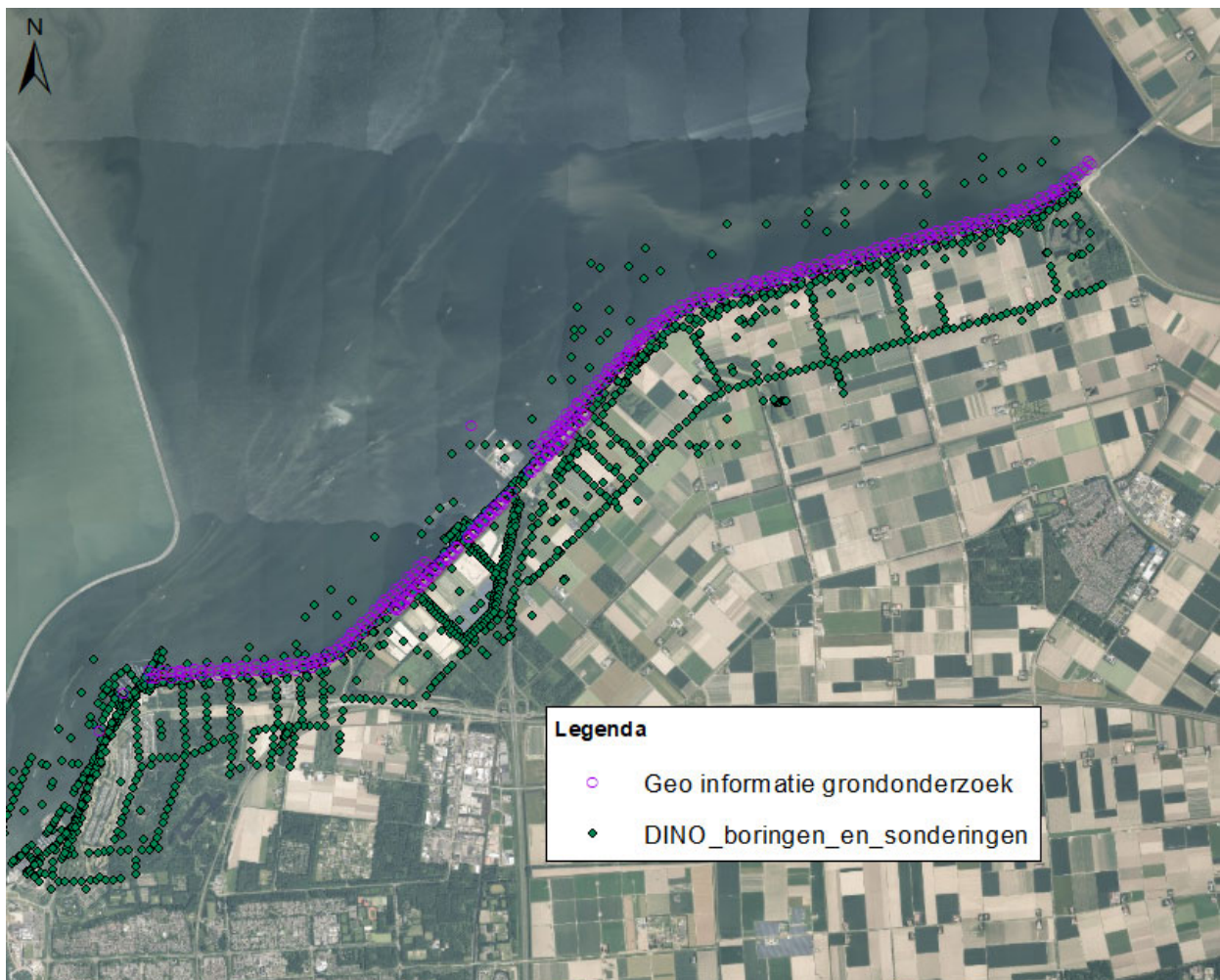
Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak van de geohydrologische analyse. In hoofdstuk 3 wordt de geohydrologische situatie, inclusief bodemopbouw, beschreven. In hoofdstuk 4 wordt het ontwerp van de dijkversterking met vooroever toegelicht. Daarbij worden ook de mogelijke geohydrologische effecten benoemt. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 het gebruikte grondwatermodel beschreven. Hoofdstuk 6 geeft een overzicht van de resultaten van de berekeningen met het grondwatermodel. Hoofdstuk 7 geeft een beschrijving van de resultaten van het onderzoek naar de locaties met een GABI opgave en het effect van de vooroever daarop. Tenslotte zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen in hoofdstuk 8.

2 Aanpak en gebruikte gegevens geohydrologische analyse

Voor de geohydrologische analyse is gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens over de bodemopbouw en geohydrologie.

2.1 Gegevens bodemopbouw

Voor de bodemopbouw is gebruik gemaakt van gegevens uit Regis, de bodemkaart en de geohydrologische atlas IJsselmeergebied² voor de beschouwing van het regionale systeem. Aanvullend daarop is voor de lokale situatie op de projectlocatie gebruik gemaakt van boringen en sonderingen opgenomen in DinoLoket/BRO en de in het kader van dit project uitgevoerde aanvullende boringen en sonderingen.

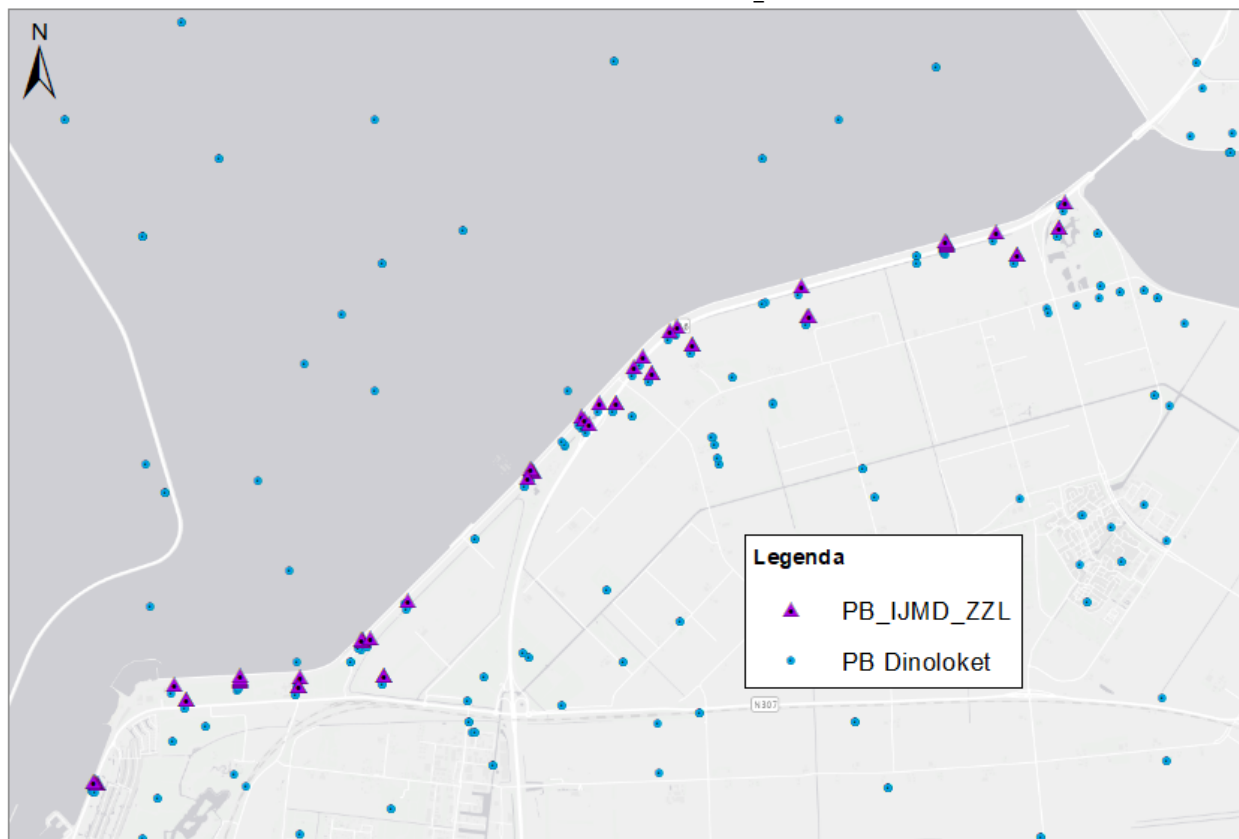


Figuur 2-1 Overzicht gebruikte boringen en sonderingen uit DinoLoket en uit het aanvullende bodemonderzoek

² Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied - Rijkswaterstaat, DBW/RIZA, Lelystad 1991

2.2 Gegevens geohydrologie

Voor de geohydrologie is gebruik gemaakt van modelresultaten uit het Azure model voor de beschouwing van het regionale systeem. Aanvullend daarop is gebruik gemaakt van de in het kader van dit project geplaatste peilbuizen op en in de nabijheid van de dijk.



Figuur 2-2 Overzicht beschikbare peilbuizen. NB Niet voor alle Dino peilbuizen zijn recente meetreeksen beschikbaar.

2.3 Aanpak geohydrologische analyse

Op basis van de beschikbare gegevens is het regionale geohydrologische systeem in beeld gebracht. Vervolgens is voor het ontwerp van de dijkversterking bepaald welke mogelijke effecten er kunnen optreden op het geohydrologische systeem. Deze mogelijke effecten zijn vervolgens doorgerekend waarbij onderscheid is gemaakt tussen effecten op het diepere geohydrologische systeem waarbij mogelijk effecten optreden tot op relatief grote afstand van de dijkversterking en effecten op het ondiepe lokale systeem waarbij effecten kunnen optreden op de dijk zelf. Indien nodig is ook onderscheid gemaakt tussen de aanlegfase en de eindsituatie/beheerfase.

3 Geohydrologische situatie

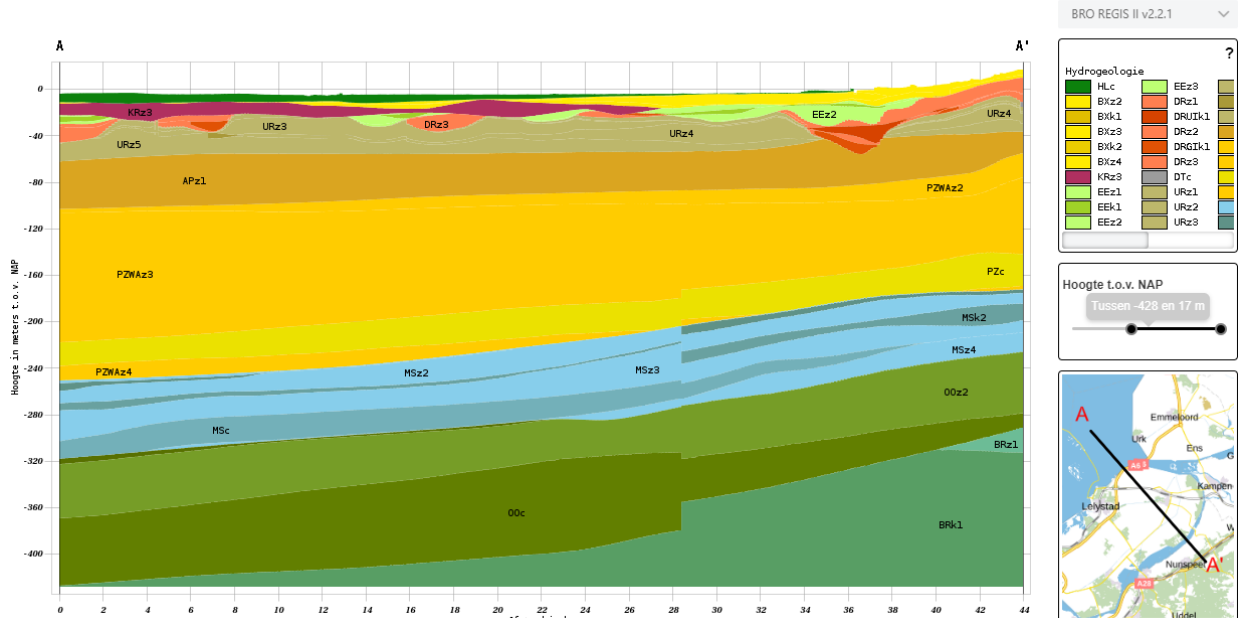
3.1 Bodemopbouw

Globaal bestaat de bodemopbouw uit een deklaag bestaande uit klei en veen op een dik watervoerend pakket met daarin lokaal nog (relatief dunne) slecht doorlatende lagen. Pas op een diepte van -300 tot -400 m NAP komt er een regionale slecht doorlatende laag voor (klei uit de Formatie van Breda). Figuur 3-1 geeft de bodemopbouw volgens Regis II weer op een NW-ZO doorsnede over het projectgebied.

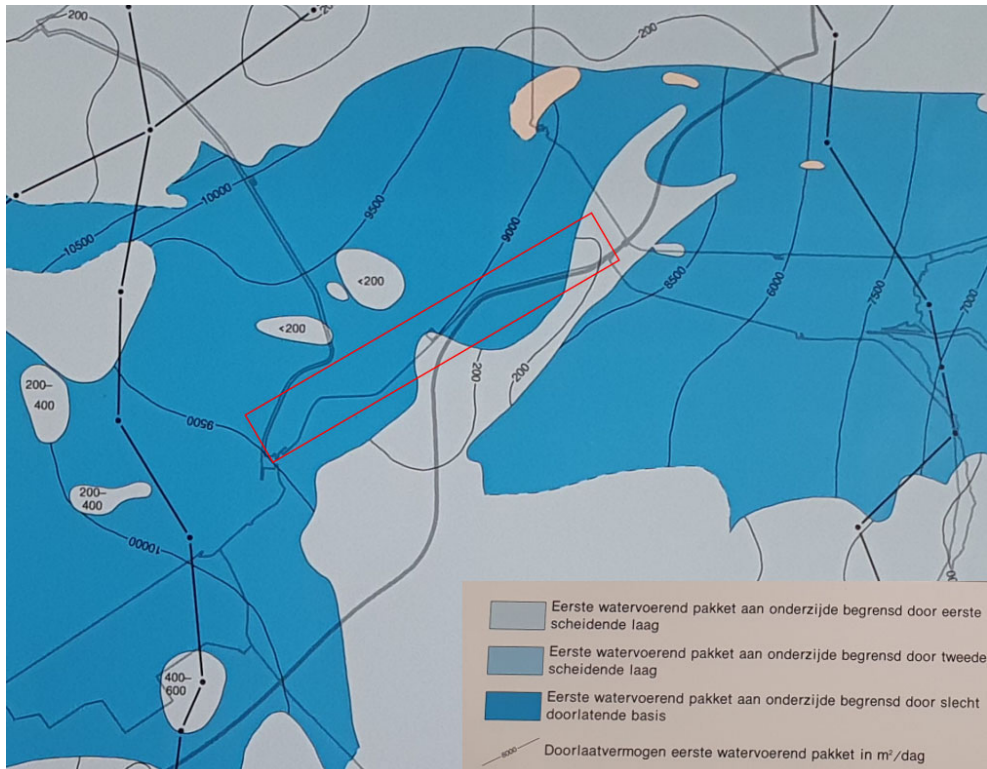
De Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied geeft een doorlaatvermogen (kD) van circa 9000 tot 10000 m²/d voor het eerste watervoerende pakket (Figuur 3-2). Lokaal komt ondiep een weerstandbiedende laag voor. Het doorlaatvermogen boven deze weerstandbiedende laag is circa enkele honderden m²/d.

De weerstand van de deklaag wordt sterk bepaald door de aanwezigheid van basisveen. In de Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied wordt voor het buitendijkse gebied een weerstand in dagen aangehouden van 22000 + 1100 x dikte deklaag (in meter) voor de delen waar basisveen aanwezig is. Voor delen zonder basisveen is de weerstand (in dagen) circa 1100 x dikte deklaag (in meter). Voor het basisveen wordt dus een weerstand van 22000 dagen aangehouden. Figuur 3-3 geeft de resulterende weerstand. Daarbij valt op dat de weerstand in het binnendijkse gebied veel lager wordt ingeschat, ook als basisveen aanwezig is. Onder paragrafen 5.3.1 en 5.3.2 wordt de in het model gebruikte weerstand verder onderbouwd. In het buitendijkse gebied zijn ook een groot aantal 'zuigputten' te zien (situatie 1985). Hier is de deklaag deels weggehaald om het onderliggende zand te winnen. De resterende weerstand is een stuk lager dan de weerstand buiten deze gebieden.

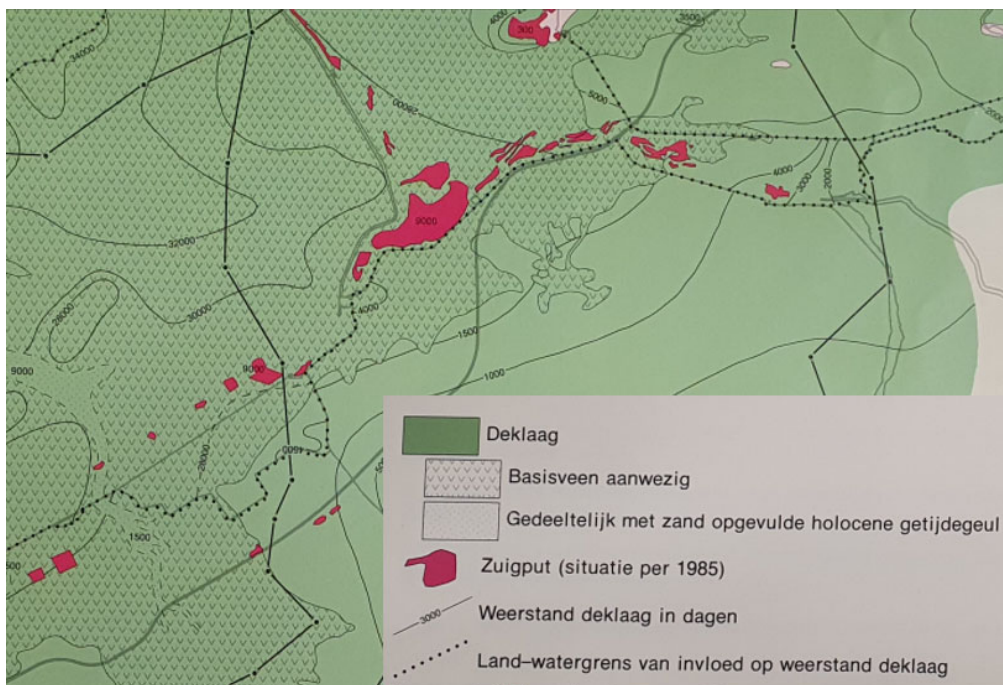
Verticale Doorsnede BRO REGIS II v2.2.1



Figuur 3-1 NW-ZO doorsnede bodemopbouw Regis II v2.2.1, tot circa -400 m NAP.

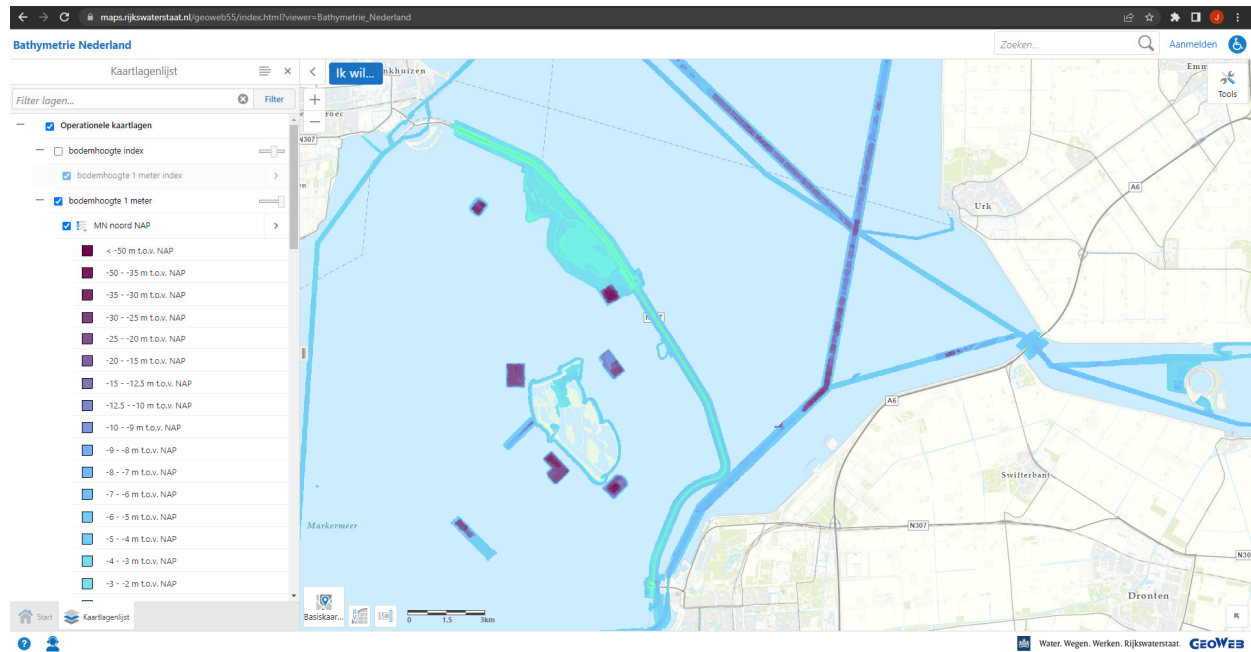


Figuur 3-2 Overzicht doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket volgens Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied (RWS/RIZA, 1990)



Figuur 3-3 Overzicht samenstelling en weerstand van de deklaag volgens Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied (RWS/RIZA, 1990)

Naast de 'zuigputten' op de kaart uit 1985 is op de bathymetriekaarten³ van het IJsselmeer te zien dat er ter plaatse van de vaargeulen en op enkele andere locaties (bv rond Markerwadden) tot grote diepte is ontgraven. Deze vaargeulen liggen op relatief grote afstand van de dijk. Op navigatiekaarten⁴ zijn nog wel de dieptes te zien dichters langs de dijk, deze locaties komen overeen met de locaties van zuigputten op de kaart uit 1985. De diepe delen liggen op enkele honderden meters afstand van de dijk (minimaal 200 à 300 meter).



Figuur 3-4 Bathymetrie IJsselmeer. NB alleen bij de vaargeulen en enkele zandwinputten is de bodemhoogte/bathymetrie opgenomen. Daarbuiten zijn geen gegevens opgenomen op deze kaart.



Figuur 3-5 Navigatiekaart met waterdieptes. Indicatief opgenomen om diepere delen ter plaatse van oude zuigputten weer te geven.

³ https://maps.rijkswaterstaat.nl/geoweb55/index.html?viewer=Bathymetrie_Nederland

⁴ https://webapp.navionics.com/#boating@12&key=agx_lqpm%60%40

Voor de lokale bodemopbouw ter plaatse van de dijk, de vooroever en het binnendijkse gebied achter de dijk is gebruik gemaakt van de beschikbare boringen en sonderingen. Op basis hiervan is een groot aantal profielen opgesteld (Figuur 3-6).

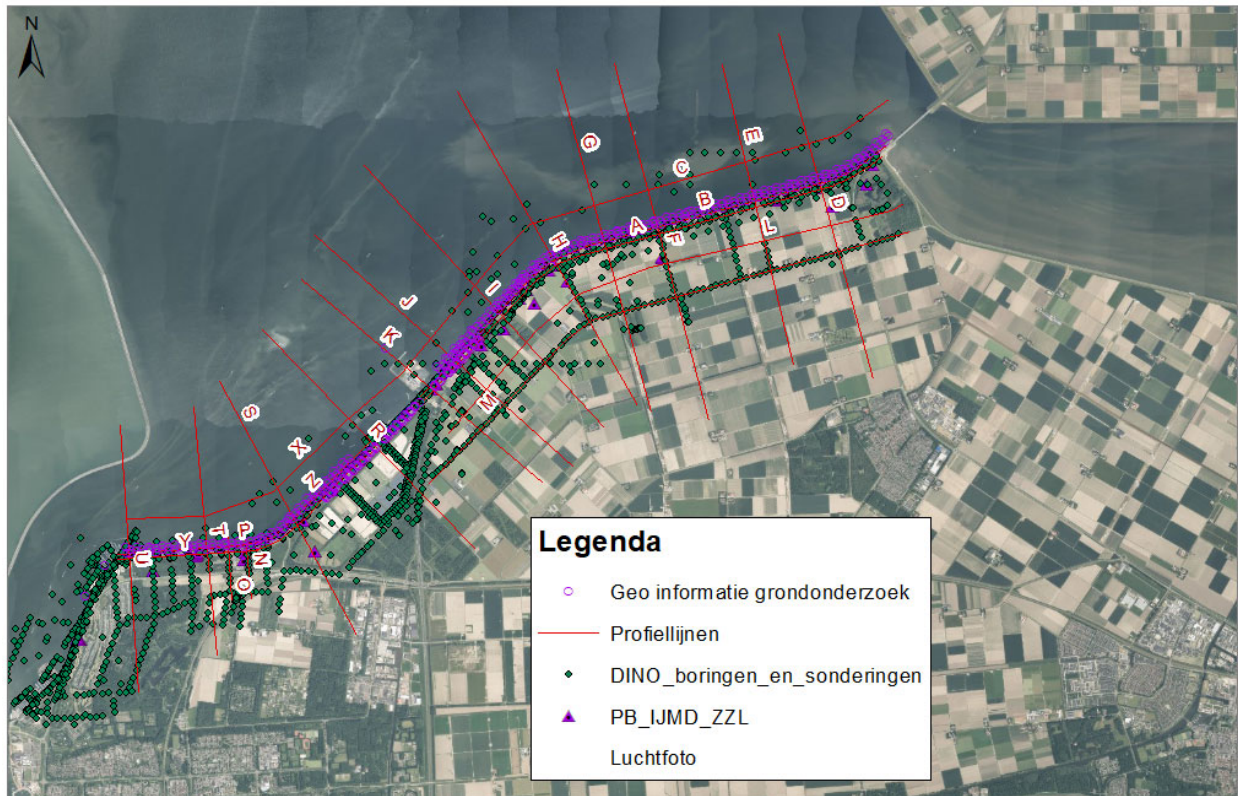
Profiel A (Figuur 3-7) geeft een overzicht van de bodemopbouw in het noordoostelijke deel van het projectgebied. De deklaag bestaande uit klei en veen is duidelijk te herkennen, net als het onderliggende watervoerende pakket. De onderzijde van de deklaag ligt op circa -12 m NAP in het zuidwestelijke deel en verloopt naar circa -10 m NAP in het noordoostelijke deel. In het meest noordoostelijke deel is ook de weerstandbiedende laag in het watervoerende pakket zichtbaar. De dikte van het watervoerende pakket tussen de deklaag en deze weerstandbiedende laag is hier circa 10 meter.

Profielen Z en Y (Figuur 3-8 en Figuur 3-9) geven een overzicht van de bodemopbouw in het zuidwestelijke deel van het projectgebied. Hier zijn slechts enkele diepere boringen/sonderingen beschikbaar. Bij enkele diepe boringen/sonderingen is een slecht doorlatende laag te zien die begint rond -20 m NAP. De onderzijde van de deklaag zit in dit gebied op circa -12 m NAP.

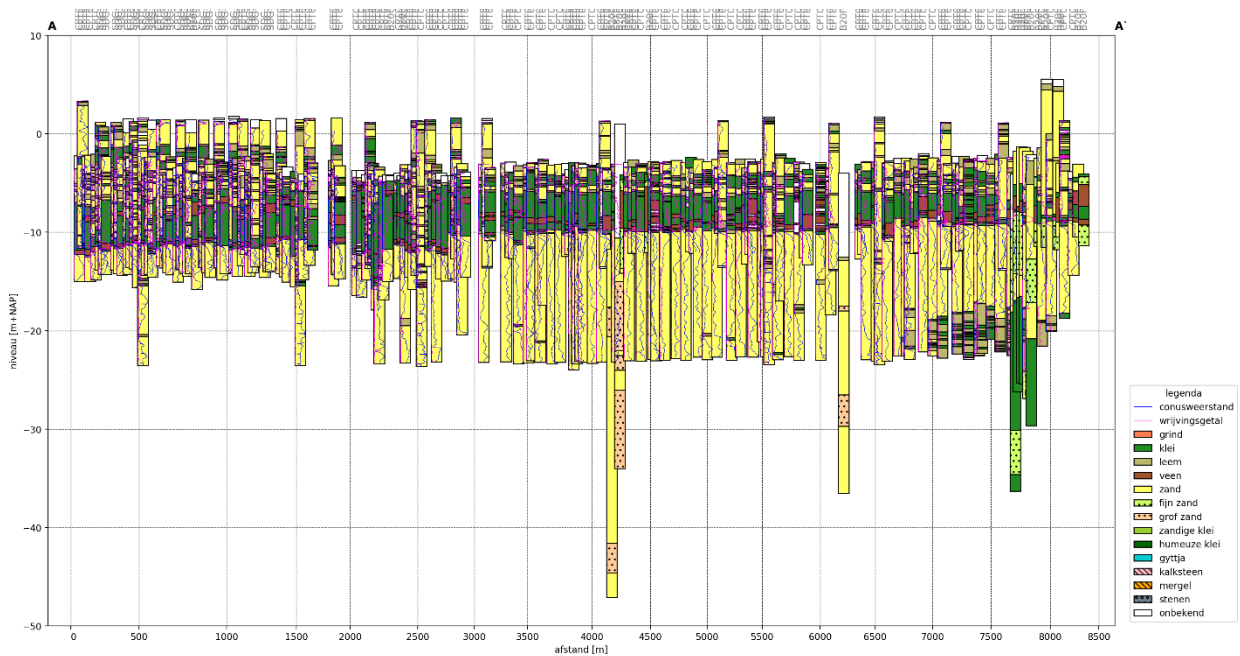
In vrijwel alle boringen is aan de onderzijde van de deklaag een dun veenlaagje te zien, waarschijnlijk basisveen.

De bodemopbouw zoals die volgt uit de opgestelde profielen past goed bij de bodemopbouw zoals die in het Azure model is opgenomen. De hoogteligging van de onderzijde van de deklaag (rond -12 m NAP) en de lokale weerstandslagen rond -20 m NAP in het meest noordoostelijke en zuidwestelijke deel van het projectgebied komen overeen met de laagopbouw en de opgenomen weerstandslagen in het model. De deklaagdikte en opbouw in het gebied vanaf het cunet tot aan het binnendijkse gebied komt ook goed overeen (dikte en geschatte weerstand).

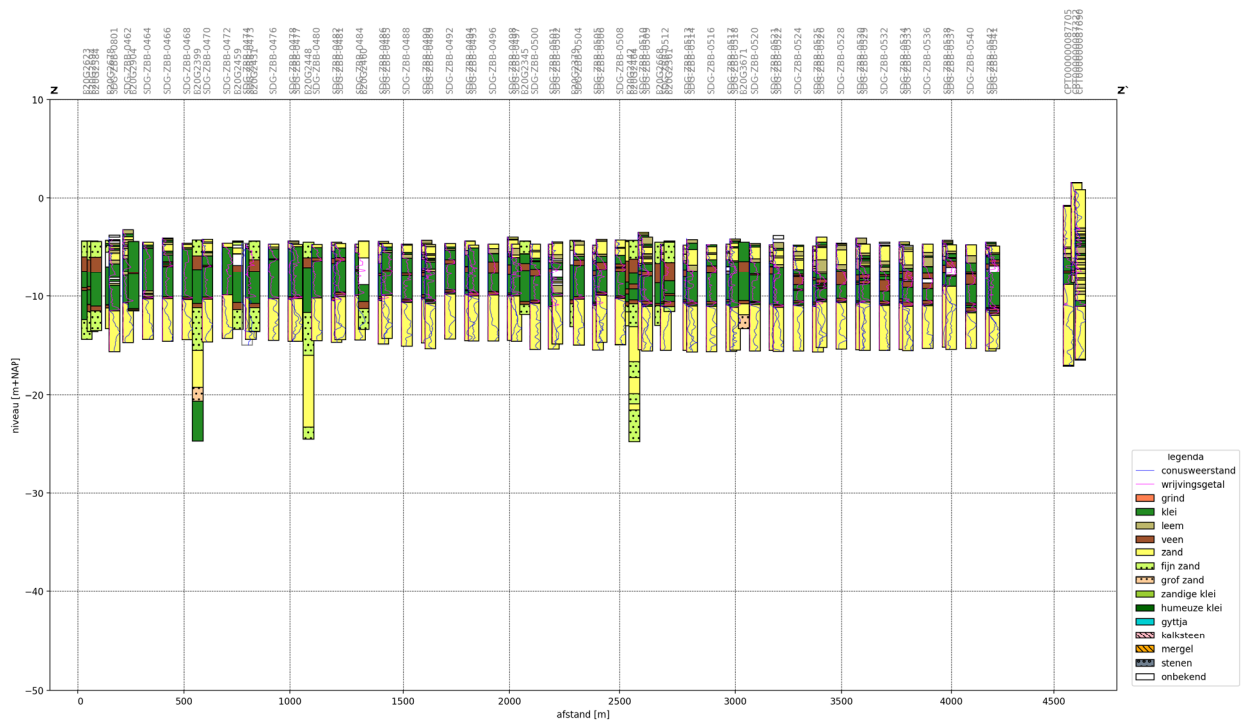
Bij de effectbeschrijving is voor een aantal locaties ook een dwarsdoorsnede met daarin de boringen opgenomen zodat de relatie tussen de bodemopbouw en de berekende grondwaterstand en stijghoogte en de effecten daarop goed te zien is.



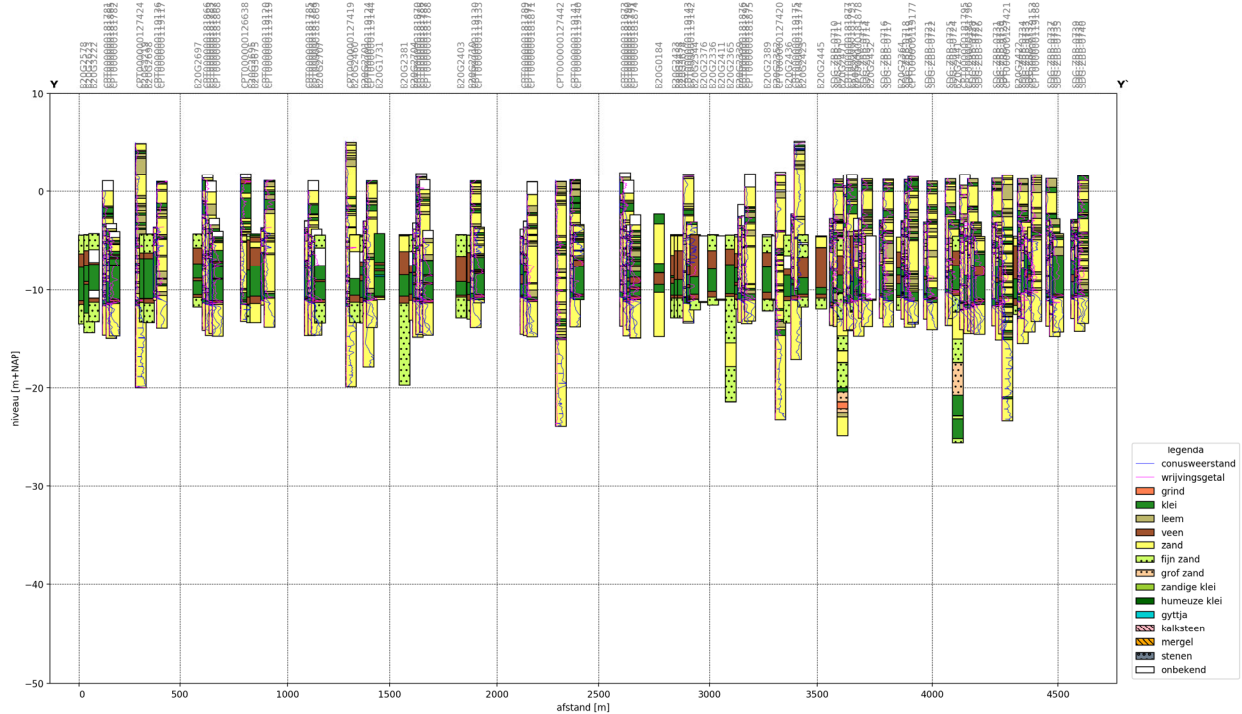
Figuur 3-6 Overzicht profielen en beschikbare boringen en sonderingen.



Figuur 3-7 Dwarsprofiel met boringen en sonderingen. Noordoostelijk deel van het projectgebied (profiel A, over de dijk).



Figuur 3-8 Dwarsprofiel met boringen en sonderingen. Noordoostelijk deel van het projectgebied (profiel Z, over de vooroever).



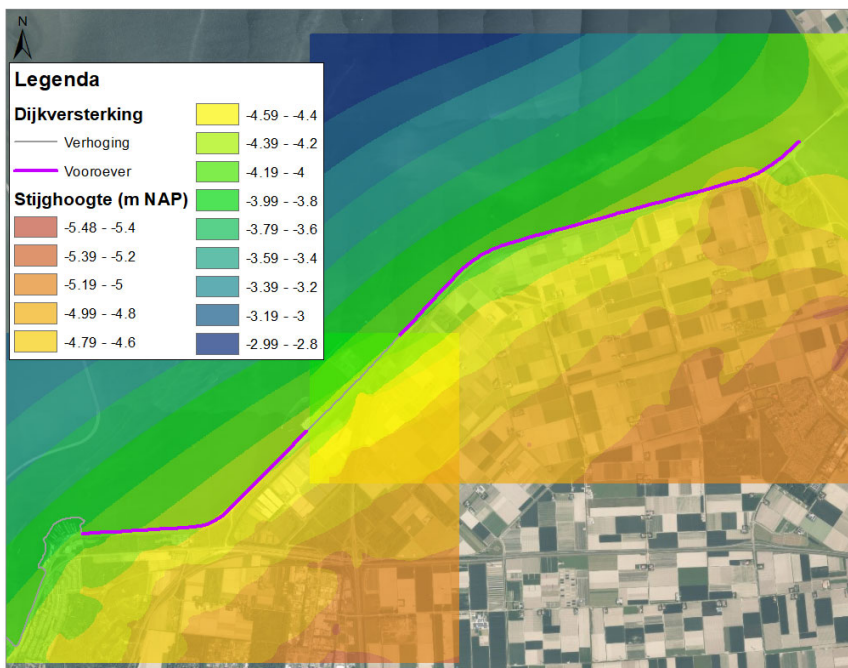
Figuur 3-9 Dwarsprofiel met boringen en sonderingen. Zuidwestelijk deel van het projectgebied (profiel Y, over de dijk)

3.2 Grondwaterstand en stijghoogte

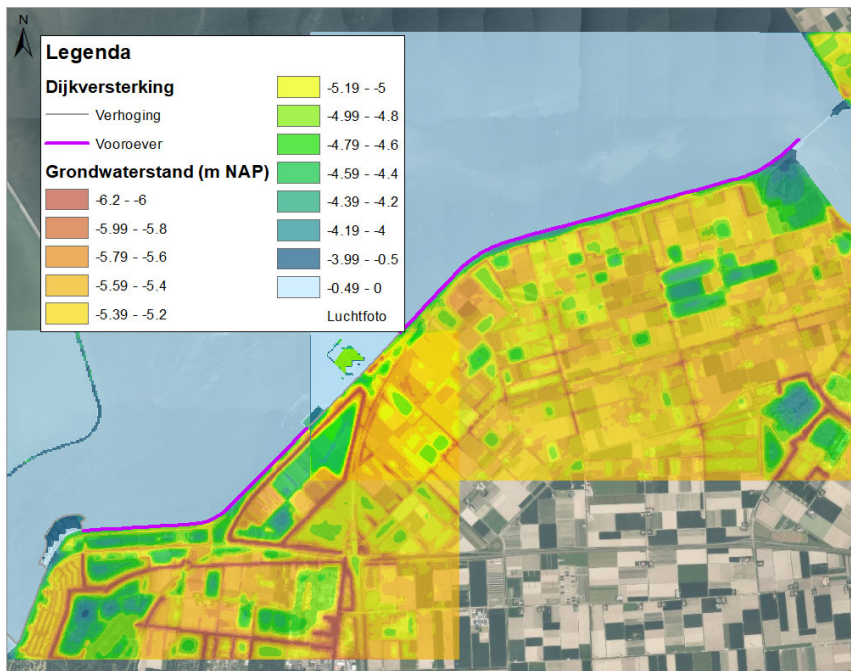
De grondwaterstand en stijghoogte in het projectgebied worden sterk bepaald door de verschillende peilen in het IJsselmeer (circa -0.4 m NAP) en in de Flevopolder (varieert globaal tussen -5 en -6 m NAP in en rond het projectgebied). Hierdoor is er een permanente wegzijging vanuit het IJsselmeer waarbij water door de deklaag naar beneden stroomt het watervoerende pakket in en vanaf daar richting de Flevopolder stroomt.

Figuur 3-10 geeft de met het grondwatermodel berekende stijghoogte weer (combinatie van twee detailmodellen). Hierin is duidelijk het verloop van een relatief hoge stijghoogte onder het IJsselmeer naar een lage stijghoogte onder de Flevopolder te zien.

In de (berekende) grondwaterstand is duidelijk het slotenpatroon te zien (Figuur 3-11). De grondwaterstand varieert veel sterker dan de stijghoogte. Direct rondom de grotere watergangen is de grondwaterstand laag. In tussenliggende delen is de grondwaterstand lokaal flink hoger door opbolling van de grondwaterstand bij niet of minder sterk gedraineerde percelen.

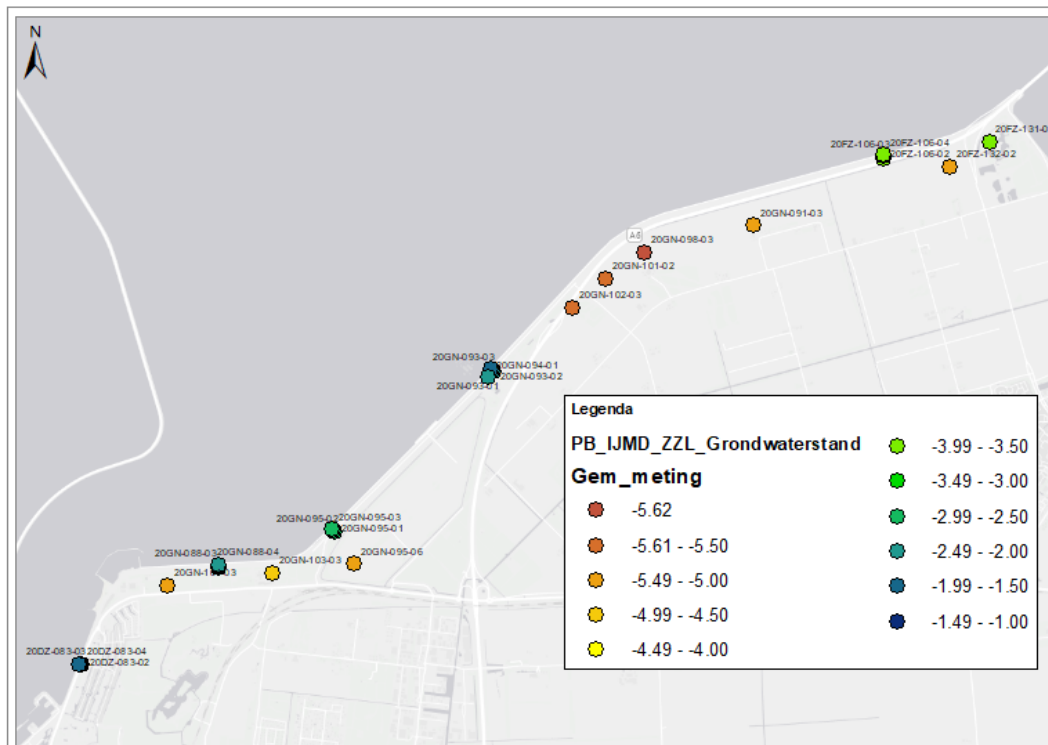


Figuur 3-10 Berekende stijghoogte huidige situatie (detailmodel Noord en detailmodel Zuid)

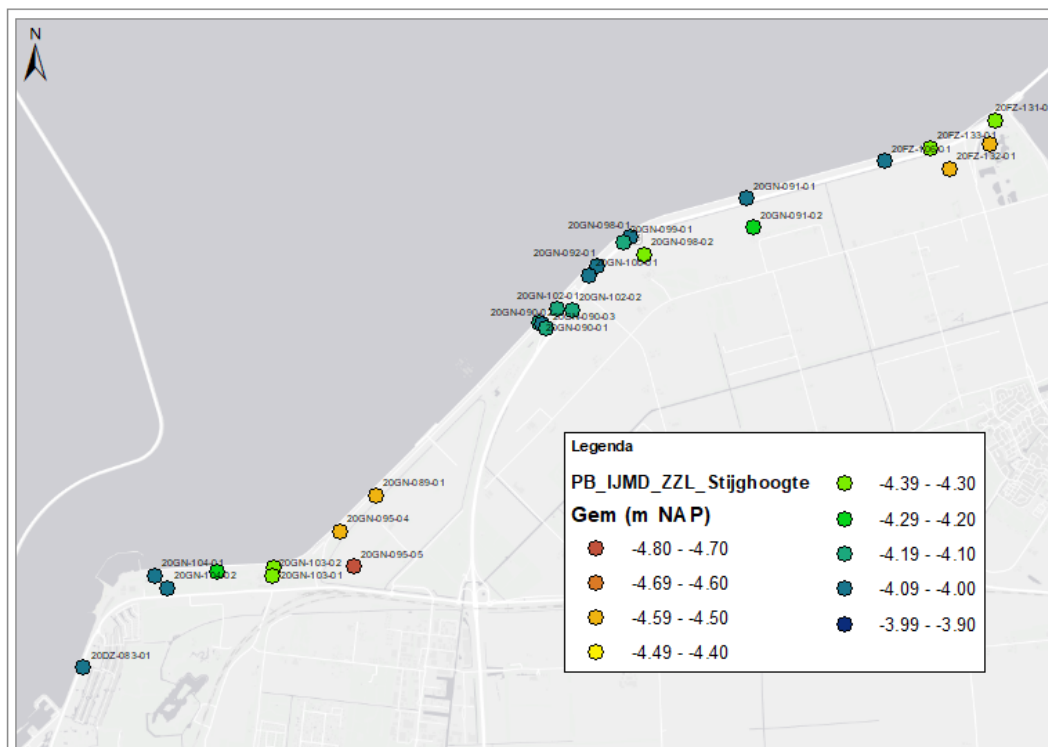


Figuur 3-11 Berekende grondwaterstand huidige situatie (detailmodel Noord en detailmodel Zuid)

In de meetreeksen van de peilbuizen is te zien dat de grondwaterstand in de dijk zelf relatief hoog kan zijn ten opzichte van het peil in de Flevopolder. Op korte afstand tot de dijk (meer de polder in) is de gemeten grondwaterstand direct een stuk lager, meer in overeenstemming met het gehanteerde polderpeil (Figuur 3-12). De gemiddelde gemeten stijghoogte varieert over het dijktraject tussen -4.0 en -4.5 m NAP. Op enige afstand tot de dijk (meer de polder in) is de gemeten stijghoogte het laagst (Figuur 3-13).



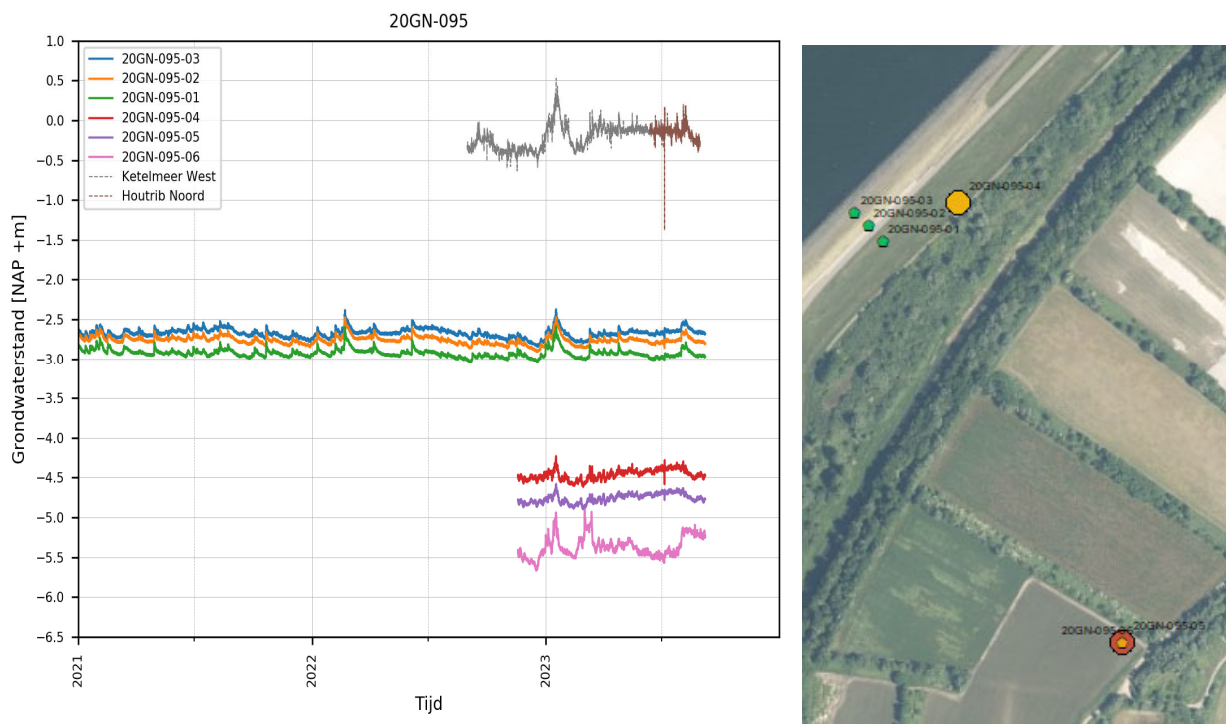
Figuur 3-12 Gemeten grondwaterstand (gemiddeld) peilbuizen op en langs de dijk.



Figuur 3-13 Gemeten gemiddelde stijghoogte peilbuizen op en rond de dijk.

Voor een aantal raaien van peilbuizen is het gemeten verloop van de grondwaterstand en stijghoogte vergeleken met het verloop van het peil in het IJsselmeer. Figuur 3-14 geeft de metingen weer voor raai 20GN-095. Hier is duidelijk verschil te zien tussen enkele reeksen. De gemeten grondwaterstand in de

dijk in buizen 01, 02 en 03 zit tussen het IJsselmeerpeil en de stijghoogte in. In buis 06 wordt een lage grondwaterstand gemeten die past bij het gehanteerde polderpeil. In buizen 04 en 05 wordt de stijghoogte gemeten. Hierin is een licht verhang vanaf het IJsselmeer naar de polder te zien. De stijghoogte is duidelijk lager dan de grondwaterstand in de dijk, maar wel hoger dan de grondwaterstand meer in de polder (bij buis 05 en 06). Meetreeksen van de overige raaien zijn opgenomen in Bijlage 3.

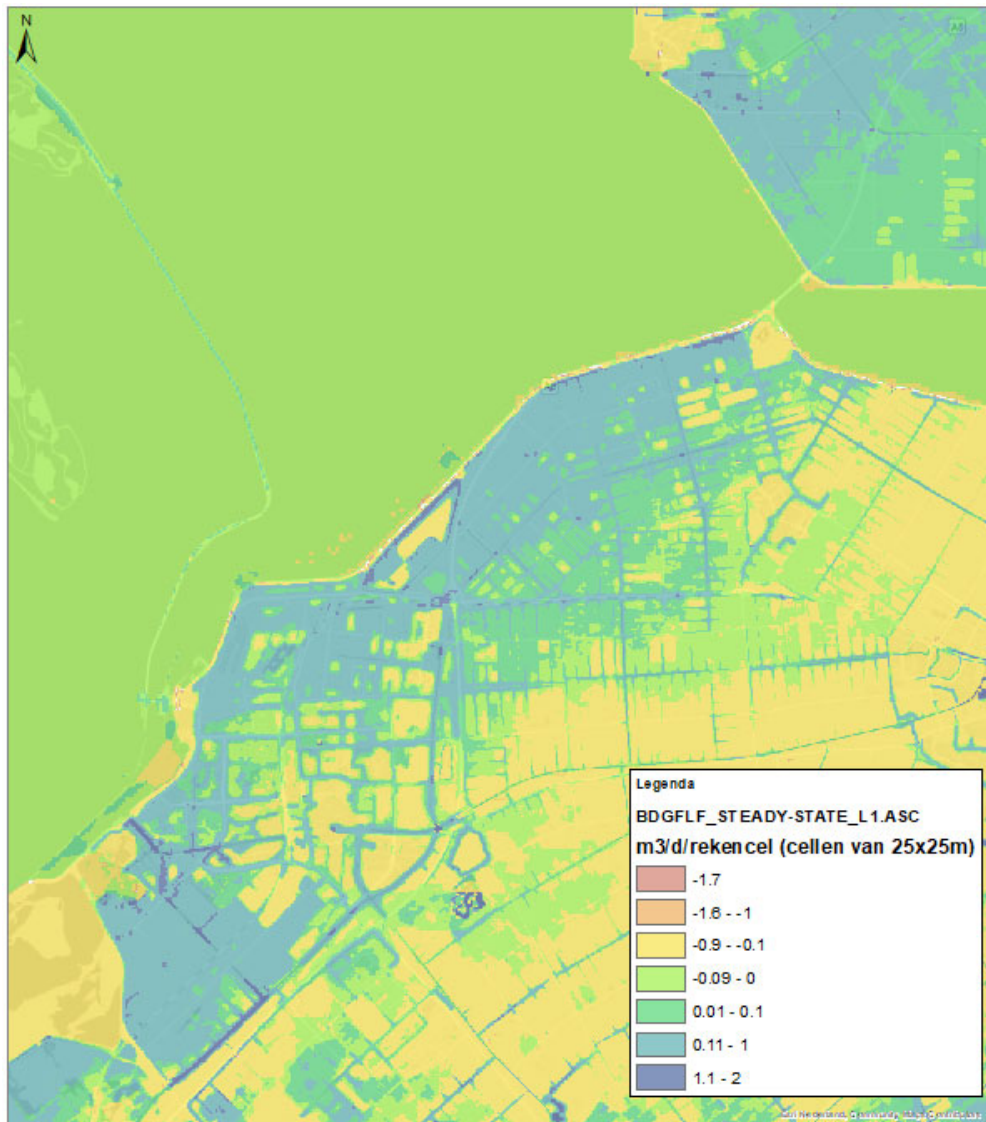


Figuur 3-14 Gemeten verloop grondwaterstand en stijghoogte peilbuizen raai 20GN-095 en peil IJsselmeer (links) en detail locaties peilbuizen (rechts). Vijfhoeken geven meting grondwaterstand aan en cirkels geven meting stijghoogte aan.

3.3 Kwel en wegzijging

Er is sprake van permanente wegzijging vanuit het IJsselmeer en kwel in de Flevopolder. De mate van wegzijging en kwel wordt bepaald door het peilverschil, de weerstand van de deklaag onder de IJsselmeerbodem, de doorlatendheid van het onderliggende watervoerende pakket, de weerstand van de deklaag in de polder en de ontwatering in de polder (drainage, greppels, sloten die al dan niet deels door de deklaag heen snijden).

Figuur 3-15 geeft de berekende kwel en wegzijging weer (bdgff) in m³/d/rekencil. Omgerekend naar mm/d is de wegzijging vanuit het IJsselmeer laag, circa 0.03 tot 0.06 mm/d. Ter plaatse van de dijk en andere hogere delen is er sprake van wegzijging van het neerslagoverschot (circa 0.45 tot 0.8 mm/d). In de overige delen van de polder is er sprake van kwel. In het centrale deel vrijwel alleen in de (grotere) waterlopen en in de zone langs de dijk vrijwel vlakdekkend (behalve bij ongedraineerde en wat hoger liggende percelen). Direct langs de dijk wordt tot enkele mm/d kwel berekend.



Figuur 3-15 Berekende kwel en wegzijging, weergegeven in m3/d/rekenel (rekencellen van 25x25m).
Positieve waardes geven kwel aan, negatieve waardes geven wegzijging aan.

4 Ontwerp

4.1 Overzicht

De dijk wordt deels traditioneel versterkt en deels door het aanleggen van een vooroever met vooroeverdam. Ten bate van de aanleg van de vooroeverdam wordt -mogelijk- een cunet ontgraven. Omdat deze aanlegmethodiek de meeste impact heeft op de geohydrologische situatie is deze situatie als leidend verondersteld. Figuur 4-1 toont de trajecten met de verschillende methoden van dijkversterking.



Figuur 4-1 Overzicht methode dijkversterking per deelgebied.

De vooroeverdam komt minimaal 40m en maximaal 120m van de dijkteen te liggen. Ten tijde van het schrijven van deze notitie is het echter nog niet volledig duidelijk of er daadwerkelijk gekozen gaat worden voor maximaal 120 meter of maximaal 60m. In de geohydrologische analyse wordt derhalve van de meeste impact uitgegaan (kleinste afstand tussen cunet en dijk):

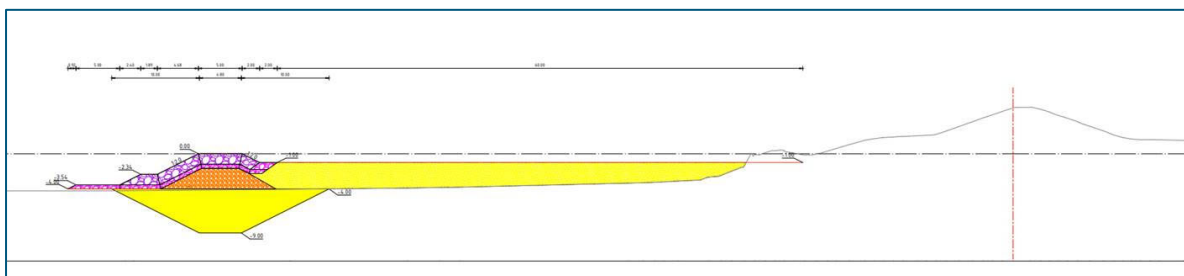
- Vooroeverdam zuidwestelijke traject op 40 tot 60 meter van de teen van de dijk
- Vooroeverdam noordoostelijke traject op 50 tot 70 meter van de teen van de dijk.

Als toch wordt gekozen voor de variant met 120 meter brede vooroever dan ligt het cunet voor de vooroeverdam verder van de dijk. Daarmee is het effect van de gedeeltelijke doorgraving van de deklaag kleiner dan bij de variant waar nu in de analyse van wordt uitgegaan.

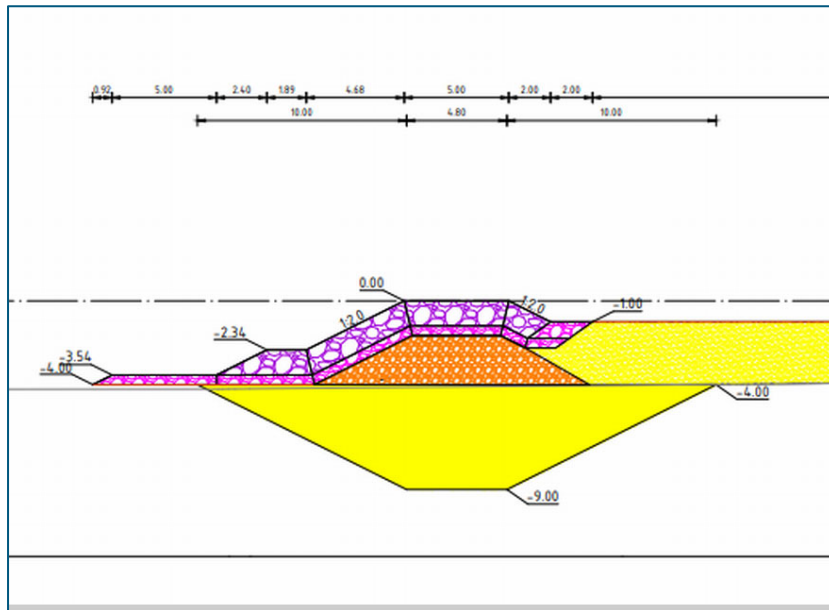
De cunetdiepte varieert over de trajectlengte. Om kortsluiting tussen het IJsselmeer en het eerste watervoerende zandpakket onder de IJsselmeerbodem te voorkomen, dient altijd tenminste 1.0 m van het Holocene pakket (bestaand uit waterremmend materiaal) te resteren onder de cunetbodembodem. De deklaag wordt dus niet volledig doorsneden door het cunet.

Tussen het cunet en de dijk wordt een vooroever gerealiseerd. Deze wordt mogelijk gedeeltelijk aangelegd met matig tot slecht waterdoorlatend materiaal. De bovenste laag wordt aangelegd met zandig materiaal. Bij gebruik van matig tot slecht doorlatend materiaal wordt weerstand toegevoegd ter plaatse van de vooroever. Bij gebruik van goed doorlatend materiaal (zand) wordt geen weerstand toegevoegd en is er geen effect van de vooroever. In deze analyse is uitgegaan van het - toepassen van matig tot slecht waterdoorlatend materiaal om inzicht te krijgen in de mogelijk effecten hiervan. Het is vanuit hydrologisch oogpunt echter geen vereiste om matig tot slecht waterdoorlatend materiaal toe te passen.

Figuur 4-2 geeft een doorsnede van het principeprofiel van de vooroeverdam met onderliggend cunet en de vooroever tot aan de dijk. Figuur 4-3 geeft een detail van het aan te brengen cunet. Het diepste deel is circa 5 tot 6,5 meter breed. De maximale breedte ter hoogte van de IJsselmeer bodem is circa 25-27 meter. De gemiddelde breedte is circa 15 meter. De dikte van de aan te brengen laag voor de vooroever varieert. Dit is ook afhankelijk van het uiteindelijke ontwerp.



Figuur 4-2 Principeprofiel vooroeverdam met cunet en vooroever.



Figuur 4-3 Principeprofiel vooroeverdam met cunet.

4.2 Mogelijke geohydrologische effecten

4.2.1 Stijghoogte, grondwaterstand en kwel

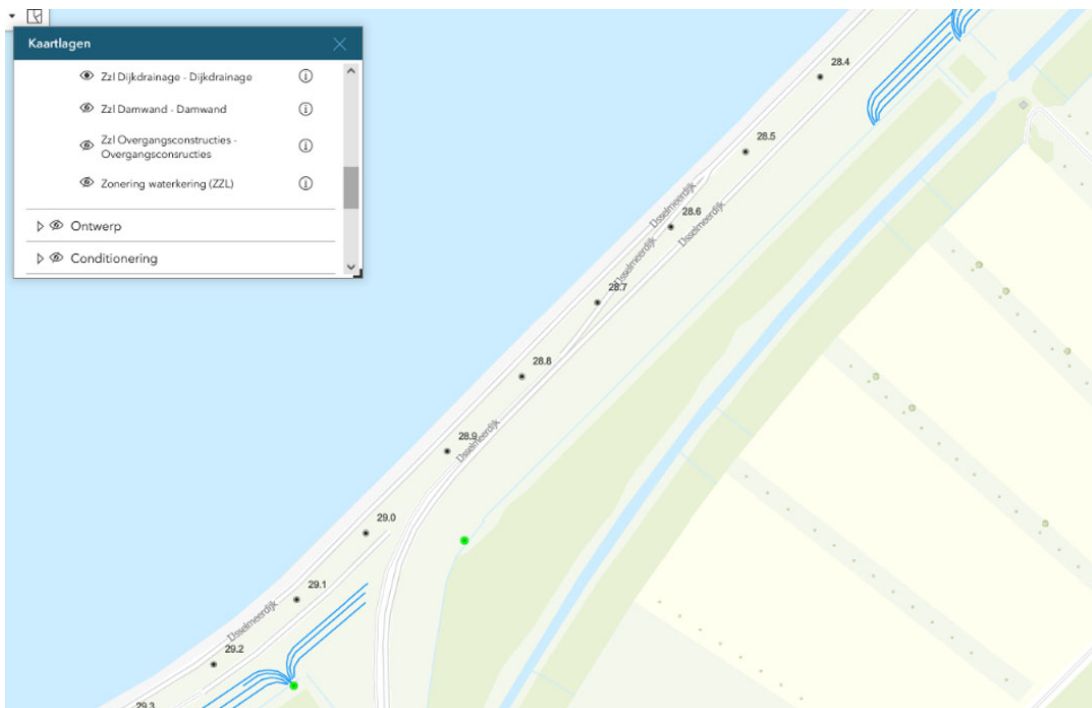
Ter plaatse van het aan te brengen cunet wordt de holocene deklaag deels verwijderd. Om kortsluiting met het onderliggende watervoerende pakket te voorkomen wordt minimaal 1.0 meter van de deklaag niet ontgraven. Door het verwijderen van een deel van de deklaag zal de weerstand ter plaatse van het cunet verminderen. In de huidige situatie is de weerstand enkele duizenden tot tienduizenden dagen. Door de laatste 1.0 meter van de deklaag te laten zitten blijft een deel van de weerstand aanwezig. Deze restweerstand is belangrijk voor het effect op de stijghoogte onder het cunet. Des te lager deze weerstand is des te groter de verhoging van de stijghoogte in het watervoerende pakket onder het cunet. Via dit watervoerende pakket reiken de effecten ook tot onder de dijk en het binnendijkse gebied. Een verhoging van de stijghoogte zorgt hier voor extra kwel en afhankelijk van de mate van ontwatering en drainage mogelijk ook voor verhoging van de grondwaterstand. Als de deklaag volledig wordt ontgraven, bijvoorbeeld als deze op een locatie onverwacht dun is (bv bij aanwezigheid van een met zand opgevulde geul in de bodem) dan is het effect op de stijghoogte en daarmee op kwel en grondwaterstand binnendijks naar verwachting veel groter.

Het aanbrengen van de vooroever zorgt juist voor een toename van de weerstand van het holocene pakket (uitgaande van een vooroever (gedeeltelijk) bestaande uit matig tot slecht doorlatend materiaal). Doordat er in de huidige situatie al een behoorlijk grote weerstand aanwezig is zal het effect op de wegzijging naar het onderliggende watervoerende pakket minimaal zijn. Mogelijk is er wel meer interactie tussen de zone direct naast de dijk en het dijklichaam zelf. Een toename van de weerstand als gevolg van de aanleg van de vooroever kan dan zorgen voor minder wegzijging in het dijklichaam en/of een kleinere kwelstroom door de dijk. Gezien de permanente wegzijgingssituatie net buitendijks wordt verwacht dat de bodem hier ook bij een dunne slecht doorlatende laag al behoorlijk is dichtgeslibd. Er wordt dan ook weinig effect verwacht van het aanbrengen van de vooroever.

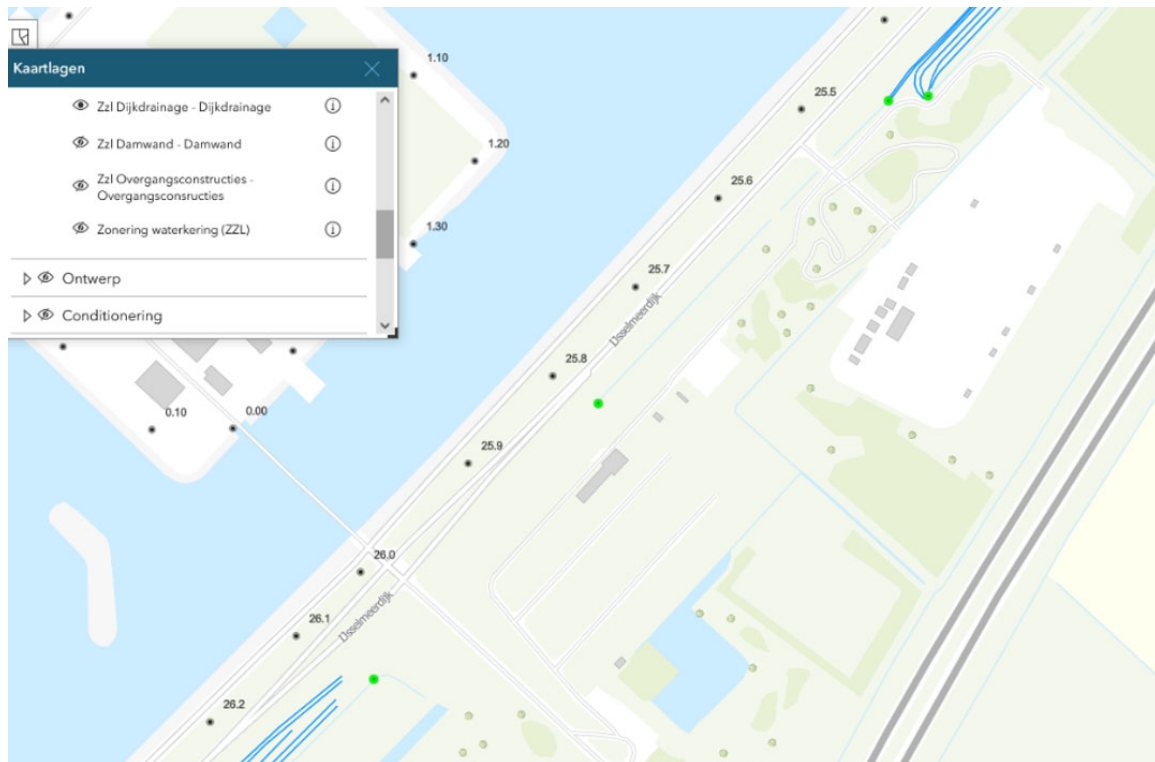
4.2.2 Freatische lijn en dijkse kwel

De dijk voldoet op een aantal locaties niet aan GABI/STMI. Dat zijn ook de locaties waar geen dijkdrainage aanwezig is:

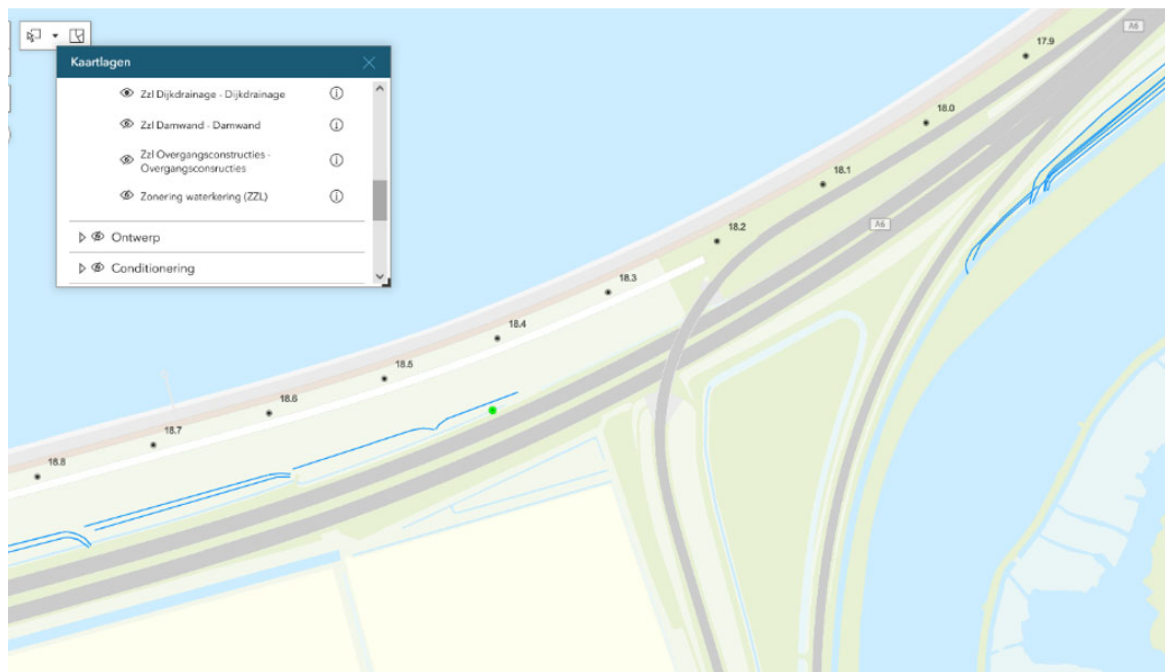
- GABI/STMI (dp 18,1 tot 18,3);
- GABI/STMI (dp 25,5 tot 26,0);
- GABI/STMI (dp 28,4 tot 29,1);



Figuur 4-4 GABI/STMI opgave dp 28.4 tot 29.1



Figuur 4-5 GABI/STMI opgave dp 25.1 tot 26.0



Figuur 4-6 GABI/STMI opgave dp 18.1 tot 18.3

In de rapportage “Nota technische onderbouwing ontwerp traditionele dijk en maatwerkvakken (OL2)” (kenmerk BI8482-RHD-XX-ZZ-RP-Z-0004) is een nadere beoordeling van het faalmechanisme GABI (gras afschuiven binnentalud) opgenomen voor 4 maatwerklocaties waar in de huidige situatie geen drainage aanwezig is in de binnenteen van de dijk. Vanwege het ontbreken van drainage, kan niet

worden uitgesloten dat een verhoging van het freatisch vlak optreedt. Om dit te voorkomen is het toepassen van drainage opgenomen als mitigerende maatregel op deze maatwerklocaties. De resultaten van voorliggende hydrologische modelberekeningen geven geen aanleiding om dit advies aan te passen.

4.3 Specifieke locaties

Bij twee specifieke locaties zijn de effecten Bij mogelijk anders en/of zijn andere effecten van belang:

BioResearch

Op deze locatie is een watervoerende sloot rondom de locatie van belang. Deze mag niet droogvallen. In de huidige situatie wordt de sloot op peil gehouden door water dat vanaf de dijksloot komt en via twee duikers naar de sloten rondom de locatie kan stromen. Door stuwen wordt het water in deze sloten vastgehouden op het gewenste peil. Als er veel minder (dijkse) kwel in de dijksloot en/of direct in de sloten rondom de locatie terechtkomt dan kunnen de sloten droogvallen.

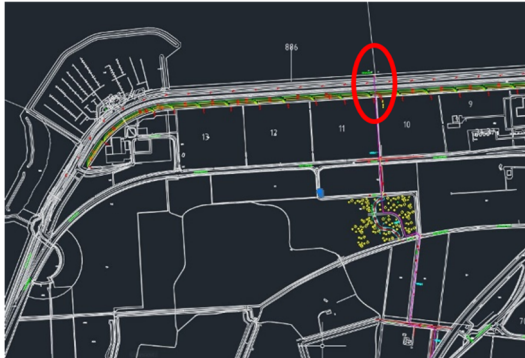


Figuur 4-7 Overzicht locatie BioResearch met omliggende sloten .

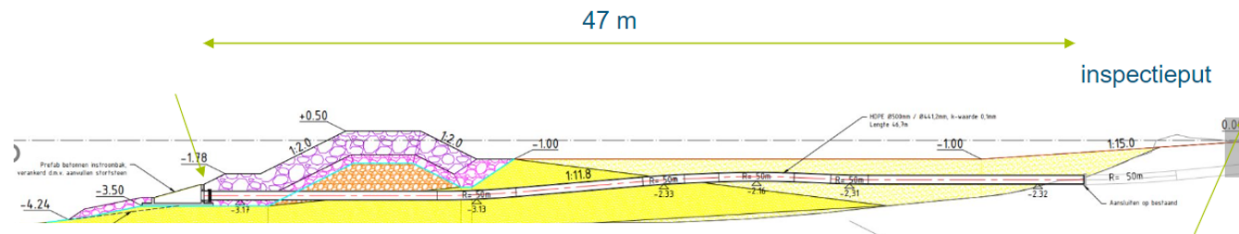
Verlengde hevel

Zuiderzeeland maakt op dit moment gebruik van een Hevel, genaamd de hevel Lelystad noord (Figuur 4-8). De hevel heeft als functie zoet water de polder in te laten om de waterkwaliteit te verbeteren. De inlaat van de hevel zit in het onderwatertalud van de huidige dijk zit. Door de aanleg van de vooroever, moet de inlaatleiding verlengd worden met circa 40 meter. In de nieuwe situatie is de inlaat voorzien in het onderwatertalud van de langsdam (Figuur 4-9).

De huidige dijk is op een cunet aangelegd en daarom weinig zettingsgevoelig. In het voorland, ter plaatse van de vooroever, zijn samendrukbare bodemlagen aanwezig. De aanleg van de vooroever zal dan ook leiden tot zettingen en, afhankelijk van de uitvoeringswijze, mogelijk ook tot rest- en verschilzettingen. Daarom wordt mogelijk een zandcunet aangelegd ten bate van de verlenging van de hevelleiding. Net als bij het cunet t.b.v. de vooroeverdijk wordt ook hier het onderste deel van de deklaag niet doorgraven. Er blijft minimaal 1 meter slecht doorlatend materiaal onder het cunet. Het deels weggraven van de deklaag zorgt voor verhoging van de stijghoogte onder de deklaag en mogelijk voor extra kwel en verhoging van de freatische grondwaterstand binnendijks.



Figuur 4-8 Locatie hevel



Figuur 4-9 Toekomstige situatie vooroever met inlaatleiding hevel.

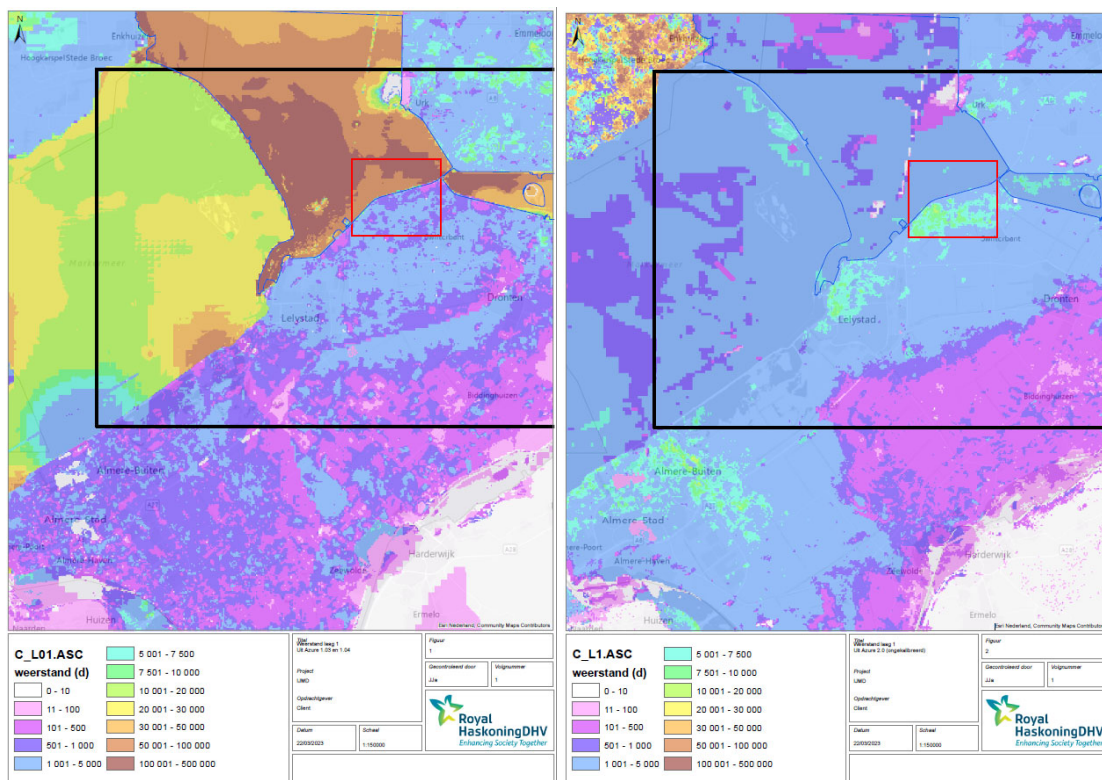
5 Grondwatermodel grootschalige effecten (Azure)

5.1 Beschrijving model

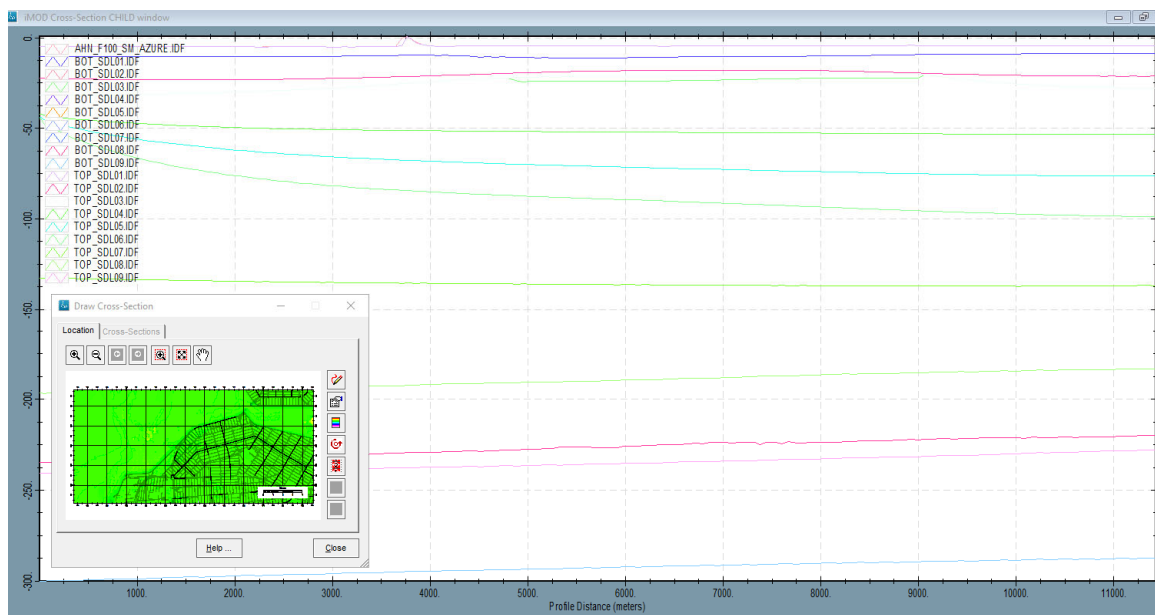
Voor het bepalen van de grootschalige effecten op grondwaterstand, stijghoogte en kwel is gebruik gemaakt van het Azure grondwatermodel. De berekeningen zijn uitgevoerd met versie 1.03 waarbij het model langs de IJsselmeerdijk is verfijnd. De keuze voor versie 1.03 is gemaakt op basis van een eerste analyse van de bruikbaarheid van de nog ongekalibreerde 2.0 versie van het Azure model. In dit model is een veel lagere weerstand opgenomen voor de IJsselmeerbodem waardoor de stijghoogte onder het IJsselmeer en de Flevopolder veel te hoog wordt berekend. Figuur 5-1 geeft een vergelijking van beide versies van de deklaagweerstand. Een uitgebreidere analyse is opgenomen in de uitgangspuntennotitie in bijlage 1.

In het Azure 1.03 model zijn 9 modellagen opgenomen (Figuur 5-2). De weerstand van de deklaag is opgenomen in modellaag 1 waarbij ter plaatse van het IJsselmeer nog een infiltratieweerstand van 100 dagen wordt toegepast. De deklaagweerstand ter plaatse van het IJsselmeer is groot, circa 50.000 tot 120.000 dagen. Ter plaatse van het Markermeer is de weerstand opvallend lager, circa 24.000 dagen (Figuur 5-1, links).

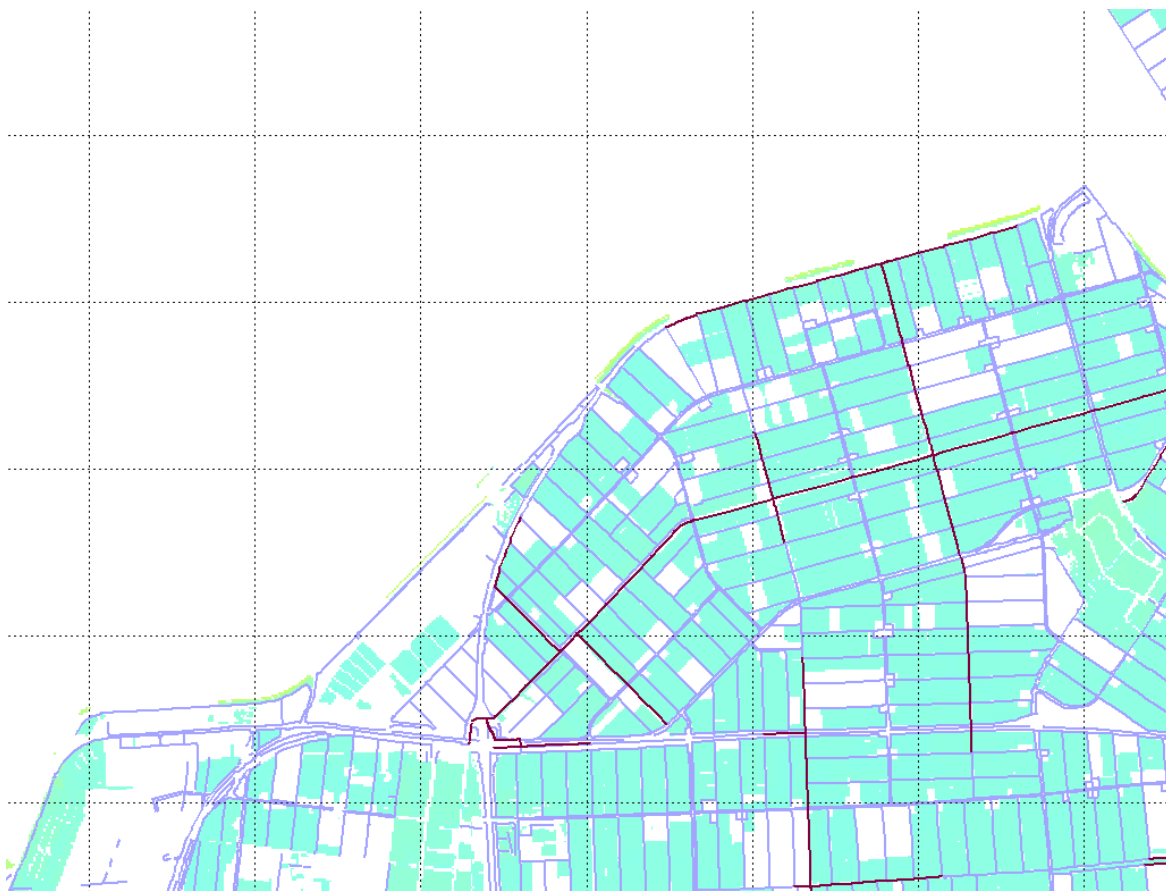
In het model is de ontwatering in de polder opgenomen als ISG bestanden voor de TOP10 waterlopen (greppels, sloten, watergangen) en voor de leggerwatergangen van Waterschap Zuiderzeeland. Daarnaast is de aanwezige buisdrainage opgenomen in de DRN package. De in het model opgenomen ontwatering wordt weergegeven op Figuur 5-3.



Figuur 5-1 Deklaagweerstand (weerstand in modellaag 1) in Azure 1.03 en 1.04 (links) en in versie 2.0 (rechts).



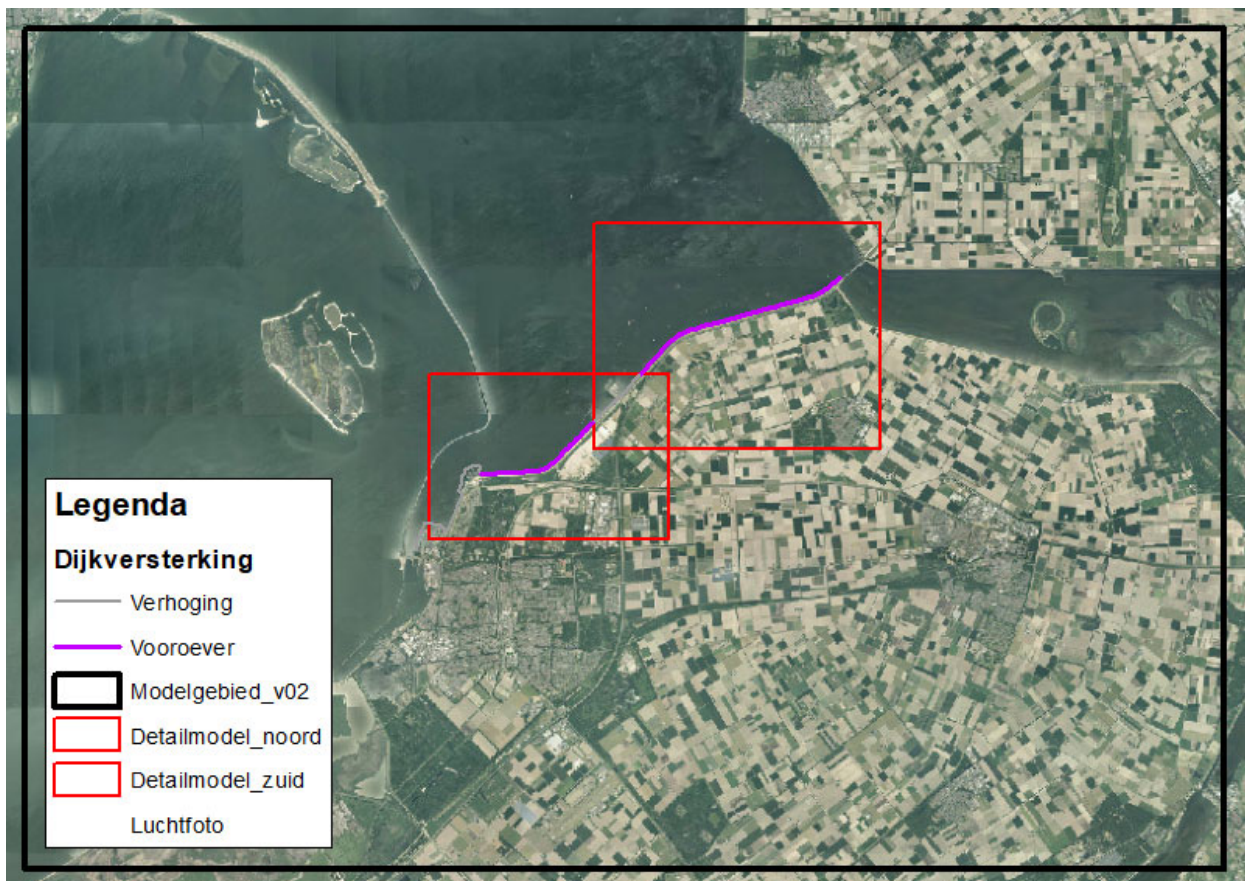
Figuur 5-2 Modellagen in Azure model 1.03 en 1.04.



Figuur 5-3 Overzicht ontwatering in Azure model 1.03. Lichtblauwgroen = drainage, paars = Top10 waterlopen/sloten/greppels, rood = Leggerwatergangen ZZL.

5.2 Beschrijving modelverfijning

Het Azure model (versie 1.03) is doorgerekend voor een groot gebied rondom de voorgenomen dijkversterking en voor twee kleinere deelgebieden rondom het noordelijke en het zuidelijke deel waar een cunet wordt toegepast voor de aanleg van de vooroever dam. Het grote gebied is doorgerekend op 25 m resolutie. De twee detailmodellen zijn doorgerekend op 5m resolutie. Dit maakt het mogelijk om de gedeeltelijke doorsnijding van de deklaag door aanleg van een cunet van 5 tot 15 meter breed goed te kunnen modelleren. Daarbij is de modelinvoer rond de IJsselmeerdijk ook verfijnd zodat o.a. de oeverlijn er goed in zit en zodat geohydrologische parameters netjes de dijk volgen en er geen grotere blokken over de dijk heen vallen (dat geeft foute resultaten als het cunet binnen zon blok wordt gemodelleerd). Figuur 5-4 geeft het modelextent van het grote model (zwarte lijn) en de twee detailmodellen (rode lijn) weer.



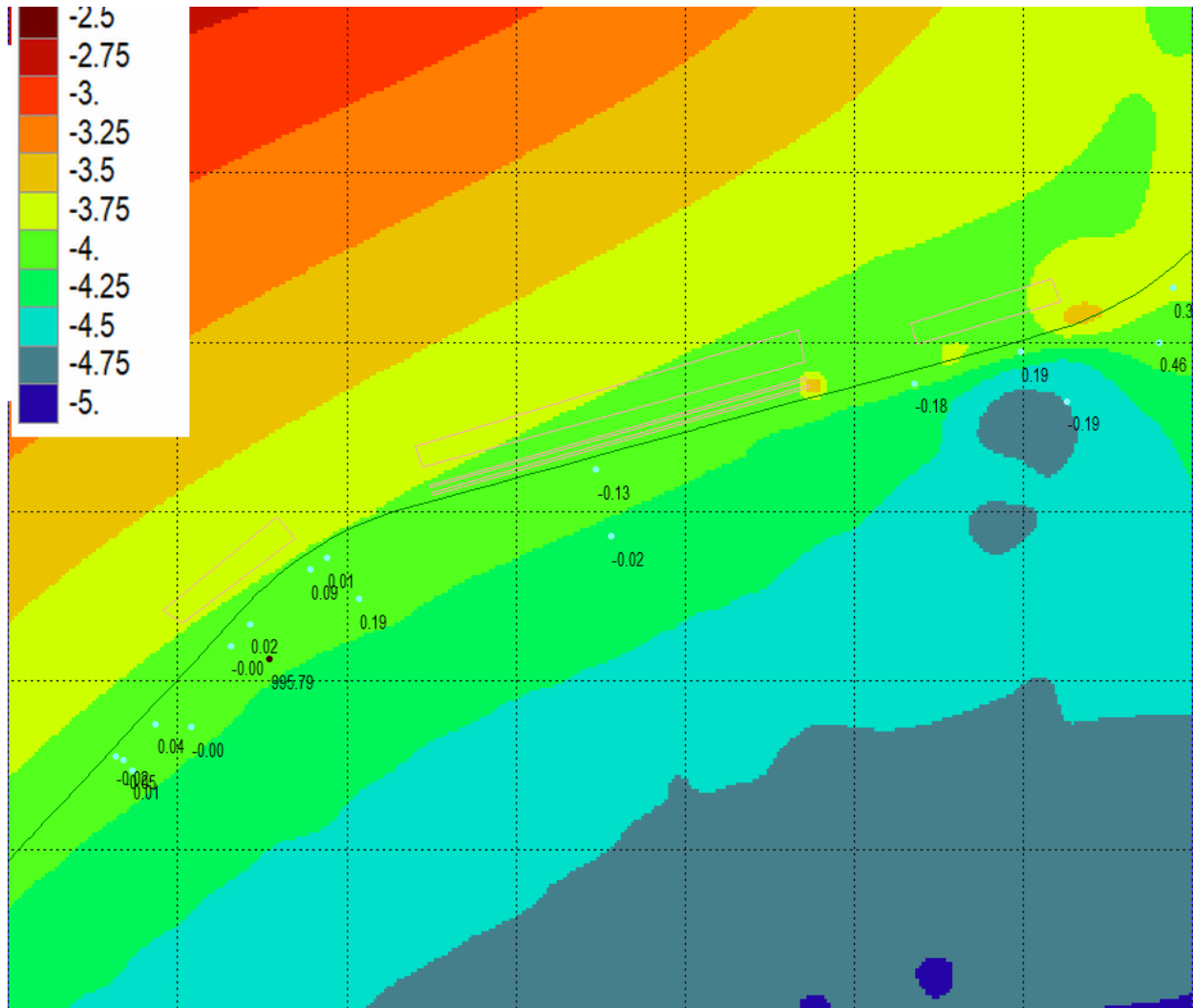
Figuur 5-4 Overzicht uitsneden Azure model die zijn gebruikt binnen deze studie.

5.3 Modelvalidatie

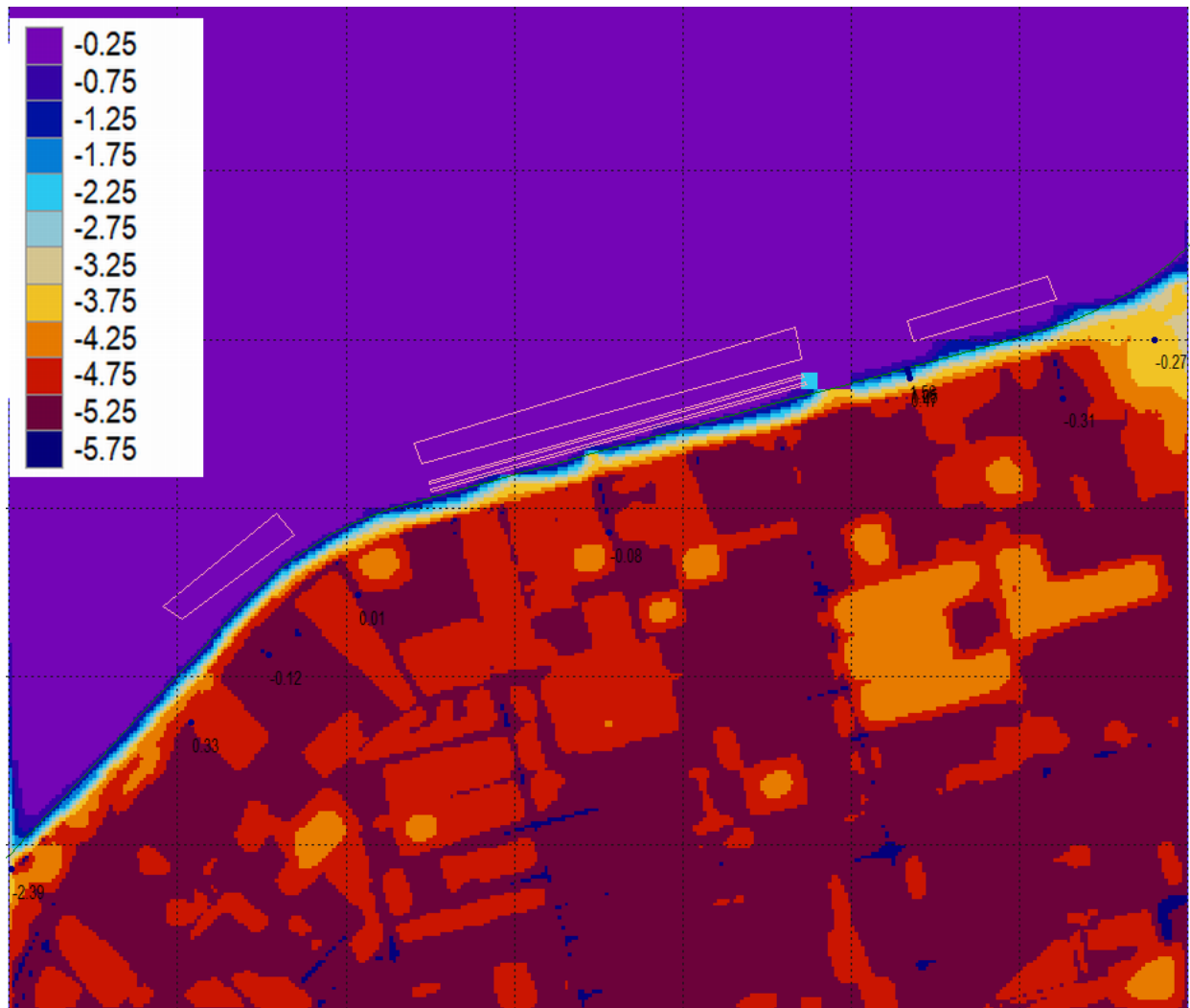
5.3.1 Grondwaterstand en stijghoogte

Het Azure model is opgezet en gekalibreerd voor een groot gebied. Om te controleren of het model op de projectlocatie langs de dijk goed past bij de beschikbare metingen is een validatie uitgevoerd op basis van de metingen uit het meetnet voor IJsselmeerdijken. De met het model berekende grondwaterstand en stijghoogte is vergeleken met de beschikbare metingen. De afwijking in de berekende stijghoogte is over het algemeen klein, minder dan 20 cm. De afwijking in de berekende grondwaterstand vertoont wat meer variatie maar is over het algemeen ook klein. Figuur 5-5 en Figuur 5-6 geven de verschillen tussen

berekende en gemeten stijghoogte en grondwaterstand weer voor het noordelijke detailmodel. Het zuidelijke detailmodel geeft vergelijkbare resultaten.



Figuur 5-5 Modellaag 2 (stijghoogte)



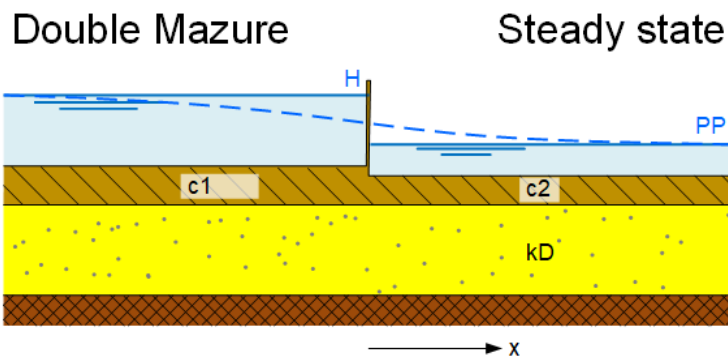
Figuur 5-6 Modellaag 1 (freatische grondwaterstand)

De weerstand van de holocene deklaag onder de IJsselmeerbodem is in het gebruikte grondwatermodel relatief hoog. Enkele duizenden tot tienduizenden dagen, oplopend tot meer dan honderdduizend dagen. Bij Azure versie 2.0 is een aangepaste deklaagkaart opgeleverd met veel lagere weerstanden, maximaal enkele duizenden dagen onder de IJsselmeerbodem. Bij het toepassen van deze kaart in het model wordt de wegzijging vanuit het IJsselmeer vele malen groter en wordt de stijghoogte onder het IJsselmeer en onder de polder ook sterk verhoogd. Dit past niet bij de metingen (berekende stijghoogte tot meters hoger dan gemeten). Deze kaart is dus niet te gebruiken in deze modellering. In combinatie met een veel lagere kD van het onderliggende watervoerende pakket kan mogelijk wel een realistische stijghoogte worden berekend. Dit is meegenomen in de gevoeligheidsanalyse van het model.

Door nu uit te gaan van de versie met een hogere deklaagweerstand is het effect van het grotendeels wegnemen van deze weerstand ter plaatse van het te ontgraven cunet extra groot. De berekeningen zijn in die zin dus worst-case uitgevoerd. Als gebruik wordt gemaakt van de kaart met lagere weerstand (in Azure versie 2.0) dan is het effect van het wegnemen van een deel van deze weerstand veel kleiner en wordt het werkelijke effect van het aanleggen van het cunet mogelijk onderschat.

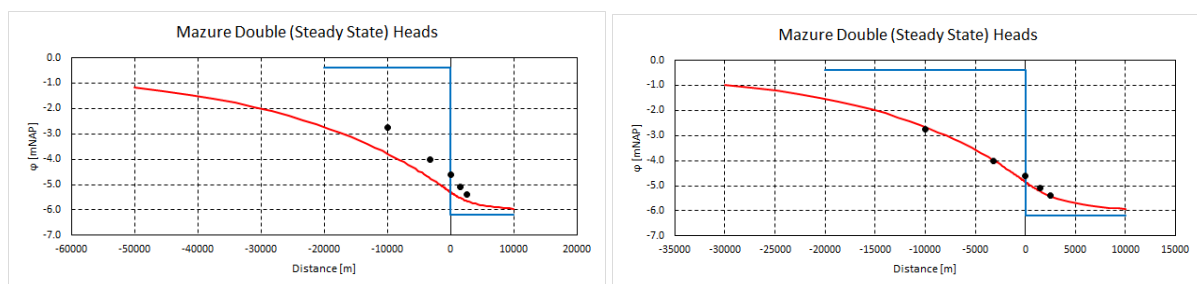
5.3.2 Vergelijking met analytische berekening

Om inzicht te krijgen in het effect van het toepassen van een lagere deklaagweerstand onder het IJsselmeer zijn enkele analytische berekeningen uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van metingen van de stijghoogte langs de Houtribdijk om ook het verloop van de stijghoogte onder het IJsselmeer (en Markermeer) mee te kunnen nemen. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van stationaire berekening met de Double-Mazure methode. Hierbij wordt voor het buiten- en binnendijkse gebied afzonderlijk een oppervlaktewaterpeil en een weerstand opgegeven. Voor het onderliggende watervoerende pakket (waarin de stijghoogte wordt berekend) wordt de kD opgegeven.



Figuur 5-7 Overzicht parameters Double Mazure (stationair)

Voor het peil in het IJsselmeer is -0.4 m NAP aangehouden en voor het peil in de Flevopolder -6.0 m NAP (gemiddeld voor binnendijkse gebied langs de dijk). De kD is overgenomen uit het Azure model en bedraagt circa 9000 m²/d. Dit komt ook goed overeen met de waarden in de Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied. De weerstand in de polder is ingesteld op 1600 dagen (gemiddelde weerstand langs de dijk in Azure model 1.03, in Azure model 2.0 is de weerstand iets hoger). Als bij deze instellingen de weerstand van de IJsselmeerbodem uit Azure 1.03 wordt overgenomen (circa 120.000 dagen) dan wordt de stijghoogte onder het IJsselmeer en onder de Flevopolder te laag berekend. Als de weerstand op 24.000 dagen wordt gezet (passend bij weerstand bodem Markermeer in Azure 1.03 en passend bij bodemweerstand zoals opgenomen in de Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied) dan wordt het verloop van de stijghoogte goed berekend. De resultaten worden weergegeven in Figuur 5-8.

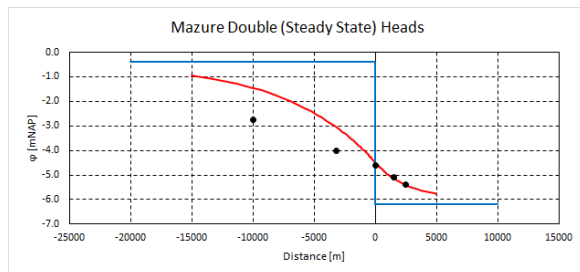
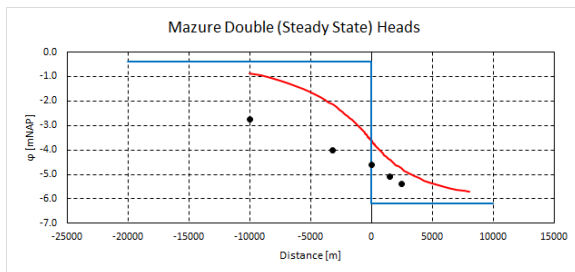


Figuur 5-8 Gemeten (zwarte bolletjes) en berekend verloop stijghoogte. Links: IJsselmeer/Markermeer weerstand 80.000 dagen. kD 9000 m²/d. Rechts: IJsselmeer/Markermeer weerstand 24.000 dagen. kD 9000 m²/d.

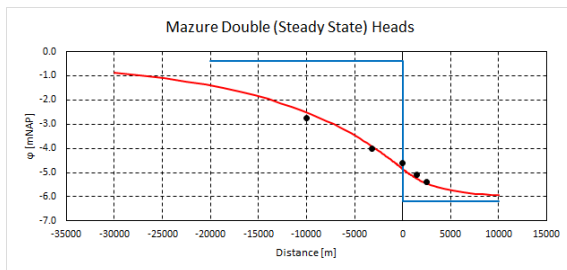
Bij een veel lagere weerstand van de IJsselmeerbodem zoals opgenomen in Azure 2.0 (circa 3000 dagen) wordt de stijghoogte onder het IJsselmeer en onder de Flevopolder te hoog berekend. Door de kD van het watervoerende pakket te verhogen naar 18.000 m²/d en de weerstand van de polder te verlagen naar 500 dagen wordt onder de polder de stijghoogte goed berekend. Onder het IJsselmeer is de stijghoogte dan nog veel te hoog. Zie Figuur 5-9. Alleen door de kD en weerstand van de polder nog

veel extremer aan te passen is ook onder het IJsselmeer een redelijke overeenkomst met de metingen te verkrijgen. De kD is dan $60.000 \text{ m}^2/\text{d}$ en de weerstand onder de polder 200 dagen. Vooral de zeer hoge kD wordt niet realistisch geacht. Een lage effectieve weerstand in de polder zou mogelijk zijn als alle waterlopen door de deklaag heen snijden. Dat lijkt ook niet het geval te zijn.

De variant met een kD van $9000 \text{ m}^2/\text{d}$, weerstand IJsselmeerbodem van 24.000 dagen en weerstand polder circa 1600 dagen lijkt het meest realistisch. Voor de modelberekeningen wordt gebruik gemaakt van Azure versie 1.03 waarin deze kD en weerstand van de polder met vergelijkbare waardes is opgenomen. De weerstand van de IJsselmeerbodem is in Azure 1.03 wel hoger, circa 60.000 tot 80.000 dagen in de zone dicht langs de IJsselmeerdijk. Hierdoor wordt de stijghoogte onder het IJsselmeer mogelijk iets te laag berekend. Het berekende effect op de stijghoogte van het (groten)deels wegnemen van deze weerstand ter plaatse van het te ontgraven cunet is bij een hogere weerstand in de uitgangssituatie groter. De effectberekening is in die zin worst-case.



Figuur 5-9 Gemeten (zwarte bolletjes) en berekend verloop stijghoogte. Links: IJsselmeer weerstand 3.000 dagen. kD 9000 m^2/d . Rechts: IJsselmeer weerstand 3.000 dagen. kD 18.000 m^2/d . Weerstand polder 500 d.



Figuur 5-10 Gemeten (zwarte bolletjes) en berekend verloop stijghoogte. IJsselmeer weerstand 3.000 dagen. kD 60.000 m^2/d . Weerstand polder 200 d.

5.4 Gevoeligheidsanalyse

Met het grondwatermodel is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daarbij is bepaald wat het effect is van het verhogen of verlagen van de kD van het watervoerende pakket en de weerstand van de holocene deklaag. De resultaten hiervan zijn opgenomen in bijlage 4. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de berekeningen.

Tabel 5-1 Overzicht berekeningen gevoeligheidsanalyse en gebruikte vermenigvuldigingsfactoren c en kD .

Berekening	Factor c (laag 1)	Berekening	Factor kD (laag 2 t/m 9)
c1	2	$kD1$	2
c2	5	$kD2$	5

c3	0.5	kD3	0.5
c4	0.2	kD4	0.2
c5	0.1		

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat een beperkte verlaging van de deklaagweerstand kleine effecten op de berekende stijghoogte geeft. De weerstand van de IJsselmeerbodem blijft in dat geval nog redelijk hoog waardoor de wegzijging slechts beperkt toeneemt. Bij een sterke verlaging van de weerstand (factor 0.2 tot 0.1) wordt de wegzijging behoorlijk groter en wordt de stijghoogte hoger.

Het verlagen van de kD van het watervoerende pakket zorgt ervoor dat water minder snel van onder het IJsselmeer naar de polder stroomt. De kwel neemt af en de stijghoogte onder het IJsselmeer neemt toe. De stijghoogte onder de polder neemt juist af doordat er minder water toestroomt vanaf het IJsselmeer. Bij een verhoging van de kD gebeurt het omgekeerde.

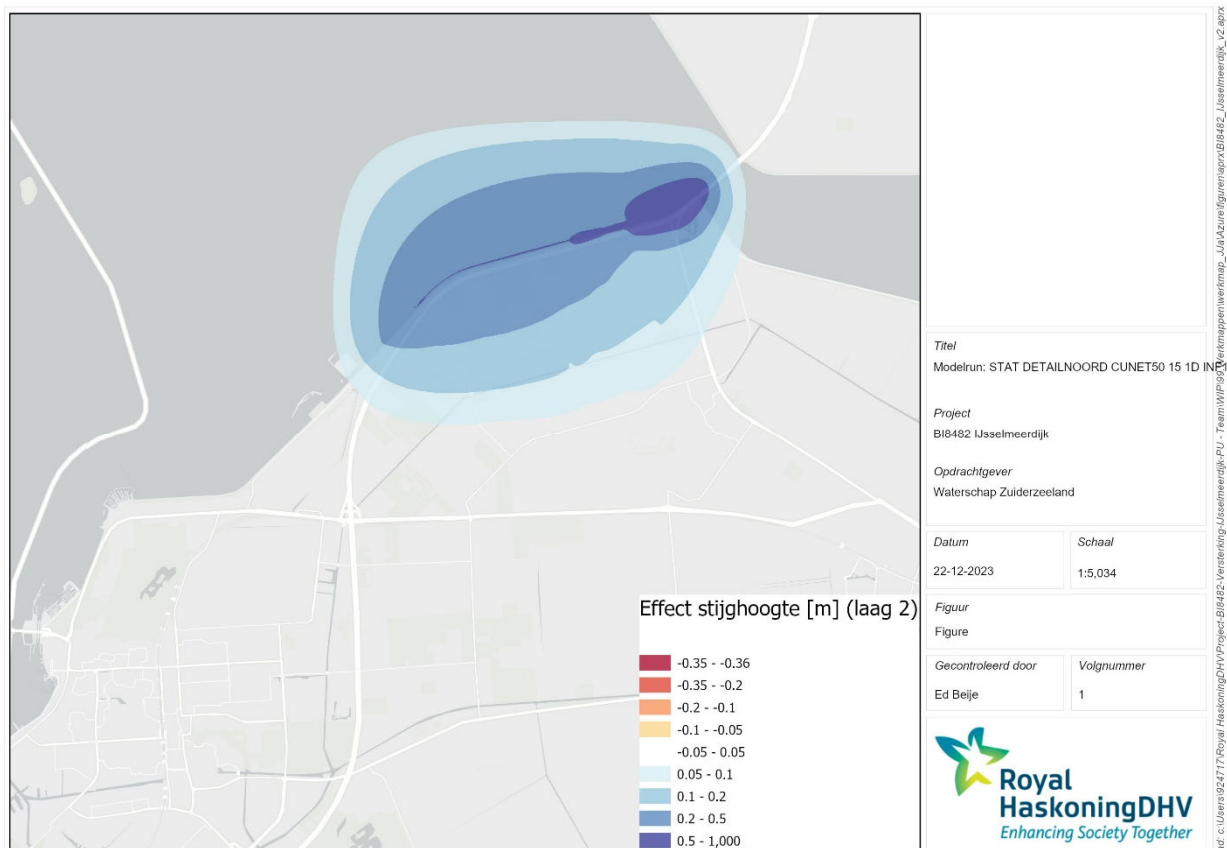
6 Resultaten – Effect Cunet (Azure model)

Onderstaande paragrafen beschrijven de berekende effecten op de stijghoogte, grondwaterstand en kwel/wegzijing. Hierbij is gebruik gemaakt van twee detailmodellen. In de rapportage worden de resultaten voor het noordoostelijke detailmodel besproken. De resultaten voor het zuidwestelijke detailmodel zijn vergelijkbaar. De complete set kaarten is opgenomen in bijlage 5. Voor de volledigheid zijn hier ook de resultaten opgenomen van de berekeningen met het grotere model met rekencellen van 25x25 meter. Ter plaatse van de dijk geeft dit model onbetrouwbare resultaten doordat de rekencellen hier soms deels binnen en buitendijks liggen en/of doordat de cellen deels over het ontgraven cunet heen liggen.

6.1 Effect op stijghoogte

6.1.1 Restweerstand 1 dag (inclusief infiltratieweerstand 11 dagen).

Als de deklaag volledig wordt doorgraven (restweerstand 1 dag plus 10 dagen infiltratieweerstand, netto 11 dagen weerstand) dan neemt de wegzijing ter plaatse van het cunet sterk toe. Hierdoor wordt de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket verhoogd. De verhoging is het sterkst daar waar de kD van het pakket relatief laag is. In het meest oostelijk deel van het traject komt relatief ondiep een weerstandbiedende laag voor. Hierdoor is de kD van het watervoerende pakket hier beperkt. In het berekende effect op de stijghoogte is dit duidelijk terug te zien. Direct binnendijks is het effect op de stijghoogte hier meer dan 0.5 meter. Meer naar het westen is het watervoerende pakket als iets dikker (en/of een minder duidelijke weerstandbiedende laag aanwezig) waardoor het effect kleiner is. De 0.5 m verhogingscontour ligt hier tot net onder de dijk. In het overige deel van het noordoostelijke deelgebied is alleen direct onder het cunet een effect van meer dan 0.5 meter te zien. Bij de dijk is het effect 0.2 tot 0.5 meter. De 20 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 1500 meter van de dijk. De 5 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 3500 meter van de dijk.

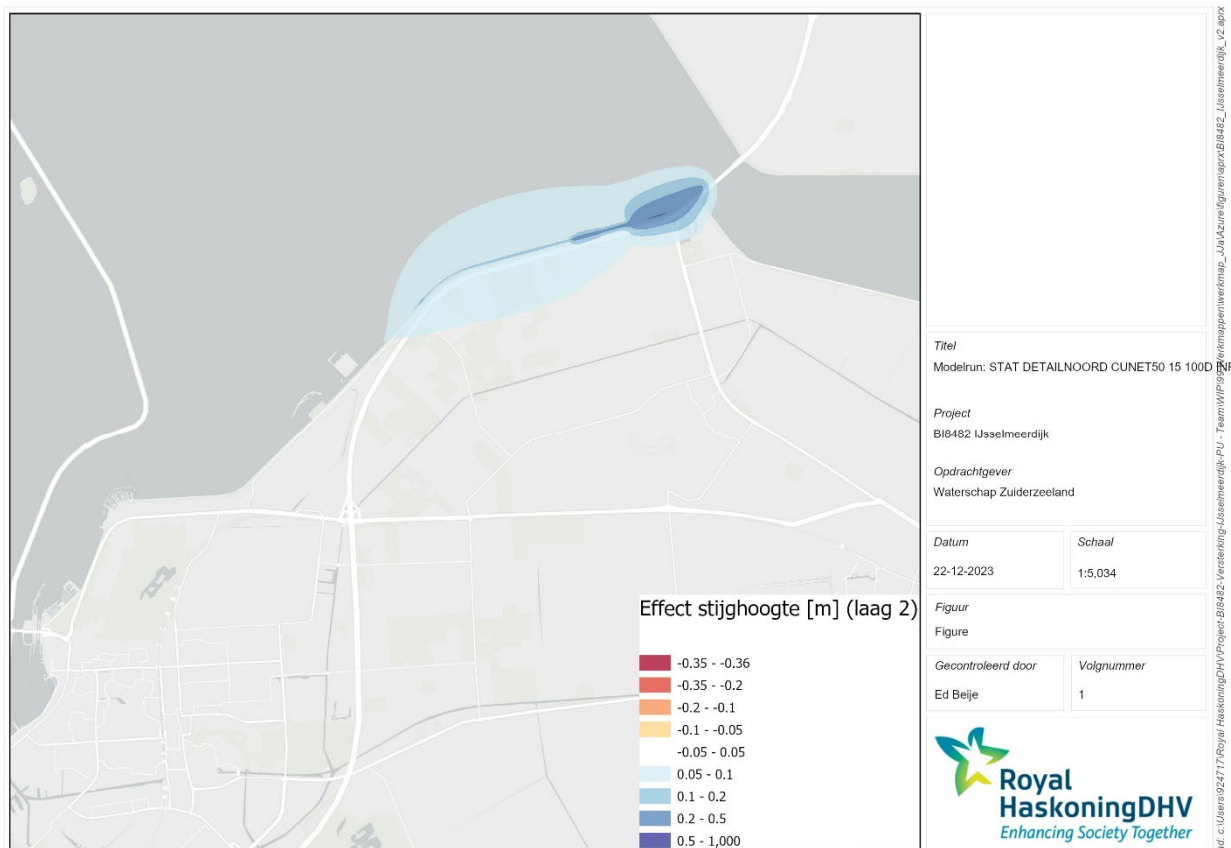


Figuur 6-1 Berekende verandering van de stijghoogte bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 1 dag (11 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.1.2 Restweerstand 100 dagen

Als de deklaag grotendeels wordt doorgraven waarbij een laag van 1 meter dikte met een minimale weerstand van 100 dagen blijft zitten dan neemt de wegzijging ter plaatse van het cunet ook toe, maar al veel minder sterk dan in de situatie waar de deklaag geheel wordt doorgraven. Het effect op de stijghoogte is daardoor ook veel kleiner.

Onder het cunet is het effect maximaal 0.2 tot 0.5 meter. Direct binnendijs is het effect op de stijghoogte overal minder dan 0.5 meter. Ook in deze situatie is het effect in het meest oostelijk deel het grootst. De 20 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 500 meter van de dijk. De 5 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 750 meter van de dijk. Daar waar geen ondiepe weerstandbiedende laag aanwezig is wordt een toename van de stijghoogte van 5 tot 10 cm berekend onder de dijk en het gebied direct binnendijs.



Figuur 6-2 Berekende verandering van de stijghoogte bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 100 dagen (110 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.1.3 Restweerstand 300 dagen

Als de deklaag grotendeels wordt doorgraven waarbij een laag van 1 meter dikte met een gemiddelde weerstand van 300 dagen blijft zitten dan neemt de wegzijging ter plaatse van het cunet ook toe, maar nog minder sterk dan in de situatie waar de restweerstand 100 dagen bedraagt. Het effect op de stijghoogte is daardoor ook kleiner.

Alleen daar waar een ondiepe weerstandbiedende laag aanwezig (meest oostelijk deel van het gebied) wordt onder de dijk een toename van de stijghoogte groter dan 5 cm berekend. In de rest van het gebied is dit alleen direct onder het cunet het geval.

De 20 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 100 meter van de buitenteen van de dijk. De 5 cm verhogingscontour van de stijghoogte ligt op maximaal circa 150 meter van de buitenteen van de dijk. Daar waar geen ondiepe weerstandbiedende laag aanwezig is wordt geen toename van de stijghoogte groter dan 5 cm berekend ter plaatse van de dijk en/of binnendijks gebied.



Figuur 6-3 Berekende verandering van de stijghoogte bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 150 dagen (160 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.2 Effect op de grondwaterstand

6.2.1 Restweerstand 1 dag (inclusief infiltratieweerstand 11 dagen).

Als de deklaag volledig wordt doorgraven (restweerstand 1 dag plus 10 dagen infiltratieweerstand, netto 11 dagen weerstand) dan neemt de wegzijging ter plaatse van het cunet sterk toe. Hierdoor wordt de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket verhoogd. Dit zorgt voor een toename van de kwel in het binnendijkse gebied en daarmee verhoging van de grondwaterstand. De verhoging is het grootst dicht bij de dijk (waar de stijghoogte het sterkst toeneemt) en bij ongedraineerde percelen waar het extra kwelwater niet of minder wordt afgevoerd.

In het meest oostelijke deel is de berekende verhoging van de grondwaterstand meer dan 50 cm. In de overige delen is de maximale verhoging van de grondwaterstand langs de dijk circa 20 tot 50 cm. Het effect is over het algemeen het grootst ter plaatse van de dijk tot aan de eerste kwelsloot en/of grotere watergang.

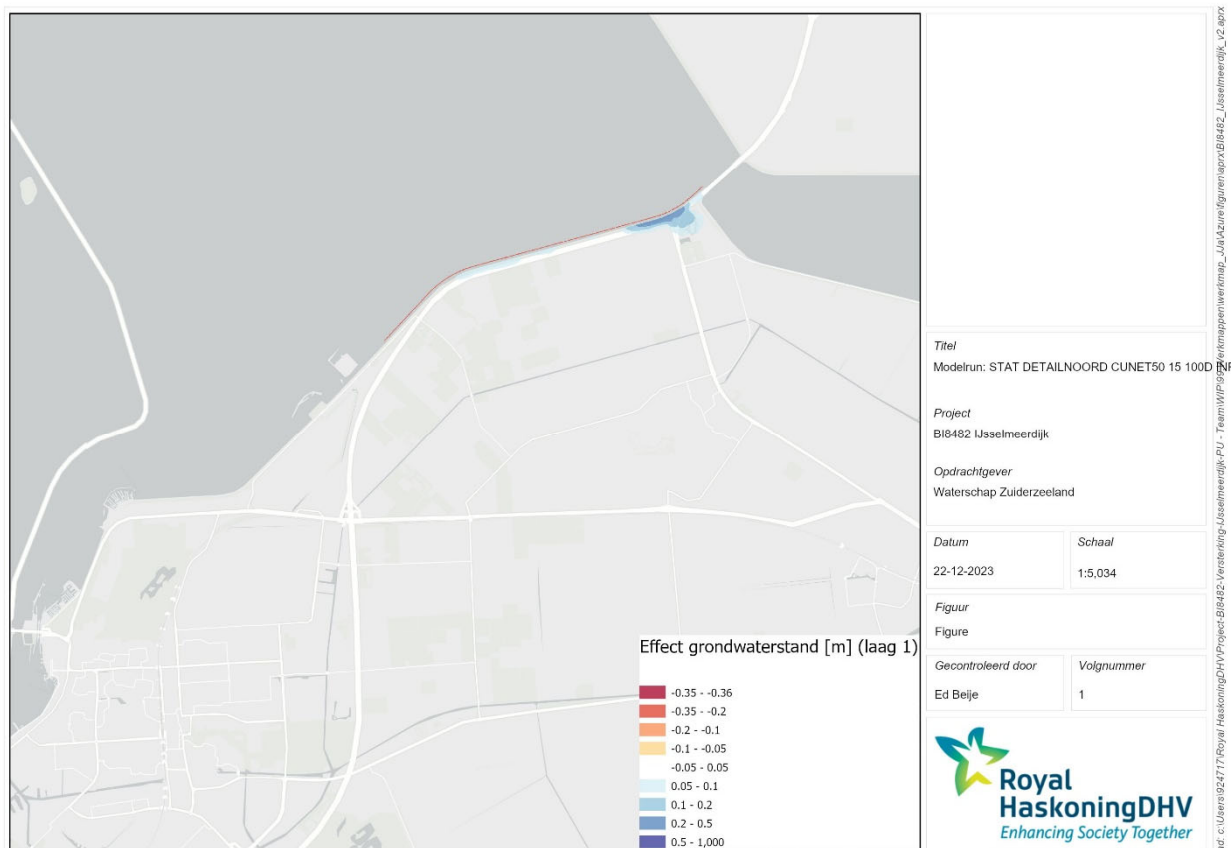


Figuur 6-4 Berekende verandering van de grondwaterstand bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 1 dag (11 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.2.2 Restweerstand 100 dagen

Als de deklaag grotendeels wordt doorgraven waarbij een laag van 1 meter dikte met een minimale weerstand van 100 dagen blijft zitten dan neemt de wegzijging ter plaatse van het cunet ook toe, maar al veel minder sterk dan in de situatie waar de deklaag geheel wordt doorgraven. Het effect op de stijghoogte en daarmee ook op de grondwaterstand is daardoor ook veel kleiner.

In het meest oostelijke deel is het effect maximaal 20 tot 50. Langs het overige deel van de dijk is het effect veel kleiner, circa 5 tot 10 cm of kleiner dan 5 cm.

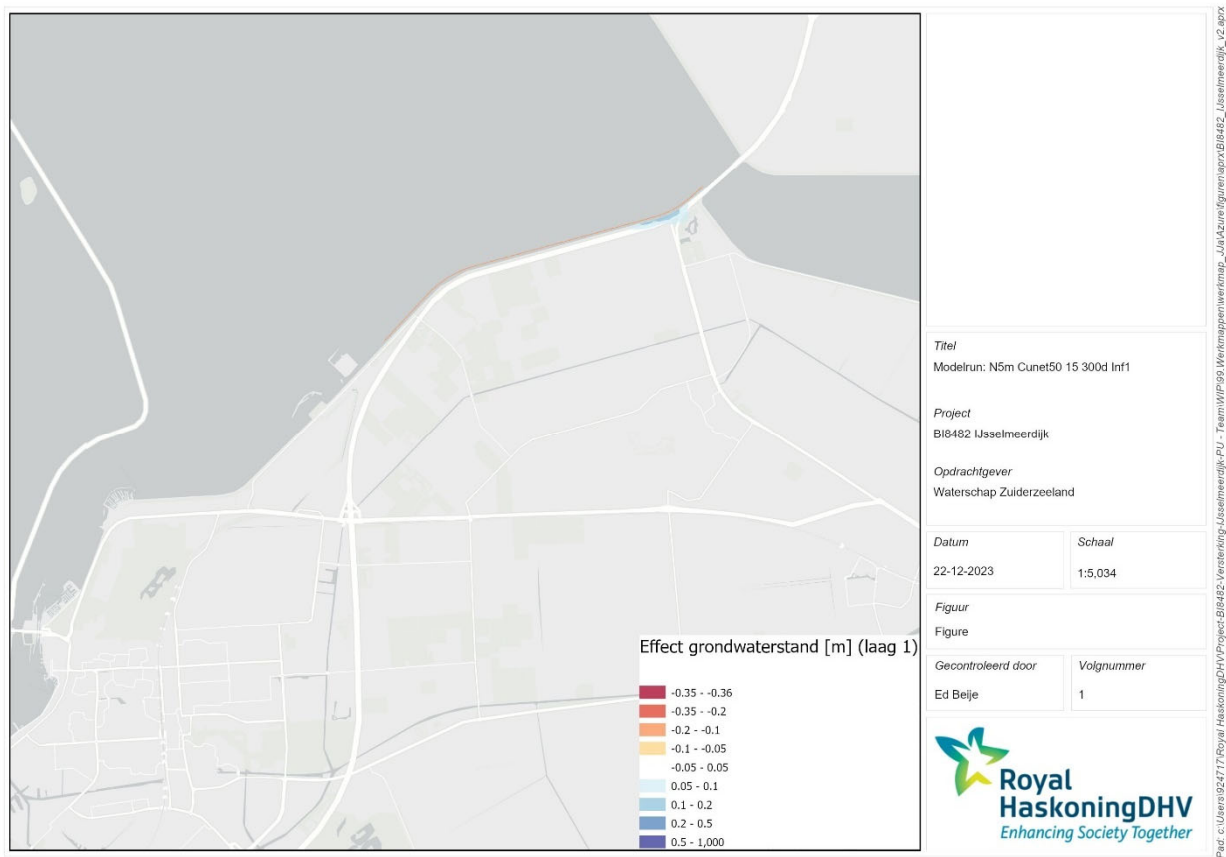


Figuur 6-5 Berekende verandering van de grondwaterstand bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 100 dagen (110 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.2.3 Restweerstand 300 dagen

Als de deklaag grotendeels wordt doorgraven waarbij een laag van 1 meter dikte met een gemiddelde weerstand van 300 dagen blijft zitten dan neemt de wegzijging ter plaatse van het cunet ook toe, maar nog minder sterk dan in de situatie waar de restweerstand 100 dagen bedraagt. Het effect op de stijghoogte is daardoor ook kleiner. Het effect op de grondwaterstand is daarmee ook kleiner.

Alleen daar waar een ondiepe weerstandbiedende laag aanwezig (meest oostelijk deel van het gebied) wordt onder de dijk een toename van de grondwaterstand groter dan 5 cm berekend. In een klein deel van de dijk is de toename van de grondwaterstand 10 tot 20 cm.

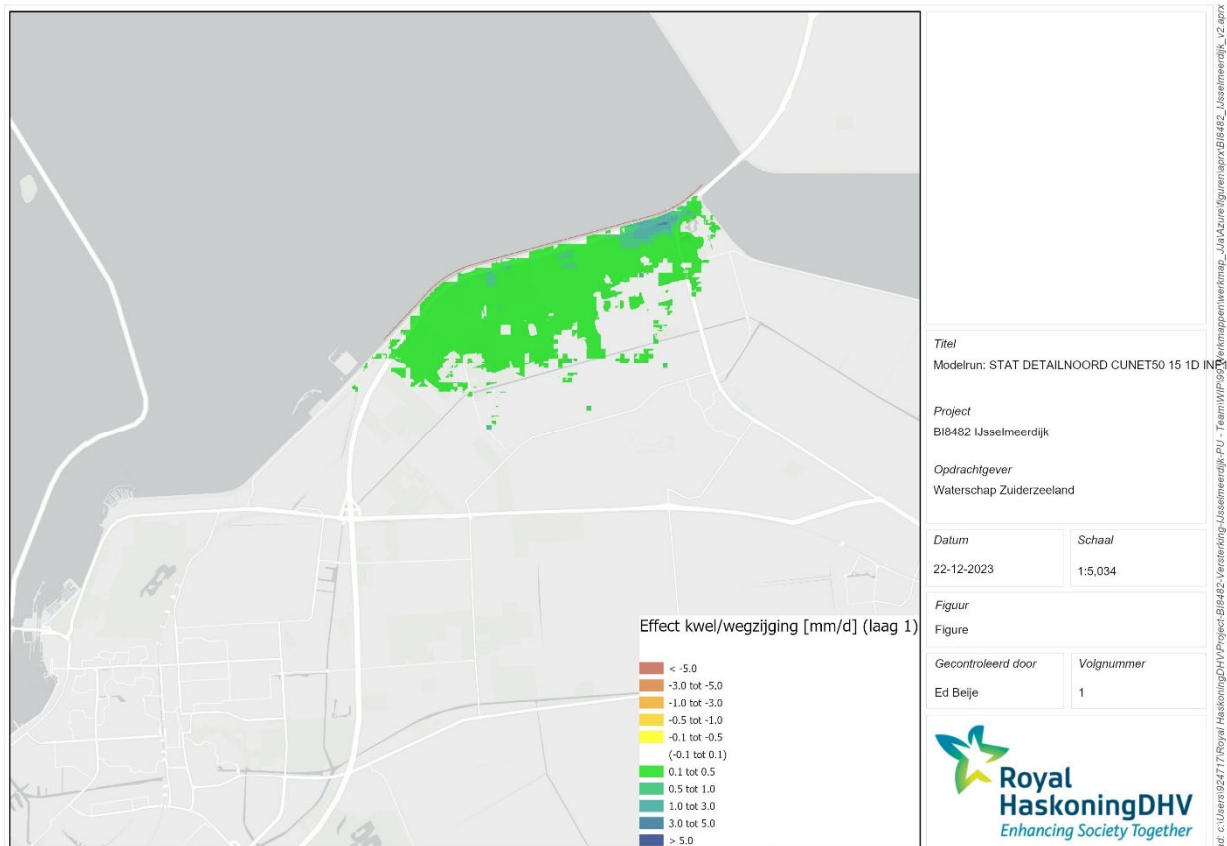


Figuur 6-6 Berekende verandering van de grondwaterstand bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 300 dagen (310 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.3 Effect op kwel

6.3.1 Restweerstand 1 dag (inclusief infiltratieweerstand 11 dagen).

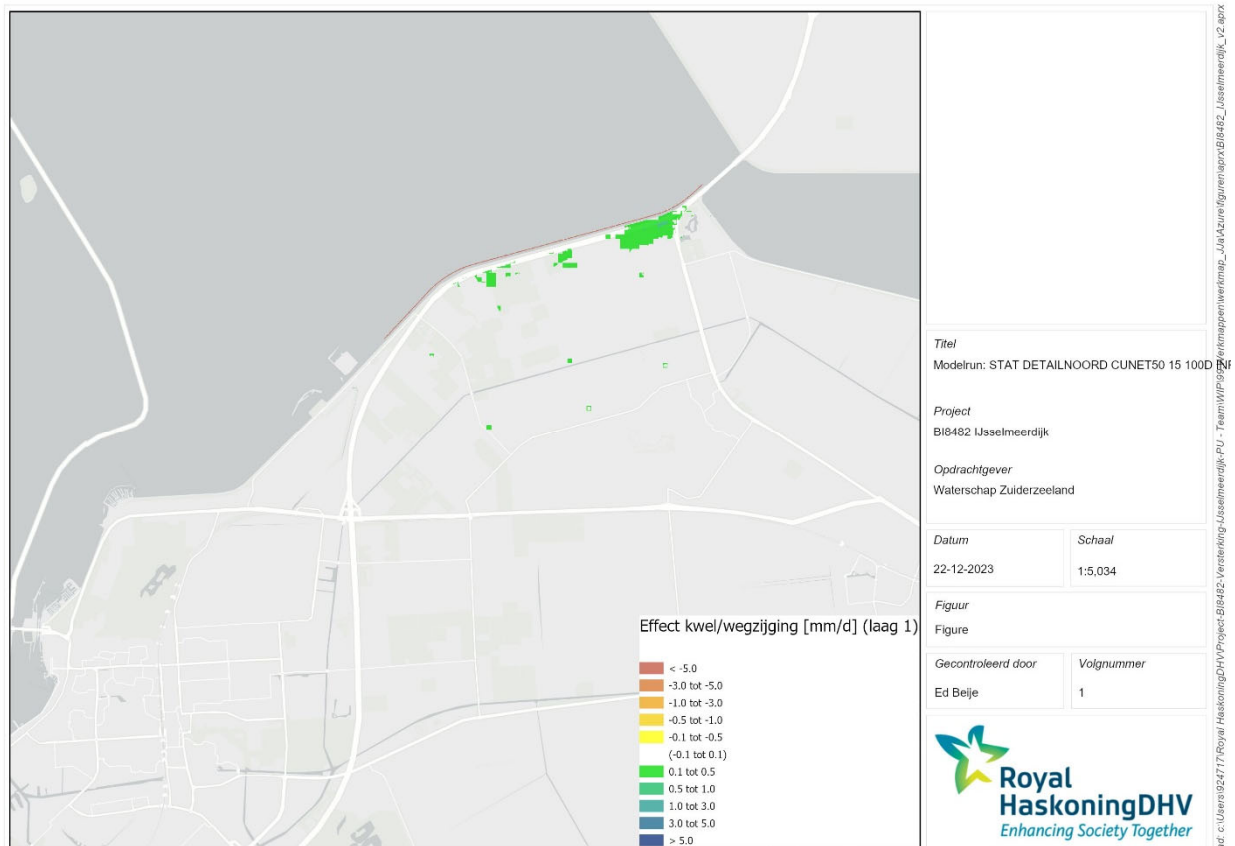
De verhoging van de stijghoogte zorgt in een groot gebied voor een beperkte toename van de hoeveelheid kwel. De toename is grotendeels 0.1 tot 0.5 mm/d. Direct langs de dijk en dan met name in het meest oostelijk deel is de berekende toename groter, maximaal circa 1 tot 3 mm/d.



Figuur 6-7 Berekende verandering van de kwel en wegzijging bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 1 dag (11 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.3.2 Restweerstand 100 dagen

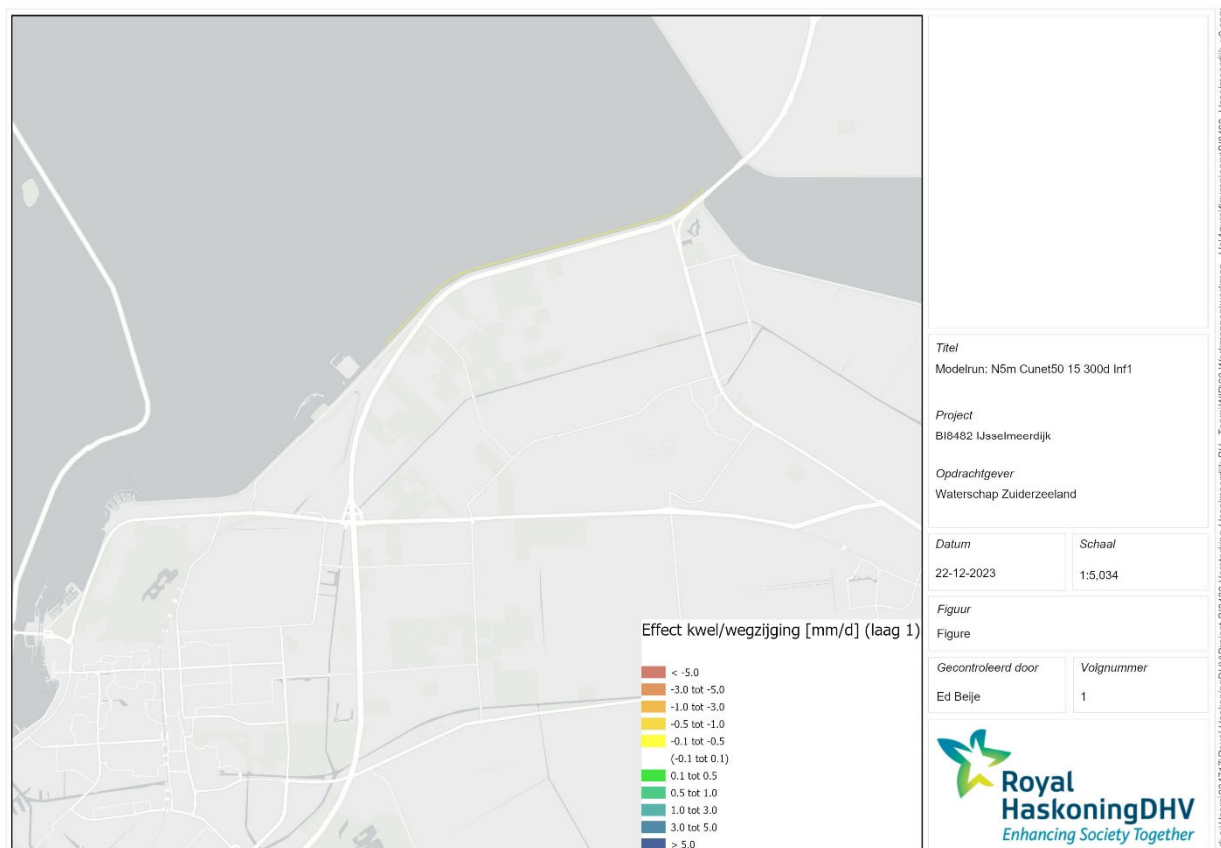
Bij een restweerstand van 100 dagen is de toename van de hoeveelheid kwel beperkt. Alleen bij percelen direct langs de dijk wordt een toename van 0.1 tot 0.5 mm/d berekend. In het oostelijke deel gaat het om een wat groter aaneengesloten gebied.



Figuur 6-8 Berekende verandering van de kwel en wegzijing bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 100 dagen (110 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

6.3.3 Restweerstand 300 dagen

Bij een restweerstand van 300 dagen is de toename van de hoeveelheid kwel zeer beperkt. Overal langs de dijk is de toename kleiner dan 0.1 mm/d.

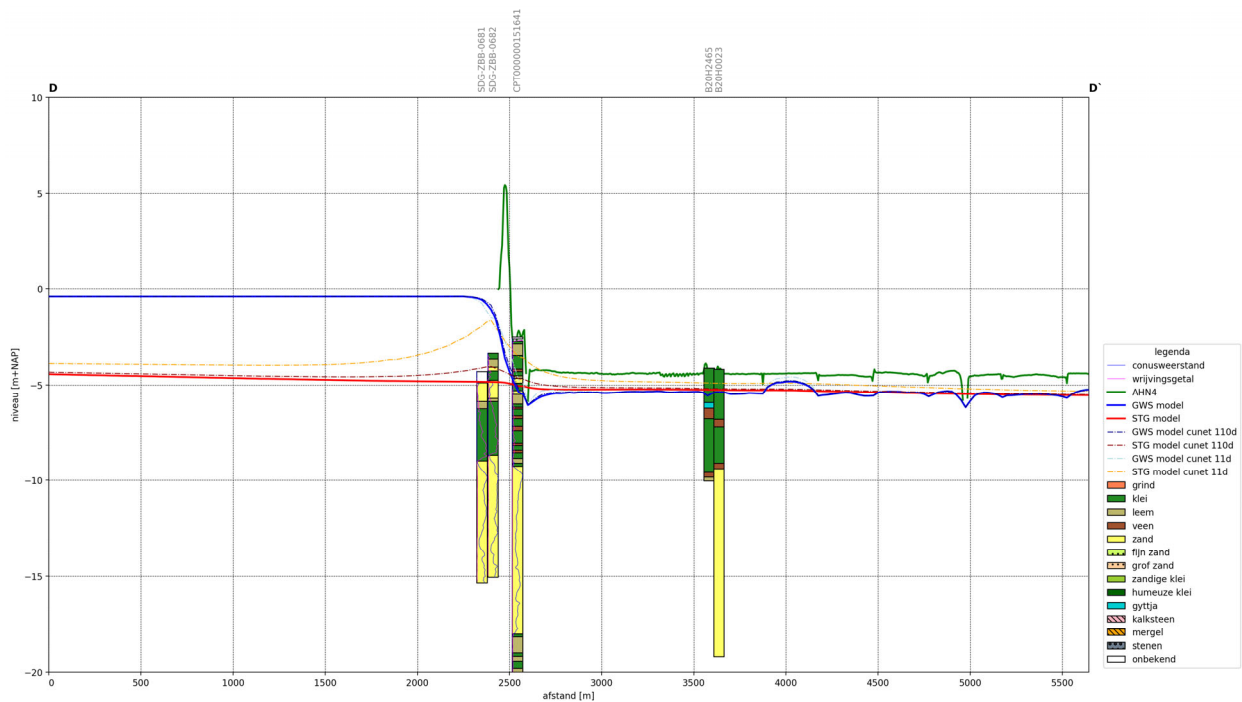


Figuur 6-9 Berekende verandering van de kwel en wegzijging bij restweerstand ter plaatse van het cunet van 300 dagen (310 dagen inclusief infiltratieweerstand). Berekend met detailmodel noordoostelijke deel.

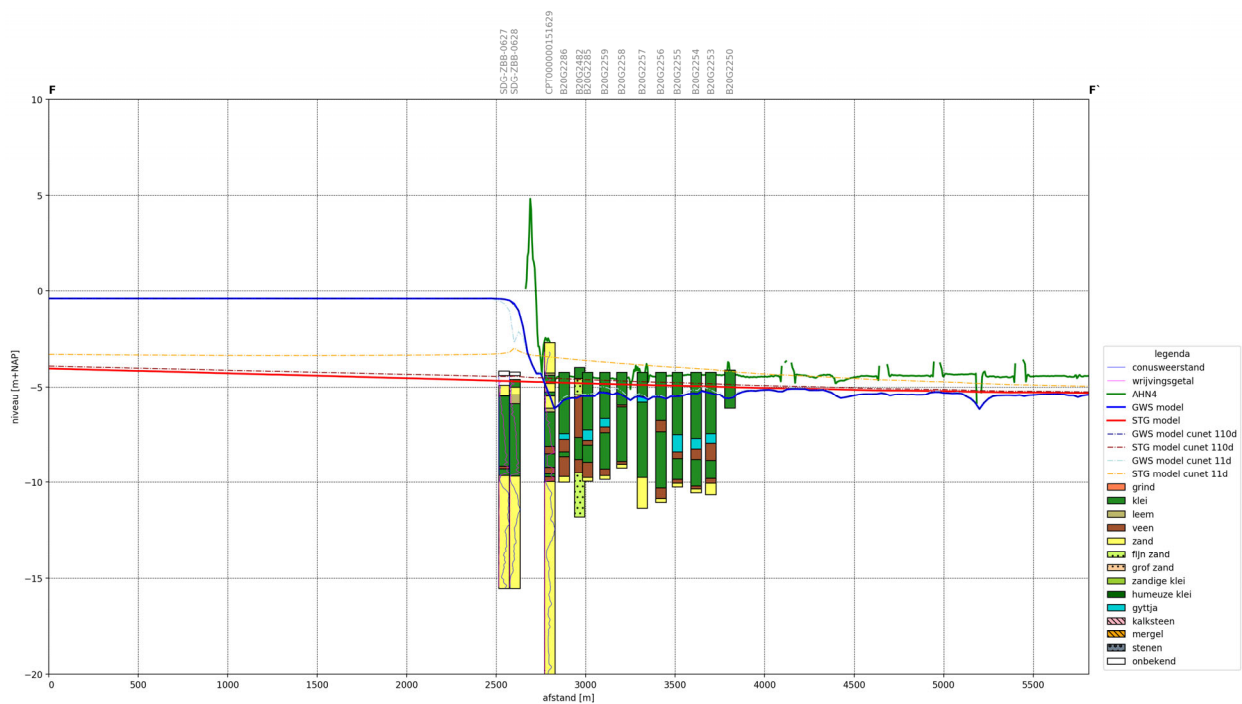
6.4 Grondwaterstand en stijghoogte op dwarsdoorsnede

Onderstaande figuren geven voor een aantal dwarsdoorsneden de bodemopbouw met daarbij ook de berekende grondwaterstand en stijghoogte in de huidige situatie en bij het aanbrengen van het cunet met twee restweerstand (11 en 110 dagen). Zie Figuur 3-6 voor de ligging van de doorsneden.

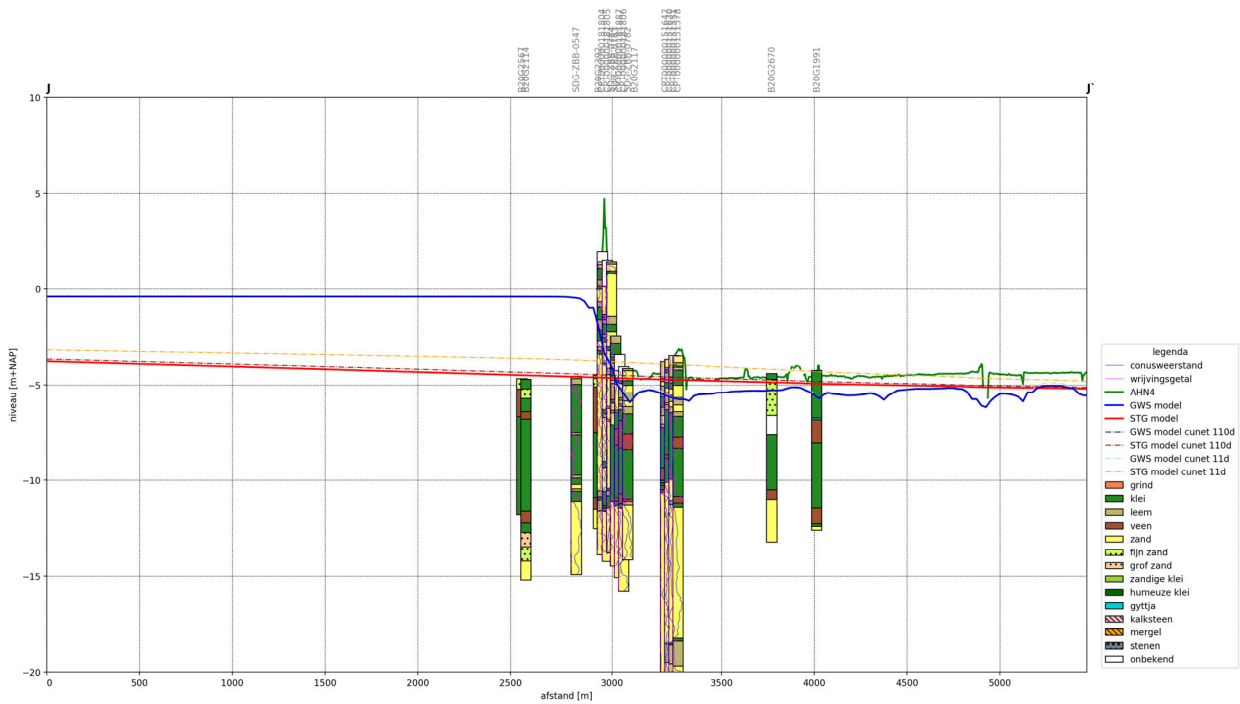
Daar waar de deklaag deels wordt doorsneden door het cunet wordt een sterke verhoging van de stijghoogte berekend in de scenario's met lage restweerstand (11 dagen netto restweerstand). De verhoging van de stijghoogte loopt door tot het binnendijkse gebied maar neemt wel snel af. Afhankelijk van de afwatering binnendijks wordt ook een hogere grondwaterstand berekend. Bij scenario's met een hogere restweerstand (100 of 300 dagen) is het berekende effect op de stijghoogte duidelijk veel minder groot. Daarmee werkt dit ook veel minder door in de berekende grondwaterstand.



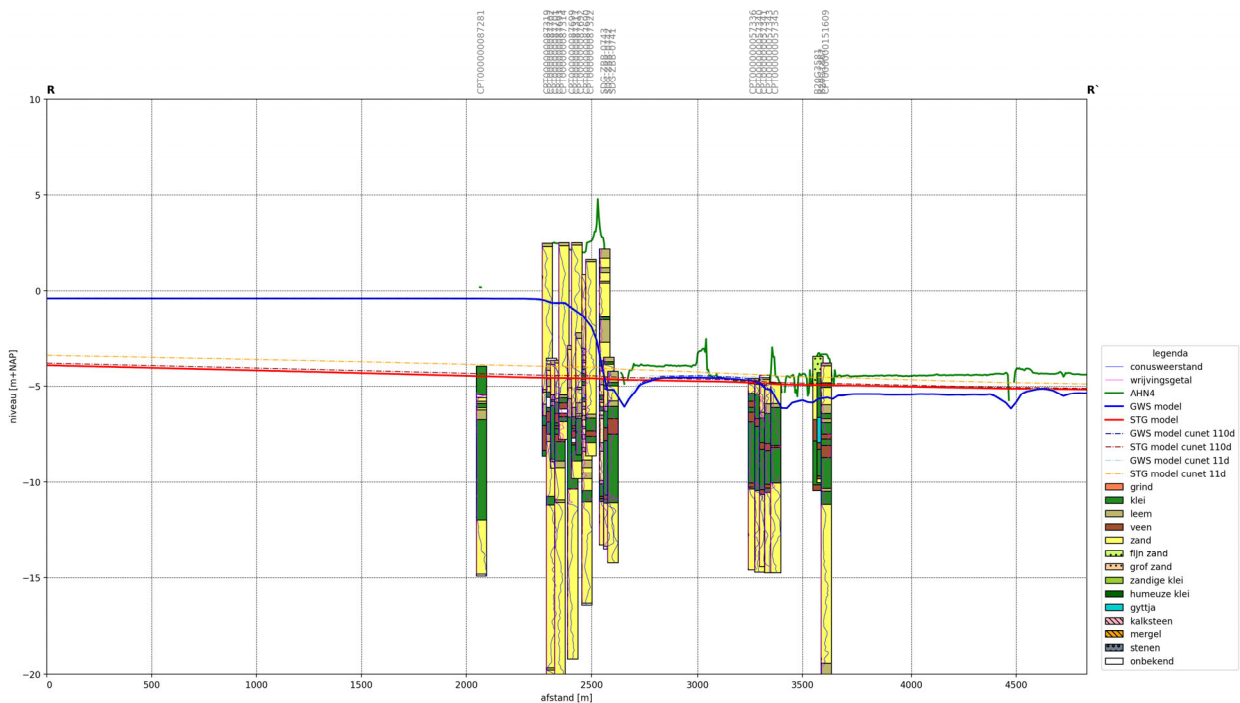
Figuur 6-10 Berekende grondwaterstand en stijghoogte in de referentie en bij twee scenario's met cunet (restweerstand 11 en 110 dagen). Geplot op een doorsnede met daarin ook de bodemopbouw. Raai D (zie Figuur 3-6).



Figuur 6-11 Berekende grondwaterstand en stijghoogte in de referentie en bij twee scenario's met cunet (restweerstand 11 en 110 dagen). Geplot op een doorsnede met daarin ook de bodemopbouw. Raai F (zie Figuur 3-6).



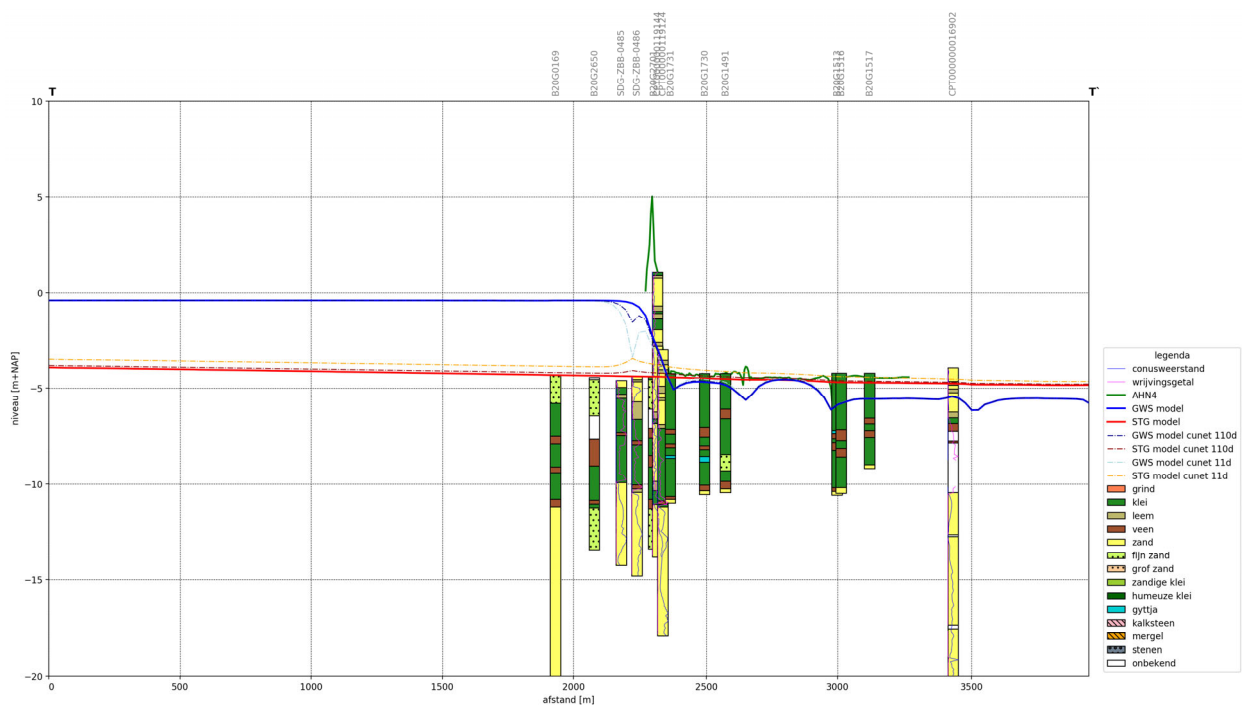
Figuur 6-12 Berekende grondwaterstand en stijghoogte in de referentie en bij twee scenario's met cunet (restweerstand 11 en 110 dagen). Geplot op een doorsnede met daarin ook de bodemopbouw. Raai J.



Figuur 6-13 Berekende grondwaterstand en stijghoogte in de referentie en bij twee scenario's met cunet (restweerstand 11 en 110 dagen). Geplot op een doorsnede met daarin ook de bodemopbouw. Raai R.



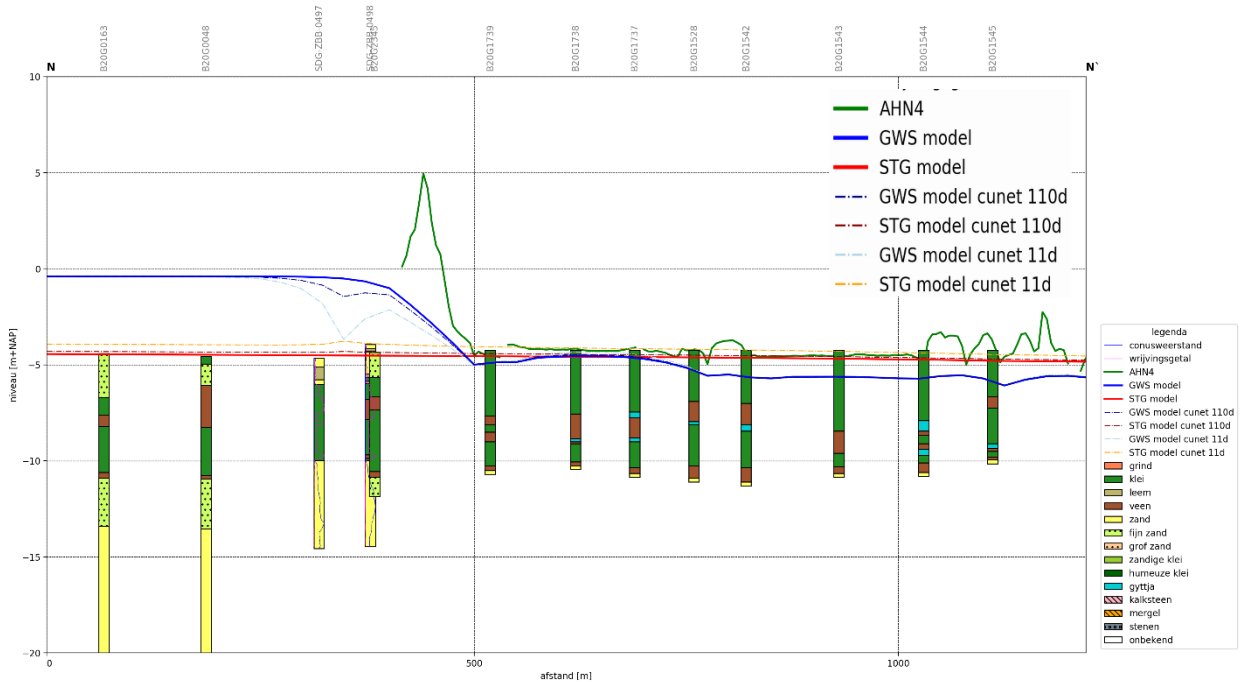
Figuur 6-14 Berekende grondwaterstand en stijghoogte in de referentie en bij twee scenario's met cunet (restweerstand 11 en 110 dagen). Geplot op een doorsnede met daarin ook de bodemopbouw. Raai S.



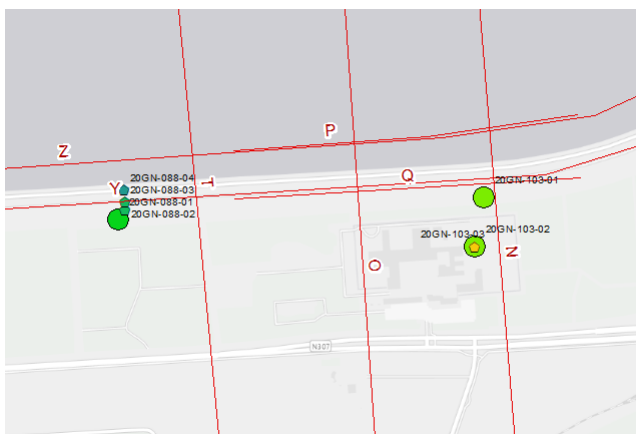
Figuur 6-15 Berekende grondwaterstand en stijghoogte in de referentie en bij twee scenario's met cunet (restweerstand 11 en 110 dagen). Geplot op een doorsnede met daarin ook de bodemopbouw. Raai T.

6.5 Locatie BioResearch

Onderstaand profiel N-N' (locatie, zie Figuur 6-17) geeft voor de oostzijde van de locatie de bodemopbouw en voor de huidige situatie en de situatie met cunet t.b.v. de vooroeverdam (met restweerstand 10 en 100 dagen) de grondwaterstand (blauw) en stijghoogte (rood) weer. Voor het cunet wordt uitgegaan van een restweerstand van 300 dagen, de verwachte effecten zullen dus kleiner zijn. Bij een restweerstand van 100 dagen is er een minimaal effect op de stijghoogte en vrijwel geen effect op de grondwaterstand. De hoeveelheid kwel zal hier nauwelijks toenemen.



Figuur 6-16 Berekende grondwaterstand en stijghoogte in de referentie en bij twee scenario's met cunet (restweerstand 11 en 110 dagen). Geplot op een doorsnede met daarin ook de bodemopbouw. Raai M.



Figuur 6-17 Detail ligging profielen en peilbuizen rond BioResearch.

Figuur 6-18 geeft de berekende verandering van de stijghoogte en grondwaterstand weer bij een restweerstand van 300 dagen ter plaatse van het cunet. De stijghoogte wordt dan 5 tot 10 cm hoger ter plaatse van de locatie. De grondwaterstand verandert minder dan 5 cm.

Als gevolg van de aanleg van de vooroever kan de bodemweerstand ter plaatse van de vooroever verhoogd worden. Deze verhoging is zeer beperkt ten opzichte van de al aanwezige weerstand (deklaag). Deze beperkte verhoging zorgt niet voor een vermindering van de hoeveelheid (dijkse) kwel ter plaatse van de locatie.



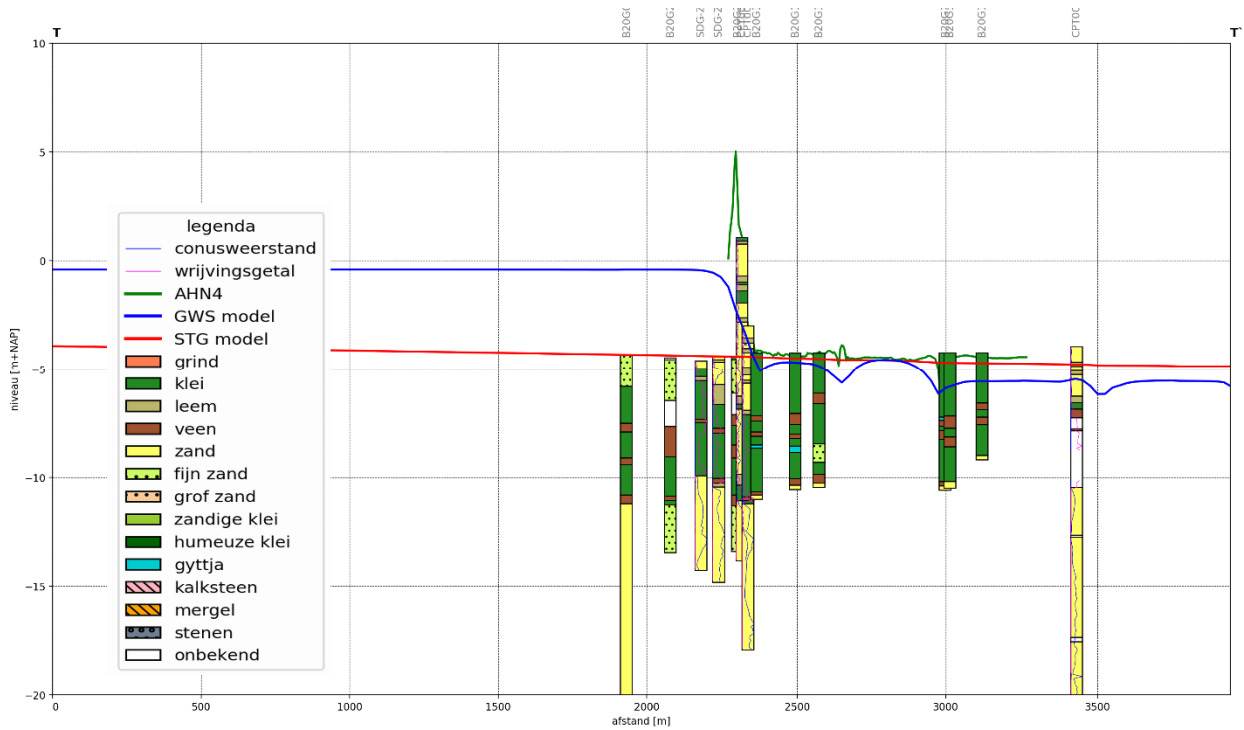
Figuur 6-18 Berekende verandering van de stijghoogte (links) en grondwaterstand (rechts) bij een cunet met restweerstand van 300 dagen. Locatie BioResearch aangegeven met rode cirkel.

6.6 Locatie verlengde hevel Lelystad Noord

Figuur 6-20 geeft een doorsnede met de bodemopbouw en de huidige grondwaterstand en stijghoogte op profiel T-T', net ten oosten van de locatie (ligging profiel wordt weergegeven op Figuur 6-19). Bij aanleg van het cunet t.b.v. de verlengde hevel, waarbij minimaal 1 meter slecht doorlatend materiaal onder het cunet blijft zitten, wordt verwacht dat de effecten niet groter zijn dan het effect van het aanleggen van het cunet ten bate van de vooroeverdam. Het cunet komt wel tot aan de bestaande dijk te liggen waardoor het intredepunt van extra infiltrerend water dichterbij de dijk en het binnendijkse gebied ligt, maar het oppervlak van het cunet is veel kleiner. Het effect zal beperkt zijn en zeer lokaal, in de zone direct bij de dijk. Ervan uitgaande dat de hier aanwezige drainage (in de teen van de dijk) goed functioneert worden hier geen negatieve effecten verwacht.



Figuur 6-19 Locatie hevel Lelystad Noord



Figuur 6-20 Doorsnede T-T' ten oosten van locatie hevel Lelystad Noord met bodemopbouw en huidige grondwaterstand en stijghoogte.

7 Resultaten – Effect vooroever schematisering waterspanningen geotechnische analyses

Voor het uitvoeren van de geotechnische analyses (macro- en microstabiliteit) is inzicht benodigd in de waterspanningen in en onder de dijk. In de Technische Uitgangspunten Notitie (TUN) zijn de uitgangspunten voor de schematisering van de waterspanningen (stijghoogte zandondergrond en freatisch vlak in de dijk) opgenomen. De aanleg van de vooroever heeft mogelijk een zeer beperkte (gunstige) invloed op deze waterspanningen. Deze invloed wordt niet meegenomen in de beoordeling van het ontwerp op de geotechnische faalmechanismen. De uitgevoerde hydrologische modelberekeningen geven geen aanleiding om de hydrologische uitgangspunten zoals opgenomen in de TUN aan te passen.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

Op basis van het uitgevoerde geohydrologische onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

Ontgraving van het cunet t.b.v. aanleg vooroever

- Het is verstandig om bij aanleg van een vooroever met cunet een deel van de deklaag te laten zitten. Door de resterende weerstand van de deklaag worden de effecten van het ontgraven van het cunet sterk gedompt.
- Bij het volledig ontgraven van de deklaag is het effect op de stijghoogte relatief groot. Hierdoor neemt ook de kwel binnendijs toe en stijgt de grondwaterstand. Dit is een aandachtspunt op locaties waar de deklaag dun is en/of waar de onderzijde van de deklaag relatief hoog ligt. Dit kan het geval zijn bij locaties waar oude geulen aanwezig zijn.
- Bij een restweerstand van minimaal 100 dagen is het effect op de stijghoogte beperkt tot circa 20 tot 50 cm direct achter de dijk in enkele specifieke delen langs het traject. De 5 cm verhogingscontour ligt dan maximaal 750 m van de dijk. Voor de overige delen is de berekende verhoging maximaal 5 tot 20 cm binnen een smalle zone langs de dijk.
- Bij een restweerstand van minimaal 300 dagen is het effect op de stijghoogte beperkt tot circa 5 tot 20 cm direct achter de dijk op enkele locaties en voor het grootste deel van het traject minder dan 5 cm. De 5 cm verhogingscontour ligt dan maximaal 150 m van de binnenteen van de dijk.
- Er is in de berekeningen een duidelijk ruimtelijk verschil te zien in het effect. In het meest noordoostelijke deel is het effect op de stijghoogte relatief groot doordat hier op geringe diepte een weerstandbiedende laag ligt. Het extra infiltrerende water stroomt hier door een relatief dun zandpakket waardoor de extra infiltratie tot een relatief grote verhoging van de stijghoogte leidt. In het meest zuidwestelijke deel van het gebied is dit in mindere mate ook het geval.
- Het is waarschijnlijk dat de restweerstand meer is dan 100 dagen bij de voorgenoemde uitvoeringswijze waarbij minimaal 1 meter van de deklaag niet wordt ontgraven.
- Bij een restweerstand van meer dan 100 dagen is het effect van het ontgraven van het cunet beperkt. De stijghoogte zal licht toenemen en als gevolg daarvan ook de kwel en in nog beperktere mate de grondwaterstand. Er wordt daarom ook geen effect verwacht op brak en/of zout water in de ondergrond. De kwelstroom verandert immers nauwelijks.
- Ter plaatse van de dijk zelf zal de stijghoogte beperkt toenemen. Maximaal circa 20 cm. Afhankelijk van de exacte opbouw van de dijk en de aanwezige drainage en/of kwelsloot kan de grondwaterstand in de dijk zelf licht toenemen. De verhoging is naar verwachting maximaal 5 à 20 cm op enkele locaties en in het overige deel minder dan 5 cm.

Aanleg van vooroeverplateau

- Het plateau wordt mogelijk deels aangelegd met minder goed waterdoorlatend materiaal. In dat geval wordt de weerstand van de bodem net buitendijs verhoogd. Op locaties waar de huidige weerstand erg laag is kan dit effect hebben op de wegzijging in het ondiepe pakket en daarmee op de freatische grondwaterstand in de dijk. Als de vooroever wordt aangelegd met goed waterdoorlatend materiaal (zand) dan is er geen effect op de weerstand.
- Op basis van de bodemopbouw en de continue wegzijging vanuit het IJsselmeer naar de Flevopolder wordt verwacht dat de huidige infiltratieweerstand niet heel laag is. Bij aanbrengen van slecht doorlatend materiaal in de vooroever wordt de weerstand nog verder verhoogd, maar door de in de huidige situatie al aanwezige hoge weerstand zal het effect hiervan beperkt zijn.

Locatie BioResearch

- Het effect van de aanleg van het cunet t.b.v. de vooroeverdam is beperkt. Er wordt geen extra kwel of een grote stijging van de grondwaterstand verwacht (< 5 cm)
- Door de aanleg van de vooroever wordt de hoeveelheid (dijkse) kwel niet sterk verlaagd. De wateraanvoer vanaf de dijksloot naar de sloten rondom de locatie wordt daardoor niet verlaagd. De verwachting is dat de sloten niet droogvallen als gevolg van de aanleg van de vooroever.

Locatie hevel Lelystad Noord

- Het cunet t.b.v. de hevel komt tot aan de bestaande dijk, maar het oppervlak is veel kleiner, het effect is vergelijkbaar met het effect van het cunet t.b.v. de vooroeverdam.
- Bij een beperkt effect op de stijghoogte en/of dijkse kwel zal als de aanwezige drainage in de teen van de dijk goed werkt geen negatief effect optreden op de grondwaterstand.

8.2 Aanbevelingen

Uit de berekeningen blijkt dat het effect van het ontgraven van het cunet beperkt is als er een redelijke restweerstand achter blijft. Als 1.0 meter van de holocene deklaag niet wordt ontgraven dan is de verwachting dat de restweerstand minimaal 100 tot 300 dagen is. Dan is het effect op de stijghoogte beperkt en daarmee ook het effect op kwel en op de grondwaterstand binnendijks.

Als de deklaag volledig wordt doorgraven is het effect veel groter. Dit is dus een aandachtspunt bij de uitvoering. Door middel van monitoring van de peilbuizen kan goed in de gaten gehouden worden of er geen onverwacht grote effecten optreden. Dat zou een indicatie zijn van het te ver verwijderen van de deklaag.

Het is verstandig om steeds door middel van deze metingen te bepalen of er inderdaad geen (of een klein) effect is voordat het cunet met zand wordt gevuld. Als er een groter effect blijkt te zijn doordat te veel weerstand is weggehaald dan kan dat nog hersteld worden door het aanbrengen van waterremmend materiaal. Na het aanbrengen van het zandcunet is het veel lastiger af te dichten (de gehele bovenzijde van het cunet moet dan worden afgedicht).

Op basis van de beschikbare boringen en sonderingen is de hoogteligging van de onderzijde van de deklaag redelijk goed in beeld ter plaatse van het voorziene tracé van de vooroeverdam. Tijdens de uitvoering moet rekening gehouden worden met de lokale variatie in de hoogteligging van de onderzijde van de deklaag. Hiervoor is een verdere analyse van de beschikbare boringen en sonderingen nodig. Mogelijk moet tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden en/of voorafgaand nog aanvullend onderzoek gedaan worden op het traject van het aan te brengen cunet. Op basis van de analyse van de variatie in hoogteligging van de onderzijde van de deklaag, kan ook een veiligheidsmarge worden aangehouden, zodat zeker gesteld kan worden dat overal in het tracé tenminste 1,0 m deklaag aanwezig blijft. Wel wordt opgemerkt dat deklaagdikteverschillen onder het cunet kunnen leiden tot beperkte (rest)zettingsverschillen in de vooroeverdam.

Met betrekking tot het aanbrengen van verticale drainage geldt eveneens een maximale installatiediepte teneinde kortsluiting tussen het IJsselmeer en de zandondergrond te voorkomen. Evenals bij het cunet, dient tenminste 1,0 m van onderzijde de deklaag intact te blijven. Evenals bij het graven van een cunet, kan gewerkt worden met een veiligheidsmarge met betrekking tot de installatiediepte van de drains. Wel wordt opgemerkt dat verschillen in deklaagdikte onder de onderzijde van de drains mogelijk kan leiden tot beperkte (rest)zettingsverschillen.

9 Op te nemen eisen

Op basis van het uitgevoerde geohydrologische onderzoek wordt voorgesteld om de volgende eisen op te nemen:

1. Bij uitvoering moet minimaal 1 meter slecht doorlatend materiaal onder het cunet aanwezig blijven. Als toch kortsluiting ontstaat bij het afgraven dan moet zo snel mogelijk 1 meter slecht doorlatend materiaal aangebracht worden.
2. Er moet een monitoringsplan opgesteld worden om tijdens de uitvoering mogelijke kortsluiting op tijd te ontdekken. Hiervoor kan het bestaande meetnet met peilbuizen gebruikt worden. Indien nodig (tijdelijk) extra peilbuizen bijplaatsen. Metingen moeten online en real time te volgen zijn.
3. Drainage toepassen bij de dijktrajecten waar deze nog niet aanwezig is om te voldoen aan eisen GABI/STMI. Of aantonen dat deze niet nodig is. Dijktrajecten:
 - a. GABI/STMI (dp 18,1 tot 18,3);
 - b. GABI/STMI (dp 25,5 tot 26,0);
 - c. GABI/STMI (dp 28,4 tot 29,1);
4. Hoogteligging onderzijde deklaag ter plaatse van cunet in detail in beeld brengen aan de hand van beschikbare boringen sonderingen. Ontgraven cunet hierop afstemmen. Bij onzekerheden/locaties met veel variatie en hoogteligging onderzijde deklaag indien nodig aanvullende boringen/sonderingen uitvoeren. Of extra intensief monitoren (opnemen in monitoringsplan).
5. Beheer en onderhoud drainage vastleggen in beheer en onderhoudsplan.