Grontmij

planning connecting
respecting
the future

Inrichtingsplan Randwijkse Waarden

Effectenstudie geohydrologie

Definitief

Dekker van de Kamp Landschapsontwikkeling
Postbus 200
6660 EA ELST

Grontmij Nederland B.V.
Arnhem, 12 september 2011

Grontmij

D1

Verantwoording

Titel	:	Inrichtingsplan Randwijkse Waarden
Subtitel	:	Effectenstudie gechydrologie
Projectnummer	:	293104
Referentienummer	:	GM-0020644
Revisie	:	D'
Datum	:	12 september 2011

Auteur(s)	:	drs. ing. J.G. van Uden
E-mail adres	:	jeroen.vanuden@grontmij.nl
Gecontroleerd door	:	ing. P. Hagemeijer
Paraaf gecontroleerd	:	
Goedgekeurd door	:	ing. D.J. Bolder
Paraaf goedgekeurd	:	
Contact	:	Grontmij Nederland B.V. Velperweg 26 6824 BJ Arnhem Postbus 485 6800 AL Arnhem T +31 26 355 83 55 F +31 26 445 92 81 www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Aanleiding 4
1.2 Doel 4
1.3 Leeswijzer 4

2 Gebiedsbeschrijving 5
2.1 Inleiding 5
2.2 Situering plangebied 5
2.3 Maaiveldhoogte 6
2.4 Bodemopbouw 6
2.5 Grondwater 8
2.6 Oppervlaktewater 9

3 Voorgenomen ontwikkeling 12
3.1 Algemeen 12
3.2 Inrichtingsplan 12
3.3 Uitgangswaarden 13
3.4 Bereikbaarheid bij hoogwater 13

4 Effecten 15
4.1 Algemeen 15
4.2 Effecten bij een gemiddelde situatie in de Neder-Rijn 15
4.3 Effecten bij een T=10-situatie in de Neder-Rijn 17
4.4 Effecten bij een droogweer periode 20
4.5 Invloed oppervlaktewatersysteem Heteren 21

5 Conclusies 22
5.1 Conclusies 22
5.2 Aanbevelingen 23

Bijlage 1: Situering peilbuizen omgeving plangebied

Bijlage 2: Grondwatermodellering

Bijlage 3: Berekende stijghoogten deklaag gemiddelde situatie

Bijlage 4: Berekende stijghoogten deklaag T10-situatie

Bijlage 5: Ontwateringskaart bij T10-situatie

Bijlage 6: Verschilkaart van de kwel bij T10-situatie

Bijlage 7: Berekende stijghoogten deklaag droogweersituatie

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Een deel van de Randwijkse uiterwaarden, waar door de jaren heen over grote oppervlakten kleiwinning heeft plaatsgevonden, is in het recente verleden ook benut voor de winning van zand en grind. Deze ontgrondingsactiviteiten, en vooral van de laatstgenoemde, hebben de landschappelijke waarde van het gebied geen goed gedaan. De plas biedt minimale recreatieve mogelijkheden en de plasoevers zijn niet ingericht. Door de steile oevers is de plas ook qua natuurwaarde weinig interessant.

Dekker Van de Kamp Landschapsontwikkeling en de gemeente Overbetuwe werken samen om, op basis van een op ruimtelijke kwaliteit gestuurde zandwinning, tot een maatschappelijk gewenste eindafwerking te komen. Hiertoe is een landschapsvisie opgesteld waarmee het gebied een ruimtelijke kwaliteitsslag maakt.

Het plan geeft de huidige uiterwaard een landschappelijke, ecologische en recreatieve meerwaarde. Ook in rivierkundig opzicht wint het plangebied aan kwaliteit, doordat er bij piekafvoeren een waterstandverlagend effect optreedt.

1.2 Doel

Doel van het onderzoek is het inzichtelijk maken van de ontwikkeling van het plangebied op:

- de kwelsituatie binnendijks,
- de afwateringsmogelijkheden buitendijks.

Daarnaast is er vanuit provincie Gelderland de vraag gekomen of de ontwikkeling van het plangebied invloed heeft op de kwel uit de Heelsumse beek (gemeente Renkum).

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 een gebiedbeschrijving gegeven van de huidige situatie, waarbij de bodemopbouw, grondwaterstanden en oppervlaktewatersysteem zijn beschreven. In hoofdstuk 3 is de voorgenomen ontwikkeling beschreven. De effecten van de ontwikkeling op het binnendijksgebied is in hoofdstuk 4 weergegeven. Tot slot zijn in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen beschreven.

2 Gebiedsbeschrijving

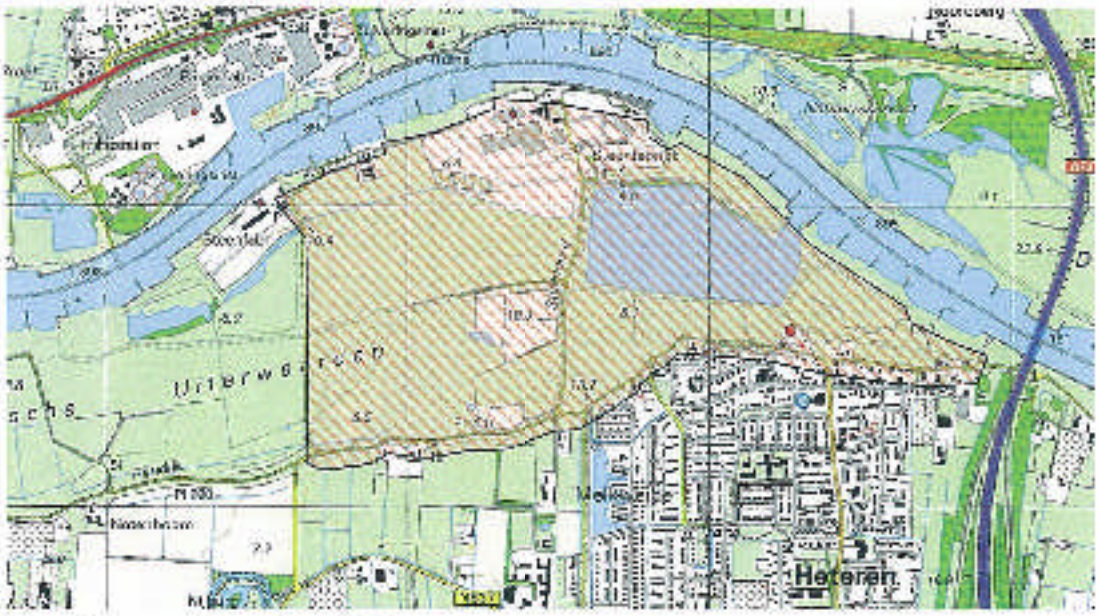
2.1 Inleiding

De gebiedsbeschrijving richt zich voornamelijk op de kenmerken binnen en direct rondom het plangebied. Dit betreft de beschrijving van de maaiveldhoogten, bodemopbouw, geohydrologische situatie, grondwaterstanden en oppervlaktewater. De geïnventariseerde gegevens zijn afkomstig van de volgende bronnen:

- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN);
- Bodemkaart van Nederland kaartblad (kaartblad 39 Oost en 40 West);
- Grondwaterkaart van Nederland, DGV-TNO (kaartblad 39 Oost en 40 West);
- Bodemgegevens uit het REGIS (Regionaal Geografisch Informatie Systeem) van TNO;
- Grondwatergegevens uit DINO (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond) van TNO-NITG;
- Boor- en sondeergegevens uit *'Grondonderzoek betreffende uitbreiding zandwinningsput te Heteren'* (Fugro, opdrachtnummer 6004-0199-001, d.d. 20 mei 2008);
- Hoogtemetingen in het plangebied uitgevoerd door bureau Meet.

2.2 Situering plangebied

Het plangebied ligt in de Randwijkse Waarden. Dit is een uiterwaard ter westen van de brug A50 en ten noorden van het dorp Heteren (gemeente Overbetuwe). In het gebied ligt de Plas Van Wijck. In onderstaand figuur 2.1 is het plangebied gearceerd.



Figuur 2.1: Ligging plangebied

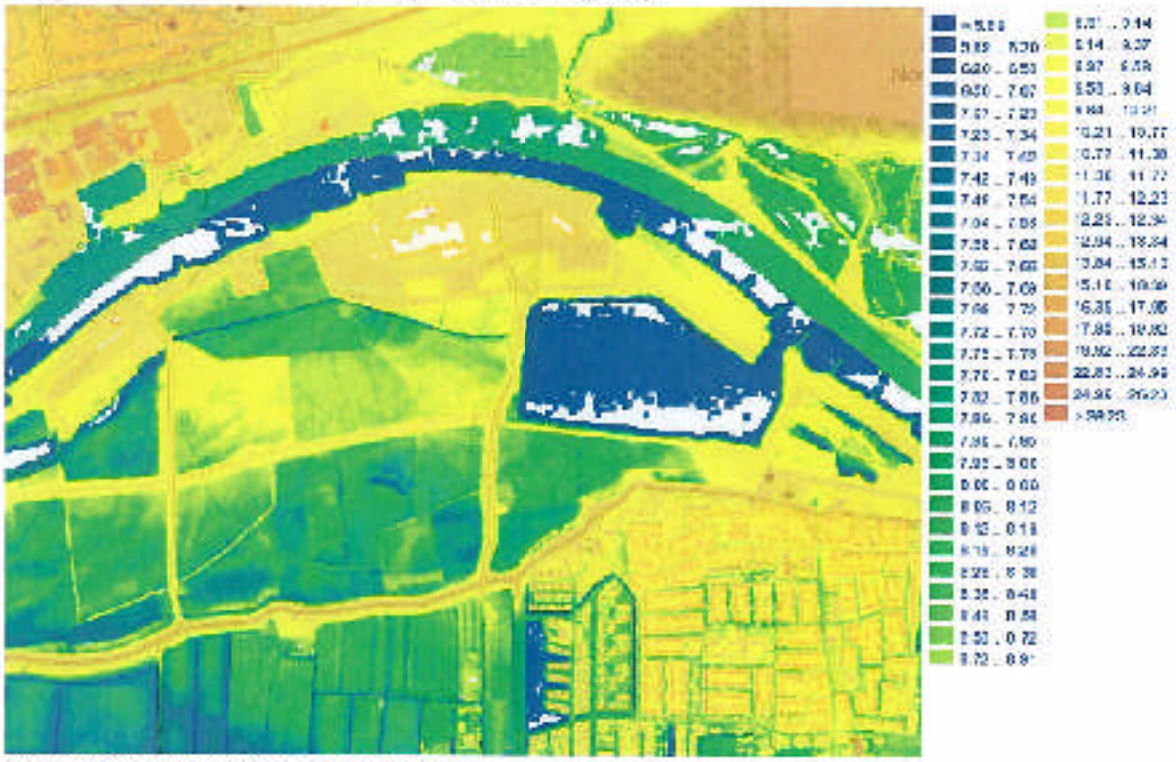
2.3 Maaiveldhoogte

De Randwijkse Rijndijk heeft een hoogte van circa NAP +13,2 m nabij de Renkumse Veerweg. Bij Randwijkse Rijndijk nummer 6 is de dijk wat lager (circa NAP +12,9 m), waarna de hoogte weer toenoemt tot circa NAP +13,5 m bij de kern van Heteren.

Het gebied tussen de Plas van Wijck en de Renkumse Veerweeg ligt, ten zuiden van de zomerdijk, op een hoogte van NAP +7,25 m á NAP +8,0 m. Het gebied ten noorden van de zomerdijk ligt hoger. De hoogte van het maaiveld varieert hier van NAP +8,0 m tot NAP +8,5 m.
De Renkumse Veerweg ligt op een hoogte van NAP +9,40 m (tussen Randwijkse Rijndijk en de zomerdijk) á NAP +10,10 m (tussen de zomerdijk en de steenfabriek).

Het gebied rondom de steenfabriek en aanwezige woningen liggen aanzienlijk hoger dan de omgeving en varieert van NAP +11,0 m tot NAP +13,5 m. Hierdoor is bij een hoogwatersituatie de overlast ter plaatse minimaal.

In figuur 2.1 is de maaiveldhoogte grafisch weergegeven.



Figuur 2.1: Hoogtekaart (bron: www.AHN.nl).

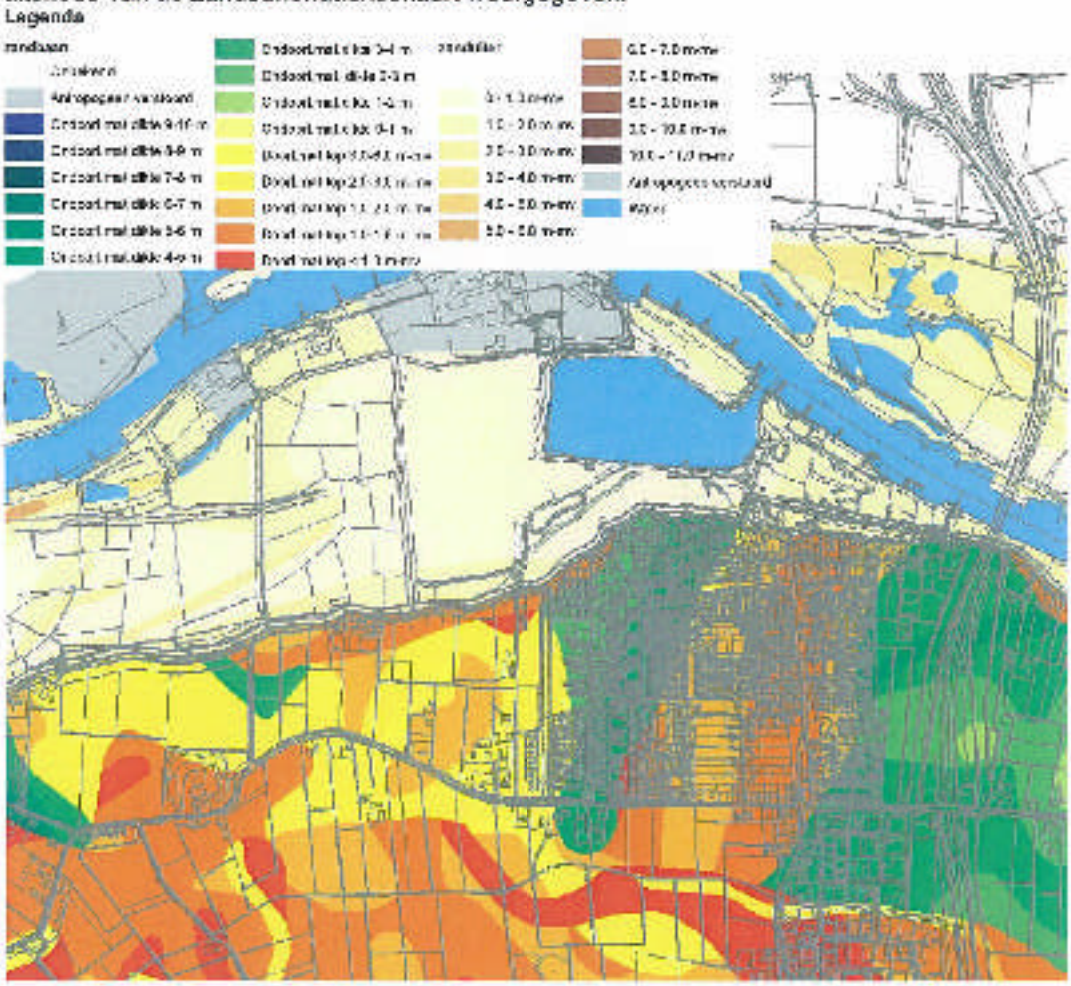
2.4 Bodemopbouw

Ondiepe bodemopbouw

Van de Bodemkaart van Nederland is afgeleid dat in het plangebied (uiterwaarden) sprake is van kalkhoudende poldervaaggronden (bodemcode RN52A). Binnendijks is sprake van kalkhoudende poldervaaggronden (bodemcode Rd90A) en kalkhoudende ooivaaggronden (Rn95C en RN67C). Deze ooivaaggronden zijn goed ontwaterde, diep genomogeniseerde zavel- en kleigronden. De dikte van deze zavel- en kleigronden is 1 à 2 m.

Diepe bodemopbouw

Het rivierengebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van zandbanen. In figuur 2.2 is een uitsnede van de zandbanenattentiekaart weergegeven.



Figuur 2.2: uitsnede zandbanenkaart

Uit de zandbanenattentiekaart blijkt, dat de dikte van de deklaag binnendijks circa 1 tot 2 m is. Ten zuiden van de bestaande zandwinplas is een dikkere deklaag aanwezig (3 tot 5 m). In de uiterwaarden is in het algemeen geen deklaag aangetroffen. Plaatselijk is een dunne deklaag van 1 m aangetroffen.

Uit het grondonderzoek (Fugro mei 2008) en gegevens uit REGIS[1] blijkt dat de bodem onder de deklaag bestaat uit zwak tot matig siltig, matig fijn tot zeer grof (grindhoudend) zand (dikte circa 25 m). Deze laag behoort tot de Formatie van Kreftenheije, Urk, en Sterksel. De gegevens van Fugro en REGIS sluiten op elkaar aan.

Uit de uitgevoerde boringen en sonderingen blijkt op circa NAP -18 m à NAP -19 m een leemlaag aangetroffen. De dikte van de leemlaag varieert van 0,5 m tot meer dan 4 m (>NAP -22,0 m). De bovenkant van de slecht doorlatende leemlaag bevindt zich nabij de dijk (zuidzijde) op NAP -19 m tot NAP -21,5 m nabij de Neder-Rijn. De aangetroffen leemlaag komt overeen met de aanwezigheid van een scheidende laag tussen het eerste en het tweede watervoerend pakket. Op basis van de Grondwaterkaart van Nederland bevindt de onderkant van de kleilaag op NAP -28 m. Hieronder bevindt zich het tweede watervoerend pakket tot circa NAP -160 m.

[1] REGIS: REgionaal Geografisch Informatie Systeem

Bodemschematisatie
In de beschrijving van de bodemopbouw is ingegaan op de samenstelling van de bodem. Door middel van een geohydrologische schematisatie wordt een indruk verkregen van de opbouw van de diepere ondergrond en de bijbehorende geohydrologische variabelen.

De opbouw van de bodem wordt geschematiseerd in goed doorlatende watervoerende pakketten en slecht doorlatende, scheidende lagen. In een watervoerend pakket treedt een overwegend horizontale grondwaterstroming op en in een scheidende laag een hoofdzakelijk verticale grondwaterbeweging.

Watervoerende pakketten worden beschreven aan de hand van het doorlaatvermogen (kD). Dit is het product van de horizontale doorlatendheid (k_h) en de verzadigde dikte van het pakket (D). Waterscheidende of slecht doorlatende lagen worden beschreven door middel van de hydraulische weerstand en uitgedrukt in dagen. Deze weerstand is het quotiënt van de dikte van de scheidende laag (D) en de verticale doorlatendheid (k_v).

In tabel 2.1 zijn voor de geologische formaties en geohydrologische variabelen gegeven. Deze zijn vooral gebaseerd op de gegevens uit REGIS II en Grondwaterkaart van Nederland.

Tabel 2.1 Overzicht van de geohydrologische formaties en parameters

diepte (m NAP)	Samenstelling	formatie	geohydrologische eenheid	Parameter binnen plangebied
10,8 à 8,0 tot 10,8 à 7,0	klei	holoceen	deklaag	10 tot 200 dagen
10,8 à 7,0 tot -18 à -19	matig grof tot uiterst grof zand	Kreftenheyn	1ste watervoerend pakket	1.100 tot 1.700 m²/dag
-18 à -19 tot -19,3 à -28	klei	Kreichem	scheidende laag	500 tot 4.500 dagen
19,3 à -28 tot -180	grof tot uiterst fijn, slibhoudend zand	Eindenvijk, Tegelen, Maasluis en Oosterhout	2de watervoerend pakket	2.000 m²/dag

2.5 Grondwater

Grondwatertrap
De grondwatertrap in het plangebied geeft informatie over de diepte en fluctuatie van het grondwater. De grondwatertrappen zijn ter plaatse van de uiterwaarden niet inzichtelijk gemaakt.

Binnendijks is sprake van VI en verder in zuidelijke richting grondwatertrappen III. In tabel 2.2 staan de gemiddeld hoogste grondwaterstand en gemiddelde laagste grondwaterstand, waarmee deze grondwatertrappen corresponderen.

Tabel 2.2 Grondwatertrappen projectgebied Lingemeer

Grondwatertrap	Gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) (m -mv)	Gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) (m -mv)
III	< 0,25	0,25 – 0,40
VI	0,40 - 0,80	> 1,20

Grondwaterstanden
De wisseling in grondwaterstanden wordt uitgedrukt door middel van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG[2]) en de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Het gebied is gelegen in het uiterwaardengebied van de Neder-Rijn. Hierdoor staat het grondwater onder (sterke) invloed van de Neder-Rijn.

[2] De GLG is gedefinieerd als het gemiddelde van de drie laagste gemeten grondwaterstanden, gemeten op of nabij de 14de en 28ste van een maand, in een hydrologisch jaar, gemiddeld over minimaal 8 jaar (Cultuurtechnisch vademecum).

In de directe omgeving van het plangebied bevinden zich enkele peilbuizen, waarin de grondwaterstand over een langere periode geregistreerd is. Voor de locatie van de peilbuizen wordt verwezen naar bijlage 1.

In tabel 2.3 zijn de peilbuiskarakteristieken van de dichtstbijzijnde peilbuizen weergegeven. Hieruit kan worden afgeleid wat de grondwaterstandfluctuatie binnen het plangebied is en of er sprake is van kwel vanuit de diepere ondergrond.

Tabel 2.3 Peilbuiskarakteristieken

Peilbuis	Filter	x-coördinaat (m)	y-coördinaat (m)	bkf* (m +NAP)	okf** (m +NAP)	GLG (m +NAP)	gemiddelde (m +NAP)	GHG[1] (m +NAP)
B39G0314	1	178.700	440.470	-8,15	-10,15	6,31	6,46	6,72
B39G0314	2	178.700	440.470	-53,15	-58,15	8,83	7,08	7,39
B39G0315	1	178.610	442.015	-7,59	-9,59	6,73	6,77	6,94
B39G0315	2	178.610	442.015	-54,59	-56,59	8,73	7,07	7,74
B39G0744	1	178.540	440.550	5,55	4,55	6,20	6,47	6,62
B39G0744	2	178.540	440.550	-2,27	-4,27	8,16	6,40	6,75
B39G0744	3	178.540	440.550	-37,39	-39,39	6,76	7,35	7,33
B39G0350	1	179.770	441.410	0,00	-0,5	5,75	6,78	6,02

* bkf: bovenkant filter
** okf: onderkant filter

Uit tabel 2.3 blijkt dat de stijghoogte in de diepere ondergrond (tweede watervoerend pakket) hoger is dan in het eerste watervoerend pakket. Hierdoor zal er sprake zijn van een kwelstroom door de scheidende laag.

Tijdens de veldwerkzaamheden is de grondwaterstand eenmalig bepaald op circa 1,00 tot 2,10 m -mv. Dit komt overeen met een stijghoogte van circa NAP +6,9 m tot circa NAP +5,8 m. Deze stijghoogten passen in het beeld van de gemeten stijghoogten en zijn niet uitzonderlijk.

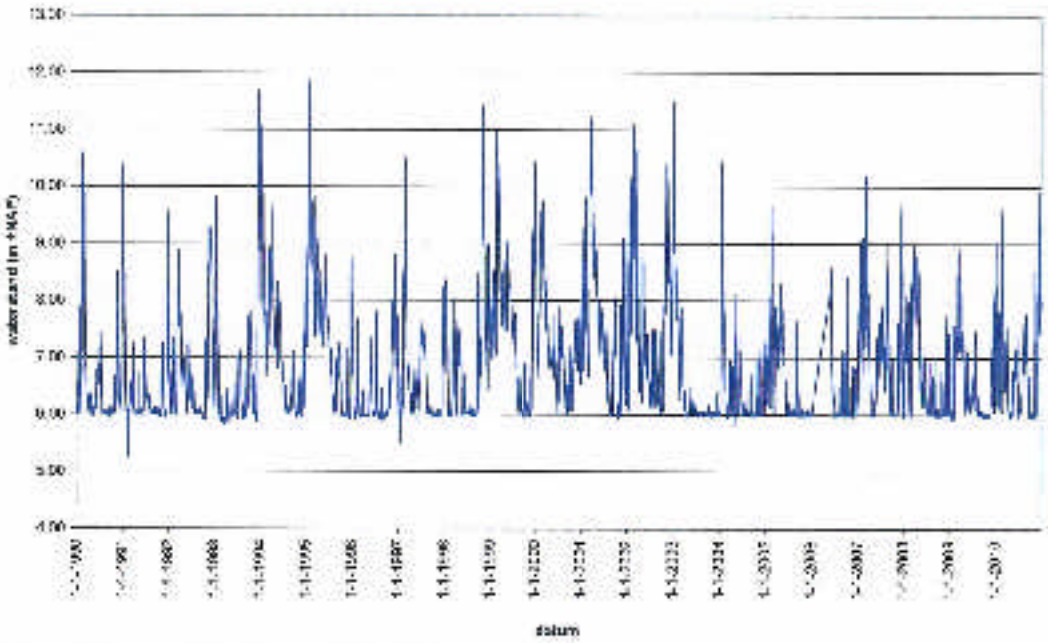
Grondwaterstroming
De grondwaterstromingsrichting is afhankelijk van de waterstand in de Neder-Rijn. In periode met lage waterstanden gaat een drainerende werking uit van de Neder-Rijn en is de grondwaterstromingsrichting richting Neder-Rijn. In periode met gemiddelde en hoge waterstanden is de stromingsrichting meer zuidelijk gericht en treedt er kwel op in het achterliggende gebied.

Gemiddeld is er sprake van een infiltrerende werking waardoor de grondwaterstroming zuidelijk gericht is.

2.6 Oppervlaktewater
De huidige Plas van Wijck reikt tot een diepte van maximaal NAP -18 m en doorsnijdt de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket niet. Het oppervlak van de zandwinplas bedraagt circa 19 hectare.

Langs de noordzijde van het plangebied is de Neder-Rijn gelegen, deze heeft een openverbinding met de Plas van Wijck. Het waterpeil in de Neder-Rijn, fluctueert. In figuur 2.4 is het verloop van het waterpeil in de Neder-Rijn grafisch weergegeven voor meetstation Driel-beneden.

[1] De GHG is gedefinieerd als het gemiddelde van de drie hoogst gemeten grondwaterstanden gemeten op of nabij de 14de en 28ste van een maand, in een hydrologisch jaar, gemiddeld over minimaal 8 jaar (Cultuurtechnisch vademecum).



Figuur 2.4. Peilgegevens Neder-Rijn

Uit figuur 2.4 blijkt dat het waterpeil in de Neder-Rijn sterk fluctueert. De waterstand bij een overschrijdingswaarde voor een aantal meetpunten langs de Neder-Rijn zijn weergegeven in tabel 2.4. Deze overschrijdingskansen zijn door Rijkswaterstaat afgeleid (www.watermormalen.nl).

Tabel 2.4 Overschrijdingskansen

	Pannerden (m +NAP)	Arnhem (m +NAP)	Driel boven (m +NAP)	Driel beneden (m +NAP)	Lexkesveer (m +NAP)
1 x per 1 250 jaar	15,35	13,90	12,50	12,45	11,60
1 x per 100 jaar	14,90	13,50	12,20	12,10	11,25
1 x per 10 jaar	14,25	12,85	11,60	11,55	10,65
1 x per 2 jaar grensafvoer (-peil)	13,20	11,85	10,80	10,53	9,60
1 x per jaar	12,70	11,35	10,10	10,03	9,00
Gemiddelde afvoer*	8,58	8,61	8,14	6,98	6,64

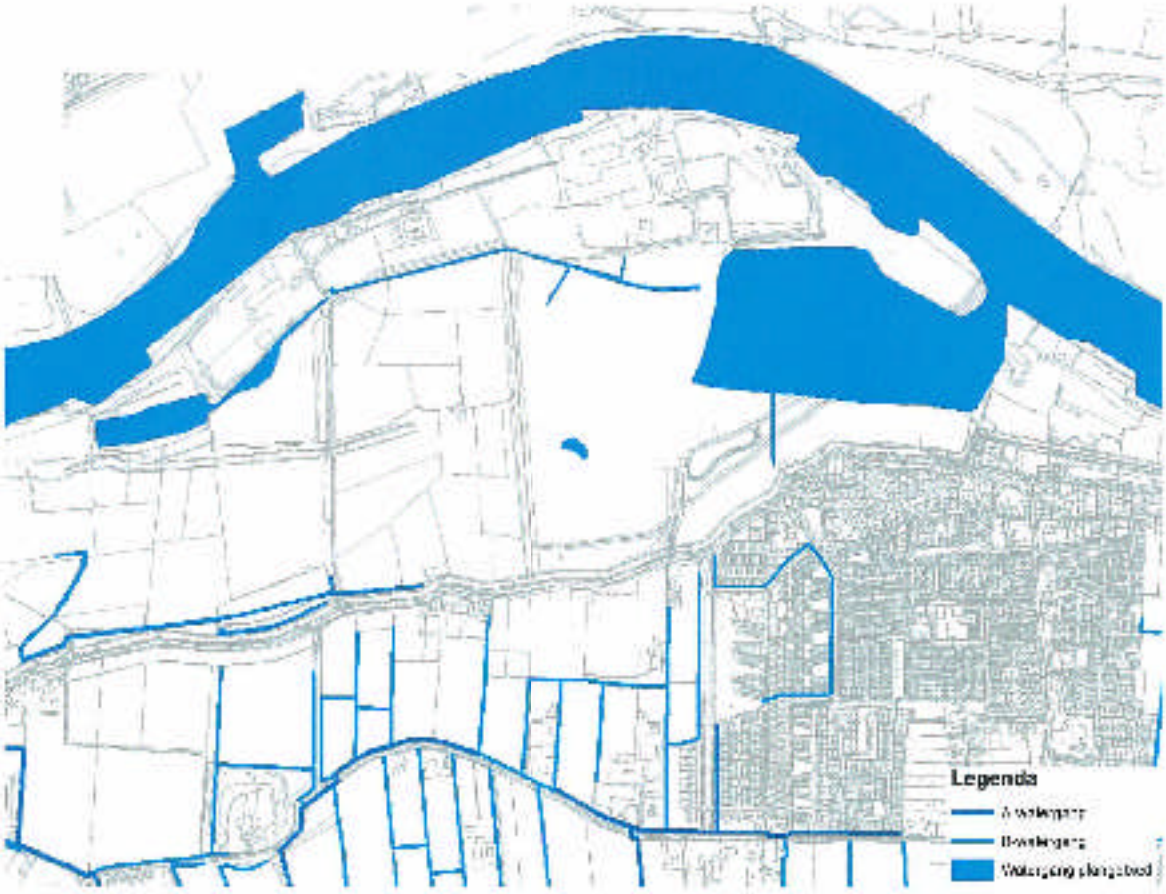
** berekend op basis van meerjarige meetreeks*

De hoogste waterstand die gemeten is tussen 1990 en 2011 bedraagt NAP +11,87 m. De laagste waterstand is NAP +5,25 m. Het verschil tussen de hoogste en laagste waterstand is 6,6 m. Gemiddeld was het peil in de Neder-Rijn NAP +6,84 m in de betreffende periode.

In de uiterwaarden bevinden zich enkele watergangen. Deze watergangen zorgen voor de ontwatering en afwatering van de uiterwaarden. De watergangen bevinden vooral zich aan de noordzijde (nabij de bestaande bebouwing) en tegen de Randwijkse Rijndijk (vanaf de Renkumse Veerweg richting westen).

Binnendijks wordt het oppervlaktewaterpeil gereguleerd. Het polderpeil bedraagt hier NAP +6,40 m. Er zijn diverse A en B-watergangen binnendijks aanwezig waarin het polderpeil wordt beheerst. Aan de Steenovenstraat is vijverpartij/plas aanwezig (oppervlakte circa 2,13 ha). Het peil in dit oppervlaktewater is gelijk aan het omliggende polderpeil (NAP +6,40 m).

In figuur 2.3 is het totale oppervlaktewatersysteem weergegeven.



Figuur 2.3. Oppervlaktewatersysteem

3 Voorgenomen ontwikkeling

3.1 Algemeen

De bestaande zandwinplas Plas van Wijck zal worden uitgebreid door middel van zandwinning, waardoor de ruimtelijke kwaliteit van het plangebied verbeterd wordt en de volgende maatschappelijke doelen worden gerealiseerd:

- versterken van de landschappelijke kwaliteit;
- vergroten van de natuurwaarden;
- verbeteren van de recreatieve mogelijkheden;
- verruimen van het rivierbed voor piekafvoeren;
- realiseren van een hoogwaardige afwerking van de Plas van Wijck;
- borging van belangen van bedrijven en bewoners.

3.2 Inrichtingsplan

Het inrichtingsplan richt zich op het herstel van het landschap. De elementen die samen het landschapsbeeld bepalen zijn zo ingezet dat de lengterichting van het rivierlandschap wordt versterkt.

De huidige kale plas wordt in zijn geheel veranderd in een vriendelijk ogende waterpartij. De plas wordt in westelijke richting uitgebreid, zodanig dat er zich twee "stromen" lijken te gaan vormen. De hoger gelegen zomerkade vormt de scheiding tussen beide. In figuur 3.1 is de toekomstige vormgeving van het plangebied weergegeven.

Figuur 3.1 Ontwerp Randwijkse Waarden

De ontzanding van de plas zal plaatsvinden in het eerste watervoerend pakket tot een diepte van maximaal NAP -18 m. De scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerend pakket zal ook in de uitbreiding niet worden doorsneden. Voor meer informatie over het inrichtingsplan verwijzen wij naar het Ontwikkelingsplan Randwijkse Waarden van Pouderoyen Compagnons van augustus 2011, te verkrijgen bij de gemeente Overbetuwe.

3.3 Uiterwaarden

Onderstaand zijn de relevante ingrepen beschreven die in de uiterwaard zullen worden uitgevoerd en effect hebben op de waterhuishouding in de uiterwaard. Deze ingrepen hebben geen invloed op de grondwaterstanden binnendijks. Deze effecten zullen dan ook niet worden beschreven.

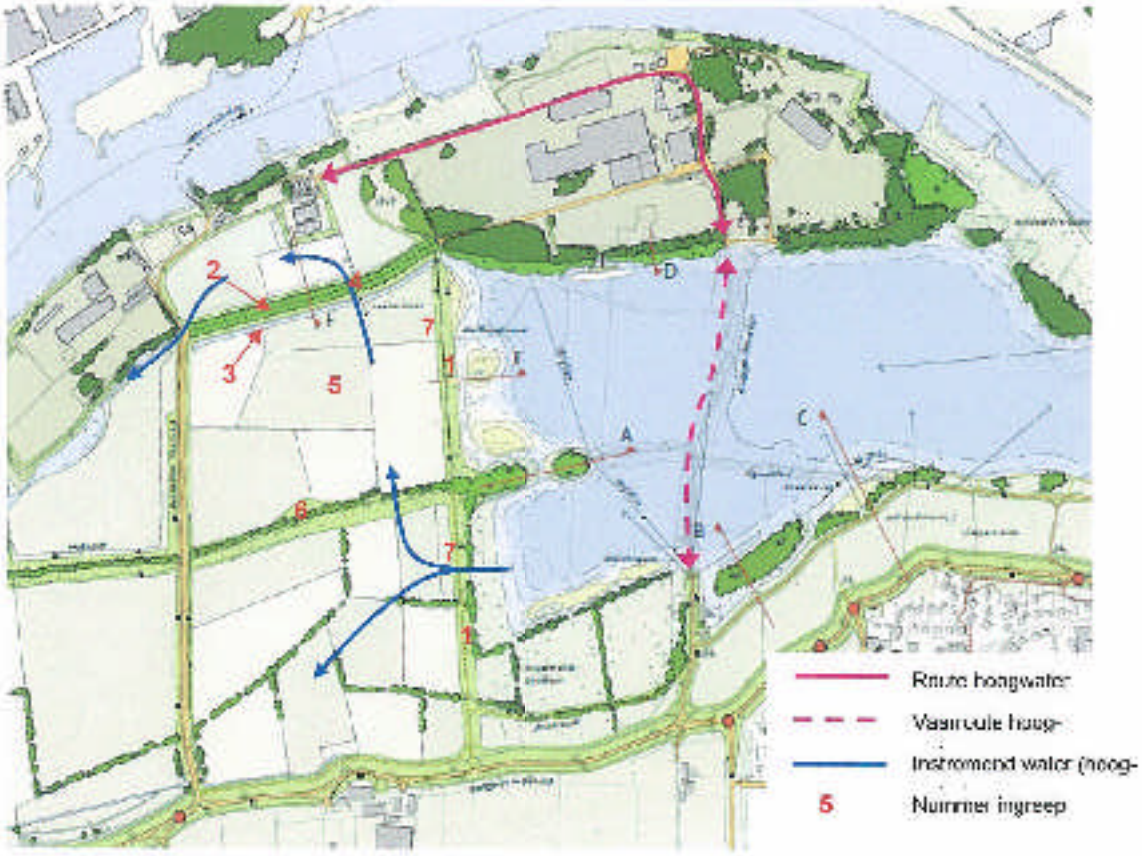
1. Er wordt een nieuwe dwarskade aangelegd op dezelfde hoogte als de bestaande dwarskade die wordt verwijderd (NAP +10,40 m). In het zuidelijk deel (benedenstroms van de zomerdijk) wordt een vierkante inlaatduiker, van 1 m doorsnee, aangelegd die bij hoog water opengezet kan worden. Het inlopen van de zomerpolder bij hoog water verloopt daardoor sneller en gelijkmatiger. De nieuwe duiker komt in beheer bij het Waterschap Rivierenland. Omdat het waterschap in dit deel de beheerder is.
2. Er wordt een nieuw wegdeel aangelegd op een kade tussen de Renkumse Veerweg en het fabrieksterrein van Wienerberger BV. De hoogte van het wegdeel zal NAP +11,0 m bedragen. Het wegdeel komt te liggen ten zuiden van de bestaande sloot en het aanwezige transformatiehuisje en sluis. Dat betekent dat de percelen ten noorden van het nieuwe wegdeel nog gewoon af kunnen wateren op de bestaande sloot. Deze staat in verbinding met een sluis die bij hoogwater open kan worden gezet om te voorkomen dat er bij hoogwater teveel druk op de Renkumse Veerweg komt te staan. De bestaande sluis is en blijft in beheer bij de huidige eigenaar op wiens grondgebied de sluis ligt. Dit deel valt niet onder het regiem van het waterschap.
3. Aan de zuidkant van het nieuwe wegdeel wordt ook een watergang aangelegd voor afwatering, deze wordt met een kleine duiker aan het einde verbonden met de aanwezige sluis.
4. Onder het nieuwe wegdeel wordt een veetunnel aangelegd. Door de openverbinding kan het water, bij het onderstromen van het gebied, ook in het noordelijk deel stromen (ten noorden van het nieuwe wegdeel). Door de veetunnel voldoende ruim te dimensioneren (breedte meer dan 2 m), wordt voorkomen dat grote stroomsnelheden door de tunnel optreden.
5. Bij het volstromen van het gebied, ten zuiden van het nieuwe wegdeel, zal het water via de veetunnel in noordelijke richting kunnen stromen (richting huizen). Er hoeft niet gewacht te worden totdat de aanwezige sluis opengezet wordt.
6. Daar waar de bestaande zomerkade over een akker loopt, is de kade te laag en niet zichtbaar. De zomerkade zal worden hersteld tot een peil van NAP +9,8 m.
7. Aan de westkant van de nieuwe dwarskade wordt een afwateringssloot aangelegd die aan beide kanten verbonden is met de aanwezige afwateringssloten.

Bovenstaande ingrepen zijn in figuur 3.2 op kaart weergegeven.

3.4 Bereikbaarheid bij hoogwater

Bij een hoogwater situatie zal de Renkumse Veerweg uiteindelijk ook onder water komen te staan. De bewoners en de medewerkers van de steenfabriek moeten in dit geval met een boot richting de winterdijk. Hiervoor gaat er vanaf het fabrieksterrein van Wienerberger BV een boot naar het restant van de Steencord. Aan beide zijden van de oversteek zal een lichtpaal aangebracht worden om ook in het donker een herkenningspunt te hebben. De route van de woningen naar het fabrieksterrein wordt voor start van de uitvoering gecontroleerd en indien nodig verhoogd om een veilige doorgang naar het fabrieksterrein en de boot te garanderen.

De bereikbaarheid bij hoogwater is op onderstaande kaart weergegeven



Figuur 3.2. Ingrepen, uitbreiding en bereikbaarheid hoogwater

4 Effecten

4.1 Algemeen

Om de effecten van het realiseren van het ontwerp inzichtelijk te maken, is gebruik gemaakt van een 3D-grondwatermodel, opgesteld in MicroFEM. MicroFEM is een 'eindige elementen Programma' voor het berekenen van de grondwaterstroming in een meervoudige lagen model.

Met het programma kunnen stationaire en niet stationaire vraagstukken opgelost worden. In het kader van dit project is gekozen om de effecten te berekenen voor een stationaire situatie. Dit is gedaan omdat bij een niet-stationaire situatie een hoogwatergolf zich over de Neder-Rijn verplaatst, waardoor de effecten vertraagd optreden. Bij de gekozen stationaire situatie wordt een bepaalde randvoorwaarde opgelegd, waardoor voor alle zekerheid de worst case situatie wordt berekend. De keuze voor dit model is gemaakt in overleg met Waterschap Rivierenland en provincie Gelderland. Het model is nader beschreven in bijlage 2.

De effecten zijn met het opgestelde grondwatermodel berekend door, ter plaatse van de uitbreiding van de zandwinning, een extreem hoog doorlaatvermogen op te geven (10 000 m²/dag). Hierdoor wordt een vrije oppervlaktewaterspiegel gemodelleerd (overeenkomstig het peil in de Neder-Rijn). Omdat de scheidende laag niet doorsneden wordt, wordt dit alleen in het eerste watervoerend pakket aangepast. Als bodemweerstand is 20 dagen aangehouden. Het effect van de uitbreiding van de zandwinning op de omgeving is berekend voor de volgende situaties:

- een stationaire gemiddelde situatie;
- een stationaire T=10 hoogwatersituatie;
- een droogweersituatie met een laagwatersituatie (1991).

Onderstaand zijn de effecten nader beschreven.

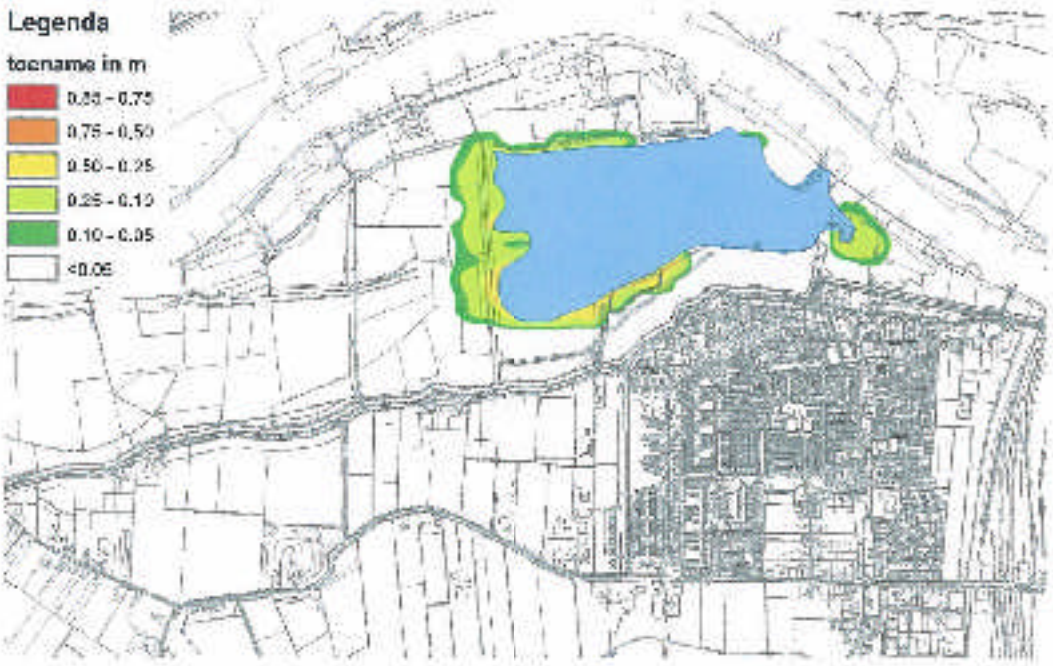
4.2 Effecten bij een gemiddelde situatie in de Neder-Rijn

Verandering stijghoogte deklaag

De stijghoogte[4] in de huidige situatie (zonder uitbreiding Plas van Wijck) en toekomstige situatie is met het opgestelde grondwatermodel berekend. Door de berekende stijghoogte in het eerste watervoerend pakket af te trekken van de berekende huidige situatie, wordt het verschil in stijghoogten inzichtelijk gemaakt.

Ditzelfde is gedaan voor de berekende stijghoogte in de deklaag, waardoor de effecten in de deklaag inzichtelijk worden gemaakt. In figuur 4.1 is de invloed op de grondwaterstand in de deklaag (verhoging) weergegeven bij een gemiddelde situatie. In bijlage 3 zijn de afzonderlijk berekende stijghoogten in de deklaag en eerste watervoerend pakket weergegeven bij de gemiddelde situatie.

[4] Stijghoogte: grondwaterstand ten opzichte van een referentiemaat (bijvoorbeeld NAP)

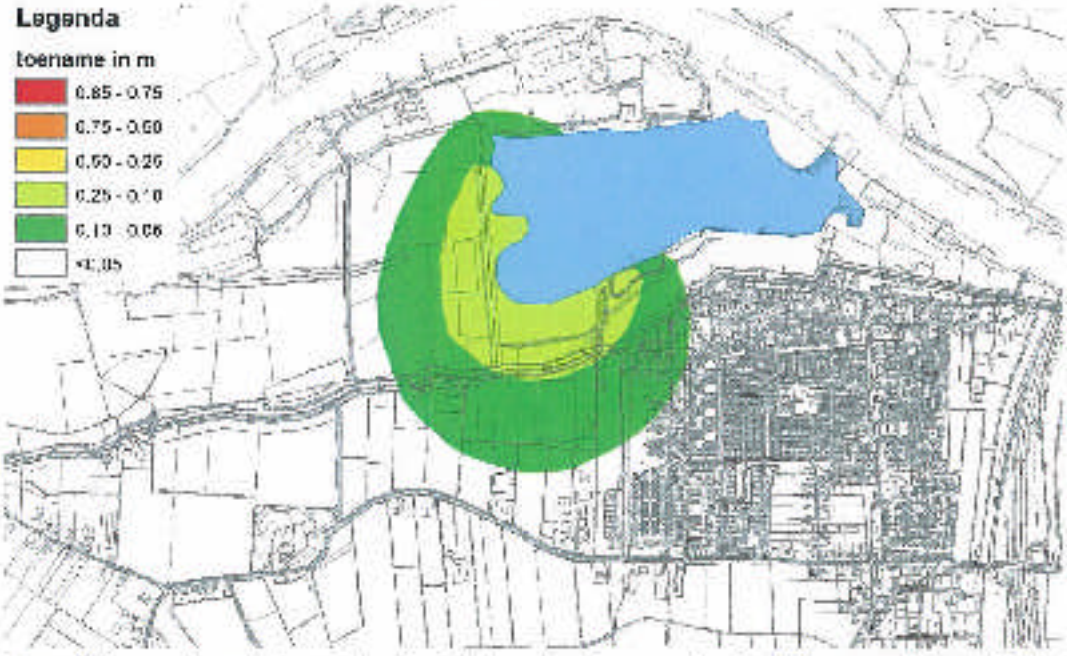


Figuur 4.1: Verandering grondwaterstand in de deklaag bij een gemiddelde situatie in de Neder-Rijn

Uit figuur 4.1 blijkt dat de invloed in de deklaag nauwelijks buiten het uitbreidings-/plangebied merkbaar is. Binnendijks is geen invloed merkbaar. Hierdoor zijn er geen negatieve effecten ten aanzien van zettingen, natuur en/of landbouw.

Verandering van de kwel

Met het model is de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket berekend in zowel de huidige situatie als toekomstige situatie. De doorlaatfactor in het eerste watervoerend pakket is hoger dan in de deklaag. Hierdoor is het invloedsgebied in het eerste watervoerend pakket groter (zie figuur 4.2) en reikt tot binnendijks gebied. Door de weerstand van de deklaag is deze invloed echter niet aan het maaiveld (in de deklaag) merkbaar.



Figuur 4.2: Verandering stijghoogte in het eerste watervoerend pakket bij een gemiddelde situatie in de Neder-Rijn

Op basis van de berekende stijghoogten in het eerste watervoerend pakket is de verandering van de kwel berekend. Het grotere invloedsgebied draagt bij aan stationaire situatie bij aan een kweltoename. De kwel is berekend door:

$$kwel = \frac{polderpeil - stijghoogte(wvp)}{weerstand_deklaag} * 1000$$

Hierin is

- Kwel in mm/dag
- Polderpeil in m +NAP
- Stijghoogte in m +NAP

De weerstand van de deklaag is afgeleid van onder andere de zandbanenkaart en informatie van het Waterschap Rivierenland en zo ook opgenomen in het grondwatermodel.

In tabel 4.1 is de berekende kwel binnendijks weergegeven. De kwel is berekend voor het gehele polderpeil gebied Heteren met een totaal oppervlak van 1.463 hectare en een polderpeil van NAP +5,40 m. De kwel toename zal dus vooral optreden ter plaatse van het (stationaire) invloedsgebied van het eerste watervoerend pakket en wordt door de aanwezige watergangen afgevangen.

Tabel 4.1 Kwel huidige en toekomstige situatie

	Oppervlakte (hectare)	Huidige situatie (m^3)	Toekomstige situatie (m^3)	Toename (m^3/dag)
gemiddeld	1.463	1.880	2.140	260

In werkelijkheid zal sprake zijn van een niet-stationaire situatie (hoogwatergolf) waardoor het invloedsgebied in het eerste watervoerend pakket kleiner is. De kwelstroom naar de watergangen is echter beperkt door de weerstand van de deklaag. Bij een weerstand van 100 dagen en een 1 m dikke deklaag, duurt het circa 100 dagen voordat de kwel in de watergang uitstroomt.

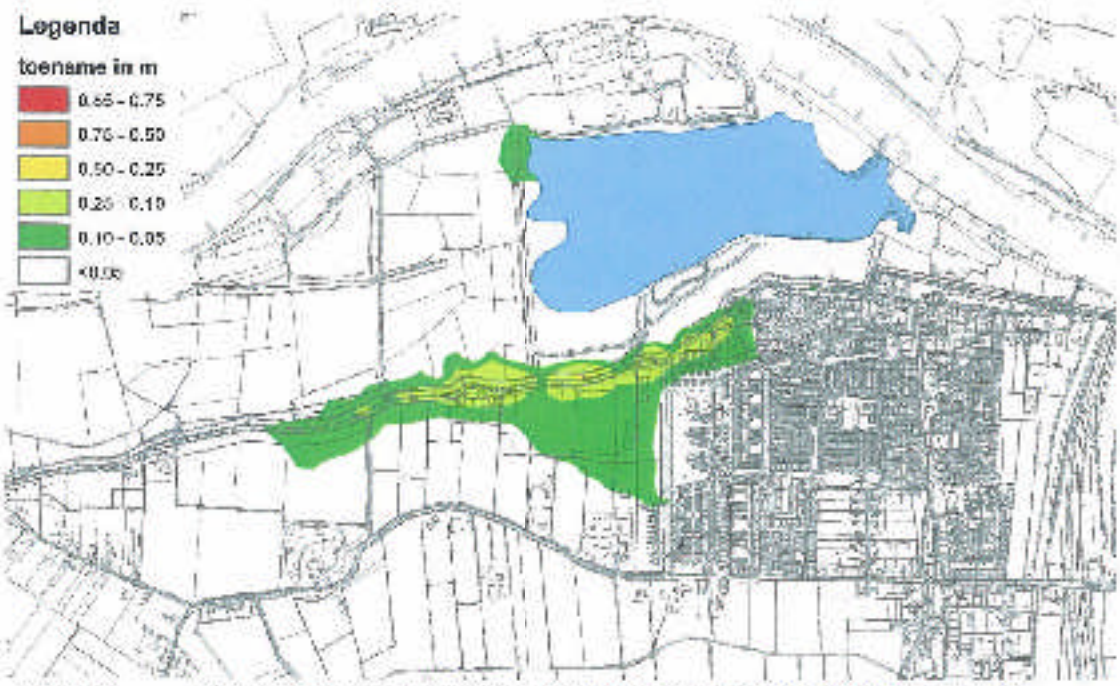
4.3 Effecten bij een T=10-situatie in de Neder-Rijn

Verandering stijghoogte deklaag

De berekeningen zijn uitgevoerd bij een T=10[5] hoogwatersituatie in de Neder-Rijn (waterstand: NAP +11,55 m). Deze waterstand komt (theoretisch) eens in 10 jaar voor en duurt dan gemiddeld 10 dagen. Als gevolg van deze zeer hoge waterstand is de invloed groter dan bij de gemiddelde situatie.

In bijlage 4 zijn de berekende stijghoogte in de deklaag weergegeven bij een T=10 hoogwatersituatie van de huidige en toekomstige situatie. In figuur 4.3 is het verschil in stijghoogte in de deklaag weergegeven (grondwaterstandtoename).

[5] T=10 hoogwatersituatie komt theoretisch 1x per 10 jaar voor en duurt gemiddeld circa 10 dagen



Figuur 4.3. Verandering grondwaterstand in de deklaag bij een T=10 hoogwatersituatie in de Neder-Rijn als gevolg van uitbreiding zandwinplan.

De invloed bij een hoogwatergolf is vooral direct achter de dijk merkbaar in het freatisch grondwater[4]. De freatische grondwaterstand stijgt plaatselijk met 10 tot 15 cm, waardoor hier meer kwelwater afgevoerd zal worden door de sloten. In het overgrote deel van het invloedgebied is sprake van een toename van de grondwaterstand van 5 tot 10 cm.

Door een toename van de grondwaterstand in de deklaag kan er gewasschade ontstaan. Doordat hoogwatersituaties echter slechts in de winterperiode voorkomen (buiten het groeiseizoen) en slechts kortdurend zijn (gemiddeld 10 dagen), ontstaan er geen nadelige gevolgen voor de landbouw.

In het invloedsgebied bevindt zich een aantal woningen in het noordwestelijk deel van de bebouwde kom van Heteren en direct achter de Randwijkse Rijndijk, ter hoogte van de uitbreiding.

Door de stijging van de grondwaterstand bij een hoogwatersituatie neemt de ontwateringsdiepte hier af. De ontwatering is gedefinieerd als de afstand vanaf maaiveld tot de grondwaterstand. Onder normale omstandigheden worden de volgende ontwateringsdiepten aangehouden:

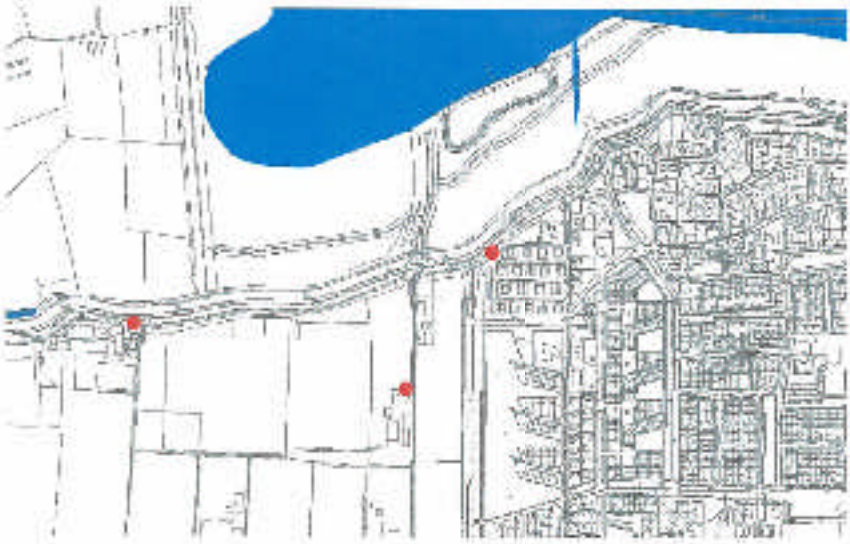
- primaire wegen 1,0 m;
- secundaire wegen 0,7 m;
- groenvoorzieningen 0,5 m;
- woningen 1,0 m beneden het vloerpeil (circa 0,7 m –mv). Het vloerpeil bedraagt 0,3 m boven het wegpeil.

In bijlage 5 is de ontwatering weergegeven bij een T=10 hoogwatersituatie voor de toekomstige situatie. Hieruit blijkt dat de ontwatering ter plaatse van de bebouwde kom 0,7 m of meer bedraagt bij een toekomstige T=10 hoogwatersituatie. De woningen zijn tenminste 0,3 m boven het wegpeil gesitueerd, daarmee is een ontwateringsdiepte van 0,7 m –mv voldoende. In het invloedsgebied is de ontwateringsgebied groter: circa 0,8 m. Geconcludeerd kan worden dat er geen problemen zullen ontstaan met vocht in kruipruimten, omdat de ontwateringsdiepte voldoende groot is en blijft.

[4] Freatisch grondwater: grondwaterstand in de deklaag of bovenste deel van het watervoerend pakket bij afwezigheid van een deklaag

Ter extra controle zijn de gehanteerde maaiveldhoogten (hoogtebestand) geverifieerd aan de putdekselhoogten. Hieruit blijkt dat de maaiveldhoogten iets afwijken van de putdekselhoogte. Dit betreft echter zowel afwijkingen naar boven als naar beneden. Binnen het invloedsgebied is de afwijking bij de Bretagnesingel zeer beperkt (slechts enkele centimeters) en kan de conclusie, dat er geen problemen bij een hoogwaterperiode zullen ontstaan, gehandhaafd blijven.

Binnen het invloedsgebied komen er in de deklaag en watervoerend pakket extra monitoringspeilbuizen om de grondwaterstanden, voorafgaand aan, tijdens en na de ingreep, te kunnen monitoren. In totaal zullen 3 monitoringspunten (elk 2 filters) ingericht worden en voorzien van druksensoren die de waterstand registreren. Op basis van de meetdata worden de effecten gemonitord ten opzichte van deze rapportage. De monitoring wordt uitgevoerd door de gemeente Overbetuwe. In figuur 4.4 is de locatie van de monitoringspeilbuizen indicatief weergegeven.



Figuur 4.4. Indicatieve locatie monitoringspeilbuis

Op basis van de meetdata kan gekeken worden, in hoeverre de effecten overeenkomen met deze studie en of aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn. Dit zal worden beoordeeld door de gemeente Overbetuwe en Waterschap Rivierenland.

Verandering van de kwel

Met het model is de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket berekend in zowel de huidige situatie als toekomstige situatie. Uit de berekening volgt dat het invloedsgebied in het eerste watervoerend pakket groter is dan in de deklaag. Deze grotere invloed is in de deklaag verwaarloosbaar door de weerstand van de deklaag. Alleen binnen het gebied, weergegeven in figuur 4.3, is de beïnvloeding vanuit het eerste watervoerend pakket merkbaar.

Ondanks dat het invloedsgebied in het eerste watervoerend pakket groter is dan in de deklaag, treedt slechts in het invloedsgebied van de deklaag daadwerkelijk kwel op (zie figuur 4.3). Dit kan verklaard worden door de weerstand van de deklaag.
De toename van de kwel is berekend voor zowel het gehele polderpeilgebied (lees invloedsgebied watervoerend pakket) als in het invloedsgebied van de deklaag, waar de kwel daadwerkelijk optreedt tot aan maaiveld.

Tabel 4.2 Kwel huidige en toekomstige situatie (waterbalans op basis van MicroFem)

T=0	Oppervlakte (hectare)	Huidige situatie (m³/dag)	Toekomstige situatie (m³/dag)	Toename (m³/dag)	Duur (d)	Totale overkwel (m³)
Polderpeilgebied	1.465	44.300	45.470	1.170	6	7.020
Invloedsgebied*	29	1.800	1.996	196	6	1.180

* *Invloedsgebied is gebied waar toename stijghoogte in de deklaag groter is dan 0.05 m*

De toename aan kwel in het polderpeilgebied bedraagt circa 1.170 m³/dag. Dit is circa 2% van de totale kwel in het polderpeilgebied. Daarmee is de kweltoename over het gehele polderpeilgebied gezien verwaarloosbaar.

Bij een stationaire situatie zal de kweltoename verspreid in het polderpeilgebied plaatsvinden. Voor de situering wordt verwezen naar bijlage 6. Hier is een verschilkaart opgenomen van de kwel.

In praktijk is er geen sprake van een stationaire situatie (hoogwatergolf), waardoor de hoeveelheid kwel in het invloedsgebied van de deklaag en overig gebied geringer is.

4.4 Effecten bij een droogweer periode

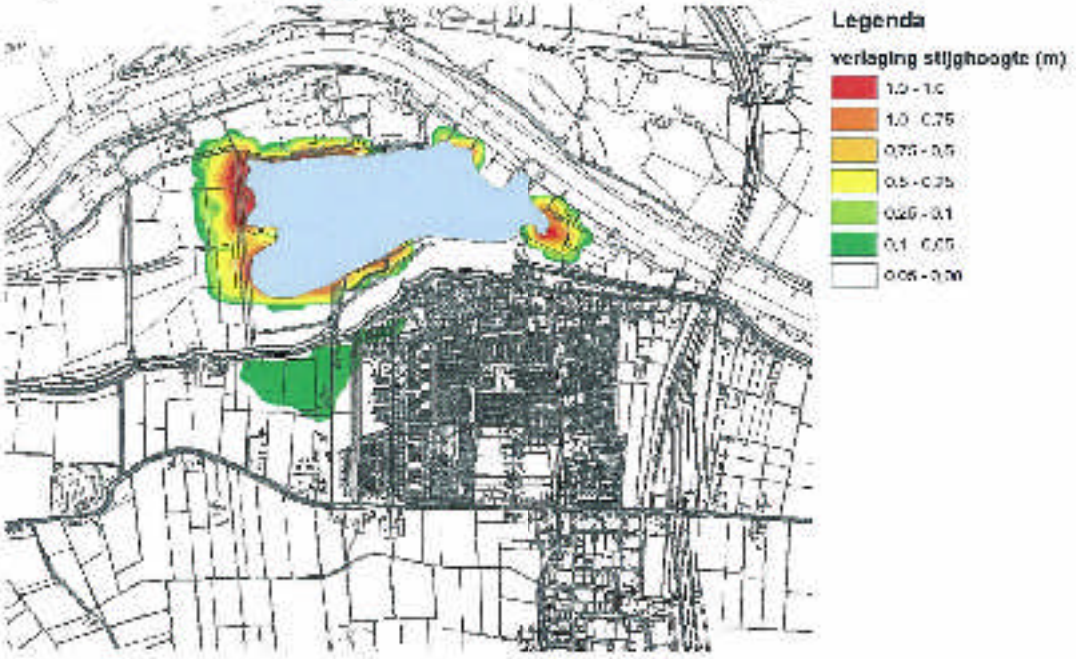
Verandering stijghoogten

Om inzicht te krijgen in het effect van de uitbreiding bij een droogweer situatie zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd bij een laagwatersituatie (1991). Het peil bij een laagwatersituatie bedraagt NAP +5,8 m. In het model zijn de randvoorwaarden hierop aangepast.

De invloed van het laagwater is in het freatisch pakket vooral in buitendijks merkbaar en direct achter de dijk. De freatische grondwaterstand daalt binnendijks plaatselijk met 0,05 tot 0,10 m direct achter de dijk.

Zettingen zijn te verwachten indien de grondwaterstand daalt tot beneden GLG. In het verleden zijn lagere grondwaterstanden opgetreden waardoor er naar verwachting geen (meer) zettingen zullen optreden.

In het model zijn de randvoorwaarden hierop aangepast. In figuur 4.5 is het invloedsgebied weergegeven in de deklaag bij een stationaire verlaging van het peil in de Neder-Rijn. In bijlage 7 zijn de berekende stijghoogte in de deklaag weergegeven bij laagwatersituatie.



Figuur 4.5: Verandering grondwaterstand in de deklaag bij een laagwatersituatie in de Neder-Rijn

De invloed van het laagwater is in het freatisch pakket vooral buitendijks merkbaar en direct achter de dijk. De freatische grondwaterstand daalt binnendijks plaatselijk met 5 tot 10 cm direct achter de dijk.

Door de verandering in korrelspanning, ten gevolge van de grondwaterstandverlaging tot beneden de *laagst gemeten waarde ooit*, kunnen zettingen optreden tijdens extreem droge perioden. De kans op het optreden van schade ten gevolge van de zettingen is afhankelijk van de bodemopbouw (mate van voorkomen van zettingsgevoelige lagen), de grondwaterstandsverlaging, de duur van de droge periode, de afstand vanaf de Neder-Rijn/zandwinplas tot zettingsgevoelige objecten en de staat van de zettings-gevoelige objecten. De verandering van 5 tot 10 cm is berekend bij een laagwatersituatie (1991). Dit is niet de laagst gemeten waterstand (en daarmee de laagste grondwaterstand) ooit. Er ontstaan dus geen zettingen

4.5 Invloed oppervlaktewatersysteem Heteren

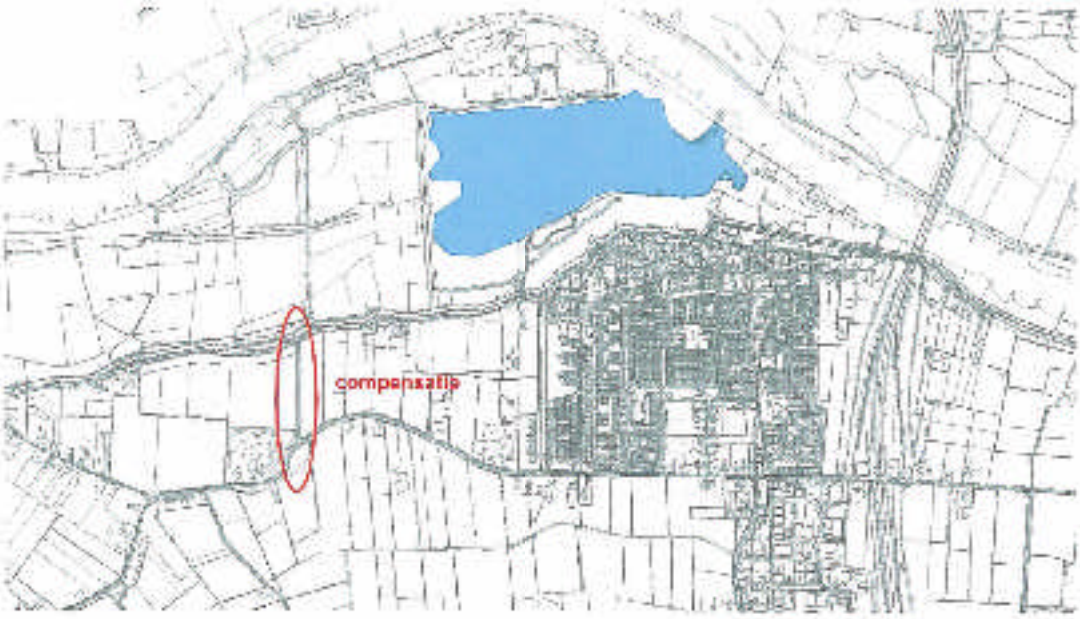
Als gevolg van de uitbreiding zal de hoeveelheid kwel, die afgevoerd moet worden door het oppervlaktewatersysteem, beïnvloed worden. In tabel 4.3 zijn de wijzigingen in afvoeren weergegeven.

Tabel 4.3 Verschil afvoerdebieten oppervlaktewatersysteem Steenovenstraat

Situatie	Huidige situatie (m³/dag)	Na uitbreiding (m³/dag)	Verschil (%)
Gemiddeld	26.5	33.1	25
T=10	303,0	332.0	10
Laagwater	-33.9	-55.0	63

De kweltoename bij een T=10 hoogwatersituatie in het oppervlaktewater bedraagt circa 30 m³ per dag. Conform de regels van het waterschap dient een de kweltoename gedurende een hoogwatersituatie (duur 10 dagen) geborgen te worden in een bergingsvoorziening (compensatie). De toename aan kwel voor de gehele T=10 hoogwatersituatie bedraagt 180 m³ (6 dagen * 30 m³). Bij een toegestane peilstijging van 30 cm is het benodigde oppervlak voor compensatie 600 m².

Deze compensatie is in overleg met Waterschap Rivierenland gevonden door aan weerszijde van de Steenkuil, nabij de Boterhoekseestraat, de bestaande sloten te verbreden. De locatie van de compensatie is globaal weergegeven in figuur 4.6



Figuur 4.6: Situering compensatiegebied

5 Conclusies

5.1 Conclusies

Voor de voorgenomen uitbreiding van de zandwinplas Randwijkse waarden is een modelstudie uitgevoerd. Het model is gemaakt met het programma MicroFEM. Hierbij is gebruik gemaakt van gegevens uit REGIS en informatie van de uitgevoerde boringen en sonderingen. De boorprofielen en sondeergrafieken kwamen over een met het beeld uit REGIS. REGIS is daarom gekozen voor de opbouw van het grondwatermodel.

Met het opgestelde grondwatermodel zijn voor een drietal situatie de effecten bepaald.

- gemiddelde situatie op de Neder-Rijn;
- een T=10 hoogwatersituatie;
- een laagwatersituatie.

De invloed van de uitbreiding is berekend door in beide gevallen het verschil in stijghoogte te berekenen en deze met elkaar te vergelijken (voor huidige en toekomstige situatie).

Gemiddelde situatie

Op basis van het uitgevoerde modelonderzoek kan worden geconcludeerd dat bij een gemiddelde situatie de invloed in het freatisch pakket zeer beperkt is en niet binnendijks reikt. Er treedt binnendijks geen toename aan kwel op.

Bij een hoogwatersituatie is wel een toename van de freatische grondwaterstand zichtbaar direct achter de dijk (ten opzichte van huidige situatie). Een hoogwatersituatie komt eens in de 10 jaar voor en duurt gemiddeld 10 dagen.

T=10 hoogwatersituatie

In het noordwestelijke deel van de bebouwde kom van Heteren is bij een stationaire situatie een verhoging van de grondwaterstand berekend van circa 5 tot 10 cm (t.o.v. de berekende huidige situatie). Op basis van de berekeningen is het volgende geconcludeerd.

- een hoogwatersituatie treedt vooral in de winter op, buiten het groeiseizoen. Daarnaast treedt een hoog-watergolf op gedurende een kortdurende perioden (10 dagen). Landbouwschade wordt daarom niet verwacht;
- de ontwateringsciepte blijft ook bij een hoogwater situatie voldoende waardoor eventuele vocht problemen zullen niet toenemen of ontstaan.
- de kwel neemt als gevolg van de toename in het eerste watervoerend pakket iets toe. Het invloedsgebied aan maaiveld (deklaag) is beperkt en zorgt niet voor problemen. De kwel zal door de aanwezige watergangen worden afgevoerd.

Droogweersituatie

Bij een laagwatersituatie treedt er binnendijks een verlaging op van de stijghoogte in de dek laag. Zettingen treden op als de grondwaterstand in de deklaag uitzakt tot de laagst gemeten grondwaterstand ooit. Door lagere oppervlaktewaterpeilen in het verleden (tot beneden de gehanteerde NAP +5.8 m) is de grondwaterstand al lager geweest. Eventuele zettingen zijn dan al opgetreden. Er ontstaat geen zetting(schade).

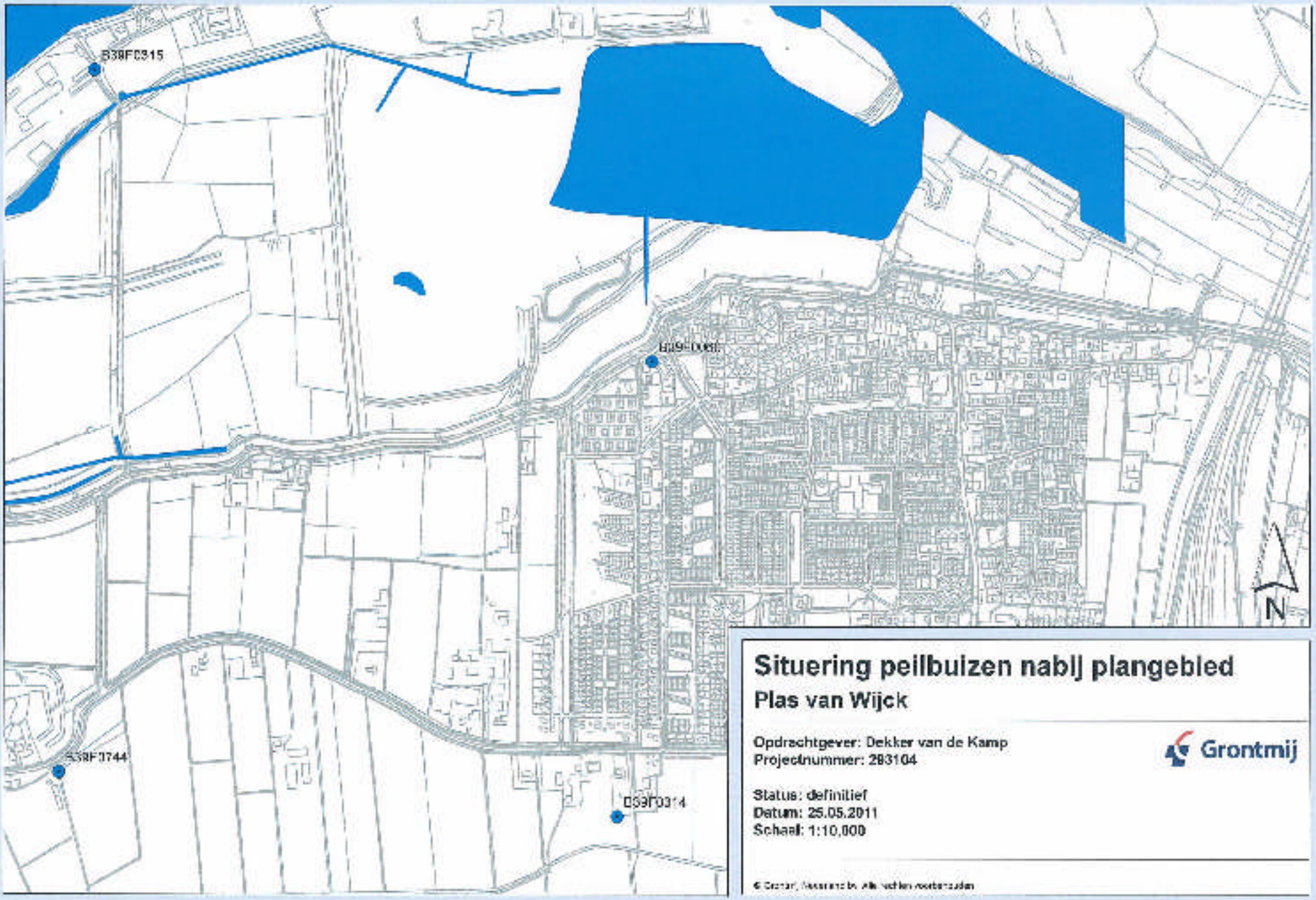
Invloed oppervlaktewatersysteem Heteren
De kwelttoename bij een T=10 hoogwatersituatie in het oppervlaktewater bedraagt circa 30 m³ per dag. Conform de regels van het waterschap dient een de kwelttoename gedurende een hoogwatersituatie (duur 10 dagen) geborgen te worden in een bergingsvoorziening (compensatie). Hiervoor is circa 600 m³ aan compensatiewater nodig. Deze compensatie is, in overleg met Waterschap Rivierenland, gevonden door aan weerszijde van de Steenkuil nabij de Boterhoekseslaat de bestaande sloten te verbreden.

5.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om in het invloedsgebied van de T=10 hoogwatersituatie peilbuizen te plaatsen om de grondwaterstand te kunnen monitoren. Deze monitoringspeilbuizen dienen bij voorkeur minimaal één jaar voor aanvang van de werkzaamheden geplaatst te worden om inzicht te krijgen in de effecten.

Bijlage 1

Situering peilbuizen omgeving plangebied



Situering peilbuizen nabij plangebied

Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 293104

Grontmij

Status: definitief
Datum: 25.05.2011
Schaal: 1:10,000

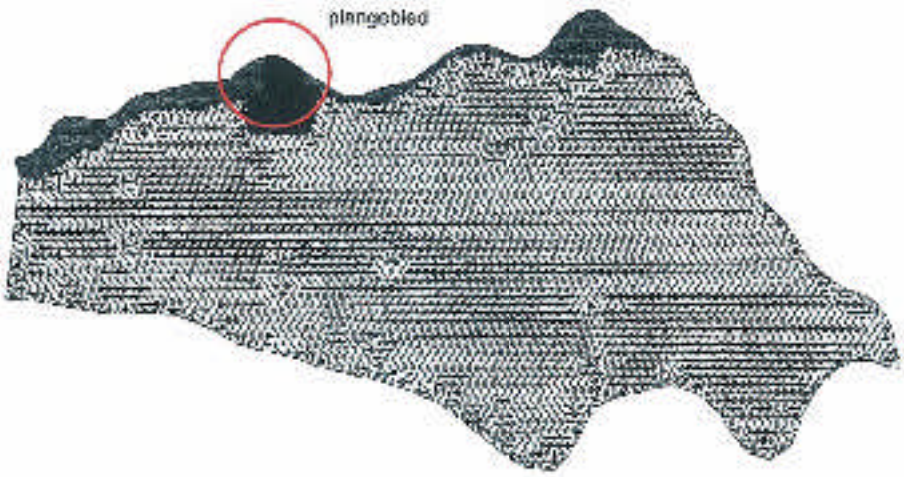
© Grontmij. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 2

Grondwatermodellering

GM-0020644 01

Inleiding
Om de effecten van de uitbreiding van de zandwinplas inzichtelijk te maken, is stationair grondwatermodel opgesteld met het programma MicroFem. Het model beslijkt een veel groter oppervlak dan het plangebied en heeft een totaal oppervlak van circa 235 km². In figuur B.2.1 is het modelgrid weergegeven.



Figuur B2.1: Modelgrid

Aangezien het vooral om de effecten gaat (verschil huidige kwelsituatie en toekomstige kwelsituatie), is er niet gestreefd om de huidige kwelsituatie met zeer grote nauwkeurigheid te modelleren.

Beschrijving model
Voor deze studie is een stationair grondwatermodel MicroFem gebouwd. Het modelgrid is ter plaatse van het aandachtsgebied verfijnd. Het model heeft een totaal oppervlak van circa 235 km².

Het model wordt aan de zuidzijde begrensd door de Waal, aan de oost- en noordzijde door de Neder-Rijn. De modelranden zijn opgegeven als vaste randen.

Het model bestaat uit drie modellagen met een bovenrand (polderpeilen):
Modellaag 1: deklaag met een gering doorlaatvermogen en drainageweerstand;
Modellaag 2: eerste watervoerend pakket met daarboven een deklaag;
Modellaag 3: tweede watervoerend pakket met daarboven een scheidende laag.

De grondwaterstand in de deklaag is berekend, door een gering doorlaatvermogen in de eerste modellaag op te geven met een drainageweerstand.
De hydraulische weerstand (modellaag 2) van de deklaag varieert in het modelgebied van circa 10 tot 1.835 dagen. Hierbij is rekening gehouden met de aanwezigheid zandbanen aan de hand van informatie verkregen van Waterschap Rivierenland.
Het doorlaatvermogen van het eerste watervoerend pakket in het gehele modelgebied varieert van 470 m²/dag tot 2.590 m²/dag. Binnen het plangebied varieert het doorlaatvermogen van 1.100 m²/dag tot 1.700 m²/dag.
De weerstand van de scheidende laag varieert op basis van REGIS-gegevens van 1.440 tot 3.835 dagen. Het doorlaatvermogen van het tweede watervoerend pakket bedraagt circa 2.000 m²/dag.

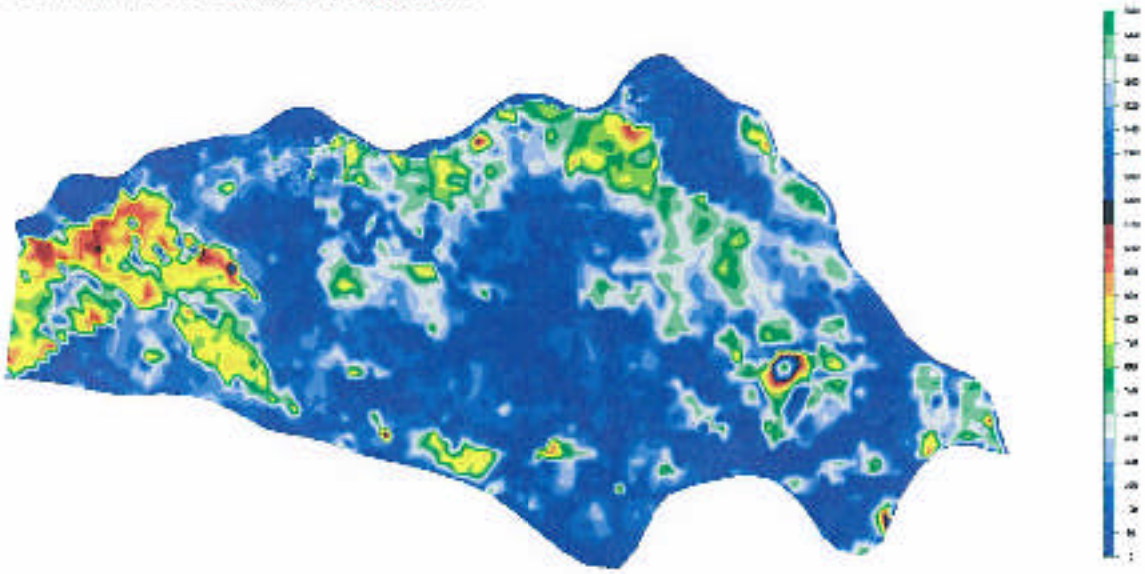
In tabel B2.1 is bovenstaande modelopbouw schematisch weergegeven.

Tabel B2.1 ***Modelschematisatie***

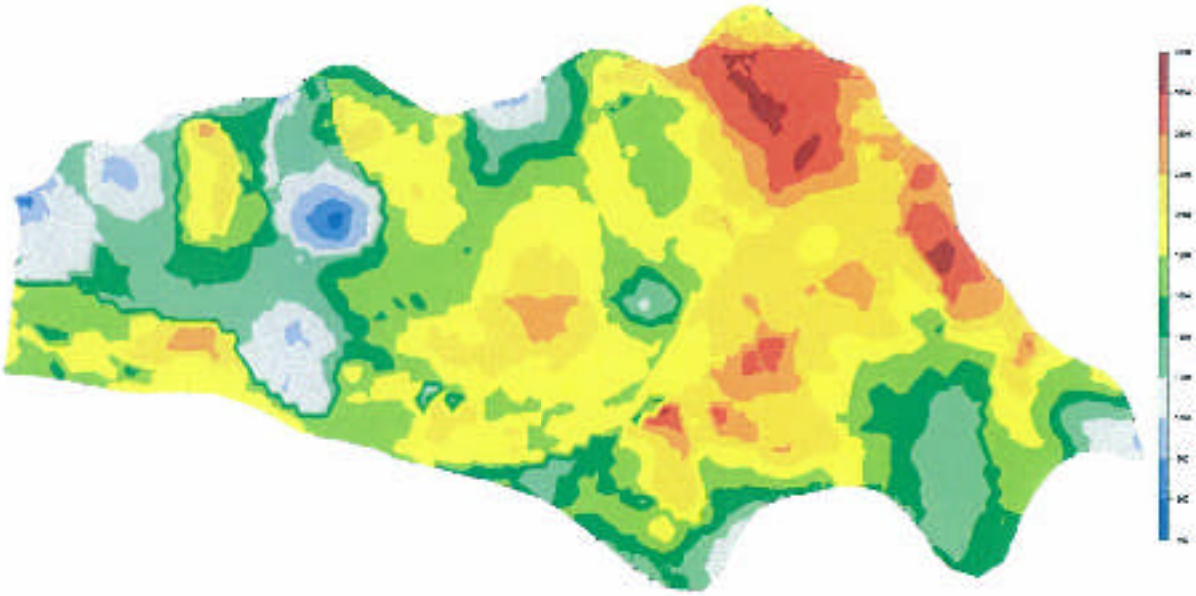
Modellaag	Geohydrologische eenheid	Weerstand (dagen)	Doorlaatvermogen binnen modelgebied**** (m²/dag)
0			
1	Deklaag	75*	
			1
2	1ste watervoerend pakket	10 tot 970**	
			470 tot 2.690
3	2de watervoerend pakket	1.440 tot 3.836***	
			2.000

* *drainage weerstand*
** *weerstand deklaag op basis van REGIS*
*** *weerstand scheidende laag tussen 1ste en 2de watervoerend pakket op basis van REGIS*
**** *op basis van REGIS*

In figuur B2.2 en figuur B2.3 zijn respectievelijk de weerstanden van de deklaag en doorlaatvermogen van de deklaag weergegeven.



Figuur B2.2 *Weerstanden deklaag (dagen)*



Figuur B2.3 Doorlaatvermogen eerste watervoerend pakket (m²/dag)

Randvoorwaarden

Bovenrandvoorwaarden

Het meerjarig neerslag gemiddelde bedraagt 797 mm (circa 2 mm/dag). Als gevolg van verdamping en evaporatie zal een groot deel van de neerslag niet ten goede komen aan de grondwateraanvulling. Voor hydrologische berekeningen wordt de jaarsom van de potentiele verdamping van gras geschat op 540 mm/jaar. Dit komt overeen met de gemiddelde referentieverdamping van gras volgens Makkink, gemeten in De Bilt.

Dit betekent dat circa 0,7 mm/dag in de bodem infiltreert. In het model is uitgegaan van 0,8 mm/dag voor de grondwateraanvulling (circa 10% extra). Ter plaatse van bebouwd gebied is deze neerslag gehalveerd, doordat hier meer verhard oppervlak aanwezig is (0,4 mm/dag).

De polderpeilen zijn opgegeven als bovenrandvoorwaarden. De polderpeilen zijn van Waterschap Rivierenland ontvangen. Het oppervlaktewatersysteem is gemodelleerd door een polderpeil op te leggen in het modelgebied. Alleen het oppervlaktewater aan de Steenovenstraat is gemodelleerd als een topsysteem met een intrede weerstand van 2 dagen, een uittrede weerstand van 5 dagen en een peil van NAP +6,40 m (polderpeil ter plaatse).

Randvoorwaarden

De waterstanden in de grote rivieren is opgegeven als randvoorwaarden. De waterstanden van de meetpunten op de rand van het model zijn opgevraagd bij Rijkswaterstaat: www.waternormalen.nl.

Meetpunt Driel-bereden bevindt zich het dichtst bij het plangebied, op circa 3,5 km ten oosten van de locatie. Lexkesveer bevindt zich op circa 3,7 km ten westen van het plangebied. In tabel B2.2 zijn de waterstanden en gebruikte stations weergegeven.

Tabel B2.2 ***Waterstanden uit Watermonitoren (in m +NAP)***

Meetpunt	1 x per 10 jaar	1 x per jaar	gemiddelde afvoer	Laagwater
Pannerden	14,25	12,70	9,08	7,92
Arnhem	12,85	11,35	8,51	
Driel boven	11,80	10,10	8,14	
Driel	11,55	10,30	8,98	5,50
Lorenzweer	10,65	9,30	8,64	4,97
Nijmegen	12,90	11,40	7,70	7,20
Dodewaard	11,80	10,15	6,52	
Tiel	9,55	8,30	4,50	

De gekregen waarden zijn geïnterpoleerd over de rand (rivier) en als vaste stijghoogte opgegeven.

Er is rekening gehouden met kweldruk vanuit de Veluwe door een hogere stijghoogte in het tweede watervoerend pakket op te geven van circa 0,50 m (gemiddelde verschil in de beschikbare filters).

Onttrekkingen
Binnen het modelgebied bevinden zich een viertal drinkwaterwinningen. De kenmerken zijn in tabel B2.3 samengevat.

Tabel B2.3 ***Drinkwaterwinningen binnen modelgebied***

Naam	X coördinaat (m)	Y coördinaat (m)	diepte winning	ontrekken 2007* (m³/jaar)
PS Fikkersries	183.160	439.650	2de watervoerend pakket	12.185.677
PS Hemmen	179.060	439.060	2de watervoerend pakket	1.374.975
PS Zetten	179.240	438.040	2de watervoerend pakket	3.993.638
PS Slijmons	198.860	448.760	2de watervoerend pakket	5.280.528

* *actuelere data zijn niet gevonden.*

Doordat de winningen ver van het plangebied gelegen zijn en in het tweede watervoerend pakket worden uitgevoerd, wordt geen invloed van de onttrekkingen verwacht. M.a.w. onttrekkingsdebieten zullen in het plangebied geen ander resultaat opleveren.

Ingreepen
De ontzanding zal plaatsvinden tot op de scheidende laag (onderkant modellaag 2). Indien de zandwinplas minder diep wordt, heeft dit geen invloed op de berekeningsresultaten van het grondwatermodel. Ter plaatse de bestaande zandwinplas is het doorlaatvermogen in het eerste watervoerend pakket (modellaag 2) extreem hoog en de bodemweerstand laag opgegeven om zo het oppervlaktewaterpeil te kunnen berekenen.

Er zijn geen gegevens bekend met betrekking tot de aanwezigheid van drainage. Dit zal in een vervolgtraject nog uitgezocht moeten worden. Door de drainage zullen eventuele invloeden worde gemitigeerd maar zal wel zorgen voor een hogere afvoer.
Het ontwateringsniveau in het bebouwd gebied is gelijkgesteld aan het polderpeil (NAP −6,40 m). Doordat de deklaag als aparte laag is gemodelleerd kan in het bebouwd gebied toch de freatische grondwaterstand berekend en de effecten bepaald worden.

Modelanalyse

Tijdens de modelanalyse is gespeurd naar afwijkingen tussen model en meting (residuen) ten gevolge van 'fouten' in de modelinvoer, het verkeerd inschatten van waterpeilen, het ontbreken van ontrekkingen, etc. Dit type 'fouten' heeft veel invloed op de modelresultaten en heeft bij verbetering een groter effect dan het 'fine-tunen' van het model.

Tijdens de modelanalyse zijn, daar waar mogelijk, vergelijkingen gemaakt tussen gemeten en berekende stijghoogten en grondwaterstanden. De residuen worden bepaald tussen de stationaire modelresultaten en de mediaan van de gemeten grondwaterstanden.

Het model is gekalibreerd voor een gemiddelde situatie (gemiddelde stijghoogte over een periode van 20 jaar). De berekende grondwaterstanden zijn vergeleken met de gemiddelde grondwaterstanden in de TNO-peilbuizen. Doordat er een beperkt aantal peilbuizen in de directe omgeving van het plangebied aanwezig is, is calibratie binnen het plangebied niet mogelijk.

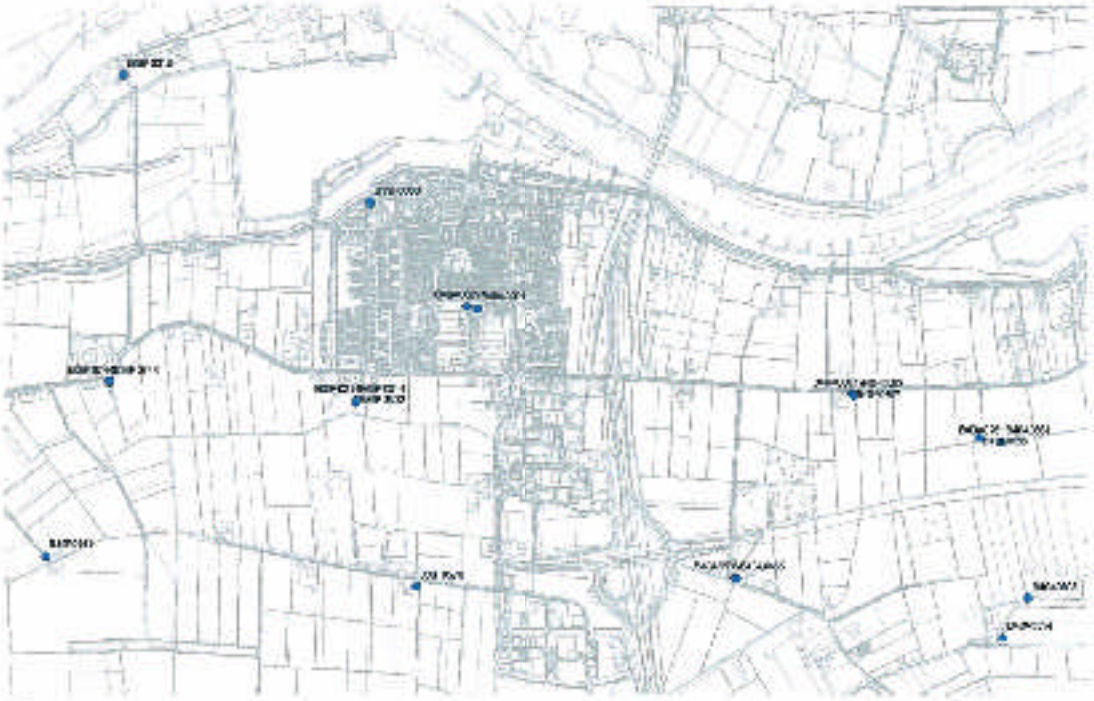
Het model is voor het plangebied aanvullend 'gekalibreerd' met behulp van de relatie tussen de waterstanden in de Neder-Rijn en de stijghoogten in het eerste watervoerend pakket ter plaatse van de locatie. Moeilijkheid hierbij is, dat een hoogwatergolf zich door de rivier verplaatst waardoor de (stationair berekende) waarden moeilijk te vergelijken zijn met de dynamische grondwaterstanden op afstand van de rivier. Alleen direct bij de rivier zit er nagenoeg geen vertraging tussen de hoogwatergolf en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket.

Om een gevoel van de optredende stijghoogten te krijgen zijn de berekende grondwaterstanden bij een T=10 hoogwatersituatie en een laagwatersituatie vergeleken met de GLG en GHG. De berekende stijghoogten zijn vergeleken met de maaiveldhoogten en beschikbare informatie. In tabel B2.4 zijn de berekende en gemeten stijghoogten weergegeven voor de peilbuizen binnen het modelgebied. Dit aantal peilbuizen is groter dan in tabel 2.2 omdat het modelgebied groter is dan het plangebied.

Tabel B2.4 Berekeningsresultaten GHG/GLG

filter	X coord (m)	Y coord (m)	Diepte (m +NAP)	GLG (m +NAP) gemeten	GLG (m +NAP) berekend	GLG (m +NAP) verschil	GHG (m +NAP) gemeten	GHG (m +NAP) berekend	GHG (m +NAP) verschil
B38F0751	178.240	438.730	4,79	6,13	6,37	-0,24	6,53	5,67	-0,10
B38F0751	178.240	438.730	-1,78	5,58	6,37	-0,30	5,98	6,64	-0,66
B38F0744	178.540	440.960	5,38	6,20	6,29	-0,09	6,63	6,61	0,02
B38F0744	178.540	440.960	-3,27	6,76	6,39	0,37	6,76	6,61	0,15
B38F0802	179.700	440.460	6,18	6,27	6,23	0,04	6,27	6,52	-0,25
B38F0314	179.700	440.470	-9,15	6,31	6,59	-0,28	6,70	6,84	-0,14
B38F0578	179.980	439.690	0,57	6,11	6,25	-0,14	6,51	6,44	0,07
B38F0578	179.980	439.690	-17,46	6,13	6,39	-0,26	6,13	6,68	-0,55
B40A0608	180.220	440.920	2,43	6,28	6,31	-0,03	6,28	6,94	-0,66
B40A0201	180.270	440.910	-4,20	6,36	6,31	0,05	6,36	6,94	-0,59
B40A0636	181.490	439.630	-5,78	6,28	6,39	-0,11	6,64	6,66	-0,02
B40A0665	181.490	439.630	5,50	6,30	6,39	-0,08	6,30	6,66	-0,36
B40A0687	182.040	440.507	6,31	6,46	6,36	0,07	6,96	6,64	0,34
B40A0687	182.040	440.507	2,47	6,34	6,16	0,18	6,24	6,64	-0,30
B40A0283	182.060	440.500	5,58	6,36	6,09	0,27	7,46	8,56	-1,10
B40A0283	182.060	440.500	-2,05	6,53	6,18	0,35	6,53	6,64	-0,11
B40A0686	182.635	440.300	0,16	6,44	6,33	0,11	6,85	7,01	-0,08
B40A0686	182.635	440.300	2,44	6,43	6,33	0,10	6,43	7,01	-0,58
B40A0261	182.740	440.280	1,37	6,58	6,41	0,17	6,58	6,55	0,03
B40A0261	182.740	440.280	5,13	6,57	6,51	0,06	6,57	6,56	0,01
B40A0314	182.790	439.550	3,51	6,20	6,23	-0,07	7,38	7,54	-0,17
B40A0314	182.790	439.550	-2,49	6,26	6,39	-0,13	6,26	6,52	0,26
B40A0603	182.866	439.537	5,89	6,38	6,51	-0,12	7,16	6,30	0,86
B40A0603	182.866	439.537	2,88	6,40	6,53	-0,13	6,40	7,18	-0,78

De situering van de peilbuizen is in figuur B2.4 weergegeven.



Figuur B2.4 Situering peilbuizen ten behoeve van calibratie

Het model is lastig te kalibreren voor het plangebied. De afwijkingen ten opzichte van GHG zijn wat groter dan bij de GLG. Dit wordt veroorzaakt door het niet stationaire effect. Een hoogwatergolf treedt op gedurende een korte periode (circa 10 dagen). Een laagwatersituatie duurt in het algemeen langer, waardoor er meer een stationaire situatie ontstaat.

Het modelleren van extreme, kortdurende gebeurtenissen zoals een T=10 hoogwatersituatie of op maximale grondwaterstanden is door het vertragende effect in de ondergrond niet effectief voor een stationaire situatie, mede gezien het feit dat de meetfrequentie in de peilbuizen te laag om pieken goed te kunnen monitoren.

Ondanks het feit dat er beperkte gegevens zijn, kan het model redelijk tot goed gekalibreerd worden op basis van de beschikbare gegevens.

Gevoeligheid
Om enig inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van het model is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hierbij zijn de waarden van weerstand, doorlaatvermogen eerste watervoerend pakket en neerslag gevariëerd. In tabel B2.5 zijn de resultaten beschreven.

Tabel B2.5 gevoeligheidsanalyse

Parameter		stijghoogte	minimaal	gemiddeld	maximaal	effect
Gekalibreerd			5,22	7,08	9,58	
			5,85	7,16	9,50	
Neerslag	x 2	Deklaag	5,22	7,08	9,58	verwaarloosbaar effect stijghoogte
		WVP1	5,85	7,16	9,50	verwaarloosbaar effect stijghoogte
	x 0,5	Deklaag	5,22	7,07	9,58	verwaarloosbaar effect stijghoogte
		WVP1	5,85	7,16	9,50	verwaarloosbaar effect stijghoogte
weerstand deklaag	x 2	Deklaag	5,20	7,08	9,58	verwaarloosbaar effect stijghoogte
		WVP1	6,03	7,16	9,50	geringe toename (gemiddeld 2 cm)
	x 0,5	Deklaag	5,25	7,08	9,58	verwaarloosbaar effect stijghoogte
		WVP1	5,70	7,14	9,50	geringe afname (gemiddeld 2 cm)
doorlaatvermogen	x 2	Deklaag	5,23	7,08	9,58	verwaarloosbaar effect stijghoogte
		WVP1	6,02	7,19	9,50	geringe toename (gemiddeld 3 cm)
	x 0,5	Deklaag	5,21	7,07	9,58	verwaarloosbaar effect stijghoogte
		WVP1	5,69	7,13	9,50	geringe afname (gemiddeld 2 cm)

Uit de gevoeligheidsanalyse kan het volgende geconcludeerd worden:

- vermoging/verlaging parameters hebben een verwaarloosbaar effect op de stijghoogte in de deklaag;
- verlaging van de weerstand en het doorlaatvermogen in het eerste watervoerend pakket leiden tot een geringe afname van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket;
- vooral de minimale stijghoogte stijgt in het eerste watervoerend pakket;
- de veranderingen van de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket zijn gemiddeld enkele centimeters

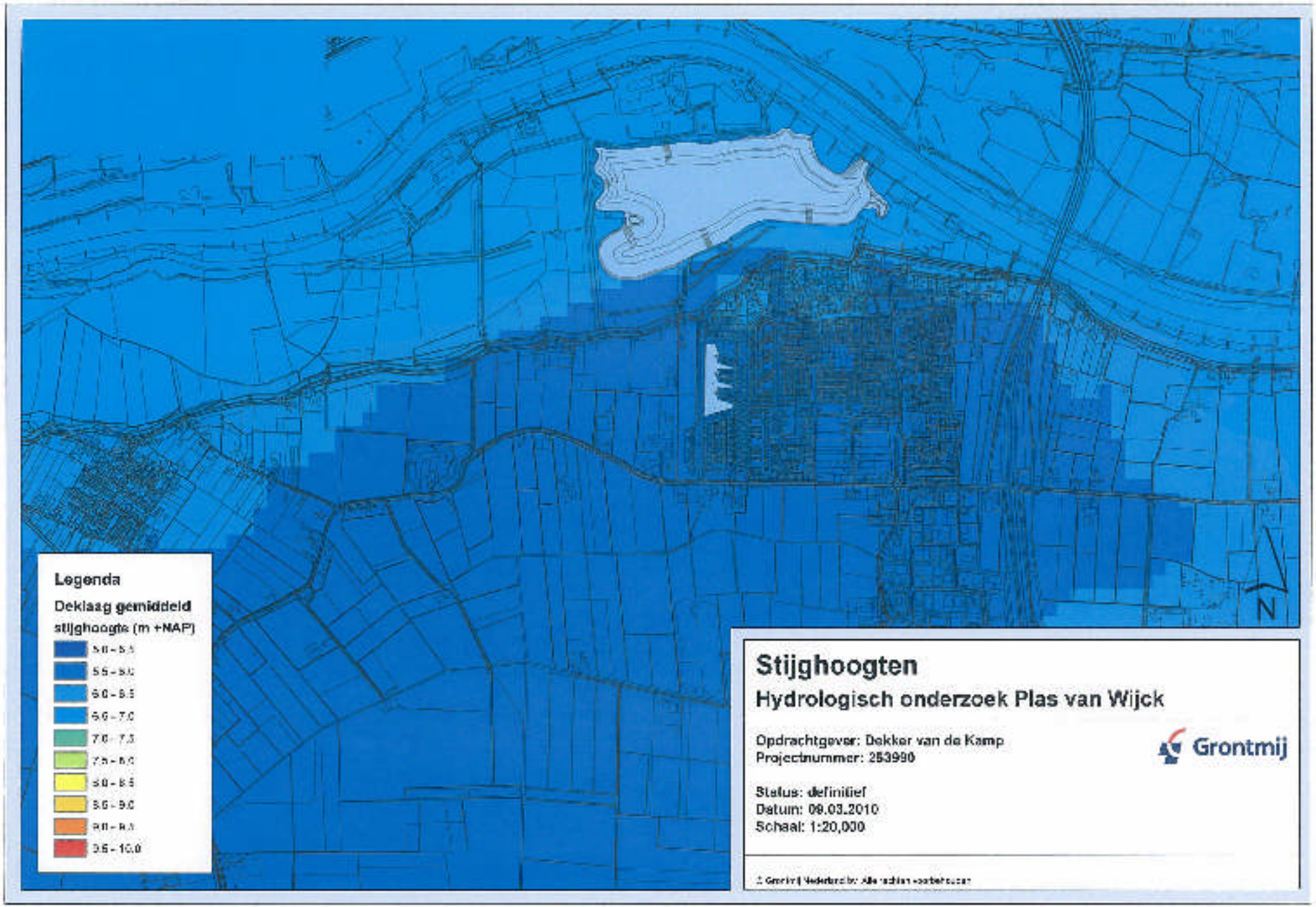
Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de stijghoogte vooral beïnvloed wordt door het doorlaatvermogen en de weerstand van de deklaag. De gevoeligheid kan niet worden getoetst aan de praktijkgegevens.

Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat, gelet op de gestelde doelstelling en rekening houdend met de onzekerheden ten aanzien van het ontbreken van gegevens van lokale grondwaterstanden, de effecten in voldoende mate van nauwkeurigheid inzichtelijk gemaakt kunnen worden.

Bijlage 3

Berekende stijghoogten deklaag gemiddelde situatie



Stijghoogten

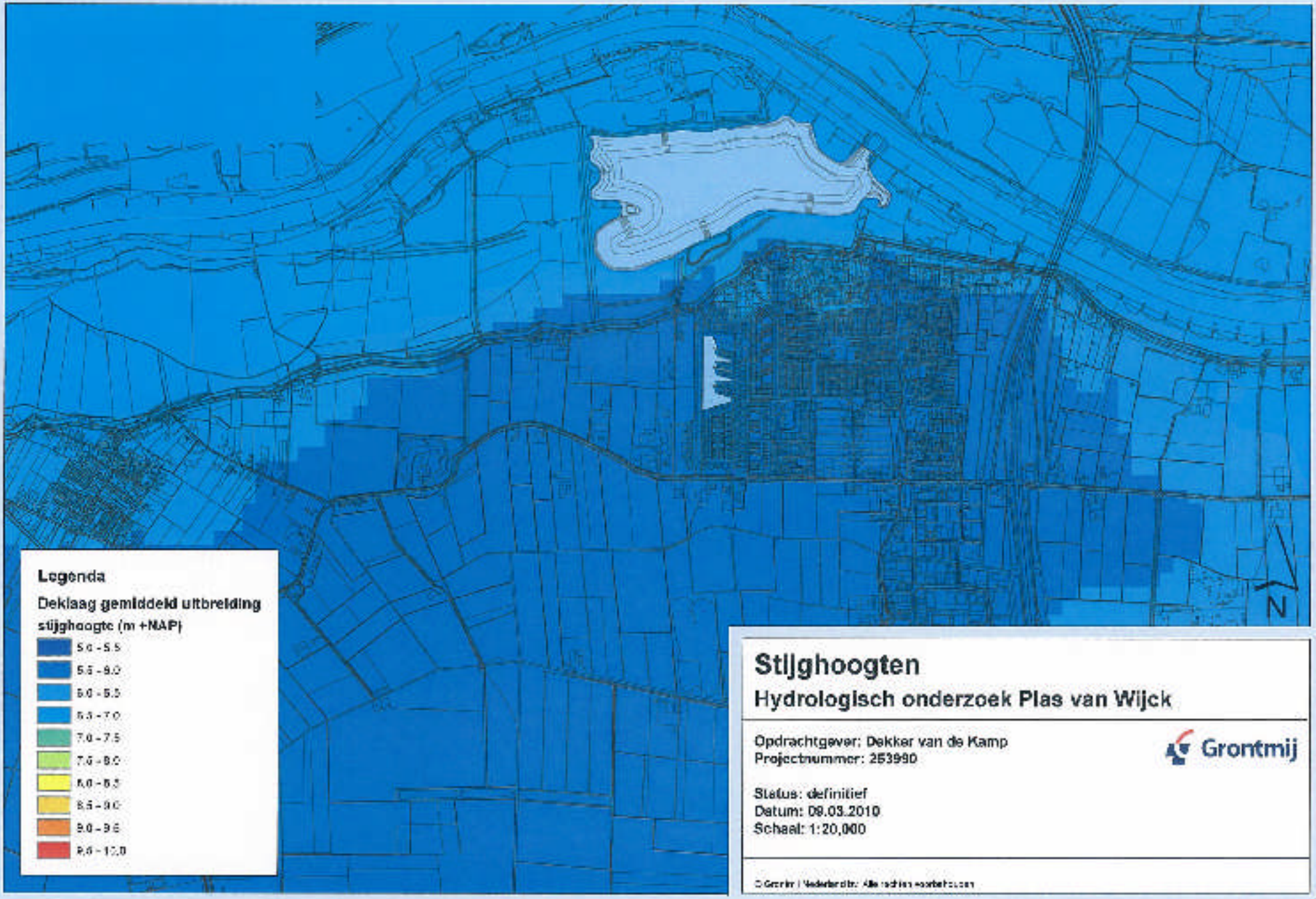
Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 253990

Grontmij

Status: definitief
Datum: 09.03.2010
Schaal: 1:20,000

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden



Stijghoogten

Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 253990

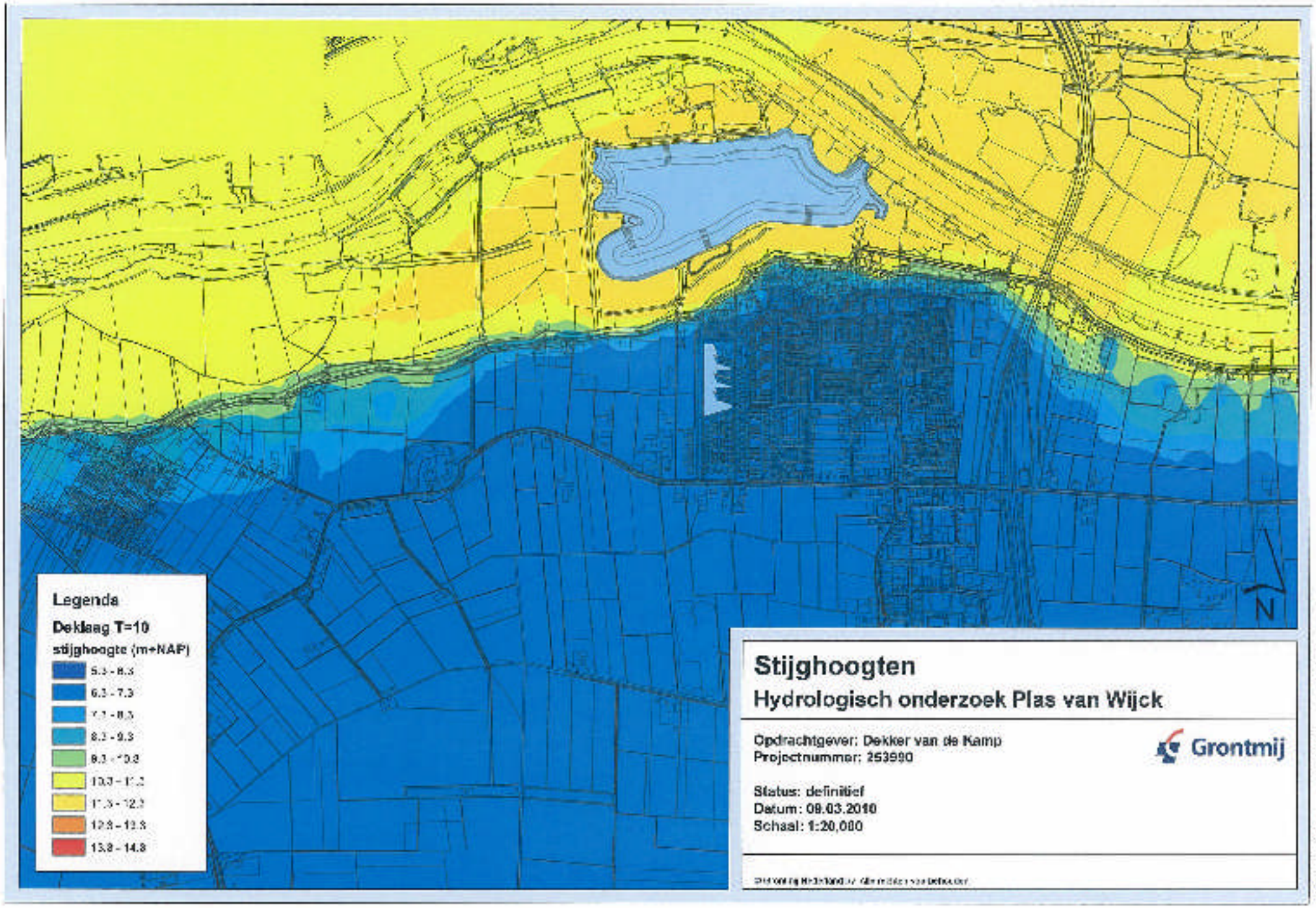
Status: definitief
Datum: 09.03.2010
Schaal: 1:20,000

Grontmij

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 4

Berekende stijghoogten deklaag T10-situatie



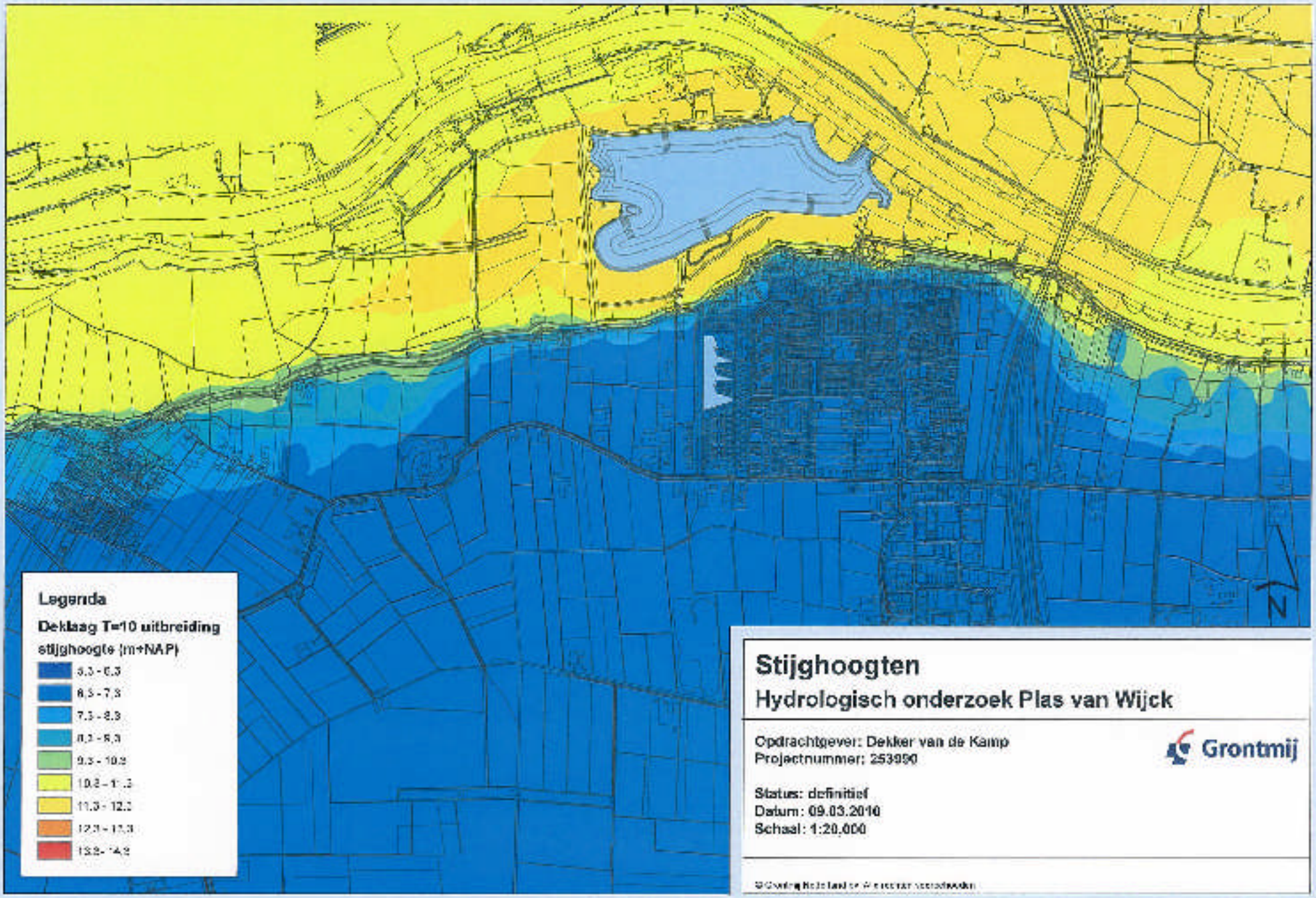
Stijghoogten

Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 253990

Grontmij

Status: definitief
Datum: 09.03.2010
Schaal: 1:20,000



Stijghoogten

Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 253950

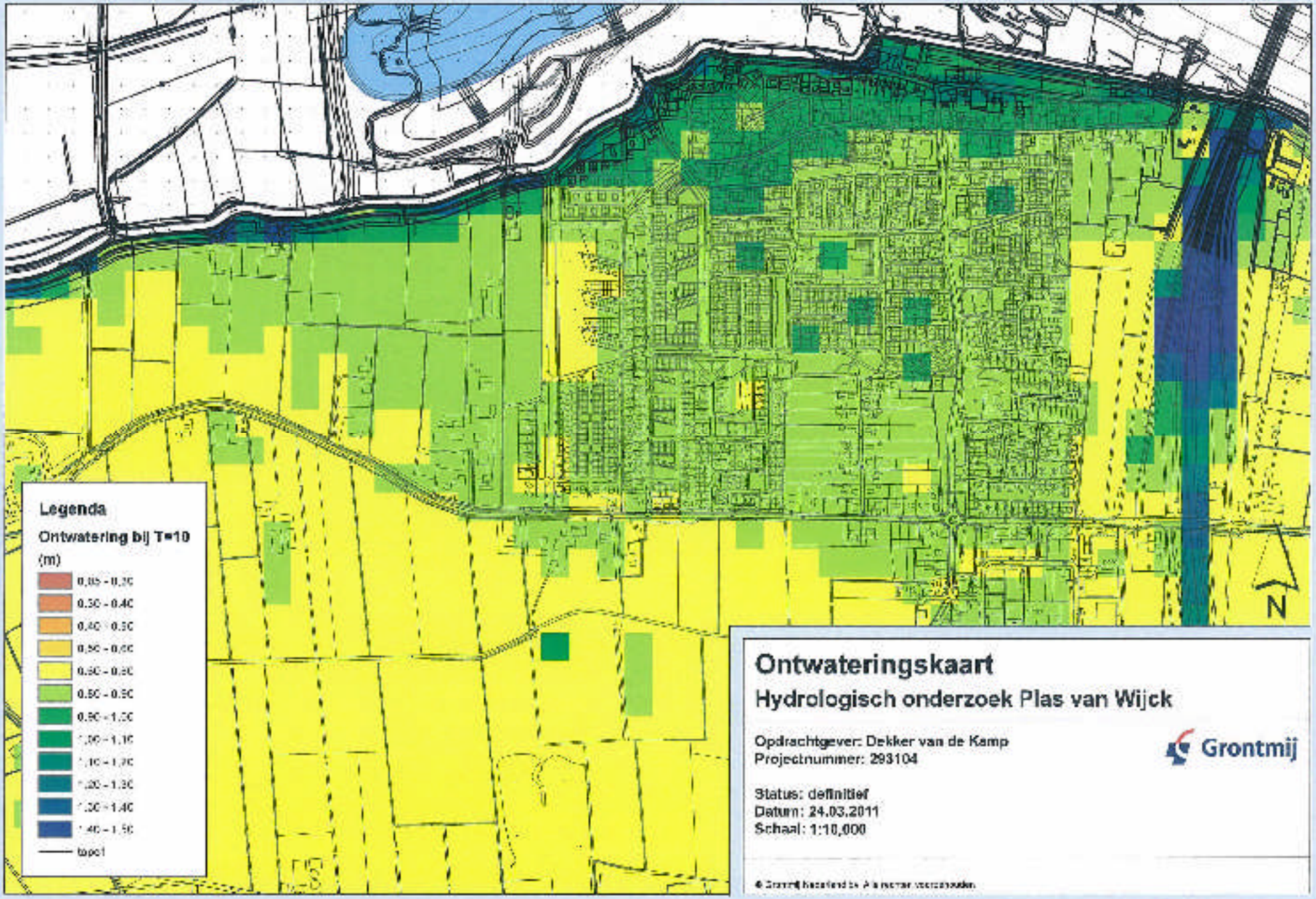
Grontmij

Status: definitief
Datum: 09.03.2010
Schaal: 1:20.000

© Grontmij Nederland bv. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd.

Bijlage 5

Ontwateringskaart bij T10-situatie



Ontwateringskaart

Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 293104

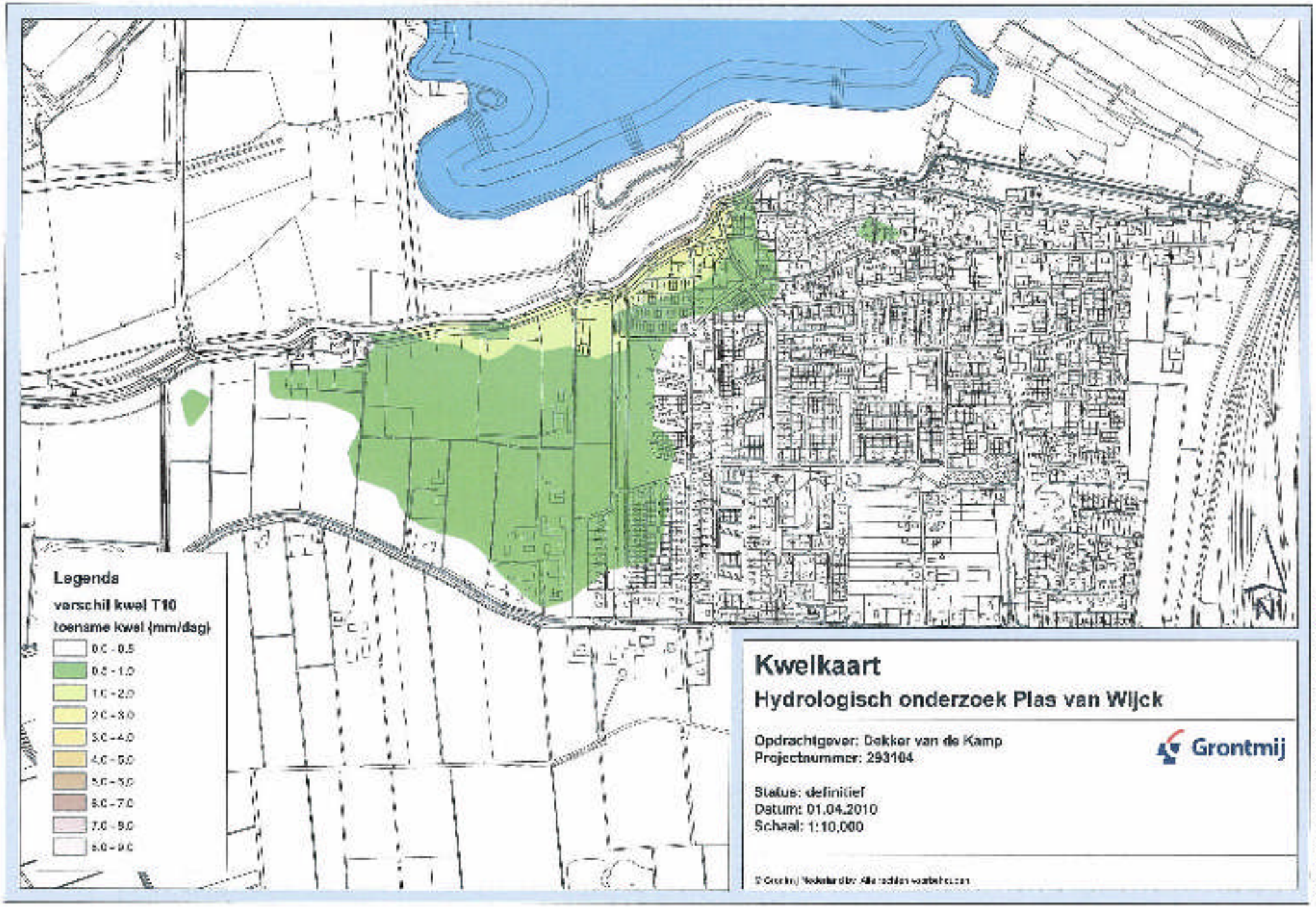
Grontmij

Status: definitief
Datum: 24.03.2011
Schaal: 1:10,000

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden.

Bijlage 6

Verschilkaart van de kwel bij T10-situatie



Kwelkaart

Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 293104

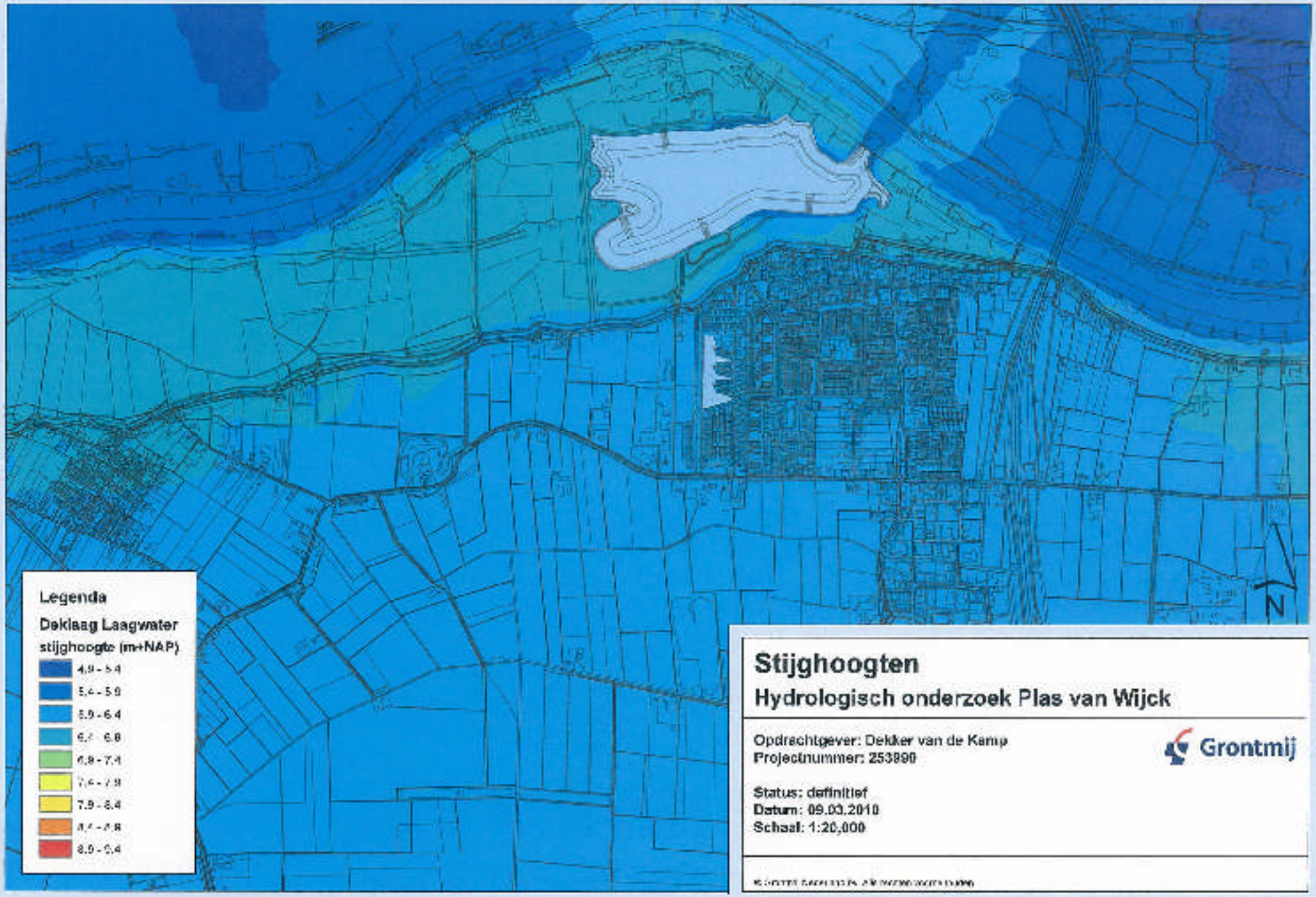
Grontmij

Status: definitief
Datum: 01.04.2010
Schaal: 1:10,000

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden

Bijlage 7

Berekende stijghoogten deklaag droogweersituatie



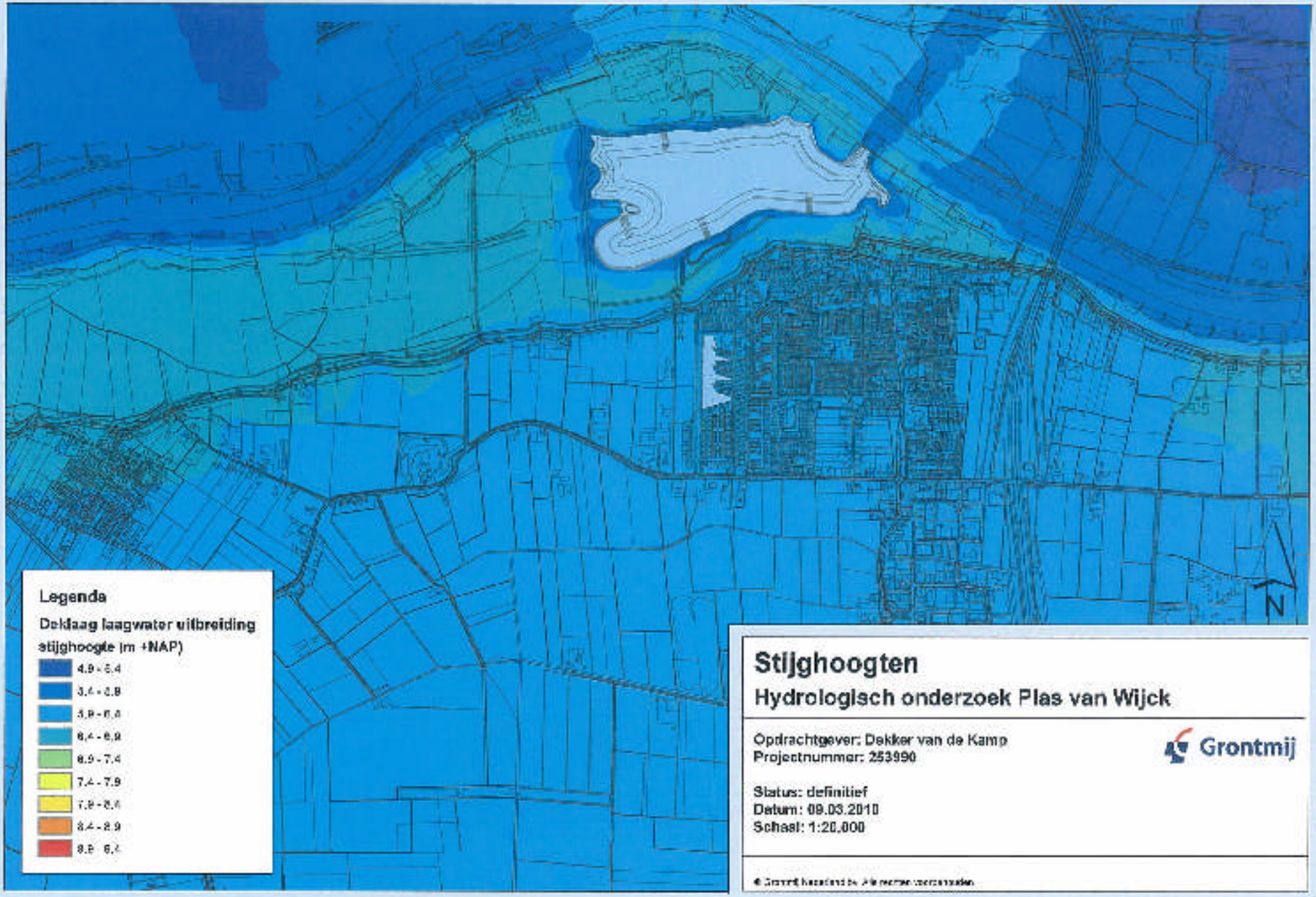
Stijghoogten

Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 253990

Status: definitief
Datum: 09.03.2010
Schaal: 1:20,000

Grontmij



Stijghoogten

Hydrologisch onderzoek Plas van Wijck

Opdrachtgever: Dekker van de Kamp
Projectnummer: 253990

Grontmij

Status: definitief
Datum: 09.03.2010
Schaal: 1:20,000

© Grontmij Nederland bv. Alle rechten voorbehouden.

www.grontmij.com