

Geohydrologisch onderzoek



PROJECT **Meanderende Maas**

PLANUITWERKING

13 juli 2023

Project Planuitwerking Meanderende Maas
Opdrachtgever Stuurgroep Meanderende Maas

Document Geohydrologisch onderzoek
Status Definitief 2.0
Datum 13 juli 2023
Referentie WSD.3.4/23-011.789
Referentie (MM) WSD.3.4-0189

Projectcode 124679-WSD.3.4
Projectleider [REDACTED]
Projectdirecteur [REDACTED]

Auteur(s) [REDACTED]
Gecontroleerd door [REDACTED]
Goedgekeurd door [REDACTED]

Paraaf [REDACTED]

Adres Ingenieursteam Meanderende Maas
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 71 52

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	GEOHYDROLOGISCHE BESCHOUWING VAN HET PROJECTGEBIED	5
2	MODELLERING: UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN	7
2.1	Scope	7
2.2	Modelbasis	8
2.3	Uitgangspunten	9
3	ANALYSE	11
3.1	Het geohydrologisch systeem en de autonome ontwikkelingen in het plangebied	11
3.2	Afbakening van de te bepalen effecten	12
3.3	Effecten in een gemiddelde situatie	13
3.4	Effecten bij hoogwater T=10	18
4	CONCLUSIE	21
	Laatste pagina	21
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
	-	

1

GEOHYDROLOGISCHE BESCHOUWING VAN HET PROJECTGEBIED

De ondergrond bestaat hoofdzakelijk uit een deklaag van kleiige rivierafzetting met daaronder zand. Deze zandlagen vormen het eerste watervoerende pakket. De Maas en oude meanders van de Maas doorsnijden de deklaag tot in het eerste watervoerende pakket. De grondwaterstroming is gericht op de Maas, ten zuiden van de Maas is de grondwaterstroming hierdoor overwegend noordwestelijk gericht. Ten noorden van de Maas is de grondwaterstroming overwegend zuidwestelijk gericht. De Maas is in dit gebied gestuurd op een peil van NAP +4,9 m.

In het westelijke deel van het gebied liggen de maaiveldhoogtes lager dan in het oosten. Vanwege de lagere ligging in het westen is drainage aanwezig in stedelijk- en landbouwgebied. Hierdoor wordt de grondwaterstand lager gehouden dan de Maas en is in het zomerhalfjaar sprake van een infiltrerend effect van de Maas. In het oostelijke deel ligt het maaiveld hoger en heeft de Maas een drainerend effect. In het winterhalfjaar zijn grondwaterstanden hoger en heeft de Maas een neutraal effect. Er stroomt dus relatief weinig grondwater uit het achterliggende gebied van/naar de Maas.

De grondwaterstanden in het gebied langs de Maas worden sinds 2018 intensief bemeten. Uit de gemeten reeks tot nu toe is een duidelijke dynamiek tussen winter- en zomergrondwaterstanden te zien. Aan het einde van de winter zijn de grondwaterstanden op z'n hoogst, daarna zakken de grondwaterstanden tot ze aan het einde van de zomer op z'n laagst zijn. Dat past bij een systeem wat onder invloed staat van neerslag en verdamping. Daarmee is het aannemelijk dat het grondwatersysteem wordt gestuurd door het lokale binnendijkse watersysteem, en minder door het peil op de Maas.

In het project Meanderende Maas worden rivierverruimende en dijkversterkende maatregelen genomen die invloed kunnen hebben op de grondwaterstand in het projectgebied, bijvoorbeeld vergravingen ten behoeve van nevengeulen, plaatsen van langsconstructies in de dijk en dempen van sloten. Zie hoofdstuk 3.2 voor een beschrijving van de ingreep-effectrelaties.

Wijze van effectbepaling

Bij de effectbepaling is onderscheid gemaakt tussen de effectbepaling op het schaalniveau van het gehele plangebied en inschatting van lokale effecten.

Voor de effectbepaling op het schaalniveau van het gehele plangebied is de informatie over de ondergrond en geohydrologie opgenomen in een grondwatermodel. Hiertoe zijn de modellen GRAM2.0 (waterschap Aa en Maas) en MORIA4.5 (grondwatermodel van Waterschap Rivierenland) gekoppeld langs de waterschapsgrens van Aa en Maas en Rivierenland. Met het grondwatermodel is onderzocht of de grondwaterstroming en grondwaterstanden door bovengenoemde maatregelen zullen veranderen en in welke mate en tot waar die effecten kunnen reiken.

De effecten van de maatregelen op het grondwatersysteem zijn voor het hele plangebied in beeld gebracht met kaarten van (zie volgende afbeeldingen):

- verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG);
- verandering van de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG);
- verandering van kwel en wegzijging tussen het ondiepe grondwater in de deklaag en diepe grondwater in het watervoerend pakket.

Verandering van de GHG en/of GLG geven aanwijzingen voor vernatting of verdroging. Belangrijke toename van kwel of wegzijging kan relevant zijn voor natuur en voor de belasting van het binnendijkse watersysteem. Voor de effect inschatting op lokaal niveau door verandering van dijkprofiel, demping van sloten, aanbrengen klei-inkassingen of locatiespecifieke effecten van de waterkerende constructies is gekeken hoe hier in het ontwerp al rekening mee is gehouden of hoe hier in de vervolgfases van het project rekening mee gehouden gaat worden.

2

MODELLERING: UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

In dit hoofdstuk is vastgelegd wat er aan de basis ligt van de toegepaste berekeningen. Daarbij wordt ook de relatie gelegd naar de projectdocumenten uit de opsomming. Daarvoor wordt de aanduiding [ref x] gebruikt.

- 1 Ingenieursteam Meanderende Maas, Uitgangspuntennotitie voor het milieueffectrapport (MER) 2e fase, (VO 117909-3.7.1b), Concept 02 - 90 % versie, 20 oktober 2020.
- 2 Boskalis/Royal HaskoningDHV, Ontwerpnota DO Rivier OL3, 32858-ONT-00020, versie 2.1, 13 mei 2022.
- 3 Ingenieursteam project Meanderende Maas, Hydrologische effectbeoordeling geul Maasbommel, 29 juni 2021.
- 4 Boskalis/Royal HaskoningDHV, Ontwerpnota DO Dijk OL3, 32858-ONT-00019, versie 2.12 1 juli 2022.
- 5 GAP HWBP Projectgebonden innovatie 'Geohydrologische Aanpak voor Piping' Beschrijving referentie grondwatermodel - Achtergrond bij syntheserapport, d.d. 10 nov 2020 met kenmerk R001-1269294BMPV01-mdg-NL
- 6 Ingenieursteam project Meanderende Maas, Monitoringsplan Geohydrologie, 23 februari 2021.
- 7 Ingenieursteam project Meanderende Maas, Validatie Grondwatermodel MeMa bij Hoogwater, Definitief 2.0, 14 juni 2022.
- 8 Ingenieursteam project Meanderende Maas, Ontwerpnota VO Dijk OL3, definitief 100 % versie, 5 mei 2021.

2.1 Scope

In [ref 1] is ten aanzien van het beoordelingskader milieueffecten voor de grondwaterstand binnen het thema water vastgelegd dat dit kwantitatief via een geohydrologisch model wordt beschouwd waarbij alleen de hoofdpunten kwalitatief worden gerapporteerd. Aandachtspunten daarbij zijn:

- grondwater binnendijs bij de geul langs de dijk aan de westkant van Megen en Gelderse zijde van het plangebied, effecten op grondwaterstanden, oppervlaktewatersysteem en de woningen (MER);
- onderzoek naar de droogte situatie en de invloed van de damwanden op de grondwaterstanden/kwel (MER).

Grondwatereffecten aan de Gelderse zijde van het projectgebied zijn gesitueerd rond de rivierkundige ingreep Maasbommel Oost en Maasbommel West [ref. 2]. De effecten op het grondwater als gevolg van deze maatregelen zijn reeds beschouwd in [ref. 3]. Aan de Gelderse zijde is naast bovengenoemde maatregel enkel sprake van de drempelverlaging bij Appeltern [ref. 2] waarbij de oever tussen het terrein van SF-beton en de provinciale weg N329 verlaagd wordt naar NAP+5,4 m en het aanwezige bos verwijderd.

Onderscheid wordt gemaakt tussen (A) effectbepaling op het schaalniveau van het gehele plangebied en (B) inschatting van lokale effecten:

- A de effectbeoordeling op het schaalniveau van het gehele plangebied betreft (1) de gemiddelde situatie, zijnde de GxG effecten als gevolg van het project onder gemiddeld dagelijkse situatie, en (2) een indicatie van de effecten voor een T=10 situatie;
- B de inschatting van lokale effecten op basis van peilbuismetingen. In [ref. 6] wordt het monitoringsplan beschreven.

Ad B.

Lokale effecten hangen samen met de langsconstructie en zullen zich beperken tot de directe omgeving van de dijk. In het nog op te stellen uitvoeringsontwerp wordt gekeken welke lokale maatregelen noodzakelijk zijn om effecten te beperken of te mitigeren. Ook wordt de grondwatersituatie gemonitord [ref. 6]. In het DO+ en/of UO wordt beoordeeld welke preventieve maatregelen ontworpen dienen te worden.

Zoals in [ref. 6] beschreven wordt aanbevolen om voorafgaand aan de uitvoeren van de maatregelen een uitgebreide evaluatie uit te voeren ter vastlegging van de nul-situatie. Na uitvoering van de maatregelen kan dan een tweede uitgebreide evaluatie plaatsvinden ter bepaling van de tijdelijk effecten en 3 jaar naar uitvoering naar een uitgebreide evaluatie voor bepaling van de permanente effecten. Belangrijk is om bij de evaluaties goed onderscheid te maken tussen gemiddelde situatie (GxG) en extreme situatie. Het kan zijn dat er in gemiddelde situatie geen effecten van maatregelen plaatsvindt, maar in een extreme situatie wel. Het moment voor een uitgebreide evaluatie van het effect van een hoogwatergolf is op voorhand niet te bepalen.

Voor bepaling van de lokale effecten geldt dat deze niet volledig met het grondwatermodel te bepalen zijn omdat:

- locaties met wateroverlast een resultante kunnen zijn van de combinatie van grondwaterstromen en oppervlakte water afvoer (zoals afvoer van het dijktaalud);
- de lokale opbouw van grond en dijk is belangrijk en zit niet geschematiseerd in het model. Daarnaast zijn de grids in het grondwatermodel 25 x 25 m en daarmee heeft de bepaling van effecten een vergelijkbare grove schaal.

Een beschouwing van deze lokale effecten behoort niet tot de scope van de berekeningen voor het MER. Voor de volledigheid en met het oog op het nog op te stellen UO worden in dit hoofdstuk wel de uitgangspunten voor de berekening van lokale effecten meegenomen.

2.2 Modelbasis

De basis voor de geohydrologische berekeningen is een combinatie gemaakt van de regionale (semi)3D grondwatermodellen van Waterschap Aa en Maas (GRAM v2.0) zuidelijk van de Maas en van Waterschap Rivierenland (MORIA v4.5) noordelijk van de Maas. De Maas bevindt zich op het grensvlak van beide modelgebieden dus is een combinatie van beide gebiedsschematiseringen essentieel om de grondwaterstroming van en naar de Maas goed te simuleren. Met uitzondering van de MetaSWAP gegevens zijn ten noorden van de Maas de gegevens van MORIA gebruikt en ten zuiden de gegevens van GRAM. Het combinatiemodel staat binnen het Meanderende Maas project bekend als **GxG-model**:

- het GxG-model is geschikt voor de simulatie van langjarige grondwaterstroming en grondwaterstanden;
- het buitendijkse oppervlaktewater wordt gesimuleerd met een zogenaamde ISG-module. Hiermee wordt het langjarige peilverloop in de Maas en nevengeulen, inclusief onderlopen van de uiterwaarden bij hogere Maasstanden, gesimuleerd;
- het GxG-model is gevalideerd op basis van gemiddelde grondwaterstanden. Daarnaast is de hoogwatergolf van 2021 gevalideerd [ref.7].

Binnen Meanderende Maas is op basis van dezelfde schematisering (combinatie van GRAM v2.0 en MORIA v4.5) een grondwatermodel gemaakt voor het dijkontwerp, het zogenaamde **GAP-model**. Het GAP is gebruikt voor de piping- en sterkteberekeningen onder maatgevende hoogwatersituaties:

- het GAP-model onderscheidt zich van het GxG-model door de korte rekenperiode (alleen hoogwatersituatie) en de keuze van (voor het dijkontwerp) conservatieve parameterwaarden voor bergingscoëfficiënten, deklaagweerstand en intreeweerstand van Maas/uiterwaarden. Voor gebruikte parameters zie [ref. 5];
- het GAP model is gevalideerd aan de hand van historische data van piping- en kwellocaties.

De berekeningen ten behoeve van het MER zijn uitgevoerd met het **GxG-model**:

- de basis voor de effectbeoordeling op het schaalniveau van het gehele projectgebied (zie A hierboven) is het DO Rivier OL3 [ref. 2] en VO dijk OL3 [ref. 8];
- voor de langsconstructies is gekozen om het ontwerp uit het VO [ref. 8] over te nemen. Het DO dijk laat ten opzichte hiervan op enkele dijkstrekingen een verschuiving zien van een combischerm naar een heavescherm. Op 26 km dijk is sprake van 12,7 km heavescherm en 6,2 km combi of stabiliteitsscherm. De relatief beperkte verschuivingen zijn niet relevant op het schaalniveau van het gehele projectgebied;
- voor de inschatting van lokale effecten zijn de wijzigingen in bovenstaand punt mogelijk wel relevant en DO zal dus meegenomen worden in de latere beschouwing van lokale effecten.

2.3 Uitgangspunten

De uitgangspunten voor de effectbeoordeling op het schaalniveau van het gehele plangebied voor een gemiddelde situatie zijn als volgt:

- de GxG's worden berekend over een periode van 8 jaar, op basis van data van 2010 - 2018;
- bij GxG berekeningen wordt het rivierpeil en onderlopen van de uiterwaarden in het grondwatermodel geregeld in de - in modflow ingebouwde - ISG-module van Deltares;
- voor uitwissellocaties geldt de randvoorwaarde dat de totale weerstand van het grondpakket na uitwisseling niet significant afwijkt van de oorspronkelijke situatie;
- vergravingen en klei-inkassingen zijn gebaseerd op DO OL3 van de rivier en de dijk. Voor kleiinkassingen geldt dat deze tot tenminste 3,9+ NAP en tot 1,5 m +/- mv liggen.

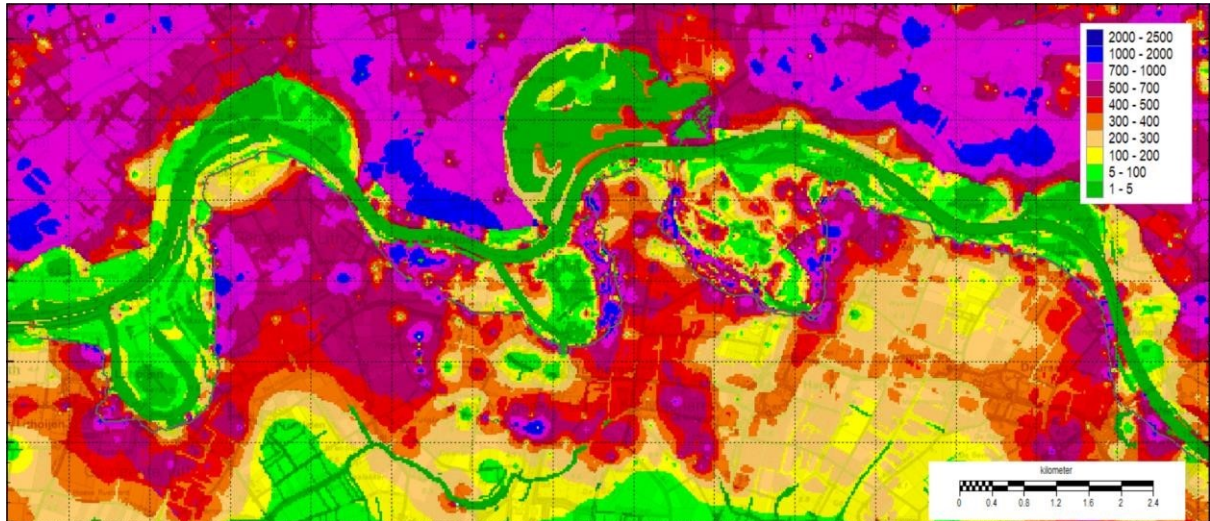
De T=10 situatie wordt ook op basis van het GxG model doorgerekend, op basis van een stationaire situatie. Dit betreft een verschilberekening tussen de huidige situatie en het DO. Ten aanzien van weerstanden en infiltratiefactoren gelden dezelfde uitgangspunten zoals hierboven voor de GxG berekeningen genoemd.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gehanteerde parameters.

Tabel 2.1 Gehanteerde parameters

Parameter	Modelinput GxG model (instationair)	Modelinput T=10 model (stationair)
weerstand rivierbodem	ISG van combi-model: 5 dagen	5 dagen (conform ISG van combimodel)
weerstand geulen/plassen/uiterwaarden	ISG van combi-model: 5 dagen	5 dagen (conform ISG van combimodel)
infiltratiefactor rivier/geulen/plassen/uiterwaarden	ISG van combi-model: 0.35 - 1.0 (zie afbeelding hieronder)	verloopt tussen 0.35 en 1.0 (conform ISG van combi-model, zie afbeelding hieronder)
deklaagweerstand omgeving plangebied	vastgesteld bij het maken van het GAP o.b.v. boorbeschrijvingen van de diepere boringen	vastgesteld bij het maken van het GAP o.b.v. boorbeschrijvingen van de diepere boringen
deklaagweerstand regionaal	zoals opgenomen in het combi-model (zie afbeelding hieronder)	zoals opgenomen in het combi-model (zie afbeelding hieronder)
watervoerende lagen	alle karakteristieken o.b.v. het combimodel (identiek aan GAP model)	alle karakteristieken o.b.v. het combimodel (identiek aan GAP model)
scheidende lagen	alle karakteristieken o.b.v. het combimodel	alle karakteristieken o.b.v. het combimodel

Afbeelding 2.1 Deklaagweerstand in dagen



De resultaten zijn in hoofdstuk 3 als volgt vastgelegd:

Tabel 2.2 De resultaten in hoofdstuk 3

Afbeelding	Weergave van
3.2	berekende verschil in Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG in meters)
3.3	berekende verschil in Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG in meters)
3.4	verandering van de gemiddelde kwel of wegzijging van/naar het watervoerend pakket
3.5	de kwelklasse kaart
3.6	verandering stijghoogte in watervoerend pakket bij hoogwater (T=10)
3.7	verandering grondwaterstand in deklaag bij hoogwater (T=10)

3

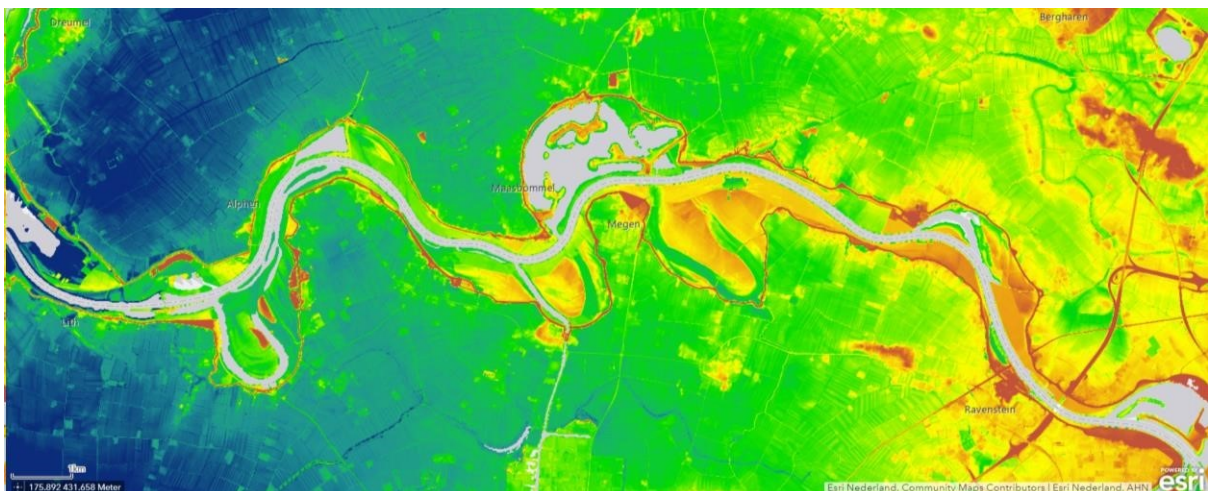
ANALYSE

3.1 Het geohydrologisch systeem en de autonome ontwikkelingen in het plangebied

De ondergrond bestaat hoofdzakelijk uit een deklaag van kleiige rivierafzetting met daaronder zand. Deze zandlagen vormen het eerste watervoerende pakket en liggen op een diepte van 20 - 50 m. De Maas en oude meanders van de Maas doorsnijden de deklaag tot in het eerste watervoerende pakket. De grondwaterstroming is gericht op de Maas, ten zuiden van de Maas is de grondwaterstroming hierdoor overwegend noordwestelijk gericht. Ten noorden van de Maas is de grondwaterstroming overwegend zuidwestelijk gericht. De Maas is in dit gebied gestuwd op een peil van NAP +4,9 m.

In het westelijke deel van het gebied liggen de maaiveldhoogtes lager dan in het oosten. Dit is te zien op de hoogtekaart (afbeelding 1). Lager gelegen gebieden worden aangegeven in donkerblauw, het laagste punt op de kaart ligt ongeveer NAP +3,5 meter. Hoger gelegen gebieden worden op de kaart aangegeven in rood, met als hoogste punt op de kaart op ongeveer +10,0 meter. Vanwege de lagere ligging in het westen is drainage aanwezig in stedelijk- en landbouwgebied. Dit betekent dat het water afgevoerd wordt. Hierdoor wordt de grondwaterstand lager gehouden dan de Maas en is in het zomerhalfjaar sprake van een infiltrerend effect van de Maas. In het oostelijke deel ligt het maaiveld hoger en heeft de Maas een drainerend effect. In het winterhalfjaar zijn grondwaterstanden hoger en heeft de Maas een neutraal effect. Er stroomt dus relatief weinig grondwater uit het achterliggende gebied van/naar de Maas.

Afbeelding 3.1 Hoogtekaart huidige situatie plangebied (bron: AHN)



De grondwaterstanden in het gebied langs de Maas worden sinds 2018 intensief bemeten. Uit de gemeten reeks tot nu toe is een duidelijke dynamiek tussen winter- en zomergrondwaterstanden te zien. Aan het einde van de winter zijn de grondwaterstanden op z'n hoogst, daarna zakken de grondwaterstanden tot ze aan het einde van de zomer op z'n laagst zijn.

Dat past bij een systeem wat onder invloed staat van neerslag en verdamping. Daaruit is op te maken dat het grondwatersysteem wordt gestuurd door het lokale binnendijkse watersysteem, en minder door het peil op de Maas.

Voor meer details van de berekende toekomstige situatie en input voor het model verwijzen we naar het volgende kaartmateriaal:

- vergravingen in de uiterwaarden;
- langere/minder steile taluds (= stabiliteitsbermen);
- plekken waar de dijk breder wordt (= asverschuiving);
- damwanden en heaveschermen;
- sloten die gedempt en teruggebracht worden.

3.2 Afbakening van de te bepalen effecten

Relevante maatregelen

In het project Meanderende Maas worden rivierverruimende en dijkversterkende maatregelen genomen die invloed kunnen hebben op de grondwaterstand in het plangebied, namelijk:

- vergravingen in de uiterwaarden voor het creëren van nevengeulen, klei-inkassingen en voor natuur. Die kunnen als effect hebben dat de grondwaterdynamiek afneemt als gevolg van de afname in dek-laagweerstand. De rivier krijgt dan een sterker dempend effect op de neerslagdynamiek;
- plaatsen van waterkerende constructies (bijvoorbeeld een damwand) in de dijk om de dijk stabiel te maken en meer bestand tegen afschuiving of piping tijdens extreme hoogwatersituaties. Afschuiving vindt plaats als een deel van de dijk het begeeft en zo inzakt. Bij piping tijdens extreme hoogwatersituaties stroomt water onder de dijk door, en zo komt rivier water alsnog binnendijks terecht. Het plaatsen van een damwand biedt bescherming tegen deze twee faalmechanismes;
- breder maken van de dijk om de dijk stabiel te maken en meer bestand tegen afschuiving of piping tijdens extreme hoogwatersituaties. In heel erg natte perioden kan hierdoor lokaal de grondwaterspiegel in de dijk verder opbollen met als gevolg meer grondwaterverhoging aan de binnentoe van de dijk dan in de huidige situatie het geval is;
- op locaties waar een grondberm wordt toegepast of bij een buitenwaartse herprofilering wordt het binnentalud langer. Hierdoor kan er meer regenwater naar de percelen stromen wat kan leiden tot vernatting;
- dempen van sloten om ruimte te bieden aan een bredere of verlegde dijk. Dit kan als effect hebben dat de waterhuishouding lokaal problemen krijgt.

Wijze van effectbepaling

Bij de effectbepaling is onderscheid gemaakt tussen de effectbepaling op het schaalniveau van het gehele plangebied en inschatting van lokale effecten.

Voor de effectbepaling op het schaalniveau van het gehele plangebied is de informatie over de ondergrond en geohydrologie opgenomen in een grondwatermodel. Hiertoe zijn de modellen GRAM2.0 (waterschap Aa en Maas) en MORIA4.5 (grondwatermodel van Waterschap Rivierenland) gekoppeld langs de waterschapsgrens van Aa en Maas en Rivierenland. Met het grondwatermodel is onderzocht of de grondwaterstroming en grondwaterstanden door bovengenoemde maatregelen zullen veranderen en in welke mate en tot waar die effecten kunnen reiken.

De effecten van de maatregelen op het grondwatersysteem zijn voor het hele plangebied in beeld gebracht met kaarten van (zie volgende afbeeldingen):

- verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG);
- verandering van de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG);
- verandering van kwel en wegzijging tussen het ondiepe grondwater in de deklaag en diepe grondwater in het watervoerend pakket.

Verandering van de GHG en/of GLG geven aanwijzingen voor vernatting of verdroging. Belangrijke toename van kwel of wegzijging kan relevant zijn voor natuur en voor de belasting van het binnendijkse watersysteem.

Voor de effect inschatting op lokaal niveau door verandering van dijkprofiel, demping van sloten, aanbrengen klei-inkassingen of locatiespecifieke effecten van de waterkerende constructies is gekeken hoe hier in het ontwerp al rekening mee is gehouden of hoe hier in de vervolgfases van het project rekening mee gehouden gaat worden.

3.3 Effecten in een gemiddelde situatie

Het effect op de freatische grondwaterstanden (het eerste grondwater dat je tegenkomt als je gaat graven is normaal gesproken het freatische grondwater) is beperkt omdat er relatief weinig weerstandreductie is van de deklaag. Het grootste deel van de afgravingen is relatief ondiep en vindt daardoor plaats in de onverzadigde zone (boven de gemiddelde grondwaterstand). Omdat de weerstand in deze zone op voorhand al laag is (door scheurvorming en bodemvorming) ontstaat door het afgraven van deze laag geen belangrijke weerstandsreductie. Op plekken waar diepere geulstructuren worden gerealiseerd, vindt de grootste weerstandsreductie plaats omdat de deklaag hier juist wel wordt afgegraven tot onder de gemiddelde grondwaterstand.

De geplande geul bij Maasbommel ligt binnen de invloedssfeer van de primaire kering. Daarom zijn voor deze locatie extra analyses gedaan in overleg met de keringbeheerder Waterschap Rivierenland. Daarbij bleek dat er zonder maatregelen een negatief effect op de waterveiligheid optreedt. Daarom is besloten dat na aanleg van de geul bij Maasbommel een extra kleilaag wordt aangebracht die 30 tot 50 dagen weerstand levert. Dit komt neer op een kleilaag van 50 cm – 1 m. Dat is voldoende om de negatieve effecten van de geul bij Maasbommel op de waterveiligheid te voorkomen. Uit deze zelfde analyse bleek het effect van de geplande geul bij Maasbommel op het regionale watersysteem zeer klein is. Dit komt omdat de geul dicht bij het zomerbed van de rivier wordt gerealiseerd. De waterspanning van het watervoerende pakket in het gebied dicht bij het zomerbed en die van het rivierpeil liggen dicht bij elkaar. Daarom zal het aanbrengen van de geul niet resulteren in een sterke verandering, regionaal gezien, in de stroming richting het watervoerende pakket. Wel komt het rivierpeil dichterbij de dijk te liggen. In bijlage I is het onderzoek opgenomen wat hierboven is samengevat.

Bij bestaande maar uitgediepte geulen zal de dynamiek slechts beperkt afnemen. Daar waar ontgraving plaatsvindt op locaties waar nu geen geul ligt, neemt de dynamiek af omdat de verschillen tussen GLG en GHG uitdempen. Voor de stijghoogte in het watervoerend pakket heeft het doorsnijden van de deklaag potentieel wel significante gevolgen, maar dan specifiek voor een hoogwater situatie. De afname van de grondwaterdynamiek wordt veroorzaakt door de afname in deklaagweerstand, waardoor de freatische grondwaterstand hier meer het oppervlaktewaterpeil zal volgen.

Zoals zichtbaar is in afbeeldingen 3.2 en 3.3 is het effect hiervan beperkt (5 tot 30 cm). Afbeelding 3.2 laat het verschil in GHG zien als gevolg van de maatregelen. De blauwe keurtinten geven een toename weer in de GHG, waar de kaart rood kleurt neemt de GHG af als gevolg van rivierverruimende en dijkversterkende maatregelen. Zoals eerder genoemd neemt de GHG af, dus is er in afbeelding 3.2 voornamelijk een aantal roodtinten te zien. Afbeelding 3.3 geeft eenzelfde weergave echter van het verschil in de GLG. Daarop is vooral toename in de GLG te zien met blauwtinten.

Verschillen zijn zichtbaar op beide tekeningen op de volgende locaties (locaties staan op volgorde van West naar Oost):

- het binnenwater voor de Jachthaven De Schans bij Alphen (buiten plangebied);
- geul bij Maasbommel West;
- Lelyzone de Ossenkamp;
- Lelyzone de Waarden;
- eiland de Waarden;
- waterrecreatie gebied de Gouden Ham (buiten plangebied);
- in de Diedensche Uiterdijk.

Buitendijkse effecten

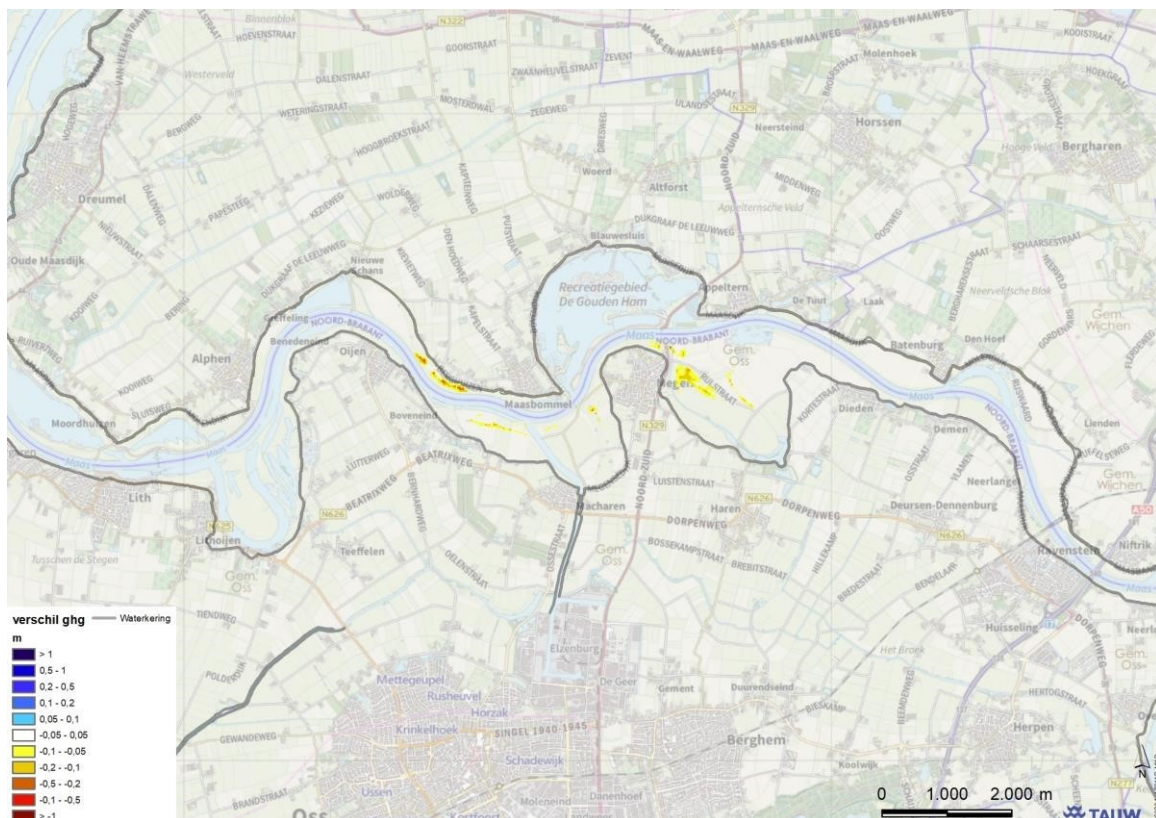
Al deze aangegeven locaties liggen in het buitendijkse gedeelte van het plangebied is sprake van lokale verschillen in de grondwaterstand. De verschillen op de aangewezen locaties zijn beperkt, zij verschillen aan de Brabantse zijde van de Maas tussen de 5 en 20 cm en welke over het algemeen een verlaging van de grondwaterstand betreffen. De verlaging van de grondwaterstand is gerelateerd aan de toename van wegzijging door (gedeeltelijke) ontgraving van de deklaag.

De stijghoogteveranderingen in het watervoerend pakket zijn kleiner dan 5 cm en worden daarom niet gepresenteerd.

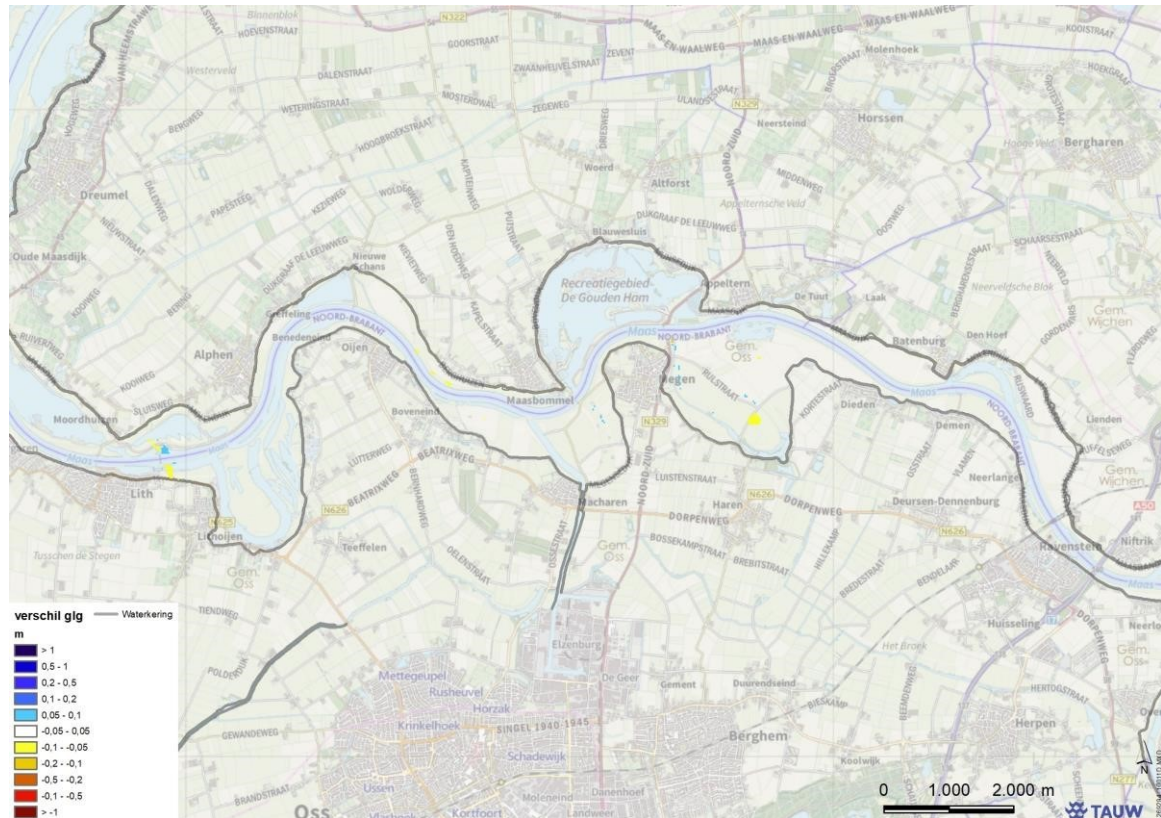
Binnendijkse effecten

Van de dijkversterkende maatregelen zijn met name de constructies relevant. Het effect hiervan is minimaal. Dit komt doordat de beoogde damwanden relatief ondiep zullen steken (4 tot 8 m in het zandpakket) in verhouding tot de grote dikte van het 1^e watervoerende pakket (20 - 50 m diep). Het plaatsen van damwanden heeft daarmee nauwelijks gevolgen voor het doorlaatvermogen van het watervoerend pakket, waardoor het effect van damwanden op binnendijkse grondwaterstanden verwaarloosbaar is.

Afbeelding 3.2 Berekende verschil in GHG (m) als gevolg van rivierverruimende en dijkversterkende maatregelen



Afbeelding 3.3 Berekende verschil in GLG (m) als gevolg van rivierverruimende en dijkersterkende maatregelen



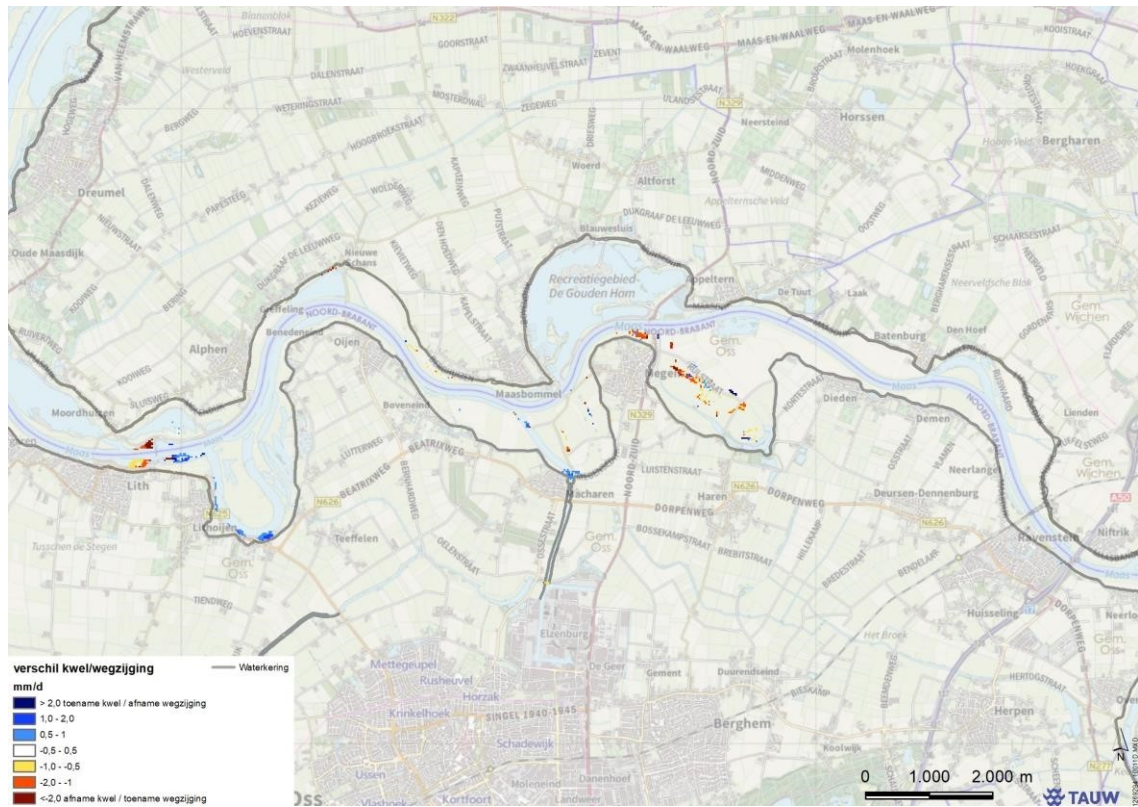
De verschillen in bovenstaande afbeeldingen zijn te verklaren doordat de dynamiek van de grondwaterstand (in de deklaag) groter is dan de dynamiek van de stijghoogte in het watervoerend pakket. De stijghoogte wordt namelijk sterker gereguleerd door het relatief constante Maaspeil. Door het verschil in jaarlijkse dynamiek is in het winterhalfjaar vaker sprake van infiltratie naar het watervoerend pakket, terwijl in de zomer het beeld genuanceerder is en tijdelijk omslag naar kwel kan optreden. Naast het gevolg op de GHG en de GLG is ook berekend wat het gevolg is van de maatregelen op de gemiddelde kwel/wegzijing (mm/d). Afbeelding 3.4 laat het berekende verschil in gemiddelde kwel/wegzijing zien als gevolg van de maatregelen. Afbeelding 3.5 heeft de gevolgen van de maatregelen inzichtelijk gemaakt doormiddel van een klasse kaart. Op beide kaarten is kwel en wegzijing te zien.

Zoals te zien in de afbeeldingen 3.4 en 3.5, vinden de verschillen in toe- en afname buitendijks plaats. In het projectgebied is er een afname in de kwel in de Maas bij Stuw Lith en vindt er een afname in wegzijing plaats in Hemelrijkse waard. Deze laatstgenoemde afname is vrij licht (tot 2 mm/d) en over het algemeen lokaal, met name rond vergravingen en waterpartijen. Daarnaast is er sprake van zowel toe- als afname in Lelyzone de Ossekamp en De Waarden van kwel en wegzijing, ook verandert enkele wegzijing in kwel. In de Diedensche Uiterdijk is op een aantal locaties sprake van toename in wegzijing. Op basis van deze gegevens en aangezien de verschillen buitendijks plaatsvinden, op plaatsen waar diepere geulstroken worden aangebracht, worden geen effecten van de maatregelen verwacht op de binnen en buitendijkse functies.

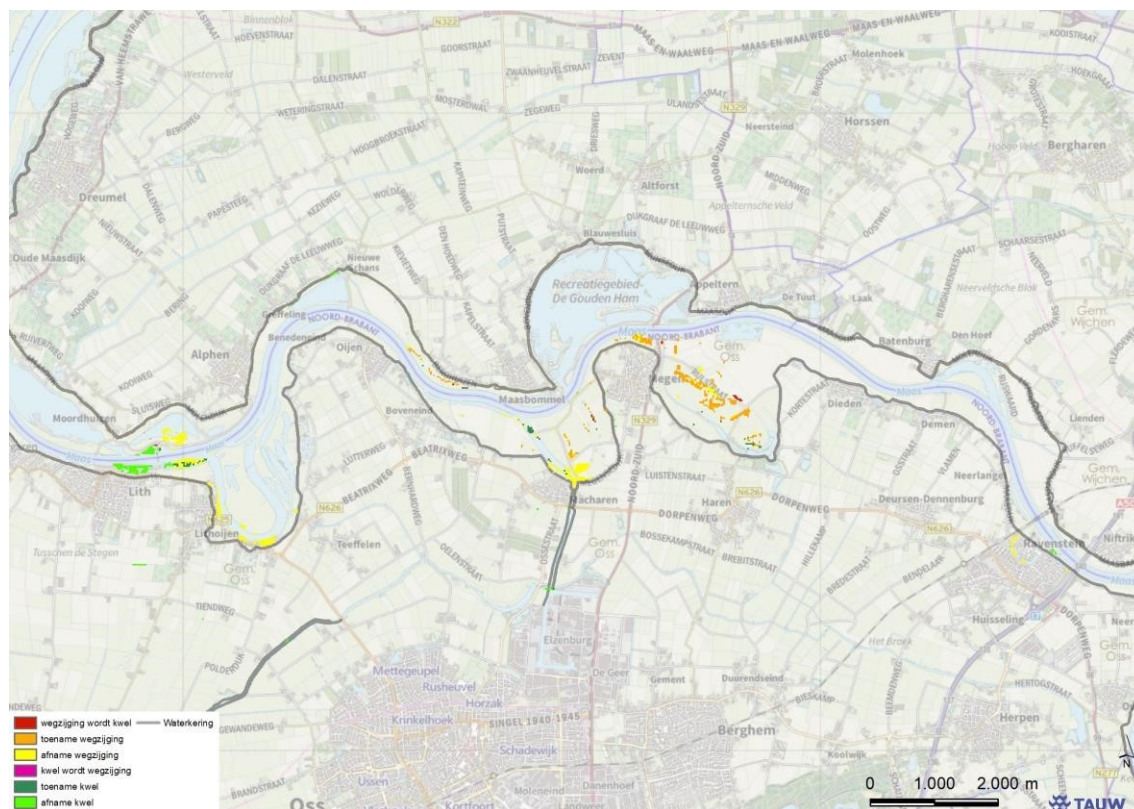
Het graven van nieuw oppervlaktewater zal leiden tot veranderingen in de waterhuishouding waarbij lokaal sprake kan zijn van meer wegzijing (zie afbeelding: Berekende verschil in gemiddelde kwel/wegzijing (mm/d) als gevolg van rivierverruimende en dijkersterkende maatregelen). In het gebied is sprake van kleine gebiedjes met zowel berekende vernatting als verdroging. De situatie verschilt ook met het jaargetijde. Een toename van wegzijing kan duiden op een iets hogere grondwaterstand en/of een iets lagere stijghoogte in het watervoerend pakket. Hieruit is geen eenduidige conclusie te trekken over verdroging. De afbeelding met de grondwaterstand geeft hier wel een beeld van.

Als de kaarten op de bewuste plekken geen effecten op de grondwaterstand laten zien, wordt een neutraal effect verwacht (minder dan 5 cm). Vanwege modelonzekerheid worden effecten kleiner dan 5 cm niet getoond (deze vallen binnen de bandbreedte van modelruis).

Afbeelding 3.4 Berekende verschil in gemiddelde kwel/wegzijing (mm/d) als gevolg van rivierverruimende en dijkversterkende maatregelen



Afbeelding 3.5 Kwelklassekaart als gevolg van rivierverruimende en dijkversterkende maatregelen



Lokale effecten

Het beschreven grondwatermodel is ontwikkeld om de effecten op het schaalniveau van het hele projectgebied te berekenen. De rekenresolutie van 25 m is te grof om de lokale effecten op perceelsniveau te voorspellen. Uit gesprekken met omwonenden blijkt dat daar wel zorgen zitten. Men is bang voor binnendijkse grondwaterstijging op korte(re) afstand van de dijk en de mogelijke gevolgen daarvan voor de woningen inclusief kelders. Die effecten zijn niet uit te sluiten. Bijvoorbeeld lokale effecten door een iets andere grondopbouw dan in het grondwatermodel is opgenomen. Het gaat dan om effecten op het niveau van een perceel of huis. Er zijn peilbuizen geïnstalleerd en een monitoringsprogramma gestart [ref. 5] om beter inzicht in de lokale grondwaterstanden te krijgen.

Er zijn vier ingrepen die kunnen zorgen voor lokale effecten op het grondwater: het dempen van watergangen, het aanbrengen van klei-inkassingen, langere taluddelen en het plaatsen van damwanden.

In het ontwerp is ervoor gekozen om alle watergangen die worden gedempt door de versterking van de dijk, terug te brengen kort achter de nieuwe dijk. Hiermee zijn de lokale effecten van het dempen van de watergangen beperkt. In het voorland worden op enkele locaties wel sloten gedempt die niet worden teruggebracht. De lokale effecten hiervan zijn beperkt omdat er verderop in het voorland geulen worden aangebracht.

Op delen wordt de dijk versterkt met een klei-inkassing tegen het faalmechanisme piping. Op deze trajecten wordt een kleilaag van circa 1,5 m dik over een breedte van 5 tot 20 m langs de dijk in het voorland ingegraven. Op de kleilaag komt een teelaarde laag van circa 0,5 m. De klei-inkassingen hebben geen effect op het grondwater binnendijs. De effecten op de afwatering op de percelen buitenwaarts zijn beperkt omdat er nu ook al vaak klei aanwezig is voor de dijk. Wel wordt in een latere fase gekeken hoe de afwatering zo goed mogelijk kan worden ingepast. Hierbij wordt ook gekeken naar de fluctuaties in het huidige maaiveld die nu tot lokaal natte plekken leiden.

Het plaatsen van een damwand kan effect hebben op de lokale grondwaterstand. Er is reeds geconcludeerd dat de effecten van de damwanden op het grondwater op regionaal niveau beperkt zijn. Theoretisch zijn de volgende effecten mogelijk:

1 Verlaging van freatische grondwaterstand tijdens droge perioden en effect op belendingen

Extra verdroging kan leiden tot zettingen en schade aan huizen. De Maas is een gestuwde rivier waardoor de rivierwaterstand ook bij droogte constant is.

In het oosten van het plangebied heeft de Maas een drainerend effect vanwege de hogere maaiveld ligging. Bij droogte zal het drainerend effect afnemen. Een nieuwe damwand heeft in dit gebied nauwelijks effect en zal eerder water vasthouden dan zorgen voor extra verdroging.

In het westelijke deel van het plangebied heeft de Maas een infiltrerend effect. Dit infiltrerende effect wordt versterkt in droge perioden en vindt plaats door het dikke watervoerende zandpakket. Een nieuwe damwand beïnvloedt deze infiltratie nauwelijks aangezien de diepte van de damwand in het zandpakket beperkt is. Tijdens droge perioden worden geen effecten verwacht op de grondwaterstand en daarmee de belendingen door het plaatsen van een damwand.

2 Opstuwing van freatische grondwaterstand bij hoogwater indien damwand in de dijk staat

Een damwand in de binnenteen van de dijk kan leiden tot opstuwing van de freatische grondwaterstand in de dijk. Hierdoor kan de bekleding van de dijk van het talud worden afgedrukt. Er zijn meerdere oplossingen om dit binnen het ruimtebeslag van de dijk op te lossen. Voor woningen zijn geen lokale effecten te verwachten.

3 Afsluiten van watervoerende tussenzandlagen

Het afvoeren van een watervoerende tussenzandlaag kan lokaal leiden tot vernatting en verdroging. Vaak is het afsluiten van zo'n laag ook wenselijk vanuit de dijkversterking. Binnen het plangebied komen nagenoeg geen tussenzandlagen voor. Het effect van een damwand op een (watervoerende) tussenzandlaag is lastig te voorspellen. Voor deze gevallen wordt gebruik gemaakt van peilbuismetingen voor en na plaatsing van de damwand om de effecten inzichtelijk te krijgen en eventueel passende maatregelen te nemen.

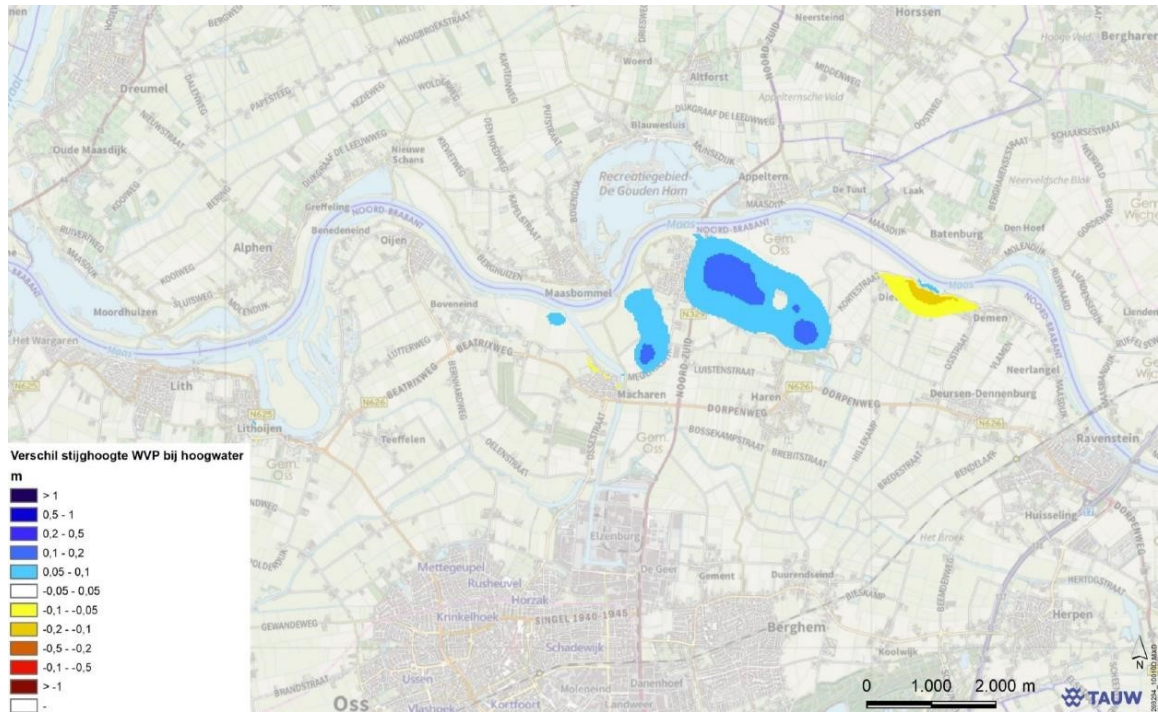
De lokale grondwatereffecten worden als beperkt beoordeeld. Voor en na realisatie wordt met peilbuismetingen gemonitord waar mogelijk sprake is van lokale effecten zodat indien nodig preventief het ontwerp in het DO+/UO aangepast kan worden of correctief na realisatie lokale maatregelen kunnen worden getroffen.

3.4 Effecten bij hoogwater T=10

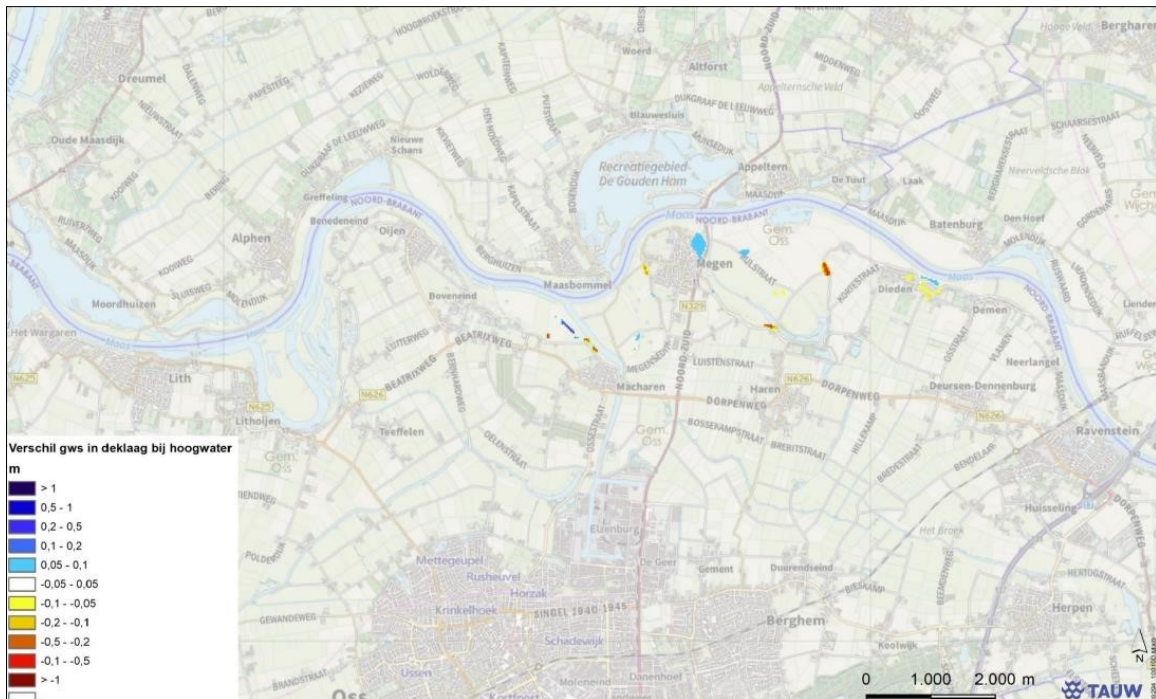
Afbeelding 3.6 laat zien dat in de Diedensche Uiterdijk en Ossenkamp sprake is van een buitendijkse verhoging in stijghoogte (blauw) in het watervoerend pakket bij hoogwater (T=10) variërend van 5 tot 20 cm. Ter plaatse van Megen zet deze verhoging door tot het binnendijks gelegen, oostelijke deel van de stad.

Er is ook sprake van een verlaging van 5 - 20 cm in stijghoogte bij Demen Dieden en bij Macharen van 5 - 10 cm. Het betreft een verlaging ten opzichte van de referentiesituatie bij hoogwater. Met andere woorden, de vernatting of toename in stijghoogte neemt af. De reden dat deze twee gebieden een dergelijke afname laten zien heeft te maken met het feit dat dit locaties zijn waar sprake is van het dunste watervoerend pakket, welke deels doorsneden wordt door een damwand. De procentuele verlaging van de weerstand van de watervoerende laag als gevolg van deze damwand is mogelijk iets overschat. Dit betreft dus een mogelijke overschatting van de mate van de gunstige invloed van de damwanden in een hoogwater situatie waarbij de stijghoogte binnendijks ten opzichte van de referentiesituatie minder ver oploopt.

Afbeelding 3.6 Verandering stijghoogte in watervoerend pakket bij hoogwater (T=10)



Afbeelding 3.7 Verandering grondwaterstand in deklaag bij hoogwater (T=10)



Afbeelding 3.7 laat zien hoe de veranderingen in het watervoerend pakket bij hoogwater (T=10) zich vertalen in een veranderingen in de grondwaterstand. Het gevolg van de genoemde vergraving in het voorland bij de Diedensche uiterdijk en de verhoging in stijghoogte in het watervoerende pakket leidt er toe dat het grondwaterstand achter de dijk 5 tot circa 10 cm hoger opgedrukt wordt. Dit betreft wederom een verandering ten opzichte van de referentiesituatie.

Met andere woorden, bij hoogwater stijgt de grondwaterstand, maar na de buitendijkse afgraving stijgt deze 5 tot 10 cm meer dan nu het geval is tijdens hoogwater. Het feit dat dit effect zich beperkt tot het oude deel (noordoost-zijde) van Megen heeft mogelijk te maken met een zandige ondergrond daar (wellicht een oude rivierduin waar de stad als hoogste punt in het verleden gevestigd werd). Het maaiveld ligt ter plaatse relatief hoog, op circa NAP +8,5 m, maar in een hoogwatersituatie zou het grondwater mogelijk alsnog dicht onder het oppervlak kunnen komen te liggen. Of de met het model voorspelde extra stijging ook daadwerkelijk optreedt is onzeker, maar is wel een aandachtspunt in het kader van peilbuismonitoring en beoordeling van lokale effecten.

De relatieve verlaging van de stijfhoogte in het watervoerend pakket tussen Demen en Dieden (nabij het rabattenbos) leidt ook tot een verlaging in de deklaag van 5 - 10 cm.

De rode punten in afbeelding 8 zijn locaties waar een hoogwatervluchtplaats (HVP) wordt aangelegd. De reden dat hier sprake is van een ogenschijnlijke verlaging van de grondwaterstand volgt uit het feit dat in de referentiesituatie het oppervlakte water tot t=10 hoogte zou stijgen, terwijl in de nieuwe situatie de HVP droog ligt en de grondwaterstand in de terp niet volledig met het open water meebeweegt en dus lager ligt.

Bovenstaande veranderingen betreffen een incidentele situatie (eens in de 10 jaar) die van korte duur is. In deze korte periode van hoogwater kant op basis van bovenstaand in Megen mogelijk meer wateroverlast optreden. Voor een T=100 zal dit effect sterker zijn en voor de meer frequente hoogwaters minder sterk. Op basis van de huidige beperkte verhoging zijn mitigerende maatregelen op voorhand niet aan de orde. De gekleurde gebieden gelden wel als aandachtsgebied gelden voor peilbuismonitoring, met name ten tijde van hogere waterstanden.

4

CONCLUSIE

Plangebied

Op de schaal van het plangebied kan de volgende conclusie getrokken worden: Op basis van de effectberekeningen kan worden geconcludeerd dat er geen effect van de rivierverruimende en dijkversterkende maatregelen is in het binnendijkse gebied in een gemiddelde situatie. De veranderingen van de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstanden en van de kwel en wegzijging beperken zich tot het voorland, op plaatsen waar diepere geulstructuren worden aangebracht. Het gaat daarbij om enkele buitendijks gelegen gebiedjes, namelijk: de Lelyzone de Ossenkamp, De Waarden en Diedensche Uiterdijk. De buitendijkse effecten op de grondwaterstand zijn beperkt en aan Brabantse zijde lokaal (orde grootte 5 - 20 cm).

In een hoogwatersituatie (T=10) geeft het model enkel in het Noordoosten van Megen een indicatie op een mogelijk hogere stijging van het grondwater. Dit is een aandachtspunt in het kader van peilbuismonitoring en beoordeling van lokale effecten.

De effecten aan Gelderse zijde (geul Maasbommel Oost en West) zijn in [ref. 2] in meer detail beschouwd. Doordat de grondwatereffecten buitendijks beperkt en lokaal zijn, worden geen effecten op de buitendijkse functies verwacht. Binnendijks is geen grondwaterstijging of daling aan de orde.

De effectbeoordeling voor het MER op het criterium grondwaterstand is daarom neutraal (0).

Lokale effecten

Ten aanzien van de lokale situatie kan uit de beschouwing de conclusie getrokken worden dat deze zich zullen beperken tot de directe omgeving van de dijk. In het op te stellen uitvoeringsontwerp wordt gekeken welke lokale maatregelen gewenst zijn om effecten verder te beperken. Ook wordt de grondwatersituatie gemonitord. Als hieruit blijkt dat er ongewenste effecten optreden, zullen lokale maatregelen worden getroffen om deze effecten te voorkómen of beperken. Hiertoe wordt een monitoringplan opgesteld.