



ACHTERGROND- RAPPORT WATER



Projectnummer	P0020293
Projectomschrijving	Dijkversterking IJsseldijk Zwolle - Olst
Documentnummer	20293-RAP-00334
Versienummer	1.0
Versiedatum	28 maart 2024

1.	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Korte beschrijving huidige situatie	5
1.3	Fasering en stappen in het project	7
1.4	Functie deelrapport	8
1.5	Beschrijving projectgebied	8
1.6	Leeswijzer	11
2.	Kaders vanuit wetgeving, beleid en richtlijnen	12
3.	Wijze van onderzoeken	13
3.1	Ingrep-effectrelaties	13
3.2	Beoordelingskader	14
3.3	Aanpak en maatlatten	15
3.3.1	Waterkwaliteit binnendijs oppervlaktewatersysteem	16
3.3.2	Waterkwantiteit binnendijs oppervlaktewatersysteem	17
3.3.3	Grondwaterkwaliteit	17
3.3.4	Grondwaterkwantiteit	18
4.	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	26
4.1	Huidige situatie	26
4.2	Autonome ontwikkelingen	27
5.	Effecten gebruiksfase	30
5.1	Oppervlaktewaterkwaliteit	30
5.1.1	Effectbeschrijving – Oppervlaktewaterkwaliteit	30
5.1.2	Effectbeoordeling - Oppervlaktewaterkwaliteit	30
5.2	Oppervlaktewaterkwantiteit	30
5.2.1	Effectbeschrijving – Oppervlaktewaterkwantiteit	30
5.2.2	Effectbeoordeling – Oppervlaktewaterkwantiteit	35
5.3	Grondwaterkwaliteit	35
5.3.1	Effectbeschrijving - grondwaterkwaliteit	35
5.3.2	Effectbeoordeling – grondwaterkwaliteit	44



5.4	Grondwaterkwantiteit	45
5.4.1	Effectbeschrijving – grondwaterkwantiteit	45
5.4.1.1	Algemeen	45
5.4.1.2	Module ZU-1 t/m ZU-3	47
5.4.1.3	Module MZ-1 t/m MZ-3	49
5.4.1.4	Module MN-1 t/m MN-3	58
5.4.1.5	Module NO-1 t/m NO-3	60
5.4.2	Effectbeoordeling - grondwaterkwantiteit	68
6.	Effecten aanlegfase	69
6.1	Oppervlaktewaterkwaliteit	69
6.1.1	Effectbeschrijving	69
6.1.2	Effectbeoordeling	69
6.2	Oppervlaktewaterkwantiteit	69
6.2.1	Effectbeschrijving	69
6.2.2	Effectbeoordeling	69
6.3	Grondwaterkwaliteit	69
6.3.1	Effectbeschrijving	69
6.3.2	Effectbeoordeling	72
6.4	Grondwaterkwantiteit	72
6.4.1	Effectbeschrijving	72
6.4.2	Effectbeoordeling	74
7.	Overzicht effecten water	75
7.1	Gebruiksfase	75
7.2	Aanlegfase	77
7.3	Monitoring	77
8.	Leemten in kennis en informatie	78
9.	Verwijzingen	79
	Bijlage 1: Effectberekeningen natte situatie	80
	Bijlage 2: Effectberekeningen droge situatie	108
	Bijlage 3: Toelichting geohydrologisch model	132



1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDODelta) heeft als taak de waterstaatskundig verzorging van zijn gebied. Die taak omvat de zorg voor het watersysteem en het zuiveren van afvalwater. Een onderdeel van de zorg voor het watersysteem is het beheer van waterkeringen.

Nederland beschikt over ongeveer 3.500 kilometer primaire waterkeringen (dijken), die Nederland beschermen tegen (hoog) water vanuit de zee en grote rivieren. De waterveiligheid die deze primaire keringen moeten bieden aan het achterland, is met een maximaal risico op overstroming (de norm) vastgelegd in de Omgevingswet (voormalig in de Waterwet). Periodiek wordt beoordeeld of de primaire waterkeringen nog voldoen aan de gestelde wettelijke normen. Als de waterkering niet aan de norm voldoet, moeten versterkingsmaatregelen worden uitgevoerd.

De IJsseldijk is één van de vele dijken die Nederland droog houdt. De dijk tussen Zwolle en Olst beschermt de bewoners van Salland tegen water vanuit de Gelderse IJssel (IJssel), maar ook bij noordwesterstorm vanuit het IJsselmeer. Bij een eventuele doorbraak stroomt een groot gebied onder. Het water van Olst tot Zwolle staat dan 1 tot 3 meter hoog en een groot deel van Salland krijgt te maken met grote wateroverlast.

In de derde landelijke toetsronde (2011) bleek dat de dijk tussen Zwolle en Olst grotendeels niet voldeed aan de op dat moment geldende wettelijke veiligheidseisen. Het traject, genaamd IJsseldijk Zwolle-Olst, is daarom opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) als onderdeel van het Deltaplan Waterveiligheid. Het traject Zwolle-Olst is onderdeel van de oostelijke IJsseldijk en is globaal gelegen tussen Olst tot in Zwolle. Het traject ligt in de provincie Overijssel, in de gemeente Olst-Wijhe en gemeente Zwolle. Het traject begint bij landgoed "de Haere" net ten zuiden van Olst en eindigt in Zwolle bij de Spooldersluis (Zwolle IJsselkanaal), zie afbeelding 1.1. Het traject Zwolle-Olst omvat één normtraject (traject 53-2) en heeft een lengte van 28,9 km.

In 2016 zijn nieuwe veiligheidsanalyses uitgevoerd, onder andere om de impact van de nieuwe veiligheidsnormen (die sinds 2017 van kracht zijn) voor de IJsseldijk te onderzoeken. Deze nieuwe normen zorgen ervoor dat Salland en Zwolle een betere bescherming tegen overstromingen krijgen. De uitkomst van de nadere veiligheidsanalyses in de verkenning is dat 28,4 kilometer van de 28,9 kilometer van de IJsseldijk Zwolle- Olst niet aan de nieuwe wettelijke normen voldoet.

Op het gehele traject is de bekleding van de dijk niet sterk genoeg. Door golven en stroming kan het gras, en de daaronder liggende dijk, beschadigd raken. Daarnaast is op een groot deel van het traject sprake van piping: bij hoog water stroomt water onder de dijk door. Dit water neemt zand mee, waardoor kanaaltjes onder de dijk ontstaan, en de dijk verzwakt. Tenslotte is op verschillende deeltrajecten de dijk niet stabiel en/of hoog genoeg. Dat de dijk grotendeels niet sterk genoeg is, blijkt ook uit de praktijk. Bij jaarlijks optredend hoogwater ontstaan op meerdere locaties in het plangebied binnendijks zogenaamde wellen: het water komt hier onder de dijk door omhoog (piping). Deze wellen ontstaan al bij waterstanden die jaarlijks optreden, terwijl de dijk bestand moet zijn tegen hogere waterstanden die alleen in extreme situaties voorkomen. Om ervoor te zorgen dat de dijk in de toekomst wel aan de norm voldoet, is in 2017 het project Dijkversterking Zwolle-Olst gestart met een verkenning naar een oplossing voor de hoogwaterveiligheidsopgave. Vanaf 2020 is vervolgens gestart met de planuitwerking, zie ook paragraaf 1.3.

1.2 Korte beschrijving huidige situatie

Het dijktraject tussen Olst (Haereweg) en Zwolle (Spooldersluis) loopt afwisselend door bebouwd en landelijk gebied met daarin diverse dorpen en buurtschappen. Het gebied omvat diverse waardevolle ecologische, landschappelijke en cultuurhistorische elementen. Deze paragraaf beschrijft de belangrijkste waarden en functies in het plangebied. In het hoofdrapport MER (IJsselwerken, 2023c) is een volledige beschrijving van de waarden en functies opgenomen.





Afbeelding 1.1 Overzicht projectgebied IJsseldijk Zwolle-Olst.

Het dijktraject loopt door Olst, ruim langs Den Nul, door Wijhe, langs Herxen en Harculo naar Zwolle. De wijk Zwolle-Zuid en de meeste dorpen liggen met de 'achterkant' naar de dijk toe. In Olst (en mindere mate in Wijhe), buurtschap Harculo en Oldeneel is er bebouwing direct aan de kruin van de dijk, soms zelfs op de dijk of het dijktalud, met ontsluiting op de dijk. Met name in Olst en Wijhe vormt de dijk, met de daarover lopende weg, een barrière tussen het dorp en de IJssel.

Ter hoogte van Zwolle ligt het Rijksmonument Het Engelse Werk en de Schellerdijk. Deze vormen beiden een belangrijk uitloopgebied voor inwoners van Zwolle en hebben een sterke recreatieve functie. Binnen de begrenzing van de gemeente Zwolle is recreatief medegebruik van de dijk belangrijk. Ook bevindt zich hier het grondwaterbeschermingsgebied van Het Engelse Werk, waar drinkwater wordt gewonnen.

De N337, de provinciale weg N337 van en naar Zwolle, loopt vanaf Olst richting Herxen over de kruin van de dijk, dit is ongeveer de helft van het totale traject. Op dit deel heeft de dijk een belangrijke verkeersfunctie en heeft de dijk een relatief brede kruin. Op sommige plekken (met name in de nabijheid van de dorpen) liggen parallelwegen of fietspaden aan de binnen- of buitenteen van de dijk. Op andere delen zoals bij Herxen ligt het fietspad op de kruin van de dijk.

1.3 Fasering en stappen in het project

Het project doorloopt op hoofdlijnen drie fasen: de verkenningsfase, de Planuitwerkingsfase en de Realisatiefase (zie Afbeelding 1.2). De verkenning en planuitwerking worden afgesloten met een besluit: hoe verder te gaan in de volgende fase. De Realisatiefase wordt afgesloten met een nieuwe legger). Deze methode wordt algemeen toegepast voor alle dijkversterkingsprojecten uit het HWBP. Op dit moment bevindt het project IJsseldijk Zwolle-Olst (IJsselwerken) zich in de Planuitwerkingsfase.

IJsselwerken

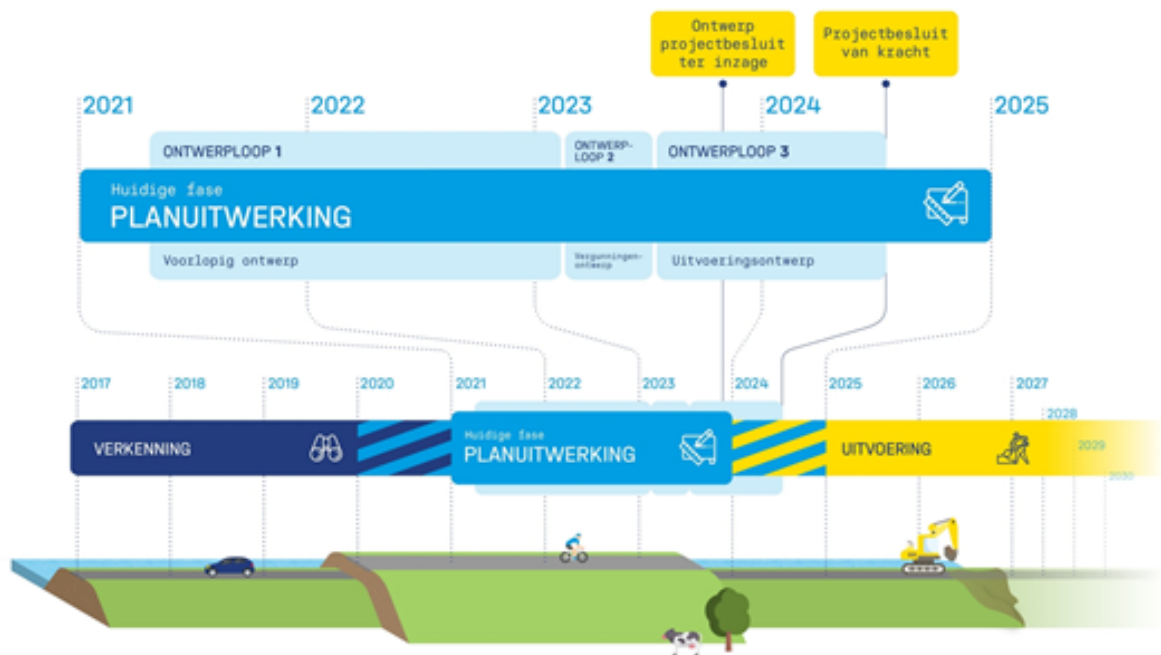
WDO Delta, de formele opdrachtgever, heeft om dit project te kunnen realiseren ervoor gekozen om al vroegtijdig in het bouwproces te kunnen beschikken over de kennis en ervaring van een marktpartij (Boskalis Nederland). Dit heeft eind 2019 zijn beslag gekregen in een overeenkomst waarbij opdrachtgever en opdrachtnemer samen (IJsselwerken) aan de lat staan voor het maken van het ontwerp en het verkrijgen van de benodigde vergunningen en ontheffingen. Waarna vervolgens de uitvoering van de versterking en de oplevering van de IJsseldijken door Boskalis Nederland zal plaatsvinden.

Op de website van IJsselwerken (www.ijsselwerken.nl) is meer informatie beschikbaar over de aanleiding en voortgang van het project. De website bevat ook het laatste nieuws, veel gestelde vragen en achtergrondinformatie (o.a. kaarten, verslagen en rapporten).

In de eerste fase, de **verkenningsfase**, is onderzocht welke alternatieven er zijn, zodat de dijk weer voldoet aan de veiligheidsnormen. Deze alternatieven zijn, samen met betrokken partijen, beoordeeld en onderling vergeleken op basis van de afwegingsthema's techniek, impact op de omgeving en kosten. Ook is het draagvlak van de verschillende maatregelen in beeld gebracht en is de omgeving geconsulteerd over het concept voorkeursalternatief. De Onderbouwing voorkeursalternatief voor de dijkversterking markeert het einde van de verkenningsfase. Het voorkeursalternatief bestaat uit een principeoplossing per deeltraject van de dijk. Het is nog geen ontwerp op perceelniveau en precieze maten en details liggen in de verkenningsfase nog niet vast.

In de **Planuitwerkingsfase** ontwerpt het waterschap samen met Boskalis Nederland, verder IJsselwerken genoemd (zie bovenstaand kader), het voorkeursalternatief in meer detail. Het ontwerp wordt daarbij uitgewerkt van de principekeuzes uit het verkenningenrapport naar een maatschappelijk, technisch en financieel uitvoerbaar ontwerp. Daarnaast stelt IJsselwerken in de Planuitwerkingsfase de (formele) documenten op, die nodig zijn om de dijkversterking te realiseren.





Afbeelding 1.2 Fasen project IJsselwerken

In de **Realisatiefase** voert Boskalis Nederland de dijkversterking daadwerkelijk uit. Vanwege de grote lengte waarover de dijkversterking plaatsvindt, gebeurt dit gefaseerd. De start uitvoering van de werkzaamheden is gepland in 2024.

1.4 Functie deelrapport

Dit document beschrijft de effecten van het project dijkversterking IJsselwerken op het thema Water en is onderdeel van MER-fase deel B. Deze bouwt voor op MER-fase deel A thema water (Witteveen+Bos, 2019). De voorliggende rapportage bevat de specifieke uitgangspunten en gedetailleerde informatie voor het thema Water. De algemene aanpak en uitgangspunten voor de effectenstudies zijn te vinden in het hoofdrapport van het MER (Witteveen+Bos, 2023).

1.5 Beschrijving projectgebied

In de verkenningfase is de dijk opgedeeld in 15 trajecten en 31 deeltrajecten. Deze onderverdeling is gebaseerd op de fysieke omgevingskenmerken, gemeentegrenzen en de resultaten uit de nadere analyse van het veiligheidsprobleem. Per deeltraject is een voorkeursalternatief voor de versterking gespecificeerd, deze is beschreven in het projectbesluit (IJsselwerken, 2023e).

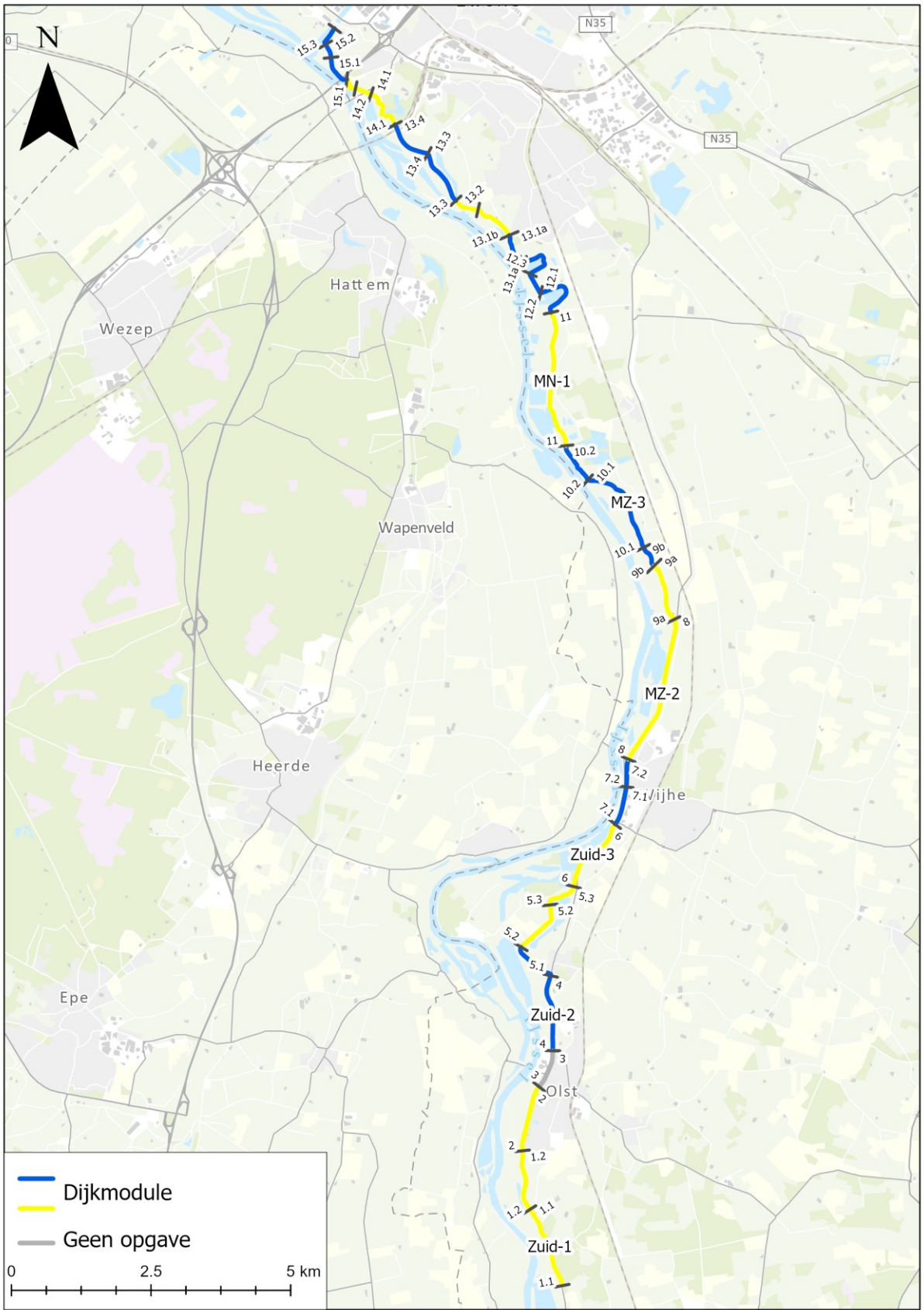
In de Planuitwerkingsfase zijn de 31 deeltrajecten in 12 dijkmodules (zie onderstaande Tabel 1.1) verdeeld. Per dijkmodule is voor meerdere deeltrajecten samen een dijkversterkingsontwerp gemaakt. In tabel 1.1 dijkmodules en deeltrajecten.

is de onderverdeling op kaart weergegeven.

Dijkmodule	Deeltraject	Omschrijving	Kilometrering	Lengte (meter)
Zuid 1	1.1	De Haere 1	17,80 - 19,30	1.500
	1.2	De Haere 2	19,30 - 20,40	1.100
	2	Olst-Zuid	20,40 - 21,60	1.200
-	3	Olst-Dorp (kent geen opgave)	21,60 - 22,30	700
Zuid 2	4	Olst-Noord	22,30 - 23,70	1.400
	5.1	Den Nul-Zuid	23,70 - 24,50	800
Zuid 3	5.2	Den Nul-Midden	24,50 - 25,50	1.000
	5.3	Den Nul-Noord	25,50 - 26,10	600
	6	Duursche Waarden	26,10 - 27,50	1.400
Midden-Zuid 1	7.1	Wijhe-Zuid	27,50 - 28,20	700
	7.2	Wijhe-Dorp	28,20 - 28,70	500
Midden-Zuid 2	8	Wijhe-Noord	28,70 - 31,40	2.700
	9a	Paddenpol-Herxen a	31,40 - 32,60	1.200
Midden-Zuid 3	9b	Paddenpol-Herxen b	32,60 - 33,00	400
	10.1	Herxen-Dorp	33,00 - 34,75	1.750
	10.2	Herxen-Tichelgaten	34,75 - 35,50	750
Midden-Noord 1	11	Windesheim-Noord & Harculo	35,50 - 38,00	2.500
Midden-Noord 2	12.1	Centrale Harculo-Zuid	38,00 - 39,05	1.050
	12.2	Centrale Harculo-Midden	39,05 - 39,45	400
	12.3	Centrale Harculo-Noord	39,45 - 40,30	850
	13.1a	Schellerdijk a	40,30 - 40,90	600
Midden-Noord 3	13.1b	Schellerdijk b	40,90 - 41,65	750
	13.2	Schellerdijk-Oldeneel	41,65 - 42,10	450
Noord 1	13.3	Schellerdijk-Schellerwade	42,10 - 43,10	1.000
	13.4	Schellerdijk-Vitens	43,10 - 43,95	850
Noord 2	14.1	Engelse Werk	43,95 - 44,80	850
	14.2	Katerveerdijk	44,80 - 45,10	300
	14.3	Katerveercomplex	45,10 - 45,40	300
Noord 3	15.1	Spoolde 1	45,40 - 45,95	550
	15.2	Spoolde 2	45,95 - 46,20	250
	15.3	Spoolde-kanaal	46,20 - 46,55	350

Tabel 1.1 Dijkmodules en deeltrajecten.





Afbeelding 1.3 Dijkmodules en deeltrajecten.



1.6 Leeswijzer

Onderstaande leeswijzer geeft weer hoe dit deelrapport is opgebouwd en welke informatie er in staat.

Hoofdstuk	Geeft antwoord op de vraag
1. Inleiding	Wat staat er in het deelrapport?
2. Kaders vanuit wetgeving, beleid en richtlijnen	Wat zijn de geldende kaders en richtlijnen voor het thema Water?
3. Wijze van onderzoeken	Op welke manier zijn de effecten voor het thema Water bepaald?
4. Huidige situatie en autonome ontwikkelingen	Hoe ziet de situatie er nu en straks uit voor het thema Water
5. Effecten gebruiksfase	Welke effecten heeft het project op het thema Water na uitvoering van de dijkversterking?
6. Effecten aanlegfase	Welke effecten heeft het project op het thema Water tijdens uitvoering van de dijkversterking?
7. Overzicht effecten	Wat zijn op hoofdlijnen de effecten voor het thema Water?
8. Leemten in kennis en informatie	Welke ontbrekende kennis en informatie is er?
9. Referenties	Welke bronnen zijn gebruikt voor het opstellen van dit deelrapport?

Tabel 1.2 Leeswijzer



2. Kaders vanuit wetgeving, beleid en richtlijnen

Deze paragraaf beschrijft de geldende wettelijke- en beleidskaders specifiek voor het thema Water. Het maakt onderscheid tussen wetten, beleidsstukken en richtlijnen op nationaal niveau (van het Rijk) en op regionaal niveau (van provincie, gemeentes en het waterschap).

In Tabel 2.1 is de relevante wet- en regelgeving voor het thema water opgenomen. Tevens is voor ieder beleidsstuk/wet aangegeven waarvoor het relevant is in het kader van het project.

Beleidsstuk/wet	Relevantie
Omgevingswet (voormalig de Waterwet)	De Omgevingswet stelt eisen (veiligheidsnormen) aan waterkeringen en regelt het beheer van oppervlakte- en grondwater. Project IJsselwerken betreft een primaire waterkering, welke is afgekeurd op basis van de geldende veiligheidseisen. De Omgevingswet richt zich verder op het voorkomen van wateroverlast en tekorten en geeft invulling aan de zorgplicht van de overheden. Een ingreep in het watersysteem mag niet leiden tot wateroverlast op andere functies. De dijkversterking en dijkeruglegging mogen dus niet leiden tot binnendijkse wateroverlast
Kaderrichtlijn water (KRW)	De KRW is een Europese richtlijn en stelt eisen aan de kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater in Europa. De IJssel is een KRW-waterlichaam IJssel. In het MER worden de effecten van de ingreep op de chemische en ecologische waterkwaliteit onderzocht.
Omgevingsverordening Overijssel 2024 (Was: Omgevingsverordening Overijssel 2017)	Waterschappen en gemeenten moeten wateroverlast voorkomen. De regels hiervoor staan in de Omgevingsverordening Overijssel 2024.
Waterschapsverordening (was Keur WDODelta)	Hierin zijn de regels vastgelegd ten aanzien van aanpassingen in het watersysteem. Zonder vergunning van het waterschap mogen watergangen niet gewijzigd worden.

Tabel 2.1 Overzicht wetten, beleidstukken en richtlijnen op nationaal en regionaal niveau.



3. Wijze van onderzoeken

In deze paragraaf zijn de belangrijkste ingreep-effectrelaties voor het thema Water weergegeven. Op basis hiervan zijn het beoordelingskader en de maatlatten opgesteld. De effecten zijn beoordeeld aan de hand van deze maatlatten.

3.1 Ingreep-effectrelaties

Onderstaande tabel beschrijft op hoofdlijnen tot welke effecten verschillende ingrepen (kunnen) leiden met betrekking tot het thema Water.

Ingreep	Effect	Plek in beoordelingskader, criterium
Klei-ingraving buitendijks	in deze situatie wordt een kleipakket van ca. 1 m dik aangebracht in het voorland. De gemiddelde afstand van dijk tot einde aanbrenge klei is circa 50 m. Met de klei-ingravingen wordt er weerstand toegevoegd aan de bodem (deklaag). Hierdoor kan stroming van grondwater (kwel bij lage IJssel waterstand en infiltratie IJssel water bij hoge IJssel waterstand) worden bemoeilijkt, wat van invloed is op het watersysteem - de toegevoegde klei kan van andere kwaliteit zijn dan huidige bodem. Dit kan van invloed zijn op de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater	Effecten gebruiksfase (meerdere onderdelen).
Verticale voorziening piping	Voor de ingreep gelden meerdere varianten: 1) Ondoorlatende oplossing (bijvoorbeeld een kwel scherm) of 2) doorlatende oplossing (bijvoorbeeld een verticaal zanddicht geotextiel).	Effecten gebruiksfase (grondwater; kwaliteit en kwantiteit).
Zelfstandig kerende constructie	De zelfstandig kerende constructie werkt als een grondwaterbarrière waardoor het water een andere baan zal moeten volgen. Afhankelijk van de ondergrond zal het grondwater zal wel/niet onder een constructie door kunnen stromen.	Effecten gebruiksfase (grondwater; kwaliteit en kwantiteit).
Permanente demping waterpartijen	Lokaal zijn waterpartijen zo dicht op de dijk gelegen dat deze negatieve invloed hebben op dijkveiligheid. Deze worden gedempt. Dit kan een risico geven voor de waterafvoer en berging van het watersysteem. Daarmee kan dit leiden tot wateroverlast.	Effecten gebruiksfase (meerdere onderdelen).
Toename verhard oppervlak	Door een toename aan verhardoppervlak (bv. extra halfverharding op de kruin) kan neerslag minder goed infiltreren. Bij extreme neerslag kan dit leiden tot een grotere afvoer richting het oppervlaktewatersysteem.	Effecten gebruiksfase (oppervlaktewater, kwantitatief).
Tijdelijke demping waterpartijen	Zie permanente demping.	Effecten aanlegfase
Tijdelijke bemaling	Lokaal zijn werkzaamheden voorgenomen onder de grondwaterstand. Teneinde de	Effecten aanlegfase



werkzaamheden in den droge uit te voeren zijn lokaal bemalingen voorgenomen.

Daarbij wordt de grondwaterstand verlaagd ter plaatse van de werkzaamheden, maar ook in de omgeving van de bemaling.

Tabel 3.1 Overzicht van ingreep-effectrelaties voor Water.

Ontgrondingen

Een brede groep ingrepen zijn 'ontgrondingen' deze kunnen effect hebben op het onderdeel water. De volgende ontgrondingen vinden plaats binnen het project IJsselwerken:

- Verwijderen bestaande bekleding van de dijk (tot 1 à 1,5 m-mv);
- Graven in het voorland ten behoeve van het plaatsen van een klei-ingraving gerealiseerd;
- Verleggen van watergangen;
- Afgraven van grond voor- en na tijdelijke activiteiten (aanleggen van werkwegen, depots en loswallen en het opruimen hiervan);
- Dijkverlegging en aanleg nevengeul.

De eerste soort ontgroning heeft geen invloed op het onderdeel water. Er wordt namelijk ook weer een nieuwe bekleding teruggeplaatst. De tweede soort ontgroning heeft geen invloed op het onderdeel water, de ontgraving wordt namelijk weer aangevuld. Wel kan de kleiingraving effect hebben, dit is reeds aangegeven in Tabel 3.1. De derde soort ontgroning heeft in theorie invloed op het onderdeel water. Uitgangspunt is dat bij het verleggen van watergangen de nieuw te graven watergang vergelijkbare afmetingen heeft als de te dempen watergang. Daarmee is de feitelijke impact verwaarloosbaar. De vierde soort werkzaamheden betreft het verwijderen van teelaarde lagen, deze liggen boven de grondwaterstand en hebben daarmee geen invloed op het onderdeel water. Daarnaast betreft dit het weer terugbrengen van de originele situatie na de werkzaamheden, deze hebben ook geen invloed op het onderdeel water.

De laatste ontgroning betreft dijkverlegging Paddenpol. Deze is voorgenomen op het traject km 31,6 - 32,6. Daarbij wordt het winterbed van de rivier groter, wordt de uiterwaarde heringericht en wordt het oppervlaktewatersysteem achter de dijk veranderd. Daarbij wordt de bestaande dijk afgegraven. Ook wordt in het voorland een nevengeul aangelegd. De dijkteruglegging is vanwege het eenmalige karakter separaat behandeld binnen het onderwerp Grondwaterkwantiteit (paragraaf 5.4).

3.2 Beoordelingskader

In onderstaande tabel is het beoordelingskader voor het thema Water weergegeven.

Bij het beoordelen van de (afgeleide) effecten worden op basis van twee situaties beoordeeld: droge situatie met laagwater op de IJssel en een natte situatie met hoog water op de IJssel. De beoogde alternatieven kunnen per situatie verschillende geohydrologische effecten vertonen. Zo kunnen er tijdens laagwater (drainerende functie van de IJssel) andere (onderscheidende) effecten optreden dan tijdens hoogwater (infiltrerende functie van de IJssel).

Aspect	Beoordelingscriteria	Methode
Oppervlaktewater	effect op waterkwaliteit binnendijks oppervlaktewatersysteem	Kwalitatief
	effect op waterkwantiteit binnendijks oppervlaktewatersysteem	Kwalitatief
Grondwater	effect op grondwaterkwaliteit	Kwalitatief
	effect op grondwaterkwantiteit (grondwaterpeil en grondwaterstroming)	Kwantitatief / grondwatermodel

Tabel 3.2 Beoordelingskader thema water.



Aspect	Beoordelingscriteria	Aanleg- en/of gebruiksfase	Methode
landbouw	effect op landbouwopbrengst	kwalitatief	Op basis van berekende grondwaterstandsveranderingen als gevolg van de ingreep wordt er een inschatting gemaakt op basis van expert judgement van de mogelijke toename van schade in landbouwgebieden.
natuur	effect op grondwaterstand in natuurgebieden	kwalitatief	Op basis van berekende grondwaterstandsveranderingen als gevolg van de ingreep wordt er een inschatting gemaakt op basis van expert judgement van mogelijke effecten in natuurgebieden.
bebouwing	effect op grondwaterstand	kwalitatief	Op basis van berekende grondwaterstandsveranderingen als gevolg van de ingreep wordt er een inschatting gemaakt op basis van expert judgement van de verandering van de ontwateringsdiepte en risico op zettingen.
drinkwaterwinning	Effect op de kwaliteit van het grondwater die wordt gewonnen. Effect op de kwantiteit van het grondwater die wordt gewonnen.	Kwalitatief en kwantitatief	Op basis van de werkzaamheden en de locatie van de drinkwaterwinning (geografisch en diepte) wordt het risico verontreinigen van het grondwater bepaald. Op basis van de geohydrologische berekeningen wordt gekeken of er risico is op beïnvloeding van de grondwaterstand rondom het de drinkwaterwinning (locatie en diepte).

Tabel 3.3 Beoordelingskader thema water: afgeleide effecten.

3.3 Aanpak en maatlatten

De beoordeling van de effecten voor het thema Water is gedaan op basis van analyses en modelberekeningen. De effectbeoordeling voor de verschillende criteria vindt plaats op basis van onderstaande aanpak en de score komt tot stand op basis van de daarbij horende beoordelingsschalen.

Een aantal onderwerpen kunnen op voorhand worden uitgesloten. Deze zijn hieronder beschreven.

Buitendijks bestaat het oppervlaktewatersysteem uit de rivier de IJssel. Beoordeling van de effecten op dit watersysteem zijn beschreven binnen het rapport "Rivierkundige effectbeoordeling Dijkversterking IJsseldijk Zwolle -Olst (IJsselwerken, 2023f). Hierin is het ontwerp getoetst aan de rivierkundige eisen. Een van deze eisen is dat de verandering van de waterstand door maatregelen (op de IJssel) binnen de ordegrootte van 0,001 m (=1 mm) blijft. Hieraan wordt voldaan. Het onderwerp oppervlaktewatersysteem is voor het buitendijkse gedeelte daarom niet beschouwd.

Buitendijks bestaat het grondwatersysteem uit een combinatie van neerslag, verdamping en invloed van de IJssel. Tijdens hoogwater op de IJssel komen (nagenoeg) alle uiterwaarden onder water te staan. Een beeld hiervan is gegeven in Afbeelding 3.1. In dit geval wordt de grondwaterstand gelijk aan de waterstand van de IJssel. Deze



waterstand veranderd niet als gevolg van het ontwerp. Daardoor kunnen effecten op en rondom de grondwaterstand aan de buitendijkse zijde tijdens hoogwater worden uitgesloten.



Afbeelding 3.1 Uiterwaarden nabij Oldeneel tijdens hoogwater (ter plaatse van km 42.0, februari 2021).

3.3.1 Waterkwaliteit binnendijs oppervlaktewatersysteem

Studiegebied

Het studiegebied strekt zich uit circa 500 m oostelijk vanaf de IJssel over het volledige traject. Binnen het studiegebied ligt het invloedsgebied van de geohydrologische effecten van alle beschreven ingrepen. De veranderingen zijn beoordeeld op basis van onderstaande maatlat.

Methode

Ingrepen kunnen van invloed zijn op de waterkwaliteit afhankelijk van toe te passen materiaal. De mogelijke impact wordt beschreven op basis van aangeleverde gegevens van de huidige waterkwaliteit en toe te passen materiaal.

Maatlat beoordelingskader

Onderstaande tabel geeft de maatlat voor de beoordeling op het criterium Waterkwaliteit binnendijs oppervlaktewatersysteem weer.

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterk negatief, sterke verslechtering van de waterkwaliteit binnendijs
-	negatief, enige verslechtering van de waterkwaliteit binnendijs
0	neutraal, geen significante veranderingen op de waterkwaliteit binnendijs
+	positief, enige verbetering van de waterkwaliteit binnendijs
++	sterk positief, sterke verbetering van de waterkwaliteit binnendijs

Tabel 3.4 Maatlat voor beoordeling criterium Waterkwaliteit binnendijs oppervlaktewatersysteem.

3.3.2 Waterkwantiteit binnendijs oppervlaktewatersysteem

Studiegebied

Het studiegebied strekt zich circa 500 m oostelijk vanaf de IJssel over het volledige traject. Binnen het studiegebied ligt het invloedsgebied van de geohydrologische effecten van alle beschreven ingrepen. De veranderingen zijn beoordeeld op basis van onderstaande maatlat.

Methode

Er worden ingrepen gedaan op het oppervlakte watersysteem. Deze zijn beoordeeld op het behoud van de bestaande functionaliteit. Dit omvat: afvoer van oppervlaktewater in natte periodes, aanvoer van oppervlaktewater in droge periodes, behoud van kunstwerken (stuwen/gemalen). Expliciete aandacht gaat uit naar dempingen van oppervlaktewater in relatie tot voorgaande. Aanvullend is gekeken naar de functie van waterpartijen op het onderdeel berging. De waterpartijen nabij de dijk hebben in het natte seizoen last van extreme kwel. Daardoor hebben deze soms de functie waterberging en soms ook niet. Dit onderdeel is per locatie in samenspraak met de beheerder beschouwd.

Maatlat beoordelingskader

Onderstaande tabel geeft de maatlat voor de beoordeling op het criterium Waterkwantiteit binnendijs oppervlaktewatersysteem weer.

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterk negatief, sterke verslechtering van het functioneren van het oppervlaktewatersysteem
-	negatief, verslechtering van het functioneren van het oppervlaktewatersysteem
0	neutraal
+	positief, verbetering van het functioneren van het oppervlaktewatersysteem
++	sterk positief, sterke verbetering van het functioneren van het oppervlaktewatersysteem

Tabel 3.5 Maatlat voor beoordeling criterium Waterkwantiteit binnendijs oppervlaktewatersysteem.

3.3.3 Grondwaterkwaliteit

Studiegebied

Het studiegebied strekt zich circa 500 m oostelijk vanaf de IJssel over het volledige traject. Binnen het studiegebied ligt het invloedsgebied van de geohydrologische effecten van alle beschreven ingrepen.

Methode

Ingrepen kunnen van invloed zijn op de grondwaterkwaliteit afhankelijk van toe te passen materiaal. Daarnaast heeft dit te maken met de bestaande verontreinigingen die kunnen verplaatsen. De mogelijke impact wordt beschreven op basis van aangeleverde gegevens van de huidige grondwaterkwaliteit en toe te passen materiaal.



Onderzoek naar de grondwaterkwaliteit is onderwerp binnen het deelrapport Bodem. Er is aangesloten bij de inzichten vanuit dit deelrapport. Daarbij is aangegeven of het ontwerp leidt tot risico op verplaatsingen van de verontreinigingen. Deelrapport bodem maakt gebruik van de volgende literatuurbronnen:

- RHDHV, 2017: HWBP-project Zwolle-Olst: verkenningsfase dijkversterking - Conditionering: inventarisatie projectrisico's milieukundige bodemkwaliteit; kenmerk: WATBF1138R005F1.0; versie: 1.0/Finale versie
- Witteveen+Bos, 2018a: Aanvullend vooronderzoek bodem - dijkversterking Zwolle Olst; kenmerk: 105830/18-008.663; versie: Concept 01
- Witteveen+Bos, 2018b: Deelrapport effectbeoordeling kansrijke alternatieven - bodem; kenmerk: 105830/18-019.785; versie: Concept 04.
- Witteveen+Bos, 2019: Strategie vervolgonderzoeken IJsseldijk Zwolle-Olst; kenmerk: 105830/19-000.631; versie: Definitief 01.
- Geonius, 2022: Verkennend bodem-, waterbodem- en asbestonderzoek, Dijkversterking Zwolle-Olst; kenmerk: MA200407.014.R02.V3.0; versie 3.0.

Aanvullend gelden eisen ter plaatse van grondwaterbeschermingsgebieden. In de Omgevingsverordening van Provincie Overijssel staan in bijlage 5, 'Eisen voor mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingsgebieden'. Deze omvat meerdere eisen, hieronder is een (niet uitputtende) opsomming gegeven:

Voor het aanbrengen van een damwand of diepwand:

- a.
het materiaal van de damwand of diepwand geen verontreiniging van de bodem of het grondwater kan veroorzaken;
- b.
de gebruikte (dik)spoeiing en vulvloeistoffen niet bestaan uit schadelijke stoffen, maar bijvoorbeeld uit bentoniet, kleicementmengsels of beton;

Ter plaatse van grondwaterbeschermingsgebieden worden bovenstaande eisen geverifieerd.

Maatlat beoordelingskader

Onderstaande tabel geeft de maatlat voor de beoordeling op het criterium Grondwaterkwaliteit weer.

De veranderingen zijn beoordeeld op basis van onderstaande maatlat.

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterk negatief, sterke verslechtering van de grondwaterkwaliteit, of er is sprake van grote verplaatsing van bestaande verontreinigingen.
-	negatief, enige verslechtering van de grondwaterkwaliteit of er is sprake van grote verplaatsing van bestaande verontreinigingen.
0	neutraal, geen significante veranderingen in de grondwaterkwaliteit
+	positief, enige verbetering van de grondwaterkwaliteit
++	sterk positief, sterke verbetering van de grondwaterkwaliteit

Tabel 3.6 Maatlat voor beoordeling criterium Grondwaterkwaliteit.

3.3.4 Grondwaterkwantiteit

Studiegebied

Het studiegebied strekt zich circa 500 m oostelijk vanaf de IJssel over het volledige traject. Binnen het studiegebied ligt het invloedsgebied van de geohydrologische effecten van alle beschreven ingrepen.

Methode

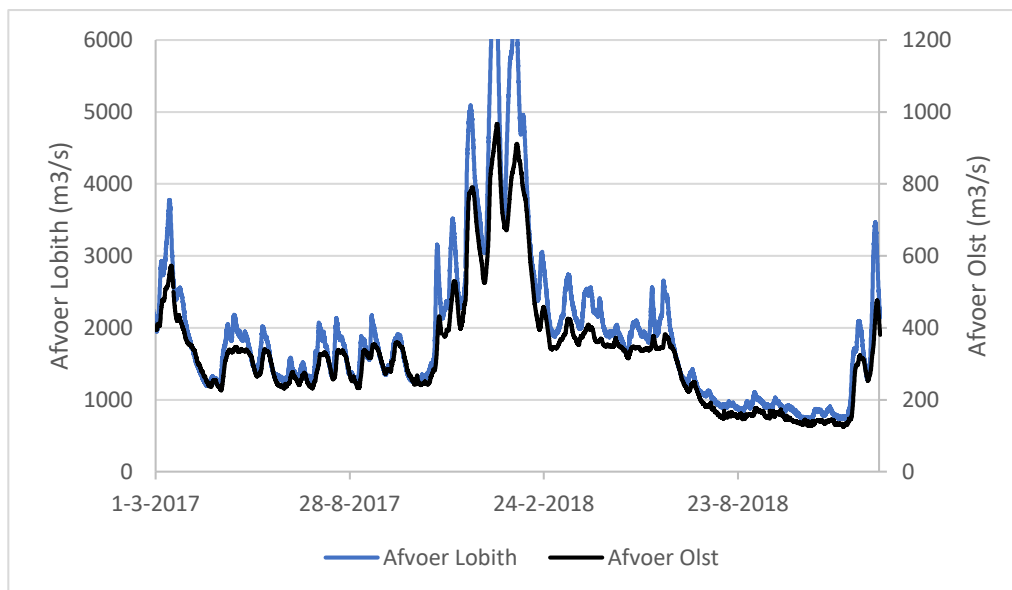
Er zijn berekeningen uitgevoerd van de ingrepen op de grondwaterstanden binnendijs. Grondwaterstandsveranderingen binnendijs zijn in beeld gebracht en getoetst op afgeleide effecten op landbouw, natuur en bebouwing. Dit geeft een beeld van de daadwerkelijke significante effecten. De maatgevende locaties



zijn representatief voor het bepalen van de ingreep op de grondwaterstand en bieden inzicht in locaties waar de beoordeling door middel van expert judgement plaatsvindt.

Bovenstaande is uitgevoerd middels berekeningen met een grondwatermodel. Een beknopte beschrijving van het model is opgenomen in bijlage 3.

Binnen een jaar varieert de afvoer op de Nederlandse rivieren van zeer hoog tot zeer laag. Omdat de rivier de IJssel verbonden is met de Rijn, zijn de afvoeren van de rivieren sterk aan elkaar gerelateerd. Dit is weergegeven in Afbeelding 3.2. Vanuit rivierkunde wordt veel gewerkt met kaders gebaseerd op de afvoer van de Rijn bij Lobith, derhalve is daarop voortgebouwd. De neerslag en grondwaterstanden hebben eenzelfde verloop. De resultaten van het grondwatermodel zijn geanalyseerd voor een droge en een natte situatie. Deze situaties kennen per discipline meerdere definities. In Afbeelding 3.3 is de rivierafvoer van de Rijn ter plaatse van Lobith weergegeven. In Afbeelding 3.7 is het cumulatief neerslagoverschot weergegeven.



Afbeelding 3.2 Vergelijk tussen de afvoer van de rivier de Rijn bij Lobith en de afvoer van de IJssel bij Olst.

Voor een natte periode geldt binnen de geohydrologie de begrippen Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand ¹ of de Representatief Hoogste Grondwaterstand. Dit is de grondwaterstand die ca. 30 dagen per jaar wordt overschreden. Vanuit rivierkunde sluit hier het beste de hoge afvoer van 4000 m³/s van de Rijn bij Lobith bij aan, deze wordt ca. 26 dagen per jaar overschreden. Vanuit de hydrologie geldt hierbij het de begrippen neerslag en neerslagoverschot. De natte periode valt in de regel in de winter. Begin februari 2018 is zowel sprake van noemenswaardige afvoer op de rivier de Rijn (3.500 – 5000 m³/s), als dat er sprake is van een noemenswaardig neerslagoverschot (Cumulatief neerslagoverschot van 200 mm en neerslag van ca. 60 mm/maand). Analyses rondom wateroverlast worden gebaseerd op de modelresultaten van dit moment in de berekening (5 februari 2018).

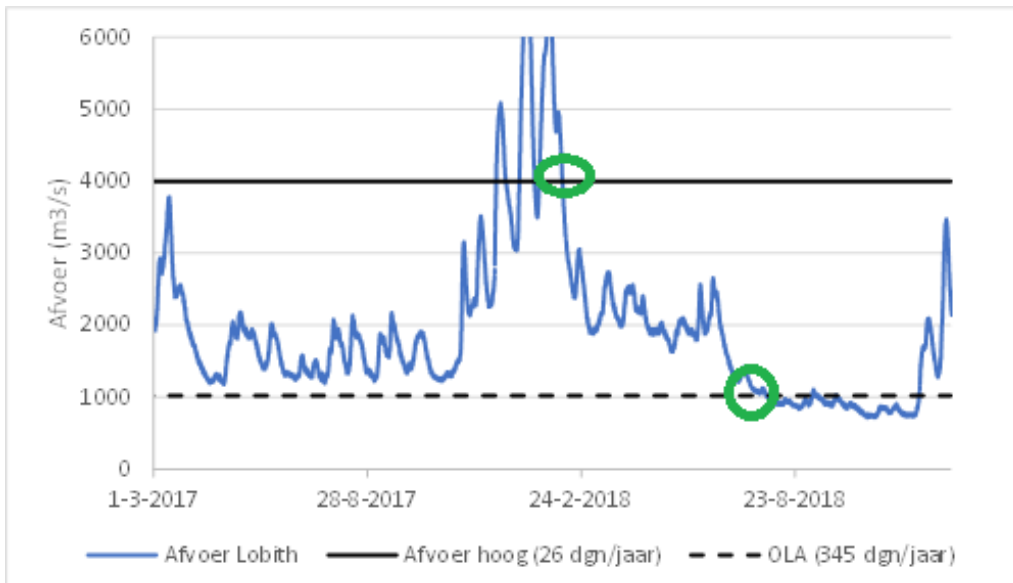
Voor een droge periode gelden binnen de geohydrologie de begrippen Gemiddeld Laagste Grondwaterstand ² of de Representatief Laagste Grondwaterstand. Dit is de grondwaterstand die ca. 30 dagen per jaar wordt onderschreden. Vanuit rivierkunde sluit hier het beste de Overeengekomen Lage Afvoer van 1020 m³/s bij aan, deze wordt ca. 20 dagen per jaar onderschreden (dus 345 dagen per jaar overschreden). Vanuit de hydrologie geldt hierbij het de begrippen neerslag en neerslagoverschot. De droge periode valt in de regel in de zomer. Eind juli 2018 is zowel sprake van lage afvoer op de rivier de Rijn (1.000 – 1.020 m³/s), als dat er sprake is van een noemenswaardig neerslagtekort (Cumulatief neerslagoverschot van -280 mm en neerslag van ca. 10 mm/maand).

¹ De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand wordt bepaald middels de volgende werkwijze. De grondwaterstand wordt 24 maal per jaar gemeten (tweemaal per maand). Van deze 24 metingen worden de hoogste drie metingen genomen, dit zijn de GH3. Dit wordt herhaald voor een periode van 8 jaar. De GHG is het gemiddelde van de set aan data (8x GH3, dus 24 metingen).

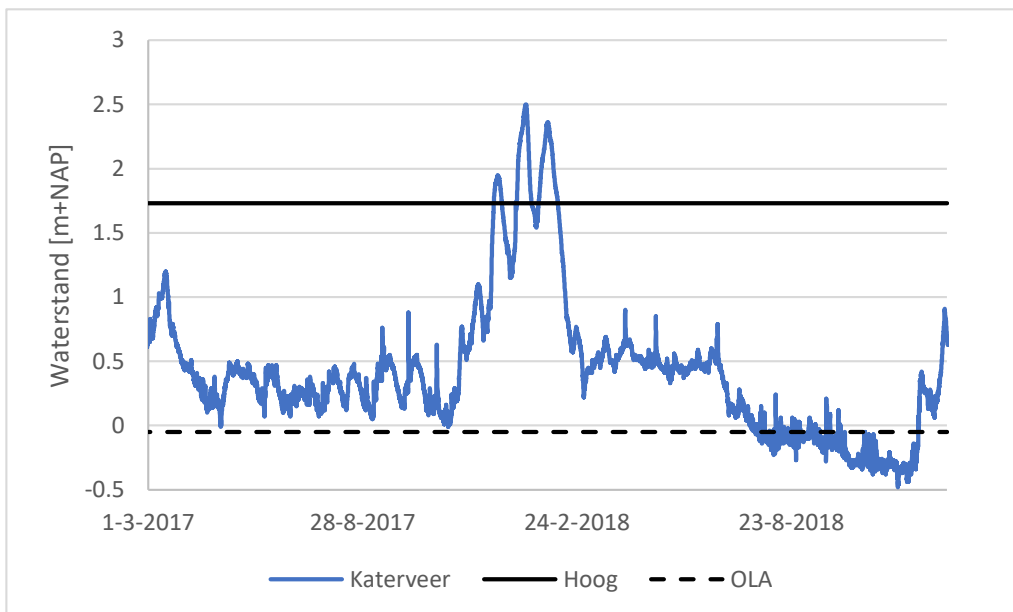
² De Gemiddeld Laagste Grondwaterstand wordt bepaald middels de volgende werkwijze. De grondwaterstand wordt 24 maal per jaar gemeten (tweemaal per maand). Van deze 24 metingen worden de laagste drie metingen genomen, dit zijn de GL3. Dit wordt herhaald voor een periode van 8 jaar. De GLG is het gemiddelde van de set aan data (8x GL3, dus 24 metingen).



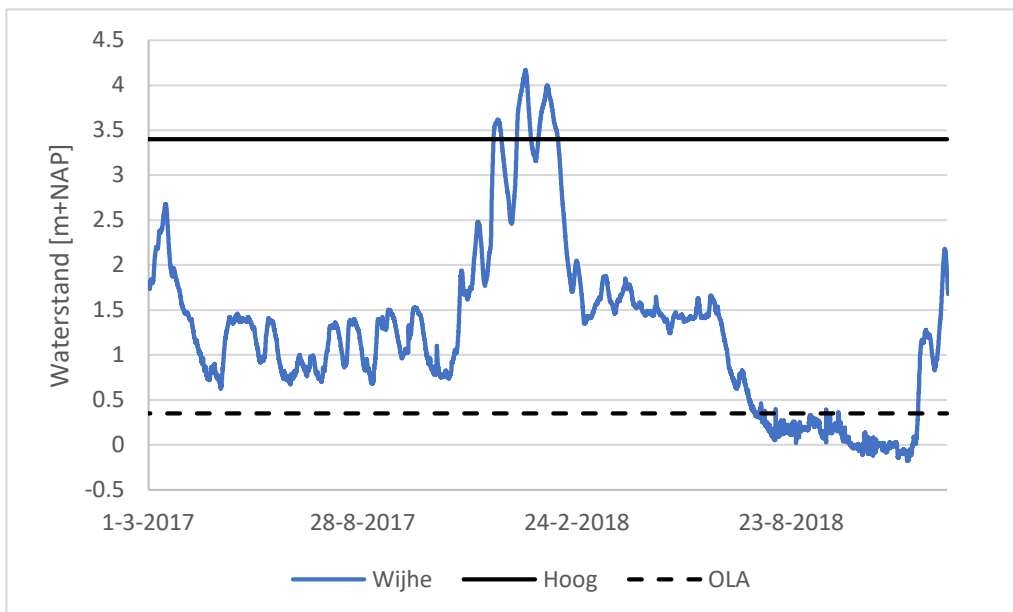
Analyses rondom droogte worden gebaseerd op de modelresultaten van dit moment in de berekening (30 juli 2018). Het verloop van de waterstanden op de rivier de IJssel voor drie meetlocaties, inclusief de waterstand rondom de hoge waterstand en de OLA zijn weergegeven in Afbeelding 3.4 tot en met Afbeelding 3.6.



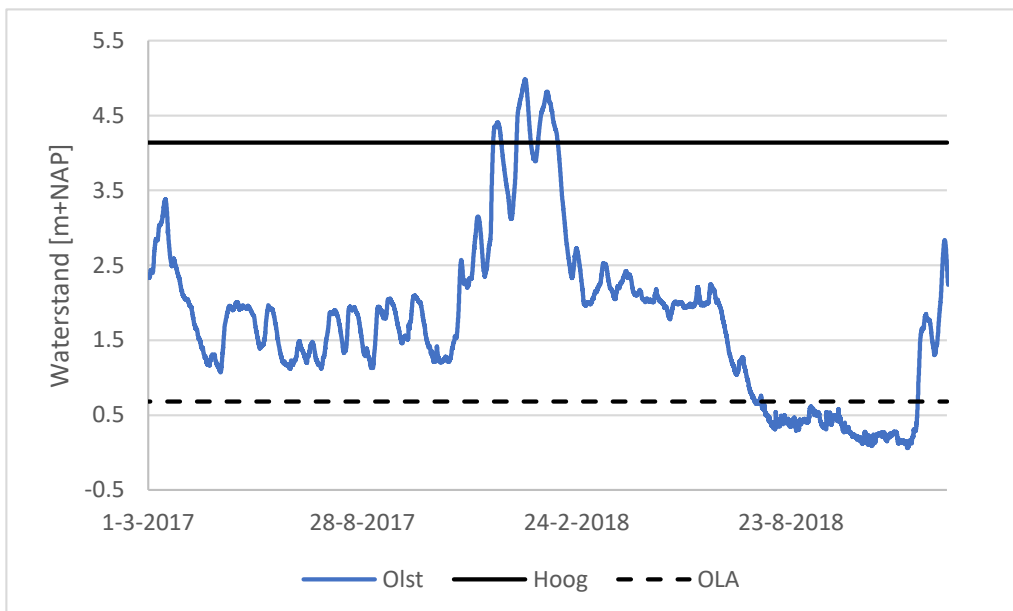
Afbeelding 3.3 Afvoer van de Rijn ter plaatse van Lobith. In de afbeelding zijn de momenten die gebruikt zijn in de analyses omcirkeld.



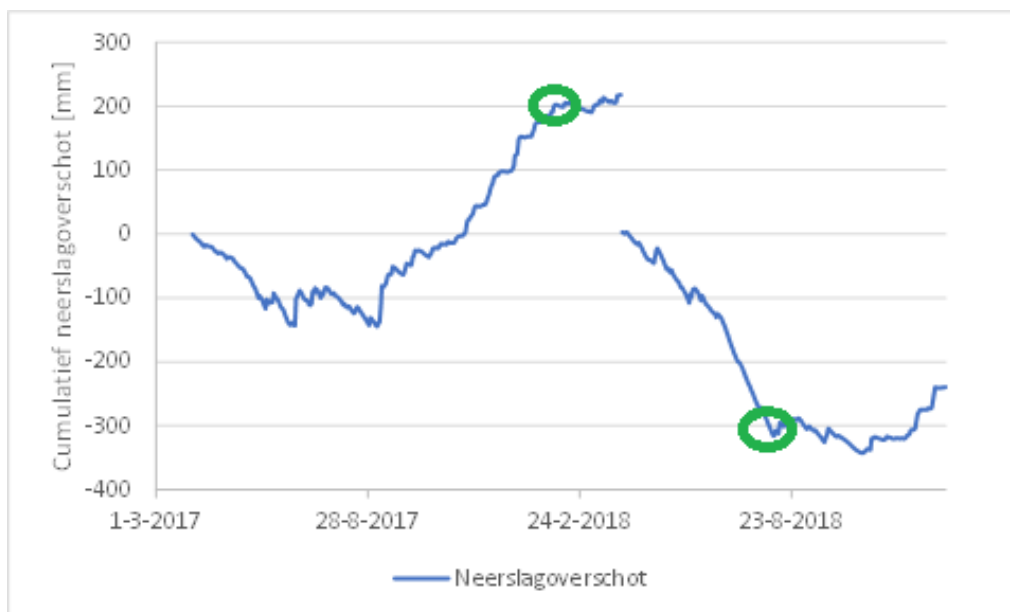
Afbeelding 3.4 Verloop van de waterstanden ter plaatse van Katerveercomplex. Weergegeven zijn de hoge waterstand (overeenkomend met een afvoer van 4000 m³/s op de Rijn bij Lobith) en de OLA (overeenkomend met een afvoer van 1020 m³/s op de Rijn bij Lobith).



Afbeelding 3.5 Verloop van de waterstanden ter plaatse van Wijhe. Weergegeven zijn de hoge waterstand (overeenkomend met een afvoer van 4000 m³/s op de Rijn bij Lobith) en de OLA (overeenkomend met een afvoer van 1020 m³/s op de Rijn bij Lobith).



Afbeelding 3.6 : Verloop van de waterstanden ter plaatse van Olst. Weergegeven zijn de hoge waterstand (overeenkomend met een afvoer van 4000 m³/s op de Rijn bij Lobith) en de OLA (overeenkomend met een afvoer van 1020 m³/s op de Rijn bij Lobith).



Afbeelding 3.7 Cumulatief neerslagoverschot weerstation Heino. Waarden zijn gecumuleerd per hydrologisch jaar (start en einde 1-april). In de afbeelding zijn de momenten die gebruikt zijn in de analyses omcirkeld.

Maatlat beoordelingskader

Onderstaande tabel geeft de maatlat voor de beoordeling op het criterium Grondwaterkwantiteit weer. De maatlat is gespecificeerd voor drie gebieden: landbouwgebieden, natuurgebieden en bebouwde gebieden.

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterk negatief, meer dan 10 ha landbouwgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend van meer dan 20 cm (sterke toename nat- en/of droogteschade).
-	negatief, meer dan 1 ha landbouwgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend tussen 5 en 20 cm (toename nat- en/of droogteschade).
0	neutraal, landbouwgebied waar een grondwaterverandering wordt berekend kleiner dan 5 cm (nat- en/of droogteschade).
+	positief, meer dan 1 ha landbouwgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend tussen 5 en 20 cm (afname nat- en/of droogteschade).
++	sterk positief, meer dan 10 ha landbouwgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend van meer dan 20 cm (sterke afname nat- en/of droogteschade).

Tabel 3.7 Maatlat voor beoordeling criterium Grondwaterkwantiteit in landbouwgebieden.

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterk negatief, meer dan 10 ha natuurgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend van meer dan 20 cm (sterke achteruitgang van natuurfunctie).
-	negatief, meer dan 1 ha natuurgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend tussen 5 en 20 cm (achteruitgang van natuurfunctie)
0	neutraal, natuurgebied waar een grondwaterverandering wordt berekend kleiner dan 5 cm (nat-en/of droogteschade).
+	positief, meer dan 1 ha natuurgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend tussen 5 en 20 cm (vooruitgang van natuurfunctie)
++	sterk positief, meer dan 10 ha natuurgebied waar een grondwaterstandsverandering wordt berekend van meer dan 20 cm (sterke vooruitgang van natuurfunctie)

Tabel 3.8 Maatlat voor beoordeling criterium Grondwaterkwantiteit in natuurgebieden.

Score	Oordeel ten opzichte van de referentiesituatie
--	sterk negatief, afname van ontwateringsdiepte in het natte periode tot minder dan 0,75 m, of daling van de grondwaterstand in een droge periode met meer dan 0,20 m in een zettingsgevoelig gebied.
-	negatief, afname van ontwateringsdiepte in een natte periode tot minder dan 1,0 m, of daling van de grondwaterstand tussen de 0,05 en 0,20 m in een droge periode in een zettingsgevoelig gebied.
0	neutraal, geen risico op afname van ontwateringsdiepte in een natte periode tot minder dan 1,0 m en daling geringer dan 0,05 m van de grondwaterstand in een droge periode in een zettingsgevoelig gebied.
+	positief, toename van huidige ontwateringsdiepte in een natte periode kleiner dan 1 m naar meer dan 1 m en kleiner dan 0,75 m naar meer dan 0,75 m en daling geringer dan 0,05 m van de grondwaterstand in een droge periode in een zettingsgevoelig gebied.
++	sterk positief, toename van huidige ontwateringsdiepte in een natte periode kleiner dan 0,75 m naar meer dan 1,0 m en daling geringer dan 0,05 m van de grondwaterstand in een droge periode in een zettingsgevoelig gebied.

Tabel 3.9 Maatlat voor beoordeling criterium Grondwaterkwantiteit in het bebouwde gebied.

Bij grondwaterbeschermingsgebieden wordt expliciete aandacht gegeven aan de geohydrologische effecten. Hier zijn drinkwaterwinningen aanwezig. Die halen, indirect, het grondwater vanuit de rivier de IJssel. Tussen de IJssel en de drinkwaterwinning is de dijk en daarmee de dijkversterking aanwezig. Aandacht gaat uit naar de diepte van de drinkwaterwinning en de diepte van de voorgenomen dijkversterking. Er wordt getoetst of het grondwater nog onder de dijkversterking door kan stroming van de IJssel naar de drinkwaterwinning toe. Ook wordt getoetst of de versterkingsmaatregelen leiden tot een verlaging ter plaatse van de drinkwaterwinning. Indien dit het geval is, kan de capaciteit van de drinkwaterwinning negatief beïnvloed worden.

Invloed van klimaatverandering

De hiervoor beschreven methode en maatlaten gaan in op grondwaterstanden en rivierafvoeren. Deze kunnen veranderen als gevolg van klimaatverandering. Onderzoek naar de invloed van klimaatverandering op rivierafvoeren³ is onder andere gedaan in (Wiel, 2019) en (Wit, 2008). Dit laatste onderzoek hanteert als zichtjaar 2050 en 2100. Het eerste onderzoek baseerd zich op een opwarming van 2 °C, dit komt overeen met een midden

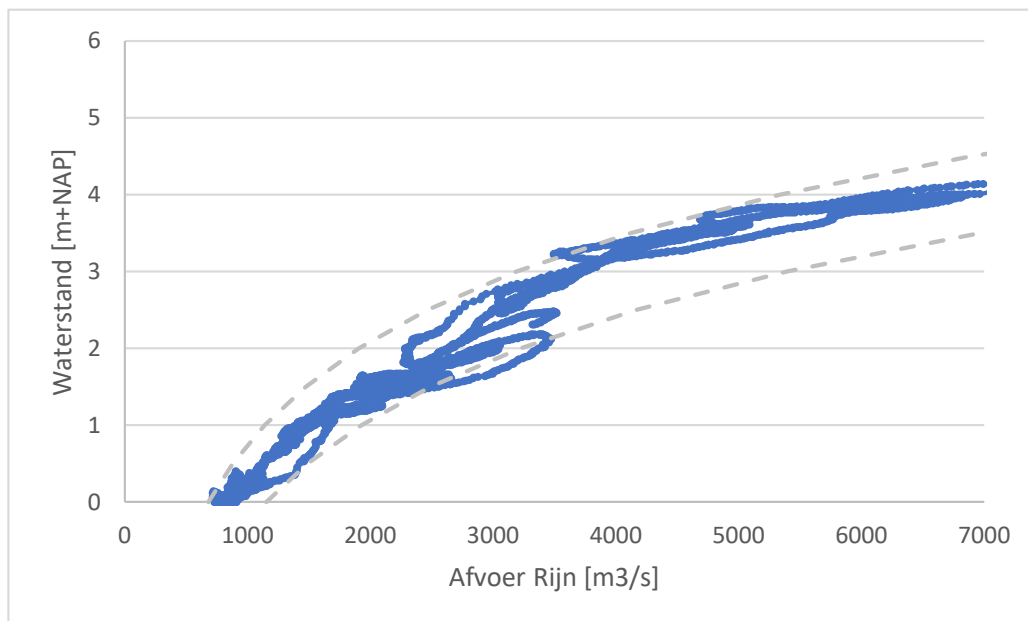
³ De bron (Wiel, 2019) is een algemene beschrijving van diverse grote rivieren in de wereld. Specifiek voor de rivier de Rijn zijn de resultaten opgenomen in: <https://www.klimaathelpdesk.org/answers/wat-is-de-verwachte-waterstand-van-de-rivieren-over-50-jaar/>



klimaatscenario tot 2100 dat is genoemd in (Wit, 2008). Onderzoek naar de invloed van klimaatverandering op grondwaterstanden is onder andere gedaan in (Alterra, 2009), deze hanteert als zichtjaar 2050.

Binnen de MER wordt een vergelijk gemaakt tussen de referentie situatie en de nieuwe situatie (na dijkversterking). Dit vergelijk kan gedaan worden voor zowel huidig klimaat als toekomstig klimaat.

Voor de rivierafvoer wordt gekeken naar een hoge afvoer en een lage afvoer. De hoge afvoer is 4000 m³/s van de Rijn bij Lobith. De lage afvoer is 1020 m³/s bij Lobith. In (Wit, 2008) wordt aangegeven dat de extreme afvoeren van de Rijn (1x per 1250 jaar) met een factor 1,2 kunnen toenemen, de afvoeren die regelmatig voorkomen hebben een geringere toename van een factor 1,10 à 1,15. Daardoor neemt de afvoer die 26 dagen per jaar wordt overschreden toe van 4000 m³/s naar 4400 à 4600 m³/s. Dit verschil leidt tot (iets) hogere waterstanden op de IJssel (ca. 0,15 m ter plaatse van Wijhe, zie Afbeelding 3.8). In (Wiel, 2019) is aandacht gegeven aan de invloed van klimaatverandering op de lage afvoeren. Voor extreem zeldzame lage afvoeren (1x per 1000 jaar lage waarde) wordt een afname voorspeld van een factor 1,3 (van 600 m³/s naar 450 m³/s). Voor meer regelmatige lage afvoeren (1x per 5 jaar) wordt een afname voorspeld van een factor 1,1 (van 980 m³/s naar 880 m³/s). Daardoor neemt de afvoer die 20 dagen per jaar wordt onderschreden af van 1020 m³/s naar 927 m³/s. Dit verschil leidt tot (iets) lagere waterstanden op de IJssel (ca. 0,05 m ter plaatse van Wijhe, zie Afbeelding 3.8). Merk op dat deze lage waterstanden sterk worden bepaald door het IJsselmeerpeil. Indien deze wordt verhoogd, dan is het aannemelijk dat de lagere afvoer op de rivier niet meer leidt tot lagere waterstanden in het projectgebied.



Afbeelding 3.8 Relatie tussen de afvoer op de Rijn en de waterstand bij Wijhe voor de periode 2018. Te zien is dat bij een grotere afvoer op de Rijn ook grotere waterstanden bij Wijhe worden gemeten, deze relatie kent variaties die binnen een zekere bandbreedte liggen. Daarbij is de invloed van een verandering bij lage afvoeren sterker dan een verandering bij hoge afvoeren.

Voor de grondwaterstand wordt gekeken naar een hoge grondwaterstand (GHG) en een lage grondwaterstand (GLG). In (Alterra, 2009) wordt ingegaan op beide waarden. De resultaten zijn afhankelijk van het bodemtype. In het gebied langs de IJssel komen met name zand- en kleigronden voor. In het meest extreme klimaatscenario is de verandering van de GHG een toename van enkele centimeters (ca. 0,02 m). In het meest extreme klimaatscenario is de verandering van de GLG een daling van enkele centimeters (0,07 à 0,11 m).

Ten tijde van schrijven zijn door het KNMI nieuwe klimaatscenario's uitgebracht (KNMI, 2023). De voorgaande klimaatscenario's betroffen de klimaatscenario's van 2014 of daarvoor. Een vergelijking tussen de scenario's is gemaakt door het KNMI. Deze stelt o.a. "De scenario's zijn direct gekoppeld aan de uitstootscenario's en daarmee aan klimaatbeleid", "Door meenemen van het Parijs-akkoord in 2100 minder opwarming in lage uitstootscenario", "De toename van de meest extreme buien blijft onveranderd hoog, de toename van minder extreme buien, die een paar keer per jaar voorkomen, is minder hoog dan in de KNMI'14-scenario's". Op basis van deze vergelijking kan geconcludeerd worden dat de nieuwe klimaatscenario's in lichte mate afwijken van de eerdere scenario's. Maar op veel inhoudelijke vlakken de scenario's sterk overeenkomen. Daarom worden de analyses op basis van eerdere klimaatscenario's gezien als voldoende richtinggevend.

Samenvattend heeft klimaatverandering invloed op de relevante grootheden als waterstanden en grondwaterstanden. Echter zijn de verschillen in de orde grootte centimeter of decimeters (ca. 0,1 m). Het verval over de kering is tijdens hoogwater meerdere meters (ca. 3 m bij Wijhe). Daarmee leidt klimaatverandering tot een verandering van enkele procenten (ca. 3%) op het verval over de kering. Bij het invloedsgebied wordt gekeken naar de 0,05 m contour. Door klimaatverandering kan deze veranderen naar de 0,052 m contour. Deze verschillen zijn verwaarloosbaar in de effectbepaling. Derhalve zijn geen expliciete analyses gemaakt voor de situatie met en zonder klimaatverandering.



4. Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

4.1 Huidige situatie

In het deelrapport bij MER deel A is de huidige situatie uitgebreid beschreven. Hieronder volgt een beknopte samenvatting.

Bodem en grondwater

Het onderzoeksgebied kent een variatie van de maaiveldhoogte. Globale trends zijn dat de dijk hoger is dan het voor- en achterland. Daarnaast is het maaiveld achter de dijk aan de zuidzijde hoger dan aan de noordzijde van het projectgebied. Het hoogteverschil tussen kruin van de dijk en het binnendijkse maaiveld is in het zuiden kleiner dan in het noorden. Uitzonderingen op deze trends zijn diverse hoge delen, zoals rivierduinen met bebouwing en diverse lage delen met vegetatie.

De bodemopbouw omvat een holocene deklaag. Deze deklaag varieert in het gebied van zand en klei tot zandig. Onder de deklaag liggen pleistocene zandlagen. Deze variëren qua laagdikte van ca. 100 m ter plaatse van Zwolle tot minder dan 10 m op locaties waar pleistocene kleilagen aanwezig zijn.

Oppervlaktewater binnen- en buitendijks

Buitendijks ligt de rivier de IJssel. Daarnaast liggen in het voorland, tussen de rivier en de dijk diverse waterpartijen. Deze variëren van een kavelsloot tot voormalig zandwinning. Waterstanden variëren van ca. NAP +0,0 m tot ca. +7,0 m afhankelijk van de locatie en de afvoer in de rivier.

Binnendijks zijn waterpartijen aanwezig, die variëren in grootte en status. Onder dagelijkse omstandigheden zijn de polderpeilen aan de zuidzijde van het gebied hoger dan de dagelijkse waterstanden op de rivier. Aan de noordzijde geldt in de regel het omgekeerde.

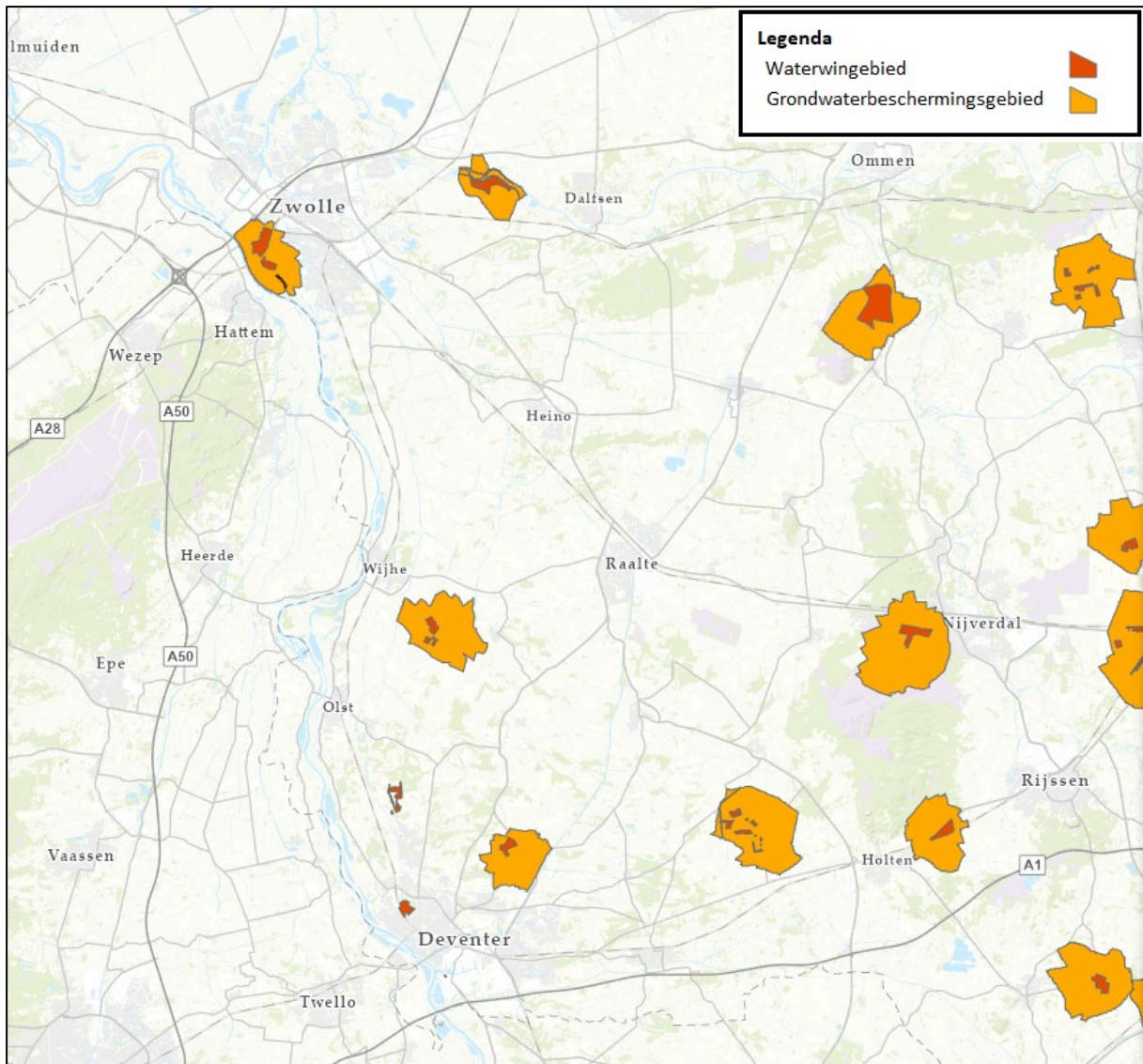
In theorie wordt het polderpeil gehandhaafd. Ten tijde van hoogwater neemt de kwel sterk toe, waardoor handhaving van het streefpeil niet altijd meer lukt. Daardoor kan het werkelijke waterpeil sterk afwijken. Greppels die in de zomer droog liggen zijn dan watervoerend, landbouwpercelen staan soms geheel onder water. Lokaal staan waterpartijen niet in verbinding met de rest van het watersysteem. Op andere locaties wordt tijdens hoogwater situaties bewust water vast gehouden. Werkelijke waterpeilen kunnen hierdoor afwijken van de formele peilen. Dit verschil varieert tussen de nihil en meer dan een meter. Hierdoor hebben niet alle waterpartijen een bergingsfunctie.

Overige zaken

Rondom het projectgebied zijn meerdere drinkwaterwinningen aanwezig. Deze zijn reeds benoemd in MER deel A (Witteveen+Bos, 2019) en zijn weergegeven in Afbeelding 4.1. De dichtstbijzijnde is drinkwaterwinning Engelse Werk, het grondwaterbeschermingsgebied hiervan omvat de dijk. Deze ligt aan de zuidkant van Zwolle direct aan de dijk van de IJssel. Engelse Werk is een oevergrondwaterwinning en diepe winning. De IJssel is de voornaamste bron van het opgepompt water. De watertoevoer vanuit de IJssel richting het Engelse Werk mag niet significant worden beïnvloed. Een beschrijving van de drinkwaterwinning is onder andere te vinden in (Vitens, 2006). Daaruit blijkt dat de drinkwaterwinning bestaat uit ca. 33 bronnen die geslagen zijn tussen 1961 en 2006. Deze hebben een onderzijde van de filters die liggen tussen de NAP -30 en -80 m.

Overige grondwaterbeschermingsgebieden liggen op een afstand van meer dan een kilometer uit de dijk. Deze afstand omvat meerdere voornamen waterpartijen, zoals de Soestwetering. Gezien de afstand en de aanwezige grote waterpartijen tussen de werkzaamheden en grondwaterbeschermingsgebieden zijn de andere grondwaterbeschermingsgebieden niet beschouwd.





Afbeelding 4.1 : Ligging grondwaterbeschermingsgebieden en drinkwaterwinningen.

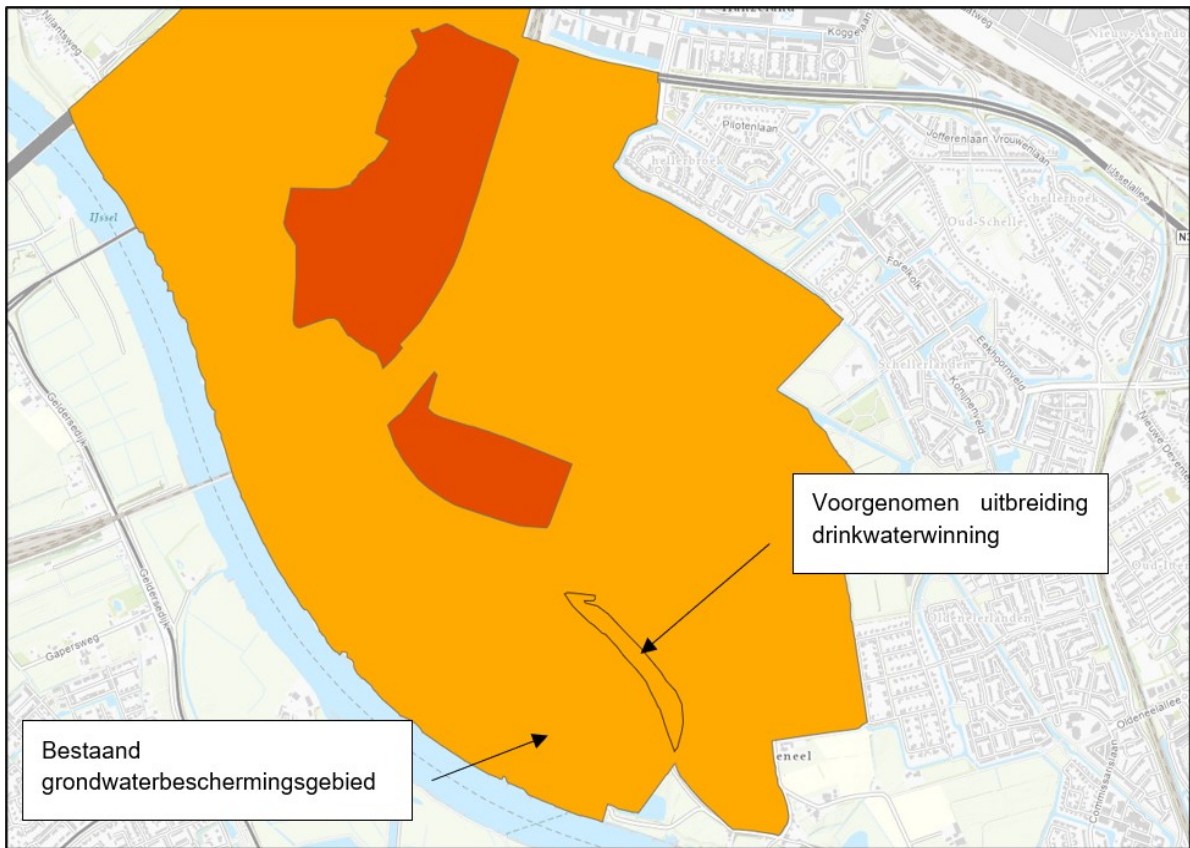
Rondom het gebied zijn meerdere bekende verontreinigingen aanwezig. Deze liggen op afstand van de dijk, maar soms ligt de contour van de verontreiniging ook ter plaatse van de dijk. Deze verontreinigingen zijn in detail beschreven in het deelrapport bodem (IJsselwerken, 2023a).

4.2 Autonome ontwikkelingen

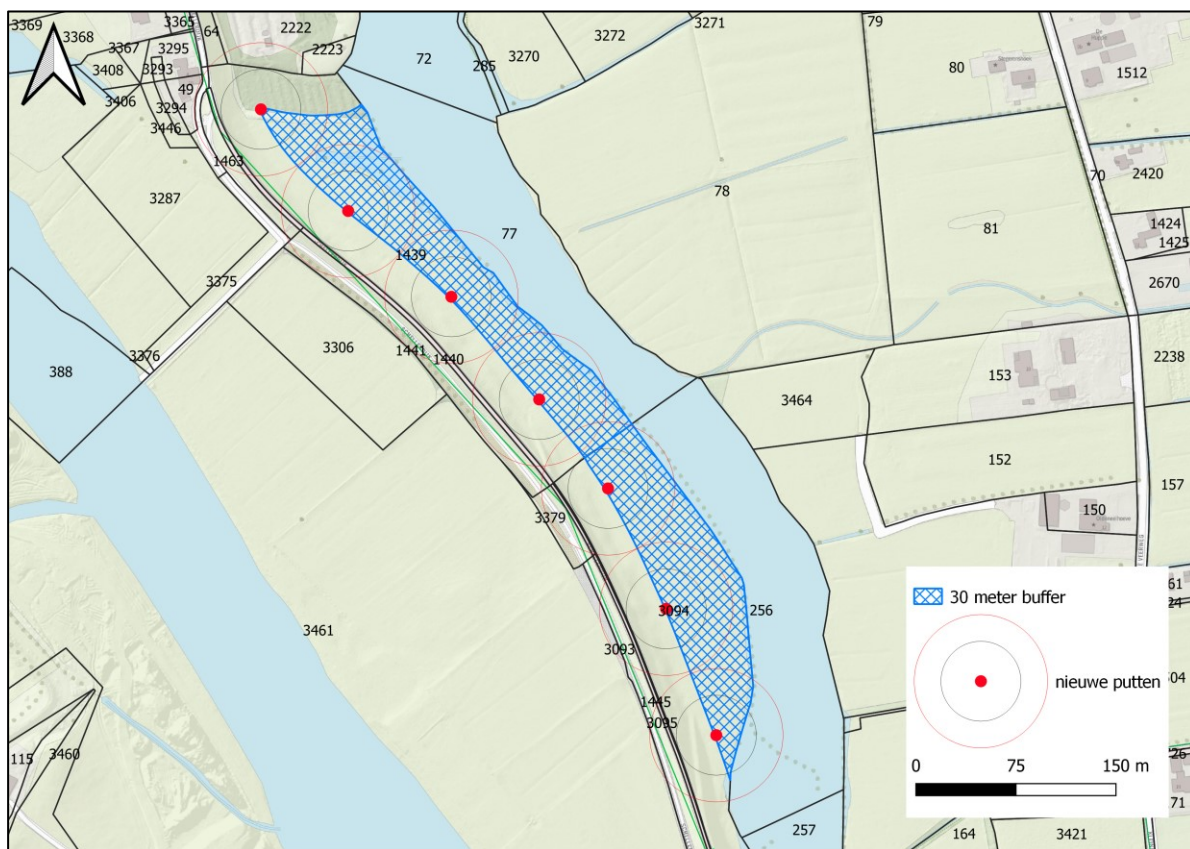
De voor het thema Water relevante autonome ontwikkelingen zijn uitgebreid beschreven in MER deel A. De voor dit thema relevante autonome ontwikkelingen zijn:

Uitbreiding intrekgebied waterwinning

In deeltraject 13 ligt het intrekgebied van waterwinning Engelse Werk. Vitens is van plan om deze winning uit te breiden met een nieuw winveld bij Schellerdijk. Deze is vergund in 2014 (Overijssel, 2014). Deze is weergegeven in Afbeelding 4.2 met een detail in Afbeelding 4.3. De nieuwe putten komen op een afstand van 30 m of meer uit de as van de dijk. Het zoekgebied is middels een bufferzone aangegeven.



Afbeelding 4.2 Ligging voorgenomen uitbreiding drinkwaterwinning.



Afbeelding 4.3 Detail voorgenomen uitbreiding dringwaterwinning met locaties nieuwe putten rondom de dijk.

Sanering spoorzone

Rondom de spoorzone ten zuiden/westen van Engelse Werk zijn verontreinigingen aanwezig (vinylchloride). Deze wordt gesaneerd ter plaatse van Hanzeland met een capaciteit van ca. 0,07 Mm³/jaar. Verder is een interceptie onttrekking actief geweest met een capaciteit van ca. 1,2 Mm³/jaar. Deze interceptie onttrekking is gestaakt in 2015. De overwegingen op dit vlak zijn gerapporteerd in (Tauw, 2015). Monitoring van de resterende verontreiniging wordt gedaan in (Witteveen + Bos, 2023).

Kaderrichtlijn Water

In het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn door de overheden meerdere waterlichamen aangewezen als KRW-waterlichaam. De waterlichamen die aangewezen door Waterschap Overijsselse Delta zijn ontsloten via de website van het waterschap⁴. De aangewezen waterlichamen zijn waterpartijen zoals de Zandwetering en Soestwetering. Deze liggen op grote afstand van de dijkversterking (1 à 3 km). Daarmee liggen deze waterpartijen buiten de scope.

Door Rijkswaterstaat zijn ook waterlichamen aangewezen tot KRW-waterlichaam. Dit betreft onder andere de IJssel. In het plangebied van Project IJsselwerken zijn meerdere locaties aangewezen als zoekgebied voor Kaderrichtlijn Water maatregelen. Het KRW programma van Rijkswaterstaat is erop gericht om de ecologische waterkwaliteit van oppervlaktewateren en de kwaliteit van het grondwater op orde te krijgen. De maatregelen die genomen gaan worden zijn het realiseren van nevengeulen, versterken van natte natuur, aanleggen van natuurvriendelijke oevers en aanbrengen van rivierhout.

Een analyse van de interactie tussen de dijkversterking en de KRW-waterlichamen van Rijkswaterstaat zijn gegeven in de BPRW toets⁵(IJsselwerken, 2023b). Deze toets gaat in op ecologische effecten en hydrologische effecten. Voor dit deelrapport water zijn de conclusies van het hydrologische deel van relevant, dit zijn: “De versterkingsmaatregelen voor de IJsseldijk heeft geen blijvende negatieve effecten op de chemische waterkwaliteit van het KRW-waterlichaam IJssel.”

Onderdeel van de dijkversterking is dijkverlegging Paddenpol. De inrichting van dit gebied gaat gepaard met de KRW. Dit omvat onder andere de aanleg van een nevengeul. De dijkverlegging en deze nevengeul zijn meegenomen in dit achtergrondrapport.

⁴ Bron: <https://wdodelta.maps.arcgis.com/>

⁵ Per 1 januari 2024 is de omgevingswet ingegaan. Na deze datum is het Beheer- en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (Bprw) over gegaan in het Nationaal Water Programma (NWP).



5. Effecten gebruiksfase

5.1 Oppervlaktewaterkwaliteit

5.1.1 Effectbeschrijving – Oppervlaktewaterkwaliteit

Binnen het ontwerp is gekozen om te werken met alleen materiaal dat voldoet aan het Besluit Bodemkwaliteit. Het grootste deel van het grondverzet bestaat uit zand en klei. Bij lozingen binnendijks wordt voldaan aan de eisen uit de waterschapsverordening⁶. Bij lozingen buitendijks wordt voldaan aan de eisen vanuit het rijk⁷. Negatieve effecten op het vlak van grondwaterkwaliteit of oppervlaktewaterkwaliteit worden dan voor dit onderdeel op voorhand uitgesloten.

Er zijn binnen het project niet maatregelen opgenomen die als hoofddoel het verbeteren van de waterkwaliteit hebben. Positieve effecten op het vlak van grondwaterkwaliteit of oppervlaktewaterkwaliteit worden dan ook niet meegenomen.

Module MZ3 –Aanleg nevengeul

In module MZ3 wordt meerdere werkzaamheden uitgevoerd die aanvullende toelichting verdienen. Hier wordt buitendijks een nevengeul gerealiseerd. Deze nevengeul heeft o.a. de volgende doelen (IJsselwerken, 2023):

In het plangebied wordt een hank (eenzijdig aangetakte nevengeul) in het gebied gegraven, deze is permanent watervoerend en een belangrijke habitat voor de watergebonden ecologie.

Ecologische opgaven, zoals het versterken van natte- natuurwaarden en het aanleggen van een nevengeul; á minimaal 0,9 km (en 0,6 km achter klepduiker) en 5-10 ha uiterwaardverlaging (KRW maatregel bekend onder nummer Z0008_10);

Bovenstaande leidt tot een verbetering. Echter is dit niet zozeer in de chemische kwaliteit, maar en de ecologische kwaliteit. Deze vorm van kwaliteit ligt buiten de scope van het deelrapport water. Daarmee weegt de nevengeul niet mee in het oordeel op het onderdeel 'Oppervlaktewaterkwaliteit'.

5.1.2 Effectbeoordeling - Oppervlaktewaterkwaliteit

Binnen het project zijn geen significante veranderingen op de waterkwaliteit binnendijks. De effectbeoordeling krijgt derhalve de score neutraal (0).

5.2 Oppervlaktewaterkwantiteit

5.2.1 Effectbeschrijving – Oppervlaktewaterkwantiteit

Binnen het ontwerp zijn generieke keuzes gemaakt. Daarnaast zijn locatie specifieke keuzes gemaakt.

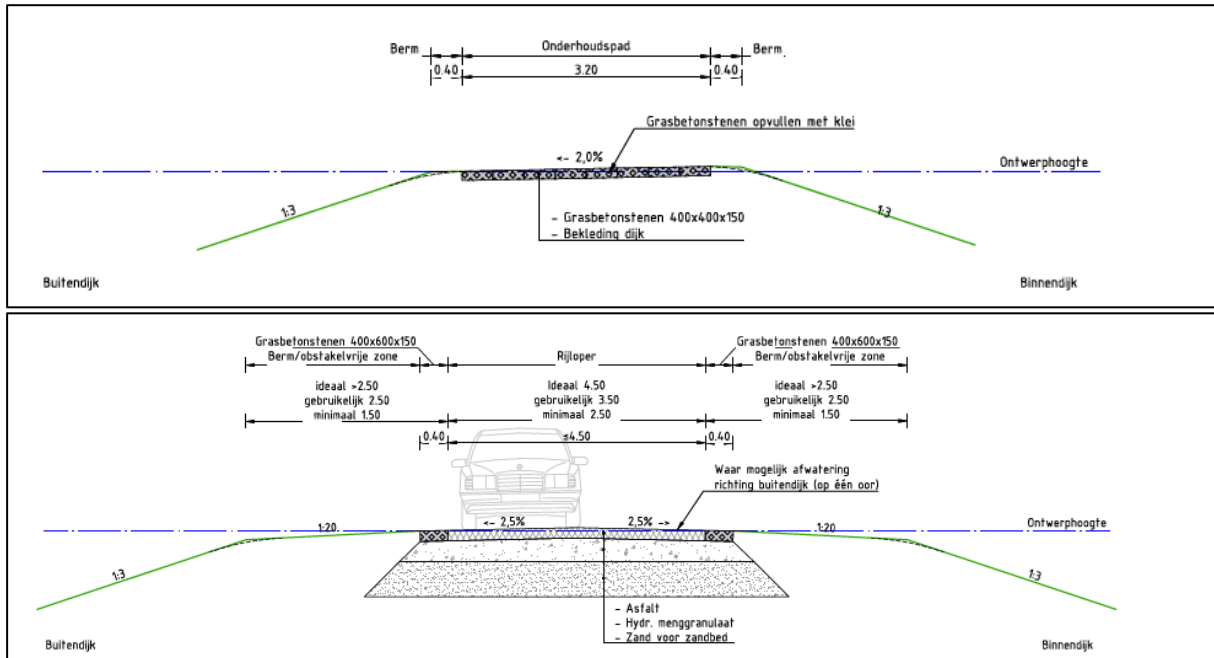
Generiek binnen het project geldt dat het voornemen is om een dijk te realiseren met op de kruin van de dijk een onderhoudspad. Deze onderhoudspaden maken het mogelijk om de dijk goed te kunnen bereiken en onderhouden. Op de locaties waar op de dijk nog geen weg of onderhoudspad aanwezig is, worden nieuwe onderhoudspaden aangebracht. Deze onderhoudspaden bestaan uit halfverharding die wordt opgevuld met klei. Daarnaast worden diverse wegen uitgebreid met halfverharding aan weerszijden. Bovenstaande leidt tot een toename aan verhard oppervlak. Bij verhard oppervlak stroomt neerslag sneller af dan bij onverhard oppervlak. Dit kan leiden tot wateroverlast.

⁶ Per 1 januari 2024 is de omgevingswet ingetreden, de waterschapsverordening valt daar binnen. Voor 1 januari waren de eisen gegeven in Besluit Lozen Buiten Inrichtingen.

⁷ Per 1 januari 2024 is de omgevingswet ingetreden, de voorwaarden voor lozen op rijkswateren staan in Besluit Activiteiten Leefomgeving (BAL). Bron: <https://iplo.nl/thema/water/afvalwater-activiteiten/systematiek-afvalwater-activiteiten/lozen-oppervlaktewater-zuivering/rijksregels-lozingsactiviteiten-rijkswater/>



Binnen de Omgevingswet (voormalig in de Waterwet) geldt de Zorgplicht. Deze stelt dat een ingreep in het watersysteem niet mag leiden tot wateroverlast. Binnen de regelgeving van het waterschap zijn hier geen aanvullende eisen op geformuleerd. Binnen het ontwerp is gekozen om de onderhoudspaden, waar mogelijk, op één oor te leggen. Daarbij stroomt regenwater niet richting de polderzijde, maar richting de rivier de IJssel. Twee principe ontwerpen zijn weergegeven in Afbeelding 5.1.



Afbeelding 5.1 Principe ontwerpen wegen met halfverharding en de afwateringsrichting (eerste afbeelding ligt op één oor, tweede afbeelding ligt op twee oren).

Een overzicht per deeltraject van de verandering van (verhard)oppervlak is weergegeven in Tabel 5.1. Te zien is dat de wijzigingen per deeltraject soms leiden tot een toename van verhard oppervlak, maar door bovengenoemde aanpak vaker leiden tot een afname van verhard oppervlak. Netto is er sprake van een afname van ca. 2800 m² verhard oppervlak dat afwatert richting de polder.

Ook is er verandering van onverhard oppervlak, met name door Dijkverlegging Paddenpol en dat de kruin van de dijk niet meer afwatert naar de polder. In totaal neemt het oppervlak van de polder af met ca. 15 ha (=150.000 m²). Daardoor is wateroverlast van de versnelde afvoer op voorhand uit te sluiten. De polder betreft het watersysteem dat in verbinding staat met de Zandwetering en Soestwetering. Dit is een zeer groot watersysteem (> 10.000 ha), waardoor de positieve effecten mogelijk alleen lokaal merkbaar zijn.

Module	Traject	Omschrijving voornaamste wijziging	Toename verhard ^[1]	Toename onverhard
Z1	1.1	N337 uitbreiden met halfverharding.	+380 m ²	-
	1.2	N337 uitbreiden met halfverharding.	+365 m ²	-
	2	N337 uitbreiden met halfverharding.	+316 m ²	-
-	3	Olst (geen dijkversterking)	-	-
Z2	4	Wijzigingen aan rivierzijde.	-	-
	5.1	Verbreiding aan rivierzijde en op een oor leggen.	-160 m ²	-
Z3	5.2	Bestaande dijkweg uitbreiden, aanleg onderhoudspad op een oor.	+120 m ²	-960 m ²

	5.3	Aanleg onderhoudspad op een oor.	-	-640 m ²
	6	N337 uitbreiden met halfverharding.	+260 m ²	
MZ1	7.1	N337 uitbreiden met halfverharding.	+140 m ²	-
	7.2	N337 uitbreiden met halfverharding (alleen rivierzijde).	-	-
MZ2	8	N337 uitbreiden met halfverharding.	+1160 m ²	-
	9a	Dijkverlegging Paddenpol		-135.000 m ²
MZ3	9b	Bestaand pad komt op een oor.	-300 m ²	-340 m ²
	10.1	Bestaand pad komt op een oor.	-1020 m ²	-1700 m ²
	10.2	Aanleg onderhoudspad op een oor.	-	-1120 m ²
MN1	11	Aanleg onderhoudspad op een oor.	-160 m ²	-2640 m ²
MN2	12.1	Aanleg onderhoudspad op een oor.	-	-2200 m ²
	12.2	Aanleg onderhoudspad op een oor.	-	-800 m ²
	12.3	Bestaand pad komt op een oor.	-600 m ²	-1040 m ²
	13.1a	Aanleg onderhoudspad op een oor.	-900 m ²	-360 m ²
MN3	13.1b	Aanleg onderhoudspad op een oor.	-	-1280 m ²
	13.2	Aanleg pad op een oor.	-600 m ²	-
NO1	13.3	Aanleg pad op een oor.	-1.000 m ²	-
	13.4	Bestaand pad komt op een oor en aanpassing dijk.	-925 m ²	+600 m ²
NO2	14.1	Diverse aanpassingen aan bestaande paden.	-80 m ²	-
	14.2	Wijzigingen aan rivierzijde.	-	-
	14.3	Wijzigingen aan rivierzijde.	-	-
NO3	15.1	Aanleg pad op een oor.	-	-840 m ²
	15.2	Bestaande dijkweg uitbreiden.	+120 m ²	-280 m ²
	15.3	Bestaande dijkweg uitbreiden.	+60 m ²	-
		Totaal excl. dijkverlegging Paddenpol.	-2.824 m ²	-15.120 m ²
		Totaal incl. dijkverlegging Paddenpol.	-2.824 m ²	-150.120 m ²

Tabel 5.1 Overzicht verandering verhard en onverhard oppervlak per deeltraject.

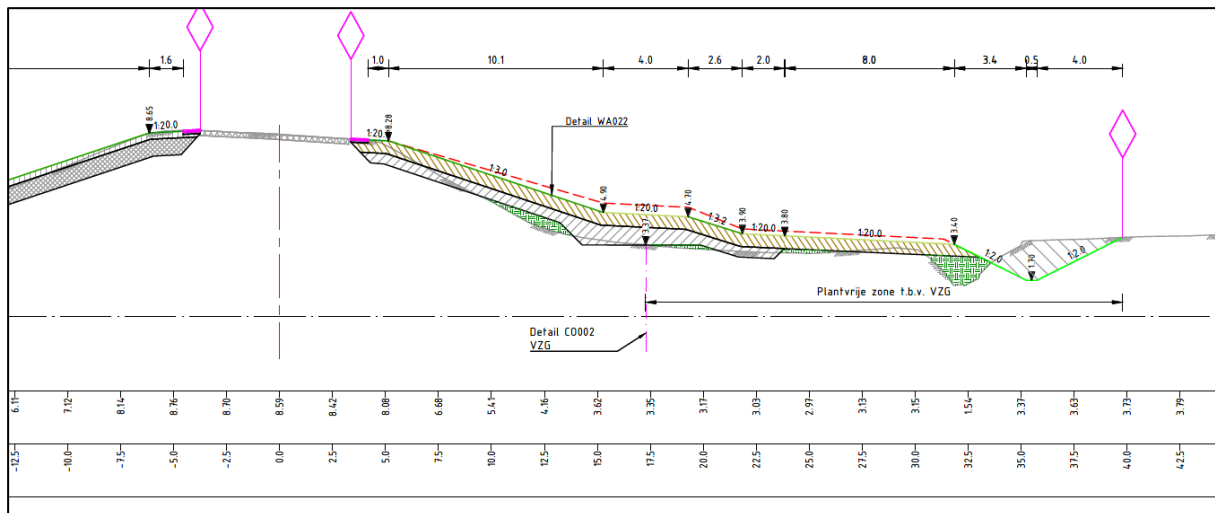
[1] Dit is de toename van verhard oppervlak dat afwatert richting de polder. Wanneer dit bestaat uit halfverharding dan is de helft van het oppervlak meegerekend.

Module ZU-1

Op dit deel van de dijkversterking raakt het permanent ruimtebeslag op de meeste locaties niet het oppervlaktewater, op die locaties zijn effecten op voorhand uit te sluiten. Uitzonderingen is ter plaatse van km 20,1 tot km 20,5, hier wordt een bestaande watergang gedempt. Hiervoor worden nieuwe watergangen met een vergelijkbare afmeting aangelegd, maar op een grotere afstand van de dijk. Dit is weergegeven in Afbeelding 5.2.



Op dit traject is het winterpeil NAP +2,6 m en het zomerpeil NAP +2,7 m. Te zien is dat het nieuwe profiel een licht afwijking heeft qua vorm, maar eenzelfde natte doorsnede heeft.



Afbeelding 5.2 Dwarsprofiel ter plaatse van km 20.1. Hierin is de nieuwe watergang opgenomen

Ter hoogte van km 19,6 ligt een statusloze waterpartij (kolk) in het achterland. Het ontwerp raakt aan deze waterpartij. Het ontwerp van de dijkversterking is hier zo aangepast dat het ruimtebeslag geen impact (meer) heeft op deze waterpartij.

Module ZU-2

Op dit deel van de dijkversterking raakt het permanent ruimtebeslag niet het oppervlaktewater. De dijkversterking is namelijk ingericht aan de buitendijkse zijde. Daarom zijn effecten op voorhand uit te sluiten.

Module ZU-3

Op dit deel van de dijkversterking raakt het permanent ruimtebeslag op de meeste locaties niet het oppervlaktewater, op die locaties zijn effecten op voorhand uit te sluiten. Uitzondering is de primaire watergang tussen km 26,25 – km 27,40. Deze ligt binnen het permanente ruimtebeslag van de dijk. Hiervoor worden nieuwe watergangen met een vergelijkbare afmeting aangelegd, maar op een grotere afstand van de dijk.

Uitzondering is ter plaatse van de Barlosche Kolk. Deze heeft een oppervlak van 53.100 m², hiervan wordt 3.127 m² (ca. 6%) permanent gedempt ten behoeve van de dijkversterking. De verbindingen in het watersysteem blijven intact waardoor het watersysteem blijft functioneren. De Barlosche Kolk is geen oppervlaktewater dat beschermd wordt door de legger, of in de legger is aangewezen met een bepaalde status. De Barlosche Kolk heeft geen functie van berging in het watersysteem⁸, daarmee wordt het bergend vermogen van het watersysteem niet beïnvloed. Er is dus geen noodzaak tot compensatie van de demping van de kolk.

Module MZ-1

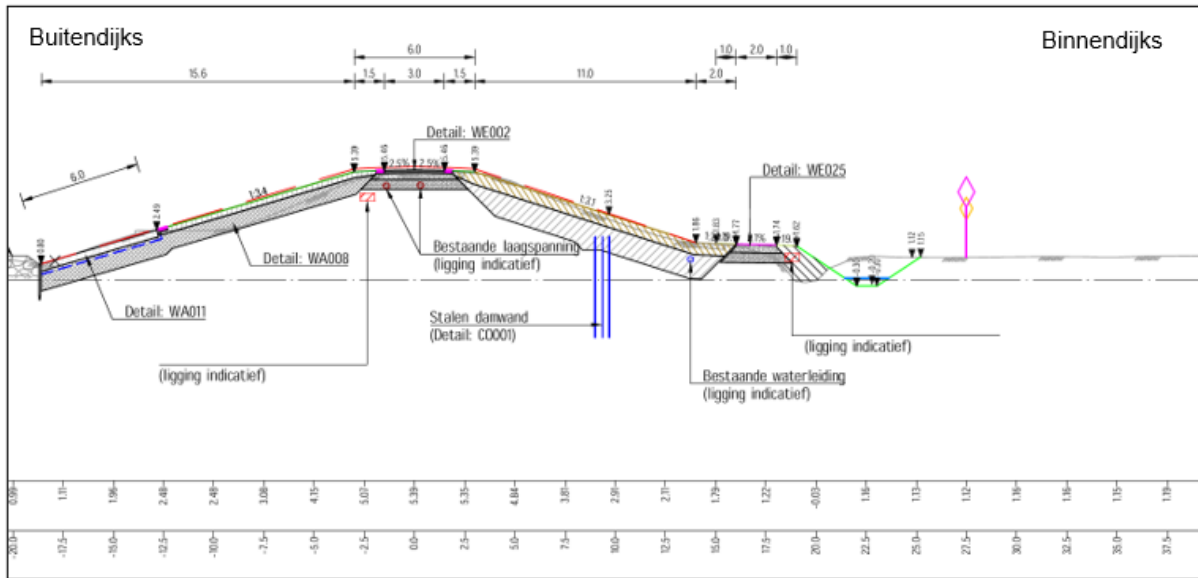
Op dit deel van de dijkversterking worden geen aanpassingen gedaan aan het oppervlaktewatersysteem. Effecten zijn derhalve op voorhand uit te sluiten.

Module MZ-2

Op dit deel van de dijkversterking worden enkele aanpassingen gedaan aan het oppervlaktewatersysteem. Op het traject km 30,35 - 30,75 worden watergangen aangepast. Deze worden verbreed met enkele decimeters, dit is weergegeven in de technische tekeningen⁹.

⁸ De Barlosche kolk ligt bovenstreams in het watersysteem. Daardoor kan hier geen water worden geborgen ten bate van de rest van het watersysteem.

⁹ Dijkmodule Midden Zuid 2 – Wijhe Noord; Dwarsprofielen km 28.700 – 31.500; kenmerk: 20293-TEK-00856-WAT-OP2-VO-MZ2.



Afbeelding 5.4 Dwarsprofiel ter plaatse van km 46.5. Hierin is de nieuwe watergang opgenomen.

5.2.2 Effectbeoordeling – Oppervlaktewaterkwantiteit

Binnen het project zijn geen significante veranderingen op de waterkwantiteit. Ingrepen zijn vooral gericht op het behoud van het bestaande watersysteem.

Er zijn lichte positieve effecten te verwachten in het geval van afvoer situaties (extreme neerslag) als gevolg van het leggen van onderhoudspaden op een oor en de dijkverlegging Paddenpol. Netto is er sprake van een afname van verhard oppervlak (2.824 m²) en een afname van onverhard oppervlak (150.120 m²).

De effectbeoordeling krijgt derhalve de score neutraal (0).

5.3 Grondwaterkwaliteit

5.3.1 Effectbeschrijving - grondwaterkwaliteit

Binnen het ontwerp zijn generieke keuzes gemaakt. Daarnaast zijn locatie specifieke keuzes gemaakt.

Generiek geldt dat binnen het ontwerp is gekozen om te werken met alleen materiaal dat voldoet aan het Besluit Bodemkwaliteit. Het grootste deel van het grondverzet bestaat uit zand en klei. Bij lozingen wordt voldaan aan het Besluit Lozen Buiten Inrichtingen. Negatieve effecten op het vlak van grondwaterkwaliteit of oppervlaktewaterkwaliteit worden dan voor dit onderdeel op voorhand uit gesloten.

Binnen het projectgebied zijn meerdere bekende verontreinigingen aanwezig. Deze zijn beschreven in het deelrapport bodem (IJsselwerken, 2023a). Deze zijn hier per deel beknopt herhaald. Daarbij is ingegaan op het onderdeel grondwaterkwaliteit en het risico op verplaatsen van de verontreiniging als gevolg van het ontwerp.

Binnen het project zijn diverse locatie specifieke ontwerpkeuzes gemaakt. Deze zijn hieronder beschreven.

Module ZU-1 - Rijksstraatweg 12a

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Geonius, 2022). Op deze locatie heeft sanering plaatsgevonden ter plaatse van de toegangsweg. De sanering is uitgevoerd vanwege een ernstige verontreiniging met minerale olie in de puinfundatie van het toegangspad. Verontreinigde grond is afgegraven tot op een diepte van 0,5 m-mv. In 2022 is nader onderzoek uitgevoerd op deze locatie. Daarbij zijn geen verontreinigingen aangetroffen in het grondwater. Negatieve invloed van de werkzaamheden op de verplaatsing van verontreinigingen in het grondwater is op deze locatie derhalve uit te sluiten.

Module ZU-2 - Olasfa

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Witteveen+Bos, 2018). Het Olasfa-terrein ligt buitendijks ter hoogte van dijk km 22,2. Het Olasfa-terrein, waar de voormalige asfaltfabriek gevestigd was, wordt gesaneerd. De verontreinigingssituatie is omvangrijk en complex, de verontreiniging is tot circa 12 m diepte aanwezig. Ter plaatse van het Olasfa-terrein zullen geen dijkversterkingsingrepen plaatsvinden.

Ten noorden van het terrein vinden ingrepen in het kader van de dijkversterking plaats. Uit berekeningen met het grondwatermodel blijkt dat deze geen effect hebben op de grondwaterstroming rondom het Olasfa-terrein. Negatieve invloed van de werkzaamheden op de verplaatsing van verontreinigingen in het grondwater is op deze locatie derhalve uit te sluiten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen die dit bevestigen.

Module ZU-2 - Synthetisch drugsfab

Deze locatie is beschreven in (IJsselwerken, 2023a). Het terrein ligt binnendijks ter hoogte van dijk km 24,0. In 2022 een synthetisch drugsfab aangetoond (schriftelijke informatie van provincie Overijssel). Dit drugsfab heeft geleid tot een omvangrijke grond- en grondwaterverontreiniging. Er zijn echter geen onderzoeksrapporten beschikbaar. De gemeente heeft de eigenaar opgedragen de verontreiniging te verwijderen. Het is onduidelijk in hoeverre dit daadwerkelijk is uitgevoerd en wat de huidige status is.

Op deze locatie worden geen ingrepen gedaan zoals het plaatsen van damwanden of tijdelijke bemalingen die de geohydrologische situatie kunnen beïnvloeden. Negatieve invloed van de werkzaamheden op de verplaatsing van verontreinigingen in het grondwater is op deze locatie derhalve uit te sluiten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen die dit bevestigen.

Module MZ-2 – Het Anem 8

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Witteveen+Bos, 2018). Het Anem ligt binnendijks langs de provinciale weg hoogte van km 29,7. De betreffende locatie is een voormalige kolk die tot circa 1970 is volgestort met huishoudelijk-, industrieel- en bedrijfsafval, inclusief asbest. Direct onder de deklaag zijn sterk verhoogde gehalten aan PAK, zware metalen en hoge concentraties asbest gemeten. In het grondwater zijn sterk verhoogde gehalten aan barium, minerale olie, zink en benzeen gemeten. In 2006 is de locatie voorzien van een nieuwe deklaag met geotextiel.

Op deze locatie is mogelijk sprake van enige autonome verplaatsing van het (vervuilde) grondwater onder de deklaag. Deze wordt beïnvloed door de waterstanden van de rivier. Wanneer de rivierwaterstanden lager zijn dan de stijghoogte in de polder (OLA waterstand IJssel bij Wijhe NAP +0,35 m, Zomerpeil NAP +0,85 m), dan stroomt het grondwater naar de IJssel toe. Wanneer de waterstanden op de rivier hoger zijn dan de stijghoogte in de polder (hoge waterstand IJssel bij Wijhe NAP +3,40 m, winterpeil NAP +0,65 m), dan stroomt het grondwater naar de polder toe.

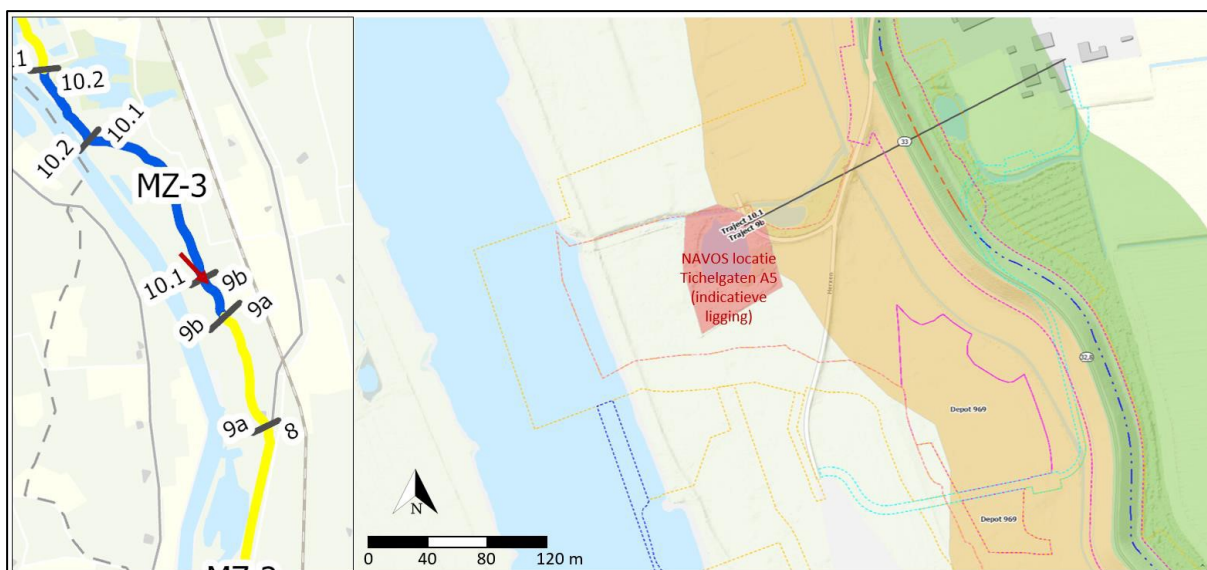
Het dijkversterkingsontwerp omvat een damwand tot NAP -6,0 m. Deze sluit de zandlaag onder de dijk af. Daardoor heeft de rivier de IJssel geen invloed meer op de grondwaterstroming rondom deze locatie. Het is daarmee aannemelijk dat eventuele autonome verplaatsing afneemt. Negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit kunnen dus op voorhand worden uitgesloten. Wel zijn er mogelijk licht positieve effecten.

Module MZ-3 – Tichelgaten A5

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Witteveen+Bos, 2018). Deze locatie ligt ter hoogte van km 33,0 en bevat twee stortlocaties met huishoudelijk afval en puin op relatief korte afstand van elkaar. Aanwezigheid van puin maakt de locatie asbestverdacht. Mogelijk is ook asfalt en bedrijfsafval gestort. Er is geen informatie bekend over de bodemkwaliteit in en rondom de stortlocaties. Op basis van informatie van bewoners uit de omgeving blijkt dat er mogelijk ook nog andere dichtgestorte kolken aanwezig zijn en/of restanten van een voormalige steenfabriek. De exacte locatie van deze verdachte deellocaties is niet bekend. In MER deel B – achtergrondrapport Bodem is de indicatieve ligging bepaald, deze is weergegeven in Afbeelding 5.5.

De locatie ligt buiten de scope van de dijkversterking. Maar de locatie ligt ter plaatse van de aan te leggen KRW-nevengeul.





Afbeelding 5.5 Indicatie van de ligging van Tichelgaten A5 (voormalige stortlocatie) (rode pijl op linker afbeelding indiceert de ligging ten opzichte van de omgeving).

Uit het NAVOS archief blijken in het grondwater sterk verhoogde gehalten barium en zink aanwezig te zijn met daarbij matige gehalten aan arseen. In de deklaag is PAK matig verhoogd aangetroffen. De dikte van de deklaag is minder dan 0,50 m dik en voldoet daarmee niet aan de wettelijke eisen om contactrisico uit te sluiten. De beschikbare onderzoeken zijn gedateerd (1997 en 2002). In het kader van de dijkversterking is aanvullend milieukundig uitgevoerd (Geonius, 2022), omdat de locatie buiten de scope van de dijkversterking ligt, is deze destijds niet onderzocht. Omdat de locatie ligt ter plaatse van de nevengeul is aanvullend milieukundig onderzoek ingepland.

Op deze locatie wordt een nevengeul met een kleilaag op de bodem gerealiseerd. De interactie met de mogelijke verontreiniging is als volgt. Of er blijkt geen verontreiniging (meer) te zijn, in dit geval is negatieve invloed van de aanleg van de nevengeul uit te sluiten. Of er blijkt wel een verontreiniging te zijn, in dit geval wordt ter plaatse van de nevengeul verontreinigde grond afgevoerd. Door de aanleg van een nevengeul met klei op de bodem neemt de grondwaterstroming door de deklaag naar de ondergrond af. De autonome verplaatsing van de verontreiniging neemt dus ook af. In beide gevallen heeft de combinatie van de dijkversterking en de aanleg van de nevengeul geen negatieve invloed op deze verontreiniging

Module MN-1 – Fabrieksweg 30

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Geonius, 2022). Fabrieksweg 30 ligt binnendijs ter hoogte van km. 35.6-35.7. Deze is aangemerkt als voormalige stortplaats met puin en/of bouw- en sloofafval. De locatie is derhalve verdacht voor de aanwezigheid van asbest. Uit de rapportages blijkt dat de locatie actief gemonitord wordt. Op de locatie is een deel van een voormalige kolk aanwezig. In het begin van de jaren '60 is de kolk volgestort met bouw- en sloofafval. In de afdeklaag van de voormalige stortlocatie zijn geen gehalten aan verontreiniging aangetoond die nader onderzocht dienen te worden. De afdeklaag blijkt te dun. In het grondwater zijn verhoogde waarden gemeten die matig tot sterk verontreinigd zijn. Barium overschrijdt de interventiewaarde. De beschreven informatie komt gedeeltelijk van omwonenden uit het gebied.

Door de voorgenomen werkzaamheden, plaatsen van een damwand in de watervoerende laag, verandert de grondwaterstroming. In bijlage 1 en 2 zijn de berekende resultaten weergegeven. Op deze locatie worden beperkte effecten berekend over een korte trajectlengte die binnen de werkstrook blijven. Binnen het milieukundige onderzoek is de werkstrook onderzocht. Het gedeelte dat mogelijk wordt beïnvloed is onderzocht in milieukundige boringen 201 t/m 203. In dit grondonderzoek zijn geen verontreinigingen aangetroffen (bodemkwaliteit AW in boringen 201 t/m 203). Daardoor is verplaatsing van deze verontreinigingen dan ook uitgesloten.

Module MN-1 - Fabrieksweg 38

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Geonius, 2022). Het terrein, de voormalige steenfabriek Windesheim, ligt buitendijs direct tegen de dijk aan. Op de locatie zijn diverse verontreinigde spots bekend. De spots met asbest en PAK overlappen elkaar en deze zijn gesaneerd in 2013. De omvang van de verontreiniging

met asbest en PAK was circa 2.300 m³ en 500 m³ respectievelijk. Bij de sanering is een leeflaag van minimaal 50 cm dikte aangebracht met daaronder een laag zand als signaleringslaag (dikte tot circa 15 cm). Daarnaast is er een spot bekend waar een sterk verhoogd gehalte aan minerale olie is aangetoond. Aan de hand van nader onderzoek (2014) is de omvang van deze verontreiniging nader in beeld gebracht (1.500 m³). Rond de grondwaterspiegel is puur product aangetroffen. De verontreiniging betreft een ernstig geval van bodemverontreiniging. Voor zover bekend is deze verontreiniging nog niet gesaneerd.

Deze verontreiniging ligt buitendijks ten opzichte van de dijk / dijkversterking /versterkingsmaatregelen. Tijdens hoogwater is sprake van een kwelstroom onder de dijk door van de rivierzijde naar de landzijde. Indien de verontreiniging in het watervoerende pakket aanwezig is, kan in de referentie situatie sprake zijn van een autonome verplaatsing van de verontreiniging.

Door de voorgenomen werkzaamheden, plaatsen van een damwand in de watervoerende laag, verandert de grondwaterstroming. Deze blijft of gelijk, of wordt tegengehouden. Daardoor is er een gelijke of mindere stroming naar de landzijde. Daardoor neemt de mogelijk autonome verplaatsing af. Negatieve geohydrologische effecten van de voorgenomen versterking op deze verontreiniging zijn derhalve uit te sluiten.

Module MN-2 - Fabrieksweg/Jan van Arkelweg

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Geonius, 2022). Deze locatie ligt buitendijks ter hoogte van km 37,9 – 38,1. Deze is aangemerkt als voormalige stortplaats met huishoudelijk afval. Op basis van de eerder uitgevoerde onderzoeken is de status vastgesteld op 'uitvoeren oriënterend onderzoek'. Hieruit is geconcludeerd dat de verontreinigingssituatie niet voldoende in beeld is. In 2022 is nader onderzoek uitgevoerd. In de onderzoeksperiode is geen toestemming verkregen om onderzoek op de locatie uit te voeren. Het bodemonderzoek op deze locatie is daarom in eerste instantie gericht op de mogelijke ligging tot binnen de werkgrens van de dijkversterking. Daaruit bleek geen stortmateriaal.

Deze verontreiniging ligt buitendijks ten opzichte van de dijk / dijkversterking /versterkingsmaatregelen. Tijdens hoogwater is sprake van een kwelstroom onder de dijk door van de rivierzijde naar de landzijde. Indien de verontreiniging in het watervoerende pakket aanwezig is, kan in de referentie situatie sprake zijn van een autonome verplaatsing van de verontreiniging.

Door de voorgenomen werkzaamheden, aanbrengen kleilaag op het buitentalud, verandert de grondwaterstroming (kwel door de dijk). Deze blijft of gelijk, of wordt tegengehouden. Daardoor is er minder stroming naar de landzijde. Daardoor neemt de mogelijk autonome verplaatsing af. Negatieve geohydrologische effecten van de voorgenomen versterking op deze verontreiniging zijn derhalve uit te sluiten.

Module MN-2 - IJsselcentraleweg 6

Milieukundig onderzoek voor deze locatie is beschreven in (Geonius, 2022). De voormalige energiecentrale Harculo bij Zwolle ligt binnendijks ter hoogte van km 38,6 – 39,8. Op de locatie zijn in het verleden veel bodemonderzoeken uitgevoerd. Daarbij zijn diverse verontreinigingen aangetroffen. In de jaren na het beëindigen van de activiteiten zijn deze verontreinigingen allemaal gesaneerd. In 2022 is een beschouwing gemaakt van alle bodemrapporten en een locatie-inspectie. Op basis daarvan zijn nog twee deellocaties geïdentificeerd waarover nog bodeminformatie is gewenst. Het gaat om een puinverharding en een voormalige bovengrondse HBO-opslag in het zuidwesten van de locatie. Deze twee locaties zijn onderzocht. Met de onderzoeken op IJsselcentraleweg 6 in Zwolle zijn geen verontreinigingen aangetoond. Negatieve invloed van de werkzaamheden op de verplaatsing van verontreinigingen in het grondwater is op deze locatie derhalve uit te sluiten.

Module MN-3 – Grondwaterbeschermingsgebied

Ter plaatse van module Midden-Noord ligt het grondwaterbeschermingsgebied. Deze ligt in eerste instantie binnendijks (km 41,8-42,2) en later aan weerszijden van de dijk (deel NO-1 en NO-2). Tussen km 41,8 – 42,0 omvat de dijkversterking een verticale maatregel (stalen damwand in de kruin), deze ligt buiten het grondwaterbeschermingsgebied. Tussen km 42,0 en 42,2 omvat de dijkversterking een verticale maatregel (kunststof damwand in de binnentoe tot NAP -9,7 m), deze ligt binnen het grondwaterbeschermingsgebied.

In de Omgevingsverordening van Provincie Overijssel zijn in artikel 3.37 in combinatie met bijlage VI van de verordening voorwaarden openomen voor mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingszones. Voor de voorgenomen verticale maatregelen betekent artikel 3.37 onder andere dat de plaatsing minimaal 4 weken vooraf gemeld wordt bij de provincie. De "aanwijzingen voor uitvoering van mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingszones en boringsvrije zones" in bijlage VI van de verordening worden, voor zover van



toepassing op de plaatsing van de verticale constructies, als eisen opgenomen in het eisenregistratie-systeem van de aannemer. Bij de uitvoering wordt geborgd, dat:

- "bij het aanbrengen van een damwand of diepwand het materiaal van de damwand of diepwand geen verontreiniging van de bodem of het grondwater kan veroorzaken en;
- de gebruikte (dik)spoeling en vulvloeistoffen niet uit schadelijke stoffen bestaan, maar bijvoorbeeld uit bentoniet, kleicementmengsels of beton (Bijlage VI, lid2, sub d)¹⁰;

Aanvullend worden in de Omgevingsverordeningen van Provincie Overijssel afdeling 3.6 regels gesteld ten aanzien van (het) werken in onderscheidenlijk waterwingebieden (paragraaf 3.6.2) en grondwaterbeschermingszones (paragraaf 3.6.3). Deze eisen hebben o.a. betrekking op het aanvoeren van grond en hergebruik van grond binnen het gebied (eis is kwaliteitsklasse 'wonen').

Binnen het ontwerp zijn deze eisen gerespecteerd.

Module NO-1 – Engelse Werk

Ter plaatse van module Noord 1 ligt het Engelse Werk. Dit is een grondwaterwinning/ intrekgebied/ grondwaterbeschermingsgebied. Binnen het ontwerp wordt op deze locatie een kunststof en een stalen damwand gerealiseerd. Deze bestaat uit een damwand met een diepte van NAP -3,4 à -4,8 m tussen km 43.1 – 43.5. Tussen km 43.5 – 43.8 wordt een damwand tot een diepte van NAP -9,6 m aangebracht.

In de Omgevingsverordening van Provincie Overijssel zijn in artikel 3.37 in combinatie met bijlage VI van de verordening voorwaarden opgenomen voor mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingszones. Voor de voorgenomen verticale maatregelen betekent artikel 3.37 onder andere dat de plaatsing minimaal 4 weken vooraf gemeld wordt bij de provincie. De "aanwijzingen voor uitvoering van mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingszones en boringsvrije zones" in bijlage VI van de verordening worden, voor zover van toepassing op de plaatsing van de verticale constructies, als eisen opgenomen in het eisenregistratie-systeem van de aannemer. Bij de uitvoering wordt geborgd, dat:

- "bij het aanbrengen van een damwand of diepwand het materiaal van de damwand of diepwand geen verontreiniging van de bodem of het grondwater kan veroorzaken en;
- de gebruikte (dik)spoeling en vulvloeistoffen niet uit schadelijke stoffen bestaan, maar bijvoorbeeld uit bentoniet, kleicementmengsels of beton (Bijlage VI, lid2, sub d)¹¹;

Aanvullend worden in de Omgevingsverordeningen van Provincie Overijssel afdeling 3.6 regels gesteld ten aanzien van (het) werken in onderscheidenlijk waterwingebieden (paragraaf 3.6.2) en grondwaterbeschermingszones (paragraaf 3.6.3). Deze eisen hebben o.a. betrekking op het aanvoeren van grond en hergebruik van grond binnen het gebied (eis is kwaliteitsklasse 'wonen').

Binnen het ontwerp zijn deze eisen gerespecteerd.

Nabij Engelse Werk ligt een pluim met verontreiniging in de spoorzone. Hierover is een zekere hoeveelheid literatuur opgesteld, dit omvat o.a. (DHV, 2012), (Overijssel, 2014), (Tauw, 2015) en (Witteveen + Bos, 2023). De pluim met verontreiniging betreft vinylchloride, deze wordt structureel gemonitord (Witteveen + Bos, 2023). Uit de rapporten blijkt dat in de periode 2005 - 2015 een saneringsmaatregel is uitgevoerd met een capaciteit van 1,2 Mm³/jaar en momenteel wordt een sanering uitgevoerd ter plaatse van Hanzeland met een capaciteit van circa 0,07 Mm³/jaar.

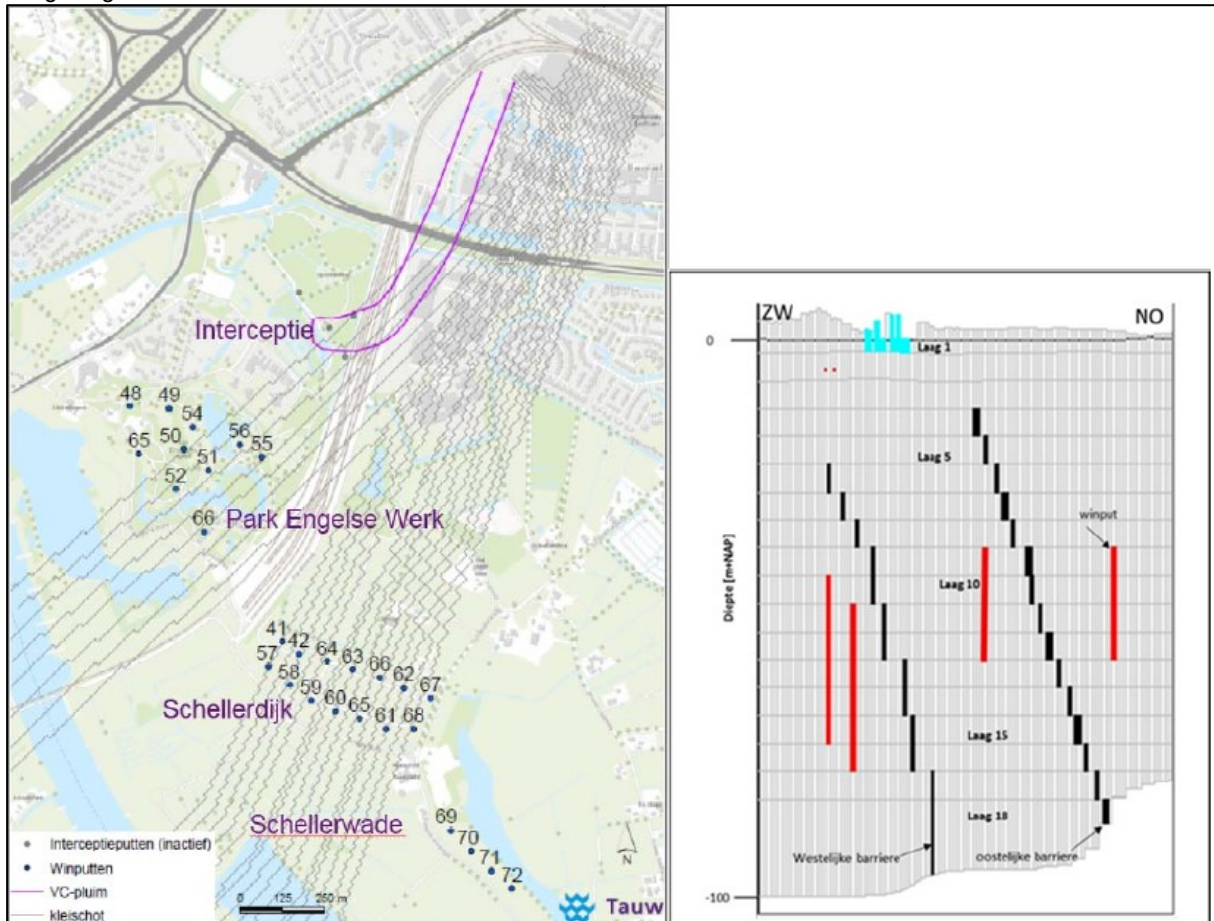
Verder blijkt uit de rapporten dat de natuurlijke stromingsrichting van het grondwater is gericht richting de grondwaterwinning. De verontreiniging stroomt hierdoor met het grondwater mee vanaf de spoorzone richting het Engelse Werk. Daarnaast heeft de bestaande bodemopbouw een grote invloed op de grondwaterstroming. De bodem bestaat tot ca. 100 m-mv uit watervoerende lagen, dit zijn met name gestuwde afzettingen. Deze gestuwde afzettingen liggen niet horizontaal, maar diagonaal. In de bodem zijn door de ontstaansgeschiedenis diagonale kleischotten aanwezig, ruwweg tussen NAP -50 en -100 m. Deze kleischotten zijn weergegeven in Afbeelding 5.6 (Tauw, 2015). Boorstaten waarin deze kleischotten zijn aangetroffen, zijn opgenomen in (Vitens, 2006).

¹⁰ In de provinciale Verordening van d.d. 1-1-2024 is bijlage 'Eisen voor mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingsgebieden' genummerd Bijlage VI. In eerdere versies was deze bijlage ook aanwezig, maar met een ander nummer (bijlage 5).

¹¹ In de provinciale Verordening van d.d. 1-1-2024 is bijlage 'Eisen voor mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingsgebieden' genummerd Bijlage VI. In eerdere versies was deze bijlage ook aanwezig, maar met een ander nummer (bijlage 5).



Op basis van de aanwezige kleischotten concludeert (Tauw, 2015) dat de grondwaterstroming en daarmee de pluim met verontreiniging niet richting de winputten ter plaatse van Schellerwade stroomt. Omdat de verontreiniging tegengehouden wordt door fysieke bodemeigenschappen (de kleischotten), concluderen wij dat de voorgenomen verticale constructies in module NO-1 van de dijkversterking geen invloed hebben op (de toename of verspreiding van) deze verontreiniging. De risico's op verontreiniging van het grondwater voor de waterwinning nemen niet toe ten gevolge van de verticale constructies.



Afbeelding 5.6 Ligging winputten, VCI pluim, en dwarsdoorsnede met kleischotten (Tauw, 2015).

Module NO-2 - Katerveercomplex

Deze locatie is beschreven in (IJsselwerken, 2023a). Nabij het Katerveercomplex hebben diverse saneringen plaatsgevonden. Het slib in de waterbodem rond het complex was sterk verontreinigd met minerale olie en chroom. Voor zover bekend is de saneringsdoelstelling behaald in 2011 en zijn er verder geen ernstige risico's meer aanwezig rond de sluizen (IJsselwerken, 2023a: MER deel B - Achtergrondrapport bodem paragraaf 4.1.1).

Negatieve invloed van de werkzaamheden op de verplaatsing van verontreinigingen in het grondwater is op deze locatie derhalve uit te sluiten.

Module NO-2 – Engelse Werk

Ter plaatse van module Noord 2 ligt (ook) het Engelse Werk. Dit is een grondwaterwinning/ intrekgebied/ grondwaterbeschermingsgebied. Binnen het ontwerp wordt op deze locatie een zelfstandig kerende constructie gerealiseerd. Deze bestaat uit een MIP-wand op het traject km 43,9 - 44,5.

In de Omgevingsverordening van Provincie Overijssel zijn in artikel 3.37 in combinatie met bijlage VI van de verordening voorwaarden opgenomen voor mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingszones. Voor de voorgenomen verticale maatregelen betekent artikel 3.37 onder andere dat de plaatsing minimaal 4 weken vooraf gemeld wordt bij de provincie. De "aanwijzingen voor uitvoering van mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingszones en boringsvrije zones" in bijlage VI van de verordening worden, voor zover van toepassing op de plaatsing van de verticale constructies, als eisen opgenomen in het eisenregistratie-systeem van de aannemer. Bij de uitvoering wordt geborgd, dat:

- "bij het aanbrengen van een damwand of diepwand het materiaal van de damwand of diepwand geen verontreiniging van de bodem of het grondwater kan veroorzaken en;
- de gebruikte (dik)spoeling en vulvloeistoffen niet uit schadelijke stoffen bestaan, maar bijvoorbeeld uit bentoniet, kleicementmengsels of beton (Bijlage VI, lid2, sub d)¹²;

Aanvullend worden in de Omgevingsverordeningen van Provincie Overijssel afdeling 3.6 regels gesteld ten aanzien van (het) werken in onderscheidenlijk waterwingebieden (paragraaf 3.6.2) en grondwaterbeschermingszones (paragraaf 3.6.3). Deze eisen hebben o.a. betrekking op het aanvoeren van grond en hergebruik van grond binnen het gebied (eis is kwaliteitsklasse 'wonen').

Binnen het ontwerp zijn deze eisen gerespecteerd.

Nabij Engelse Werk ligt een pluim met verontreiniging in de spoorzone. Hierover zijn reeds diverse zaken beschreven in het deel 'Module NO-1 – Engelse Werk'. Voor het deel 'Module NO-2 – Engelse Werk' gelden technische aanvullingen. Deze zijn hieronder beschreven.

De verontreiniging verplaatst zich richting de drinkwaterwinning Engelse Werk. Dit wordt gemonitord, deze monitoring is beschreven in (Witteveen + Bos, 2023). De monitoring vindt plaats in vier zones: zone 1: stationsgebied (nabij sanering), zone 2: omgeving Windesheim, zone 3: Omgeving Engelse werk, zone 4: Winput 55. De monitoring wordt uitgevoerd aan de hand van peilbuizen, deze hebben een filterstelling variërend tussen 25 en 95 m-mv. Voor vinylchloride geldt in een signaleringswaarde van 5 µg/l in het grondwater¹³. De resultaten van de monitoring zijn als volgt:

- Zone 1: deze zone is niet beoordeeld.
- Zone 2: in de periode 2016-2022 zijn alle meetwaarden in alle peilbuizen op alle diepten lager dan 5 µg/l.
- Zone 3: In één diep monitoringspunt (88-89 m-mv) wordt regelmatig hoge concentraties gevonden (> 300 µg/l). In de andere (ondiepere) meetpunten (ca. 70 m-mv) zijn de meetwaarden een factor 30 tot 100 lager.
- Zone 4:
In een diep monitoringspunt (89-90 m-mv) is een enkele overschrijdingen gevonden (5,4 µg/l).
In een ondiep monitoringspunt (58-60 m-mv) zijn de meetwaarden een factor 30 tot 100 lager.

Op basis van de monitoringsresultaten blijkt dat de verontreiniging vooral aanwezig is op diepten van 88-90 m-mv.

Het invloedsgebied van de zelfstandig kerende constructie op de stijghoogte van het grondwaterpeil is gemodelleerd en is opgenomen in bijlage 1. In Afbeelding 5.7, Afbeelding 5.8 en Afbeelding 5.9 is de invloed op de stijghoogte op respectievelijk ondiep in het watervoerende pakket (NAP -4 tot NAP -9 m), middel diep in het watervoerende pakket (NAP -26 tot NAP -36 m) en diep in het watervoerende pakket (NAP -63 tot NAP -109 m) weergegeven. Te zien is dat de zelfstandig kerende constructie met name invloed heeft op de stijghoogte van het grondwaterpeil op de zandlaag direct onder de deklaag. De invloed van de constructie neemt af naar de diepte. Op de diepe watervoerende laag waar de verontreiniging aanwezig is (88-90 m-mv) en waaruit grondwater gewonnen wordt (NAP -63 tot NAP -109 m) heeft de constructie geen significante invloed. In bijlage 2 zijn vergelijkbare figuren opgenomen met de resultaten van de modellering van de zomerperiode.

Omdat de zelfstandig kerende constructie geen significante invloed heeft op de stijghoogte op de diepten waarop de verontreiniging aanwezig is of op de diepte waarop drinkwater gewonnen wordt, concluderen wij dat de voorgenomen constructie in module NO-2 geen invloed heeft op (de toename of verspreiding van) deze verontreiniging. De risico's op verontreiniging van het grondwater voor de waterwinning nemen niet toe ten gevolge van de zelfstandig kerende constructie.

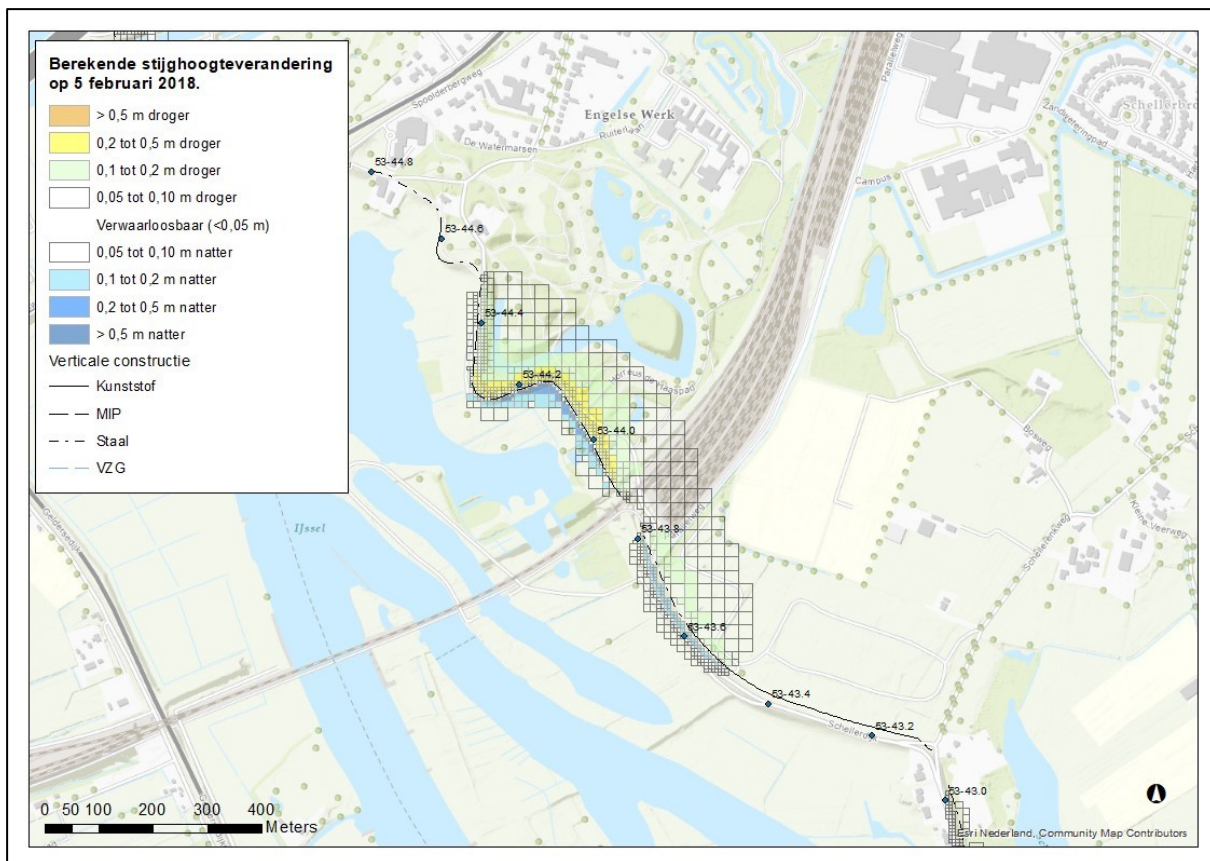
Daarom is de invloed van de dijkversterking op de verontreiniging en de verplaatsing ervan verwaarloosbaar.

¹² In de provinciale Verordening van d.d. 1-1-2024 is bijlage 'Eisen voor mechanische ingrepen in grondwaterbeschermingsgebieden' genummerd Bijlage VI. In eerdere versies was deze bijlage ook aanwezig, maar met een ander nummer (bijlage 5).

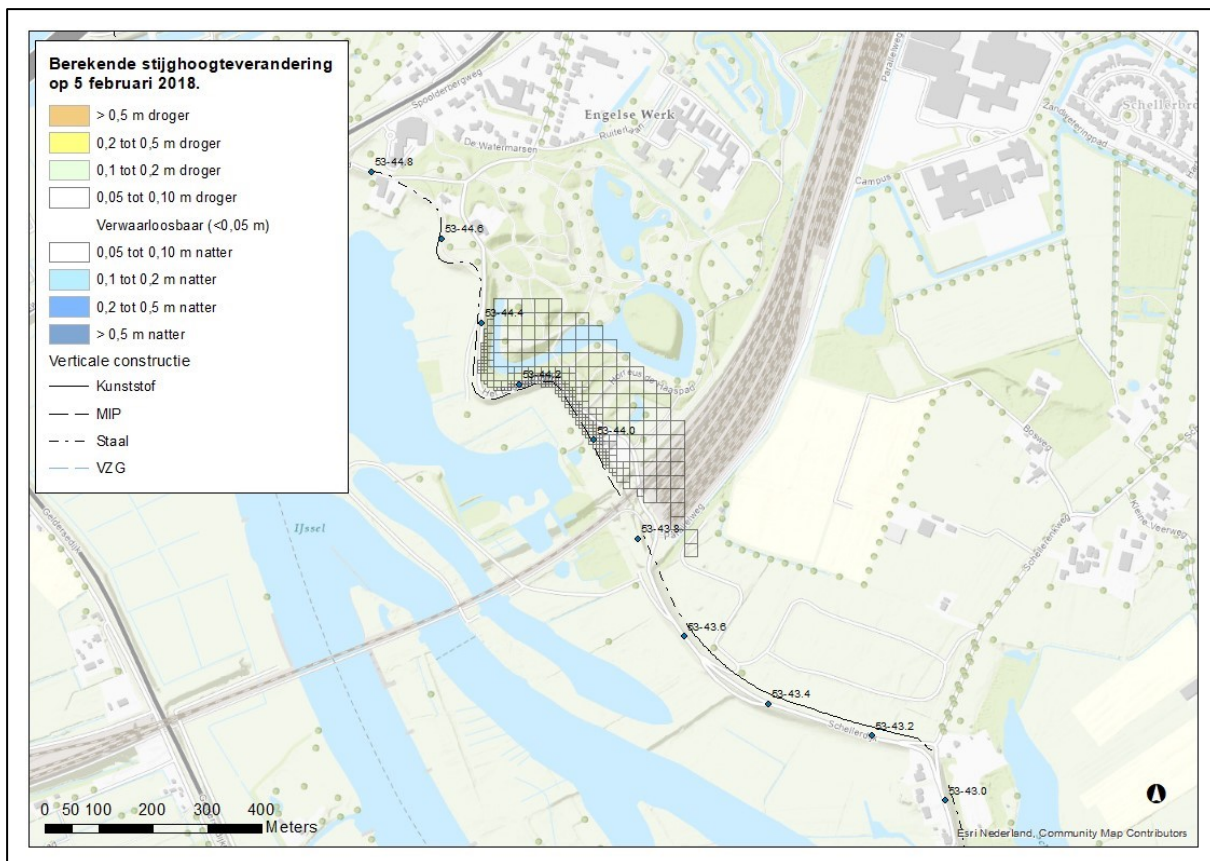
¹³ Bron: <https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl/stof/detail/1324>

Merk op dat in (Tauw, 2015) en (Witteveen + Bos, 2023) ook andere signaleringswaarden worden benoemd, deze zijn gebaseerd niet op vigerende regelgeving, maar op de prognoses van de concentratie ontwikkeling.

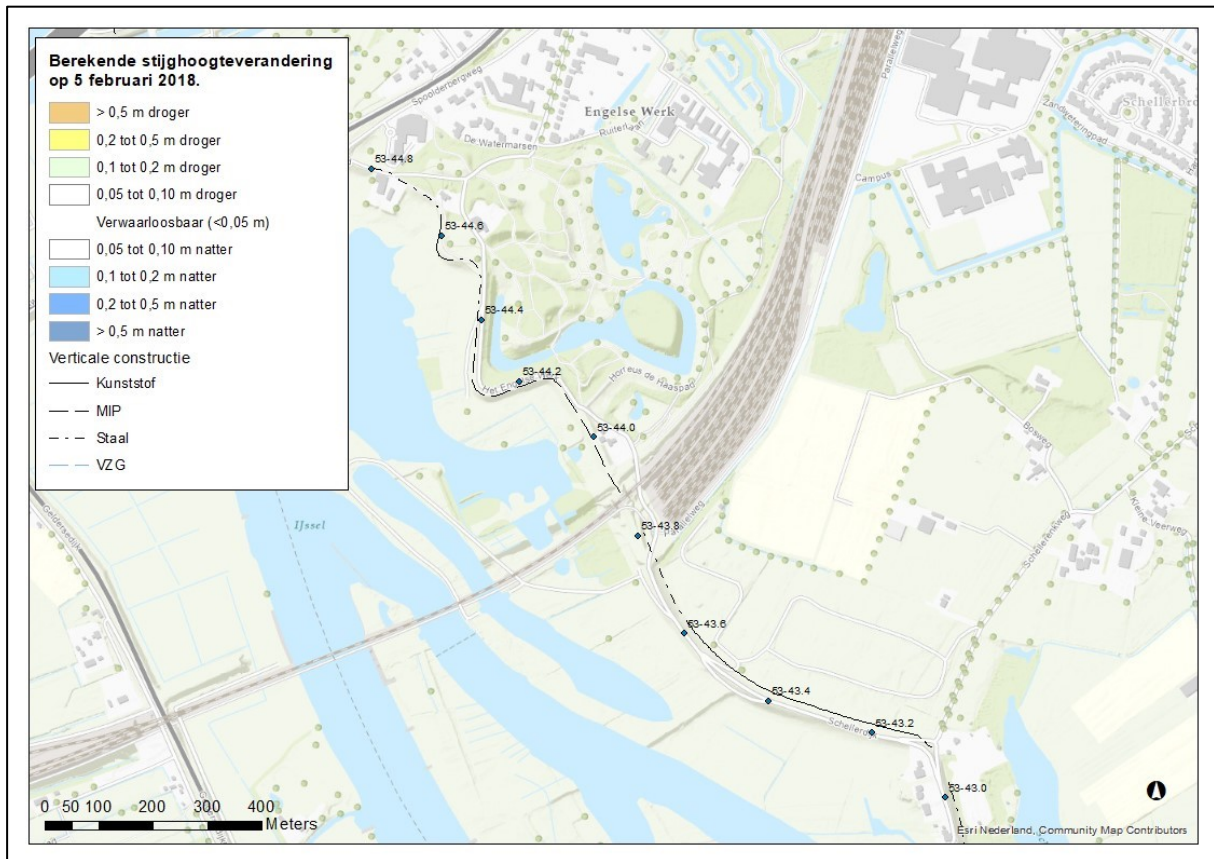




Afbeelding 5.7 Invloedsgebied nabij Engelse Werk, ondiep in het watervoerende pakket (NAP -4 tot NAP -9 m). Door de diepte van de verticale constructie (tot NAP -12,4 m), is er barrière werking in deze laag, dit leidt tijdens hoogwater tot andere stijghoogtes er direct achter.



Afbeelding 5.8 : Invloedsgebied nabij Engelse Werk, middel diep in het watervoerende pakket (NAP -26 tot NAP -36 m). Dit deel van het watervoerende pakket is dieper dan de verticale constructie (gaat tot NAP -12,4 m). Te zien is dat de invloed van de verticale constructie in deze laag geringer is dan bij de ondiepe zandlaag.



Afbeelding 5.9 Invloedsgebied nabij Engelse Werk, diep in het watervoerende pakket (NAP -63 tot NAP -109 m). In deze laag vindt de drinkwaterwinning plaats. Deze laag is aanzienlijk dieper dan de onderzijde van de verticale constructie (NAP -12,4 m). Te zien is dat het invloedsgebied van de verticale constructie derhalve nihil is.

5.3.2 Effectbeoordeling – grondwaterkwaliteit

Binnen het project zijn geen significante veranderingen op de grondwaterkwaliteit. De effectbeoordeling krijgt derhalve de score neutraal (0).

Mogelijk is er rondom Het Anem 8 licht positieve effecten omdat eventuele autonome verplaatsing wordt tegengegaan. Er zijn geen knelpunten bekend rondom autonome verplaatsing van deze verontreiniging. Daarom is dit licht positieve effect niet meegewogen.

Mogelijk wordt er rondom Tichelgaten A5 gesaneerd. Daardoor zijn er licht positieve effecten. Echter is nog onzeker of deze verontreiniging nog steeds aanwezig is, omdat de onderliggende informatie (sterk) verouderd is. Daarom is dit licht positieve effect niet meegewogen.

Ter plaatse van de drinkwaterwinning Engelse Werk is een verontreiniging aanwezig op een diepte van 90 m-mv. De dijkversterking heeft geen invloed op de grondwaterstroming op deze diepte. De risico's op verontreiniging van het grondwater voor de waterwinning nemen niet toe ten gevolge van de voorgenomen constructies in de bodem.

5.4 Grondwaterkwantiteit

5.4.1 Effectbeschrijving – grondwaterkwantiteit

5.4.1.1 Algemeen

Binnen het ontwerp zijn generieke keuzes gemaakt. Daarnaast zijn locatie specifieke keuzes gemaakt.

Generiek is gekozen voor maatregelen die de grondwaterstroming en de grondwaterstand niet beïnvloeden. Zo wordt er zoveel mogelijk gebruik gemaakt van doorlatende technieken. Ook zijn er ondoorlatende technieken (damwanden), maar deze worden zoveel mogelijk op locaties ingezet waar het grondwater onder de damwand door kan stromen. Significante negatieve effecten op het vlak van grondwaterkwantiteit kunnen dan ook op veel locaties op voorhand worden uit gesloten.

Het dijkversterkingsontwerp omvat echter ook enkele ingrepen die geohydrologische impact kunnen hebben. Dit betreft het gebruik van verticale ondoorlatende schermen die lokaal een gehele watervoerende laag afsluiten en voorlandverbeteringen. Daarnaast is ter plaatse van MZ-2 sprake van een dijkverlegging.

In het gebied rondom de dijkversterking zijn diverse beschermde natuurwaarden aanwezig. Een uitvoerige beschrijving daarvan is gegeven in de natuurtoetsen. Hier is ingegaan op de natuurgebieden die vallen onder het provinciale NNN en Natura 2000 en de geohydrologische impact van de dijkversterking op deze gebieden. In algemene zin raakt het dijkversterkingsontwerp aan de buitendijkse uiterwaarden en bijbehorende strangen, poelen en kolken (NNN en N2000). De uiterwaarden worden op geohydrologisch vlak (grondwaterstanden) bepaald door de rivier de IJssel. In het natte seizoen lopen de uiterwaarden onderwater. In het droge seizoen is sprake van lage rivierwaterstanden en daarmee ook lage grondwaterstanden. Het dijkversterkingsontwerp heeft geen invloed op deze twee aspecten. Daarmee is negatieve invloed op de uiterwaarden uit te sluiten.

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Hieronder zijn enkele voorname onderwerpen nader toegelicht.

Aanvullend zijn er lokaal woningen op de dijk. De grondwaterstand in de dijk wordt mogelijk beïnvloed door de realisatie van ondoorlatende schermen. Middels analytische berekeningen is de invloed op deze objecten bepaald.

In Tabel 3.7 zijn de maatlatten voor landbouwgebieden gegeven. Deze zijn gerelateerd aan de begrippen natschade en droogteschade. Dit is afhankelijk van de freatische grondwaterstand en de gevoeligheid van een gewas van de freatische grondwaterstand (zoals de GHG en GLG). Met het stijghoogtemodel zijn de veranderingen van de stijghoogtes bepaald (GHS en GLS). Deze werken indirect door in de freatische grondwaterstand. Daarmee geven deze een indicatie van de effecten. Deze indicatie van effecten zijn samengevat in Tabel 5.4. De vertaling naar effectbeoordeling is gedaan in de volgende paragrafen. Te zien is dat de grootste effecten zijn berekend tussen km30.0 en km 38.0, hier is sprake van de dijkverlegging.

km	Toename natschade (GHS > 0,2 m hoger)	Toename droogteschade (GLS > 0,2 m lager)	Afname natschade (GHS > 0,2 m lager)	Afname droogteschade (GLS > 0,2 m hoger)
17.8–23.0	nihil	nihil	nihil	nihil
23.0-30.0	nihil	nihil	ca. 5 ha	nihil
30.0-38.0	ca. 5 ha	nihil	ca. 8 ha	nihil
38.0-46.7	nihil	nihil	< 1 ha	nihil

Tabel 5.2 Indicatie grondwaterkwantiteit effecten op landbouwgebieden^[1]

^[1] Hierbij is gekeken naar percelen die na de dijkverlegging binnenwaarts liggen ten opzichte van de kernzone/profiel van vrije ruimte van de dijk. Daarbij is de gebiedsindeling gebaseerd op de landgebruikkaart van 2022 (WER, 2022). Landbouwgebieden omvatten percelen die aangeduid zijn met het volgende landgebruik / code



in de LGN2022 kaart: gras (code 1), mais (code 2), aardappelen (code 3), bieten (code 4), granen (code 5), overige landbouwgewassen (code 6), glastuinbouw (code 8), boomgaarden (code 9).

In Tabel 3.8 zijn de maatlatten voor natuurgebieden gegeven. Deze zijn sterk gerelateerd aan de freatische grondwaterstand en de specifieke eigenschappen van het lokale type natuur. Met het stijghoogtemodel zijn de veranderingen van de stijghoogtes bepaald. Deze werken indirect door in de freatische grondwaterstand. Daarmee geven deze een indicatie van de effecten. Deze indicatie van effecten zijn samengevat in Tabel 5.4. De vertaling naar effectbeoordeling is gedaan in de volgende paragrafen.

	Toename vernatting (GHS > 0,2 m hoger)	Toename droogte (GLS > 0,2 m lager)	Afname vernatting (GHS > 0,2 m lager)	Afname droogte (GLS > 0,2 m hoger)
17.8–23.0	nihil	nihil	nihil	nihil
23.0-30.0	nihil	nihil	< 1 ha	nihil
30.0-38.0	< 1 ha	nihil	< 1 ha	nihil
38.0-46.7	nihil	nihil	nihil	nihil

Tabel 5.3 Indicatie grondwaterkwantiteit effecten op natuurgebieden^[1].

^[1] Hierbij is gekeken naar percelen die na de dijkverlegging binnenwaarts liggen ten opzichte van de kernzone/profiel van vrije ruimte van de dijk. Daarbij is de gebiedsindeling gebaseerd op de landgebruikkaart van 2022 (WER, 2022). Natuurgebieden omvatten percelen die aangeduid zijn met het volgende landgebruik / code in de LGN2022 kaart: loofbos (code 11), naaldbos (code 12), heide (code 36), matig vergraste heide (code 37), sterk vergraste heide (code 38), overige moeras vegetatie (code 41), rietvegetatie (code 42), bos in moerasgebied (code 43), stuikvegetatie in hoogveengebied (laag) (code 322), struikvegetatie in moerasveengebied (laag) (code 323), struikvegetatie in moerasgebied (hoog) (code 332), overige struikvegetatie (hoog) (code 333).

In Tabel 3.9 zijn de maatlatten voor bebouwde gebieden gegeven. Deze zijn gerelateerd aan de begrippen ontwateringsdiepte en zettingsrisico. Dit is afhankelijk van de freatische grondwaterstand ten opzichte van het niveau van een woning en de zettingsgevoeligheid van de ondergrond. Met het stijghoogtemodel zijn de veranderingen van de stijghoogtes bepaald. Deze werken indirect door in de freatische grondwaterstand. Daarmee geven deze een indicatie van de effecten. Deze indicatie van effecten zijn samengevat in Tabel 5.4. De vertaling naar effectbeoordeling is gedaan in de volgende paragrafen.

	Achteruitgang ontwateringsdiepte (GHS > 0,2 m hoger)	Toename zettingsrisico (GLS > 0,2 m lager)	Verbetering ontwateringsdiepte (GHS > 0,2 m lager)	Afname zettingsrisico (GLS > 0,2 m hoger)
17.8–23.0	nihil	< 1 ha	nihil	< 1 ha
23.0-30.0	nihil	nihil	ca. 13 ha	nihil
30.0-38.0	< 1 ha	nihil	ca. 2 ha	nihil
38.0-46.7	nihil	nihil	Ca. 1 ha	nihil

Tabel 5.4 Indicatie grondwaterkwantiteit effecten op bebouwde gebieden^[1].

^[1] Hierbij is gekeken naar percelen die na de dijkverlegging binnenwaarts liggen ten opzichte van de kernzone/profiel van vrije ruimte van de dijk. Daarbij is de gebiedsindeling gebaseerd op de landgebruik kaart van 2022 (WER, 2022). Bebouwde gebieden omvatten percelen die aangeduid zijn met het volgende landgebruik / code in de LGN2022 kaart: bebouwing in primair gebied (code 18), bebouwing in secundair gebied (code 19), bos in primair bebouwd gebied (code 20), bos in secundair bebouwd gebied (code 22), gras in primair bebouwd gebied (code 23), bebouwing in buitengebied (code 26), overig grondgebruik in buitengebied (code 27), gras in secundair bebouwd gebied (code 28), zonnepanelen (code 29), hoofdinfrastructuur en spoorbaanlichamen (code 251), half verharde wegen, infrastructuur langzaam verkeer en overige infrastructuur (code 252), smalle wegen (code 253).



5.4.1.2 Module ZU-1 t/m ZU-3

Module ZU-1 t/m ZU-3 – effecten op landbouwgebieden

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2.

Er worden op dit deel enige effecten berekend. Deze effecten hebben te maken met ter plaatse van de landbouwgebieden een zeer plaatselijke afname van de wateroverlast in het natte seizoen. Daarnaast een zeer plaatselijke afname van de droogte in het droge seizoen.

Daaruit blijken voor de landbouwgebieden op dit deel dus geen (negatieve) geohydrologische effecten.

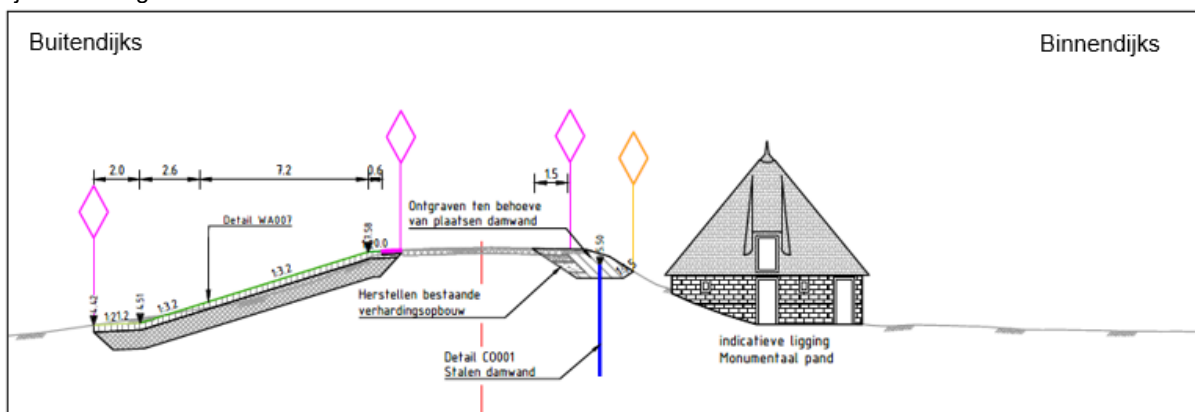
Module ZU-1 t/m ZU-3 – effecten op het bebouwde gebied

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de bebouwde op dit deel geen (negatieve) geohydrologische effecten.

Wel vinden er veranderingen plaats ter plaatse van Olst (km 20,4 t/m 21,0). Hier wordt de binnendijkse zijde in het natte seizoen minder nat en in het droge seizoen minder droog. Op deze locatie gelden dan ook licht positieve effecten. Er zijn geen knelpunten op deze locatie bekend rondom wateroverlast in het natte seizoen of droogte in het droge seizoen, deze positieve effecten zijn dan ook niet meegewogen in de beoordeling.

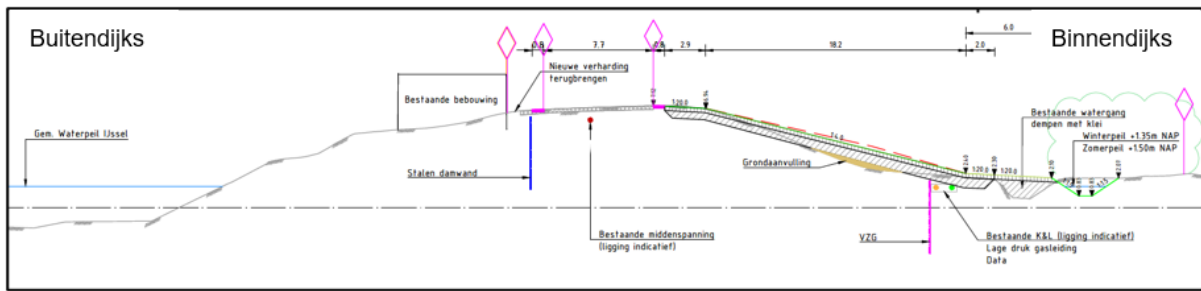
Middels analytische berekeningen is de invloed op de geohydrologie voor bebouwing op de dijk bepaald. Op het deel ZU-1 t/m ZU-3 staat bebouwing op enkele locaties zeer dicht op de dijk. De voornaamste locatie betreft Olst, hier vinden geen werkzaamheden plaats. Deze locatie wordt derhalve niet verder beschouwd. Daarnaast staat bebouwing op zeer korte afstand ter plaatse van km 18,3, 28,9 en 27,4.

In Afbeelding 5.10 is de situatie ter plaatse van km 18,3 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de rivierzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de binnenkruinlijn een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -3,5 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-18.30C, S27G00065 en boring HB53-18.33D. Daaruit blijkt dat de bodem tot NAP -11 m bestaat uit zandlagen, daaronder ligt een kleilaag. De damwand zorgt ervoor dat grondwater niet meer door de dijk naar de woning kan stromen. Door de zandige bodemopbouw kan het grondwater ruim onder de damwand doorstromen. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.



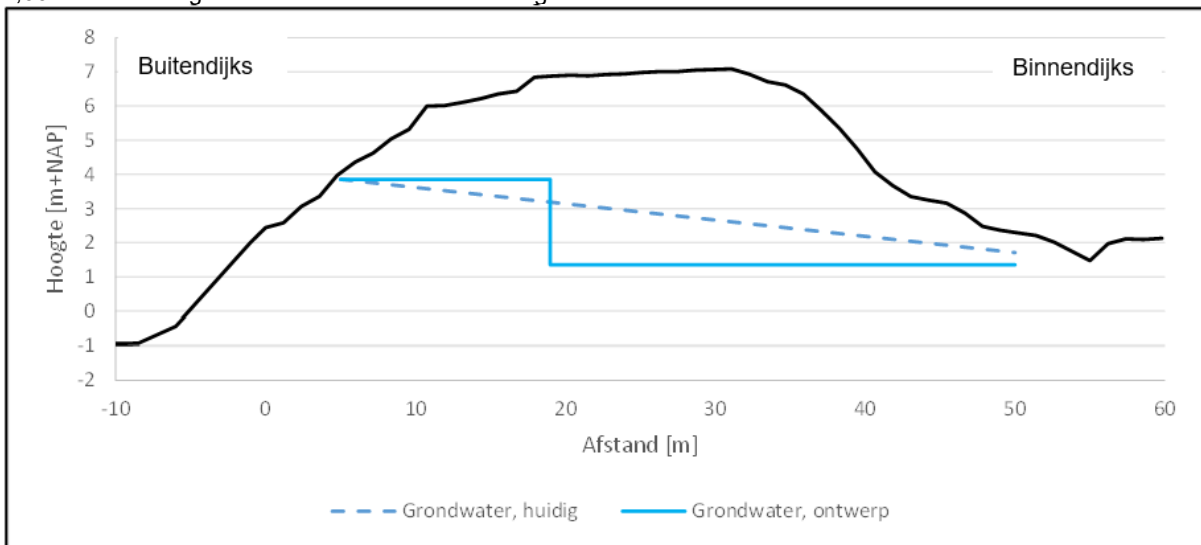
Afbeelding 5.10 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 18,3).

In Afbeelding 5.11 is de situatie ter plaatse van km 26,9 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de polderzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de buitenkruinlijn een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -5 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-26.99C en boring HB53-26.90B en HB53-26.90C. Daaruit blijkt dat de dijk bestaat uit zand tot NAP +0,5 à 1,5 m. Daaronder ligt een kleilaag met een dikte van 1 à 2 m (onderzijde NAP -0,5 m), daaronder ligt een zandlaag tot ca. NAP -14 m. De zandige opbouw van de dijk staat in een droge zomer droog. Tijdens hoogwater vult deze zandlaag zich en stroomt het water onder verhang door de dijk. De damwand zorgt ervoor dat deze beperkte grondwaterstroming geremd wordt.



Afbeelding 5.11 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 26,9).

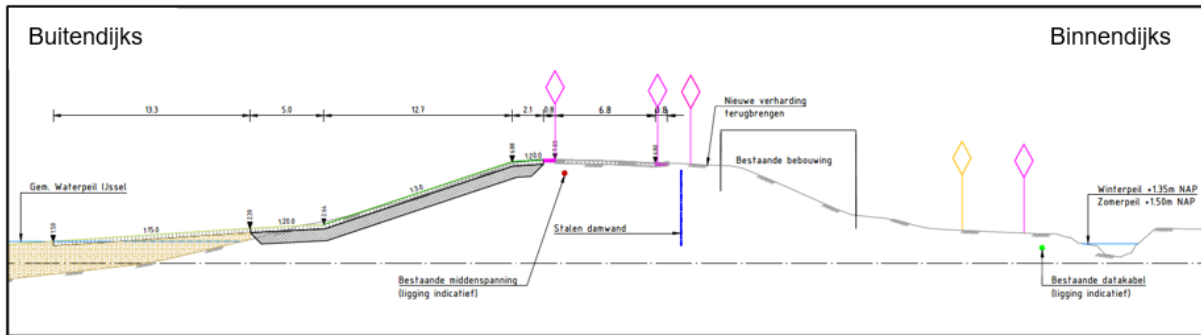
Het verloop van de grondwaterstand in de zanddijk en de impact van het ontwerp is bepaald middels analytische modellering conform (TAW, 2004). De resultaten zijn weergegeven in Afbeelding 5.12. Te zien is dat de grondwaterstand rondom de woning wordt verhoogd door het ontwerp. Impact op de bebouwing wordt bepaald conform de maat lat zoals gegeven in Tabel 3.9. Daarin is te lezen dat er wordt gekeken naar de ontwateringsdiepte in het natte seizoen en in welke mate deze wordt aangepast en daardoor onder de kritische grens van 0,75 à 1,00 m komt. De bebouwing ligt op een maaiveldniveau van NAP +5,4 m. De hoge waterstand van de IJssel nabij Wijhe is NAP +3,4 m en de 1x per jaar waterstand is NAP +3,85 m. De ontwateringsdiepte ter plaatse van woning bij de hoge waterstand is 2,0 m of meer. De ontwateringsdiepte ter plaatse van woning bij de 1x per jaar waterstand is 1,55 m of meer. Bij deze waterstanden komt de ontwateringsdiepte niet onder de kritische waarde van 0,75 à 1,00 m. Er is dus geen noodzaak voor een maatregel¹⁴.



Afbeelding 5.12 Grondwaterstroming rondom woning ter plaatse van km 26,9.

In Afbeelding 5.13 is de situatie ter plaatse van km 27,4 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de rivierzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de binnenkruinlijn een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -7,2 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-27.42C, DKM129 en boring HB53-27.42D. Daaruit blijkt dat de dijk vanaf maaiveld tot NAP -1 m bestaat uit klei, daaronder ligt een zandlaag tot NAP -6 m, daaronder ligt een kleilaag. De kleiige opbouw van de dijk heeft lage doorlatendheid en daardoor een minimale grondwaterstroming. De damwand zorgt ervoor dat deze beperkte grondwaterstroming geremd wordt. Onder de kleiige lagen ligt een watervoerende zandlaag. De damwand zorgt ervoor dat ook hier geen grondwater meer door plaatsvindt. Daardoor wordt in tijdens hoogwater deze bodem rondom de woning minder nat. In het droge seizoen wordt de grondwaterstand niet meer bepaald door de IJssel maar juist door het polderpeil. Het polderpeil in de zomer is NAP +1,50 m, de lage afvoer van de IJssel in de zomer is ca. NAP +0,55 m. Daardoor wordt de grondwaterstand in de zomer minder droog. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.

¹⁴ Conform (Bot, 2016) is bij kruipruimte loze bebouwing een geringere ontwateringsdiepte voldoende (0,50 m). Er is mondeling benoemd dat de bebouwing op deze locatie kruipruimte loos is. Daarmee is de noodzaak voor geen maatregel geheel zeker.



Afbeelding 5.13 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 27,4).

Module ZU-1 t/m ZU-3 – effecten op natuur

Op het traject km 18,7 - 18,9 is een binnendijkse kolk (NNN) aanwezig. Op het deel km 19,9 - 20,1 is binnendijks vochtig bos (NNN) aanwezig. Het dijkversterkingsontwerp omvat een verticaal ondoordlatend pipingscherm. De puntdiepte van het scherm varieert tussen de NAP -2,2 en -4,5 m. Op basis van het lokale grondonderzoek (sonderingen S53Y-17.9D, DKMP53-18.10C, DKMP53-18.30C, 53Y-18.8C en DKMP53-19.20C) bevinden zich tot een diepte van NAP -20 m geen significante slecht doorlatende lagen. Grondwater kan dan ook vrijelijk onder de damwand door stromen. Effecten op het grondwater zijn dan ook uit te sluiten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen, daarin is dit zichtbaar. Negatieve invloed op de natuur op deze locatie als gevolg van een verandering van de geohydrologie is derhalve op voorhand uit te sluiten.

Op het traject km 24,35 - 25,2 is een binnendijkse kolk (Lange Kolk, NNN) aanwezig. Het dijkversterkingsontwerp omvat op dit deel voornamelijk een aanpassing van de dijkbekleding en een kleiingraving in het voorland. Daardoor is negatieve invloed op de geohydrologie rondom de kolk uit te sluiten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen. Deze geven weer dat direct onder de kleiingraving de grondwaterstanden anders worden tijdens hoogwater. De geohydrologische invloed hiervan rijkt niet tot aan de binnendijkse kolk.

Op het traject km 25,5 en 26,4 is een binnendijkse kolk (Barlosche Kolk, NNN) en hardhoutooibos (N2000) aanwezig. Het dijkversterkingsontwerp omvat op dit deel voornamelijk een grondoplossing, deze heeft geen invloed op de grondwaterstroming. Daarnaast is over een beperkte lengte van de dijk een damwand voorgenomen (km 25,9-26,23). Het grondwater kan hier onderdoor en omheen stromen. Daardoor is negatieve invloed op de geohydrologie rondom de kolk en het hardhoutooibos uit te sluiten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen die dit bevestigen.

5.4.1.3 Module MZ-1 t/m MZ-3

Module MZ-1 t/m MZ-3 – effecten op landbouwgebieden

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de landbouwgebieden op dit deel geen (negatieve) geohydrologische effecten.

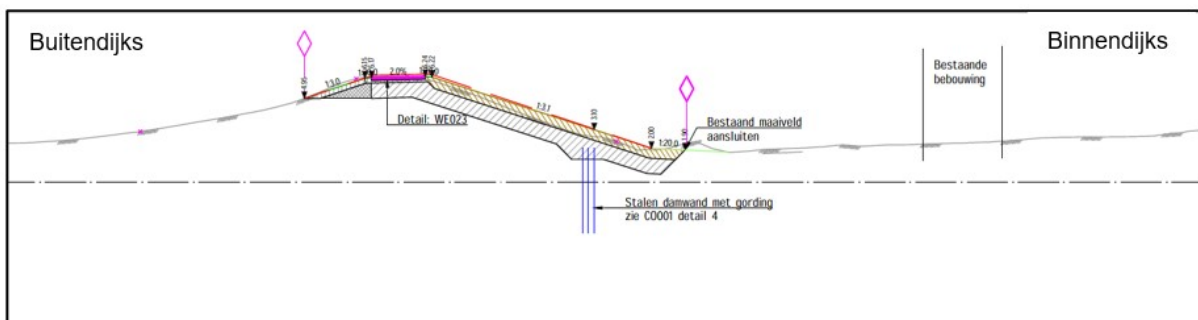
Op dit traject is een afname van de wateroverlast tijdens hoogwater berekend. Dit is weergegeven in Tabel 5.2. Deze effecten zijn vooral berekend tussen km 30.4 en 31.2. Op dit deel zijn geen knelpunten bekend rondom wateroverlast tijdens hoogwater. Daarom is hier geen (positieve) waarde aan toegekend in de beoordeling.

Aandacht gaat uit naar de dijkverlegging bij Paddenpol. De effecten hiervan zijn separaat beschreven in het deel "Module MZ-2 – Dijkverlegging Paddenpol – effecten op landbouwgebieden".

Module MZ-1 t/m MZ-3 – effecten op het bebouwde gebied

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de bebouwde op dit deel geen (negatieve) geohydrologische effecten. Uitzondering is een deel van traject 10.2 nabij km 34.8. Deze locatie is hieronder nader beschreven. Aandacht gaat uit naar de dijkverlegging bij Paddenpol. De effecten hiervan zijn separaat beschreven.

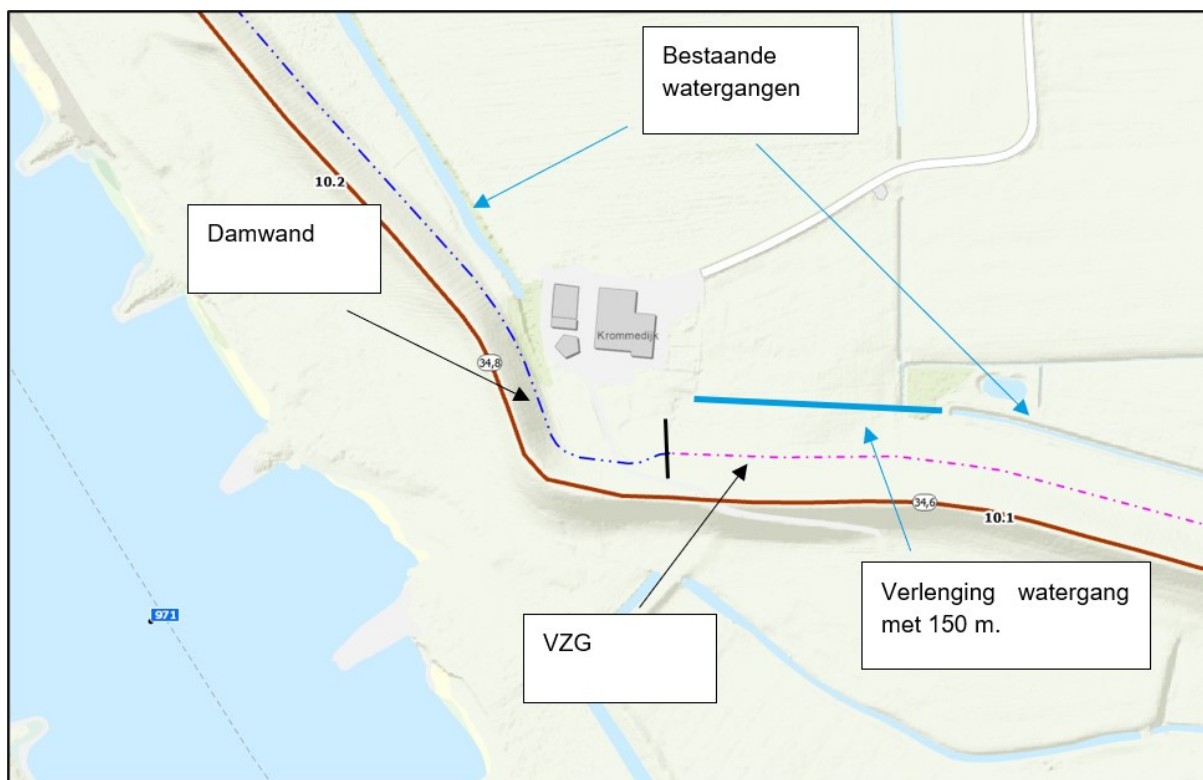
Deelgebied MZ-3 omvat op het traject km 34,7 - 35,6 het dijkversterkingsontwerp een verticaal ondoorlatend pipingscherm. Dit is weergegeven in samen met de aanliggende woning in Afbeelding 5.14. Deze sluit het watervoerende pakket af op een klein deel van het traject van km 34,7 - 35,1. Dit is weergegeven in Afbeelding 5.16. Daardoor is er een effect op de grondwaterstroming. In het natte seizoen stroomt grondwater vanaf de rivier naar de polder (1x per jaar waterstand IJssel nabij Wijhe NAP +3,85 m, winterpeil NAP +0,25 m). Indien dit wordt tegengehouden door de verticale constructie, leidt dit tot minder hoge grondwaterstanden tijdens hoogwater. In het droge seizoen stroomt ook water vanaf de rivier naar de polder (OLA waterstand nabij Wijhe NAP +0,35 m, zomerpeil NAP +0,25 m). Indien dit wordt tegengehouden, kan dat leiden tot een verlaging van de grondwaterstand in het droge seizoen. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen. Die laten zien dat rondom de woningen achter de dijk een stijghoogteverlaging van 0,05 à 0,10 m is berekend voor het droge seizoen.



Afbeelding 5.14 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 34,8).

Merk op dat bovenstaande een theoretisch geval is. De woning ligt op korte afstand van het peilvak van de tichelgaten dat wordt beheerd door Natuurmonumenten. Hier is sprake van een natuurlijk peilbeheer. Daardoor kunnen er aanmerkelijk hogere en lagere peilen voorkomen. Op 10 februari 2021 is een afwijking van ruim 1 m van het waterpeil in de tichelgaten waargenomen ten opzichte van het formele streefpeil. Het kan zijn dat de variatie van het aangelegen peilvak een grotere invloed heeft op deze woning dan de effecten van de dijkversterking.

In Tabel 3.9 is de maatlat voor het beoordelingscriterium grondwaterkwantiteit in het bebouwde gebied gegeven. Daarin wordt bij een grondwaterstands daling aan de daling van de grondwaterstand in een droge periode voor zettingsgevoelige gebieden. Op basis van de berekende resultaten blijkt dat er sprake is van enige daling van de stijghoogte in een droge periode. Het effect op de freatische grondwaterstand is indirect, dit wordt onder andere bepaald door de aanwezigheid van oppervlaktewater. De ligging van de damwand, bebouwing en aanwezig oppervlaktewater is weergegeven in Afbeelding 5.15. Te zien is dat op deze locatie ook aanvullend oppervlakte wordt aangelegd. Te zien is dat de afstand tussen de bebouwing en het oppervlaktewater varieert (minimale afstand 10 m, maximale afstand ca. 50 m). Daarmee kan niet alle invloed op voorhand worden uitgesloten. Derhalve is getoetst of de ondergrond zettingsgevoelig is.



Afbeelding 5.15 Dijktraject MZ-3 ligging bebouwing, nabij oppervlaktewater en voorgenomen damwand.

De zettingsgevoeligheid van de ondergrond is bepaald op basis van de bodemopbouw. Het maaiveld ligt op NAP +2,5 à +2,9 m (gemiddeld NAP +2,7 m). De ondergrond bestaat conform boring HB53-34.80D, HB53-34.70D en S53-34.80D vanaf NAP +2,7 tot -2,36 m uit klei, veen en leem, daarna is het pleistocene zand aangetroffen. Het deel van deze klei onder de GLG kan door veranderingen van de grondwaterstand onderhevig zijn aan zettingen. De GLG is bepaald op basis van peilbuis B53Y-33.9D en B53Y-35.7D, beide geven een vergelijkbaar verloop van de grondwaterstand. Deze geven een GLG van NAP -0,0 m. Zettingen als gevolg van de veranderende grondwaterstand kunnen optreden in de lagen tussen ca. NAP -0,0 en -2,36 m. De onderste lagen zijn omschreven als "Klei, vast" of als "leem, vast zwak zandig". Deze lagen zijn beperkt zettingsgevoelig.

Er is een verkennende zettingsberekening uitgevoerd. Daarbij zijn de zettingsparameters overgenomen uit NEN9997-1. Er is uitgegaan van een POP-waarde van 5 kPa, de verhouding tussen c'_p en c_p is aangehouden op een factor 3. Uit de analyse volgt dat na 30 jaar (10.000 dagen) een stijghoogte verlaging van 0,1 m bij deze ondergrond leidt tot verwaarloosbare zettingen (< 1 mm). De locatie is derhalve beoordeeld als niet zettingsgevoelig. Effecten zijn derhalve uit te sluiten.

Op de locatie wordt een watergang verlengd met 150 m. Deze watergang is onderdeel van het peilvak met een zomerpeil van NAP +0,25 m. Dit waterpeil is hoger dan de GLG. De bodem bestaat uit klei tot NAP -2,36 m, de onderzijde van de watergang snijdt daar niet doorheen. Deze heeft dus een geringe invloed op de grondwaterstand. Daarmee zal de verlenging van deze watergang leiden tot een minder grote verandering van de grondwaterstand dan hierboven beschreven, maar dit is vanwege de slecht doorlatende lagen rondom de watergang vooral op korte afstand van de nieuwe watergang merkbaar.

Module MZ-1 t/m MZ-3- effecten op natuur

Op het traject km 32,1 - 33,0 is binnendijs vochtig bos (NNN) aanwezig. Het dijkversterkingsontwerp omvat een dijkverlegging bij Paddenpol. Daardoor komt het vochtig bos (NNN) op het deel km 32,1 - 32,5 buitendijs te liggen. De effecten hiervan zijn beschreven in het deel ecologie (IJsselwerken, 2024). Het traject km 32,5 - 33,0 is daarom alleen beschouwd. Op het traject km 32,95 - 33,0 is tevens een binnendijkse poel (NNN) aanwezig. Het dijkversterkingsontwerp omvat op dit deel een verticaal ondoorlatend pipingscherm. De puntdiepte van het scherm is ca. NAP -11,9 m. Op basis van het lokale grondonderzoek (sonderingen S53Y-33.0D, DKMP53-32.60D, DKMP53-32.70D, DKMP53-32.80C en DKMP53-32.90C) bevinden zich tot een diepte van NAP -15 m geen significante slecht doorlatende lagen. Grondwater kan dan ook vrijelijk onder de damwand door stromen. Effecten op het grondwater zijn dan ook uit te sluiten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen

opgenomen, daarin is dit zichtbaar. Negatieve invloed op de natuur op deze locatie als gevolg van een verandering van de geohydrologie is derhalve op voorhand uit te sluiten.

Op het traject km 34,8 - 33,0 zijn een binnendijs de Tichelgaten (N2000) aanwezig. Dit natuurgebied is afhankelijk van de kwelstroom die tijdens hoogwater naar het deelgebied stroomt. Het dijkversterkingsontwerp omvat op dit deel een combinatie van een ondoorlatende verticale oplossing (damwand) en doorlatende verticale oplossingen (VZG). De bodemopbouw varieert, waardoor lokaal het watervoerende pakket dun is (ca. 5 m) en geheel wordt afgesloten door de ondoorlatende oplossing. Elders is het watervoerende pakket zeer dik (ca. 40 m) en wordt niet afgesloten door de verticale oplossing. Het deel waar het watervoerende pakket wordt afgesloten ligt op het deel km 34,7 - 35,0. Een weergave van de situatie is gegeven in Afbeelding 5.16. Vanwege de variatie in de oplossingen en de bodemopbouw is deze locatie gedetailleerd gemodelleerd. Uit een nadere analyse blijkt dat de kwelstroom voor het deel buiten de teen van de dijk verwaarloosbaar verandert.

Bovenstaande komt deels door de modelkeuzes die zijn gemaakt (oppervlaktewater is gemodelleerd als river). Daarom zijn de effecten aanvullend bepaald aan de hand van een waterbalans waarbij de impact van de kwelstroom in beeld is gebracht. Deze is weergegeven in Tabel 5.5. Te zien is door de barrière werking van verticale constructies de kwelstroom naar Tichelgaten afneemt. Echter kan de grondwaterstroom op veel locaties onder de damwanden doorstromen. Daardoor is de impact op de kwel een afname van ca. 319 m³/dag, dit komt neer op een afname van 4,3% van de totale aanvoer van water¹⁵. Vanaf 5% verandering van de kwel is sprake van een significante verandering¹⁶. De verandering is daarmee niet significant. Daardoor is negatieve invloed op de geohydrologie rondom de Tichelgaten uitgesloten.

Staatsbosbeheer heeft echter aangegeven dat iedere achteruitgang van kwel naar dit gebied ongewenst is. Daarom wordt contact getreden met de natuurorganisatie om te zien of dit effect verder gereduceerd kan worden. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen die dit weergeven.

Waterbalans	Eenheid	Huidig	Toekomstig
Instroom Tichelgaten			
Neerslagoverschot[1]	[m ³ /dag]	1813	1813
Kwel door slechtdoorlatende lagen	[m ³ /dag]	1758	1655
Kwel door opbarsten waterbodem	[m ³ /dag]	4115	3899
Totaal		7686	7367
Uitstroom Tichelgaten			

¹⁵ De waterstanden ter plaatse van Tichelgaten zijn in de berekeningen aangehouden conform het peil zoals opgenomen in de peilenkaart. Het daadwerkelijke peil is aanzienlijk hoger. Daardoor is het verschil tussen de waterstand op de rivier en het peil in de tichelgaten in werkelijkheid geringer. De kwel is dan ook overschat in de berekeningen.

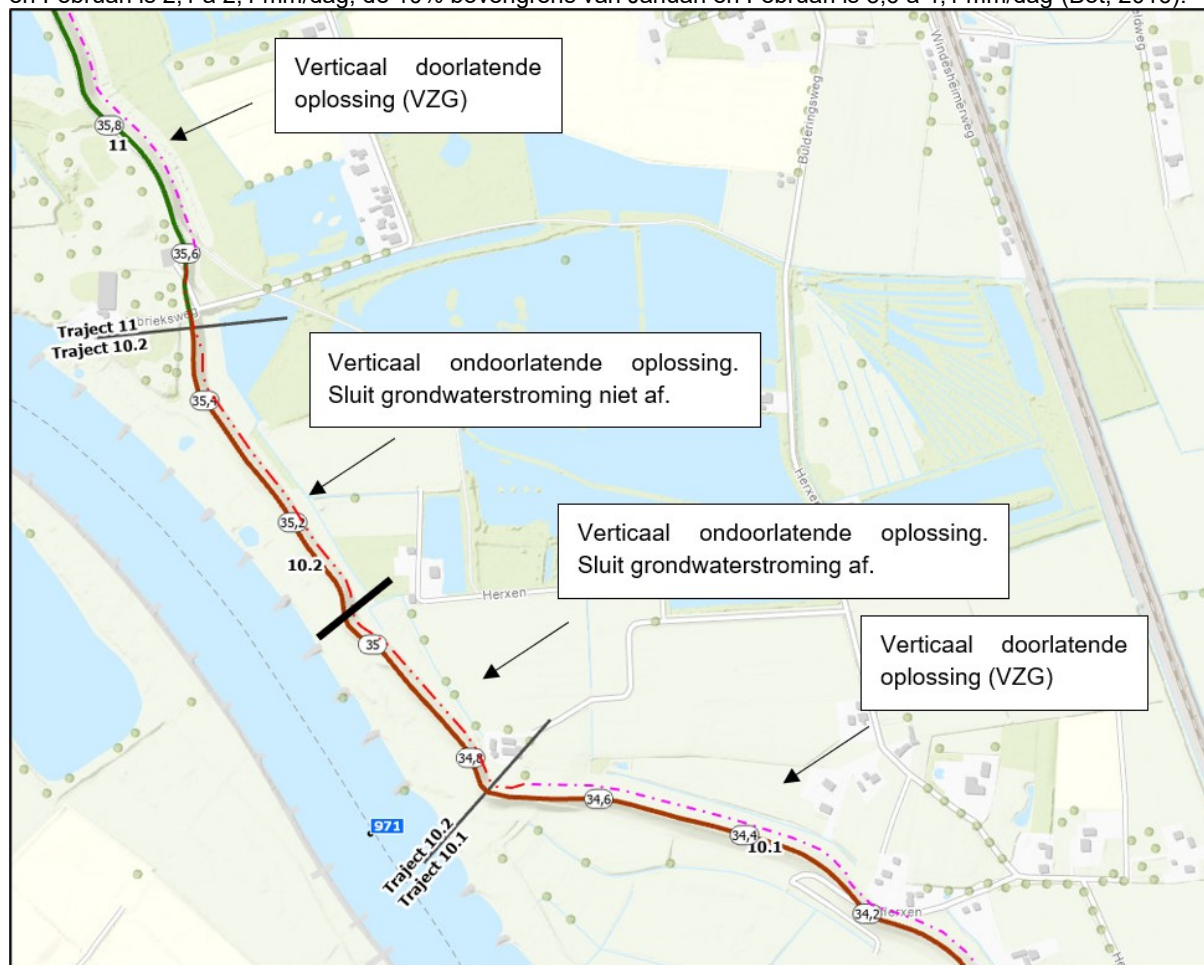
¹⁶ Hier is 5% als grens aangehouden voor significant en niet-significant. Meer achtergrond over wat als grens kan gelden is gegeven in (Steunpunt Natura 2000, 2010). Hierin wordt ingegaan op zaken als natuurlijke fluctuatie en eventueel verandering van het langjarig gemiddelde. De natuurlijke variatie is in dit gebied zeer groot, zo is de kwel tijdens hoogwater hoog en in de zomer nihil of tegengesteld. Het langjarige gemiddelde wordt met name bepaald door het uitzakken van waterstanden door verdamping en wegzijging in de Tichelgaten in de zomer en of de kwelstroom samen met de neerslag voldoende is om de waterstanden in de winter voldoende aan te vullen. De verandering van de kwelstroom heeft zowel effect op de zomer (minder wegzijging) als op de winter (minde kwel). In de analyse is gesteld dat een standaard waarde van 5% op de kwel passend is als beoordeling voor niet significante effecten, bij effecten groter dan 5% wordt gekeken naar de jaarrond fluctuatie. Voor de jaarrond fluctuatie is echter het waterpeil in de Tichelgaten een vereiste. Deze worden echter sinds 2012 niet meer gemeten.



Afvoer via oppervlaktewater (of verandering van peil)	[m ³ /dag]	7686	7367
Verschil	[m ³ /dag]		319
Verschil	[%]		4.3%

Tabel 5.5 Waterbalans voor 5-2-2018 voor de locatie Tichelgaten.

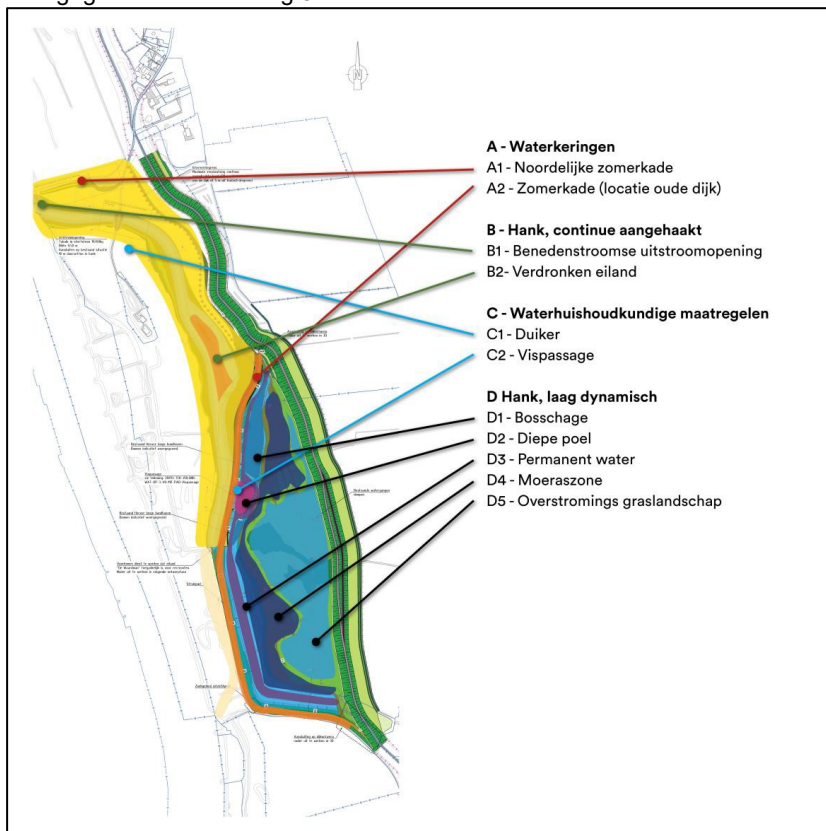
[1] Betreft een neerslagoverschot van 3,4 mm/dag over een oppervlak van 54 ha. Gemiddelde neerslag in Januari en Februari is 2,1 à 2,4 mm/dag, de 10% bovengrens van Januari en Februari is 3,6 à 4,1 mm/dag (Bot, 2016).



Afbeelding 5.16 Ligging Tichelgaten Windesheim, met voorgenomen verticale constructies.

Module MZ-2 – Dijkverlegging Paddenpol en nevengeul – effecten op landbouwgebieden

Op dit deel is een dijkverlegging voorzien. In de huidige situatie ligt de dijk op een korte afstand van de rivier de IJssel met weinig voorland. De dijk wordt teruggelegd waardoor er voorland voor de dijk in de toekomstige situatie aanwezig is. Tevens wordt een nevengeul aangelegd in het voorland op het traject km 32,2 - 33,0. De inrichting is weergegeven in Afbeelding 5.17.

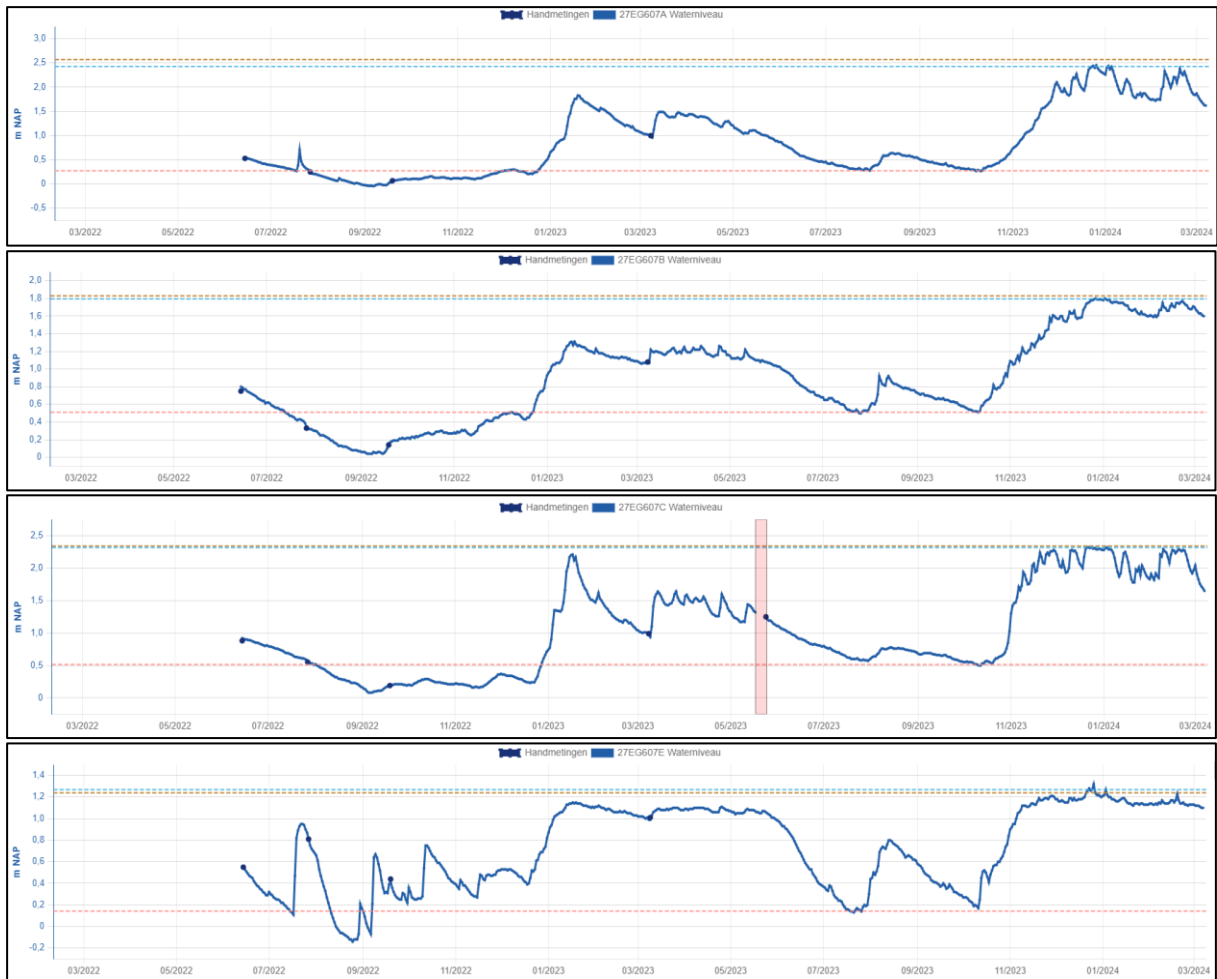


Afbeelding 5.17 Voorgenomen inrichting dijkverlegging Paddenpol en nevengeul.

Direct achter de dijk is sprake van de grootste kwel druk. Door de verlegging van de dijk, verplaatst de zone met de grootste kweldruk mee. Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Deze geven de invloed op de stijghoogte, daaruit blijkt een grotere kweldruk voor meerdere landbouwpercelen.

In Tabel 3.7 is de maatlat voor het beoordelingscriterium grondwaterkwantiteit in het landelijk gebied gegeven. Daarin wordt getoetst aan de verandering van de grondwaterstand en de verandering van de nat- / droogte- schade. Nat / droogte schade hebben te maken met het grondgebruik, grondsoort en de grondwaterstanden. Het grondgebruik betreft grasland, de grondsoort betreft rivierklei (Rd10A). Het maaiveld is hoog gelegen (NAP +1,8 à +2,0 m) ten opzichte van het polderpeil (winterpeil NAP +0,65 m).

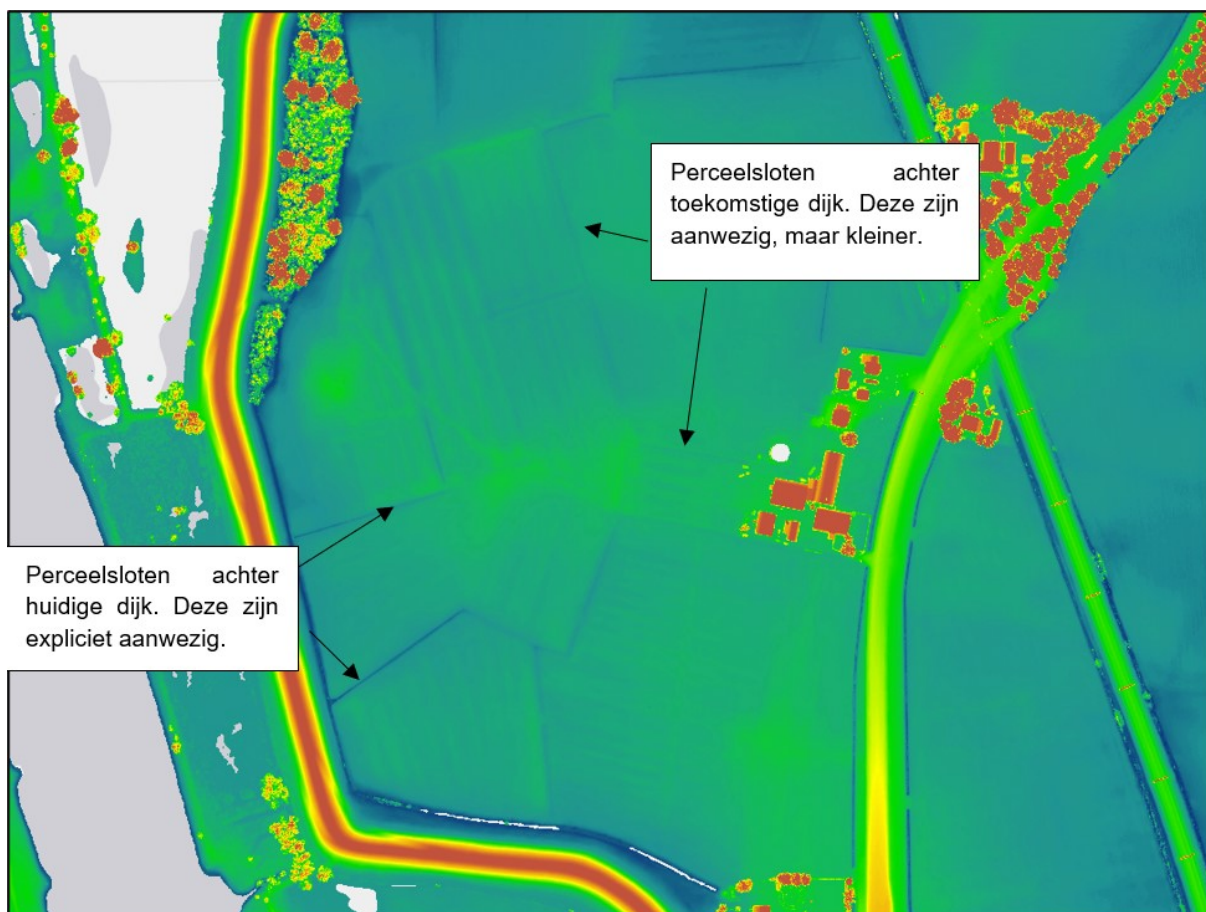
De freatische grondwaterstand wordt gemeten in de peilbuizen 27EG607A, 27EG607B, 27EG607C, 27EG607E welke zijn opgenomen in Dinoloket en in het meetnetwerk van Waterschap Drents Overijsselse Delta. In Afbeelding 5.18 zijn de meetgegevens weergegeven. Deze laten zien dat in het droge seizoen de grondwaterstanden rondom het polderpeil liggen of lager. Deze laten ook zien dat in het natte seizoen, zoals december 2023/januari 2024 de grondwaterstanden zeer hoog liggen. Dat komt doordat de bodem bestaat uit een de dikke deklaag slecht doorlatende klei (lokaal tot 5 m klei). Daardoor kan het grondwater moeizaam afstromen naar het oppervlaktewater. Op alle locaties is de gemeten grondwaterstand gelijk aan het maaiveld naast de peilbuis.



Afbeelding 5.18 Gemeten grondwaterstanden in de freatische peilbuizen 27EG607A, 27EG607B, 27EG607C, 27EG607E. Te zien is dat in de huidige situatie de grondwaterstand in het natte seizoen nagenoeg gelijk staat aan het maaiveld.

Doordat de bestaande grondwaterstanden gelijk zijn aan het maaiveld, kunnen deze niet hoger worden als gevolg van een grotere kweldruk. Er kan dus door de dijkverlegging per definitie geen sprake zijn van een hogere grondwaterstand.

Deze percelen worden ontwaterd middels een kwelsloot achter de dijk, enkele perceel sloten en begreppeling op de percelen zelf. Deze zijn weergegeven in Afbeelding 5.19. Deze begreppeling zorgt er niet voor dat de grondwaterstanden lager worden, maar vooral dat de hoge grondwaterstanden minder lang aanhouden.



Afbeelding 5.19 Hoogtekaart (AHN4) ter plaatse van de voorgenomen dijkverlegging. Hierin is het verschil tussen de perceelsloten in het gebied zichtbaar.

Deze percelen die nieuw achter de dijk komen te liggen hebben ook begreppeling, echter ontbreken de perceelsloten. Indien deze aanwezig zijn, hebben deze minimale afmetingen. Daardoor kunnen deze moeizaam het grondwater afvoeren. Daardoor zullen de hoge grondwaterstanden langer aanhouden wat leidt tot afname van de begaanbaarheid van de percelen¹⁷.

Er zijn maatregelen nodig om bovenstaande effecten te mitigeren. Hiervoor bestaan twee varianten. De eerste variant is het opwaarderen van de aanwezige begreppeling en perceelsloten. Daardoor wordt meer kwelwater afgevangen en blijven de hoge grondwaterstanden vergelijkbaar (qua duur) met de huidige grondwaterstanden. Er is dan geen sprake van een toename aan natschade. Wel zorgt een toename van het oppervlak aan watergangen, voor een afname van de oppervlakte aan landbouwperceel. Een tweede variant is afkopen van de effecten. Daarbij wordt de vrijheid van een oplossing bij de perceeleigenaar gelegd. De verwachte effecten zijn gering van aard, daarnaast heeft de beheersmaatregel bij optie 1 ook aandachtspunten. In samenspraak met de perceeleigenaar wordt passende oplossing gekozen. Daardoor zijn negatieve effecten gemitigeerd.

Module MZ-2 – Dijkverlegging Paddenpol en nevengeul – effecten op bebouwing

Op dit deel is een dijkverlegging voorzien. In de huidige situatie ligt de dijk op een korte afstand van de rivier de IJssel met weinig voorland. De dijk wordt teruggelegd waardoor er voorland voor de dijk in de toekomstige situatie aanwezig is. Tevens wordt een nevengeul aangelegd in het voorland op het traject km 32,2 - 33,0. De inrichting is weergegeven in Afbeelding 5.17.

Door de verlegging van de dijk, verplaatst de zone met de grootste kweldruk mee. Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage

¹⁷ Begaanbaarheid kan worden uitgedrukt aan de hand van natschade binnen de HELP-tabellen (STOWA, 2005). Deze systematiek gaat uit van begrippen als Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand. Aangezien de hoogte van de grondwaterstand niet verandert, geeft deze methodiek aan dat de natschade niet verandert. Daarom is de natschade hier niet uitgedrukt met deze systematiek.

1 en 2. In Tabel 3.9 is de maatlat voor het beoordelingscriterium grondwaterkwantiteit in het bebouwde gebied gegeven. Daarin wordt getoetst aan de ontwateringsdiepte. Dit is het verschil tussen het maaiveld en de freatische grondwaterstand in een natte periode. Een alternatief criterium is drooglegging, dit is het verschil tussen het maaiveld en het polderpeil. Verschil tussen de twee is de opbolling van de grondwaterstand, deze wordt bepaald door locatie specifieke zaken, zoals de bodemopbouw, gebruikt ophoogmateriaal en aanwezige drainage.

Ter plaatse van de woningen ter hoogte van km 32.0 langs de Rijksstraatweg zijn de volgende effecten berekend: Een toename van de stijghoogte in het natte seizoen van 0,05 à 0,10 m. Een toename van de freatische grondwaterstand is berekend op 0,05 à 0,10 m. De woningen liggen op een maaiveldhoogte van NAP +2,5 à +2,9 m. Dit is ruim een halve meter hoger dan de omliggende landbouwpercelen (NAP +1,90 à +2,2 m). Het winterpeil ligt op NAP +0,65 m, daarmee is de drooglegging van de woningen 1,85 à 2,25 m. Een gangbare waarde is 1,30 m hoger dan het winterpeil in kleigebieden (Waterschap Noorderzijvest, 2006). Een beoordeling op basis van het criterium drooglegging geeft derhalve het oordeel dat er geen risico is.

De beoordeling op basis van het criterium ontwateringsdiepte gaat uit van de ontwateringseis. Dit is 1,0 m zoals benoemd in Tabel 3.9. Deze eis omvat enige robuustheid, conform (Bot, 2016) geldt voor woningen met een kruipruimte een eis van 0,7 tot 0,9 m. Voor woningen zonder kruipruimte geldt een ontwateringseis van 0,5 m (Bot, 2016). Peilbuismetingen zijn weergegeven in Afbeelding 5.18. Te zien is dat dat in de periode van oktober 2023 tot en met maart 2024 sprake is van zeer hoge grondwaterstanden. In de periode oktober 2022 tot en met maart 2023 is sprake van lagere grondwaterstanden (0,5 m of meer verschil). Op basis van de grondwaterstanden van oktober 2022 is er voldoende ontwateringsdiepte en kunnen effecten op bebouwing op voorhand worden uitgesloten.

Op basis van de grondwaterstanden in de periode oktober 2023 tot en met maart 2024 kunnen effecten niet op voorhand worden uitgesloten. Deze effecten kunnen wel worden uitgesloten indien de volgende zaken gelden:

- Of freatische grondwaterstanden zijn van nature laag.
Dit is mogelijk het geval door de beperkte afstand naar het oppervlaktewater.
- Of freatische grondwaterstanden zijn ongevoelig voor een verandering van de stijghoogte.
Dit is mogelijk het geval door eigenschappen van het gebruikte ophoogmateriaal (mogelijk is er opgehoogd met goed doorlatend zand).

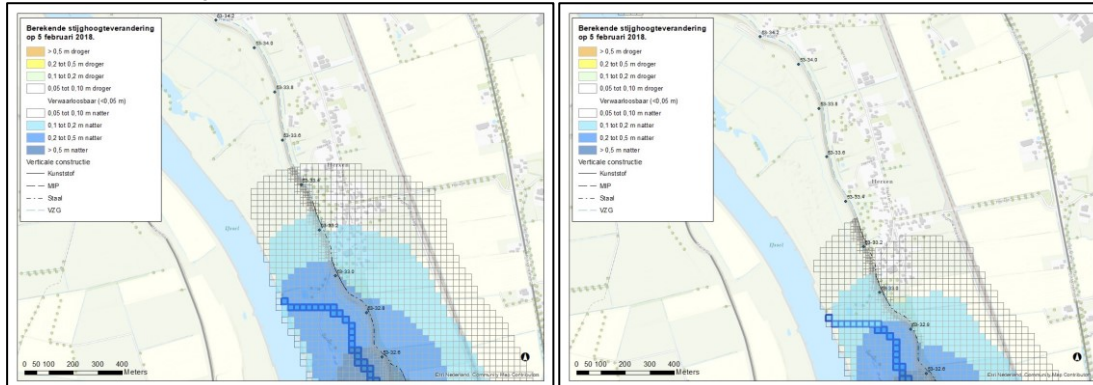
Er zijn onderzoeken uitgevoerd nabij het perceel. Deze omvatten een boring tot 50 m afstand, deze geeft geen zekerheid over het gebruikte ophoogmateriaal. Er is een peilbuis aanwezig op ca. 50 m afstand, deze meet de stijghoogte en niet de freatische grondwaterstand. De verwachting, gezien de maaiveldhoogte van het perceel in relatie tot de polderpeilen, dat de effecten verwaarloosbaar zijn. Echter is de bewijslast niet sluitend. Daarom wordt monitoring op het perceel uitgevoerd. Op basis daarvan wordt met zekerheid bepaald of er risico's zijn. Indien deze er zijn worden in samenspraak met de perceeleigenaar mitigerende maatregelen genomen (ringdrainage).

De dijkverlegging omvat ook de aanleg van een nevengeul. Deze is voorgenomen ten noorden van de dijkverlegging. Deze nevengeul doorsnijdt de kleilagen die in het voorland liggen¹⁸. Daardoor neemt de infiltratie toe met als gevolg een grotere kweldruk ten noorden van de dijkverlegging (traject km 32,6 - 33,2). In dit gebied liggen meerdere woningen. Het maaiveld in dit gebied varieert, de woningen liggen op hogere delen, namelijk op NAP +2,0 à +2,3 m. Het polderpeil varieert per peilvak, de bebouwing rondom km 33.0 heeft een winterpeil van NAP +0,65 m. Nabij deze locatie zijn peilbuizen aanwezig. Dit omvat onder andere peilbuis B53Y-32.4D en peilbuis B53Y-33.0D, beide meten de stijghoogte in de diepe zandlaag. De monitoring van de grondwaterstand is gerapporteerd in (Wiertsema & Partners, 2017). Uit de monitoring blijkt dat de stijghoogte varieert en dat op beide meetpunten een stijghoogte van NAP +2,0 m wordt met enige regelmaat overschreden. Daarmee is de stijghoogte gelijk of hoger dan het maaiveld rondom de woningen. Het criterium ontwateringsdiepte betreft niet de stijghoogte in de diepe zandlaag, maar de freatische grondwaterstand. Deze is niet gemeten, maar op basis van de meetgegevens kan niet worden uitgesloten dat er in de huidige situatie (grond)wateroverlast is. Binnen het invloedsgebied verergert de (mogelijke) wateroverlast.

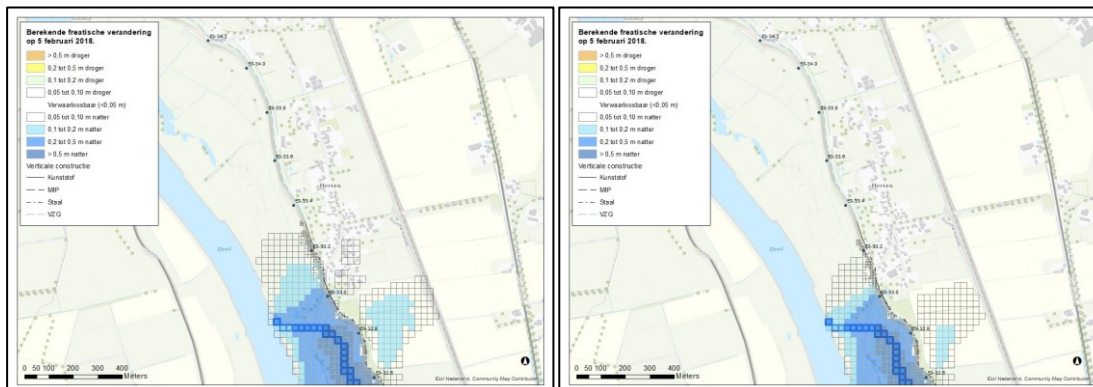
¹⁸ Dit betreft de boringen IB-PP-01-01 en IB-PP-01-03 die in het voorland liggen. In IB-PP-01-01 is een deklaag van klei aangetroffen tot NAP +0,8 m, daaronder ligt middel grof zand. De nevengeul krijgt een onderzijde op NAP -0,5 m, deze doorsnijdt de deklaag op deze locatie. In IB-PP-01-03 is een deklaag aangetroffen van kleilig zand tot NAP +0,1 m, daaronder ligt middelgroot zand en 1,2 m kleilig zand. De nevengeul krijgt een onderzijde op NAP -0,5 m, deze doorsnijdt de deklaag op deze locatie, daaronder resteert geringe weerstand van het kleilige zand. Bestaande waterpartijen in het voorland hebben reeds van nature een slechtdoorlatende kleilaag onder de waterbodem. Dit blijkt uit sondering S53-32.98A die ligt nabij deze waterpartijen, deze geeft een kleilaag tussen NAP -1 en -2 m.



Gezien bovenstaande is een ontwerpaanpassing doorgevoerd. Daarbij is het deel van de nevengeul nabij Herxen voorzien van een slechtdoorlatende kleilaag op de bodem. Daardoor is de impact van de nevengeul om de omgeving sterk gereduceerd. In Afbeelding 5.20 en Afbeelding 5.21 zijn de effecten weergegeven van de situatie zonder en met kleilaag op de bodem van de nevengeul. Te zien is dat zonder kleilaag op de bodem van de nevengeul een aanzienlijk deel van Herxen binnen het invloedsgebied ligt. Na ontwerpaanpassing ligt Herxen geheel buiten het invloedsgebied¹⁹. Door het nemen van deze mitigerende maatregelen kunnen effecten binnen Herxen worden uitgesloten.



Afbeelding 5.20 Effectberekeningen ter plaatse van Herxen. Daarbij is gerekend met een nevengeul zonder kleilaag op de bodem en met kleilaag op de bodem van de nevengeul aan de noordzijde.



Afbeelding 5.21 Effectberekeningen ter plaatse van Herxen. Daarbij is gerekend met een nevengeul zonder kleilaag op de bodem en met kleilaag op de bodem van de nevengeul aan de noordzijde (freatisch grondwater).

5.4.1.4 Module MN-1 t/m MN-3

Module MN-1 t/m MN-3 – effecten op landbouwgebieden

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de landbouwgebieden op dit deel geen (negatieve) geohydrologische effecten.

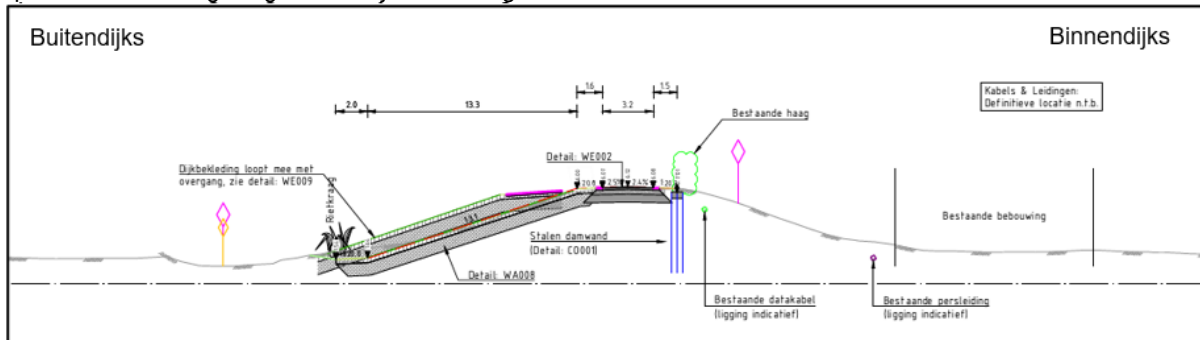
Module MN-1 t/m MN-3 – effecten op het bebouwde gebied

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de bebouwde op dit deel geen (negatieve) geohydrologische effecten.

¹⁹ Het invloedsgebied in Afbeelding 5.14 betreft het invloedsgebied van de stijghoogte. Deze raakt niet of nauwelijks aan percelen binnen Herxen. Tussen km 32,8 en 33,0 liggen kwelsloten en een ondiepe kolk met slappe lagen onder de waterbodem. Tijdens hoogwater barsten deze lagen op. Daardoor remmen deze de invloed naar de omgeving. Dit is meegenomen in de modellering, maar op conservatieve wijze. Daardoor kunnen effecten geringer uitvallen. Er worden theoretische effecten berekend voor de stijghoogte aan de zuidzijde van Herxen die net groter zijn dan 0,05 m. Op deze locatie is oppervlaktewater aanwezig, dit heeft invloed op de freatische grondwaterstand. Daardoor worden voor de freatische grondwaterstand geen effecten berekend.

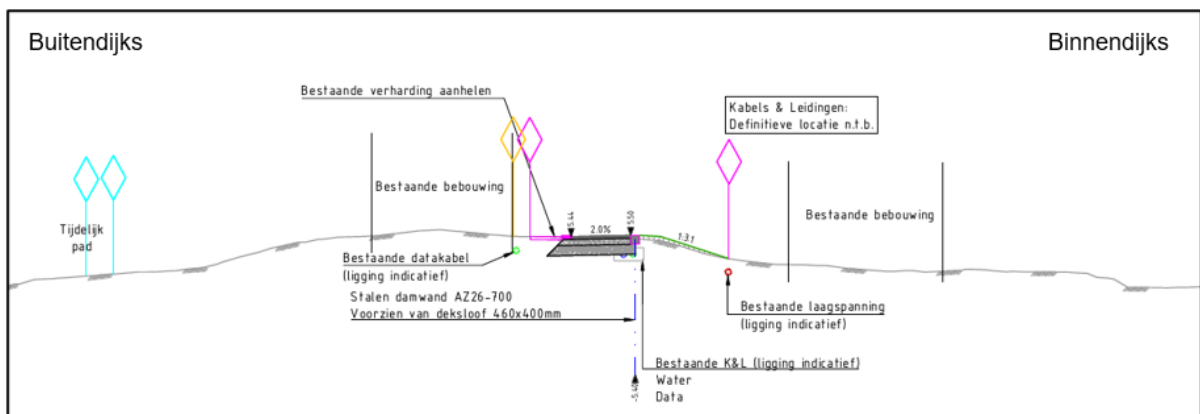
Middels analytische berekeningen is de invloed op de geohydrologie voor bebouwing op de dijk bepaald. Op het deel MN-1 t/m MN-3 staat bebouwing op enkele locaties zeer dicht op de dijk. Dit betreft de locaties ter plaatse van km 37,0 en 41,7 t/m 41,9 (Oldeneel).

In Afbeelding 5.22 is de situatie ter plaatse van km 37,0 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de rivierzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de binnenkruinlijn een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -8,3 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-36.99C, DKMP53-36.95C en boring HB53-37.02D. Daaruit blijkt dat de dijk tot ca. NAP -1 m bestaat uit klei, daaronder ligt een zandlaag tot de verkende diepte (NAP -23 m). De damwand zorgt ervoor dat grondwater niet meer door de dijk naar de woning kan stromen, vanwege de lage doorlatendheid van de klei heeft dit een geringe impact op de geohydrologie. Door de zandige bodemopbouw onder de dijk kan het grondwater ruim onder de damwand doorstromen. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.



Afbeelding 5.22 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 37,0).

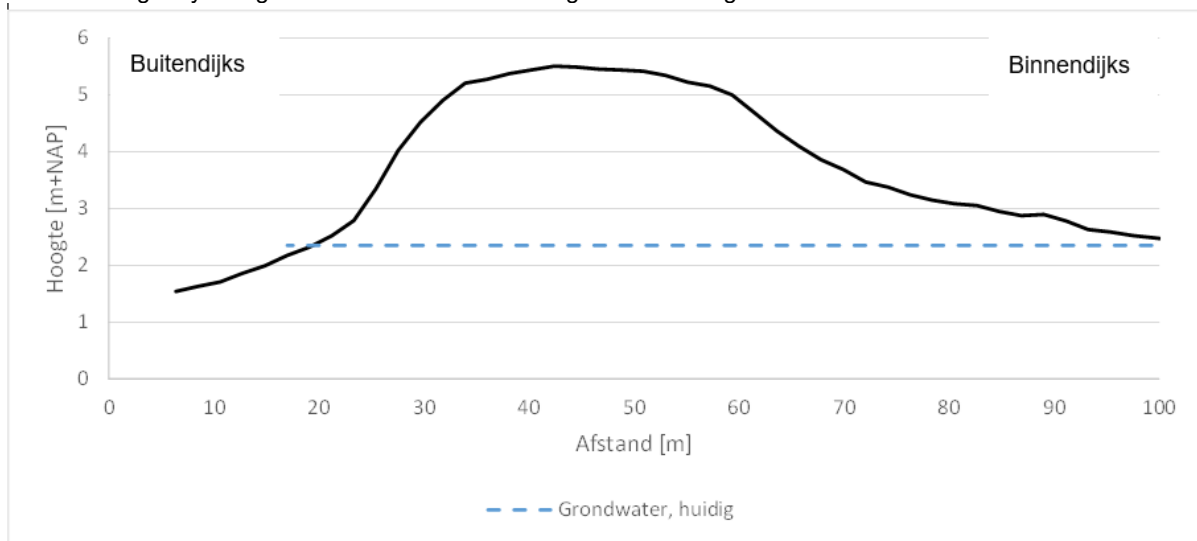
In Afbeelding 5.23 is de situatie ter plaatse van km 41,7 t/m 41,8 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie er verwaarloosbaar grondverzet plaatsvindt. De voornaamste wijziging is de realisatie van damwand in de dijk. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -5,4 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-41.78C, DKMP53-41.80C en boring HB53-41.70C en HB53-41.84B. Daaruit blijkt dat de dijk bestaat uit zand tot NAP +0,0 m. Daaronder ligt een dunne kleilaag (ca. 0,5 m dik), daaronder ligt een zandlaag die uitstrekt tot de verkende diepte (ca. NAP -24 m). In het voorland van de dijk worden dikkere kleilagen aangetroffen, zo is de deklaag/kleilaag in boring HB53-41.84B ca. 2,5 m dik. De zandige opbouw van de dijk staat in een droge zomer nagenoeg droog. Tijdens hoogwater vult deze zandlaag zich en stroomt het water onder verhang door de dijk. De damwand zorgt ervoor dat deze beperkte grondwaterstroming geremd wordt.



Afbeelding 5.23 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 41,7 – 41,8).

Het verloop van de grondwaterstand in de zanddijk en de impact van het ontwerp is bepaald middels analytische modellering conform (TAW, 2004). De resultaten zijn weergegeven in Afbeelding 5.23 en Afbeelding 5.24. Te zien is dat de grondwaterstand rondom de woning niet wordt verhoogd door het ontwerp bij een 1x per jaar hoog waterstand. Impact op de bebouwing wordt bepaald conform de maatlat zoals gegeven in Tabel 3.9. Daarin is te lezen dat er wordt gekeken naar de ontwateringsdiepte in het natte seizoen en in welke mate deze wordt aangepast en daardoor onder de kritische grens van 0,75 à 1,00 m komt. De bebouwing ligt op een maaiveldniveau van NAP +5,4 m. De hoge waterstand van de IJssel nabij Katerveercomplex is NAP +1,73 m en de 1x per jaar waterstand is NAP +2,35 m. De ontwateringsdiepte ter plaatse van woning bij de hoge waterstand is 3,0 m of meer. Bij deze

waterstanden komt de ontwateringsdiepte niet onder de kritische waarde van 0,75 à 1,00 m. Daarom kunnen op deze locatie geohydrologische effecten aan de woningen worden uitgesloten.



Afbeelding 5.24 Grondwaterstroming rondom woning ter plaatse van km 41,7 – 41,8 (waterstand 1x per jaar).

Module MN-1 t/m MN-3 - effecten op natuur

Op het traject km 37,00 - 37,95 is een binnendijks vochtig bos (NNN) aanwezig. Het dijkversterkingsontwerp omvat op dit deel onder andere ondoorlatende verticale oplossingen (damwand). Het watervoerende pakket is hier zeer dik (ca. 40 m) waardoor het grondwater onder de damwand door kan stromen. Negatieve invloed kan daarom worden uitgesloten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen die dit bevestigen.

Op het traject km 40,40 en 41,15 is binnendijks een kolk (NNN) aanwezig. Het dijkversterkingsontwerp omvat op dit deel onder andere ondoorlatende verticale oplossingen (damwand). Het watervoerende pakket is hier zeer dik (ca. 40 m) waardoor het grondwater onder de damwand door kan stromen. Negatieve invloed kan daarom worden uitgesloten. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen die dit bevestigen.

5.4.1.5 Module NO-1 t/m NO-3

Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op landbouwgebieden

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de landbouwgebieden op dit deel geen (negatieve) geohydrologische effecten.

Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op drinkwaterwinningen

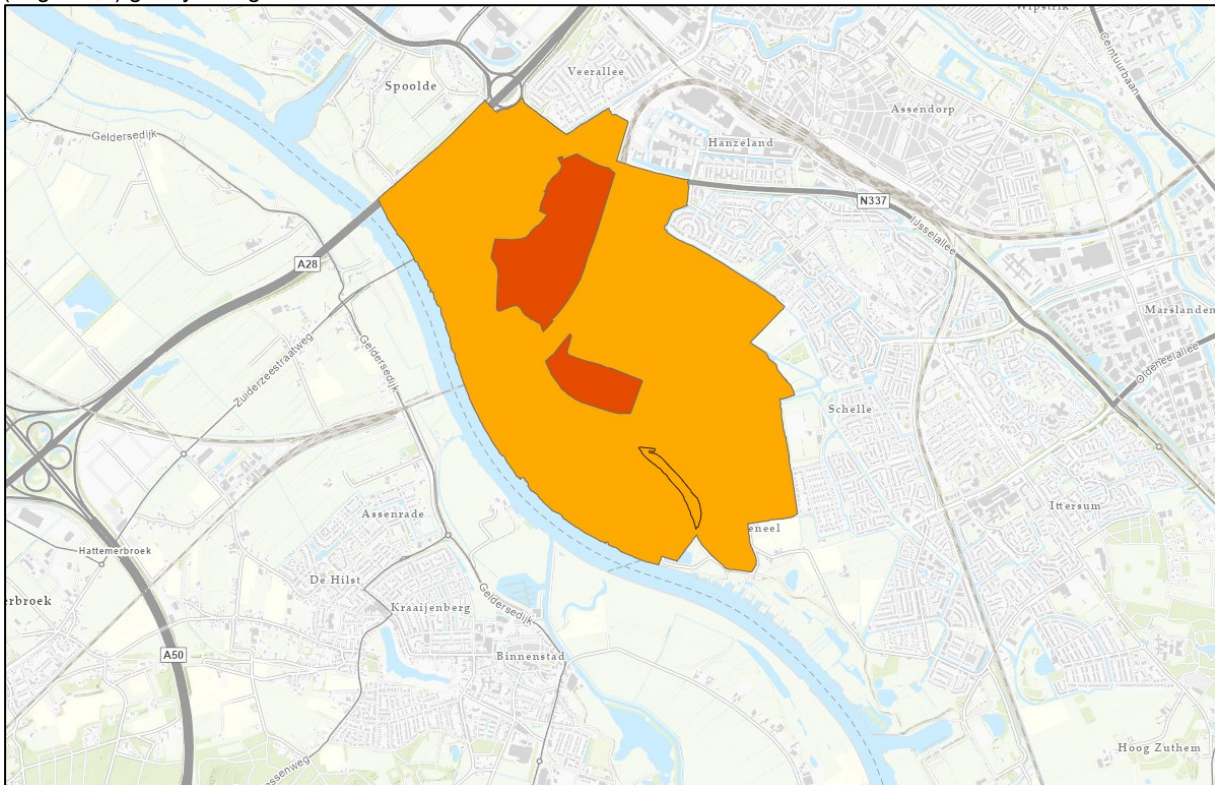
Ter plaatse van module Noord 2 ligt het Engelse Werk. Dit is een grondwaterwinning/ intrekgebied/ grondwaterbeschermingsgebied. De ligging hiervan is weergegeven in Afbeelding 5.25. Binnen het ontwerp wordt een verticaal ondoorlatend scherm gerealiseerd. Op het traject km 43,1 - 43,8 bestaat dit uit kunststof damwand en een stalen damwand met een diepte van NAP -3,4 à -9,6 m. Daarnaast omvat het ontwerp een Mixed In Place wand (MIP-wand) en stalen damwand op het traject km 43,9 - 44,5. Deze hebben een puntdiepte van NAP -6,9 à -12,40 m.

Een beschrijving van de drinkwaterwinning is onder andere te vinden in (Vitens, 2006). Daaruit blijkt dat de drinkwaterwinning bestaat uit ca. 33 bronnen die geslagen zijn tussen 1961 en 2006. Deze hebben een onderzijde van de onttrekkingsfilters die liggen tussen de NAP -30 en -80 m. De onttrekkingsfilters liggen daarmee aanzienlijk dieper dan de onderzijde van de verticale constructies.

Ter plaatse van de stalendamwand en kunststofdamwand zijn de volgende sonderingen aanwezig: CPT000000118034, CPT000000118111 en CPT000000118049. Daaruit blijkt dat de dikte van het watervoerend pakket hier meer dan 20 m is. Ter plaatse van de MIP-wand zijn de volgende sonderingen aanwezig: CPT000000118098, CPT000000117992, CPT000000118177 en CPT000000118163. Daaruit blijkt dat de dikte van het watervoerend pakket ook hier meer dan 20 m is. Ter plaatse van de drinkwaterwinning zijn diepe boringen



uitgevoerd (dieptes variërend van ca. 75 tot 300 m-mv (Vitens, 2006)). Daaruit blijkt dat de onderzijde van het watervoerende pakket op ca. 90 m-mv ligt. Het grondwater kan daardoor vrijelijk onder de verticaal ondoorlatend schermen stromen. Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de drinkwaterwinning geen (negatieve) geohydrologische effecten.



Afbeelding 5.25 Ligging Grondwaterbeschermingsgebied Engelse Werk en toekomstige locatie (Schellertwade, locatie is omlijnd).

In Afbeelding 5.25 is ook de uitbreidingslocatie weergegeven, namelijk het toekomstige waterwingebied Schellertwade. Er is aangehouden dat de eigenschappen overeenkomen met de bestaande winning. Dus een locatie met verticale bronnen die een diepteligging hebben tussen NAP -30 en 80 m. Voor het deeltraject is een verticale pipingmaatregel voorzien. Voor het traject van 42,3 tot km 42,8 km betreft dit een VZG, op de overige delen van het traject gaat het om een ondoorlatende maatregel in de vorm van een stalen, of kunststof damwand. De verticale ondoorlatende maatregel reikt tot een maximale diepte van ca. NAP -9,2 m. De verticale pipingmaatregel sluit het watervoerend pakket voor een deel af. Op basis van sonderingen: DKMP53-42.12C, DKMP53-42.07C en DKMP53-42.21C heeft het watervoerend pakket een dikte van ten minste 15 m, tot een diepte van circa NAP -25 m. De geohydrologische effecten zijn dus verwaarloosbaar en op een andere diepte dan de voorgenomen drinkwaterwinning. Daardoor is negatieve invloed op voorhand uit te sluiten.

Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op natuur

Op het traject km 41,45 - 41,55 is binnendijks een kolk (Schellertwade, NNN) aanwezig. Een beschrijving van het ontwerp is gegeven in bovenstaand deel "Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op drinkwaterwinningen". In bijlage 1 en 2 zijn de rekenresultaten weergegeven. Daaruit blijkt dat de effecten verwaarloosbaar zijn.

Op het traject km 44,05 - 44,75 is binnendijks een plas met vochtig bos (Engelse Werk, NNN) aanwezig. Een beschrijving van het ontwerp is gegeven in bovenstaand deel "Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op drinkwaterwinningen". In bijlage 1 en 2 zijn de rekenresultaten weergegeven. Daaruit blijkt dat de damwanden in het natte seizoen enige mate aan kwel tegenhouden (lokaal 0,1 m minder hoge grondwaterstand). Dit is alleen in het theoretische geval wanneer het oppervlaktewater de grondwaterstand onvoldoende stuurt²⁰. In het droge seizoen zijn de effecten verwaarloosbaar. Daarom is geconcludeerd dat de effecten verwaarloosbaar zijn.

²⁰ In de berekeningen is gerekend met een conductance van het oppervlaktewater. Deze is bepaald op basis van het oppervlak van de waterpartij en een intrede-/uittredeweerstand van 10 dagen. Uit de rekenresultaten volgt dat direct onder de waterpartij een stijghoogte wordt berekend die aanzienlijk hoger ligt dan het streefpeil. In de toekomstige situatie wordt het verschil tussen de berekende stijghoogte en het streefpeil geringer.



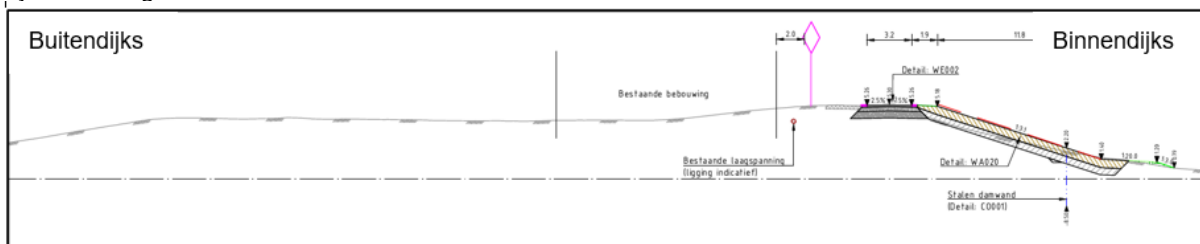
Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op het bebouwde gebied

Middels modelberekeningen is de invloed op de geohydrologie aan de binnendijkse zijde bepaald. De resultaten daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 en 2. Daaruit blijken voor de bebouwde op dit deel geen (negatieve) geohydrologische effecten. Hierop zijn twee uitzonderingen, dit zijn de woning nabij NO-2 net ten zuiden van het Engelsewerk en NO-3 rondom de Spooldersluis. Effecten zijn hieronder beschreven.

Middels analytische berekeningen is de invloed op de geohydrologie voor bebouwing op de dijk bepaald. Op het deel NO-1 t/m NO-3 staat bebouwing op enkele locaties zeer dicht op de dijk. Dit betreft de locaties ter plaatse van km 42,9 t/m 43,0, km 44,0, km 44,8, km 45,2 t/m 45,5 (Katerveercomplex), km 45,9 en km 46,2.

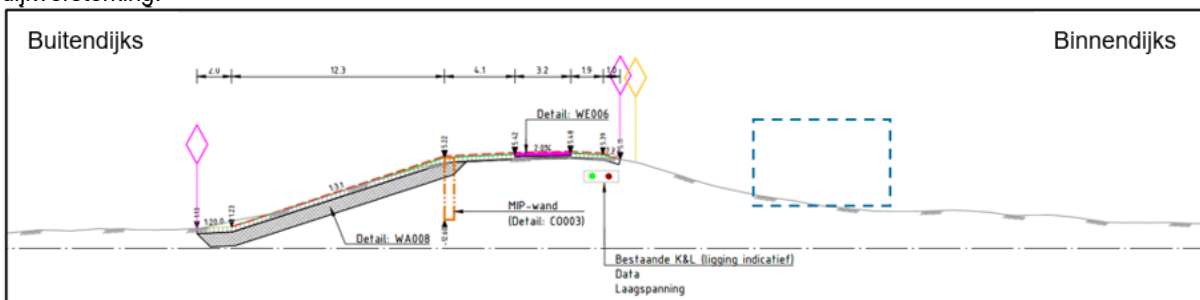
Ook staat ter plaatse van km 43,0 t/m 43,1 bebouwing op korte afstand van de dijk. Op dit deel van het traject worden geen verticale ondoorlatende constructies aangebracht. Daardoor wordt de geohydrologische invloed op deze bebouwing op voorhand uitgesloten.

In Afbeelding 5.26 is de situatie ter plaatse van km 42,9 t/m 43,0 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de polderzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de binnentoeen een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -8,5 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-42,96C, DKMP53-43.03C en boring HB53-43.00C. Daaruit blijkt dat de dijk tot ca. NAP -0 m bestaat uit klei, daaronder ligt een zandlaag tot de verkende diepte (NAP -24 m). De damwand zorgt ervoor dat grondwater moeizaam door de dijk kan stromen, vanwege de lage doorlatendheid van de klei en de locatie van de damwand (binnentoeen met een bovenzijde van NAP +2,20 m) heeft dit een geringe impact op de geohydrologie. Door de zandige bodemopbouw onder de dijk kan het grondwater ruim onder de damwand doorstromen. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.



Afbeelding 5.26 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 42,9 – 43,0).

In Afbeelding 5.27 is de situatie ter plaatse van km 44,0 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de rivierzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de buitenkruinlijn een MIP-wand geplaatst. De MIP-wand wordt tot een diepte van ca. NAP -12,6 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-44,00C, S53Y-44,0C en boring THB53-44.00CD-2. Daaruit blijkt dat de dijk tot ca. NAP +1 m bestaat uit afwisselend klei- en zandlagen, daaronder ligt een kleilaag tot NAP -1 à -3 m. Tenslotte volgt een zandlaag tot de verkende diepte (NAP -24 m). De damwand zorgt ervoor dat grondwater moeizaam door de dijk kan stromen, vanwege de lage doorlatendheid van de afwisselende klei- en zandlagen heeft dit een geringe impact op de geohydrologie. Door de zandige bodemopbouw onder de dijk kan het grondwater ruim onder de damwand doorstromen. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.

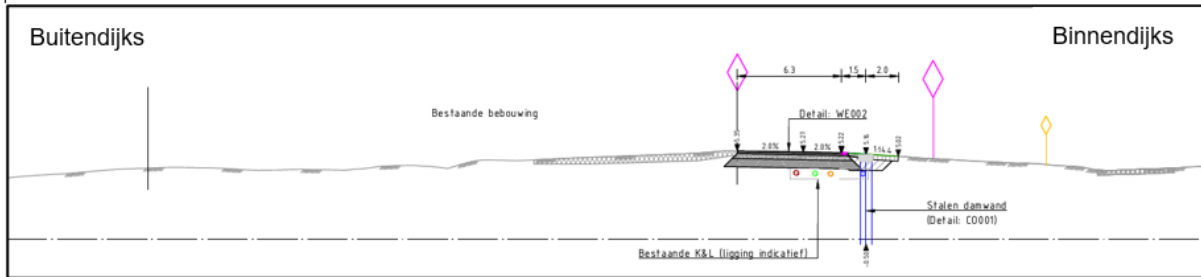


Afbeelding 5.27 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 44,0, locatie bebouwing is omlijnd).

In Afbeelding 5.28 is de situatie ter plaatse van km 44,8 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de polderzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de binnenkruin een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -0,5 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht

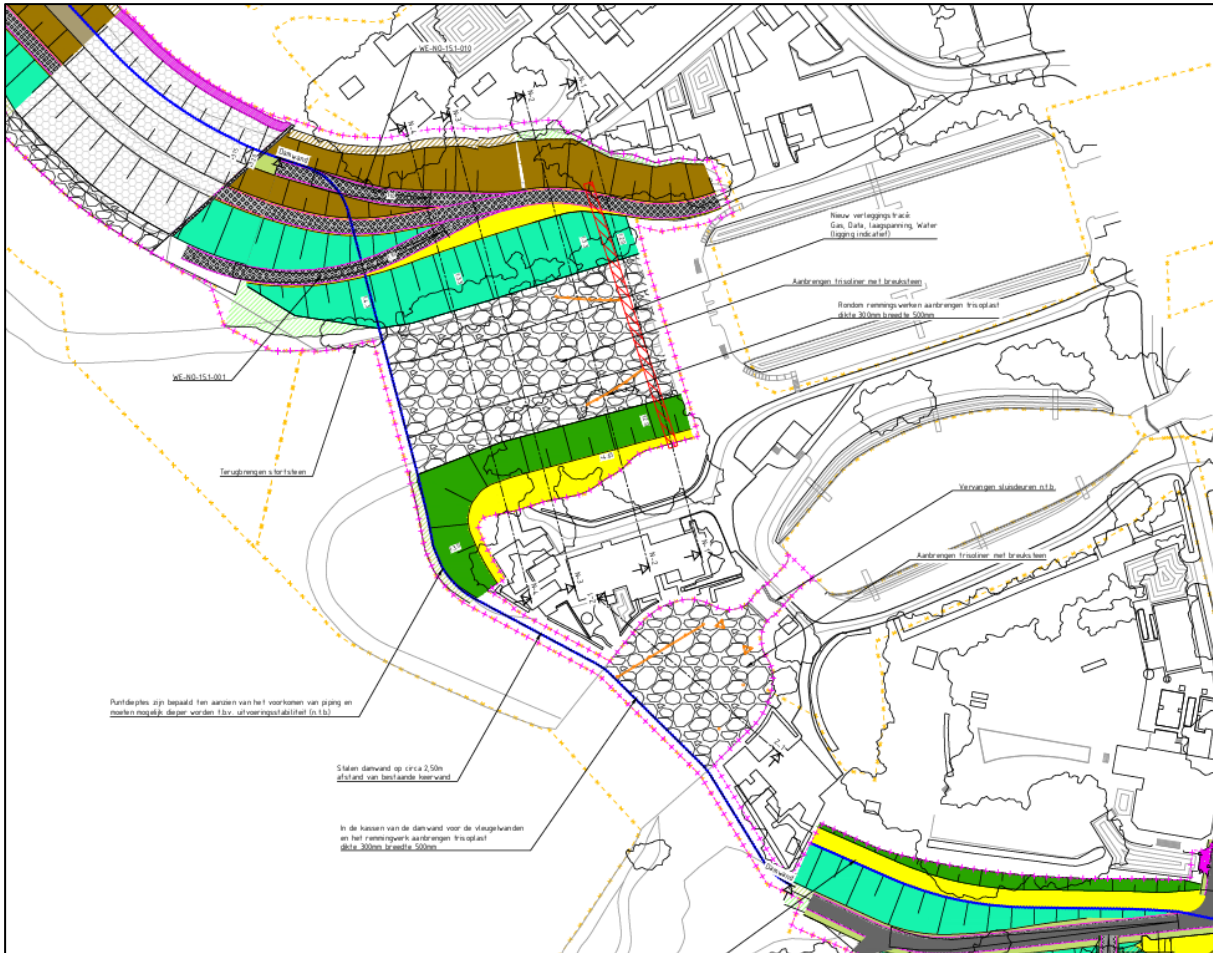


in o.a. sondering S53Y-44.6C S53Y-44.85C en boring HB53-44.80C. Daaruit blijkt dat de dijk tot de verkende diepte (NAP -10 m) bestaat uit zand. Door de zandige bodemopbouw onder de dijk kan het grondwater ruim onder de damwand doorstromen. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.



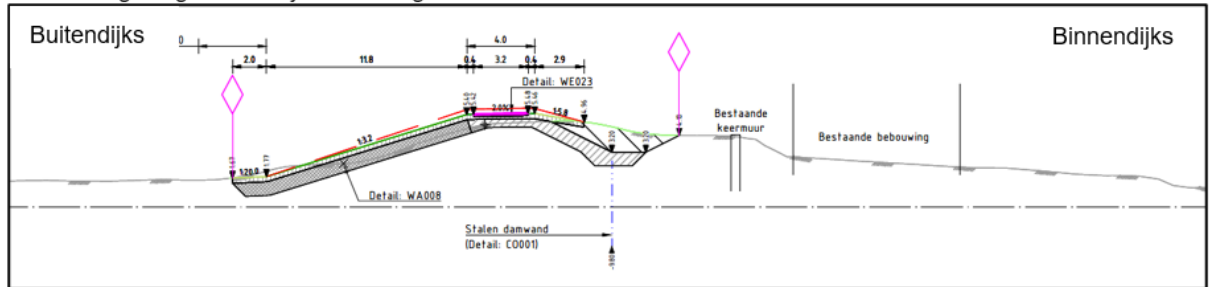
Afbeelding 5.28 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 44,8).

In Afbeelding 5.29 is de situatie ter plaatse van het Katerveercomplex (km 45,2 – 45,5) weergegeven. Te zien is dat op deze locatie een (ondoorlatend) kwelscherm wordt geplaatst aan de buitenzijde. Daarnaast wordt de bodem tussen het kwelscherm en het Katerveercomplex ondoorlatend gemaakt door de toepassing van Trisoplast. De onderzijde van het toe te passen kwelscherm varieert. Deze heeft een onderzijde van NAP -8,0 m net ten zuiden van het Katerveercomplex, Een onderzijde van NAP -12,5 m ter plaatse van de voorhavensluis. De onderzijde is minder diep ter plaatse van het sluiseiland en de uitstroomzijde van het gemaal (NAP -7,0 à -8,0 m). Ten noorden van het Katerveercomplex ligt de onderzijde van de damwand op ca. NAP -4,0 m. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering S53-45.29A ter plaatse van de voorhavensluis. Daaruit blijkt dat de bodem rondom de voorhavensluis vanaf de waterbodem bestaat uit een zandlaag tot NAP -10 m, daarna volgt een kleilaag. Het kwelscherm komt hier tot NAP -15 m, de zandlaag wordt daarmee afgesloten. De bodem ter plaatse van de uitstroomzijde van het gemaal is onderzocht met sondering S53-45.34A. Daaruit blijkt dat de bodem rondom de voorhavensluis vanaf de waterbodem bestaat uit een zandlaag tot NAP -17 m, daarna volgt een kleilaag. Het kwelscherm komt hier tot NAP -15 m, de zandlaag wordt daarmee bijna afgesloten. Op deze locatie is dus een sterk variërende bodemopbouw en variërend ontwerp, daardoor worden twee verschillende effecten verwacht. Direct achter de dijk ligt de rest van het sluiscomplex. Dit bestaat uit onder andere de sluisolk, maalkolk van het gemaal en de Willemsvaart. Dit zijn oppervlaktewaterlichamen met een grote diepte en breedte. Daarmee hebben deze een aanzienlijk effect op de grondwaterstanden. Effecten op de grondwaterstanden worden dan ook plaatselijk verwacht rondom de kwelschermen van de voorhavensluis, deze nemen sterk af rondom de oppervlakte waterlichamen.



Afbeelding 5.29 Dijkontwerp ter plaatse van het Katerveercomplex (km 45,2 – 45,5).

In Afbeelding 5.30 is de situatie ter plaatse van km 45,9 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan de rivierzijde plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van het binnentalud een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -9,8 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering DKMP53-44,90C, S53Y-45,85C en boring HB53-45.88D. Daaruit blijkt dat de dijk tot ca. NAP -3 m bestaat uit klei, daaronder volgt een zandlaag tot de verkende diepte (NAP -24 m). De damwand zorgt ervoor dat grondwater moeizaam door de dijk kan stromen, vanwege de lage doorlatendheid van de afwisselende kleilagen heeft dit een geringe impact op de geohydrologie. Door de zandige bodemopbouw onder de dijk kan het grondwater ruim onder de damwand doorstromen. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.

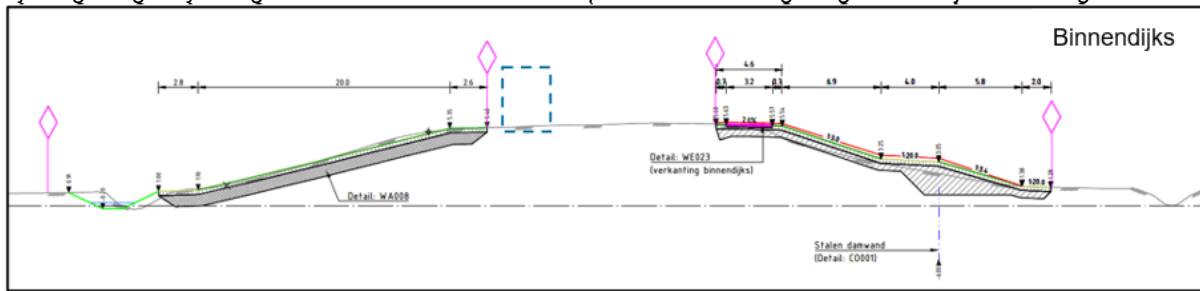


Afbeelding 5.30 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 45,9).

In Afbeelding 5.31 is de situatie ter plaatse van km 46,2 weergegeven. Te zien is dat op deze locatie het grondverzet aan weerszijden van de dijk plaatsvindt. Daarnaast wordt ter plaatse van de binnenteen een damwand geplaatst. De damwand wordt tot een diepte van ca. NAP -6,0 m aangebracht. De bodemopbouw op deze locatie is onderzocht in o.a. sondering S53Y-46.1C en boring THB53-46.17BC en B68. Daaruit blijkt dat de dijk tot ca. NAP +1 m bestaat uit klei, daaronder ligt een zandlaag tot de verkende diepte (NAP -10 m). De damwand zorgt ervoor dat grondwater moeizaam door de dijk kan stromen, vanwege de lage doorlatendheid van de klei en de locatie van



de damwand (binnenteen met een bovenzijde van ca. NAP +2 m) heeft dit een geringe impact op de geohydrologie. Door de zandige bodemopbouw onder de dijk kan het grondwater ruim onder de damwand doorstromen. Daardoor zijn er geen geohydrologische effecten te verwachten op deze locatie als gevolg van de dijkversterking.



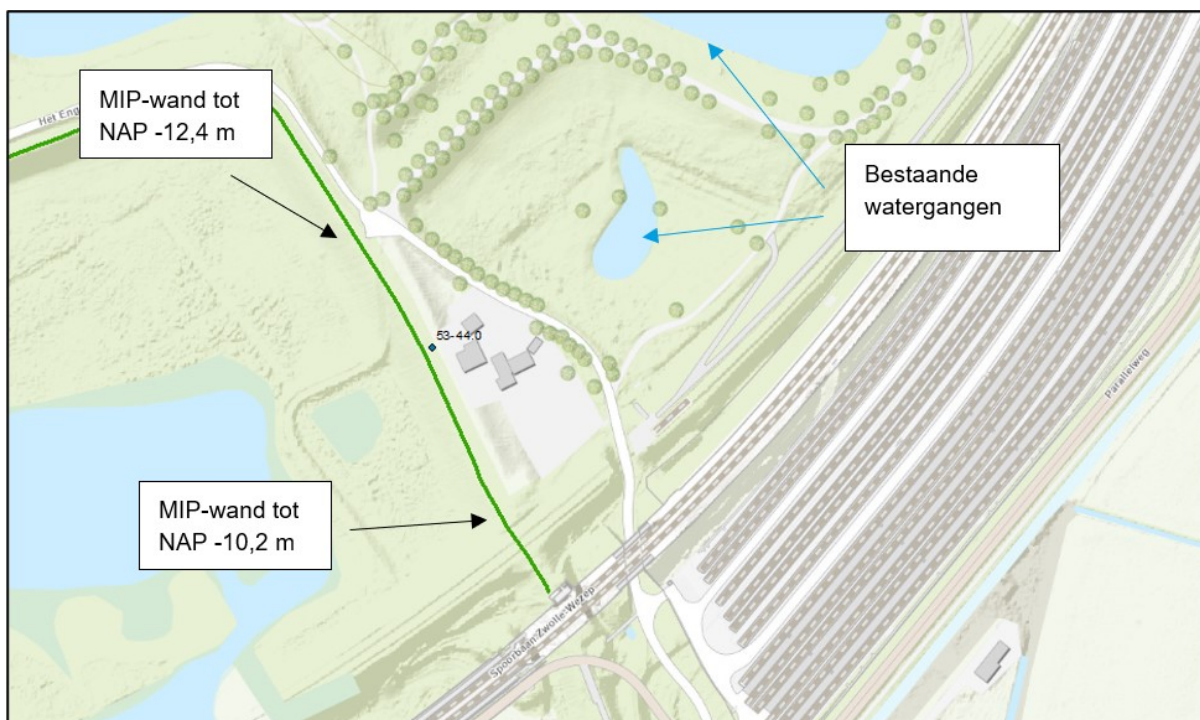
Afbeelding 5.31 Dijkontwerp ter plaatse van woning op korte afstand van de dijk (km 46,2, locatie bebouwing is omlijnd).

Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op het bebouwde gebied – effect woning NO-2

In deelgebied NO-2 omvat op het traject km 43,9 - 44,5 het dijkversterkingsontwerp een verticaal ondoorlatend pipingscherm. Deze heeft een puntdiepte van ca. NAP -10,2 à -12,4 m. Op basis van de sonderingen S53-43.95C en S53-44.05C strekt het watervoerende pakket zit uit tot voorbij de verkende diepte (dieper dan NP -20 m). Op basis van diepe boringen in dinoloket heeft het watervoerende pakket een dikte van 80 m of meer met lokaal een storende laag (TNO-boring B21G1026 en B21G1100). Dit betekent dat de ondoorlatende pipingoplossing de watervoerende laag niet afsluit, maar een deel van de grondwaterstroom hindert. Daardoor is er enig effect berekend op de grondwaterstroming.

In het natte seizoen stroomt grondwater vanaf de rivier naar de polder (1x per jaar waterstand IJssel nabij Zwolle NAP +2,35 m, winterpeil NAP -0,2 m). Indien dit wordt tegengehouden door de verticale constructie, leidt dit tot een afname van grondwateroverlast. In het droge seizoen stroomt ook water vanaf de rivier naar de polder (OLA waterstand nabij Zwolle NAP -0,05 m, zomerpeil NAP -0,2 m). Indien dit wordt tegengehouden, kan dat leiden tot een verlaging van de grondwaterstand in het droge seizoen. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van geohydrologische berekeningen opgenomen. Die laten zien dat rondom de woningen achter de dijk (nabij Nilantsweg) een stijghoogteverlaging van 0,15 à 0,25 m in de winter is berekend. Voor het droge seizoen is een verlaging van 0,10 à 0,15 m berekend.

In Tabel 3.9 is de maatlat voor het beoordelingscriterium grondwaterkwantiteit in het bebouwde gebied gegeven. Daarin wordt bij een grondwaterstandsvaling aan de daling van de grondwaterstand in een droge periode voor zettingsgevoelige gebieden. Op basis van de berekende resultaten blijkt dat er sprake is van enige daling van de stijghoogte in een droge periode. Het effect op de freatische grondwaterstand is indirect, dit wordt onder andere bepaald door de aanwezigheid van oppervlaktewater. De ligging van de damwand, bebouwing en aanwezig oppervlaktewater is weergegeven in Afbeelding 5.32. Te zien is dat de afstand tussen de bebouwing en het oppervlaktewater varieert (minimale afstand 40 m, maximale afstand ca. 150 m). Daarmee kan niet alle invloed op voorhand worden uitgesloten. Derhalve is getoetst of de ondergrond zettingsgevoelig is.



Afbeelding 5.32 Dijktraject NO-2 ligging bebouwing, nabij oppervlaktewater en voorgenomen MIP-wand.

De zettingsgevoeligheid van de ondergrond is bepaald op basis van de bodemopbouw. De locatie heeft een maaiveldverloop van NAP +3,0 m voor de bebouwing nabij de dijk tot ca. +2,0 m bij het achterste bebouwing. De bodem bestaat conform sondering DKMP53-44.00C, boring HB53-44.00C, THB53-44.00CD-1, THB53-44.00CD-2. Daaruit volgt dat de bodem/dijk bestaat uit een afdeklaag van klei (tot NAP +3,58 m in THB53-44.00CD-2). Daaronder ligt (antropogeen) zand tot NAP +1,03 m (conform HB53-44.00C), dan meerdere decimeters klei tot NAP +0,33 m (conform HB53-44.00C). Daarna volgen enkele decimeters zand tot NAP -1,00 m (DKMP53-44.00C). De volgende laag is een kleilaag met als onderzijde NAP -1,2 tot -3,5 m (DKMP53-44.00C).

Het deel van deze klei onder de GLG kan door veranderingen van de grondwaterstand onderhevig zijn aan zettingen. Het zomerpeil op deze locatie ligt op NAP -0,20 m. De delen op afstand van de watergangen hebben in het droge seizoen een lagere grondwaterstand. Hier is uitgegaan van een GLG van NAP -0,3 m. Zettingen als gevolg van de veranderende grondwaterstand kunnen optreden in de kleilagen tussen ca. NAP -1,2 en -3,5 m. Deze kleilagen hebben in de sondering een weerstand van ca. 0,6 MPa en een wrijvingsgetal van 2 à 3%, dit komt overeen met de grondsoort "klei, zwak zandig, slap" in NEN9997-1. Deze kleilagen zijn zettingsgevoelig.

Er is een verkennende zettingsberekening uitgevoerd. Daarbij zijn de zettingsparameters overgenomen uit NEN9997-1. Er is uitgegaan van een POP-waarde van 5 kPa, de verhouding tussen c'_p en c_p is aangehouden op een factor 3. Uit de analyse volgt dat na 30 jaar (10.000 dagen) een freatische en stijghoogte verlaging van 0,15 m bij deze ondergrond leidt tot verwaarloosbare zettingen (ca. 2 mm). De locatie is derhalve beoordeeld als niet zettingsgevoelig. Effecten zijn derhalve uit te sluiten.

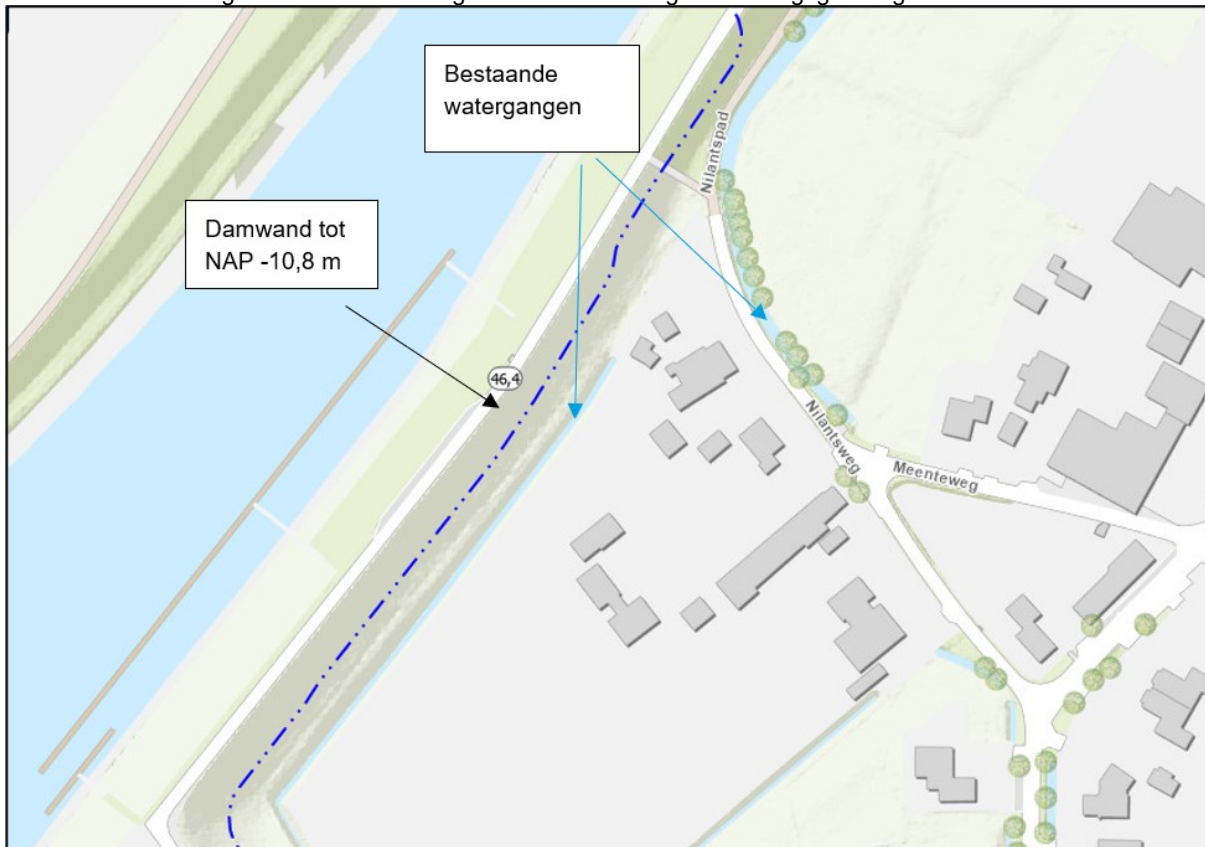
Module NO-1 t/m NO-3 – effecten op het bebouwde gebied – effect woning NO-3

In deelgebied NO-3 omvat op het traject km 46,2 - 46,5 het dijkversterkingsontwerp een verticaal ondoorlatend pipingscherm. Deze heeft een puntdiepte van ca. NAP -10,8 m. Op basis van de sonderingen DKMP53-46.47C, DKM53-46.50C en DKMP53-46.47C bevindt zich op een diepte van ca. NAP -10 m een scheidende laag in het watervoerend pakket. Dit betekent dat de ondoorlatende pipingoplossing de eerste watervoerende laag afsluit. Daardoor is er een effect op de grondwaterstroming.

In het natte seizoen stroomt grondwater vanaf de rivier naar de polder (1x per jaar waterstand IJssel nabij Zwolle NAP +2,35 m, winterpeil NAP -0,2 m). Indien dit wordt tegengehouden door de verticale constructie, leidt dit tot een afname van grondwateroverlast. In het droge seizoen stroomt ook water vanaf de rivier naar de polder (OLA waterstand nabij Zwolle NAP -0,05 m, zomerpeil NAP -0,2 m). Indien dit wordt tegengehouden, kan dat leiden tot een verlaging van de grondwaterstand in het droge seizoen. In bijlage 1 en 2 zijn de resultaten van

geohydrologische berekeningen opgenomen. Die laten zien dat rondom de woningen achter de dijk (nabij Nilantsweg) een stijghoogteverlaging van 0,05 à 0,10 m is berekend.

In Tabel 3.9 is de maatlat voor het beoordelingscriterium grondwaterkwantiteit in het bebouwde gebied gegeven. Daarin wordt bij een grondwaterstands daling aan de daling van de grondwaterstand in een droge periode voor zettingsgevoelige gebieden. Op basis van de berekende resultaten blijkt dat er sprake is van enige daling van de stijghoogte in een droge periode. Het effect op de freatische grondwaterstand is indirect, dit wordt onder andere bepaald door de aanwezigheid van oppervlaktewater. De ligging van de damwand, bebouwing en aanwezig oppervlaktewater is weergegeven in Afbeelding 5.33. Te zien is dat de afstand tussen de bebouwing en het oppervlaktewater varieert (minimale afstand 5 m, maximale afstand ca. 6 m). Daarmee kan niet alle invloed op voorhand worden uitgesloten. Derhalve is getoetst of de ondergrond zettingsgevoelig is.



Afbeelding 5.33 Dijktraject NO-3 ligging bebouwing, nabij oppervlaktewater en voorgenomen damwand.

De zettingsgevoeligheid van de ondergrond is bepaald op basis van de bodemopbouw. De ondergrond bestaat conform boring HB53-46.38E, HB53-46.43E en HB53-46.47E vanaf NAP +1,46 tot -0,74 m uit klei. Het deel van deze klei onder de GLG kan door veranderingen van de grondwaterstand onderhevig zijn aan zettingen. Het zomerpeil op deze locatie ligt op NAP -0,20 m. De delen op afstand van de watergangen hebben in het droge seizoen een lagere grondwaterstand. Hier is uitgegaan van een GLG van NAP -0,3 m. Dit is een worst-case aanname²¹. Zettingen als gevolg van de veranderende grondwaterstand kunnen optreden in de kleilagen tussen ca. NAP -0,3 en -0,74 m. Deze kleilaag is omschreven als “Klei, vast” of als “klei, matig vast, sterk zandig”. Deze kleilagen zijn beperkt zettingsgevoelig.

Er is een verkennende zettingsberekening uitgevoerd. Daarbij zijn de zettingsparameters overgenomen uit NEN9997-1. Er is uitgegaan van een POP-waarde van 5 kPa, de verhouding tussen c'_p en c_p is aangehouden op een factor 3. Uit de analyse volgt dat na 30 jaar (10.000 dagen) een stijghoogte verlaging van 0,1 m bij deze

²¹ Een andere benadering voor de GLG, is niet op basis van het polderpeil, maar op basis van het maaiveld van de omliggende percelen en de bodemkaart. Deze eerste bron geeft een maaiveld van NAP +1,3 m. De bodemkaart geeft grondwatertrap VII, daarbij is de GLG 1,8 m-mv of lager, dus NAP -0,5 m of lager. Alleen lagen die normaliter onder de grondwaterstand liggen kunnen verdrogen. Het kiezen van een hoge waarde van de GLG leidt er toe dat er een groter kleipakket wordt meegenomen in de analyse. Daarmee is het kiezen van een hoge waarde voor de GLG worst-case benadering.

ondergrond leidt tot verwaarloosbare zettingen (< 1 mm). De locatie is derhalve beoordeeld als niet zettingsgevoelig. Effecten zijn derhalve uit te sluiten.

5.4.2 Effectbeoordeling - grondwaterkwantiteit

Binnen het project zijn effecten beschouwd voor landbouwgebieden, natuurgebieden, bebouwde gebieden en grondwaterwinning. Binnen het ontwerp is gebruik gemaakt van technieken die de grondwaterkwantiteit niet beïnvloeden, zoals doorlatende technieken als het VZG. Lokaal zijn ondoorlatende technieken aanwezig, zoals een stalen damwand of MIP-wand. Hiervan is een effectbeschouwing gemaakt.

Het onderdeel grondwaterkwantiteit scoort als geheel neutraal (0). Dit bestaat uit deelscores voor effecten op landbouw (0), natuur (0), bebouwing (0) en drinkwaterwinningen (0). Effecten op landbouw (0) zijn neutraal. Voor landbouw zijn resultaten berekend die variëren van locatie tot locatie. De voornaamste effecten zijn bepaald tussen km 30.0 en 33.0. De voornaamste toename van wateroverlast treedt op als gevolg van dijkverlegging Paddenpol. Dit gebied is vanwege de hoge natuurlijke grondwaterstanden, dikke kleilagen en hoge ligging ten opzichte van het polderpeil slechts beperkt kwetsbaar voor wateroverlast ten gevolge van kwel. Effecten op natuur zijn neutraal (0) omdat verwaarloosbare veranderingen van de grondwaterstand ter plaatse van natuurgebieden zijn berekend. Wel is een afname van de kwel berekend nabij Tichelgaten, deze afname is geringer dan 5% en leidt daarom niet tot een negatieve beoordeling. Effecten op bebouwing zijn neutraal (0) omdat de verandering van de grondwaterstanden op veel locaties verwaarloosbaar zijn. Op locaties waar dit niet verwaarloosbaar is, is beschouwd of dit leidt tot knelpunten. Wanneer deze knelpunten verwacht worden, zijn ontwerpaanpassingen doorgevoerd (zoals klei op de bodem van de nevengeul bij Paddenpol). Deze ontwerpaanpassingen nemen de knelpunten weg. Effecten op drinkwaterwinningen zijn neutraal (0) omdat de drinkwaterwinningen op een veel grotere diepte plaatsvinden dan de ingrepen van de dijkversterking. Daardoor kunnen effecten worden uitgesloten.



6. Effecten aanlegfase

6.1 Oppervlaktewaterkwaliteit

6.1.1 Effectbeschrijving

Voor de aanlegfase geldt bij dit aspect hetzelfde als voor de gebruiksfase. Binnen het ontwerp is gekozen om te werken met alleen materiaal dat voldoet aan het Besluit Bodemkwaliteit. Het grootste deel van het grondverzet bestaat uit zand en klei. Bij lozingen wordt voldaan aan het Besluit Lozen Buiten Inrichtingen. Negatieve effecten op het vlak van grondwaterkwaliteit of oppervlaktewaterkwaliteit worden dan voor dit onderdeel op voorhand uitgesloten.

6.1.2 Effectbeoordeling

Binnen het project zijn geen significante veranderingen op de oppervlaktewaterkwaliteit binnendijks. De effectbeoordeling krijgt derhalve de score neutraal (0).

6.2 Oppervlaktewaterkwantiteit

6.2.1 Effectbeschrijving

In de aanlegfase worden werkwegen aangelegd ter plaatse van de dijk. Deze omvatten tijdelijk ruimtebeslag dat over oppervlaktewater heengaat. Ter plaatse van hoofdwatgangen wordt dit zo ingericht dat de afvoer van water kan blijven functioneren. Dit bestaat uit het gebruik van duikers met voldoende afmeting, of een omleiding van het water.

6.2.2 Effectbeoordeling

Er zijn geen significante veranderingen op de oppervlaktewaterkwantiteit. De effectbeoordeling krijgt derhalve de score neutraal (0).

6.3 Grondwaterkwaliteit

6.3.1 Effectbeschrijving

Voor de aanlegfase geldt bij dit aspect hetzelfde als voor de gebruiksfase. Binnen het ontwerp is gekozen om te werken met alleen materiaal dat voldoet aan het Besluit Bodemkwaliteit. Het grootste deel van het grondverzet bestaat uit zand en klei. Bij lozingen wordt voldaan aan de waterschapsverordening (voormalig Besluit Lozen Buiten Inrichtingen). Negatieve effecten op het vlak van grondwaterkwaliteit of oppervlaktewaterkwaliteit worden dan voor dit onderdeel op voorhand uitgesloten.

Uitzondering op bovenstaande zijn tijdelijke bemalingen, deze kunnen leiden tot verplaatsingen van bestaande verontreinigingen. Voor alle bemalingen dient in het kader van de Omgevingswet vergunning te worden aangevraagd of geldt een informatieplicht²².

Bemalingen met een geringe verlaging hebben weinig invloed op de omgeving, of zijn eenvoudig mitigeerbaar. In deze MER-studie is gekeken naar grote bemalingen die mogelijk grote effecten hebben. De meeste effecten, zoals zettingen of droogte schade, kunnen optreden wanneer er in een groot gebied gedurende een lange periode dieper wordt verlaagd dan de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Deze grondwaterstand varieert per locatie, deze worden gemonitord in diverse peilbuizen (Wiertsema & Partners, 2017). In Tabel 6.1 zijn enkele gegevens van deze peilbuizen weergegeven. Te zien is dat de GLG in het gebied varieert tussen de 1,1 en 1,9 m-mv.

²² In de waterwet is geregeld dat of een vergunning aangevraagd moet worden, of dat een melding gedaan moet worden. Met de invoering van de Omgevingswet is het begrip "melding" aangepast naar "informatieplicht".



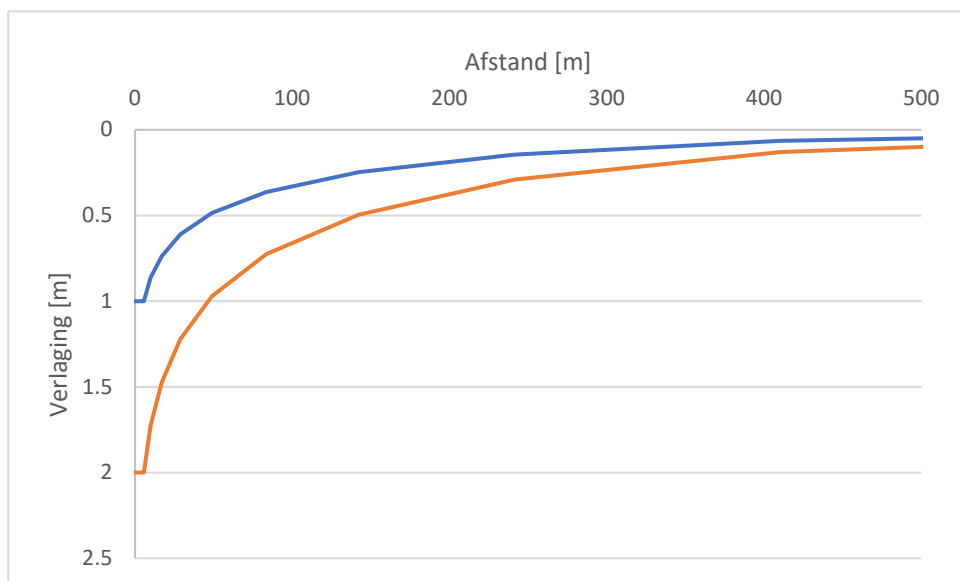
Ontgravingen tot deze diepte hebben in het droge seizoen geheel geen bemaling nodig. Op veel locaties is een deklaag aanwezig die enkel meters dik is. Op die locaties kan worden tot dieper dan bovengenoemde waarden voordat er bemaling nodig is (ter voorkoming van opbarsten van de putbodem²³). Bij een kortdurende verlaging van 0,5 m of minder gedurende een korte periode kunnen noemenswaardige effecten op onderwerpen, zoals zettingen of landbouwschade, vaak worden uitgesloten. De verlaging op afstand is geringer dan de verlaging ter plaatse van de werkzaamheden een voorbeeld daarvan is gegeven in Afbeelding 6.1. Daaruit blijkt dat bij een afstand van 50 m tussen de werkzaamheden en kwetsbare objecten een verlaging van 1,0 m ter plaatse van de werkzaamheden acceptabel is. Indien lokaal onderzoek wordt gedaan of mitigerende maatregelen worden toegepast kunnen ook bij grotere verlagingen effecten worden uitgesloten.

Peilbuis	GLG [m+NAP]	Maaiveld buitendijks [m+NAP]	Maaiveld binnendijks [m+NAP]
B53Y-21.0C	+1,9	+3,2	+3,2
B53Y-31,15C	+0,6	+2,5	+2,5
B53Y-46.1C	+0,0	+1,1	+1,2

Tabel 6.1 Kentallen van enkele peilbuizen op het traject Zwolle-Olst.

²³ Nabij peilbuis B53Y-46.1C ligt de GLG het dichtst aan het maaiveld. Op deze locatie kan tot ca. 1,7 m-mv worden ontgraven voordat de stijghoogte verlaagd moet worden ten opzichte van de GLG uitgaande van onderzoekspunt S53-46.05D en een rekenwaarde van 15 kN/m³ voor het volumegewicht van de deklaag.





Afbeelding 6.1 Typisch verloop van de grondwaterstand rondom een bouwput bemaling ²⁴.

In deze MER-studie is daarom alleen gekeken naar ontgravingen dieper dan 3 m-mv. Bij dergelijke ontgravingen wordt noemenswaardig verlaagd beneden de GLG en kunnen effecten op afstand niet op voorhand worden uitgesloten.

Tussen km 41.8 en 45.5 is het grondwaterbeschermingsgebied Engelse Werk aanwezig. Op dit deel zijn geen grote bemalingen voorgenomen. Indien deze wel zijn voorgenomen, dan zijn in de Omgevingsverordening van Provincie Overijssel kaders en voorwaarden opgenomen. Deze kaders worden gerespecteerd.

In paragraaf 5.3 zijn de voornaamste verontreinigingen benoemd. Er komen geen ontgravingen voor dieper dan 3 m-mv nabij deze verontreinigingen. Effecten kunnen derhalve op voorhand worden uitgesloten. Uitzondering op bovenstaande is Tichelgaten A5, deze is hieronder beschreven.

Module MZ-3 – Tichelgaten A5

De locatie Tichelgaten A5 is reeds beschreven in paragraaf 5.3.1. Op deze locatie wordt een nevengeul met een kleilaag op de bodem gerealiseerd. Voor de uitvoeringsfase is tijdelijke bemaling voorgenomen. Omdat de locatie van de nevengeul nagenoeg ter plaatse van deze locatie ligt, kunnen effecten niet op voorhand worden uitgesloten. Het beschikbare milieukundig onderzoek is verouderd (2002 en ouder), voor deze locatie wordt nog milieukundig onderzoek uitgevoerd. Op basis van de uitkomsten van het milieukundig onderzoek zijn de volgende opties mogelijk:

Optie 1: er is geen sprake meer van een verontreiniging, in dit geval kunnen effecten op de grondwaterkwaliteit worden uitgesloten.

Optie 2: er is nog wel sprake van een grondwaterverontreiniging, in dit geval wordt er gewerkt op basis van een saneringsplan. Hierbij wordt verontreinigde grond ter plaatse van de werkzaamheden afgegraven en afgevoerd. Eventuele grondwaterverontreiniging bestaat uit verhoogde gehalten barium, zink en arseen. De verwachting is dat deze stoffen vooral aanwezig zijn rondom de stortlocatie, dus in de kleiige deklaag en niet zozeer in de diepere grove zandlaag. Er wordt bemaling geplaatst in de verontreiniging, daardoor wordt deze onttrokken en verplaatst niet buiten de eventuele verontreinigingscontour. De bemaling die geplaatst wordt in de verontreiniging heeft daarmee een beperkt debiet, waardoor dit geloosd kan worden na zuivering. In dit geval wordt de grondwaterkwaliteit van de omgeving verbeterd. Negatieve effecten op de grondwaterkwaliteit kunnen daarmee uitgesloten.

²⁴ Onderliggende aannames bij deze berekeningen zijn de volgende: rekenwijze aan de hand van Theis-Hantush voor niet-stationaire bemalingen die een evenwichtssituatie kunnen bereiken. Daarbij is uitgegaan van een verlaging van 1 à 2 m ter plaatse van de bouwput, bouwput afmetingen van 10x10m, een gebiedsdekkende drainageweerstand van 250 dagen, een kD-waarde van 500 m²/dag in verband met onvolkomen bemaling. Een waarde voor de bergingscoëfficiënt van 0,1 overeenkomend met semi-spanningsbemaling en een bemalingsduur van 30 dagen.



6.3.2 Effectbeoordeling

Er zijn geen significante veranderingen op de grondwaterkwaliteit. De effectbeoordeling krijgt derhalve de score neutraal (0).

6.4 Grondwaterkwantiteit

6.4.1 Effectbeschrijving

Binnen het ontwerp zijn generieke keuzes gemaakt. Daarnaast zijn locatie specifieke keuzes gemaakt.

Het overgrote deel van de werkzaamheden rondom dijkversterkingen worden uitgevoerd zonder tijdelijke invloed op de grondwaterstand, denk bijvoorbeeld aan ophogingen, aanbrengen van kleilagen, plaatsen verticale constructies.

In deze MER-studie is daarom alleen gekeken naar ontgravingen dieper dan 3 m-mv. Een toelichting hiervan is gegeven in paragraaf 6.3 grondwaterkwaliteit.

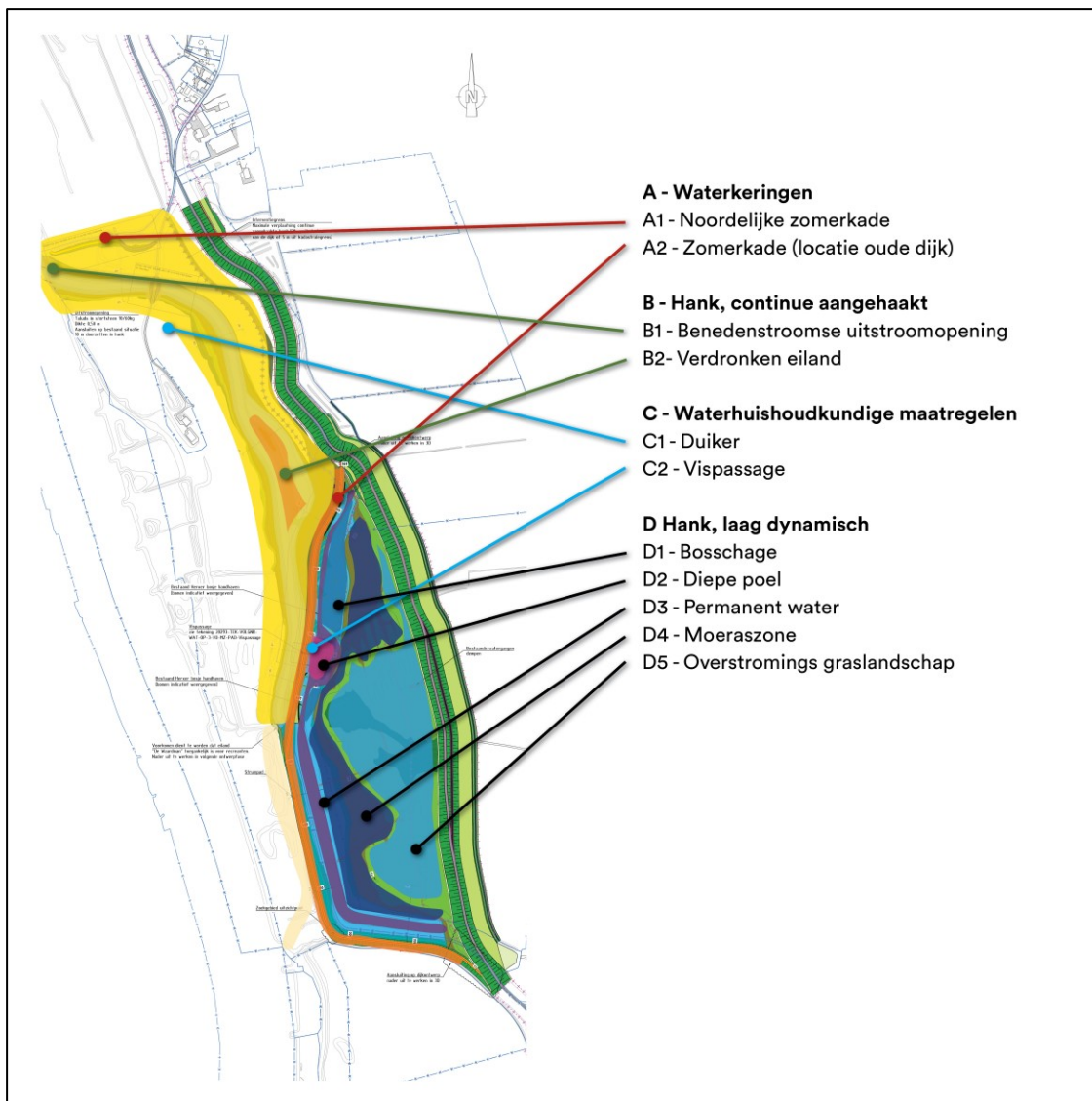
Een voornaam aandachtspunt bij de uitvoering zijn het aantal werkbare dagen. Dit betreft met name de werkzaamheden aan de buitenzijde van de dijk, aangezien hier de werkbaarheid wordt ingekort door de variërende waterstanden op de rivier waarbij (een deel van) de uiterwaarden onderwater komen. Hiervoor worden tijdelijke maatregelen overwogen. Een van deze tijdelijke maatregelen zou een hoogwaterrug in combinatie met een werkweg kunnen zijn. De hoogwaterrug beschermt de werkweg tegen overstromen. Om de werkweg begaanbaar te houden dient ook kwel direct achter de hoogwaterrug afgevangen te worden. Daarvoor wordt een ontwatering/drainage overwogen die actief is tijdens hoogwater. Daardoor is mogelijk sprake van een bemaling die aanwezig is over een aanzienlijk gebied (lengte van de dijkversterking). De hoogwaterrug wordt ondervangen in een separate vergunning die buiten deze MER valt. Wel is hier gekeken naar cumulatieve effecten. Omdat de drainage bij de werkweg niet noodzakelijk is in droge periode, kunnen verdrogingseffecten worden uitgesloten. De drainage leidt (sowieso) niet tot vernatting. Daarmee zijn cumulatieve verdroging of vernattingseffecten hiervan uit te sluiten.

Module MZ-2 – Dijkverlegging Paddenpol

Bij dijkverlegging Paddenpol komt een extra gebied buitendijks te liggen. Dit gebied wordt ingericht, deze inrichting is weergegeven in Afbeelding 6.3. Daarbij wordt een laag dynamische Hank aangelegd. Deze omvat de “diepe poel”. Deze wordt dermate diep aangelegd dat deze permanent water heeft. De bodemhoogte ligt op NAP -2,00 m. Daaronder wordt een water ondoorlatende laag aangebracht van ca. 0,3 m dik. Het omliggende maaiveld ligt op ca. NAP +2,00 m, daarmee is de ontgravingsdiepte ca. 4,3 m. De uitvoeringswijze hiervan is of in den natte (zonder bemaling), hiervoor bestaan realistische opties. Of de uitvoeringswijze is in den droge (met bemaling) indien nader onderzoek (bemalingsadvies) aantoont dat dit zonder negatieve effecten uitgevoerd kan worden. Ook deze optie is realistisch aangezien de nabije omgeving wordt heringericht. Afstand tot bestaande objecten (woningen) is daarmee enkele honderden meters, dit geeft afdoende mogelijkheid voor inpassing van eventuele mitigerende maatregelen. Effecten van deze ontgraving kunnen dan ook op voorhand worden uitgesloten of zijn afdoende mitigeerbaar.

Ten behoeve van de dijkverlegging wordt een nieuwe dijk aangelegd. Deze komt op een locatie waar de ondergrond bestaat uit zettingsgevoelige ondergrond. Ten einde de zettingen te versnellen en de uitvoeringsstabiliteit te borgen wordt een grondverbetering uitgevoerd. Deze is weergegeven in Afbeelding 6.2. Ten tijde van schrijven is het voornemen om de grondverbetering in den droge uit te voeren. Dit leidt tot een bemaling met mogelijke effecten in de omgeving. Of deze bemaling uitvoerbaar is zonder risico op de omgeving wordt onderzocht in OL3. Indien de risico's onacceptabel blijken, dan wordt teruggevallen op een uitvoeringswijze met minder risico's. Een voorbeeld daarvan is uitvoeringswijze waarbij de grondverbetering minder diep wordt toegepast.





Afbeelding 6.3 Onderdelen buitendijkse inrichting Paddenpol.

6.4.2 Effectbeoordeling

Er zijn geen significante veranderingen of effecten op de grondwaterkwantiteit. Indien deze er wel zijn, dan worden of mitigerende maatregelen ingezet, of wordt gekozen voor een alternatieve uitvoeringswijze. De effectbeoordeling krijgt derhalve de score neutraal (0).

7. Overzicht effecten water

Er is gekeken naar de effecten in de gebruiksfase en de aanlegfase. Daarbij is gelet op grondwater en oppervlaktewater, de kwantiteit en de kwaliteit. Deze zaken zijn kwalitatief en kwantitatief beoordeeld. De conclusie is dat de effecten van de dijkversterking op de omgeving of geen significante effecten heeft, of effecten heeft die in het ontwerp gemitigeerd zijn. Daardoor is de score op alle vlakken neutraal. Deze resultaten zijn weergegeven in Tabel 7.1 en Tabel 7.2.

7.1 Gebruiksfase

Tabel 7.1 toont een overzicht van de effecten in de gebruiksfase op het thema Water.

Het onderdeel oppervlaktewaterkwaliteit scoort neutraal (0). Er wordt gewerkt volgens de vigerende regelgeving rondom het Besluit Bodemkwaliteit en de waterschapsverordening (voormalig Besluit Lozen Buiten Inrichtingen), daarmee kan een achteruitgang van de oppervlaktewaterkwaliteit worden uitgesloten. Daarnaast zijn geen maatregelen voorzien die de waterkwaliteit verbeteren, een vooruitgang van de oppervlaktewaterkwaliteit is daarmee niet het doel van dit project.

Het onderdeel oppervlaktewaterkwantiteit scoort neutraal (0). Binnen het project zijn geen significante veranderingen op de waterkwantiteit. Ingrepen zijn vooral gericht op het behoud van het bestaande watersysteem. Er zijn lichte positieve effecten te verwachten in het geval van afvoersituaties (extreme neerslag) als gevolg van het leggen van onderhoudspaden op één oor en de dijkverlegging Paddenpol. Netto is er sprake van een afname van verhard oppervlak (2.824 m²) en een afname van onverhard oppervlak (150.120 m²). Er zijn geen knelpunten bekend op het vlak van afvoersituaties met extreme neerslag, daarom is dit onderdeel niet meegewogen in de score van dit onderdeel.

Het onderdeel grondwaterkwaliteit scoort neutraal (0). Nabij het project zijn meerdere bekende locaties met verontreinigingen aanwezig. Negatieve invloed van de werkzaamheden op deze verontreinigingen kunnen worden uitgesloten. Ter plaatse van de drinkwaterwinning Engelse Werk is een verontreiniging aanwezig op een diepte van 90 m-mv. De maatregelen van de dijkversterking vinden plaats op een veel ondiepere schaal, daardoor zijn effecten uit te sluiten.

Het onderdeel grondwaterkwantiteit scoort neutraal (0). Dit bestaat uit deelscores voor effecten op landbouw (0), natuur (0), bebouwing (0) en drinkwaterwinningen (0). Effecten op landbouw (0) zijn neutraal. Voor landbouw zijn resultaten berekend die variëren van locatie tot locatie. De voornaamste effecten zijn bepaald tussen km 30.0 en 33.0. De voornaamste toename van wateroverlast treedt op als gevolg van dijkverlegging Paddenpol. Dit gebied is vanwege de dikke kleilagen en hoge ligging ten opzichte van het polderpeil slechts beperkt kwetsbaar voor wateroverlast ten gevolge van kwel. Wanneer de perceelstoten en begreppeling gelijke afmetingen krijgt als in de percelen die nu achter de dijk liggen, zijn effecten uit te sluiten. Effecten op natuur zijn neutraal (0) omdat verwaarloosbare veranderingen van de grondwaterstand ter plaatse van natuurgebieden zijn berekend. Wel is een afname van de kwelberekend nabij Tichelgaten, deze afname is geringer dan 5% en leidt daarom niet tot een negatieve beoordeling. Effecten op bebouwing zijn neutraal (0) omdat de verandering van de grondwaterstanden op veel locaties verwaarloosbaar zijn. Op locaties waar dit niet verwaarloosbaar is, is beschouwd of dit leidt tot knelpunten. Wanneer deze knelpunten verwacht worden, zijn ontwerpaanpassingen doorgevoerd. Deze ontwerpaanpassingen nemen de knelpunten weg. Effecten op drinkwaterwinningen zijn neutraal (0) omdat de drinkwaterwinningen op een veel grotere diepte plaatsvinden dan de ingrepen van de dijkversterking. Daardoor kunnen effecten worden uitgesloten.



Aspect	Beoordelingscriteria	Score
Oppervlaktewaterkwaliteit	effect op waterkwaliteit binnendijks oppervlaktewatersysteem	Neutraal (0)
Oppervlaktewaterkwantiteit	effect op waterkwantiteit binnendijks oppervlaktewatersysteem	Neutraal (0)
Grondwaterkwaliteit	effect op grondwaterkwaliteit Effecten drinkwaterwinning	Neutraal (0) Neutraal (0)
Grondwaterkwantiteit	Totaal score onderstaande aspecten.	Neutraal (0)
	Effecten landbouw	Neutraal (0)
	Effecten natuur	Neutraal (0)
	Effecten bebouwing	Neutraal (0)
	Effecten drinkwaterwinning	Neutraal (0)

Tabel 7.1 Overzicht effecten in de gebruiksfase.

Ontwerpaanpassingen en mitigerende maatregelen – ZU 1 t/m 3

In het ontwerp zijn diverse keuzes gemaakt op de effecten op geohydrologie te minimaliseren. Er zijn geen verdere maatregelen noodzakelijk.

Ontwerpaanpassingen en mitigerende maatregelen – MZ 1 t/m 3

In het ontwerp zijn diverse keuzes gemaakt op de effecten op geohydrologie te minimaliseren. Ook lopen er nog trajecten om enkele effecten verder te minimaliseren. Hieronder zijn de voornaamste ontwerpaanpassingen en mitigerende maatregelen voor water benoemd die gelden op het deel MZ 1 t/m 3.

- Dijkverlegging Paddenpol.
Door de dijkverlegging ontstaat direct achter de nieuwe dijk tijdens hoogwater op de IJssel een hogere kweldruk. Het is wenselijk dat het lokale watersysteem, bestaande uit perceelsloten en begreppeling, hiervoor wordt opgewaardeerd. Er bestaan echter ook alternatieven. Met de perceelegeenaar wordt in contact getreden om te kijken welke maatregel passend is.
- KRW-maatregel Paddenpol
Er wordt een nevengeul aangelegd nabij Paddenpol en Herxen. Deze leidt tot een ongewenste verhoging van de grondwaterstand nabij Herxen. Daarom is een mitigerende maatregel opgenomen (kleiingraving onder waterbodem).
- Tichelgaten
Op deze locatie worden ondoorlatende schermen geplaatst. Grondwater kan onder deze schermen doorstromen. Daardoor is de invloed op de grondwaterstroming verwaarloosbaar (< 5%), maar groter dan nihil (4,3% verandering van de waterbalans). Met de natuurorganisatie wordt in contact getreden om te kijken of een aanpassing van de inrichting gewenst is.

Ontwerpaanpassingen en mitigerende maatregelen – MN 1 t/m 3

In het ontwerp zijn diverse keuzes gemaakt op de effecten op geohydrologie te minimaliseren. Ook lopen er nog trajecten om enkele effecten verder te minimaliseren. Hieronder zijn de voornaamste ontwerpaanpassingen en mitigerende maatregelen voor water benoemd die gelden op het deel MN 1 t/m 3.

- Op dit deel zijn geen bijzonderheden op het vlak van water.

Ontwerpaanpassingen en mitigerende maatregelen – NO 1 t/m 3

In het ontwerp zijn diverse keuzes gemaakt op de effecten op geohydrologie te minimaliseren. Ook lopen er nog trajecten om enkele effecten verder te minimaliseren. Hieronder zijn de voornaamste ontwerpaanpassingen en mitigerende maatregelen voor water benoemd die gelden op het deel NO 1 t/m 3.

- Op dit deel zijn geen bijzonderheden op het vlak van water.



7.2 Aanlegfase

Tabel 7.2 toont een overzicht van de effecten in de aanlegfase op het thema Water.

Het onderdeel oppervlaktewaterkwaliteit in de aanlegfase scoort neutraal (0). De onderbouwing hiervan in de aanlegfase is gelijk aan die voor de gebruiksfase, namelijk er wordt gewerkt volgens de vigerende regelgeving rondom het Besluit Bodemkwaliteit en Besluit Lozen Buiten Inrichtingen, daarmee kan een achteruitgang van de oppervlaktewaterkwaliteit worden uitgesloten. Daarnaast zijn geen maatregelen voorzien die de waterkwaliteit verbeteren, een vooruitgang van de oppervlaktewaterkwaliteit is daarmee niet het doel van dit project.

Het onderdeel oppervlaktewaterkwantiteit in de aanlegfase scoort neutraal (0). In de aanlegfase worden werkwegen aangelegd ter plaatse van de dijk. Deze omvatten tijdelijk ruimtebeslag dat over oppervlaktewater heengaat. Ter plaatse van hoofdwatgangen wordt dit zo ingericht dat de afvoer van water kan blijven functioneren. Dit bestaat uit het gebruik van duikers met voldoende afmeting, of een omleiding van het water.

Het onderdeel grondwaterkwaliteit in de aanlegfase scoort neutraal (0). Dit heeft dezelfde oorzaken als het onderdeel oppervlaktewaterkwaliteit. Aanvullend kan de grondwaterkwaliteit negatief worden beïnvloed door (ongewenste) verplaatsingen van verontreinigingen door grondwateronttrekkingen. Nabij het project zijn meerdere bekende locaties met verontreinigingen aanwezig. Nabij deze locaties zijn geen grote grondwateronttrekkingen voorgenomen. Negatieve invloed van de werkzaamheden op deze verontreinigingen kunnen worden uitgesloten.

Het onderdeel grondwaterkwantiteit in de aanlegfase scoort neutraal (0). Ten behoeve van de dijkversterking zijn enkele grote grondwateronttrekkingen voorgenomen. Deze worden zo ingepast dat deze geen negatieve effecten hebben op de omgeving.

Aspect	Beoordelingscriteria	Score
Oppervlaktewaterkwaliteit	effect op waterkwaliteit binnendijks oppervlaktewatersysteem	Neutraal (0)
Oppervlaktewaterkwantiteit	effect op waterkwantiteit binnendijks oppervlaktewatersysteem	Neutraal (0)
Grondwaterkwaliteit	effect op grondwaterkwaliteit	Neutraal (0)
Grondwaterkwantiteit	effect op grondwaterkwantiteit (grondwaterpeil en grondwaterstroming)	Neutraal (0)

Tabel 7.2 Overzicht effecten in de aanlegfase

7.3 Monitoring

De conclusie van het MER-deel B achtergrond rapport water is dat de geohydrologische effecten gering of verwaarloosbaar zijn. Daarbij leunt het onder andere op modelberekeningen. Deze maken gebruik van aannames. Zekerheidshalve maakt het project gebruik van monitoring tijdens de uitvoering en daarna, waarmee wordt aangetoond dat de geohydrologische effecten gering of verwaarloosbaar zijn. De beschrijving van deze monitoring is opgenomen in (IJsselwerken, 2023d).



8. Leemten in kennis en informatie

In MER deel A zijn diverse leemten in kennis aangegeven. Tussen MER deel A en het opstellen van dit deelrapport zijn diverse onderzoeken uitgevoerd. Dit omvat aanvullend grondonderzoek (o.a. sonderingen tot 20 m-mv), daardoor is de diepere bodemopbouw scherper in beeld. Daarnaast is aanvullend milieukundig onderzoek uitgevoerd, daardoor is het onderdeel waterkwaliteit scherper in beeld. Tenslotte is een geohydrologisch model opgesteld waarmee het onderdeel grondwaterstroming scherper in beeld is gebracht. Resumerend zijn de kennisleemten vanuit de voorgaande MER-studie ingevuld.



9. Verwijzingen

- Alterra. (2009, januari). *Effecten van klimaatverandering op de watervraag in de Nederlandse groene ruimte*. Wageningen: WageningenUR.
- Bot, B. (2016). *Grondwaterzakboekje 2016; Gwz2016*. Rotterdam: Bot Raadgevend Ingenieur.
- DHV. (2012). *Bijlage 8: Effecten zomerbedverlaging op winning Engelse Werk*. Rijkswaterstaat.
- Geodelft. (2000). *Lekdetectie in waterremmende constructies; kenmerk: 710104.0002*. Delft.
- Geonius. (2022). *Verkennd bodem-, waterbodem-, en asbestonderzoek, Dijkversterking Zwolle-Olst; kenmerk: MA200407.014.R02.V3.0*.
- IJsselwerken. (2021). *Achtergrondrapport Geohydrologie en Waterhuishouding*. Zwolle.
- IJsselwerken. (2023). *Integrale ontwerpnota Definitief Ontwerp Dijkverlegging Paddenpol*. Waterschap Drents Overijsselse Delta.
- IJsselwerken. (2023a). *MER deel B - Achtergrondrapport Bodem*. Zwolle.
- IJsselwerken. (2023b). *BPRW Toetsing, kenmerk: 20293-RAP-00329*. Zwolle.
- IJsselwerken. (2023c). *Milieueffectrapport Deel B; kenmerk: 20293-RAP-00342*. Zwolle.
- IJsselwerken. (2023d). *Monitoring tbv schadeafhandeling*. Zwolle.
- IJsselwerken. (2023e). *Motivering Ontwerp Projectbesluit IJsselwerken*. Zwolle.
- IJsselwerken. (2023f). *Rivierkundige effectbeoordeling dijkversterking IJsselwerken - Zwolle-Olst; kenmerk: 2093-RAP-01082*. Zwolle.
- IJsselwerken. (2024). *MER deel B - achtergrondrapport Natuur; kenmerk: 20293-RAP-01087*. Zwolle: waterschap Drents Overijsselse Delta.
- KNMI. (2023). *KNMI'23 klimaatscenario's voor nederland*. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
- Overijssel. (2014). *Waterwetvergunning, Z-water_AWB-2014-0046162732783*. Zwolle.
- Prorail. (2016). *Ontwerpvoorschrift baanlichaam en geotechniek; OVS00056-7.1*.
- Steunpunt Natura 2000. (2010). *Leidraad bepaling significantie*. Ede.
- STOWA. (2005). *HELP-2005; kenmerk 2005-16*. Utrecht.
- Tauw. (2015). *Onderzoek naar het nut van de interceptie bij waterwinning Zwolle, kenmerk: 1225824*. Deventer.
- TAW. (2004). *Technisch rapport waterspanningen bij dijken*.
- Vitens. (2006). *Aanvraag wijziging waterwinvergunning Engelse Werk*.
- Waterschap Noorderzijlvest. (2006). *Notitie Stedelijk Water*.
- WER. (2022). *LGN2022, CC BY-SA 4.0 Wageningen Environmental Research; DOI: 10.4121/2e472483-255b-4468-b5a2-beb413746b48.v1*. Wageningen.
- Wiel, K. v. (2019). *Addend Value of Large Ensemble Simulations for Assessing Extreme River Discharge in a 2C Warmer World. Geophysical Research Letters*, pp. 2093-2102.
- Wiertsema & Partners. (2017). *Grondwatermonitoring, Rapportage traject Zwolle – Olst, kenmerk: VN-63376-1*. Tolbert.
- Wit, M. d. (2008). *Klimaatverandering en de afvoer van Rijn en Maas. Stromingen*, pp. 13-24.
- Witteveen + Bos. (2023). *Rapportage monitoring grondwaterverontreiniging 2022, Engelse Werk te Zwolle*. Gemeente Zwolle.
- Witteveen+Bos. (2018). *Deelrapport effectbeoordeling kansrijke alternatieven - bodem; kenmerk: 105830/18-019*.
- Witteveen+Bos. (2019). *Dijkversterking IJsseldijk Zwolle-Olst, Deelrapport effectbeoordeling kansrijke alternatieven - Water, kenmerk: 105830/19-001.003*. Deventer: Waterschap Drents Overijsselse Delta.
- Witteveen+Bos. (2023). *Milieueffectrapport Deel B, kenmerk: 20293-RAP-00341*. Zwolle: IJsselwerken.



Bijlage 1: Effectberekeningen natte situatie

Algemeen

In deze bijlage zijn de berekende effecten voor de natte situatie weergegeven. De natte situatie is de situatie in het winterseizoen, met veel neerslag en hoge waterstanden op de rivier de IJssel. In deze analyse is de natte situatie gedefinieerd als de grondwatersituatie op 5 februari 2018. Deze effecten zijn berekend met behulp van het geohydrologisch model zoals beschreven in paragraaf 3.3.4. Meer technische onderbouwing is gegeven in bijlage 3. Voor de effectberekeningen is enkel gekeken naar vernatting van >0,05 m. Verdroging in de natte situatie is niet meegenomen in de effectbepaling.

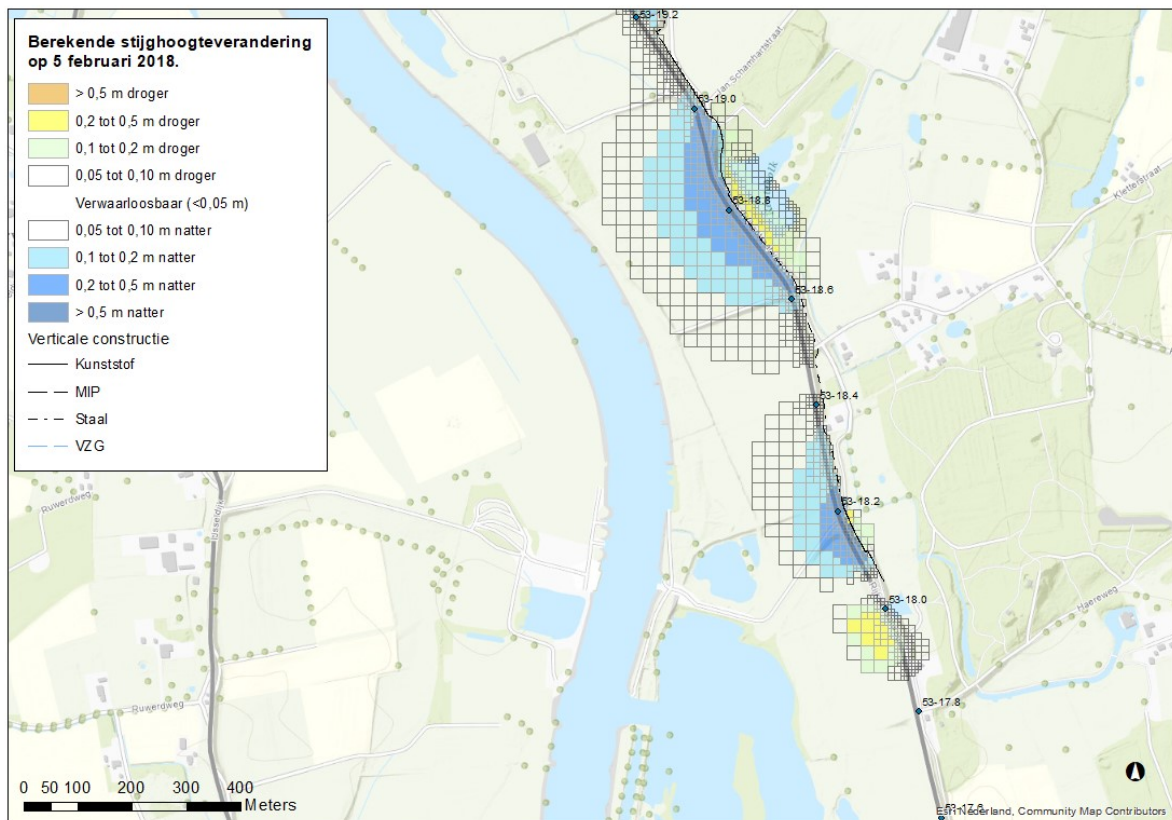


Km 17.8 – 19.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben over het algemeen een geringe diepte (NAP - 2,3 à - 3,5 m), maar komen dieper te liggen ter hoogte van km 18.1 en de Reutekolk (NAP -7,1 en -8,1 m). Op deze locaties worden daarom een iets minder grote invloed van de IJssel verwacht, met een verhoging van de stijghoogte aan de IJsseljzijde/buitendijks tot gevolg.

Ter plaatse van km 17.9 wordt een kleiingraving aan de buitendijkse zijde aangebracht. Daardoor kan het water in een natte periode minder goed infiltreren. Daardoor wordt de situatie daar minder nat.

Bij dit traject wordt vernatting van de het grondwaterregime tijdens een natte situatie verwacht ter hoogte van de Reutekolk in vergelijking met de situatie zonder maatregelen. Doordat het landgebruik alleen uit grasland bestaat wordt deze verhoging van de stijghoogte beoordeeld als niet-kritisch

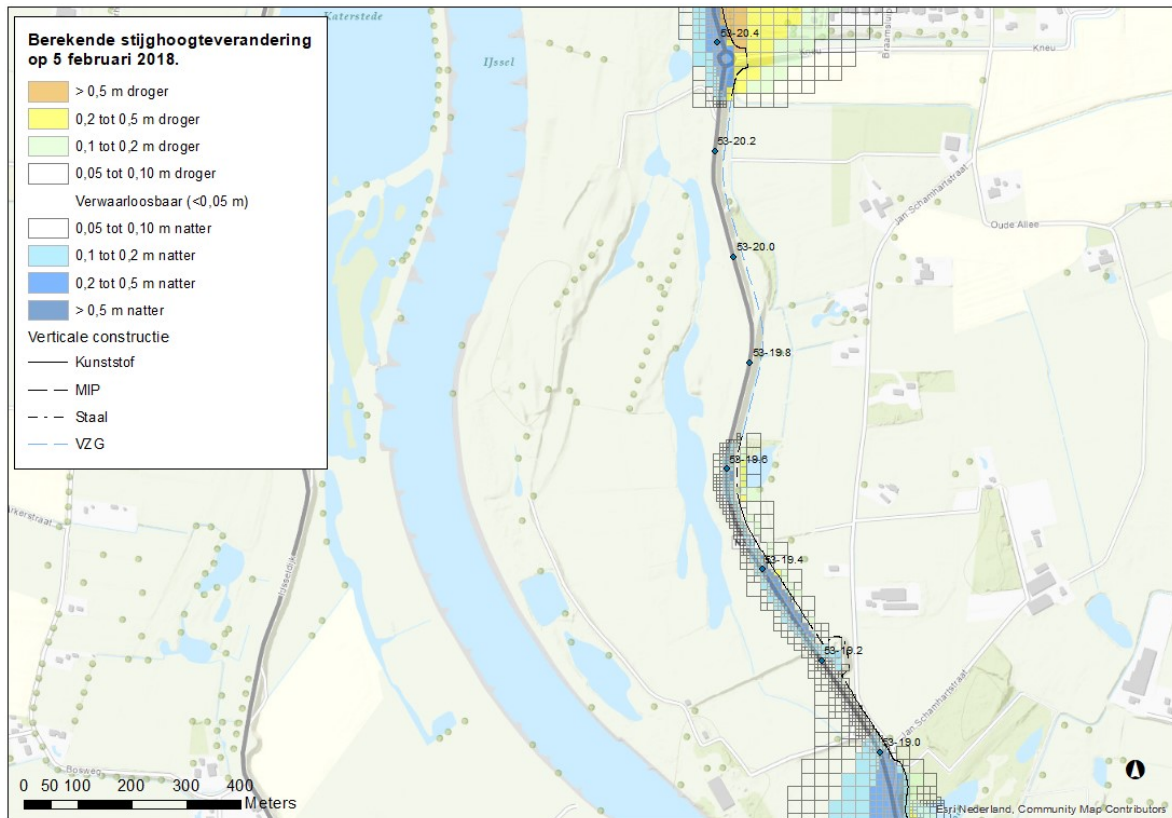


Bijlage afbeelding 1 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 17.8 – 19.0, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

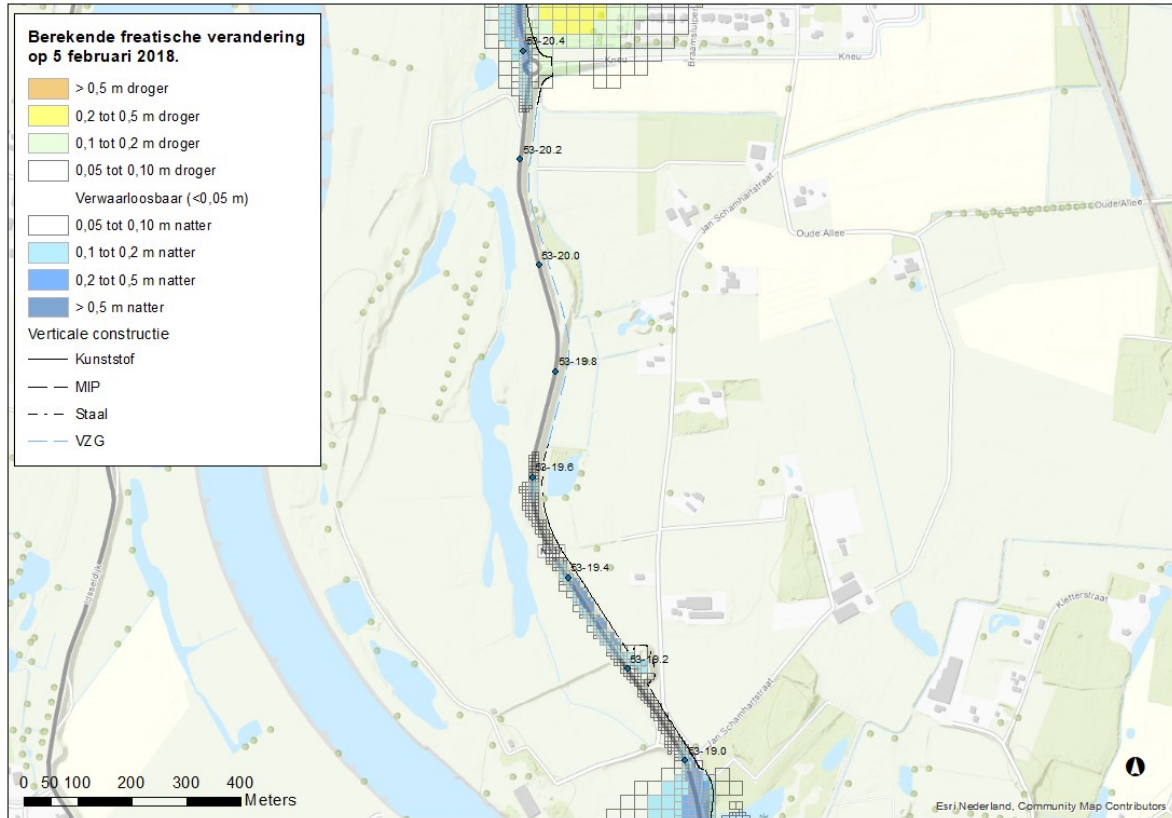
Km 19.0 – 20.4

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -5,2 à -8,1 m). De onderzijde van de watervoerende laag varieert in dit gebied. Met name richting Olst is sprake van een dunner watervoerende laag.

Bij deze trajecten worden beperkte veranderingen van het grondwaterregime tijdens een natte situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen. Deze zijn theoretisch groter dan 0,05 m voor de stijghoogte. Voor het freatische grondwaters zijn deze geringer dan 0,05 m. Daarmee zijn de effecten verwaarloosbaar voor dit deel.



Bijlage afbeelding 2 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 19.0 – 20.4, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 - stijghoogten.



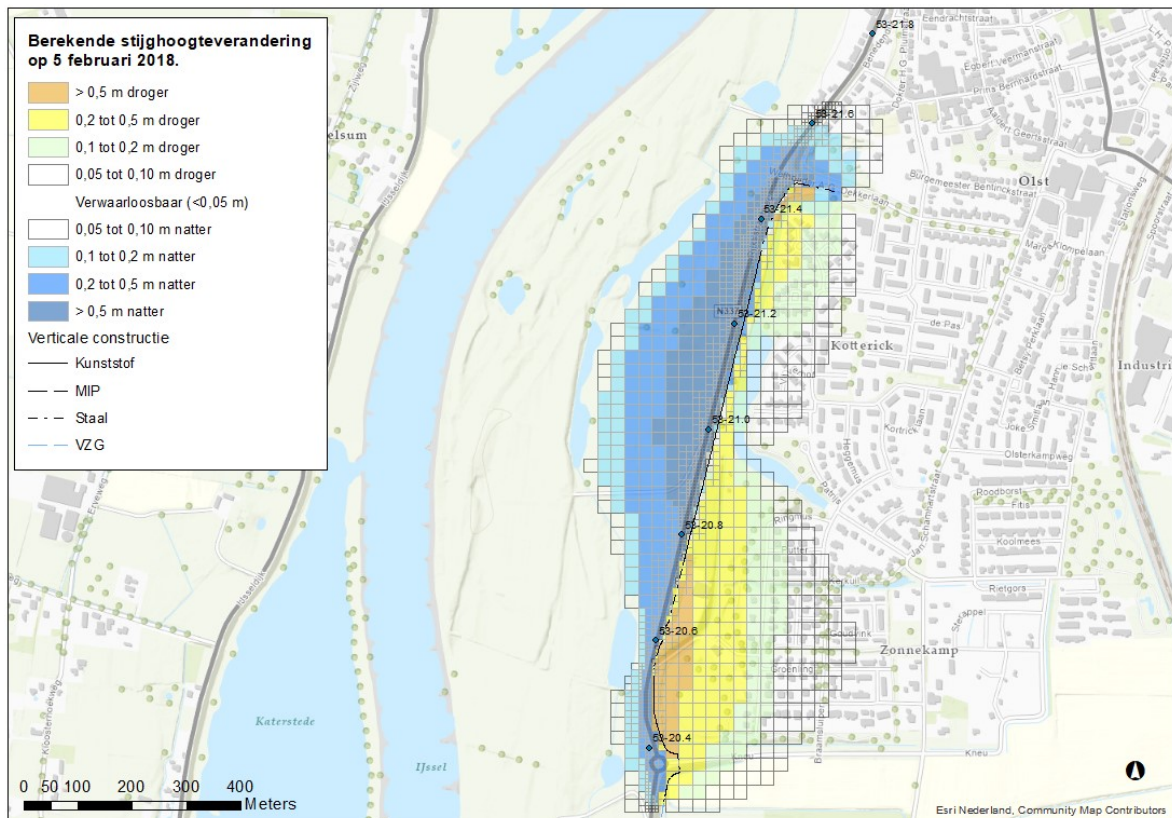
Bijlage afbeelding 3 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 19.0 – 20.4, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 – freatische grondwaterstanden.

Km 20.4 – 21.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben echter tamelijk grote diepte (NAP -7,6 à -11,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt tussen NAP -7 en -8 m (zie sondering S53Y-20.5D en S53Y-21.0E). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten.

De effecten hiervan zijn dat tussen km 20.4 en 21.0 de situatie tijdens hoogwater minder nat wordt.

Aan de rivierzijde van de damwand wordt de grondwaterstroming tegengehouden. Daardoor worden daar hogere stijghoogten berekend. De damwand maakt ter plaatse van km 21.5 een bocht. Waardoor tussen de dijk en de damwand een locatie ontstaat waar verhoging is berekend van de stijghoogten (verhoogd tot het niveau van de buitenwaterstand). Op deze locatie is sprake van hooggelegen wegen, effecten hierop kunnen worden uitgesloten. Daarnaast is er verhoging berekend ter plaatse van groen in bebouwd gebied (LGN code 28). De berekende verhoging is niet verwaarloosbaar, echter worden effecten op groen in bebouwd gebied beschouwd als niet-critisch.

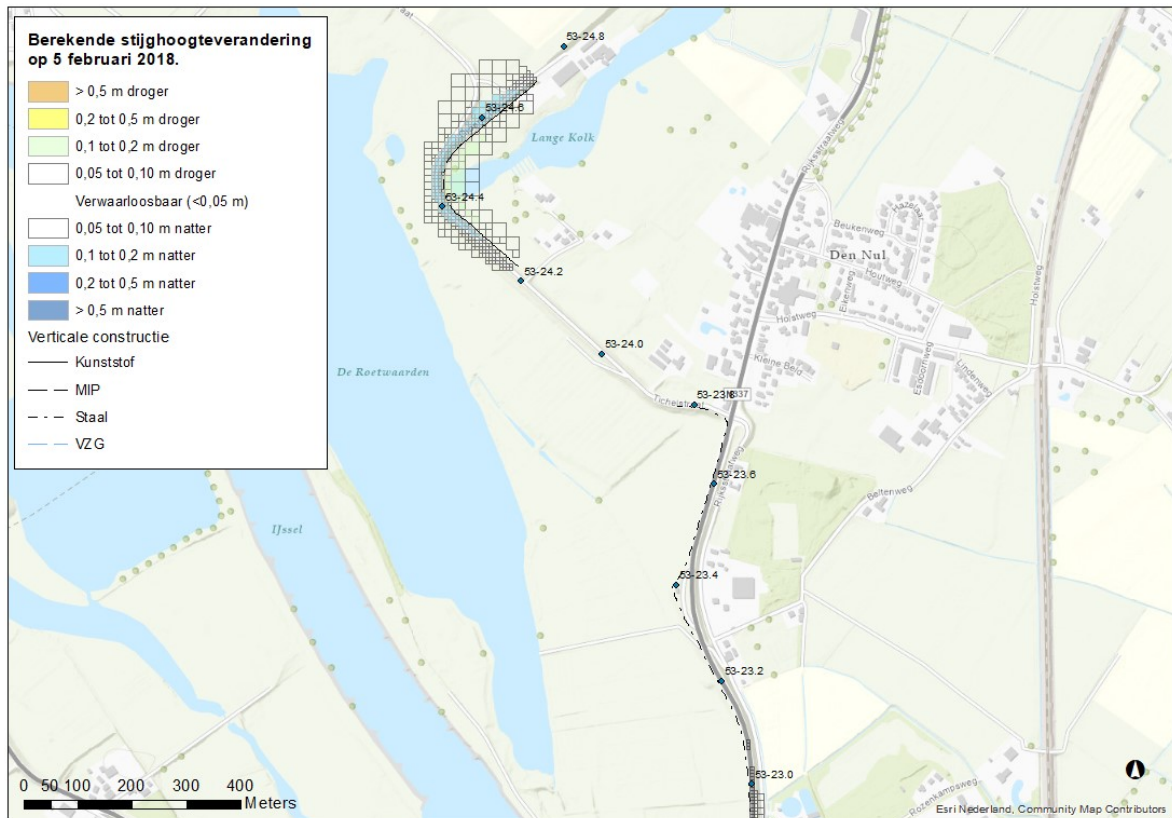


Bijlage afbeelding 4 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 20.4 – 21.8, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Traject km 23.0 – 24.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een geringe diepte (NAP -1,0 à -7,1 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt op dit traject redelijk diep (niet aangetroffen in tot de verkende diepte van NAP -13 m van sondering S53-23.50C en op NAP -14 m in DKM2). Daarmee kan het grondwater vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Bij deze trajecten worden nauwelijks tot geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een natte situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen.



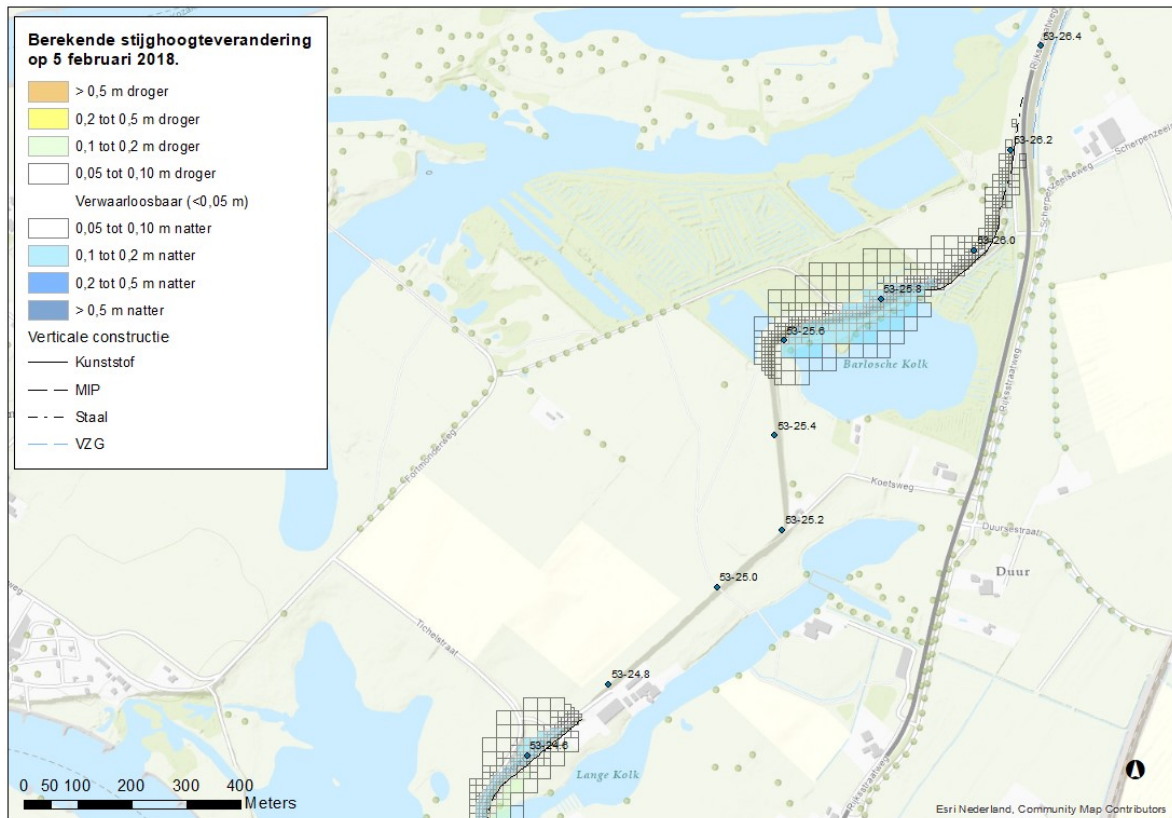
Bijlage afbeelding 6 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 23.0 – 24.6, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Traject km 24.8 – 26.2

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -4,0 à -9,7 m). De onderzijde van de watervoerende laag varieert. Lokaal ligt deze tussen NAP -7 en -9 m (zie sondering S53Y-23.0D), elders is deze geheel niet aangetroffen in het grondonderzoek (sondering S53-26.00D en S53-26.15D, maximaal verkende diepte NAP -12 à -15 m). Daarmee kan het grondwater zo goed als vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Een deel van de Barlosche kolk wordt gedempt. Op die locatie is daardoor sprake van een iets hogere grondwaterstand.

Bij deze trajecten worden geen significante veranderingen van het grondwaterregime tijdens een natte situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen.



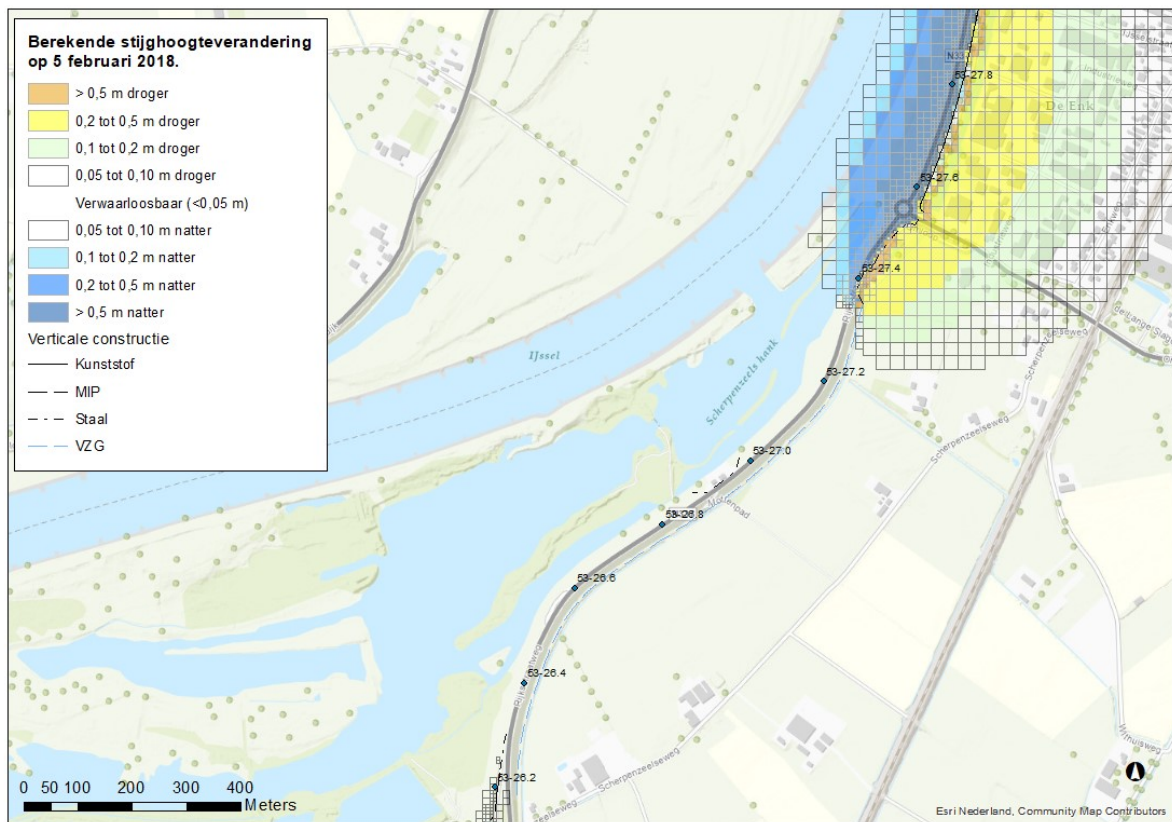
Bijlage afbeelding 7 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 24.6 – 26.2, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Traject km 26.2 – 27.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden op dit deel overwegend doorlatende constructies toegepast (VZG). Ter plaatse van km 26.9 – 27.0 wordt een verticaal ondoorlatend scherm geplaatst tot NAP -5,0 m. De onderzijde van de watervoerende laag hier ligt diep, in sondering S53-26.93C is de onderzijde van de watervoerende laag niet aangetroffen tot de verkende diepte (NAP-13 m). Bij deze trajecten worden geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een natte situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen voor de diepe grondwaterstand.

Daarnaast worden op het deel km 27.4 tot 28.0 een verticaal ondoorlatend scherm geplaatst. Deze hebben een variërende diepte (NAP -6 tot -9,9 m). Tussen km 27.6 en 28.0 ligt de onderzijde van de watervoerende laag tussen NAP -5 en -9 m (zie sondering S53-27.65D en S53Y-27.8C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten op dit deel van het traject. De effecten hiervan zijn dat tussen km 27.4 en 28.0 de situatie tijdens hoogwater minder nat wordt.

De ondiepe grondwaterstand is nader beschouwd voor de woning bij km 26.9 in de hoofdttekst.



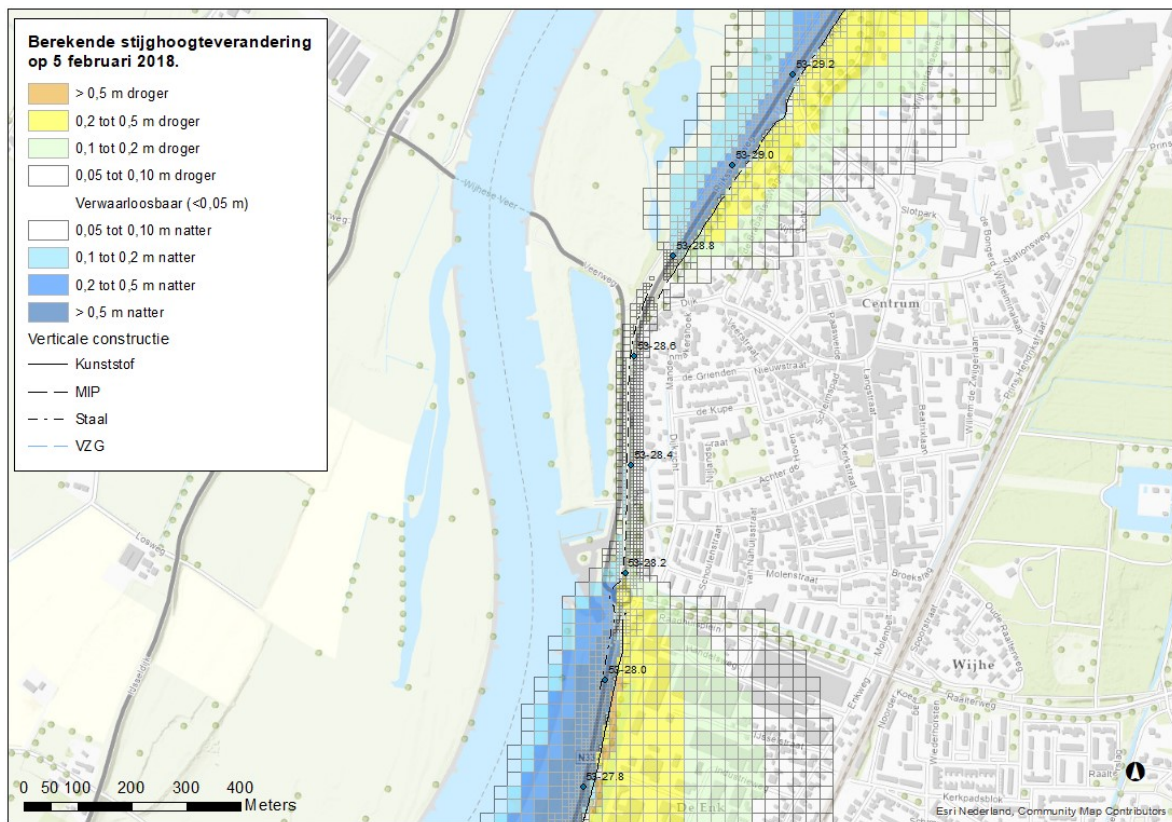
Bijlage afbeelding 8 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 26.2 – 27.8, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Traject km 27.8 – 29.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -5,5 tot -13,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag varieert sterk. Tussen km 27.6 en 28.0 ligt de onderzijde van de watervoerende laag tussen NAP -5 en -9 m (zie sondering S53-27.65D en S53Y-27.8C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten op dit deel van het traject. Tussen km 28.0 en 28.7 ligt de onderzijde van de watervoerende laag veel dieper. In sondering S53Y-28.2E en S53-28.55C is deze geheel niet aangetroffen (verkende diepte NAP -12 en -18 m). Daarmee kan het grondwater vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Tussen km 28.7 en 29.0 wordt geleidelijk kleilaag aangetroffen in de watervoerende laag, waardoor de dikte hiervan weer dunner wordt. In sondering S53-28.80D is deze kleilaag tot de verkende diepte van de sondering niet aangetroffen (NAP -16 m). In sondering S53-28.95D en S53Y-29.0D is wel een kleilaag aangetroffen op een diepte van NAP -4 à -5 m. Daarmee wordt de watervoerende laag deels afgesloten op dit deel van het traject.

De effecten hiervan zijn dat tussen km 29.0 en 29.8 de situatie tijdens hoogwater minder nat wordt.

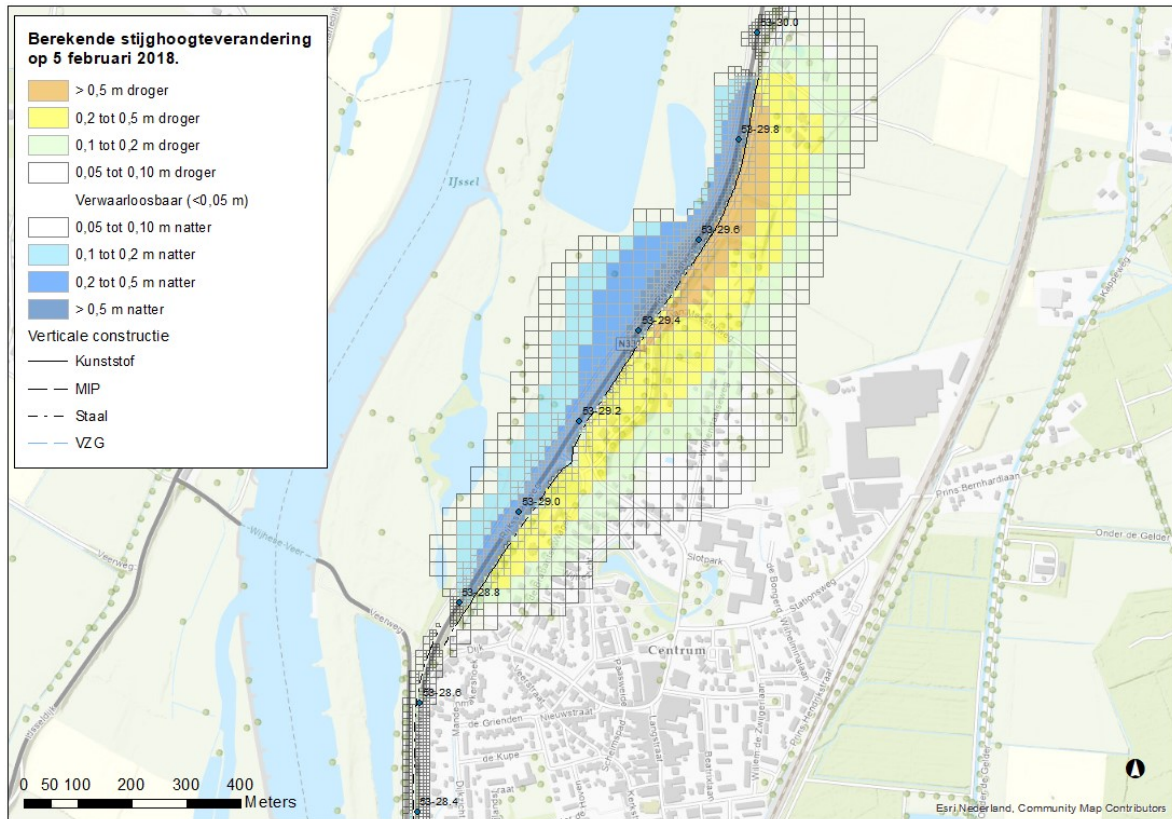


Bijlage afbeelding 9 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 27.8 – 29.0, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Traject km 29.0 – 29.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een geringe diepte (NAP -5,5 à 6,0 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt tussen NAP -4 en -4,5 m (zie sondering S53Y-29.0D en S53Y-29.6C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten.

De effecten hiervan zijn dat tussen km 29.0 en 29.8 de situatie tijdens hoogwater minder nat wordt.



Bijlage afbeelding 10 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 29.0 – 29.8, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

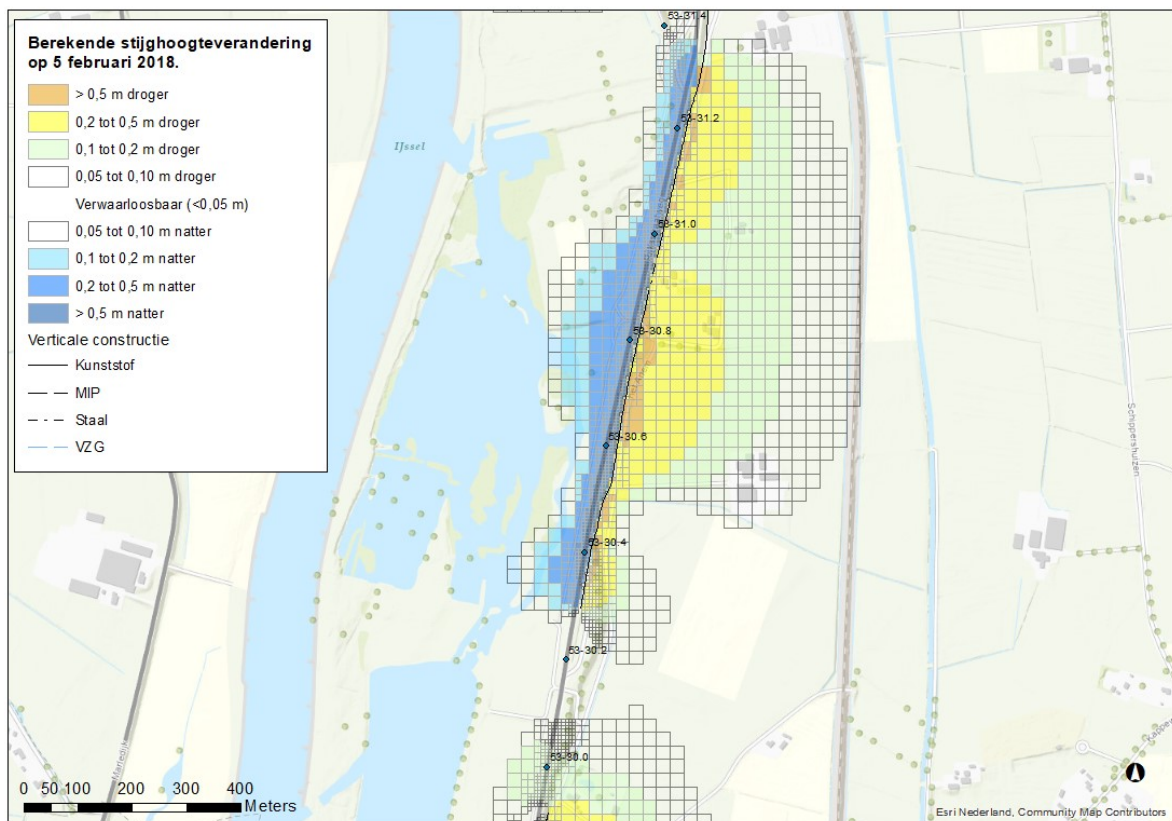
Traject km 29.8 – 31.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -6,0 à -7,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt tussen NAP -4,5 en -6 m (zie sondering S53Y-29.6C en S53Y-31.0C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten.

De effecten hiervan zijn dat tussen km 20.4 en 21.0 de situatie tijdens hoogwater minder nat wordt.

Aanvullend worden op dit traject twee kleiingravingen gedaan (km 29.9 en 30.1). Deze zorgen ervoor dat er sprake is van minder infiltratie tijdens hoogwater. De bestaande deklaag varieert, soms bestaat de bodem alleen uit zand en lokaal is er enige klei aangetroffen (HB53-30.05A geeft 0,3 m klei, B46V geeft geheel geen klei). Daardoor is de impact van de kleiingraving ook variabel.

Door de maatregelen neemt de wateroverlast op een aantal locaties, indien die er was, af. Dit is een positief effect. Op 10 februari 2021 was sprake van hoogwater op de IJssel. Deze waterstand was extremer dan situatie waarbij wordt getoetst (Waterstand bij Wijhe NAP +4,13 m vs. +3,40 m). Tijdens dit hoogwater is deze locatie visueel geïnspecteerd. Een foto daarvan is weergegeven in Afbeelding 13. Daaruit bleek geen wateroverlast in termen van water op het maaiveld door de kwel of kwel door de sneeuw heen. Onder de sneeuw wordt in de greppel soms water aangetroffen en soms niet. Aan de zuidzijde, waar de positieve effecten zijn berekend, is onder de sneeuw geheel geen water in de greppel aangetroffen. Langs de IJssel is de grondwaterstand gemeten met peilbuizen. Een van de peilbuizen betreft B53-29.8E. Meetgegevens zijn gerapporteerd in (Wiertsema & Partners, 2017). De peilbuis laat in de meetperiode (november 2015 t/m april 2017) zien dat de stijghoogte, ondanks de geringe afstand tot de IJssel, maar beperkt varieert tussen 1 à 2 m-mv). De stijghoogte is in de meetperiode nooit boven het maaiveld geweest. Aangezien er sprake is van een afname van de wateroverlast, maar er bij een extremere situatie op deze locatie geen wateroverlast is waargenomen, is deze afname niet meegewogen als noemenswaardig positief effect.



Bijlage afbeelding 11 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 29.8 – 31.0, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

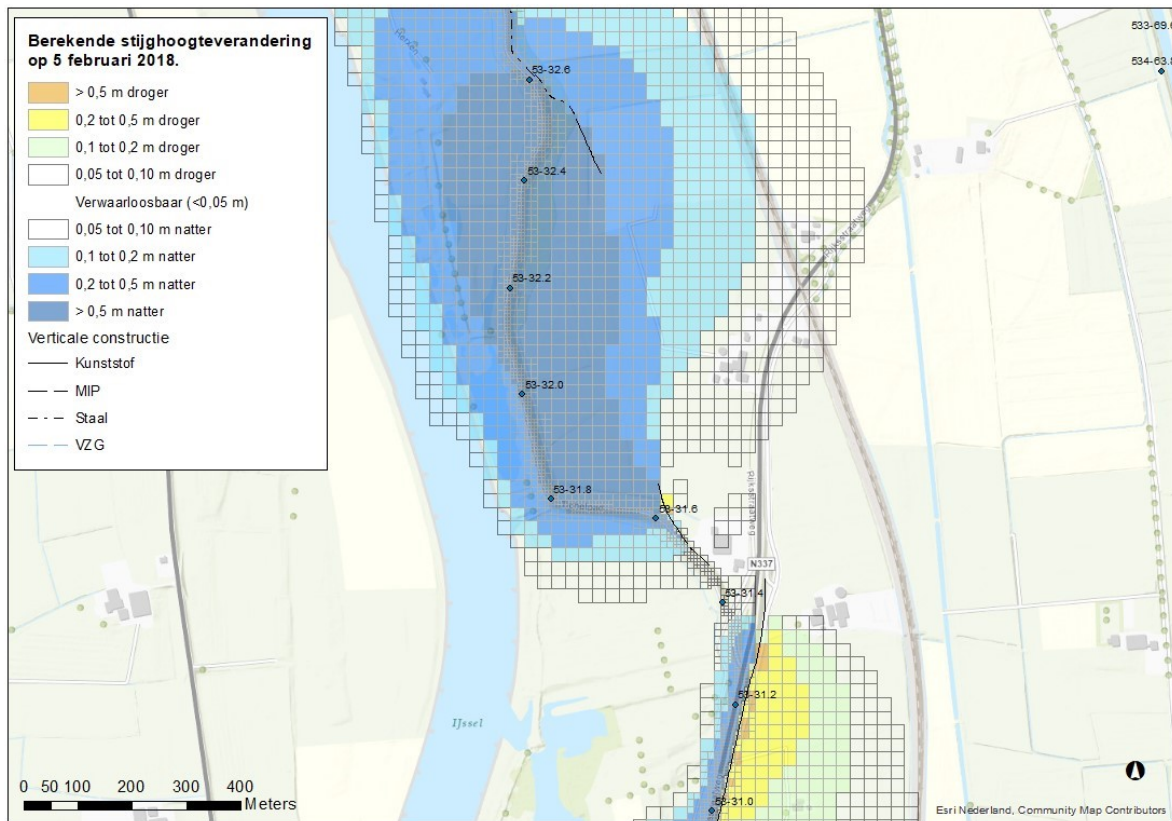


Bijlage afbeelding 12 Situatie ter plaatse van km 30.0 op 10 februari 2021, kijkrichting naar het zuiden, (locatie in RD, X: 206115, Y: 490430). Op dit moment was er sprake van hoogwater op de IJssel (Waterstand nabij Wijhe NAP +4,13 m). Te zien is dat het hoge water niet leidt tot kwel door de sneeuw heen of tot water op het maaiveld. Op deze locatie staat er geen water in de greppel.

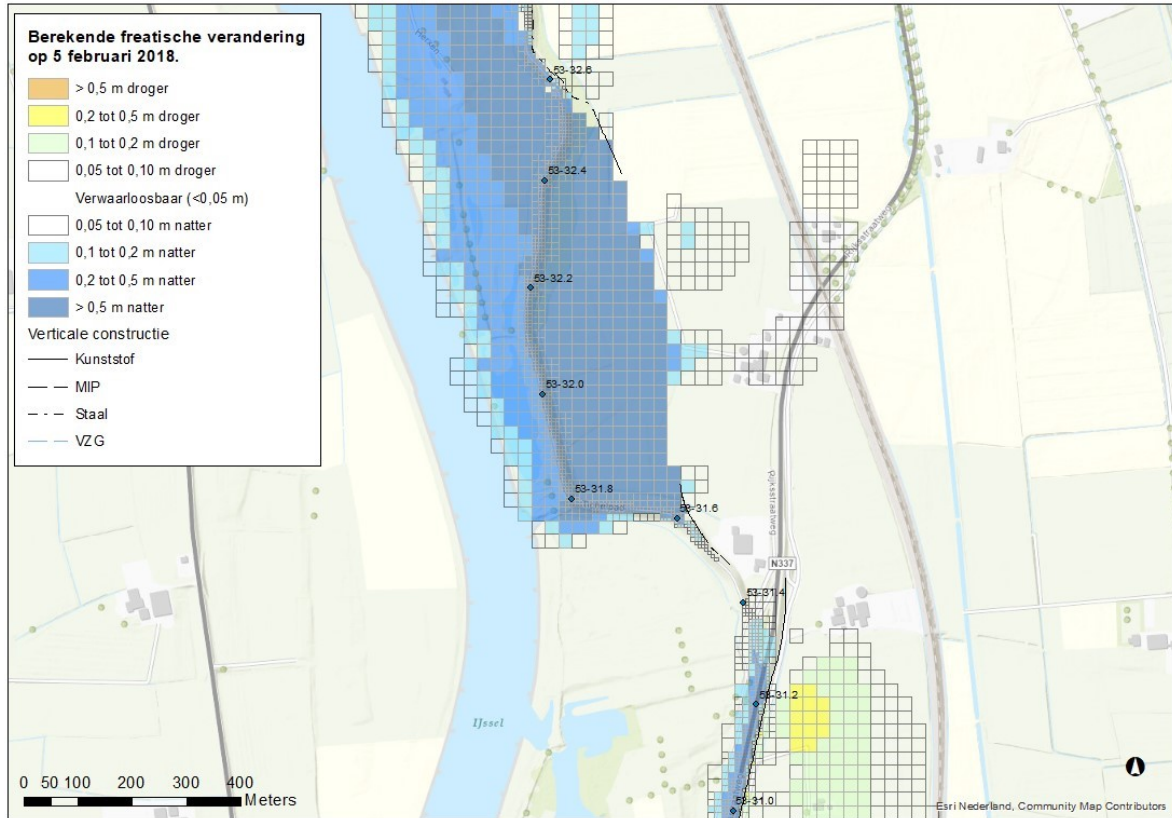
Traject km 31.0 – 32.6

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op enkele delen van dit traject. De grootste verandering betreft de dijkverlegging Paddenpol. Op het gedeelte dat na de dijkverlegging buitendijks komt vinden de grootste veranderingen plaats. Achter de nieuwe dijk is sprake van een toename van de stijghoogte.

Een uitvoerige beschrijving is opgenomen in paragraaf 5.4. De effecten zijn voor het freatische pakket geringer doordat er diverse perceelsslotsen aanwezig zijn. Ook zijn ter plaatse van de akkerbouwpercelen de grondwaterstanden in de huidige situatie al nagenoeg gelijk aan maaiveld. Waardoor deze fysisch gezien niet hoger kunnen worden.



Bijlage afbeelding 13 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 31.0 – 32.6, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.



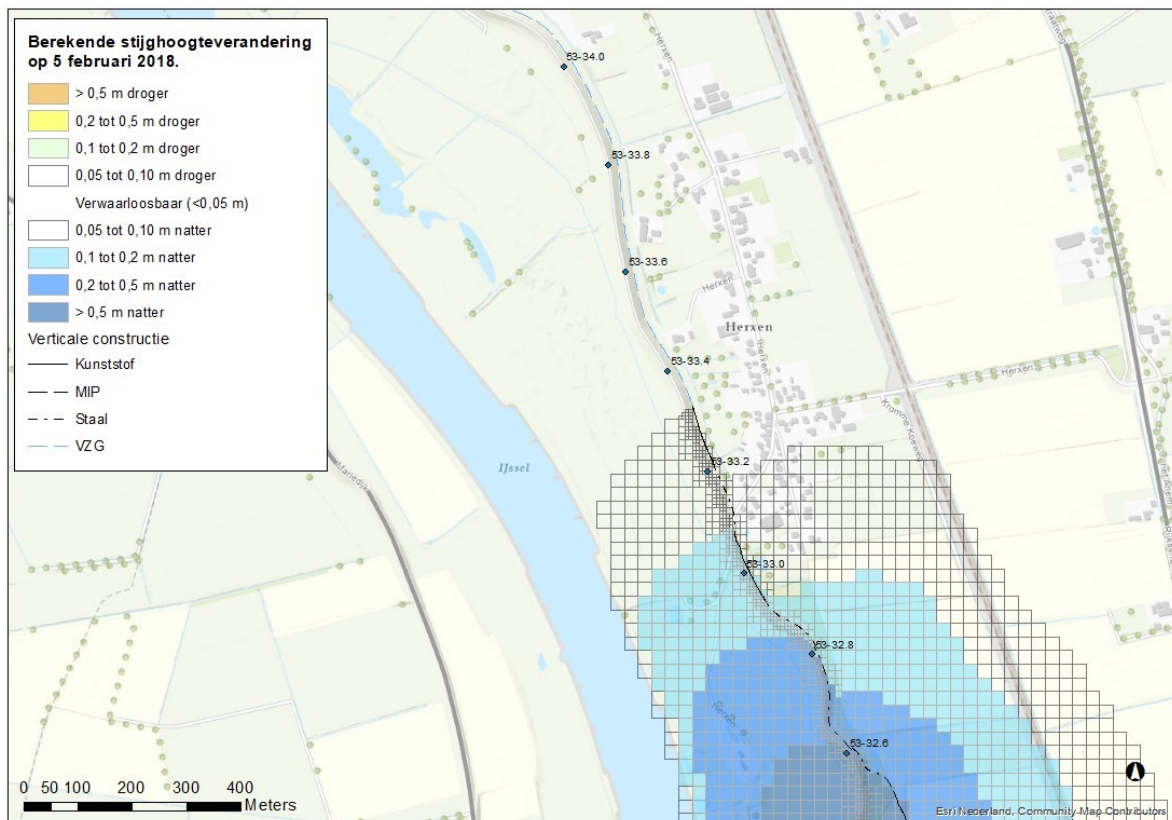
Bijlage afbeelding 14 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 31.0 – 32.6, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 (freatisch grondwater).

Traject km 32.6 – 34.0

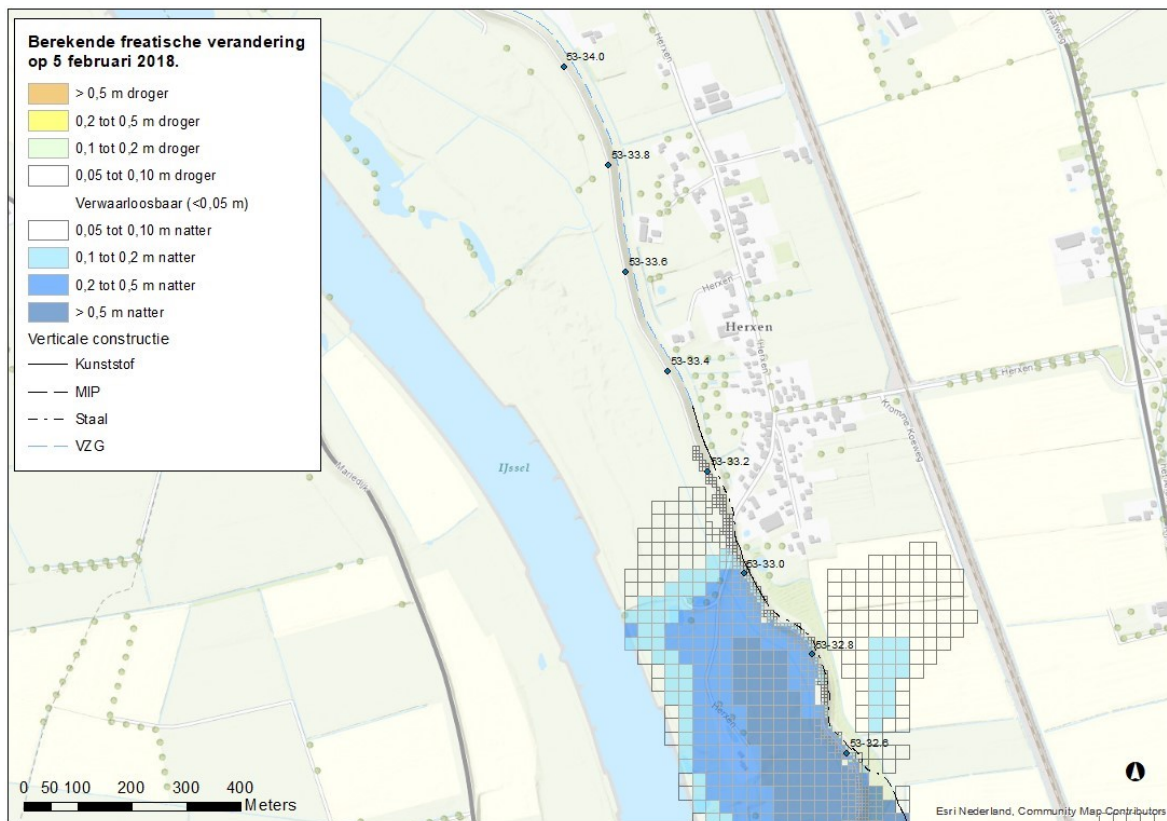
De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -6,9 à -12 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt zeer diep (NAP -17 m in sondering DKMP53Y-32.50D en niet aangetroffen tot de verkende diepte in DKMP53Y-33.30C). Daarmee kan het grondwater vrijelijk onder de damwand doorstromen.

In het voorland is een nevengeul voorgenomen. Deze krijgt een onderzijde van NAP -0,5 m. Zonder maatregelen doorsnijdt deze lokaal de deklaag. Dit zou leiden tot een ongewenste toename van de stijghoogte rondom Herxen. Daarom is het ontwerp aangepast met een kleilaag op de bodem van een deel van de nevengeul. Daarmee kunnen (freatische) effecten op de bebouwde kern van Herxen worden uitgesloten.

Een uitvoerige beschrijving is opgenomen in paragraaf 5.4.



Bijlage afbeelding 15 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 32.6 – 34.0, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

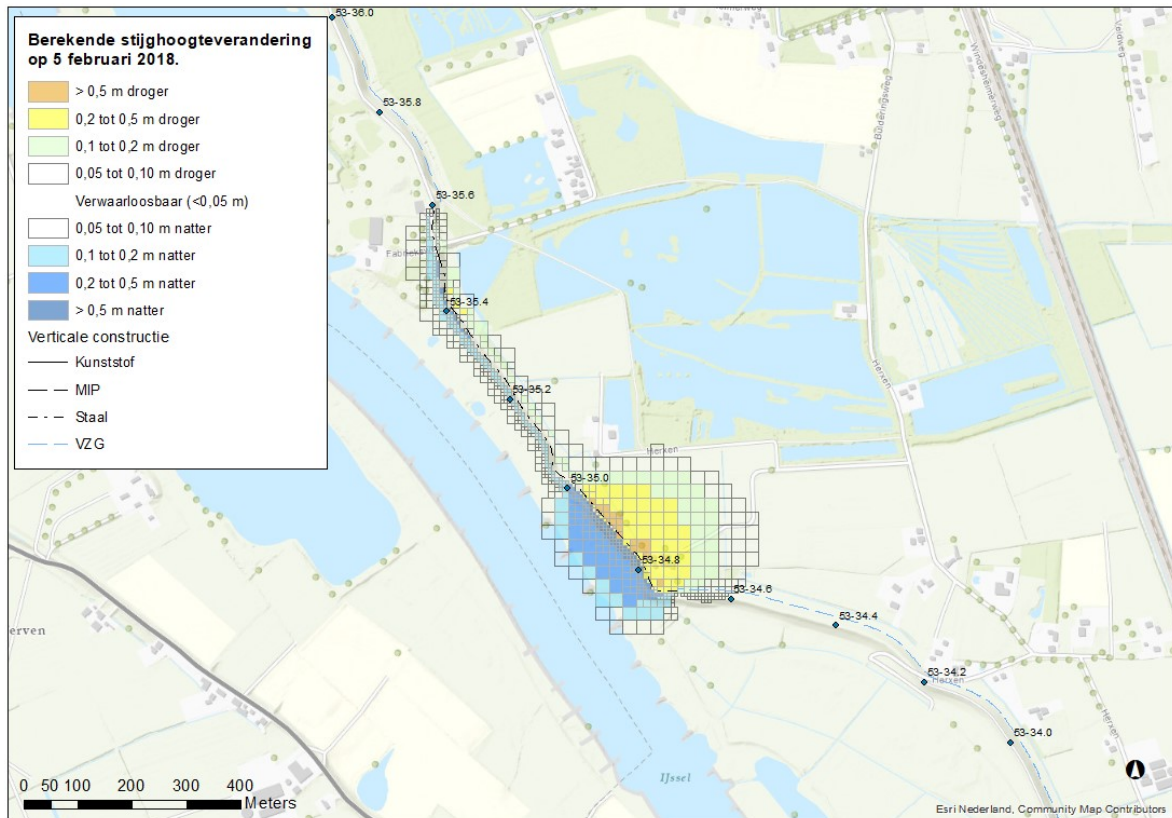


Bijlage afbeelding 16 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 32.6 – 34.0, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 (freatisch grondwater).

Traject km 34.0 – 35.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -7,6 à -11,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag varieert sterk van NAP -7 m in DKMP53-34.50C tot dieper dan de verkende diepte in DKMP53Y-35.50D. Daarmee variëren de effecten binnen dit traject. Dit is te zien in onderstaande afbeelding.

Op geen enkel deel in dit traject is sprake een toename van de grondwaterstand aan de binnenwaartse zijde. Daarmee kan een toename van de wateroverlast worden uitgesloten.

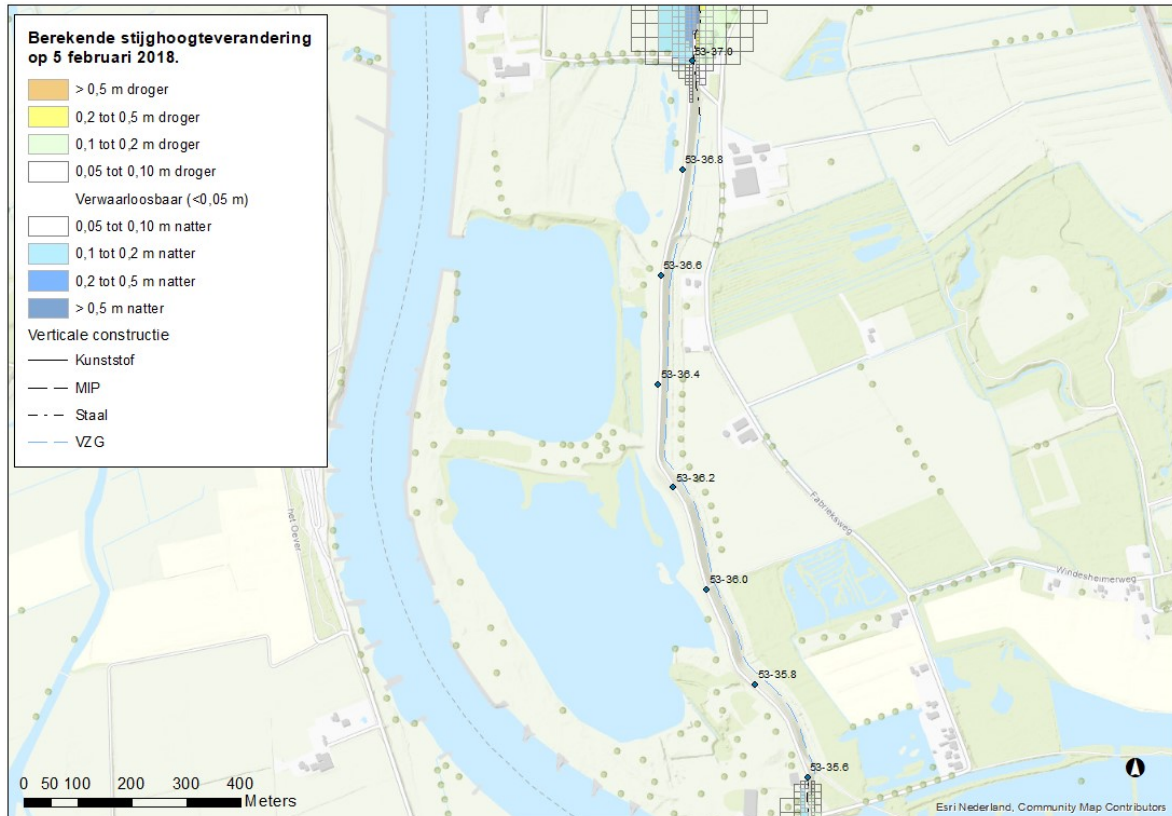


Bijlage afbeelding 17 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 34.0 – 35.8, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018

Traject km 35.8 – 37.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -11,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt overwegend dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-36.95C en DKMP53Y-37.30C). Lokaal is een ondiepe kleilaag aangetroffen daar zijn beperkte effecten berekend (nabij sondering S53Y-37.1C).

Op geen enkel deel in dit traject is sprake een toename van de grondwaterstand aan de binnenwaartse zijde. Daarmee kan een toename van de wateroverlast worden uitgesloten.

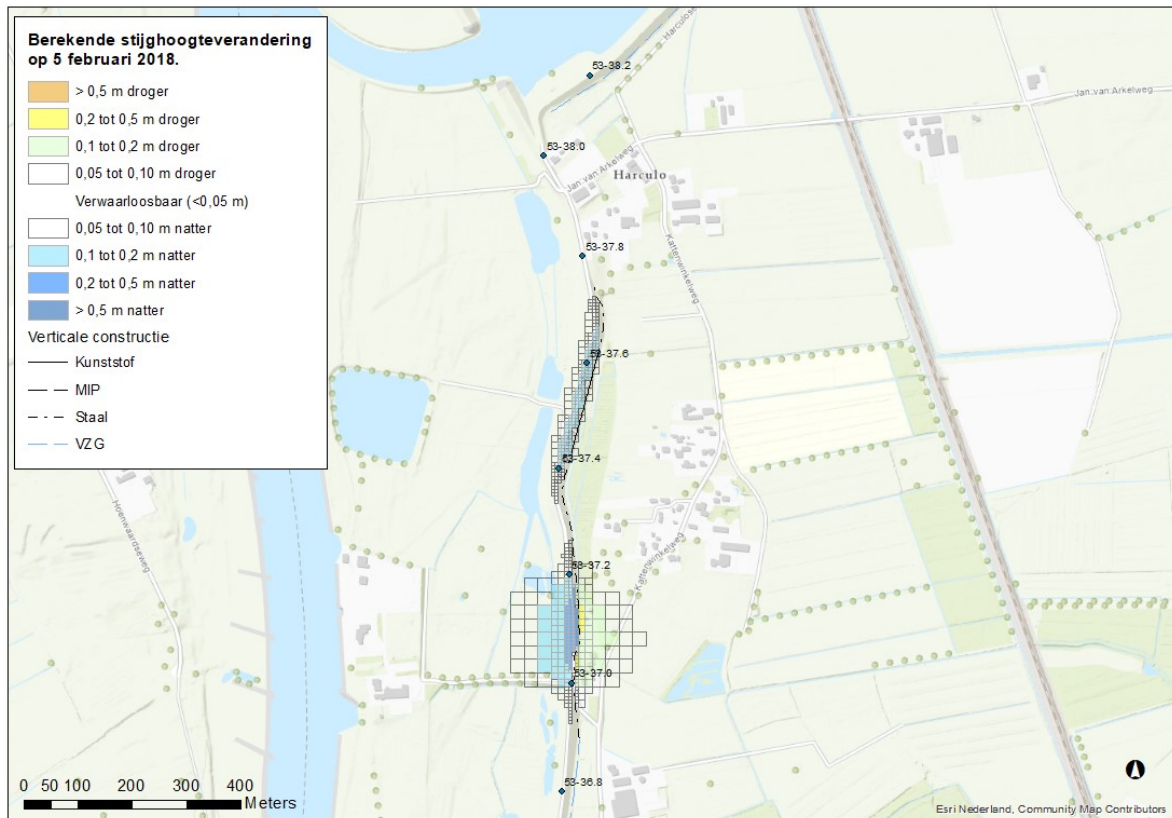


Bijlage afbeelding 18 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 35.8 – 37.0, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Traject km 37.0 – 38.2

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -5,6 à -11,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt overwegend dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-36.95C en DKMP53Y-37.30C). Lokaal is een ondiepe kleilaag aangetroffen daar zijn beperkte effecten berekend (nabij sondering S53Y-37.1C).

Op geen enkel deel in dit traject is sprake een toename van de grondwaterstand aan de binnenwaartse zijde. Daarmee kan een toename van de wateroverlast worden uitgesloten.

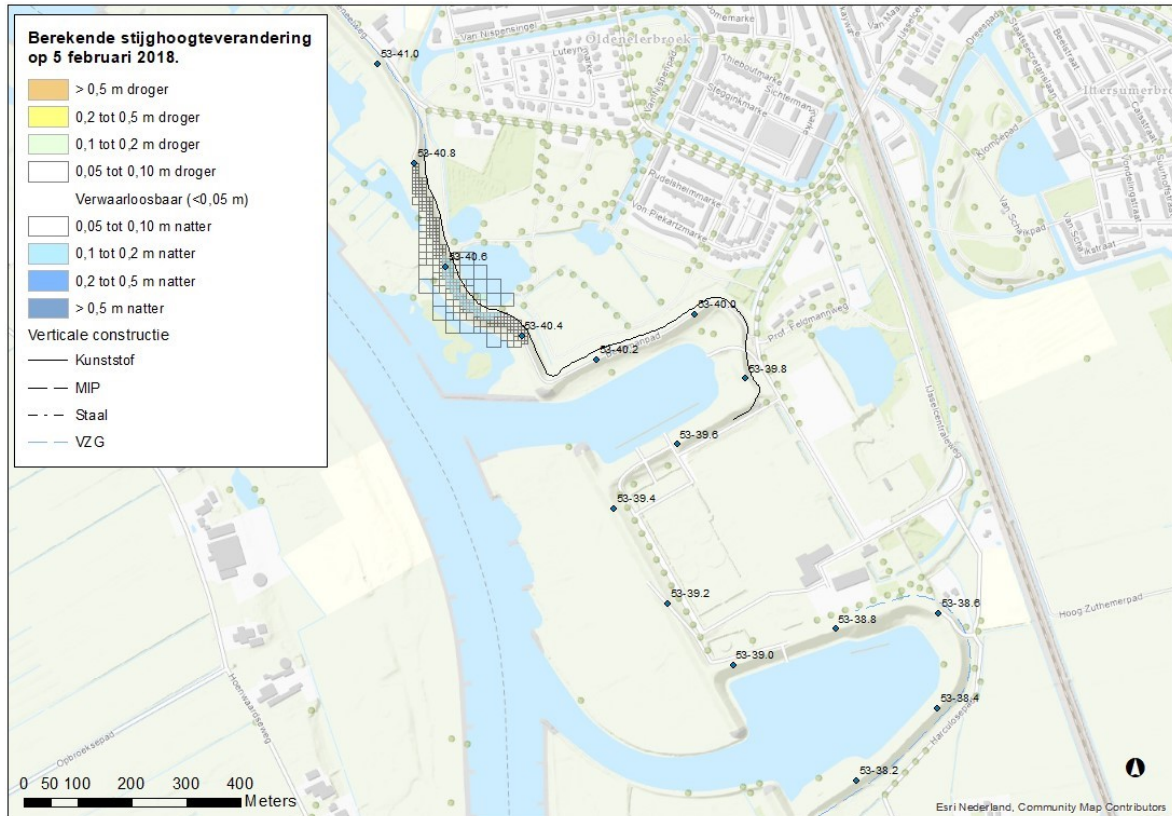


Bijlage afbeelding 19 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 37.0 – 38.2, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Traject km 38.2 – 40.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -4,7 à -9,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt overwegend dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-40.10C en DKMP53Y-40.69D). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Bij de locatie met de diepste damwanden zijn theoretische effecten berekend. Voor het freatische grondwater zijn deze effecten verwaarloosbaar (<0,05 m). Bij deze trajecten worden geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een natte situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen.



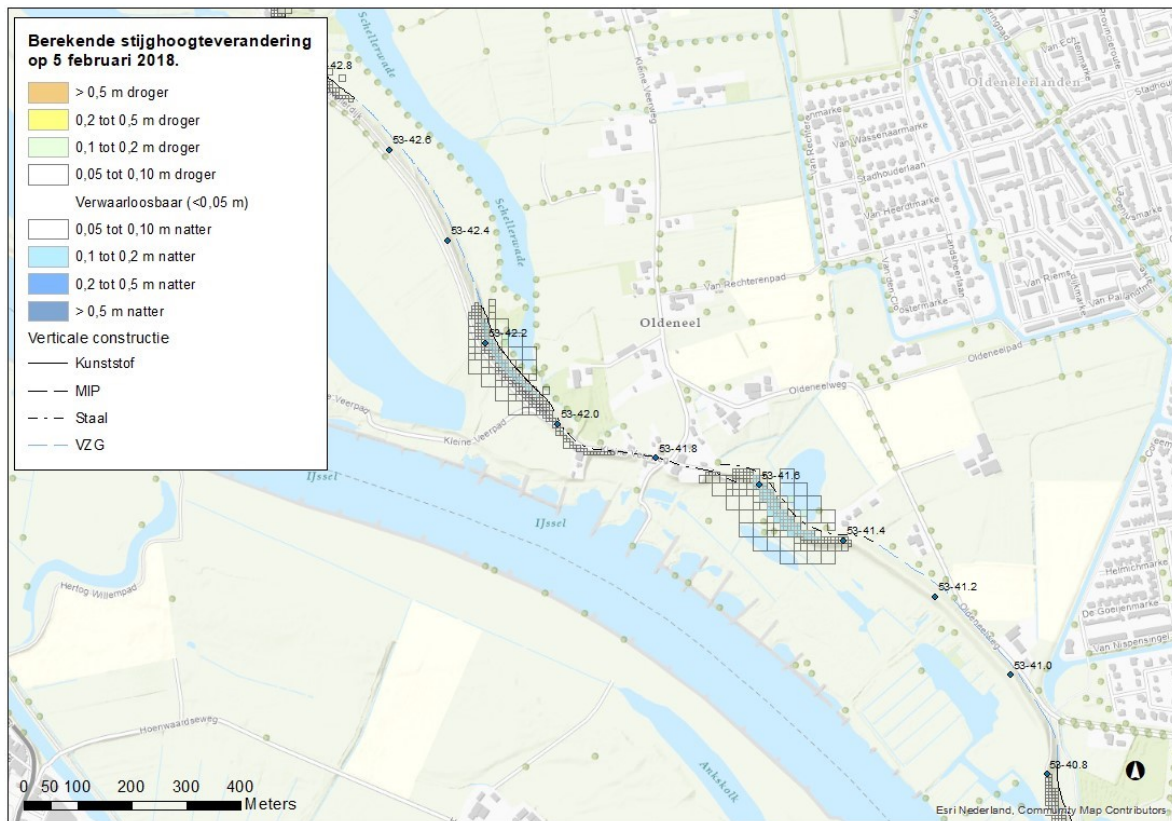
Bijlage afbeelding 20 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 38.2 – 40.8, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.



Traject km 40.8 – 42.4

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -5,8 à -9,7 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt op grote diepte (NAP -17 m in DKMP53Y-42.70C) of ligt dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (S53Y-41.55B). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Bij de locatie met de diepste damwanden zijn theoretische effecten berekend. Voor het freatische grondwater zijn deze effecten verwaarloosbaar (<0,05 m). Bij deze trajecten worden geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een natte situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen.



Bijlage afbeelding 21 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 40.8 – 42.4, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

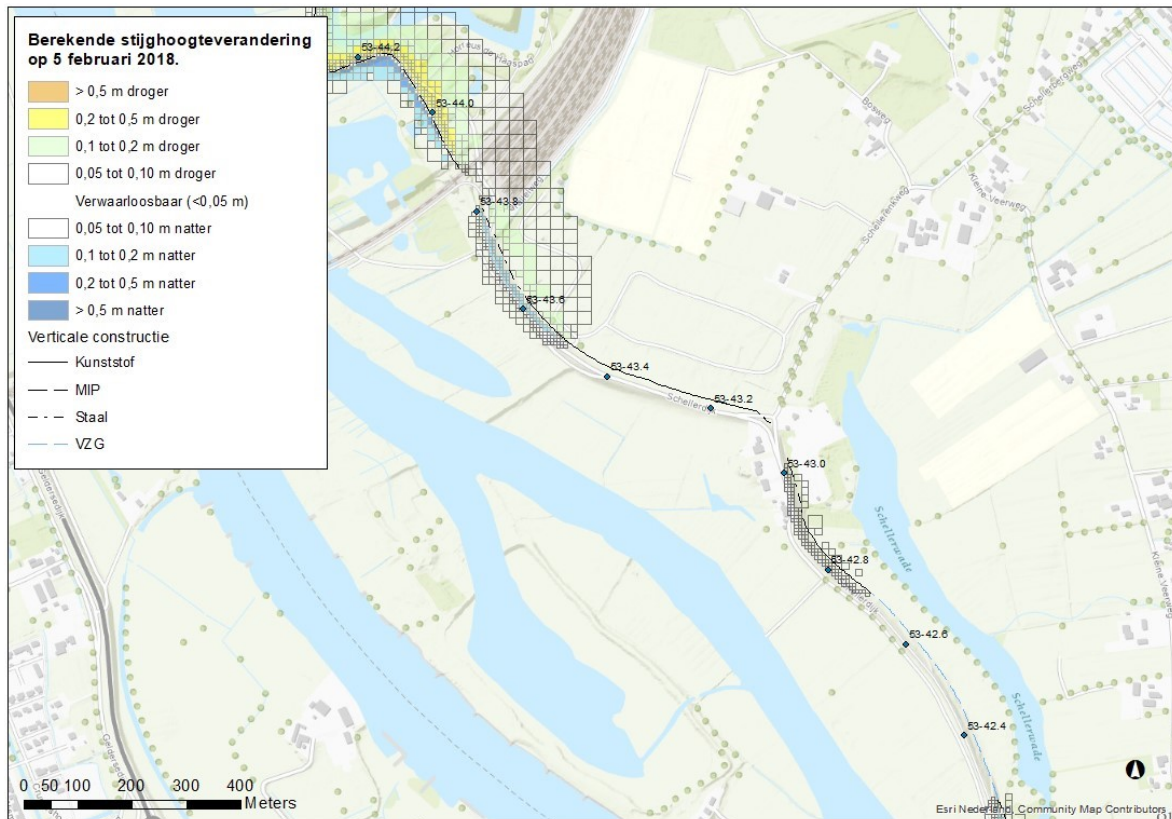


Traject km 42.4 – 44.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -3,4 à -9,6 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-42.72C en DKMP53-43.63C). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen.

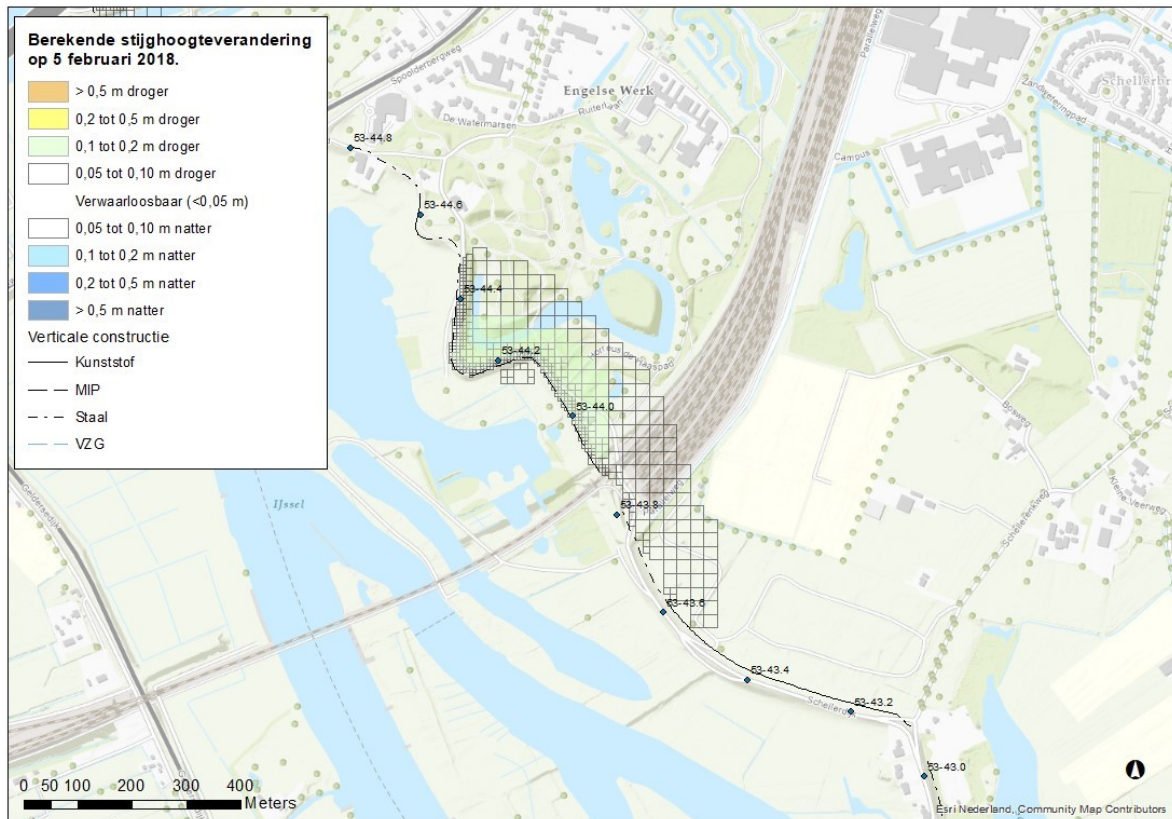
Bij de locatie met de diepste damwanden zijn theoretische effecten berekend. Deze worden vooral veroorzaakt doordat de damwand de lagen met de hoogste doorlatendheid afsluit. Daaronder liggen lagen die onderdeel zijn van de gestuwde afzettingen. Deze hebben volgens de literatuur een lagere doorlatendheid en een nog geringere verticale doorlatendheid.

Door bovenstaande zaken wordt lokaal een afname van de wateroverlast voorspelt.

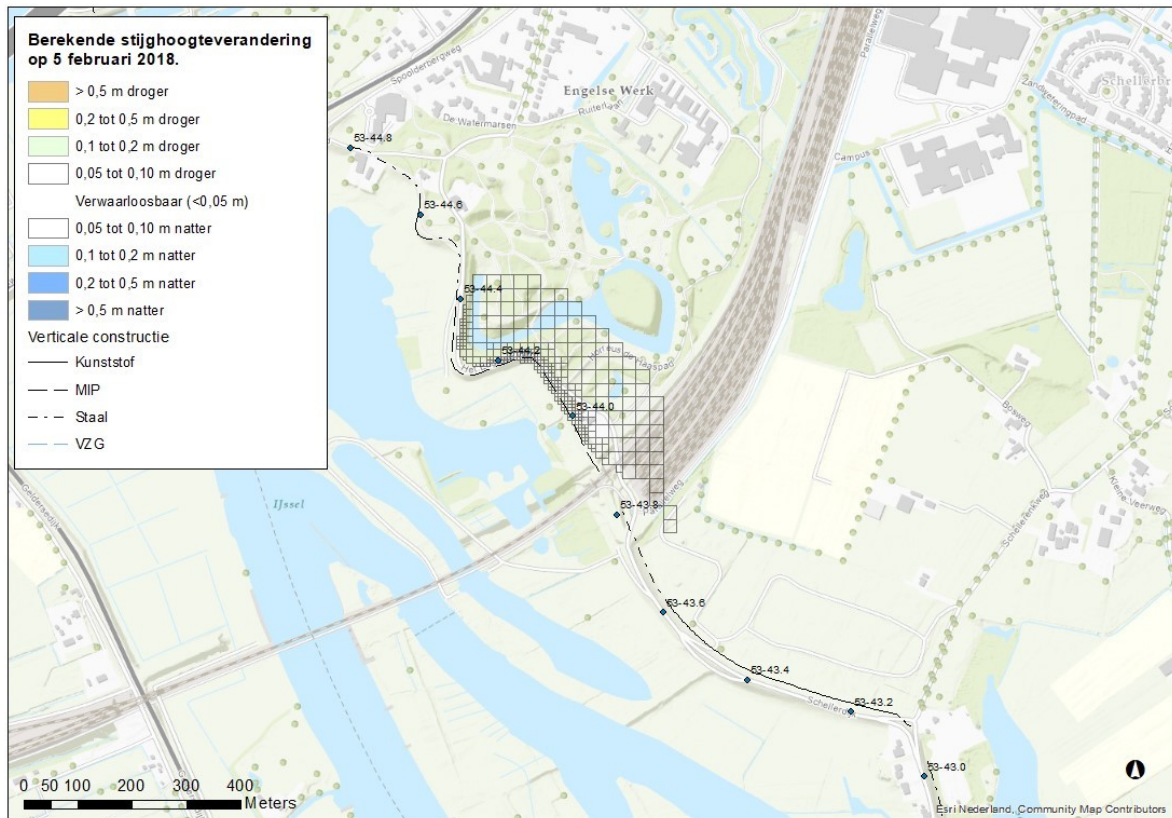


Bijlage afbeelding 22 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 42.4 – 44.0, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 (diepte ca. 5 – 10 m-mv).

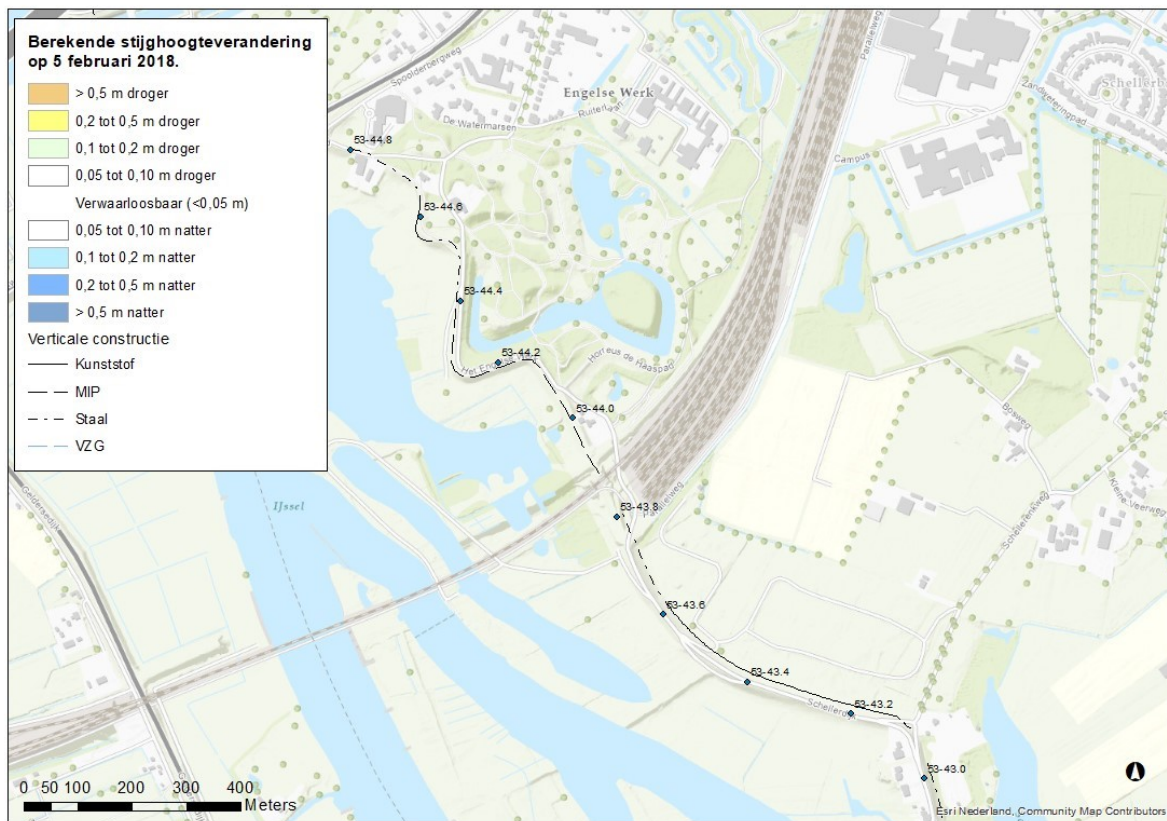
Op dit deel is de drinkwaterwinning Engelse Werk aanwezig. Hier zijn pompputten aanwezig. Deze hebben het onttrekkingsfilter op een diepte van ca. 40 tot 80 m-mv (Vitens, 2006). Bovenstaande afbeelding geeft de veranderingen van de grondwaterstanden op een diepte van ca. 5 tot 10 m-mv. Veranderingen op grotere diepte zijn voor Engelse Werk weergegeven in afbeelding 23 t/m afbeelding 25. Te zien is dat in de grondlagen die ter hoogte zijn van de verticale constructie (ca. NAP -12,4 m), dat er effecten worden berekend. In grondlagen op grotere diepte nemen deze effecten af. Op de diepte van de filters van de pompputten zijn geen significante effecten berekend.



Bijlage afbeelding 23 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor Engelse Werk, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 (diepte ca. 10 – 20 m-mv).



Bijlage afbeelding 24 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor Engelse Werk, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 (diepte ca. 26 – 36 m-mv).



Bijlage afbeelding 25 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor Engelse Werk, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018 (diepte ca. 63 – 110 m-mv).

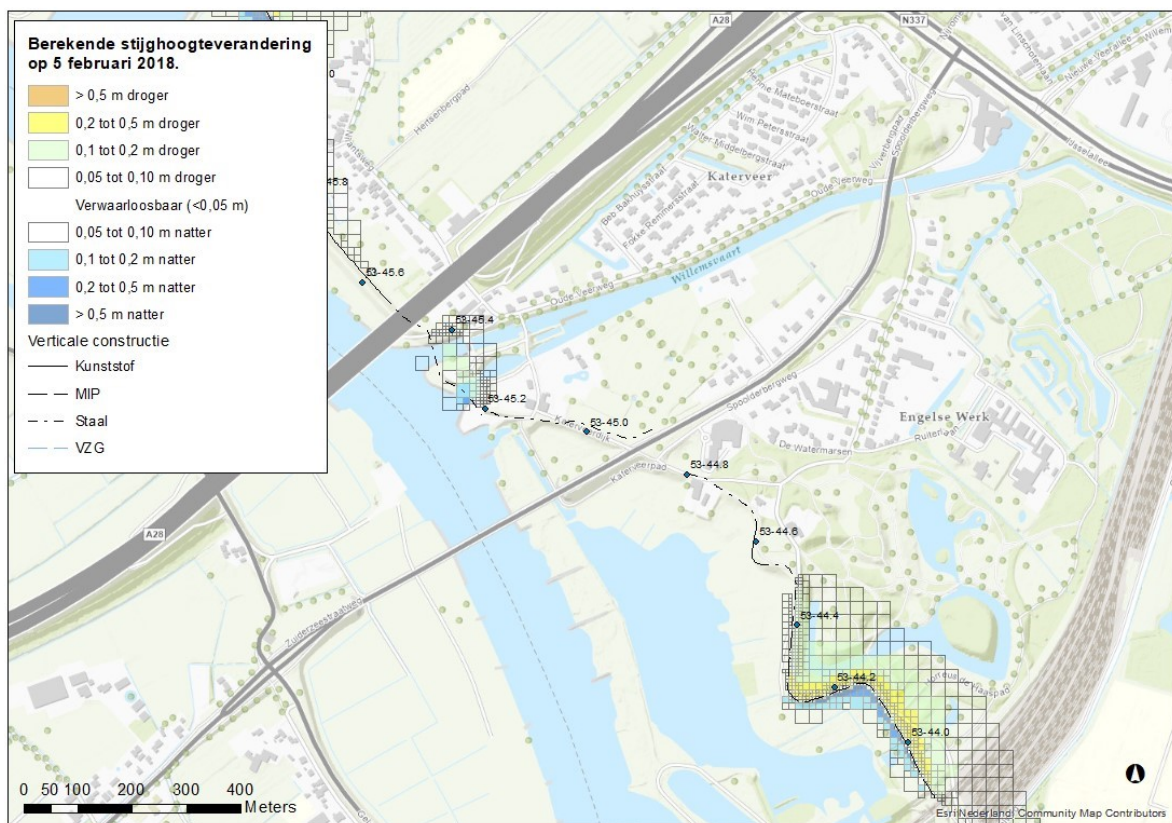


Traject km 44.0 – 45.4

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -0,5 à -12,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt ter plaatse van het Engelse Werk dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-43.90C en DKMP53Y-44.96C). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen. Ter plaatse van Katerveercomplex zijn lokaal dunnere watervoerende lagen aangetroffen, de onderzijde daar varieert over korte afstand tussen de NAP -10 m (S53Y-45.32A) tot NAP -17 m (S53Y-4534A). De damwand daar sluit een deel van de watervoerende laag af, dit is alleen op de locatie waar de onderzijde van de watervoerende laag ondiep is.

Bij de locatie met de diepste damwanden zijn theoretische effecten berekend. Deze worden vooral veroorzaakt doordat de damwand de lagen met de hoogste doorlatendheid afsluit. Daaronder liggen lagen die onderdeel zijn van de gestuwde afzettingen. Deze hebben volgens de literatuur een lagere doorlatendheid en een nog geringere verticale doorlatendheid.

Door bovenstaande zaken wordt lokaal een afname van de wateroverlast voorspelt.



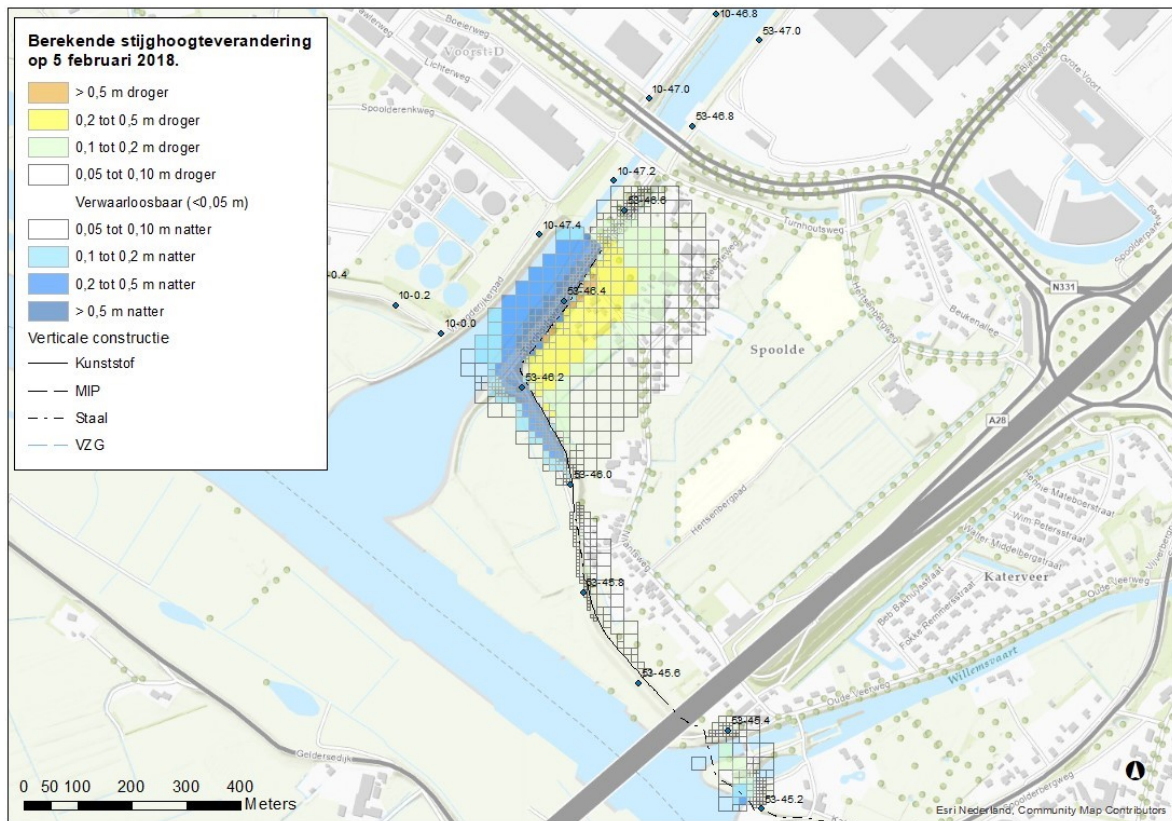
Bijlage afbeelding 26 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 44.0 – 45.4, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.

Op dit deel is de drinkwaterwinning Engelse Werk aanwezig. Hier zijn pompputten aanwezig. Deze hebben het onttrekkingsfilter op een diepte van ca. 40 tot 80 m-mv (Vitens, 2006). Bovenstaande afbeelding geeft de veranderingen van de grondwaterstanden op een diepte van ca. 5 tot 10 m-mv. Veranderingen op grotere diepte zijn voor Engelse Werk weergegeven in afbeelding 23 t/m afbeelding 25. Te zien is dat in de grondlagen die ter hoogte zijn van de verticale constructie (ca. NAP -12,4 m), dat er effecten worden berekend. In grondlagen op grotere diepte nemen deze effecten af. Op de diepte van de filters van de pompputten zijn geen significante effecten berekend.

Traject km 45.4 – 46.6

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een grote diepte (NAP -8,4 à -11,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag is lokaal aangetroffen op NAP -20 m (DKMP53Y-45.64C) en elders is deze aangetroffen op NAP -9 m 9S53Y-46.38D). Lokaal kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen. Lokaal wordt de waterstroom geremd.

Door bovenstaande zaken wordt lokaal een afname van de wateroverlast voorspelt. In de onderstaande foto is een impressie van de situatie tijdens hoogwater weergegeven. Daaruit blijkt geen noemenswaardige wateroverlast. Er is derhalve ook geen (positieve) waarde toegekend aan de afname van de wateroverlast.



Bijlage afbeelding 27 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 45.4 – 46.6, situatie met hoogwater gelijk aan 5 februari 2018.



Bijlage afbeelding 28 Situatie ter plaatse van deeltraject 15.3 op 10 februari 2021, kijkrichting naar het oosten, (locatie in RD, X: 200160, Y: 502200). Op dit moment was er sprake van hoogwater op de IJssel (Waterstand nabij Zwolle NAP +2,43 m). Te zien is dat het hoge water niet leidt tot kwel door de sneeuw heen of tot water op het maaiveld. Nabij deze locatie zijn er perceelsslotten, de gemeten waterdiepte is ca. 0,2 m.

Bijlage 2: Effectberekeningen droge situatie

Algemeen

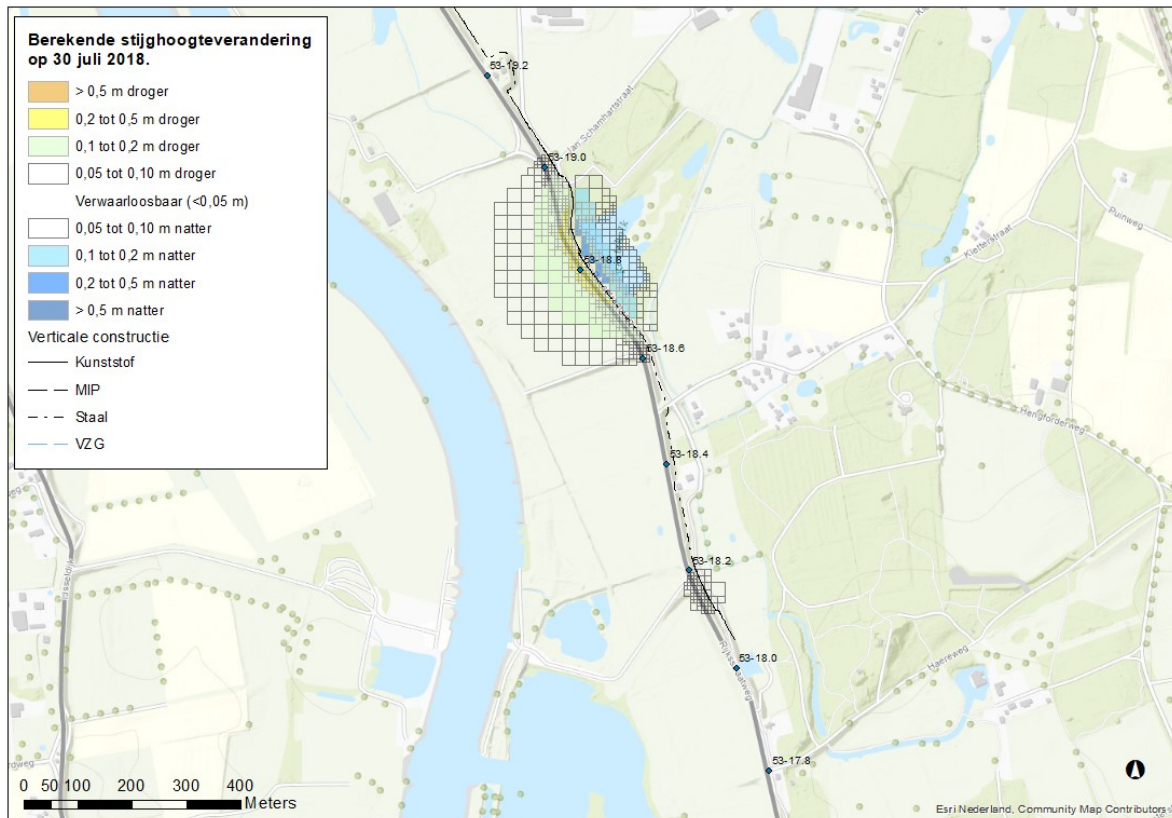
In deze bijlage zijn de berekende effecten voor de droge situatie weergegeven. De droge situatie is de situatie in het zomerseizoen, met weinig neerslag en lage waterstanden op de rivier de IJssel. In deze analyse is de droge situatie gedefinieerd als de grondwatersituatie op 30 juni 2018. Deze effecten zijn berekend met behulp van het geohydrologisch model zoals beschreven in paragraaf 3.3.4. Meer technische onderbouwing is gegeven in bijlage 3. Voor de effectberekeningen is enkel gekeken naar verdroging van >0,05 m. Vernatting in de droge situatie is niet meegenomen in de effectbepaling.



Km 17.8 – 19.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben over het algemeen een geringe diepte (NAP - 2,3 à - 3,5 m), maar komen dieper te liggen ter hoogte van de Reutekolk (NAP -8,1 m). Alleen ter hoogte van de Reutekolk wordt daarom een iets minder grote invloed van de IJssel verwacht, met minder droogte aan de Reutekolk zijde tot gevolg.

Bij deze trajecten worden geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een droge situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen.

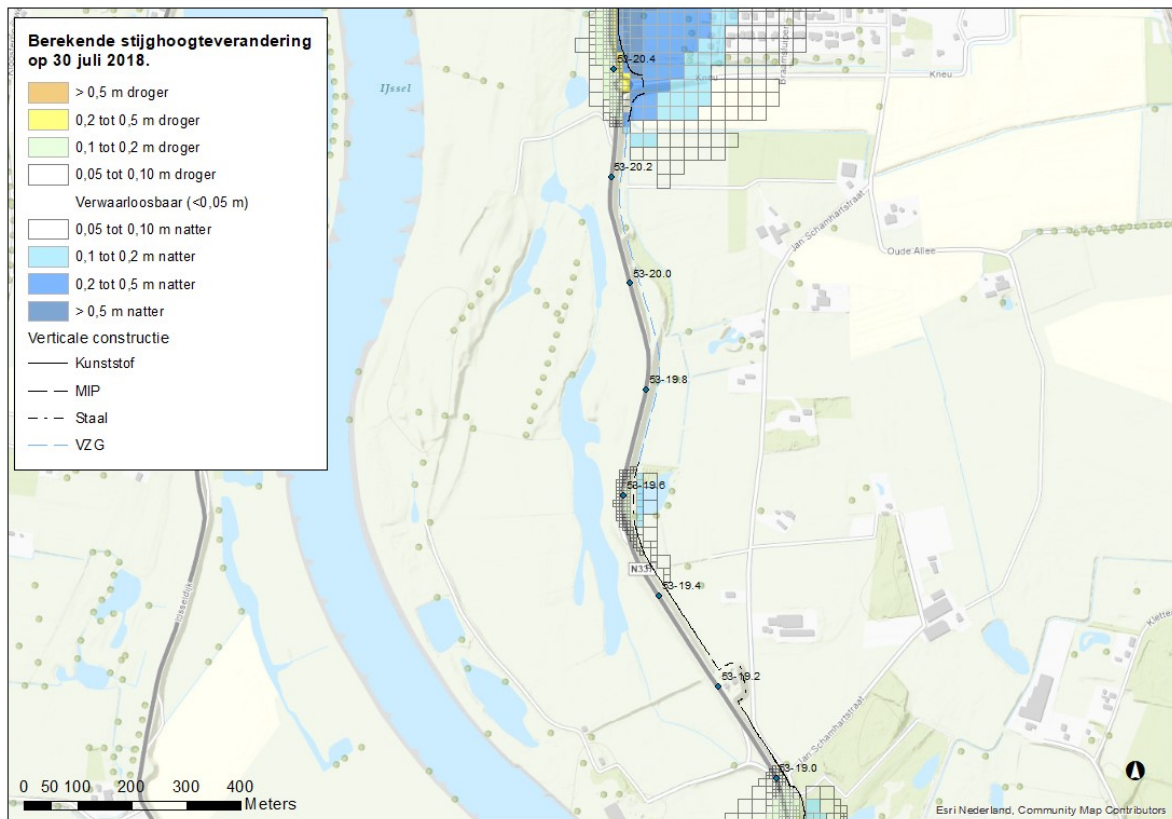


Bijlage afbeelding 29 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 17.8 – 19.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Km 19.0 – 20.4

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -4,6 à -9,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag varieert in dit gebied. Met name richting Olst is sprake van een dunner watervoerende laag.

Bij deze trajecten worden beperkte veranderingen van het grondwaterregime tijdens een droge situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen. Deze zijn theoretisch lokaal groter dan 0,05 m voor de stijghoogte. Voor het freatische grondwaters zijn deze geringer dan 0,05 m. Daarmee zijn de effecten verwaarloosbaar voor dit deel.



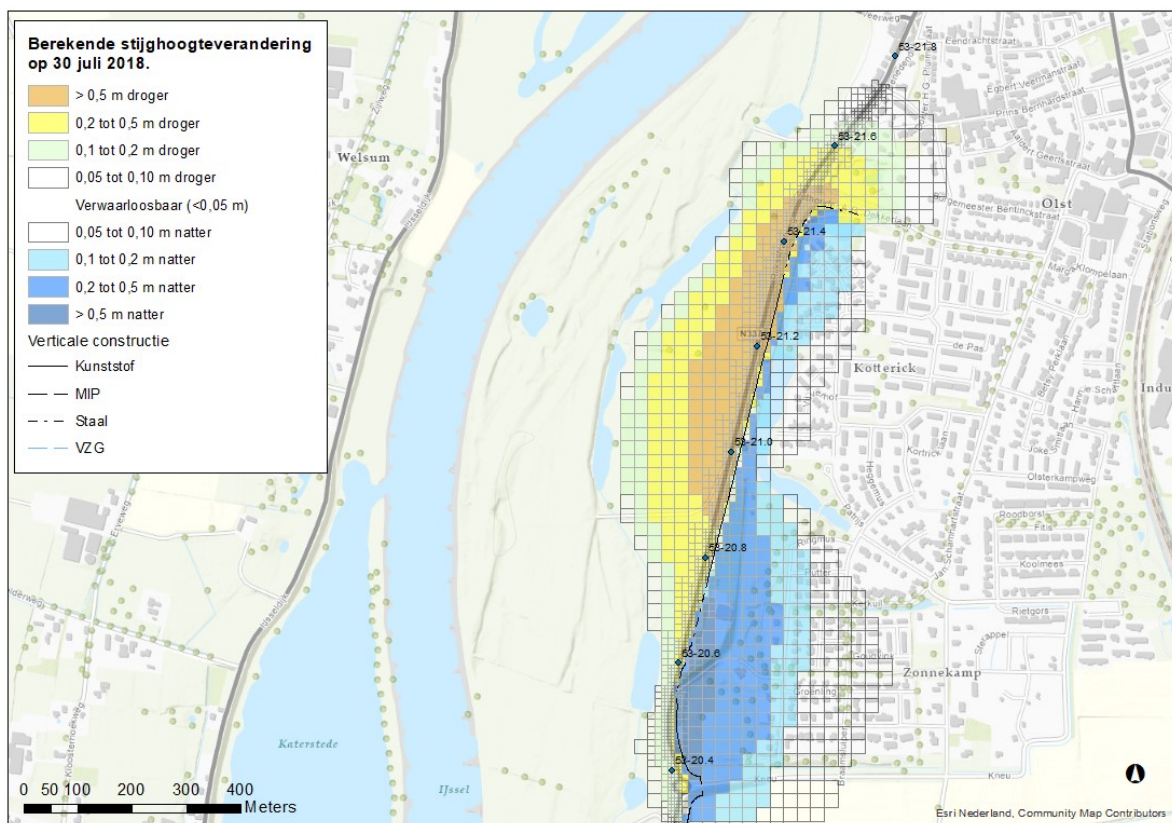
Bijlage afbeelding 30 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 19.0 – 20.4, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018 - stijghoogte.

Km 20.4 – 21.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben echter tamelijk grote diepte (NAP -7,5 à -9,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt tussen NAP -7 en -8 m (zie sondering S53Y-20.5D en S53Y-21.0E). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten.

De effecten hiervan zijn dat tussen km 20.4 en 21.0 de situatie in de zomer minder droog wordt.

Ter plaatse van km 20.7 is binnendijs bebouwing aanwezig en zijn de grootste effecten berekend, deze locatie verdient derhalve aanvullende aandacht. Op deze locatie zijn geen peilbuizen aanwezig. Wel zijn peilbuizen aanwezig nabij km 21.0, op deze locatie komen de berekende grondwaterstanden overeen met de metingen. Locatie km 20.7 ligt binnen het peilvak van NAP +2,7 m. In de zomer heeft de IJssel een waterstand die kan dalen nabij Olst tot NAP ca. +0,90 m. Er is voor de zomer een lage stijghoogte berekend van NAP +1,3 m, dit is 1,4 m lager dan het polderpeil. Deze waarde stijgt naar NAP +1,80 m na de dijkversterking, dit is 'slechts' 0,9 m lager dan het polderpeil. Daarmee is de stijging noemenswaardig, maar komt niet hoger dan het polderpeil/natuurlijke fluctuatie en derhalve niet van negatieve impact.



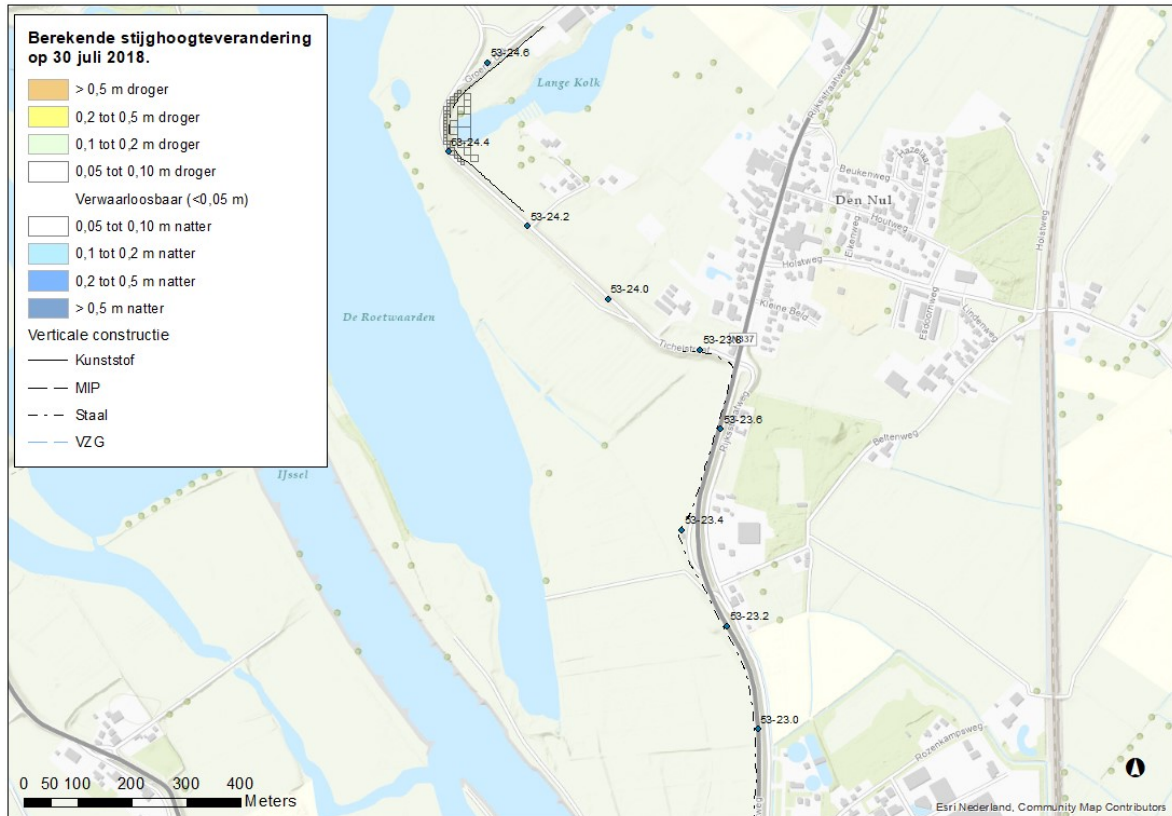
Bijlage afbeelding 31 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 20.4 – 21.8, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.



Traject km 23.0 – 24.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een geringe diepte (NAP -3,1 à -7,1 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt op dit traject redelijk diep (niet aangetroffen in tot de verkende diepte van NAP -13 m van sondering S53-23.50C en op NAP -14 m in DKM2). Daarmee kan het grondwater zo goed als vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Bij deze trajecten worden geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een droge situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen.



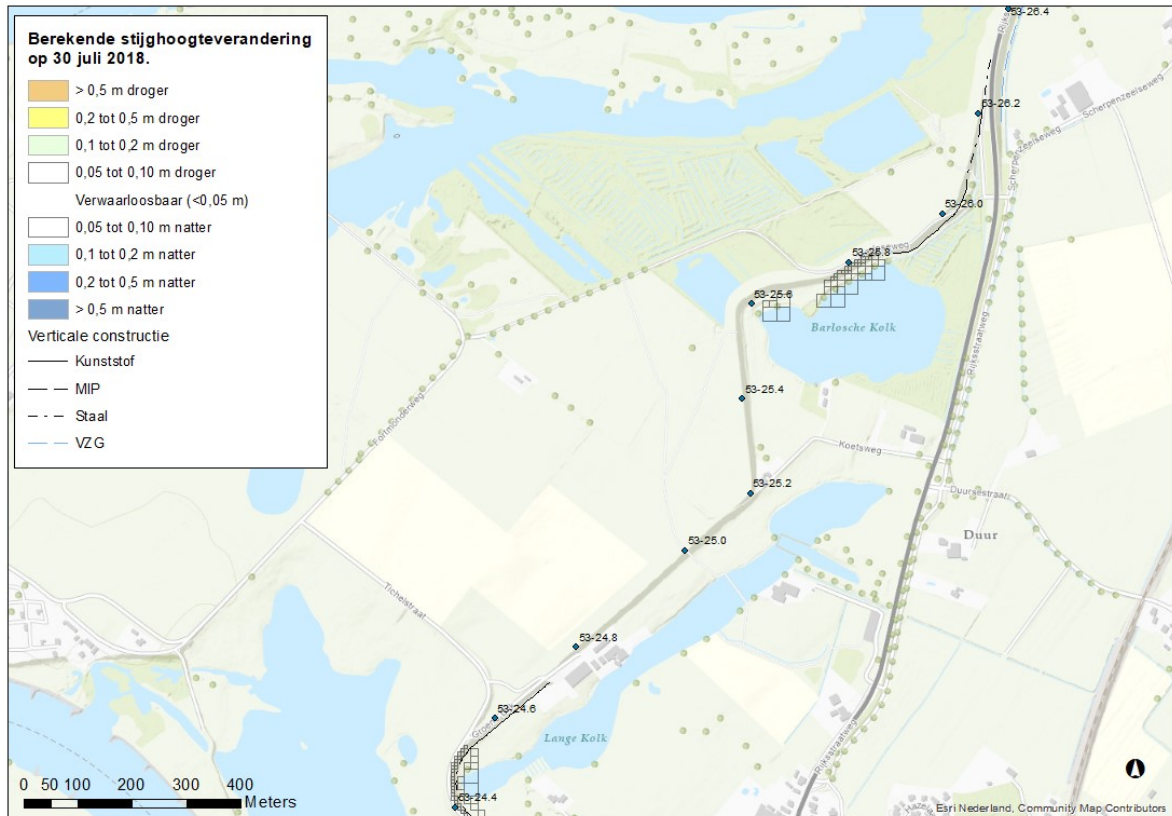
Bijlage afbeelding 33 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 23.0 – 24.6, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 24.8 – 26.2

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een geringe diepte (NAP -3,5 à -4,6 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt tussen NAP -7 en -9 m (zie sondering S53Y-23.0D). Daarmee kan het grondwater vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Bij deze trajecten worden geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een droge situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen.

Uitzondering is ter plaatse van de gedeeltelijke demping van de Barlosche kolk. Deze effecten zijn beperkt tot het gebied van de demping zelf.



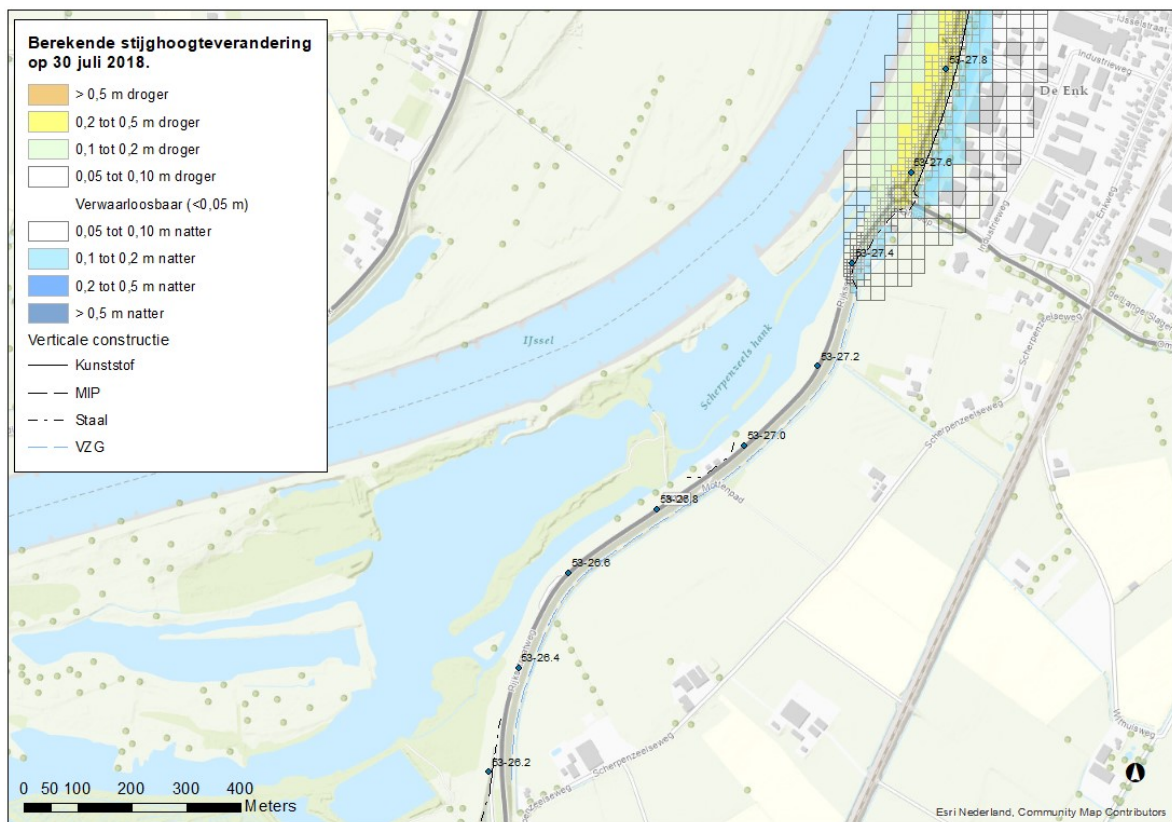
Bijlage afbeelding 34 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 24.6 – 26.2, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 26.2 – 27.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden op dit deel overwegend doorlatende constructies toegepast (VZG). Ter plaatse van km 26.9 – 27.0 wordt een verticaal ondoorlatend scherm geplaatst tot NAP -5,0 m. De onderzijde van de watervoerende laag hier ligt diep, in sondering S53-26.93C is de onderzijde van de watervoerende laag niet aangetroffen tot de verkende diepte (NAP-13 m). Bij deze trajecten worden geen veranderingen van het grondwaterregime tijdens een droge situatie verwacht in vergelijking met de situatie zonder maatregelen voor de diepe grondwaterstand.

Daarnaast worden op het deel km 27.4 tot 28.0 een verticaal ondoorlatend scherm geplaatst. Deze hebben een variërende diepte (NAP -6 tot -9,9 m). Tussen km 27.6 en 28.0 ligt de onderzijde van de watervoerende laag tussen NAP -5 en -9 m (zie sondering S53-27.65D en S53Y-27.8C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten op dit deel van het traject. De effecten hiervan zijn dat tussen km 27.4 en 28.0 de droge situatie meer wordt bepaald door het polderpeil en minder door het peil van de IJssel. Het polderpeil in de zomer is NAP +1,25 m, De OLR van de IJssel nabij Wijhe is NAP +0,55 m. Een grotere invloed van het oppervlaktewater in de zomer betekent dat de situatie minder droog wordt.

De ondiepe grondwaterstand is nader beschouwd voor de woning bij km 26.9 in de hoofdttekst.



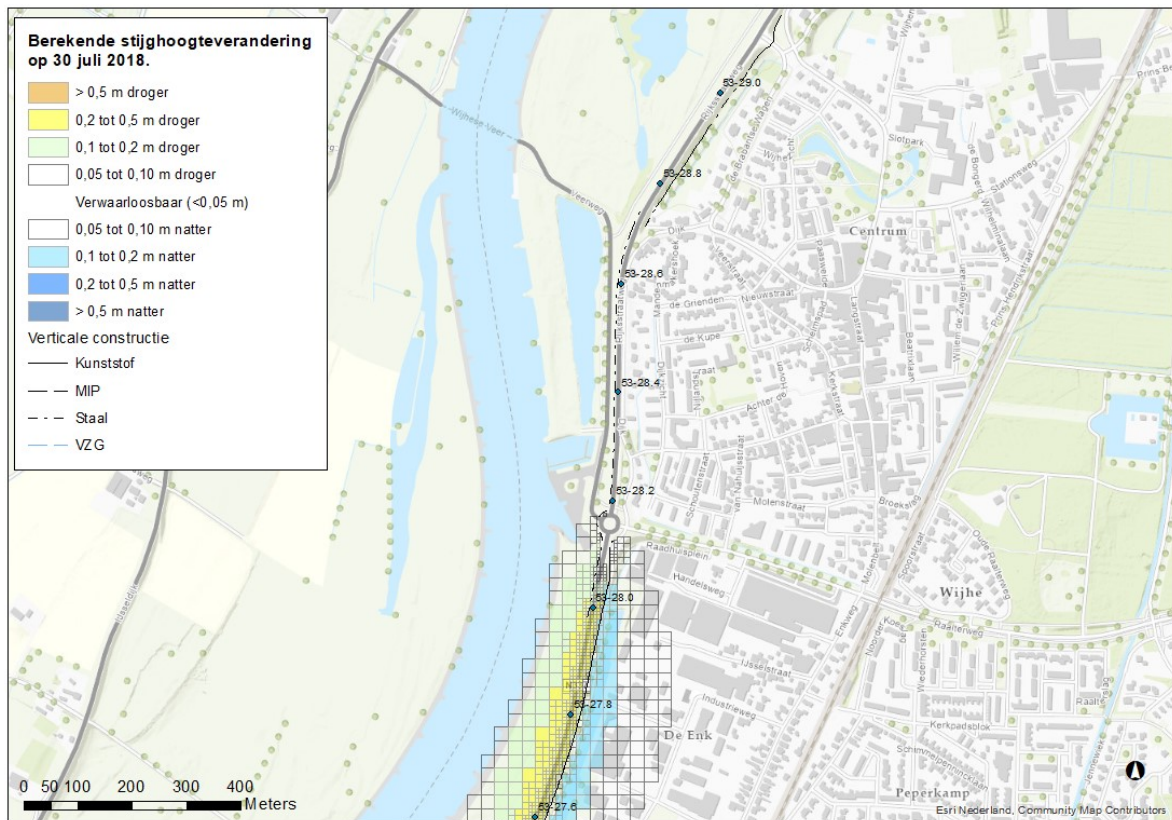
Bijlage afbeelding 35 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 26.2 – 27.8, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 27.8 – 29.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -5,5 tot -13,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag varieert sterk. Tussen km 27.6 en 28.0 ligt de onderzijde van de watervoerende laag tussen NAP -5 en -9 m (zie sondering S53-27.65D en S53Y-27.8C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten op dit deel van het traject. Effecten zijn reeds beschreven bij het deel voor km 26.2-27.8.

Tussen km 28.0 en 28.7 ligt de onderzijde van de watervoerende laag veel dieper. In sondering S53Y-28.2^E en S53-28.55C is deze geheel niet aangetroffen (verkende diepte NAP -12 en -18 m). Daarmee kan het grondwater vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Tussen km 28.7 en 29.0 wordt geleidelijk kleilaag aangetroffen in de watervoerende laag, waardoor de dikte hiervan weer dunner wordt. In sondering S53-28.80D is deze kleilaag tot de verkende diepte van de sondering niet aangetroffen (NAP -16 m). In sondering S53-28.95D en S53Y-29.0D is wel een kleilaag aangetroffen op een diepte van NAP -4 à -5 m. Daarmee wordt de watervoerende laag deels afgesloten op dit deel van het traject. Het polderpeil in de zomer is op deze locatie NAP +0,85 m. De OLR van de IJssel nabij Wijhe is NAP +0,55 m. De effecten hiervan zijn dat tussen km 28.7 en 29.0 de situatie tijdens laagwater meer invloed van de polderpeilen ondervindt en minder invloed van de IJssel ondervindt. Gezien het geringe verschil wordt het theoretisch minder droog.

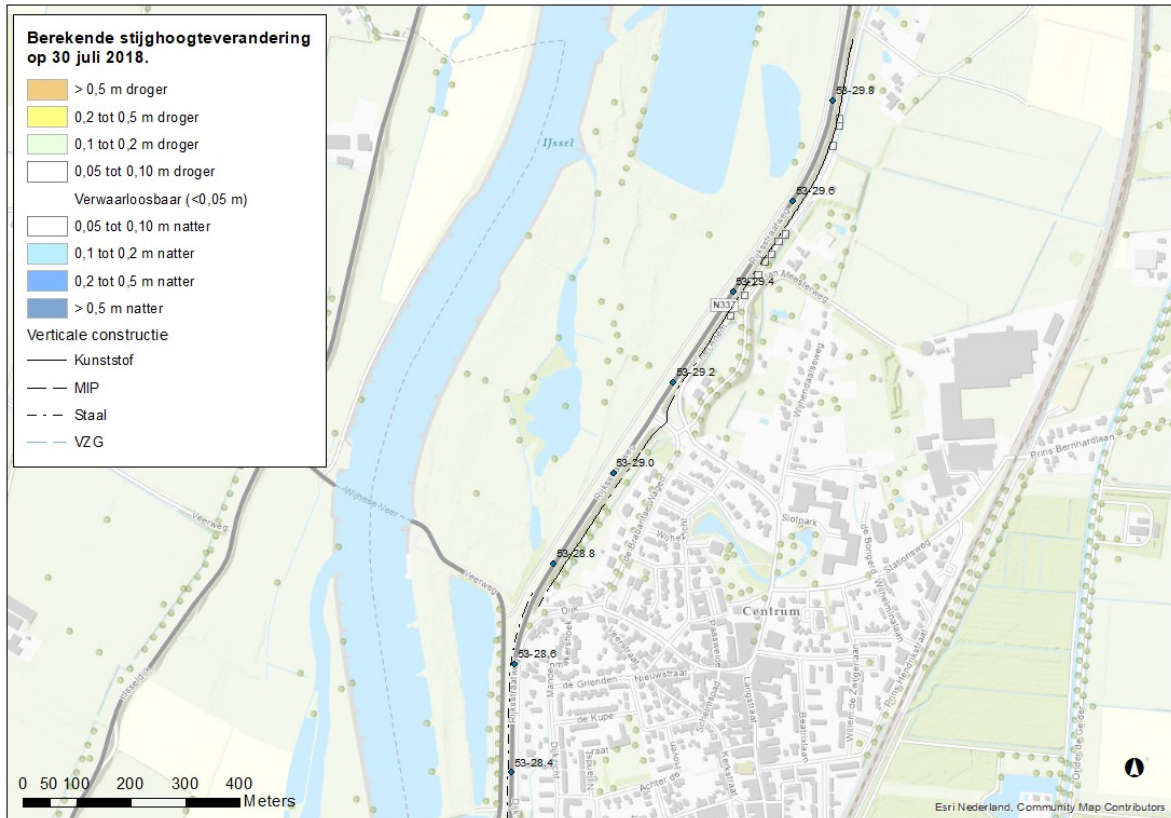


Bijlage afbeelding 36 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 27.8 – 29.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018

Traject km 29.0 – 29.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een geringe diepte (NAP -5,5 à 6,0 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt tussen NAP -4 en -4,5 m (zie sondering S53Y-29.0D en S53Y-29.6C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten.

Het polderpeil in de zomer is op deze locatie NAP +0,85 m. De OLR van de IJssel nabij Wijhe is NAP +0,55 m. De effecten hiervan zijn dat tussen km 29.0 en 29.8 de situatie tijdens laagwater meer invloed van de polderpeilen ondervindt en minder invloed van de IJssel ondervindt. Gezien het geringe verschil wordt het theoretisch minder droog.



Bijlage afbeelding 37 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 29.0 – 29.8, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.



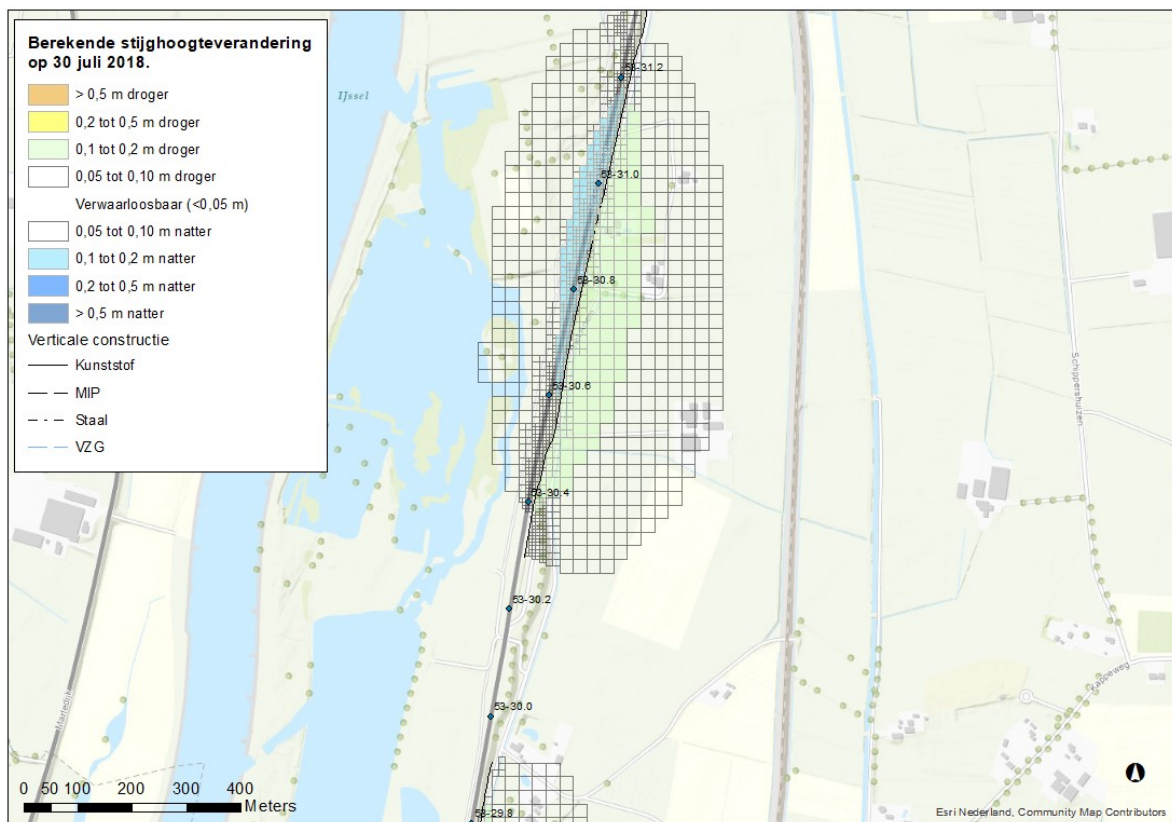
Traject km 29.8 – 31.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -6,0 à -7,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt tussen NAP -4,5 en -6 m (zie sondering S53Y-29.6C en S53Y-31.0C). Daarmee wordt de watervoerende laag geheel afgesloten.

De effecten hiervan zijn dat tussen km 20.4 en 21.0 de situatie tijdens de droge situatie een toename is van droogte. Op deze locatie geeft het model te conservatieve resultaten.

In de zomer is er sprake van het polderpeil (NAP +0,85 m) en lage waterstanden bij de IJssel (ca. NAP +0,3 m bij Wijhe). Daardoor werkt de IJssel drainerend. Het realiseren van een verticale constructie zorgt ervoor dat de drainerende invloed van de IJssel afneemt en de grondwaterstanden stijgen, niet dalen. Dit komt doordat modelmatig op deze locatie meer verdamping wordt voorspeld dan de aanwezige watergangen kunnen aanvullen. De berekende grondwaterstand is in het model daardoor lager dan de werkelijke grondwaterstand en lager dan de IJssel. Met als gevolg dat het model onjuist voorspelt dat de damwand leidt tot verdroging.

Op deze locatie kunnen derhalve negatieve effecten worden uitgesloten.

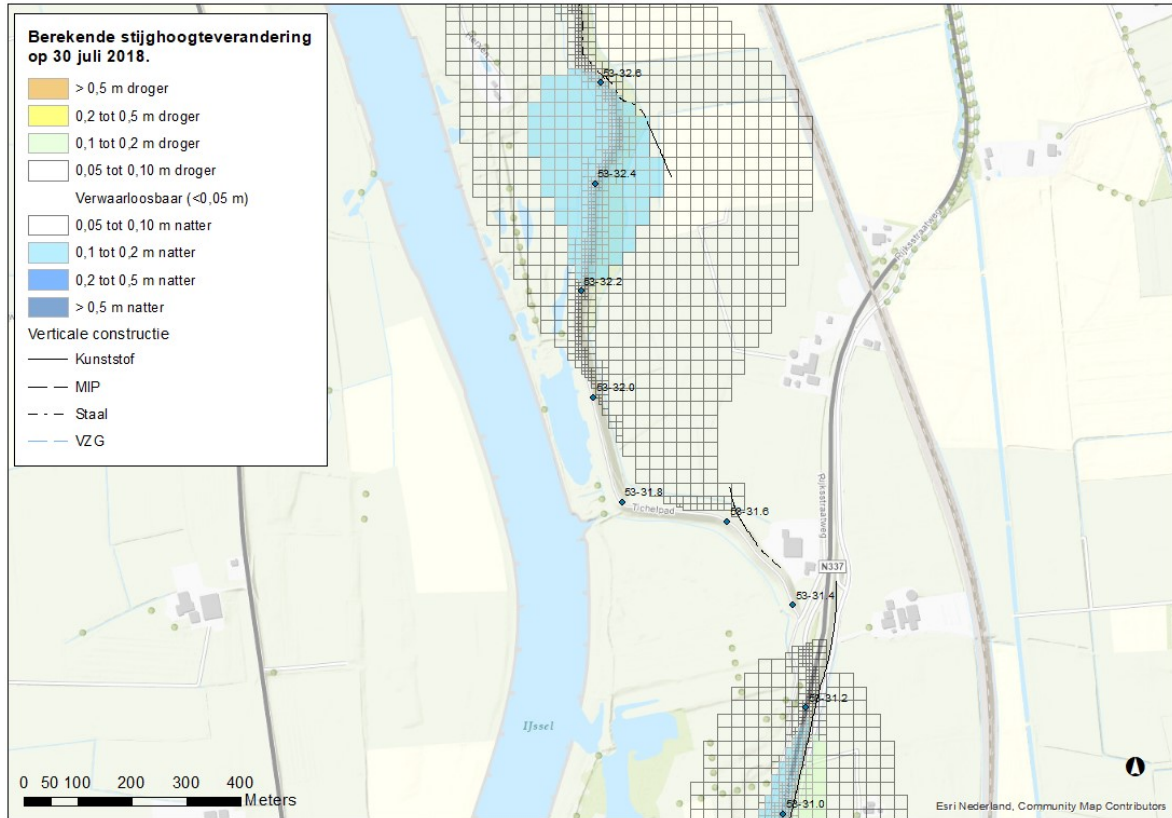


Bijlage afbeelding 38 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 29.8 – 31.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 31.0 – 32.6

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op enkele delen van dit traject. De grootste verandering betreft de dijkverlegging Paddenpol. Op het gedeelte dat na de dijkverlegging buitendijks komt vinden de grootste veranderingen plaats. Achter de nieuwe dijk is sprake van een toename van de stijghoogte.

Het model voorspelt geen toename van droogte in de droge periode. Daarmee kunnen verdrogingseffecten worden uitgesloten.

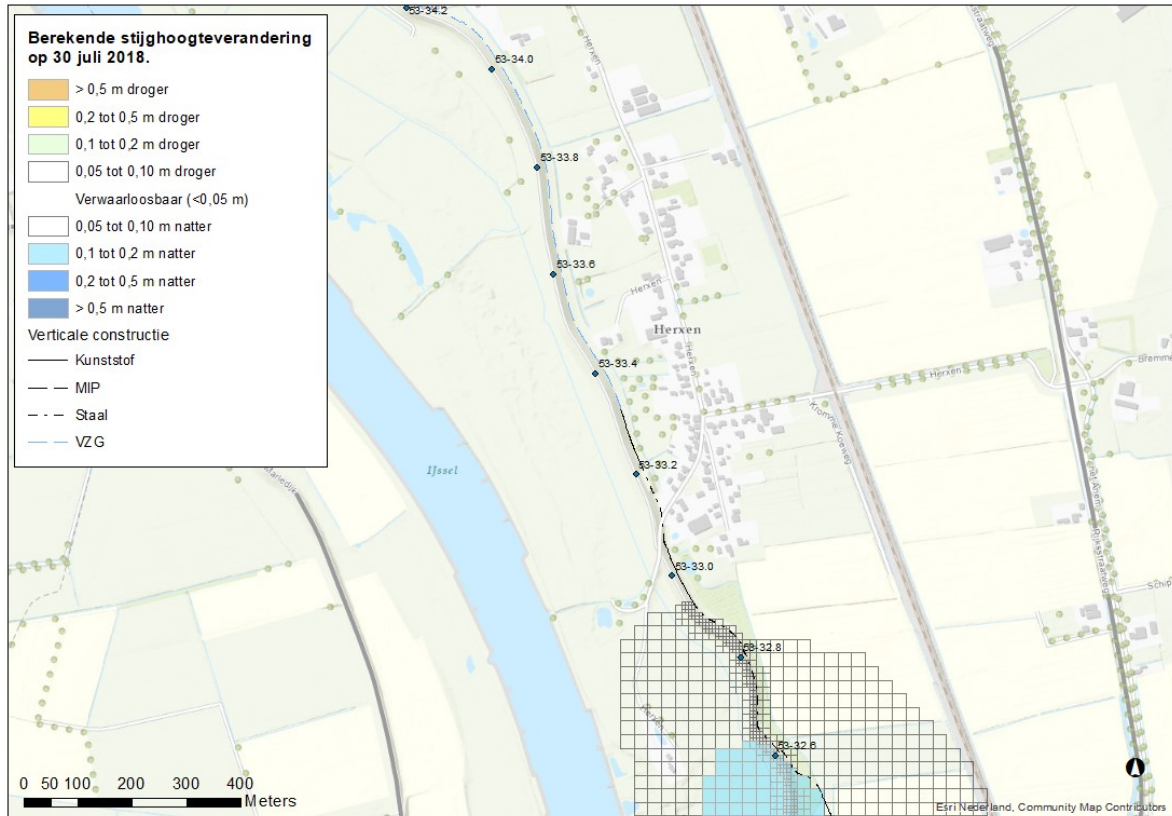


Bijlage afbeelding 39 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 31.0 – 32.6, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 32.6 – 34.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -6,9 à -12 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt zeer diep (NAP -17 m in sondering DKMP53Y-32.50D en niet aangetroffen tot de verkende diepte in DKMP53Y-33.30C). Daarmee kan het grondwater vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Het model voorspelt geen toename van droogte in de droge periode. Daarmee kunnen verdrogingseffecten worden uitgesloten.

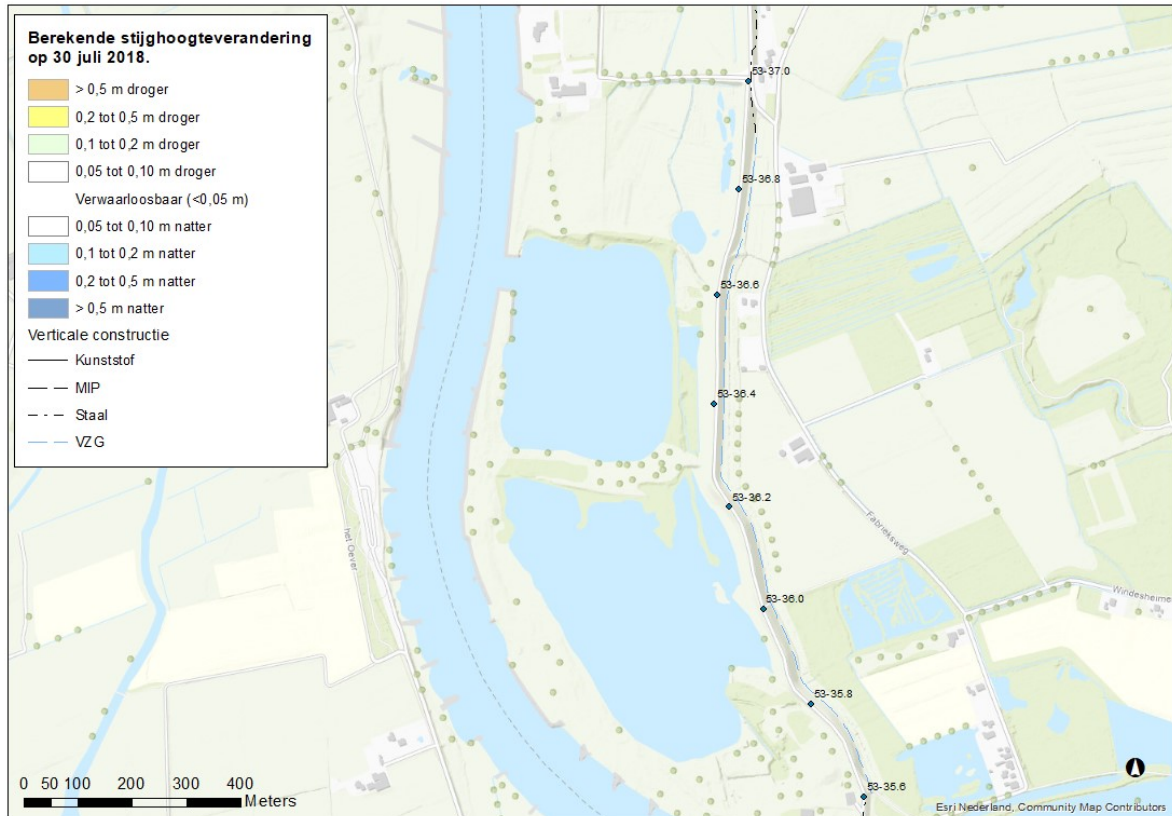


Bijlage afbeelding 40 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 32.6 – 34.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 35.8 – 37.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -11,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt overwegend dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-36.95C en DKMP53Y-37.30C). Lokaal is een ondiepe kleilaag aangetroffen daar zijn beperkte effecten berekend (nabij sondering S53Y-37.1C).

Op geen enkel deel in dit traject is sprake van een verandering van de grondwaterstand aan de binnenwaartse zijde. Daarmee kunnen effecten worden uitgesloten.

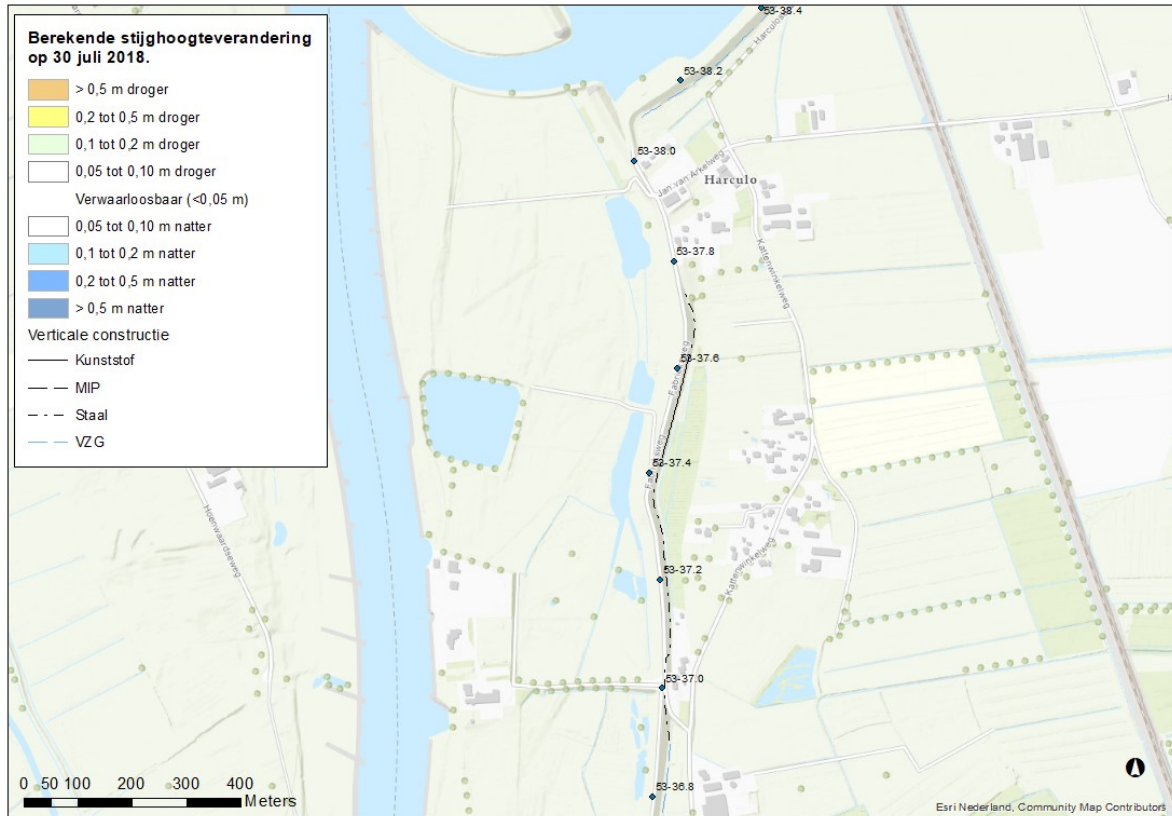


Bijlage afbeelding 42 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 35.8 – 37.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 37.0 – 38.2

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een redelijk grote diepte (NAP -5,6 à -11,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt overwegend dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-36.95C en DKMP53Y-37.30C). Lokaal is een ondiepe kleilaag aangetroffen daar zijn beperkte effecten berekend (nabij sondering S53Y-37.1C).

Op geen enkel deel in dit traject is sprake van een verandering van de grondwaterstand aan de binnenwaartse zijde. Daarmee kunnen effecten worden uitgesloten.

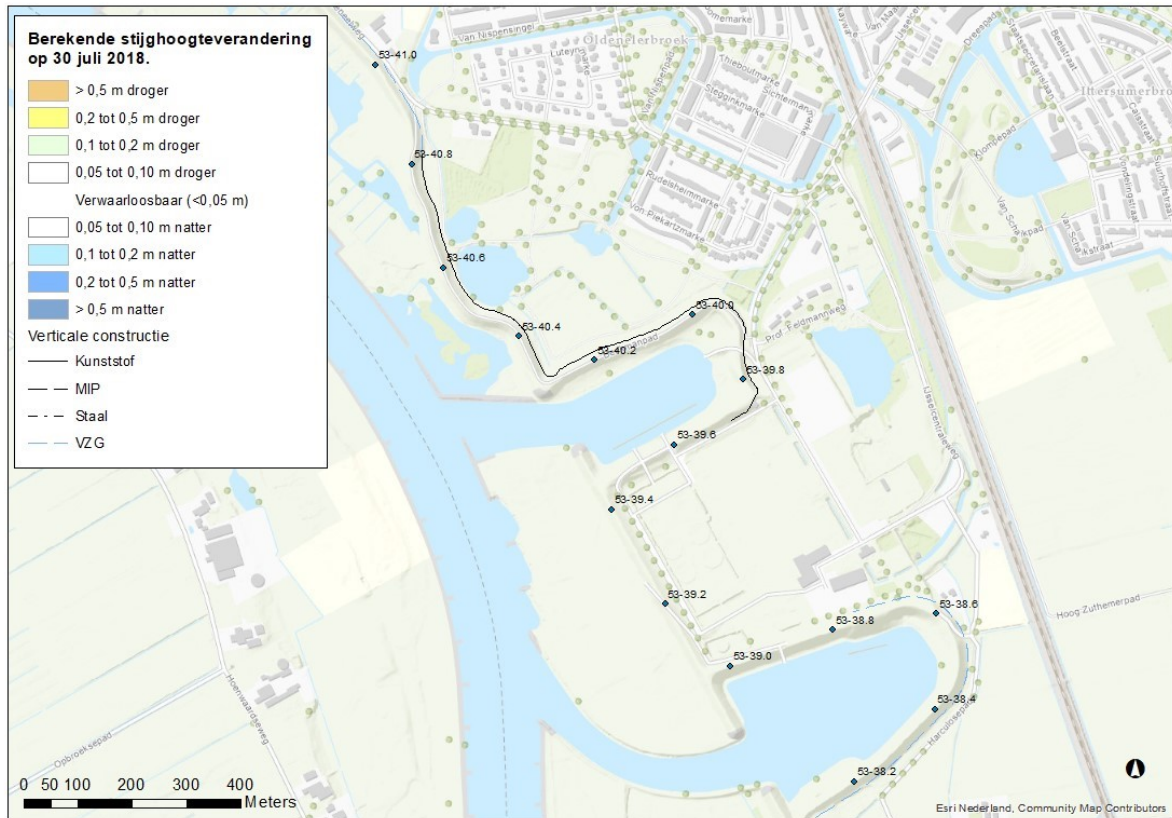


Bijlage afbeelding 43 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 37.0 – 38.2, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 38.2 – 40.8

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -4,7 à -9,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt overwegend dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-40.10C en DKMP53Y-40.69D). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Op geen enkel deel in dit traject is sprake van een verandering van de grondwaterstand aan de binnenwaartse zijde. Daarmee kunnen effecten worden uitgesloten.



Bijlage afbeelding 44 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 38.2 – 40.8, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.



Traject km 40.8 – 42.4

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -3,7 à -9,7 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt op grote diepte (NAP -17 m in DKMP53Y-42.70C) of ligt dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (S53Y-41.55B). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen.

Op geen enkel deel in dit traject is sprake van een verandering van de grondwaterstand aan de binnenwaartse zijde. Daarmee kunnen effecten worden uitgesloten.



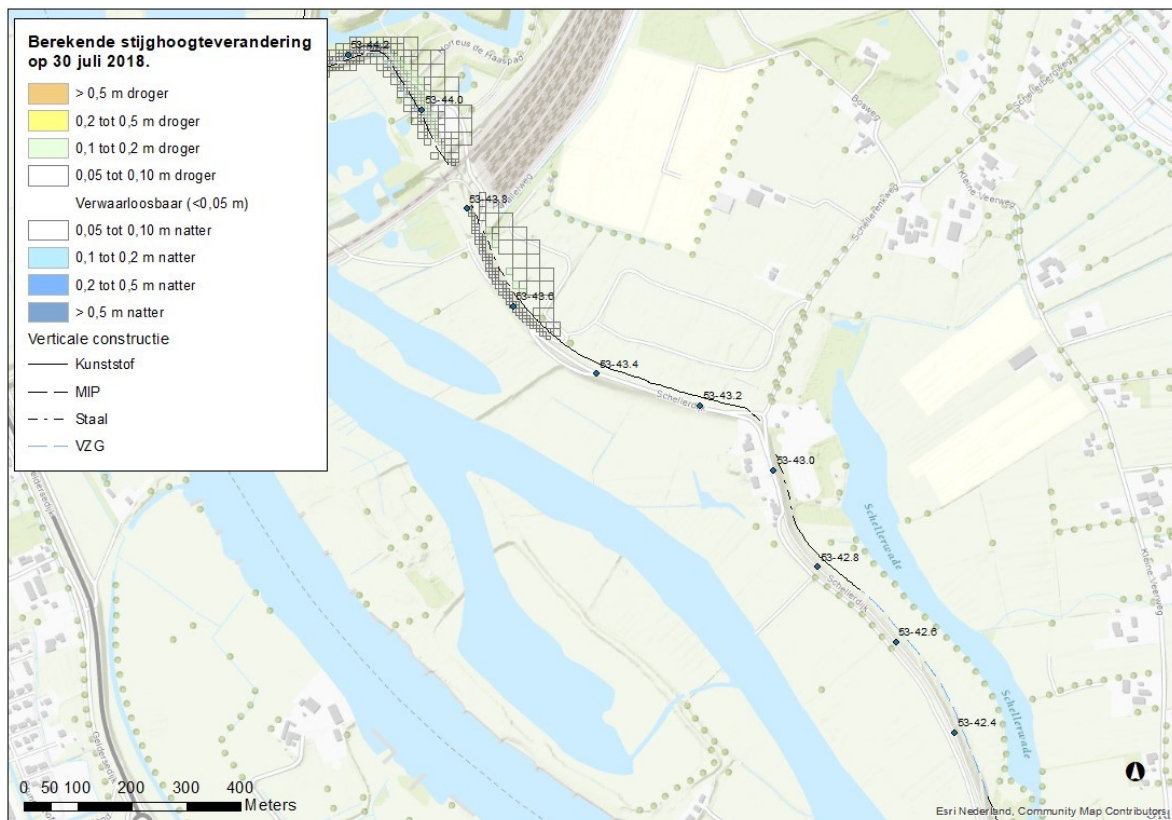
Bijlage afbeelding 45 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 40.8 – 42.4, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

Traject km 42.4 – 44.0

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -3,7 à -9,6 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-42.72C en DKMP53-43.63C). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen.

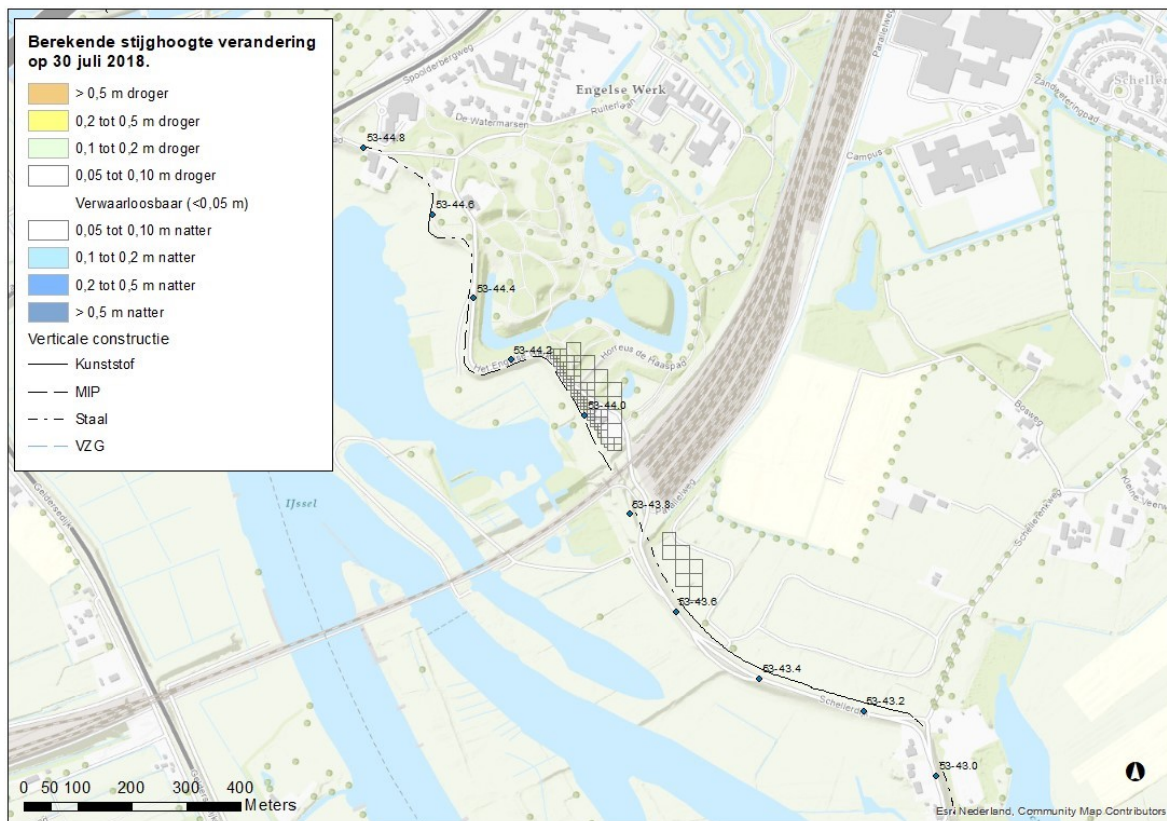
Bij de locatie met de diepste damwanden zijn theoretische effecten berekend. Deze worden vooral veroorzaakt doordat de damwand de lagen met de hoogste doorlatendheid afsluit. Daaronder liggen lagen die onderdeel zijn van de gestuwde afzettingen. Deze hebben volgens de literatuur een lagere doorlatendheid en een nog geringere verticale doorlatendheid.

In de zomer is er een zeer gering verschil tussen de waterpeilen op de IJssel en de vigerende polderpeilen. Daardoor is er een zeer gering effect berekend. Dit is meegenomen in de effect bepaling in paragraaf 5.4.

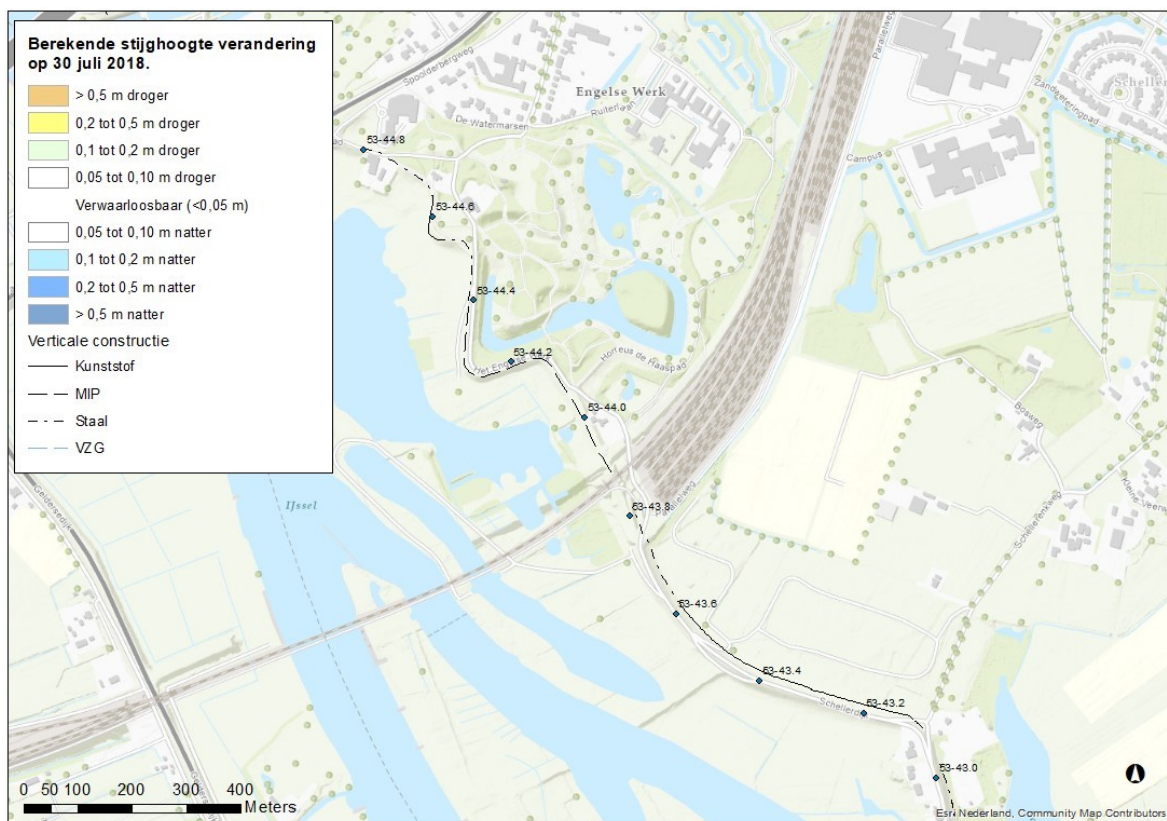


Bijlage afbeelding 46 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 42.4 – 44.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

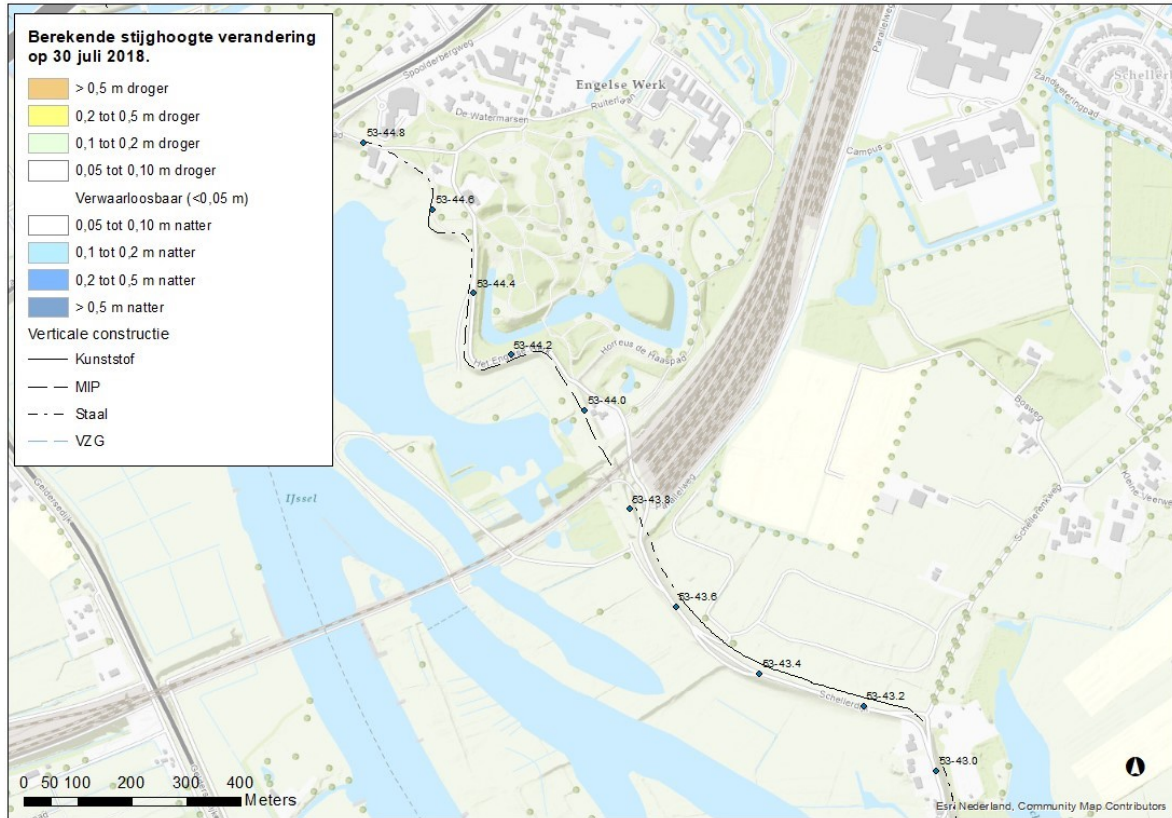
Op dit deel is de drinkwaterwinning Engelse Werk aanwezig. Hier zijn pompputten aanwezig. Deze hebben het onttrekkingsfilter op een diepte van ca. 40 tot 80 m-mv (Vitens, 2006). Bovenstaande afbeelding geeft de veranderingen van de grondwaterstanden op een diepte van ca. 5 tot 10 m-mv. Veranderingen op grotere diepte zijn voor Engelse Werk weergegeven in afbeelding 19 t/m afbeelding 21. Te zien is dat in de grondlagen die ter hoogte zijn van de verticale constructie (ca. NAP -12,4 m), dat er effecten worden berekend. In grondlagen op grotere diepte nemen deze effecten af. Op de diepte van de filters van de pompputten zijn geen significante effecten berekend.



Bijlage afbeelding 47 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 42.4 – 44.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018 (diepte 10 – 20 m-mv).



Bijlage afbeelding 48 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 42.4 – 44.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018 (diepte 26 – 36 m-mv).



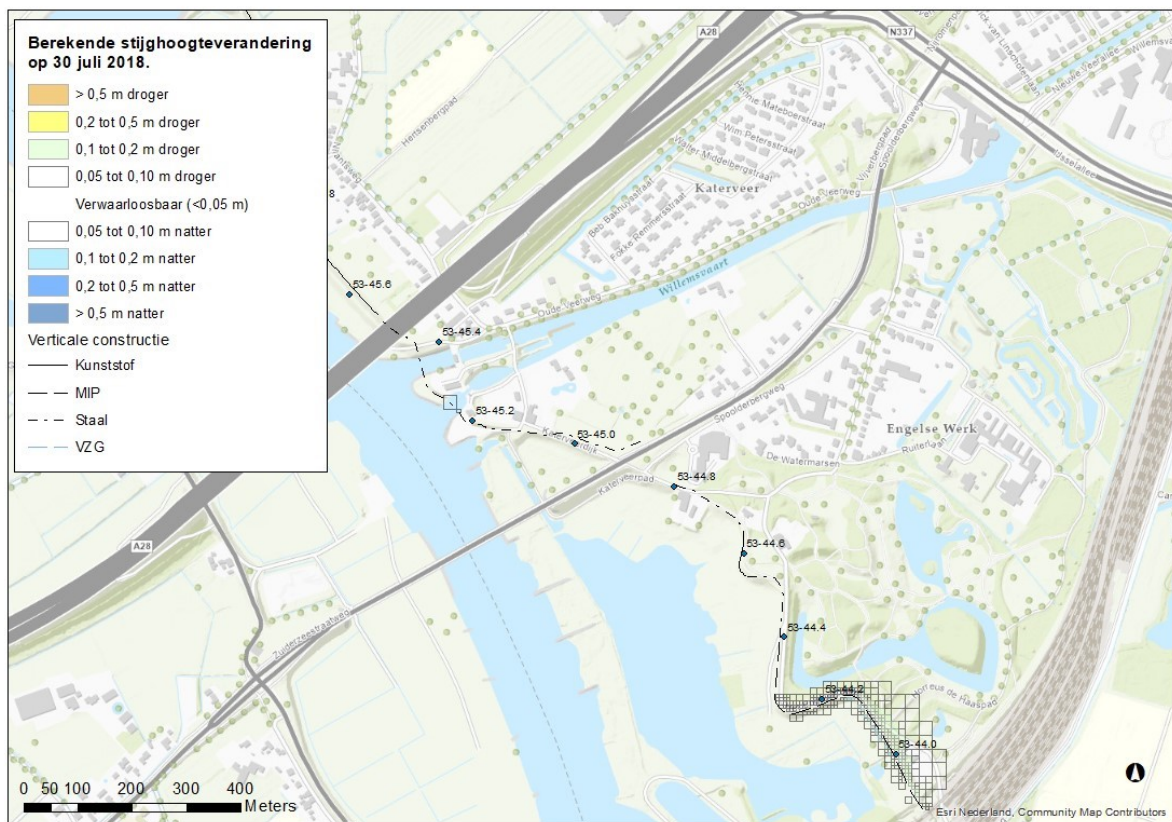
Bijlage afbeelding 49 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 42.4 – 44.0, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018 (diepte 63 – 110 m-mv).

Traject km 44.0 – 45.2

De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een variërende diepte (NAP -0,5 à -12,4 m). De onderzijde van de watervoerende laag ligt ter plaatse van het Engelse Werk dieper dan de verkende diepte van het grondonderzoek (DKMP53Y-43.90C en DKMP53Y-44.96C). Daardoor kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen. Ter plaatse van Katerveercomplex zijn lokaal dunnere watervoerende lagen aangetroffen, de onderzijde daar varieert over korte afstand tussen de NAP -10 m (S53Y-45.32A) tot NAP -17 m (S53Y-4534A). De damwand daar sluit een deel van de watervoerende laag af, dit is alleen op de locatie waar de onderzijde van de watervoerende laag ondiep is.

Bij de locatie met de diepste damwanden zijn theoretische effecten berekend. Deze worden vooral veroorzaakt doordat de damwand de lagen met de hoogste doorlatendheid afsluit. Daaronder liggen lagen die onderdeel zijn van de gestuwde afzettingen. Deze hebben volgens de literatuur een lagere doorlatendheid en een nog geringere verticale doorlatendheid.

In de zomer is er een zeer gering verschil tussen de waterpeilen op de IJssel en de vigerende polderpeilen. Daardoor is er een zeer gering effect berekend. Dit is meegenomen in de effect bepaling in paragraaf 5.4.



Bijlage afbeelding 50 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 44.0 – 45.2, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018.

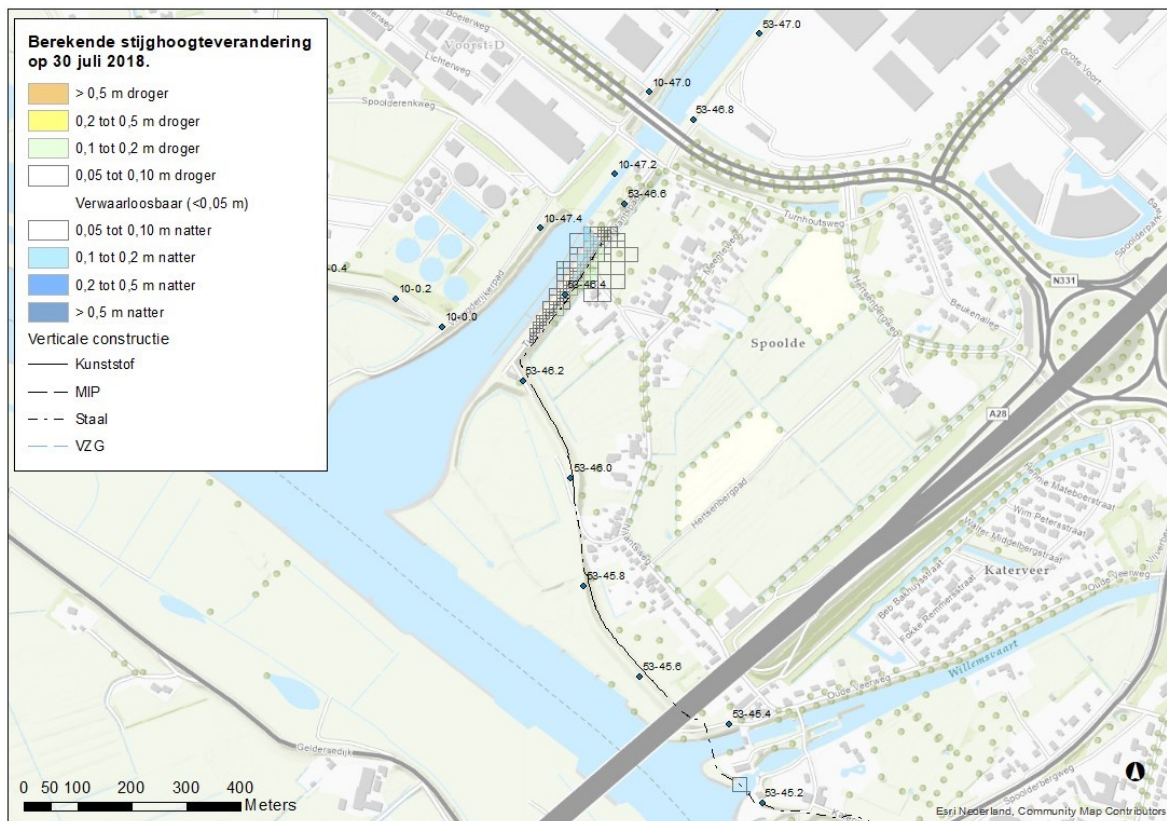
Op dit deel is de drinkwaterwinning Engelse Werk aanwezig. Hier zijn pompputten aanwezig. Deze hebben het onttrekkingsfilter op een diepte van ca. 40 tot 80 m-mv (Vitens, 2006). Bovenstaande afbeelding geeft de veranderingen van de grondwaterstanden op een diepte van ca. 5 tot 10 m-mv. Veranderingen op grotere diepte zijn voor Engelse Werk weergegeven in afbeelding 19 t/m afbeelding 21. Te zien is dat in de grondlagen die ter hoogte zijn van de verticale constructie (ca. NAP -12,4 m), dat er effecten worden berekend. In grondlagen op grotere diepte nemen deze effecten af. Op de diepte van de filters van de pompputten zijn geen significante effecten berekend.

Traject km 45.4 – 46.6

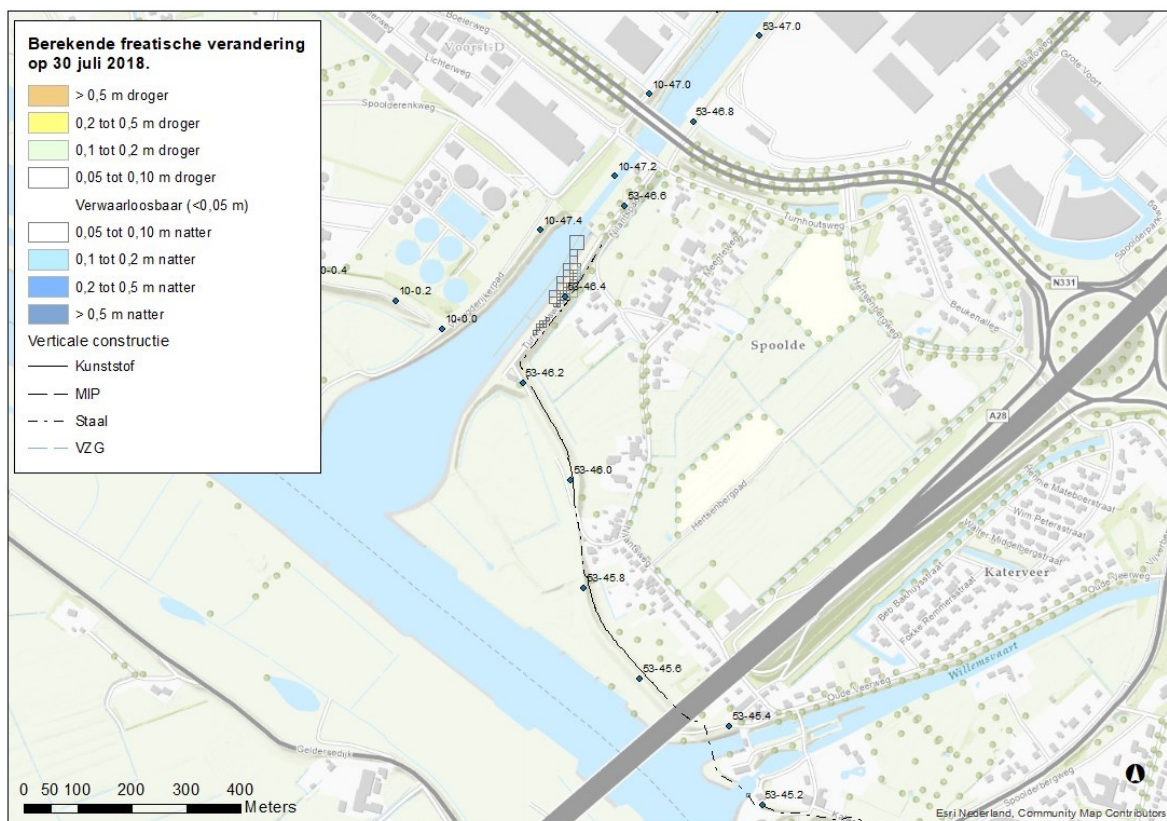
De resultaten van dit traject zijn weergegeven in onderstaande afbeelding. Er worden verticale ondoorlatend schermen geplaatst op meerdere delen van dit traject. Deze hebben een grote diepte (NAP -8,4 à -11,2 m). De onderzijde van de watervoerende laag is lokaal aangetroffen op NAP -20 m (DKMP53Y-45.64C) en elders is deze aangetroffen op NAP -9 m (9S53Y-46.38D). Lokaal kan water vrijelijk onder de damwand doorstromen. Lokaal wordt de waterstroom geremd.

In de zomer is er een zeer gering verschil tussen de waterpeilen op de IJssel en de vigerende polderpeilen. Daardoor is er een zeer gering effect berekend. Tussen de dijk en de nabije woning ligt een watergang, deze remt de effecten verder. Daardoor worden er geen verdrogingseffecten voorspelt voor de freatische grondwaterstand, wel enige effecten voor de stijghoogte. Dit is meegenomen in de effect bepaling in paragraaf 5.4.





Bijlage afbeelding 51 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 45.6 – 46.6, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018 - stijghoogte.



Bijlage afbeelding 52 Resultaten van geohydrologische effecten berekend voor km 45.6 – 46.6, situatie met laagwater gelijk aan 30 juli 2018 – freatisch grondwater.

Bijlage 3: Toelichting geohydrologisch model

Algemeen

Deze bijlage is een beknopte versie van het Achtergrondrapport Geohydrologie en Waterhuishouding (ca. 150 blz.). (IJsselwerken, 2021). Aanvullend daarop zijn meerdere modelkeuzes toegelicht die impact hebben op de berekende effecten.

Bij het model geldt de volgende waarschuwing. De opzet van het model en de kalibratie van het model zijn in hoofdzaak gericht op het watervoerende pakket en het modelleren van de stijghoogte. Er zijn diverse detailzaken voor het freatische pakket die niet betrouwbaar zijn. Denk aan bebouwing waar is opgehoogd, maar waarvan het ophoogmateriaal onbekend is. Of wegen en spoorwegen die zijn aangelegd en waarbij de eigenaar strenge eisen stelt aan ophoogmateriaal²⁵, maar dit niet opgenomen is in bestaande modellen (zoals MIPWA). Daarom wordt gesproken van een stijghoogtemodel en zijn onderwerpen als freatische grondwaterstanden indicatief.

Algemene modelopzet

Er is een grondwatermodel gemaakt voor het project IJsselwerken. Deze omvat de projectscope, maakt gebruik van de software Modflow 6. Deze is project specifiek verfijnd.

Projectscope

De projectscope betreft dijktraject Zwolle-Olst. Dit is km 17.8 tot en met 46.5. De scope van het stijghoogtemodel is ruimer gedefinieerd. Noord-zuid grenzen zijn gelijk aan projectgrenzen met 1 km reserve. Oost-west grenzen zijn gelijk aan de IJssel aan de westzijde en aan de oostzijde is de grens gelegd op ca. 3 km landinwaarts.

Ten behoeve van hanteerbaarheid is het model opgedeeld in vier delen. Deze opdeling omvat steeds een overlap. De opdeling is als volgt:

- Noord: km 38.0 tot en met 46.7.
- Midden Noord: km 30.0 tot en met 38.0
- Midden Zuid: km 23.0 tot en met 30.0.
- Zuid: km 17.8 tot en met 23.0.

Tijdsafhankelijkheid

Modelkalibraties zijn stationair uitgevoerd. Modelanalyses zijn tijdsafhankelijk uitgevoerd. Daarbij is de periode van 1-5-2017 tot en met 3-9-2018 doorgerekend. Dit is gedaan in 71 tijdstappen van elk een week.

Software en rekenwijze

Er is een 3D grondwatermodel gemaakt. Dit model is opgesteld met de software MODFLOW 6. De volgende rekenwijze is aangehouden:

- Stationaire rekenwijze.
- Rekening: basis grid bestaat uit cellen van 25x25m, lokaal verfijnd tot 6.25x6.25 m. Verfijning is toegepast rondom de objecten: IJssel, watergangen achterland en het dijklichaam.

Modelranden

- Modelranden aan de Oost zijde zijn vast/ondoordringend. Hierbij is de randvoorwaarde vastgezet op basis van de stationaire stijghoogtes volgens het MIPWA model.
- Modelrand aan de onderzijde is ondoordringend. De diepte ligging van deze onderzijde wordt gebaseerd op het MIPWA lagenmodel. Deze ligt op voor de trajecten Midden Noord, Midden Zuid en Zuid een diepte van ca. NAP – 35 m, voor het traject Noord bevindt deze zich op een diepte van ca. -100 m.
- Modelrand “maaiveld” omvat de “drainage” module. Deze zorgt ervoor dat de freatische grondwaterstand niet hoger kan zijn dan het maaiveld. Het maaiveld is bepaald op basis van AHN3. Hierbij is het uitgangspunt dat wanneer de grondwaterstand boven het maaiveld uitkomt, het water wordt gedraineerd.
- Modelrand ter plaatse van de IJssel is opgenomen als “river boundary”. Deze is gemodelleerd met een flexibel waterpeil. Afhankelijk van de uitgangssituatie wordt het waterpeil gevarieerd.
- Modelrand ter plaatse van de uiterwaarden is opgenomen als flexibele rand. Bij toenemend waterpeil komt meer voorland onderwater te staan. Daardoor wordt meer oppervlak meegenomen als “river boundary”.

²⁵ Eisen zijn o.a. opgenomen in (Prorail, 2016).



Basis gegevens

Het model is gebaseerd op MIPWA schematisatie. Deze is verfijnd op basis van lokale data.

Er is gebruik gemaakt van de volgende MIPWA-gegevens:

- MIPWA 3.0 (datum van raadplegen: 21-01-2021)
- MIPWA 3.1 (datum van raadplegen: 21-01-2021), hieruit zijn de doorlatendheid parameters geraadpleegd. Deze versie van MIPWA bevat een geupdate versie van deze waarden ten opzichte van MIPWA 3.0.

Verfijning diepe lagen

Het watervoerende pakket bestaat uit onder andere de formatie van Kreftenheye. Dit is een afzetting met grote rivierzanden. In dit rivierzand is lokaal een kleiige laag aanwezig. Dit is de formatie van Zutphen. De aanwezigheid van deze laag is zeer lokaal. Indien deze laag aanwezig is, dan is de dikte van de watervoerende laag ca. 10 m. Indien deze laag afwezig is, is de laagdikte gelijk aan de waarde uit MIPWA 3.1 (ca. 40 m). De IJssel doorsnijdt vanwege de geringe diepte van de IJssel, niet deze laag.

Deze laag is reeds aanwezig in MIPWA. Er is lokaal een verfijning gemaakt. Bij deze verfijning is het volgende gedaan. Er is een inventarisatie gemaakt en de bodemopbouw is geschematiseerd per 200 m dijk. Het grondonderzoek overschrijft de bodemopbouw vanuit MIPWA, maar tot slechts een zekere afstand. Deze afstand betreft de aslijn van de dijk en 200 m aan weerszijden. Een overzicht van het toegepaste grondonderzoek is weergegeven in Tabel 9.1.

Dijkring 10	Zuid	Midden-Zuid	Midden-Noord	Noord
S10-0.40C	DKMP53-18.10C	DKMP53-28.07C	DKMP53-30.19C	DKMP53-38.47C
S10-0.50C	DKMP53-18.30C	DKMP53-28.70C	DKMP53-30.60C	DKMP53-38.89C
S10-0.68C	DKMP53-18.50C	DKMP53-24.20C	DKMP53-31.00C	DKMP53-39.60C
S10-0.90C	DKMP53-19.20C	DKMP53-24.70C	DKMP53-31.52C	DKMP53-40.10C
S10-1.10C	DKMP53-19.50C	DKMP53-25.40C	DKMP53-31.67C	DKMP53-40.44C
S10-1.30C	DKMP53-19.90C	DKMP53-25.69C	DKMP53-31.90C	DKMP53-40.69D
S10-1.50C	DKMP53-20.10C	DKMP53-25.90C	DKMP53-32.10D	DKMP53-41.78C
S10-1.72C	DKMP53-20.31C	DKMP53-26.20C	DKMP53-32.30D	DKMP53-41.95C
S10-1.90C	DKMP53-20.70C	DKMP53-26.50C	DKMP53-32.50D	DKMP53-42.07C
S10-2.10C	DKMP53-21.20C	DKMP53-26.70C	DKMP53-32.65D	DKMP53-42.27C
S10-47.40C	DKMP53-22.50C	DKMP53-26.90C	DKMP53-32.85D	DKMP53-42.72C
S10-47.40C	DKMP53-22.70C	DKMP53-27.10C	DKMP53-33.30C	DKMP53-42.87C
	DKMP53-23.20C	DKMP53-27.30C	DKMP53-33.53C	DKMP53-43.11C
	S53Y-17.9D	DKMP53-27.49C	DKMP53-33.73C	DKMP53-43.63C
	S53Y-18.8D	DKMP53-27.80C	DKMP53-34.10C	DKMP53-43.90C
	S53Y-20.5D	S53Y-23.1E	DKMP53-34.30C	DKMP53-44.16C
	S53Y-21.0E	S53Y-23.6E	DKMP53-34.50C	DKMP53-44.45C
	S53Y-22.0E	S53Y-23.9D	DKMP53-34.70C	DKMP53-44.96C
	S53Y-22.0E	S53Y-23.9D	DKMP53-35.10D	DKMP53-45.04C
	S53Y-23.0D	S53Y-24.4D	DKMP53-35.30D	DKMP53-45.55C
	DKM12	S53Y-25.0D	DKMP53-35.50D	DKMP53-45.64C
	DKM14	S53Y-25.5E	DKMP53-35.92C	DKMP53-45.90C
	DKM15	S53Y-28.2E	DKMP53-36.09C	DKMP53-46.53C
	DKM24	S53Y-28.5E	DKMP53-36.39C	S53Y-46.30D
	DKM19	S53Y-29.0D	DKMP53-36.55C	S53Y-45.32A
	DKM28	S53Y-29.6C	DKMP53-36.69C	S53Y-45.34A
	DKM32	S53Y-29.8E	DKMP53-36.95C	S53Y-46.38D
			DKMP53-37.30C	S53Y-38.2E
			DKMP53-37.50C	S53Y-41.2E
			DKMP53-37.60C	S53Y-41.55B
			S53Y-31.15E	S53Y-43.25D
			S53Y-33.0D	S53Y-46.1D
			S53Y-33.9C	
			S53Y-34.9C	
			S53Y-35.7D	
			S53Y-37.1C	

Tabel 9.1 Overzicht van meegenomen sonderingen per deelgebied.



Een onderdeel van de dijkversterking betreft dijkverlegging Paddenpol. Tijdens het project is hiervoor aanvullend grondonderzoek uitgevoerd. Het model is verfijnd op basis van dit onderzoek. De volgende onderzoekspunten zijn meegenomen: DKMP301, DKM304, DKM310, DKMP313 en DKMP316.

Verfijning voorland

Er is een inventarisatie gemaakt van de eigenschappen van het voorland. Daarbij is op basis van de best beschikbare gegevens het voorland geparametriseerd. Bij deze analyse is het volgende gedaan: Inventarisatie per 200 m dijk. Focus gebied is het voorland tussen de buitenteen van de dijk en de IJssel. Een aanvullende verfijning is gemaakt ter plaatse van (diepe) waterpartijen. Maaiveldhoogte van het maaiveld is conform AHN3. Ondiepe watergangen nabij buitenteen zijn conform landmeetkundige inmeting legger waterkeringen. Diepe watergangen nabij buitenteen zijn conform landmeetkundige inmeting april 2015. Overige watergangen zijn gebaseerd op best-guess waarden.

Bodemopbouw is gebaseerd op basis van beschikbaar grondonderzoek. Indien dit aanwezig is, is gericht op boringen in het voorland. Indien afwezig boringen ter plaatse van de buitenteen. In de analyse is onderscheid gemaakt tussen grove zandlagen ($k_v = \infty$ m/dag), fijne zandlagen ($k_v = 3$ m/dag), gerijpte klei ($k_v = 1$ m/dag) en ongerijpte klei/veenlagen ($k_v = 0,01$ m/dag). Een overzicht van de meegenomen onderzoekspunten is opgenomen in Tabel 9.2.

Dijkring 10	Zuid	Midden-Zuid	Midden-Noord	Noord
HB10-0.27A	B53Y-18.8C	B01-vl	B53Y-31.2A	B53Y-39.85C
HB10-0.6A	B53Y-21.0B	B27G0779	B53Y-33.0B	B53Y-42.1A
HB10-1.00B	B53Y-22.4B	B27G0780	HB53-31.80B	B53Y-43.2B
HB10-1.40B	B53Y-23.0A	B40	HB53-32.10B	B53Y-46.1B
HB10-1.80B	HB53-18.30A	B43	HB53-32.30B	DKM53-38.89C
HB10-2.20B	HB53-19.50B	B46V	HB53-32.50B	HB53-38.17B
	HB53-19.57B	B53Y-24.4A	HB53-32.70B	HB53-40.48B
	HB53-19.90B	B53Y-29.0C	HB53-33.50B	HB53-40.66B
	HB53-20.10B	HB53-25.40B	HB53-36.30B	HB53-41.69B
	HB53-20.30B	HB53-25.58B	HB53-36.69B	HB53-42.22B
	HB53-20.54B	HB53-25.90B	HB53-37.75A-3	HB53-44.15B
	B20	HB53-26.50B	RH101	HB53-44.31B
	B21V	HB53-27.10B	RH111	HB53-44.96B
	B22	HB53-27.41B	RH121	HB53-45.55E
	B23		RH21	HB53-45.68E
	B25		RH31	HB53-45.88E
	B27G068		RH51	S53Y-41.1C
	B27G0681		RH71	
			RH92	

Tabel 9.2 Overzicht van meegenomen grondonderzoek ter plaatse van het voorland per deelgebied.

Top systeem

Neerslag en verdamping

De neerslag en verdamping zijn verzameld op basis van gegevens van het KNMI. Voor elke uit te voeren berekening zal gekeken worden wat op die locatie het dichtstbijzijnde weerstation is, per traject zijn de dichtstbijzijnde stations weergegeven in Tabel 9.3. Voor de verdamping in de omgeving van het projectgebied is het dichtstbijzijnde station weerstation Heino. De verdamping gemeten door dit station wordt als uitgangspunt gebruikt in de geohydrologische analyses.



Traject [km]	Neerslagstation	Weerstation
17.8 - 19.6	Deventer	Heino
19.7 - 21.1	Epe	Heino
21.2 - 27.8	Heerde	Heino
27.9 - 44.4	Wapenveld	Heino
44.5 - 46.7	Zwolle	Heino

Tabel 9.3 Dichtstbijzijnde KNMI stations per traject

Op basis van ervaring is beoordeeld dat er geen aanvullende waarnemingen van neerslag en verdamping vereist zijn voor de verwachte geohydrologische analyses. De waarnemingen worden gebruikt in de geohydrologische modellering als invoer voor de grondwateraanvulling. Hierbij wordt de grondwateraanvulling berekend als: neerslag - verdamping * verdampingsfactor. Er is een verdampingsfactor van 0,8 aangehouden.

Waterlopen achterland

De waterlopen in het gebied zijn beschreven in (IJsselwerken, 2021). Deze omvat: primaire watergangen en secundaire watergangen. Van het watersysteem worden de volgende uitgangspunten gebruikt voor de geohydrologische analyse: diepte van de watergangen, bodembreedte van de watergangen, waterpeilen conform peilenkaart. Tijdens hoogwater wijken deze soms af, in de kalibratie zijn derhalve afwijkende waarden gebruikt conform een veld inventarisatie. Deze waarden zijn beschreven in (IJsselwerken, 2021). De bodemweerstand van de watergangen is bepaald aan de hand van de kalibratie.

De plassen en waterpartijen tot een afstand van 1000 m zijn ook in het model opgenomen. De waterpartijen die zijn meegenomen zijn te zien in Bijlage 1.1 van (IJsselwerken, 2021), hier zijn de waterpartijen langs het gehele traject aangegeven. Voor deze waterpartijen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden in de geohydrologische analyse:

- Voor de diepte van de waterpartijen is een grote waarde aangenomen. Dit om de waterpartijen te laten snijden met het watervoerend pakket.
- Voor de weerstand van de bodem van de waterpartijen is een waarde aangenomen gelijk aan de weerstand van de watergangen in het achterland. Deze wordt aan de hand van de kalibratie bepaald.

Aanvullend zijn de volgende zaken nader gedetailleerd.

- Km 21.0 – 21.
Deze locatie is ter plaatse van Olst. De waterpartij is een brede hoofdwatgang die in contact staat met de diepere watervoerende laag. De modellering hiervan is conform de werkwijze voor hoofdwatgangen (dus gemodelleerd in het freatische pakket) en conform de brede waterpartijen (dus gemodelleerd in het watervoerende pakket).
- Km 27.6 – 28.0.
Deze locatie is ter plaatse van Wijhe. De waterpartij is een hoofdwatgang met een accolade profiel die op het diepste deel in contact staat met de diepere watervoerende laag. De modellering hiervan is conform de werkwijze voor hoofdwatgangen (dus gemodelleerd in het freatische pakket) en conform de brede waterpartijen (dus gemodelleerd in het watervoerende pakket).
- Km 31.8 – 33.0
Achter de dijk ligt een tertiaire watergang. De bodem van deze watergang bestaat uit een dun pakket aan slappe lagen. Tijdens hoogwater barst de waterbodem op waardoor deze waterpartij als ontlast punt functioneert. Deze watergang is gemodelleerd als drain in het watervoerende pakket met als drainage niveau de grenspotential van het opbarsten van de waterbodem.
- Km 34.8 – 35.4
Achter de dijk liggen tichelgaten. Hier hebben ontgroningen plaatsgevonden voor kleiwinning in het verleden. De bodem bestaat uit klei en veenlagen. Daardoor bestaat de waterbodem waarschijnlijk alleen uit de resterende veenlagen. Het oppervlaktewater is gemodelleerd in het freatische pakket. Tijdens hoogwater barst deze locatie op. Deze waterpartij is gemodelleerd als drain in het watervoerende pakket met als drainage niveau de grenspotential van het opbarsten van de waterbodem.



- Km 45.2 – 45.4
Op deze locatie ligt het katerveercomplex. Deze is reeds opgenomen in de legger als hoofdwatgang. Echter komen eigenschappen in de legger niet overeen met de eigenschappen van het Katerveercomplex of de achtergelegen Willemsvaart. De locatie heeft een aanzienlijke waterdiepte (NAP -2 à -4 m). Daardoor staat deze in contact met de watervoerende laag. De modellering hiervan is derhalve conform de werkwijze voor hoofdwatgangen (dus gemodelleerd in het freatische pakket) en conform de brede waterpartijen (dus gemodelleerd in het watervoerende pakket).

Nb.

Bovenstaande definitie zorgt ervoor dat een aantal waterpartijen buiten de definitie vallen. Dit zijn met name de tertiaire watgangen. Deze vervullen lokaal een voorname functie, maar hiervan zijn geen kentallen bekend. Enkele voorbeelden zijn: watgang aan weerszijden van de spoorbaan tussen Zwollen en Deventer ter hoogte van dijkverlegging Paddenpol. Ook vallen veel watgangen die naast de provinciale weg liggen (o.a. ter hoogte van dijkverlegging Paddenpol) hierbuiten.

Akkerbouw drainage

Er is geen rekening gehouden met de invloed van akkerbouwdrainage.

Kalibratie en validatie

Het stijghoogtemodel is gekalibreerd. Op basis van de kalibratie zijn meerdere parameters aangescherpt. Hieronder zijn de voornaamste aanscherpingen beschreven ten opzichte van het basis model.

Waterkeringen

Waterkeringen keren water. Deze hebben dan ook een lage doorlatendheid. In MIPWA wordt gewerkt met een topsysteem dat voor alle locaties een fictieve doorlatendheid heeft. Deze fictieve doorlatendheid was ter plaatse van waterkeringen zeer hoog (10 à 30 m/dag). Dit is aangepast naar een waarde die beter overeenkomt met een kleidijk of een dijk met een kleibekleding ($k = 0,1$ m/dag). Daardoor zijn de freatische effecten rondom de dijkversterking meer realistisch.

Opbarstzone Herxen km 31.8 – 33.0

Deze zone is beschreven in de paragraaf "top systeem". Deze is opgenomen als gevolg van de kalibratie.

Tichelgaten Windesheim (km 35.0 t/m 36.0)

Uit veldinventarisaties is bekend dat de Tichelgaten bij Windesheim een peil (NAP +1,25 á +1,40 m) hebben dat noemenswaardig hoger is dan het formele peil (NAP +0,05/ +0,15 m). Een deel van de verklaring ligt in het feit dat de duikers in dit gebied een onderzijde hebben die ca. 0,5 m hoger ligt dan het streefpeil. Daardoor is het streefpeil niet realiseerbaar. Deze waarnemingen zijn d.d. 24-2-2021 gedeeld met de peilbeheerder.

Oldeneel tot aan spoorweg (km 42.0 – 44.0)

Het grondwatermodel is aangescherpt zodat de resultaten aansluiten bij de peilbuismetingen. Uit boringen blijkt het achterland zandiger en doorlatender dan is opgenomen in MIPWA. De verticale doorlatendheid van het achterland is gebaseerd op het zand in de omgeving. De kolk is zo gemodelleerd dat deze in contact staat met het watervoerende pakket, dit heeft een drainerend effect.

Watergangen Spoolde (km 46.0 – 46.5)

De weergegeven bodemhoogten rondom Spoolde zijn NAP -0,3 m. De legger keringen omvat dwarsprofielen waarbij de bodemhoogte is gemeten. Daaruit blijkt dat de primaire watgangen een bodemhoogte van NAP +0,3 m hebben.

Zwolle en Engelse Werk (km 41.8 - 47.2)

De bodemopbouw op dit deel bestaat uit een deklaag van slecht doorlatend materiaal (klei). Daaronder ligt fijn zand van de formatie van Boxtel gevolgd door grof zand van de formatie van Kreftenheye. De doorlatendheden van het fijne zand zijn lager dan de doorlatendheden van het grove zand. De doorlatendheden van de bodem zijn in eerste instantie gebaseerd op MIPWA 3.1. Het blijkt dat deze bron voor zowel formatie van Boxtel als formatie van Kreftenheye dezelfde doorlatendheden hanteert (ca. 50 m/dag). Dit is onjuist, de formatie van Boxtel bestaat uit matig fijn zand, dit heeft een doorlatendheid van ca. 10 m/dag volgens tabel 3.7 uit (Bot, 2016). Op basis van het veldwerk, o.a. boring B53-42.00D, HB53-42.96D, HB53-44.18D en HB53-46.43 is de laag matig fijn zand aanwezig tot NAP -4,4 m (B53-42.00D) of tot de verkende diepte (NAP -3,14 m in HB53-42.96D, NAP -4,68 m in HB53-



44.18D en NAP -3,54 m in HB53-46.43). Daarom is de doorlatendheid van de eerste zandlaag onder de deklaag aangepast, zodat deze overeenkomt met het grondonderzoek.

Vergelijk met metingen

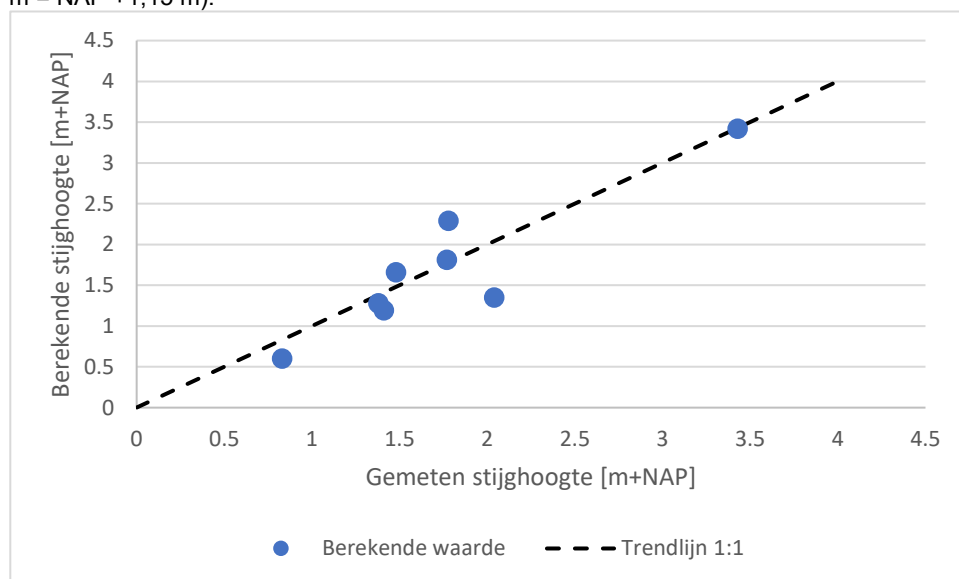
De kalibratie van het grondwatermodel is gegeven in (IJsselwerken, 2021). Het toegepaste model wijkt af van het kalibratiemodel. Dat komt doordat in voorliggend model is uitgegaan van streefpeilen aan de polderzijde in plaats van de meest waarschijnlijke peilen, dit geeft lokaal een aanzienlijk verschil. Een vergelijking tussen de gemeten grondwaterstanden en de berekende grondwaterstanden is weergegeven in Tabel 9.4. Dit is grafisch weergegeven in Bijlage afbeelding 53 Vergelijking tussen berekende grondwaterstanden..



Peilbuis	Meetwaarde (5-2-2018) [m+NAP]	Berekende waarde (5-2-2018) [m+NAP]	Opmerking
B53Y-23.0D	3.43	3.42	
B53Y-27.0D	3.03	t.z.t.	
B53Y-30.4D	1.78	2.29	
B53Y-32.4D	2.04	1.35	Kwelsloot kan opbarsten, maar bij peilbuis is het risico geringer dan elders ^[1] .
B53Y-33.0D	1.48	1.66	
B53Y-33.9D	1.77	1.81	
B53Y-37.5D	1.41	1.19	Streefpeil bij Tichelgaten is ca. NAP +0,15 m in de winter. Deze kunnen bij hoogwater oplopen tot NAP +1,0 m of hoger.
B53Y-42.2D	1.38	1.28	
B53Y-46.1D	0.83	0.6	

Tabel 9.4 Vergelijking tussen berekende grondwaterstanden.

^[1] Op deze locatie ligt direct achter de dijk een bossage met een watergang. De bodem van deze watergang ligt op ca. NAP +0,15 m (zie dwarsprofiel 9a-2c op tekening 20293-TEK-00869_WAT-OP3-VO-PPD). De peilbuis komt overeen met boring B53Y-32.4D. Deze geeft aan dat de bodem bestaat uit klei tot NAP -0,96 m, onder de slootbodem resteert op deze locatie dus 1,11 m klei. Ten zuiden hiervan ligt boring HB53-32.2D, deze geeft een dunnere deklaag (tot NAP -0,62 m), daardoor is hier de laagdikte onder de kwelsloot ca. 0,77 m klei. Ten noorden hiervan ligt boring HB53-33.0D, deze geeft een dikkere deklaag (tot NAP -1,65 m), deze bestaat vooral uit zwak humeuze klei en de waterpartij is op deze locatie dieper (tot NAP -0,45 m conform tekening 20293-TEK-00603_WAT-OP3-VO-MZ3). Daardoor bestaat de laagdikte onder de slootbodem uit 1,20 m humeuze klei. De opbarst risico's van de kwelsloot op dit traject variëren in de lengterichting van de dijk. Om pragmatische redenen is de opbarstpotentialiteit over het gehele deel gelijk gekozen. Dit is gekozen op polderpeil + 0,5 m (NAP +0,65 + 0,50 m = NAP +1,15 m).



Bijlage afbeelding 53 Vergelijking tussen berekende grondwaterstanden.

Modellering dijkversterking

Als gevolg van de dijkversterking zijn een aantal grote ingrepen gemodelleerd. Dit zijn de realisatie van damwanden en dijkverlegging Paddenpol.

Damwanden

Damwanden zijn slecht doorlatend. Daardoor vormen deze een barrière werking. Damwanden zijn echter niet volledig ondoorlatend. Deze bestaan uit damwandplanken en daartussen damwandsloten. Water kan door deze damwandsloten heen stromen. Een analyse van de weerstand van damwandsloten is gegeven in (Geodelft, 2000). Daarin is gesteld dat een damwandslot een reciproke weerstand heeft van 10^{-7} m/s. Uitgaande van damwandplanken met een breedte van 0,7 m, komt dit neer op een hydraulische weerstand van ca. 70 dagen.

Ondoorlatende eigenschappen zijn meegenomen door de doorlatendheid van een modelcel te verlagen. Een damwand heeft een breedte van ca. 0,01 m, echter wordt de doorlatendheid verlaagd over de gehele afmeting van een rekencel. De rekencellen hebben meestal een afmeting van 6,25 x 6,25 m of groter ter plaatse van de damwand. Voor de damwand is een doorlatendheid van 0,1 m/dag of lager aangehouden, dit geeft een weerstand van ca. 60 dagen of hoger voor de rekencel.

Kleiingraving

Een kleiingraving wordt gedaan in het voorland. Daarbij wordt een kleilaag aangebracht van 0,8 à 1,0 m. Deze wordt afgedekt met een teelaarde laag. De kleilaag is dermate dik dat hier geen sprake is van rijpingsprocessen, daardoor is de weerstand van de kleilaag geborgd voor de langere termijn. Er is een infiltratieweerstand van $C = 100$ dagen toegekend aan deze locaties.

Een kleiingraving wordt vaak gedaan op locaties waar de bodem sterk varieert. Verschillen ontstaan tussen buitendijks en binnendijks en over geringe afstanden langs de dijk. Daarom is binnen het project IJsselwerken aanvullend grondonderzoek op deze locaties gedaan. Daarmee is de bodemopbouw in het model verder verfijnd op de locaties waar deze maatregelen zijn voorgenomen. Dit is gedaan met de volgende onderzoekspunten:

- B53Y-31.15E
- B24V
- B46V
- B53Y-29.8E
- B53Y-31.2A
- B53Y-31.2A
- BHR000000014358
- BHR000000030742
- BHR0000000122883
- BHR0000000289966
- BHR0000000328118
- BHR0000000348603
- BHR0000000348659
- BHR0000000348703
- BHR0000000348703
- BHR0000000348703
- BHR0000000348723
- BHR0000000348735
- BHR0000000348810
- BHR0000000348810
- BHR0000000348884
- BHR0000000368526
- DKM41
- HB53-18.02E
- HB53-18.14A
- HB53-18.17E-2
- HB53-18.27E-2
- HB53-18.30A
- HB53-18.89D
- HB53-19.57E
- HB53-19.63E
- HB53-19.70B



- HB53-19.80E
- HB53-19.90B
- HB53-29.50D
- HB53-29.86A
- HB53-29.90D
- HB53-30.05A
- HB53-30.30A
- HB53-30.70D
- HB53Y-18.75E
- HB53Y-19.3E
- HB53Y-19.3E
- HB53Y-31.0E
- IB-02-29.60B
- IB-02-30.30D
- IB-02-30.50D
- S53-29.51A

Nevengeul Paddenpol

Nabij Paddenpol wordt een nevengeul aangelegd in het voorland. De eigenschappen van de nevengeul zijn opgenomen in tekeningen 20293-TEK-00863_WAT-OP3-VO-PPD. Daarin is te zien dat de bodemhoogte van de nevengeul ligt op ca. NAP -0,5 m. De bodembreedte is 6 m of meer. De nevengeul doorsnijdt een deel van de deklaag. De weerstand van de bodem onder de nevengeul is gemodelleerd op basis van de volgende onderzoekspunten: IB-PP-01-01, IB-PP-01-03, IB-PP-01-05, IB-PP-01-06, IB-PP-01-08 en S53Y-32.23C.

De nevengeul ligt dermate laag dat deze altijd meestroomt met de IJssel. De waterpeilen in de nevengeul zijn dan ook over genomen van de IJssel.

In het scenario dat de bodem van de nevengeul ondoorlatend is gemaakt is een infiltratieweerstand van 100 dagen toegekend.

Dijkverlegging Paddenpol

Door de dijkverlegging bij Paddenpol wordt de uiterwaard breder en vervallen de drainerende functies van kwelsloten in het gebied. Er wordt een nieuwe dijk aangelegd met een nieuwe kwelsloot.

De bestaande dijk wordt afgegraven tot het niveau van ca. NAP +2,60 m. Daardoor overstromt deze bij regelmatig terugkerende hoogwaters zoals die opgenomen zijn in de gemodelleerde periode. Daarnaast wordt een vispassage aangelegd waardoor water ook door de oude dijk kan stromen bij waterstanden lager dan NAP +2,6 m. Het deel tussen de oude dijk en de nieuwe dijk heeft maaiveldhoogtes van ca. NAP +2 m met enkele laagtes rondom de NAP +1 m. Deze maaiveldhoogtes worden niet of nauwelijks aangepast. Het ontwerp zorgt ervoor dat wanneer de waterstanden op de rivier hoger zijn dan de maaiveldhoogtes dat deze delen onderwater komen te staan. Deze zijn derhalve gemodelleerd als onderdeel van de bestaande uitwaterwaarden en doen mee met de rivier wanneer de waterstand in de IJssel hoog genoeg is.

Op het terrein wordt ook een diepe poel gegraven. Hier veranderen de maaiveldhoogtes (dus) significant. Deze poel wordt door het aanbrengen van slecht-doorlatende lagen op de bodem zo ingericht dat er verwaarloosbare wegzijging heerst naar de diepe ondergrond. Deze is dan ook niet gemodelleerd.

Achter de bestaande waterkering ligt een kwelsloot die kan opbarsten bij hoogwater. Achter de nieuwe waterkering komt ook een kwelsloot die kan opbarsten bij hoogwater. De nieuwe kwelsloot is op eenzelfde wijze gemodelleerd als de bestaande kwelsloot.

De nieuwe dijk wordt gemaakt in een cunet. Daarin wordt slecht doorlatende klei vervangen door goed doorlatend zand. Het ontwerp van de dijk is echter zo dat water niet vrijelijk kan stromen van de diepe zandlaag, via de dijkskern, naar de kwelsloot. Hiertussen zijn namelijk meerdere kleilagen aanwezig. Deze kering is dan ook niet expliciet opgenomen in de modellering.

