

Druten-Oost grondwatermodellering

14 mei 2012

Druten-Oost grondwatermodellering

Ten behoeve van aanpassing waterhuishoudingsplan

Verantwoording

Titel	Druten-Oost grondwatermodellering
Opdrachtgever	Gebr. Van Wanrooij Projectontwikkeling
Projectleider	Doede Boomsma
Auteur(s)	Marc Steenvoorden
Projectnummer	1206661
Aantal pagina's	22 (exclusief bijlagen)
Datum	14 mei 2012
Handtekening	

Colofon

Tauw bv
Business Unit Bedrijven
Handelskade 11
Postbus 133
7400 AC Deventer
Telefoon +31 57 06 99 91 1
Fax +31 57 06 99 66 6

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001

Inhoud

Verantwoording en colofon	5
1 Inleiding.....	9
2 Model huidige situatie.....	11
2.1 Beoordeling T=10 situatie.....	11
2.2 Modelaanpassingen	12
2.3 Modelresultaten	13
2.4 Verschillen met de oorspronkelijke berekeningsresultaten	13
3 Model plansituatie	15
3.1 Uitgangspunten	15
3.2 Modelresultaten	15
3.3 Verschillen met de oorspronkelijke berekeningsresultaten	16
4 Effecten op omgeving	19
5 Conclusies	21

Bijlage(n)

1. Berekende grondwaterstanden, huidige situatie (referentie)
2. Berekende grondwaterstanden plansituatie
3. Ruimtelijke hydrologische effecten

1 Inleiding

In 2007 en 2008 heeft Tauw in het kader van de planontwikkeling van het woongebied 'de Waarden' te Druten een advies opgesteld met betrekking tot de waterhuishouding in het plangebied (rapport R001-4395531TER-mfv-V03-NL, april 2008). Ondertussen zijn de plannen voor de inrichting van het plangebied gewijzigd en is bureau BOOT bezig met een aangepast waterhuishoudingsplan. Voorliggende rapportage is bedoeld om de grondwater gerelateerde aspecten van de waterhuishouding in het plangebied te toetsen (kwel naar ontwateringsmiddelen en ontwateringsdiepte) en te beoordelen of geen ongewenste hydrologische effecten optreden voor de omgeving. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het bestaande grondwatermodel.

De aanleiding voor het onderzoek is tweeledig:

1. Er zijn grondwaterstanden gepeild tijdens de hoogwatersituatie van januari 2011. Dit betrof bij benadering een $T=10$ situatie die als maatgevend kan worden beschouwd voor de hydrologische toetsing. Deze informatie dient te worden gebruikt om het grondwatermodel te toetsen c.q. aan te passen (calibratie)
2. De inrichting van het plangebied is gewijzigd, waarbij de ontwatering en afwatering afwijkt van het oorspronkelijke ontwerp. Het nieuwe ontwerp dient daarom getoetst te worden op de hydrologische randvoorwaarden ten aanzien van kwel en ontwateringsdiepte

De resultaten worden in deze rapportage gepresenteerd in de vorm van kaarten met ontwateringsdiepte en tabellen met kwelverandering:

- Ontwateringsdiepte bij GHG
- Ontwateringsdiepte bij $T=10$
- Verandering van de kwel in het plangebied bij gemiddelde situatie en $T=10$ hoogwater

Deze resultaten zijn vergeleken met het oorspronkelijke waterhuishoudingsplan, rekening houdend met het gewijzigde inrichting van het plangebied.

2 Model huidige situatie

2.1 Beoordeling T=10 situatie

Het grondwatermodel, dat in 2008 is gebouwd, omvat de periode 2002-2007, en daarmee de T=10 hoogwatersituatie in januari 2003. De T=10 hoogwatersituatie is belangrijk omdat het waterschap Rivierenland de waterhuishouding hierop toetst. Het model is indertijd gecalibreerd op gemeten stijghoogten in peilbuizen in de omgeving van het plangebied. In het plangebied zelf waren echter geen peilbuizen aanwezig. Dit is reden geweest om in 2005-2009 een aantal peilbuizen te plaatsen en de grondwaterstanden te monitoren. In 2011 is sprake geweest van een hoogwatersituatie op de Waal die een T=10 situatie benaderd. Tijdens de hoogwaterperiode zijn de peilbuizen in het plangebied intensief gepeild en is de hoogst opgetreden grondwaterstand per peilbuis bepaald.

De hoogst opgetreden grondwaterstanden zijn vergeleken met de berekende grondwaterstanden voor de T=10 situatie in 2003, om te beoordelen of het grondwatermodel een T=10 situatie ook in het plangebied goed simuleert. Dit blijkt niet het geval. In het grondwatermodel worden vooral centraal in het plangebied beduidend lagere grondwaterstanden berekend tijdens de hoogwatersituatie. De afwijking bedraagt 0,5 tot 0,9 m.

De grondwaterstanden richten zich in het algemeen sterk naar het oppervlaktewaterpeil in en rond het plangebied. Onder gemiddelde en jaarlijks voorkomende omstandigheden is er een goede overeenkomst tussen gemeten en berekende grondwaterstanden. Uit de gemeten grondwaterstanden blijkt echter dat de grondwaterstanden in het plangebied veel hoger oplopen tijdens de hoogwaterperiode, en ook dicht bij waterlopen veel hoger zijn dan het streefpeil in de waterlopen. Dit leidt tot de conclusie dat de afwatering uit het gebied achterblijft tijdens hoogwaterperiodes. De watergangen in het plangebied hebben niet voldoende capaciteit om de grote hoeveelheid kwel en horizontale toestroming van grondwater af te kunnen voeren, waardoor de waterstand stijgt. Hierdoor stijgen ook de grondwaterstanden.

In een grondwatermodel wordt aan een watergang een bepaalde bodemweerstand en waterstand (in het algemeen gemiddeld peil, zomerpeil of winterpeil) toegekend. Een grondwatermodel bevat geen informatie over de afvoercapaciteit van watergangen, en veronderstelt dat de opgegeven waterstand wordt gehandhaafd, ongeacht de daarmee gepaard gaande afvoer. Voor de T=10 situatie heeft dit tot gevolg dat de afvoer uit het gebied door het model wordt overschat en de grondwaterstand wordt onderschat. Het functioneren van het oppervlaktewatersysteem in het grondwatermodel dient daarom te worden gecorrigeerd tijdens de hoogwatersituatie. Dit is niet gebeurd tijdens de bouw van het grondwatermodel in 2008, omdat de inzichten in de reactie van het grondwater in het plangebied op hoogwatersituatie toen nog niet bekend waren.

2.2 Modelaanpassingen

De feitelijke afvoer uit het gebied tijdens de hoogwatersituatie is onbekend, maar zal klein zijn in verhouding tot de aanvoer van grondwater door kwel en horizontale toestroming. In het grondwatermodel is de berekende afvoer geknepen door de bodemweerstand sterk te verhogen tijdens de hoogwaterperiode. Het verhogen van de bodemweerstand heeft hetzelfde effect als het verhogen van het waterpeil in de watergangen; beide resulteren in een afname van de afvoer en daardoor een stijgende grondwaterstand. Buiten de hoogwaterperiode is de weerstand ongewijzigd gebleven.

Daarnaast is de dikte en weerstand van de deklaag in het model vergeleken met de informatie die via BOOT beschikbaar is gekomen. Deze vergelijking heeft geleid tot plaatselijke aanpassing (verlaging) van de deklaagweerstand in het model langs de west- en zuidzijde van het plangebied. De deklaagweerstand varieert nu tussen 500 en 2500 dagen. Onder de Tichelgaten bedraagt de weerstand nog altijd 500 dagen. De deklaagweerstand is ruimtelijk weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Deklaagweerstand na optimalisatie

Door middel van een eenvoudige calibratieprocedure is de bodemweerstand van de waterlopen geoptimaliseerd om de afvoer uit het gebied bij de hoogwatersituatie beter in overeenstemming te brengen met de feitelijke afvoersituatie. Een goede fit wordt verkregen bij een bodemweerstand van circa 50 dagen tijdens de hoogwatersituatie.

2.3 Modelresultaten

Na de modelaanpassingen zijn de grondwaterstanden bij GHG en T=10 berekend, en is een waterbalans opgesteld voor de gemiddelde situatie en de hoogwatersituatie T=10.

De kaarten van grondwaterstanden zijn weergegeven in bijlage 1.

Kaart 1 laat de het berekende grondwaterstandsverloop zien tijdens de hoogwatersituatie van 2003 (T=10 op de Waal). In deze kaart zijn ook de maximaal gemeten grondwaterstanden weergegeven tijdens de hoogwaterperiode van 2011. Hoewel de meetperiode niet samenvalt met de rekenperiode, betreft het een vergelijkbare hoogwatersituatie en mogen de modelresultaten op hoofdlijnen worden afgezet tegen de metingen. Hieruit blijkt dat de modelafwijkingen bij T=10 in het plangebied beperkt blijven tot maximaal 25 cm. Alleen in het westelijke deel is de afwijking iets groter: in peilbuis 11 circa 50 cm. Deze peilbuis is echter herplaatst en staat in praktijk circa 50 m noordelijk van de op de kaart weergegeven locatie. Daardoor zal feitelijk ook ter plaatse van peilbuis 11 sprake zijn van een geringe afwijking.

Kaart 2 geeft het berekende GHG-beeld weer.

De berekende afvoer uit het plangebied is in de huidige situatie als volgt:

Afvoer uit plangebied (m ³ /d)	Gemiddelde situatie	Hoogwater T=10
<i>Referentiesituatie</i>		
- Waterlopen	235	290

2.4 Verschillen met de oorspronkelijke berekeningsresultaten

Modelinvoer met betrekking tot huidige situatie

Het gedrag van de afwatering via de waterlopen in het plangebied is gewijzigd. De aanleiding hiervoor ligt in de grondwaterstandsmetingen tijdens de hoogwaterperiode in 2011 en de gemeten bodemhoogtes van de watergangen in het plangebied. Op veel plaatsen ligt de bodemhoogte rond of boven zomerpeil, waardoor sloten een deel van het jaar droog zullen liggen en ten tijde van afvoer sprake zal zijn van een geringe waterhoogte en dus beperkte afvoer.

Bij hoogwatersituaties zal dit leiden tot opstuwning en dus tot waterstanden die ruim boven het winterpeil liggen. Om de daarmee gepaard gaande afvoerreductie tijdens de hoogwaterperiode van 2003 te simuleren, is gekozen voor een tijdelijk verhoogde bodemweerstand van de watergangen.

Op basis van de waargenomen deklaagdiktes in het plangebied is de deklaagweerstand plaatselijk verlaagd.

Modelresultaten huidige situatie

De berekende grondwaterstanden in het plangebied zijn voor vrijwel de gehele modelperiode vergelijkbaar met de oorspronkelijke resultaten, met uitzondering van de T=10 hoogwaterperiode. Tijdens de T=10 situatie liggen de berekende grondwaterstanden enkele decimeters tot een meter hoger na de actualisatie van het grondwatermodel. Ook de berekende GHG in het plangebied is hierdoor 0,1 tot 0,3 m hoger geworden.

De afvoer uit het plangebied is afgenomen. Deze was gemiddeld 450 m³/dag (nu 235) en bij een T=10 hoogwater 1370 m³/dag (nu 290). De afname komt deels door het kleinere oppervlak van het plangebied en deels door de geknepen afvoer tijdens de hoogwatersituatie. Minder afvoer tijdens de hoogwaterperiode betekent tijdelijk hogere grondwaterstanden en minder kwel.

3 Model plansituatie

3.1 Uitgangspunten

Ten aanzien de modellering van de plansituatie de volgende uitgangspunten:

- De indicatieve toekomstige maaiveldhoogtes zijn geïnterpoleerd tot een ruimtelijk beeld. Dit hoogtebestand dient als basis voor de vaststelling van ontwateringsdieptes
- Het wateroppervlak van de tichelgaten is aangepast op basis van het kaartmateriaal van BOOT. De tichelgaten krijgen in principe een vast peil van NAP +5,8 m (zomerpeil). Er wordt vanuit gegaan dat netto geen oppervlaktewater kan infiltreren via de Tichelgaten (geen wateraanvoer)
- De watergangen zoals die in het model zijn opgenomen worden gecorrigeerd voor de situering volgens de nieuwe inrichting. Verder blijven de uitgangspunten voor de waterlopen gelijk (bodemweerstand, zomer/winterpeil)
- IT-riolen zijn verwijderd. In plaats daarvan is cunetdrainage aangebracht op een diepte van 0,7 m minus toekomstig maaiveld. De meest westelijke drain in het noordwestelijke deel van het plangebied wordt iets dieper gelegd (circa 1,0 m -mv) om het optreden van grondwaterstandsverhogingen ten westen van het plangebied te voorkomen
- Indien riolering de deklaag doorsnijdt, wordt uitgegaan van aanbrengen van bentonietmatten om de weerstandbiedende functie van de deklaag te herstellen
- Geen toename van het doorlaatvermogen van de deklaag door plaatselijke ophoging (kD van het freatisch pakket blijft hetzelfde)

3.2 Modelresultaten

Op basis van genoemde uitgangspunten is het grondwatermodel voor de plansituatie aangepast. Na de modelaanpassingen zijn de grondwaterstanden bij GHG en T=10 berekend, en is een waterbalans opgesteld voor de gemiddelde situatie en de hoogwatersituatie T=10.

De kaarten met grondwaterstanden zijn weergegeven in bijlage 2.

Kaart 3 laat het ruimtelijke beeld van de berekende grondwaterstand zien tijdens de hoogwatersituatie van 2003 (T=10 op de Waal). Het toepassen van het zomerpeil in de Tichelgaten heeft een duidelijk drainerende werking op het freatisch grondwater.

Kaart 4 geeft de ontwateringsdiepte (m -mv) weer voor dezelfde situatie. De ontwateringsdiepte voldoet in het plangebied bij T=10 aan de gestelde eisen.

Kaart 5 geeft de berekende ontwateringsdiepte bij GHG weer (m -mv).

De berekende afvoer uit het plangebied is als volgt:

Afvoer uit plangebied (m ³ /d)	Gemiddelde situatie	Hoogwater T=10
Referentiesituatie		
- Waterlopen	235	290
Plansituatie		
- Waterlopen en plas	135	355
- Drainage	1	220
Totaal	136	575
Verandering afvoer (m³/d)	-100	+285

Onder gemiddelde omstandigheden neemt de afvoer uit het plangebied af. Dit houdt verband met het dempen van enkele watergangen in het gebied. Bij hoogwatersituaties neemt de afvoer toe als gevolg van de aanleg van drainage en het toepassen van het streefpeil in de plas.

De hoeveelheid kwel die in het plangebied geborgen moet worden, is gebaseerd op een periode van tien dagen. Omdat de berekende kwelstroom bij de hoogwatersituatie niet maatgevend is voor een periode van tien dagen, is als benadering uitgegaan van een berging van $2/3$ *tien dagen*kwel hoogwaterpiek. De factor $2/3$ is daarin een vormfactor die rekening houdt met een snelle peilstijging naar de T=10 waarde (parabolisch verloop). De piekkwelafvoer uit het plangebied bedraagt in de plansituatie 575 m³/dag. Voor de tiendaagse periode dient dus gemiddeld 380 m³/dag geborgen te worden.

3.3 Verschillen met de oorspronkelijke berekeningsresultaten

Modelinvoer met betrekking tot plansituatie

- De tichelgaten krijgen in principe een vast peil van NAP +5,8 m (zomerpeil), terwijl in het oorspronkelijke waterhuishoudingsplan werd uitgegaan van afzonderlijk zomer- en winterpeil (NAP +5,80/+5,55 m)
- Ten opzichte van het oorspronkelijke waterhuishoudingsplan zijn een aantal watergangen in het plangebied verdwenen
- IT-riolen zijn verwijderd. In plaats daarvan is cunetdrainage aangebracht op een diepte van 0,7 m minus toekomstig maaiveld. In het noordelijke deel van het plangebied komt het maaiveld op een hoger niveau te liggen, en ligt dus ook de ontwateringsbasis hoger
- De meest westelijke drain wordt iets verdiept aangelegd om ongewenste uitstraling van effecten naar de omgeving te voorkomen

Modelresultaten plansituatie

De berekende grondwaterstanden in het plangebied zijn bij GHG circa 0,1 tot 0,5 m hoger dan was berekend voor het oorspronkelijke waterhuishoudingsplan. Vooral in het oostelijke deel van het plangebied worden nu hogere GHG's berekend. Dit houdt verband met de ontwaterings situatie: aanvankelijk waterlopen en IT-riolen, nu alleen nog cunetdrainage.

Voor de grondwaterstanden bij een T=10 hoogwatersituatie geldt dit in nog sterkere mate. De grondwaterstand ligt dan 0,3 tot 0,9 m hoger in vergelijking tot het oorspronkelijke waterhuishoudingsplan.

De afvoer uit het plangebied neemt af. De berekende afvoer in de plansituatie was aanvankelijk gemiddeld 440 m³/dag (nu 136) en bij een T=10 hoogwater 1790 m³/dag (nu 575). De afname komt deels door het kleinere oppervlak van het plangebied en deels door de gewijzigde (minder intensieve) ontwatering. Vooral in het noordelijke deel van het plangebied zal ten opzichte van het oorspronkelijke waterhuishoudingsplan veel minder piekafvoer door kwel plaatsvinden doordat het maaiveld in noordelijke richting zal oplopen.

4 Effecten op omgeving

De berekende verandering van de grondwaterstand (ten opzichte van de huidige situatie) bij T=10 en GHG is weergegeven in bijlage 3, kaarten 6 en 7.

Uit de kaarten blijkt dat toepassen van het zomerpeil in de plas zorgt voor enige verlaging van de grondwaterstand onder deze 'natte' omstandigheden. Hetzelfde geldt voor de noordwestzijde van het plangebied, waar de verdiepte ligging van de meest westelijke drain zorgt voor een kleine grondwaterstandsverlaging (< 0,3 m). Daarentegen leidt het dempen van de overige watergangen tot verhoging van de grondwaterstand in het plangebied.

Buiten het plangebied leidt het waterhuishoudingsplan tot kleine effecten op de grondwaterstand (plaatselijk enkele decimeters verlaging van de grondwaterstand) en kwel (< 0,1 mm/dag).

5 Conclusies

Op basis van nieuwe inzichten met betrekking tot de grondwaterdynamiek en bodemopbouw op de woningbouwlocatie Druten-Oost is het grondwatermodel geactualiseerd. Het grondwatermodel geeft daardoor een realistische simulatie van het grondwaterstandsverloop in het plangebied bij een T=10 hoogwatersituatie op de Waal. Het geactualiseerde model is gebruikt om de hydrologische effecten van het aangepaste waterhuishoudingsplan van ingenieursburo BOOT te bepalen.

Het aangepaste waterhuishoudingsplan voor de woningbouwlocatie zal in vergelijking met de huidige situatie leiden tot:

- Minder afvoer onder gemiddelde hydrologische omstandigheden ($-100 \text{ m}^3/\text{dag}$)
- Meer piekafvoer door kwel tijdens een T=10 hoogwatersituatie op de Waal ($+285 \text{ m}^3/\text{dag}$)
- Voldoende ontwateringsdiepte bij GHG en T=10 hoogwatersituatie
- Enkele decimeters stijging van de grondwaterstand in het plangebied bij GHG en T=10 hoogwater, met uitzondering van de directe omgeving van de plas
- Geen noemenswaardige verandering van de grondwaterstand of kwel buiten het plangebied

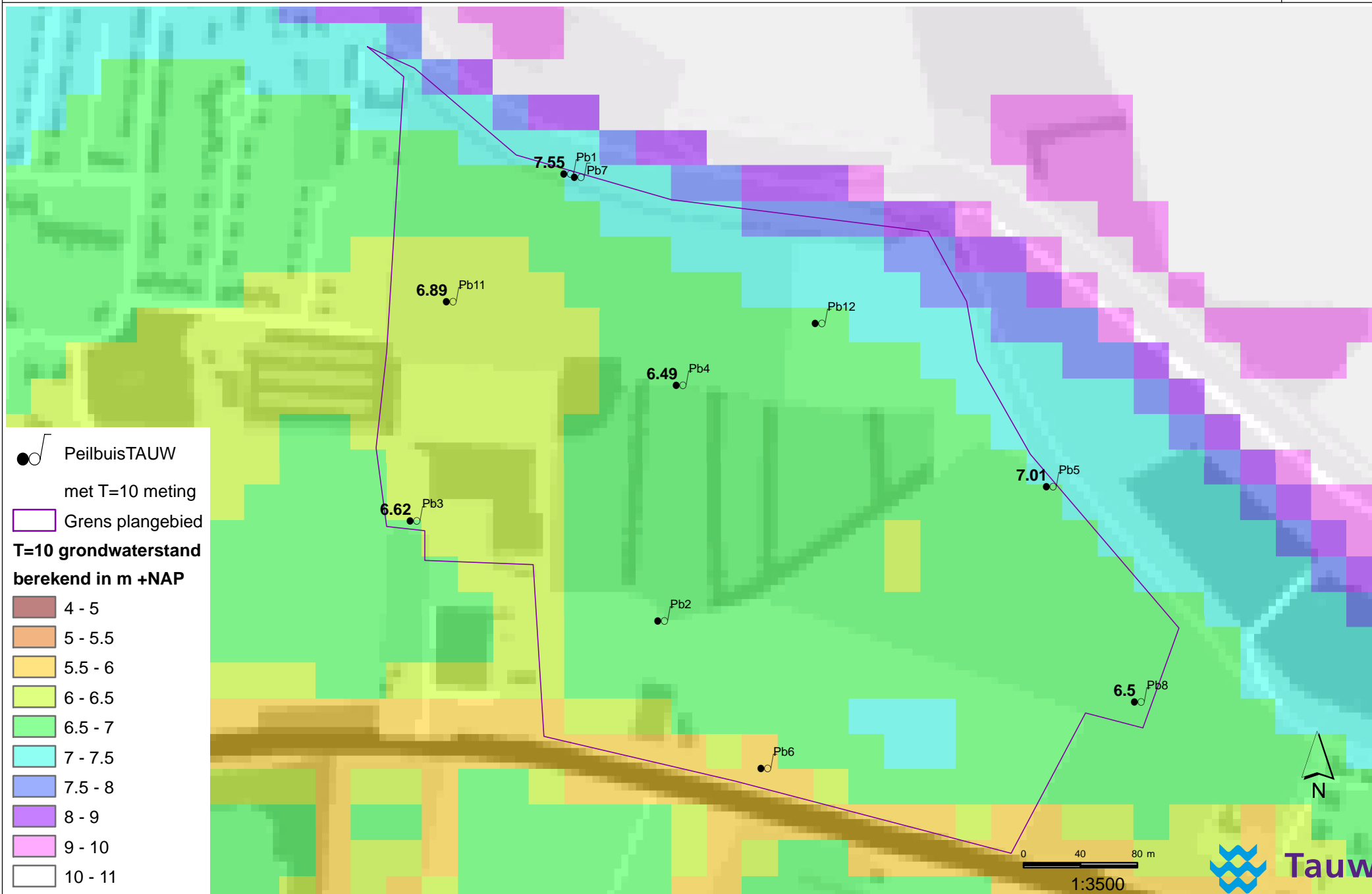
Aan de hand van de grondwaterstandsmetingen in 2011 kon worden vastgesteld dat het grondwatermodel van 2008 (opgesteld ten behoeve van het waterhuishoudingsplan) een te hoge inschatting gaf van de afvoer uit het plangebied tijdens een T=10 hoogwatersituatie, met daarentegen te laag berekende grondwaterstanden. Na aanpassing van het grondwatermodel geeft het model een veel realistischer beeld van het grondwaterstandsverloop bij hoogwater, maar een veel kleinere afvoer uit het gebied.

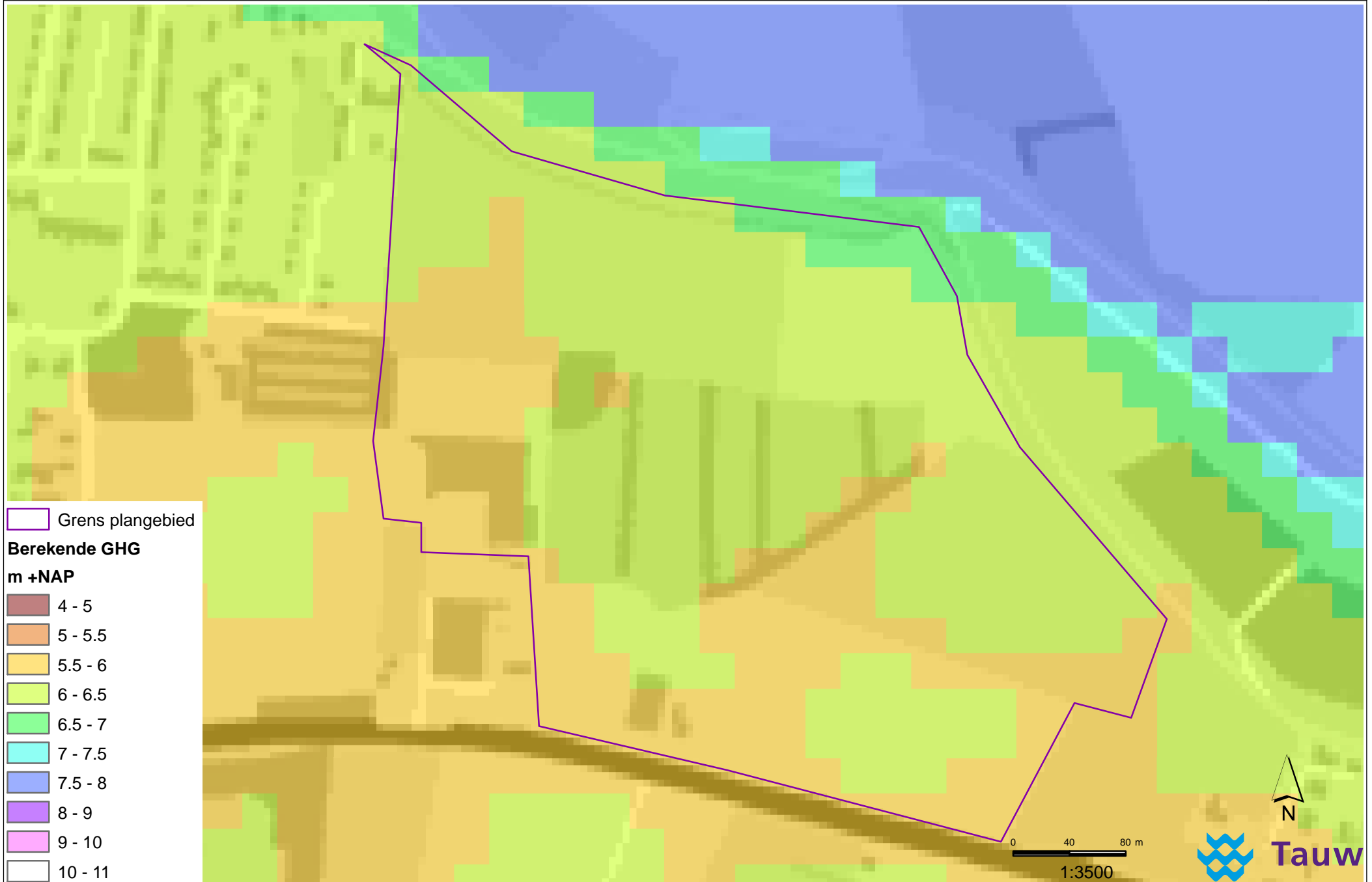
Gezien de onzekerheden die samenhangen met de berekende kwelafvoer, kan worden gesteld dat de oorspronkelijk berekende hoge kwelafvoer een worstcasesituatie zal beschrijven, en de recent berekende lage kwelafvoer een bestcase. De feitelijke afvoer zal ergens tussen beide waarden liggen.

Bijlage

1

Berekende grondwaterstanden, huidige situatie (referentie)

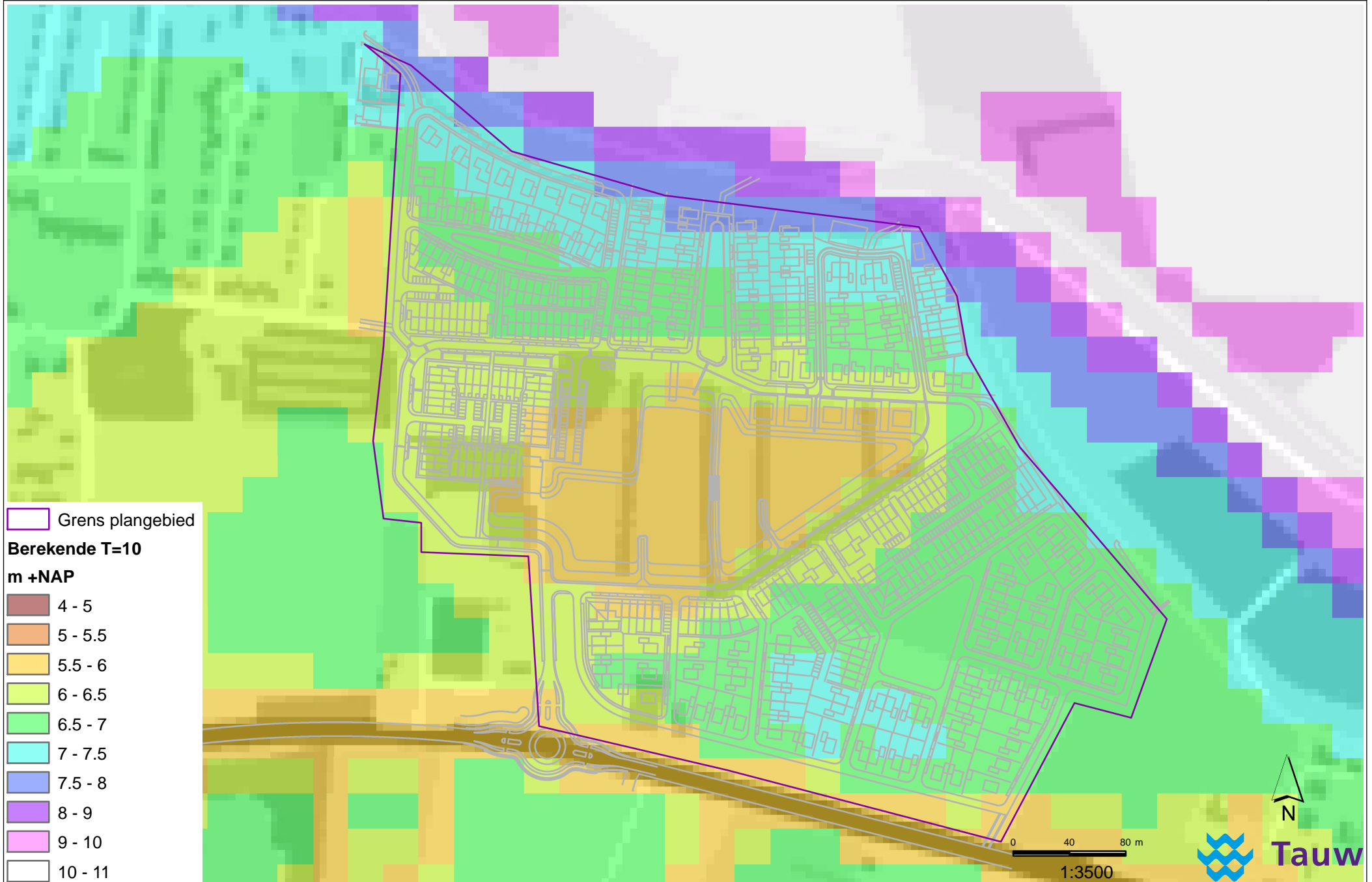


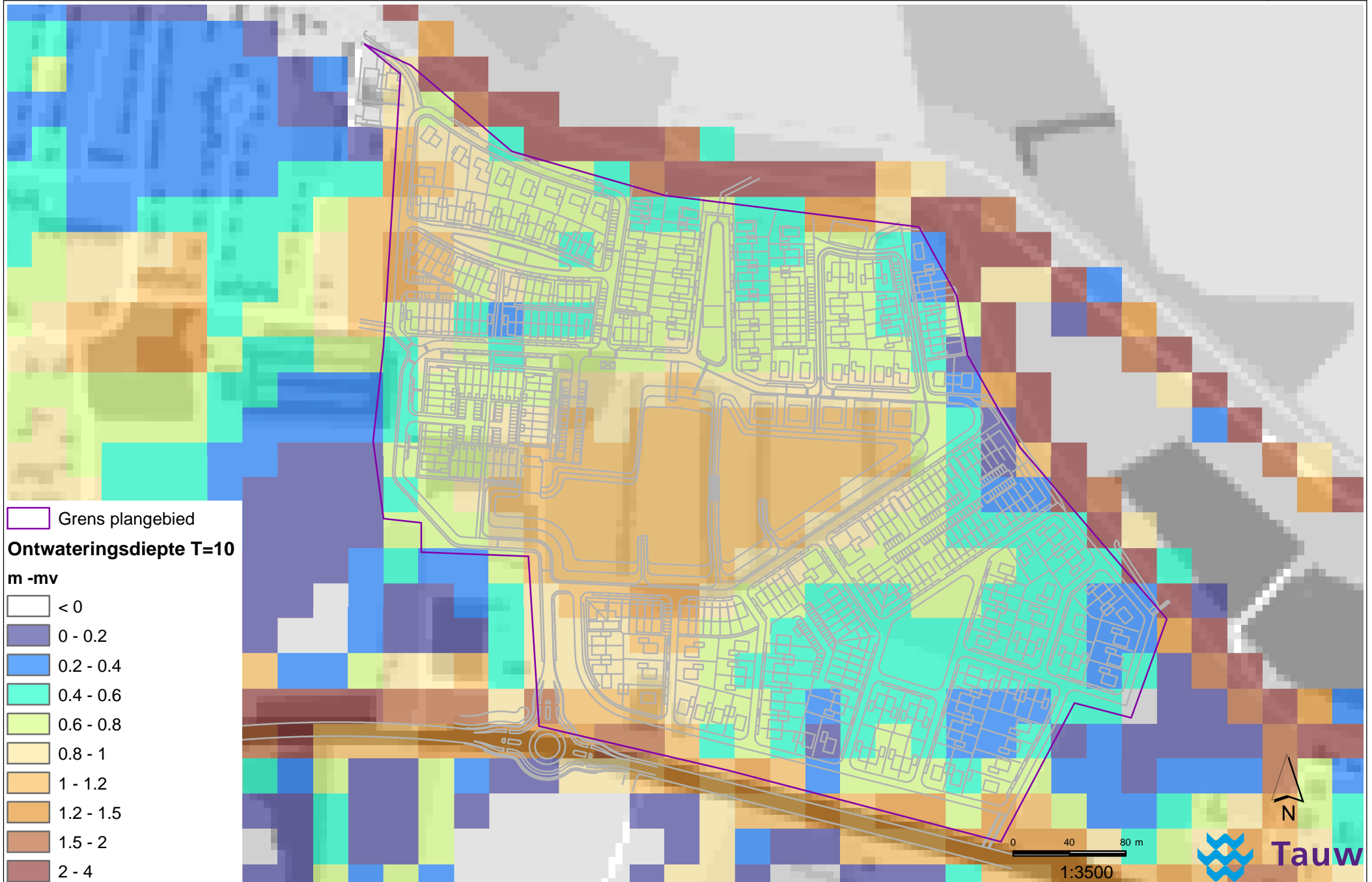


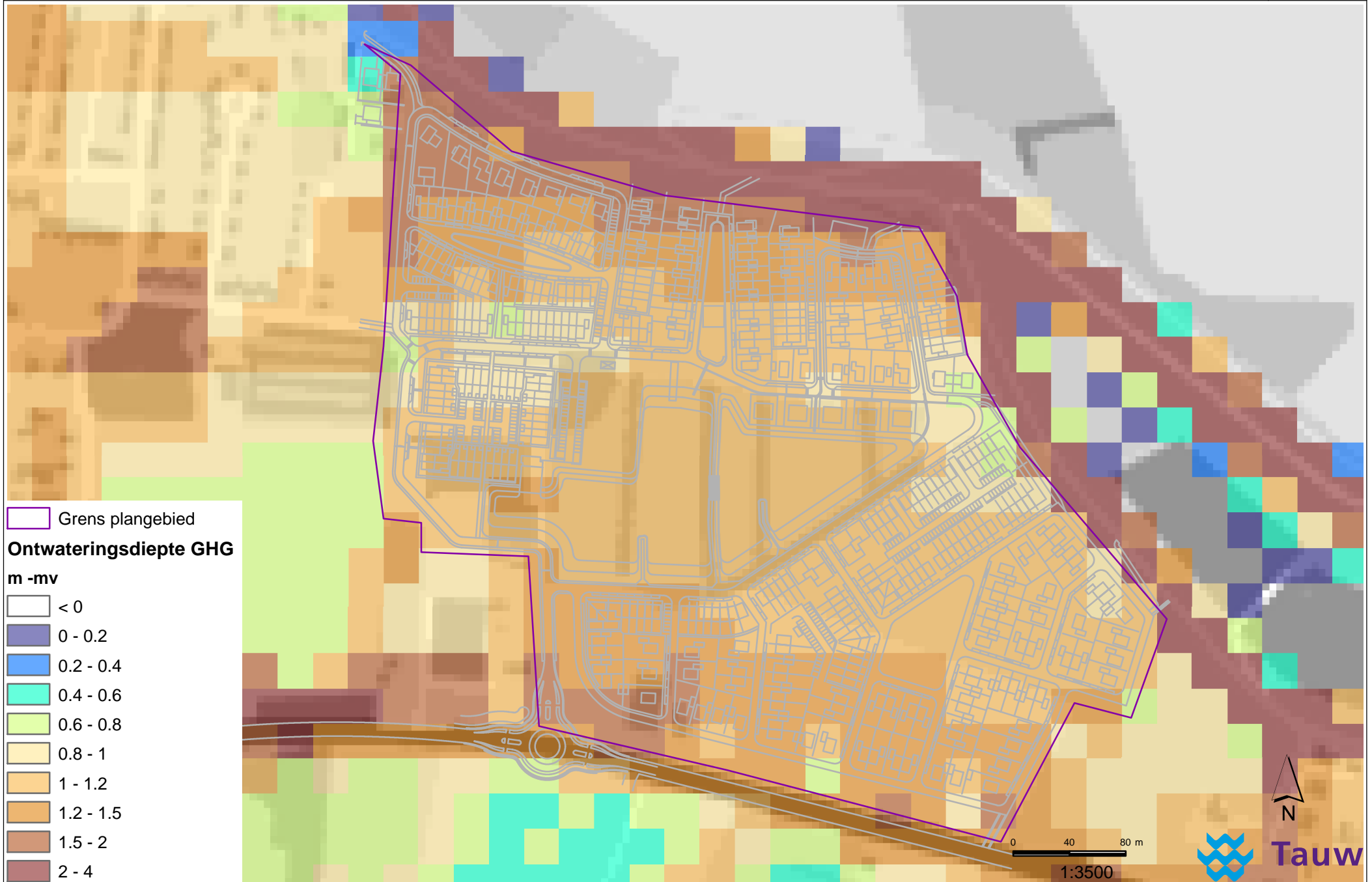
Bijlage

2

Berekende grondwaterstanden plansituatie







Bijlage

3

Ruimtelijke hydrologische effecten

