

Geohydrologische effecten ontwikkeling Havikerwaard

onderbouwend rapport MER-studie

Definitief

ZEM Havikerwaard
Havikerwaard 8a
6994 JD DE STEEG

Grontmij Nederland B.V.
Arnhem, 7 december 2012

Verantwoording

Titel : Geohydrologische effecten ontwikkeling Havikerwaard
Subtitel : onderbouwend rapport MER-studie
Projectnummer : 316511
Referentienummer : GM-0082456
Revisie : 1
Datum : 7 december 2012

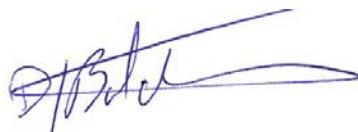
Auteur(s) : drs. ing. J.K. van der Hauw
E-mail adres : koen.vanderhauw@grontmij.nl
Gecontroleerd door : drs. ing. J.G. van Uden

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.....	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Doelstelling.....	6
1.3	Leeswijzer	6
2	Achtergrondinformatie.....	7
2.1	Algemeen	7
2.2	Maaiveldhoogten.....	7
2.3	Bodemopbouw	8
2.4	Grondwater	10
2.5	Oppervlaktewater	11
3	Plan Havikerwaard.....	13
3.1	Huidige situatie	13
3.2	Basisvariant.....	13
3.3	Varianten.....	14
4	Methodiek.....	16
4.1	Algemeen	16
4.2	Keuze grondwatermodel	16
4.3	Werkwijze.....	16
4.4	Huidige situatie	17
4.5	Toekomstige situatie	18
5	Effectbeschrijving	20
5.1	Algemeen	20
5.2	Berekende effecten met het stationaire model	20
5.3	Berekende effecten met het niet-stationaire model	22
5.4	Samenvatting effecten voor alle varianten.....	29
5.5	Mitigerende maatregelen	30
5.6	Beoordeling MER	30
6	Conclusie	32

- Bijlage 1: Maaiveldhoogten
- Bijlage 2: Oppervlaktewatersysteem
- Bijlage 3: Modelcontroles en correcties
- Bijlage 4: Modelresultaten huidige situatie
- Bijlage 5: Modelresultaten toekomstige situatie
- Bijlage 6: Modelresultaten effectberekening

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Z.E.M. Havikerwaard wil het plangebied Havikerwaard-Zuid ontwikkelen. Voor het plan Havikerwaard-Zuid wordt een Milieueffectrapportage (MER) opgesteld. Een MER behelst een transparante en duidelijke procedure en heeft als resultaat dat het uit te voeren ontwerp van de zandwinning en natuurontwikkeling dat in het bestemmingsplan, ontgrondingsvergunning en overige vergunningen kan worden vastgelegd. In het MER worden verschillende varianten beoordeeld op verschillende milieueffecten. In dit rapport wordt ingegaan op de geohydrologische aspecten van de zandwinning en natuurontwikkeling in de Havikerwaard en vormt daarmee een onderdeel van de MER.

Het plangebied is gelegen in de uiterwaarden van de IJssel en bevindt zich ten zuiden van Ellecom en ten westen van Doesburg. In figuur 1.1 is de globale situering van het plangebied weergegeven.

Aan de westzijde van het plangebied bevindt zich de huidige zandwinplas in de Havikerwaard-Zuid. Deze zandwinplas zal in noordoostelijke richting uitgebreid worden, waarna natuurontwikkeling zal plaatsvinden. In hoofdstuk 3 is verder ingegaan op de voorgenomen activiteit.



Figuur 1.1: Situering plangebied(rode cirkel).

1.2 Doelstelling

Voor de MER moeten de effecten van de ontwikkelingen op grond- en oppervlaktewater in beeld worden gebracht. De MER bestaat uit een aantal onderdelen:

- beschrijving huidige situatie en autonome ontwikkeling;
- effectbeschrijving en beoordeling;
- mitigerende en compenserende maatregelen;
- rapportage (MER).

1.3 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op de bodemopbouw en geohydrologie. Hoofdstuk 3 gaat kort in op de inrichtingsplan van de zandwinplas waarna in hoofdstuk 4 de methode beschreven staat waarmee de berekeningen uitgevoerd zijn. De resultaten van de berekeningen en effecten zijn beschreven in hoofdstuk 5. Tot slot is in hoofdstuk 6 de conclusie beschreven en enkele adviezen samengevat.

2 Achtergrondinformatie

2.1 Algemeen

Voor het bepalen van de verwachte effecten van de uitbreiding van de zandwinplas en natuurontwikkeling is het noodzakelijk inzicht te hebben in de geohydrologische aspecten en de werking van het waterhuishoudingsstelsel. In dit hoofdstuk is de achtergrondinformatie weergegeven, waardoor inzicht in het watersysteem wordt verkregen en modelberekeningen uitgevoerd kunnen worden (hoofdstuk 4 en 5). De geïnterpreteerde gegevens zijn afkomstig van de volgende bronnen:

- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN, Rijkswaterstaat);
- Bodemkaart van Nederland kaartblad (Alterra);
- Grondwaterkaart van Nederland, DGV-TNO;
- Grondwatergegevens uit DINO (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond) en REGIS (Regionaal Geohydrologisch Informatiesysteem (NITG-TNO));
- Wateratlas van de provincie Gelderland;
- Boringen uitgevoerd door MH Nederland BV in augustus 1994;
- Geohydrologische quickscan Havikerwaard, Arcadis, 2005;
- Geohydrologische visie Havikerpoort, Royal Haskoning, 2006;
- Uitgevoerde handboringen om de zandwinplas (Grontmij, december 2011);
- Waterbase (Rijkswaterstaat).

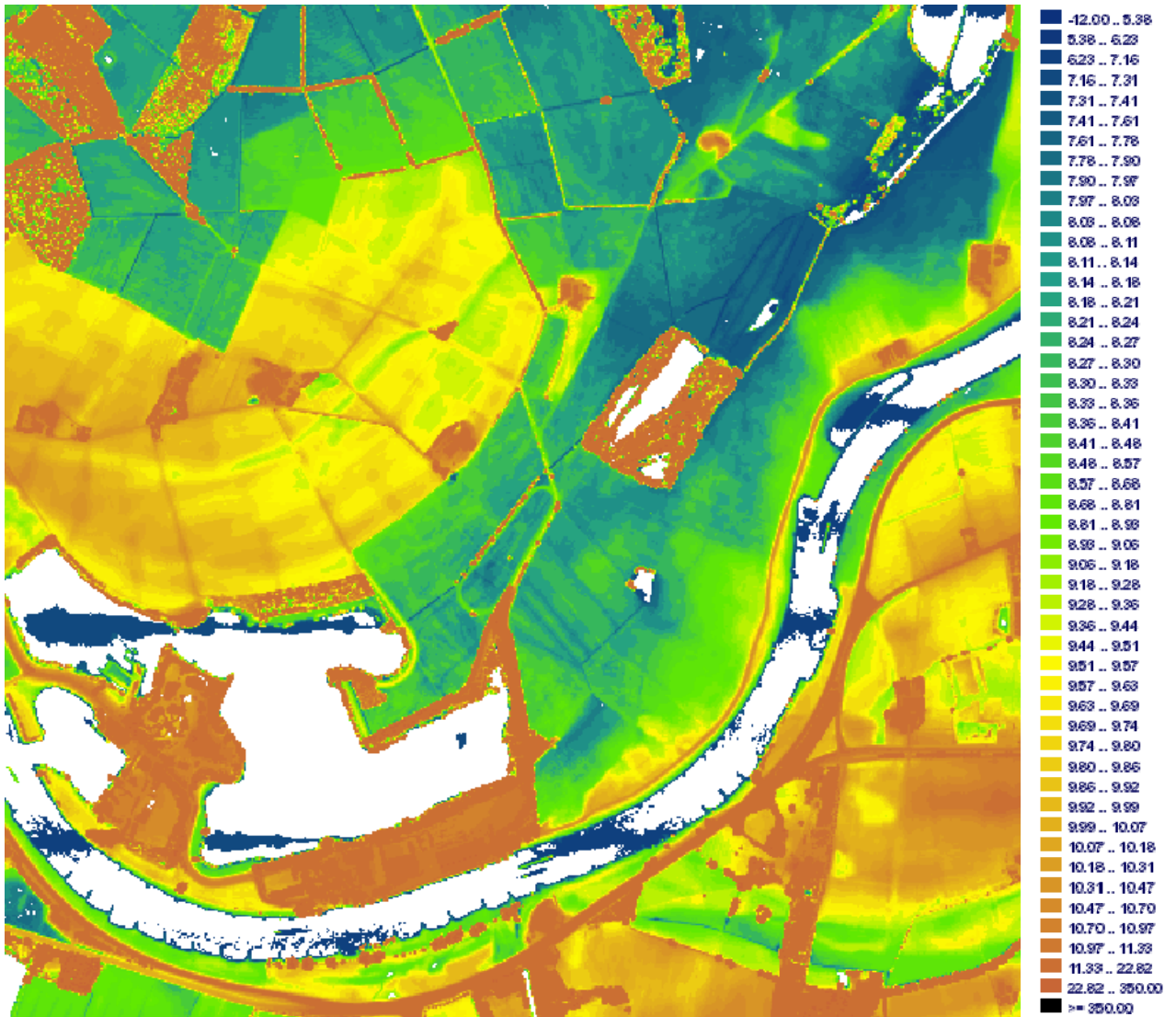
2.2 Maaiveldhoogten

In figuur 2.1 (zie volgende pagina) is een hoogtekarte van het plangebied weergegeven op basis van de AHN (bron: www.ahn.nl). In bijlage 1 is een kaart opgenomen met maaiveldhoogten en het gebied dat afgetigeld is.

De hoogte van het maaiveld ten noordoosten van de zandwinplas Havikerwaard-Zuid loopt globaal in noordoostelijke richting af van NAP +8,4 m à NAP +8,1 m tot NAP +7,7 m. Direct noordelijk van de zandwinplas Havikerwaard-Zuid ligt het maaiveld hoger: circa NAP +9,4 m tot NAP +9,9 m. Ten zuiden van de zandwinplas Havikerwaard-Zuid, tussen de zandwinplas en de IJssel varieert de hoogte van het maaiveld van circa NAP +11,2 m tot NAP +14,2 m. De laaggelegen gedeelten ten noordoosten van de zandwinplas zijn ontstaan door kleiwinning in het verleden.

Aan de zuidwestzijde van de bestaande zandwinplas bevindt zich een veredelingsinstallatie.

Het hoger gelegen gebied in figuur 2.1 ten noordoosten van de zandwinplas Havikerwaard kan verklaard worden door de aanwezigheid van bomen. De AHN is op deze locatie niet gecorrigeerd voor de aanwezige bomen.



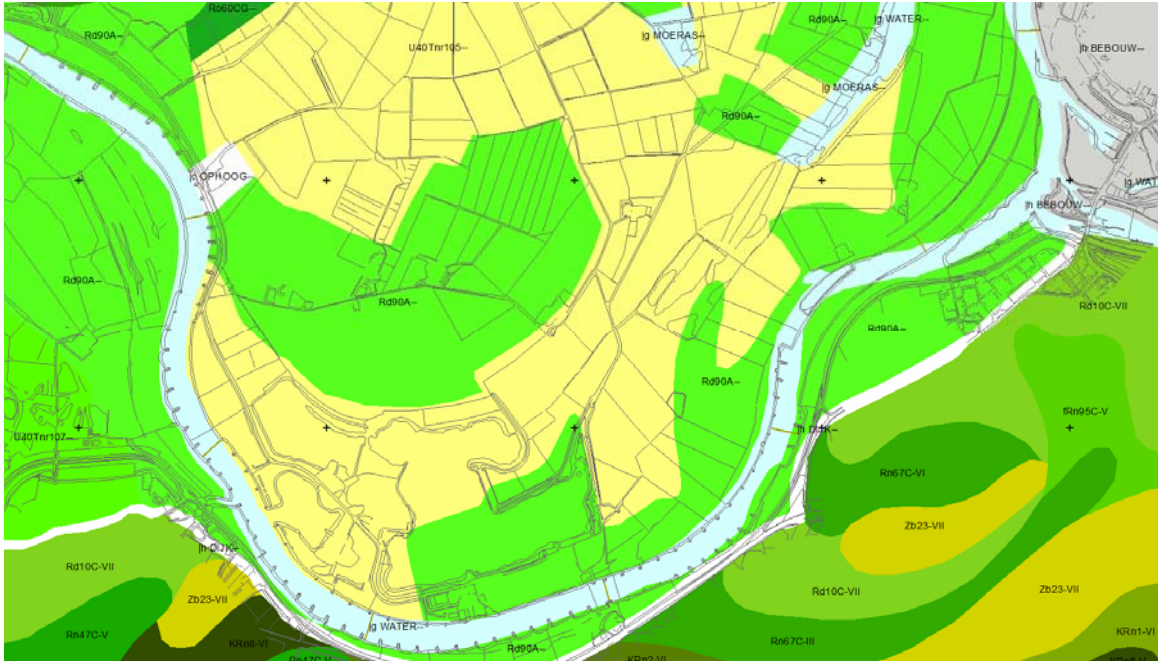
Figuur 2.1: Uitsnede hoogtekaart (m +NAP) (bron: AHN)

2.3 Bodemopbouw

Ondiepe bodemopbouw

De ondiepe bodemopbouw is afgeleid uit de bodemkaart van Nederland en de uitgevoerde boringen.

In het gebied heeft de IJssel voor transport en depositie van de aangetroffen sedimenten gezorgd. Over het algemeen komen vlak langs de rivier zavelafzettingen voor. Uit de bodemkaart van Nederland blijkt dat de ondiepe bodemopbouw ten oosten en verder noordelijk van de plas bestaat uit een zavel- of kleidek dat deels is afgegraven (bodemcode U40Tnr105). De klei ligt hier op grof zand. Dit is het gebied met een maaiveldhoogte van circa NAP +8,1 m à NAP +8,3 m (zie ook figuur 2.1). Direct ten noorden van de zandwinplas bestaat de bodem uit kalkhoudende ooivaaggronden; (zwarte zavel en lichte klei, bodemcode Rd90A). Dit betreft het hoger gelegen maaiveld op een hoogte van circa NAP +9,4 m tot NAP +9,9 m. In figuur 2.2 is een uitsnede uit de Bodemkaart van Nederland weergegeven.



Figuur 2.2: Uitsnede Bodemkaart van Nederland

Diepe bodemopbouw

De diepere bodemopbouw is afgeleid uit gegevens van TNO en uitgevoerde boringen ter plaatse van de zandwinplas en omgeving.

Hieruit blijkt dat onder de kleilaag matig grof tot zeer grof, grindhoudend zand aanwezig is tot een diepte van circa NAP -3 m, behorende tot de Formatie van Kreftenheye en Drente. Hieronder is tot circa NAP -41 m en gestuwd complex aanwezig bestaande uit matig fijn tot matig grof zand met enkele kleiige of grindige bijmengingen. Overwegend is sprake van matig grof zand.

Aan de noordzijde van de plas is vervolgens nog een kleilaag aanwezig vanaf NAP -41 m tot circa NAP -45 m (Peize-klei). De dikte van de kleilaag neemt in noordelijke richting af en is na circa 1 km nagenoeg verdwenen. Onder de zandwinplas is deze kleilaag niet aanwezig. Onder dit pakket wordt tot circa NAP -130 m matig grof tot matig fijn zand aangetroffen behorende tot de Formaties van Peize-Waalre, Maassluis en Oosterhout.

Bodemschematisatie

Bij een geohydrologische schematisatie worden watervoerende pakketten en slecht doorlatende (scheidende) lagen onderscheiden. In een watervoerend pakket treedt overwegend horizontale grondwaterstroming op, terwijl in een scheidende laag voornamelijk verticale grondwaterstroming optreedt. Watervoerende pakketten worden beschreven met het doorlaatvermogen (kD-waarde in m^2/dag), hetgeen het product is van de horizontale doorlaatfactor (in m/dag) en de verzadigde dikte van het pakket (in m). Scheidende lagen worden beschreven met een hydraulische weerstand (c-waarde: in dagen), hetgeen het quotiënt is van de dikte (in m) en de verticale doorlaatfactor (in m/dag) van de laag. De geohydrologische basis is een slecht doorlatende laag, die vanwege de dikte en/of opbouw vrijwel ondoorlatend is. In tabel 2.1 staat de geohydrologische schematisatie van het plangebied weergegeven. De hydraulische parameters zijn afgeleid vanuit REGIS.

Tabel 2.1: Overzicht van de geohydrologische formaties en parameters

Diepte (m +NAP)	samenstelling	formatie	geohydrologische eenheid	doorlaatvermo- gen (m ² /etm)	weerstand (etm)
8,1 à 8,3 tot 7,6 à 6,8	klei	Holoceen	deklaag		200
7,6 à 6,8 tot -3	grof tot zeer grof, grindhoudend zand	Kreftenheye	watervoerend pakket	1.850	
-3 tot -41	Overwegend matig grof zand	gestuwd			
-41 tot -45	klei	Waalre	Scheidende laag*		120
-45 tot -130	Matig grof tot matig fijn slibhoudend zand	Peize-Waalre Maassluis en Oosterhout	tweede watervoerend pakket	1.540	
>-150	klei	Breda		-	>10.000

* scheidende laag niet in gehele gebied aanwezig

2.4 Grondwater

Grondwaterstanden

Als gevolg van seizoensfluctuaties en fluctuaties in het waterpeil van de IJssel, varieert de freatische grondwaterstand en de stijghoogte van het diepere grondwater. De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) geeft de range weer waartussen de grondwaterstand zich beweegt.

De Bodemkaart van Nederland geeft voor het plangebied geen grondwatertrap op omdat het gebied in de uiterwaarden ligt (zie ook figuur 2.2).

Stijghoogten

Binnen het plangebied en in de omgeving bevinden zich geen peilbuizen, waarvan de grondwaterstanden opgenomen zijn in het archief van TNO (DINOLoket). Rondom de bestaande zandwinplas zijn in het kader van de verondieping aan de zuidzijde peilbuizen geplaatst. De grondwaterstand zijn eenmalig opgenomen. In tabel 2.3 zijn de peilbuisgegevens en stijghoogten (gemeten op 15 december 2011) beschreven.

Tabel 2.3: Kenmerken geplaatste peilbuizen en stijghoogten

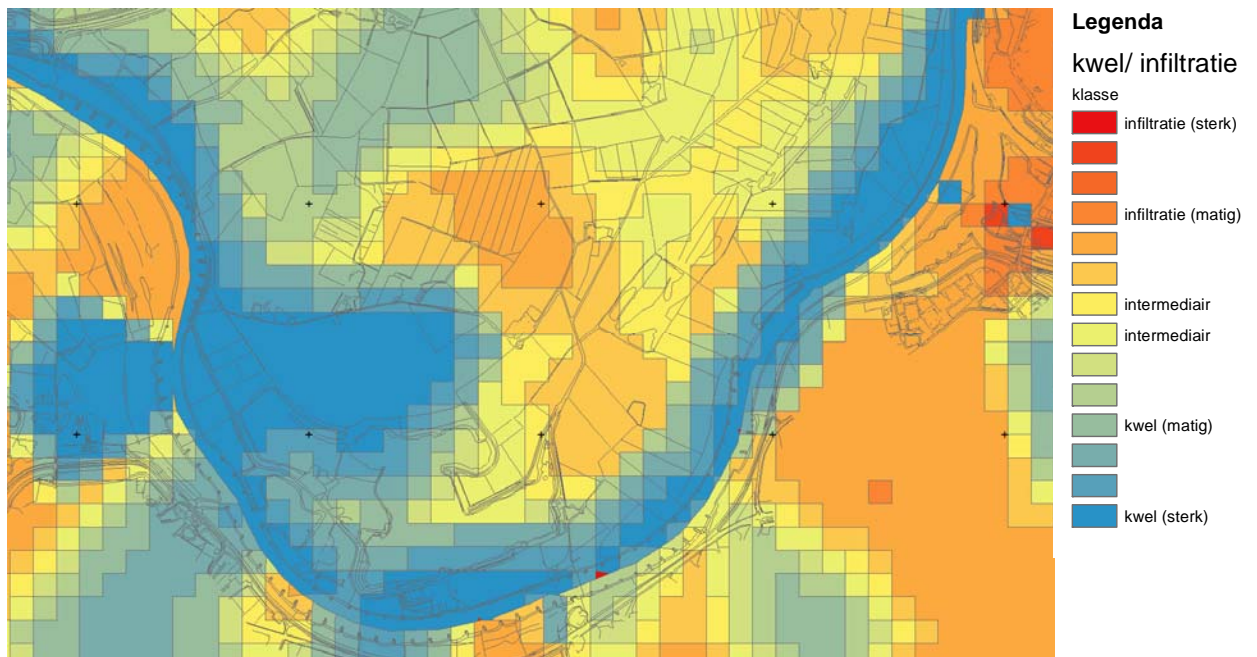
Peilbuis	X- coördinaat (m)	Y- coördinaat (m)	Maaiveld (m+NAP)	Bovenkant filter (m+NAP)	Diepte onderkant filter (m -mv)	Stijghoogte (m+NAP)
01	203891	446068	8,48	8,80	4,00	6,16
02	204108	445705	8,59	8,95	4,00	6,09
03	203418	445286	10,14	10,55	6,00	6,65
04	203058	445722	11,45	11,96	7,00	6,25

Peil Plas Bingerden: NAP +6,06 m

Uit de tabel blijkt dat de stijghoogte van het grondwater rondom de plas hoger is dan het waterpeil in de plas (op 15 december 2011). Dit duidt erop dat het diepere grondwater naar de plas toestroomt.

Kwel-/infiltratiesituatie

Uit de Wateratlas van provincie Gelderland kan afgeleid worden dat nabij de IJssel sprake is van een kwelsituatie (zie figuur 2.3). Ten noordoosten van Havikerwaard-Zuid is sprake van een intermediaire situatie. Afhankelijk van de waterstand in de IJssel is hier sprake van een kwel of infiltratiesituatie. Nabij de aanwezige waterpartij (nabij de weg 'Havikerwaard') is sprake van een infiltratiegebied, waarna het verder noordoostelijk weer over gaat in een intermediaire situatie.



Figuur 2.3: Kwelkaart (bron: Wateratlas provincie Gelderland)

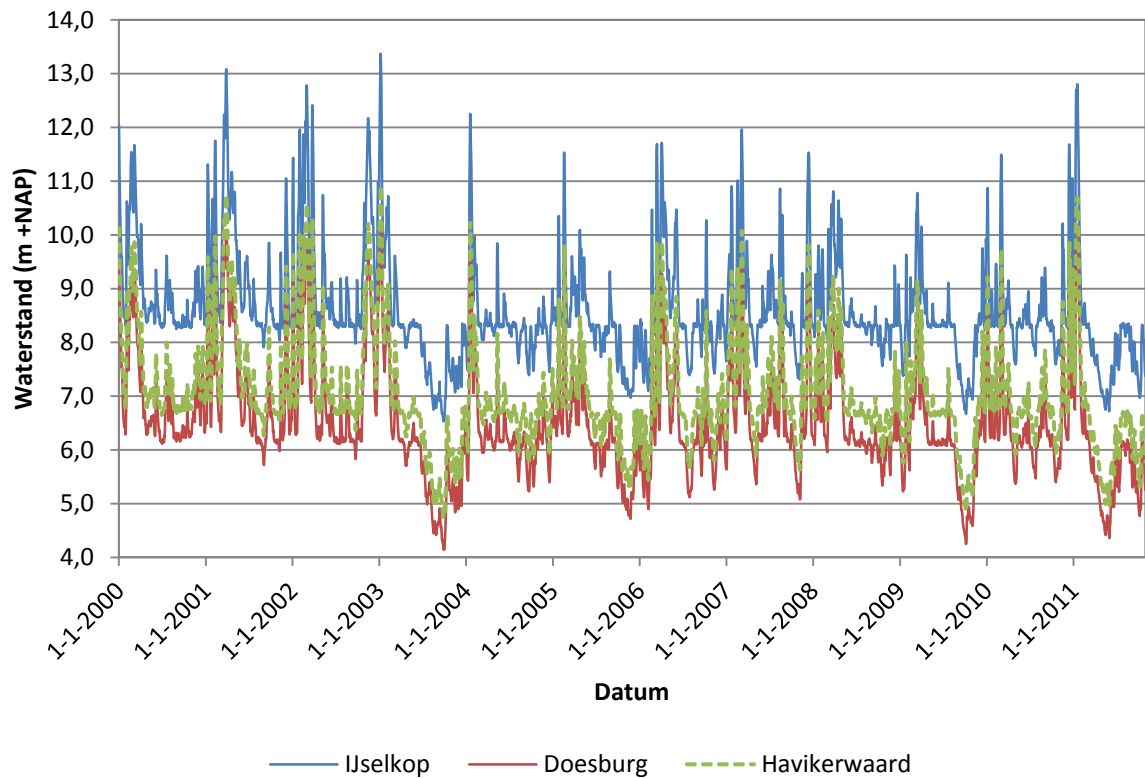
Grondwaterstroming

Er zijn geen peilbuisgegevens bekend in de uiterwaarden, maar op basis van de Wateratlas van provincie Gelderland kan afgeleid worden dat de grondwaterstroming vanaf de Veluwe naar de IJssel loopt, in een globaal oostelijke richting. Het grondwater afkomstig van de Veluwe wordt in het plangebied (deels) afgevangen door de diepe sloten, die door de klei tot in de zandondergrond lopen. Deze waterlopen zorgen ervoor dat het Veluwewater niet meer in de bronbossen opkwelt, maar in deze sloten terechtkomt. In het centrale deel van de uiterwaarden komt (zeer) baserijk oppervlaktewater voor. De baserijkdom neemt verder toe in de richting van de IJssel door het kalkrijke karakter van de rivierzanden die onder de klei liggen. In dit gebied is het maaiveld door kleiwinning verlaagd en zijn, ten behoeve van de drooglegging van de landbouw, diepe sloten aangelegd na de ontkleïing. Deze sloten vangen eveneens veel diep grondwater af, evenals de diepe zandwinplassen.

2.5 Oppervlaktewater

De zandwinplas Havikerwaard-Zuid ligt dichtbij de IJssel waardoor het peil in de zandwinplas onder (sterke) invloed staat van de IJssel. In figuur 2.4 is de waterstand bij de IJsselkop en Doesburg weergegeven. Uit de twee tijd-stijghoogtelijnen is af te leiden dat er sprake is van een hoge correlatie tussen de meetpunten.

De Havikerwaard bevindt zich op circa 15,2 km van meetpunt IJsselkop en op circa 5 km van meetpunt Doesburg (brug). Op basis van de tijd-stijghoogtelijnen en de afstand tussen de punten tot de Havikerwaard is in figuur 2.4 het waterpeil in de IJssel ter plaatse van de Havikerwaard weergegeven.



Figuur 2.4: Waterpeilen in de IJssel (m +NAP)

Het oppervlaktewaterpeil in de zandwinplas is gemeten op NAP +6,06 m (15 december 2011). De hoogte van de waterstand bij de IJsselkop en Doesburg op deze datum bedroeg respectievelijk NAP +8,76 m en NAP +6,77 m. De geïnterpoleerde waarde bij de Havikerwaard bedraagt NAP +7,26 m. Het peil in de IJssel is dus hoger van het peil in de zandwinplas (kwelstroom richting zandwinplas).

De afwatering van de Havikerwaard vindt plaats via beken, watergangen, grotere waterlopen en uiteindelijk via de Dierense Hank op de IJssel (zie ook bijlage 2). De Dierense Hank loost onder normale omstandigheden (lage tot gemiddelde rivierwaterstanden) onder vrij verval op de IJssel. Als het peil op de IJssel hoger wordt dan circa NAP +7,0 m kan er geen vrije lozing meer plaatsvinden. Er vindt dan inundatie van het lager gelegen deel van de Havikerwaard plaats, waarbij beekwater zich vermengt met water uit de IJssel.

3 Plan Havikerwaard

3.1 Huidige situatie

Het plangebied is gelegen in de uiterwaarden van de IJssel tussen Rheden en Doesburg en beslaat ongeveer 144 hectare. Het gebied omvat de zandwinplas met de oevers en bosjes op de oevers, delen akker en weiland en het oobosje aan de noordoostkant.

De plas Bingerden in de Havikerwaard ligt buitendijks in de uiterwaarden van de IJssel ten oosten van Giesbeek. De zandwinplas is, inclusief de westelijke lob die via een smalle doorgang in verbinding staat met de rest van de plas, circa 43 ha groot en maximaal 25 m diep. Zomerdijken scheiden de plas van de IJssel. Door de zomerdijken staat alleen bij hoogwater, hoger dan 10 m boven NAP, de plas in verbinding met het stroombed van de rivier. Dit gebeurt naar schatting eens per 20 jaar. Door de lage overstromingsfrequentie is uitwisseling met de IJssel te verwaarlozen en functioneert de plas niet als (meestromende) nevengeul maar als geïsoleerde, diepe zandwinplas.

3.2 Basisvariant

Bij de herinrichting van de Havikerwaard worden geulen gegraven die de zandwinplas Bingerden verbinden met een kleinere, oostelijk gelegen plas en met het laaggelegen deel van het uiterwaardgebied waarin de Lamme IJssel is gelegen. In figuur 3.1 is het gebied waarin de herinrichting gepland is, weergegeven. Grotendeels betreft dit oppervlak terreinen die momenteel een agrarische functie hebben. Ongeveer 7 ha van het plangebied heeft betrekking op de huidige zandwinplas, wat overeenkomt met 16% van het totale oppervlak van de plas.

De aanleg van de geulen gaat samen met het winnen van zand en grind. Dit houdt in dat het gebied aan de oostkant van plas Bingerden, dat momenteel nog een agrarische functie heeft, allereerst tot maximaal 18 m -NAP wordt afgegraven. Hierbij wordt 17 tot 27 m weggegraven. De bestaande, oostelijk gelegen plas blijft onveranderd. Aan de noordkant van de plas wordt de waterbodem ontgraven tot circa 8 m -NAP. Dit geldt ook voor een deel van het uiterwaardgebied aan de noordzijde van de plas, dat momenteel nog een agrarische functie heeft.

De afgegraven delen worden vervolgens opgevuld met de eerder verwijderde toplaag en baggerspecie die industrieel gezien van minder hoogwaardige kwaliteit is. Het noordelijke deel van de plas en het nu nog agrarische gebied aan de noordkant van de plas worden qua hoogteligging en morfologie teruggebracht naar de bestaande situatie. Dit betekent dat het maaiveld circa 9,50 m boven NAP ligt, het talud van de oeverzone 1:5 bedraagt en de waterbodem in dit deel van de plas circa 8 m -NAP ligt. Het afgegraven gebied ten oosten van de zandwinplas wordt eveneens opgevuld, waarbij in deze delen een noordelijke en een zuidelijke strang geconstrueerd wordt met daartussen ondiepe zones. De strangen zijn circa 50 m breed. In de strangen wordt tot de bestaande, oostelijk gelegen, kleine plas aan beide oeverzijden het oevertalud teruggebracht tot 1:5. De bodem van de strangen ligt overwegend circa 2 m -NAP. In de oostelijk gelegen kleine plas, die deel uitmaakt van de zuidelijke strang, is de waterbodem gelijk aan 0 m -NAP. Ook in meer noordoostelijke richting komt de waterbodem in deze zuidelijke strang op deze hoogte te liggen. De noordelijke strang krijgt ter hoogte van de kleine plas en in noordoostelijke richting een bodem die op circa 8 m -NAP ligt. Het oevertalud blijft in deze delen van de strangen na winning onveranderd, wat betekent dat het talud 1:3 bedraagt. In het algemeen wordt de bodemhoogte tussen de strangen teruggebracht tot huidige situatie (8 +NAP), in sommige delen wordt de bodemhoogte twee meter lager dan de huidige situatie.



Figuur 3.1 Deelplan Havikerwaard Zuid (bron: Pouderoyen Compagnons, 2012)

3.3 Varianten

De effecten van de varianten op de huidige situatie worden verkend in de MER. Bij de beoordeling van de effecten dient wel rekening gehouden te worden met autonome ontwikkelingen. Voor wat betreft de autonome ontwikkeling zijn voor de geohydrologie met name veranderingen in peilen van de IJssel en in neerslag en verdamping van belang. Deze veranderingen spelen echter vooral op de langere termijn. Daarnaast is er geen eenduidige verwachting bekend. Het KNMI hanteert een aantal verschillende klimaatscenario's, maar er kan niet simpelweg over de autonome ontwikkeling worden gesproken. Er is daarom geen specifieke autonome ontwikkeling geschematiseerd. De huidige situatie is gelijk aan het nulalternatief.

De varianten op de basisvariant worden hieronder besproken en, voor zover relevant, in de effectbeoordeling apart getoetst.

Variant 1 Rivierkundige optimalisatie

Om opstuwung van 1,6 mm in het noordelijke deel van het plangebied (en 1,2 mm in de as van de rivier) te vermijden worden maatregelen genomen die een eventuele opstuwung reduceren tot minder dan 1 mm. Het gaat om de volgende maatregelen:

- verschuiven van enkele boscomplexen in het noordelijk plandeel, waardoor de uitstroom vanuit de geulen naar overige delen van de uiterwaard minder wordt belemmerd;
- taludverflauwing toepassen bij de dwarskade tot maximaal 1:7, waardoor de turbulentie (en daarmee de kans op het optreden van erosie) vermindert en een efficiënter (laminair) stromingsbeeld optreedt;
- waar mogelijk een verbreding van de geulen realiseren;
- beperking van terreinoppervlak met gunstige groeiomstandigheden oobos.

Variant 2 Ecologie/eindbeeldbeheer

Ten behoeve van de houdbaarheid van het ontwerp en de garantie dat met een realistisch beheer een duurzaam eindbeeld in stand kan worden gehouden, worden de volgende maatregelen voorgesteld:

- bosontwikkeling op de eilanden vindt plaats over de volle oppervlakte en levert een climaxvegetatie op, waardoor de beheersintensiteit beperkt/nihil zal zijn en het eindbeeld een duurzaam karakter krijgt;
- plas-draszone op de oostoever wordt gewijzigd in natte hooilanden, waardoor het beheer een agrarisch karakter krijgt (maaïen) en kan worden “meegenomen” met het beheer van het bloemrijke grasland op het aangrenzend terrein;
- plas/draszone op de zuidoever mag zich ontwikkelen tot wilgenstruweel, of zachthoutoobos, dit i.v.m. de beperkte peildynamiek (aanvankelijk beoogd eindbeeld is lastig in stand te houden) en de beperking van de beheersintensiteit (voorkeur voor climaxvegetatie als eindbeeld);
- verbreding van de westelijk langs het Paradijs lopende geul (geen blokkade door vallende bomen mogelijk) en versmalling van de door het Paradijs lopende geul (uitval bomen, bijv. door bever, waardoor dichtgroei, of verlanding).

Variant 3 Bedrijfseconomische optimalisatie

Om het plan minder afhankelijk te maken van de aanvoer van de berekende hoeveelheden externe BBK-specie, wordt rekening gehouden met gefaseerde aanvulling en kan worden gedacht aan een groeiemodel. Het uitgangspunt bij Variant 3 is een aanvoer van externe specie tussen 0 en 4 mln. m³. Verder worden de volgende maatregelen getroffen:

- in minimale vorm handhaven van een deel van de bestaande oever (toekomstige zuidoever van het eiland). Naar gelang aanvoer van specie plaatsvindt zal het eiland uitgroeien tot de beoogde oppervlakte. De elleboogvormige rug vormt prima uitgangspunt voor het aanvullen met specie, terwijl de rug anderzijds de verondieping van de zuidelijke plas stabiliseert;
- minder aanvulling aan de oostoever; het tracé van de nieuwe zomerkade bepaalt in het uiterste geval de definitieve oeverlijn. Naar gelang aanvoer van specie plaatsvindt zal de oeverlijn de beoogde contouren benaderen;
- minder aanvulling aan de noordwestelijke oever (natuuroever langs landbouwschol Middachten), zodat de uiteindelijke oeverlijn over grote lengte, noordelijker komt te liggen. Naar gelang aanvoer van specie plaatsvindt, zal de oeverlijn de beoogde contouren benaderen. Zo mogelijk verbreding van geulen toepassen.

De drie varianten variëren, geohydrologisch gezien, nauwelijks van elkaar aangezien er vrijwel geen ingrepen worden gedaan buiten de contouren zoals weergegeven in figuur 3.1. Alleen bij Variant 3 wordt aan de oeverlijn in noordelijke richting verschoven. Daarom is uitgegaan van een basisvariant, waarbij uitgegaan is van de situatie zoals beschreven.

In het volgende hoofdstuk zal ingegaan worden op de effecten van de basisvariant en overige varianten.

4 Methodiek

4.1 Algemeen

De effecten zijn beschreven aan de hand van berekeningen met een grondwatermodel (hoofdstuk 5). Hiervoor is, op verzoek van het Waterschap Rijn en IJssel, gebruik gemaakt van het grondwatermodel AMIGO (Actueel Model Instrument Gelderland Oost). Dit is een grondwatermodel dat voor het beheergebied van het Waterschap Rijn en IJssel ontwikkeld is in opdracht van het Waterschap Rijn en IJssel, de provincie Gelderland en het Waterbedrijf Vitens door Deltares, Alterra, TAUW en Royal Haskoning. Het instrument is bedoeld voor toepassing in het GGOR-proces en ter ondersteuning van beleidsexercities in het waterbeheer.

4.2 Keuze grondwatermodel

Op verzoek van Waterschap Rijn en IJssel (telefonisch overleg met de heer Gerrie Roelofs, voormalig Haskoning) is AMIGO gebruikt. AMIGO is ontwikkeld in opdracht van het Waterschap Rijn en IJssel, de provincie Gelderland en het Waterbedrijf Vitens door TNO (opgegaan in Deltares na 1 januari 2008), Alterra, TAUW en Royal Haskoning. De gridgrootte is 25 bij 25 m. Door de gridgrootte van 25 bij 25 m levert een verfijning van het grid een schijnnaauwkeurigheid op aangezien geen nauwkeurigere informatie beschikbaar is.

AMIGO (iMod) is weliswaar een regionaal model, maar bevat veel informatie met betrekking tot niet-stationaire componenten zoals neerslag, rivierstanden etc. Daarnaast houdt AMIGO rekening met de grondwaterstroming in zowel de verzadigde als onverzadigde zone (CAPSIM) door bijvoorbeeld het bodemgebruik in de berekeningen mee te nemen. Momenteel zijn er geen andere programma's beschikbaar die over deze mogelijkheden beschikken (verzadigde en onverzadigde grondwaterstroming, stationair en niet-stationair).

4.3 Werkwijze

Om de effecten van de voorgenomen ontzanding en natuurontwikkeling te bepalen is de volgende werkwijze gehanteerd:

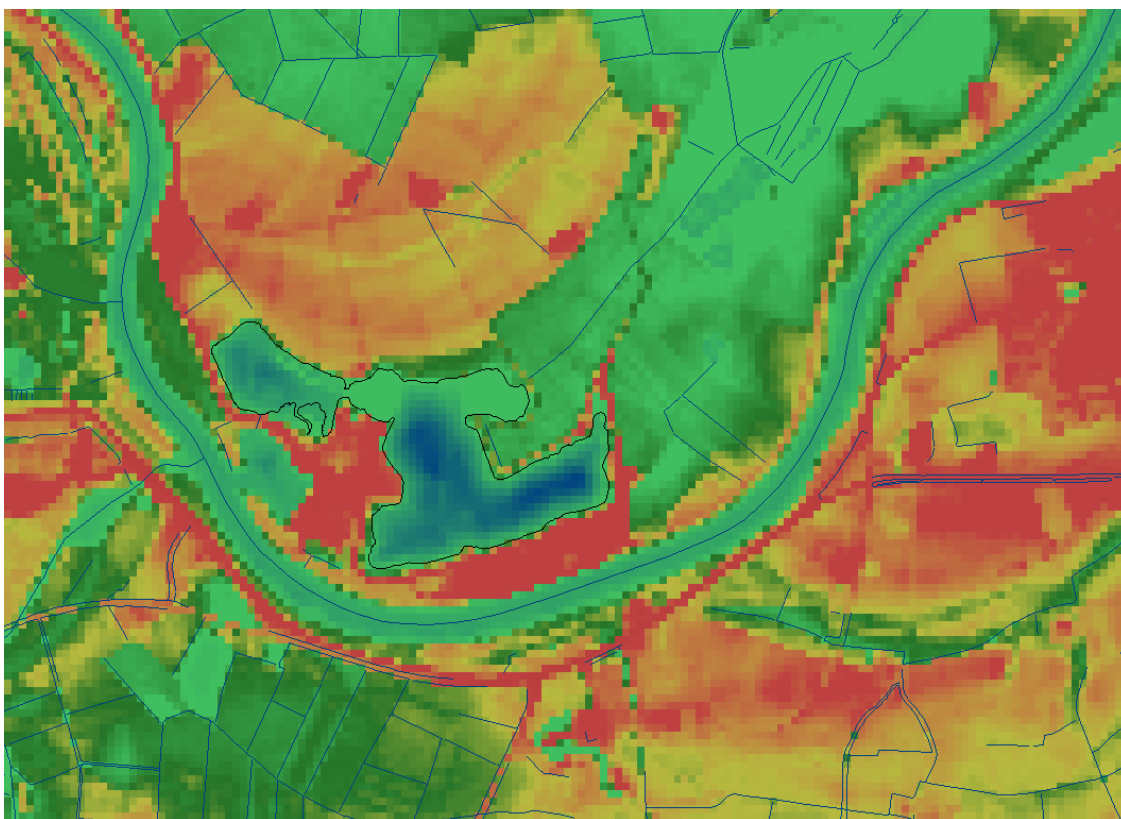
- het door Waterschap Rijn en IJssel beschikbaar gestelde grondwatermodel AMIGO is al globaal gekalibreerd. Op basis van de beschikbare gegevens (zover bekend) is het model lokaal gecontroleerd en geverifieerd voor het plangebied en directe omgeving. Kleine onvolkomenheden in de huidige situatie zijn aangepast en/of verbeterd. Grote aanpassingen in het grondwatermodel zijn in het kader van dit project niet uitgevoerd door het gebrek aan beschikbare informatie. Hiervoor zou uitgebreid aanvullend bodemonderzoek noodzakelijk zijn en langdurige grondwaterstandmonitoring;
- de huidige situatie is op basis van het aangeleverde model met aanpassingen doorgerekend voor een stationaire situatie (gelijkblijvende randvoorwaarden);
- de toekomstige situatie is op hoofdlijnen in het grondwatermodel aangebracht om zo de effecten ten opzichte van de huidige situatie te kunnen bepalen. Het gehanteerde detailniveau is hierbij vergelijkbaar aan dat van het aangeleverde model van de huidige situatie;
- om de effecten voor een worstcase situatie te kunnen bepalen, is het grondwatermodel ook niet-stationair doorgerekend waarbij de gemodelleerde periode een hoogwater- en laagwatersituatie bevat;

- voor de worstcase situaties van het niet-stationaire model wordt onderscheid gemaakt tussen extreme peilen van de IJssel en extreme grondwaterstanden. Daarom worden met het niet-stationaire grondwatermodel enerzijds effecten bepaald voor een hoogwater- en een laagwatersituatie op de IJssel. Voor de hoogwatersituatie is 28 januari 1995 gekozen, waarop een piek van NAP +9,6 m in de IJssel optreedt. Voor de laagwatersituatie is 28 augustus 2003 uitgekozen met een peil van NAP +4,9 m. Daarnaast zijn effecten bepaald voor situatie met een gemiddeld hoge en lage *grondwaterstand*: de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG).

4.4 Huidige situatie

Stationaire situatie

De invoerparameters van het aangeleverde grondwatermodel zijn op basis van de beschikbare informatie gecontroleerd. In bijlage 3 zijn deze controle en de voorgestelde verbeteringen nader beschreven. Een aantal parameters, met name gerelateerd aan het oppervlaktewater, zijn op basis van deze controle aangepast. In figuur 4.1 zijn de grenzen van de zandwinplas in de huidige situatie weergegeven met de maaiveldhoogte als achtergrond zoals deze in het grondwatermodel gehanteerd zijn.



Figuur 4.1: Huidige grens van de zandwinplas met de maaiveldhoogte als achtergrond.

Door het ontbreken van voldoende informatie van de grondwaterstanden in of nabij het plangebied (meerjarige tijdreeksen) en de diepere ondergrond ter plaatse van de Havikerwaard is het niet mogelijk om het grondwatermodel nader te kalibreren.

Voor de validatie van het model voor de huidige situatie is een aantal nabijgelegen peilbuizen binnen het modelgebied uit DINOLoket gehaald. In bijlage 3 zijn gemiddelden van de gemeten grondwaterstanden vergeleken met de resultaten van het stationaire model. In bijlage 4 zijn de modelresultaten (stijghoogte- en kwelkaarten) opgenomen.

Uit de resultaten van het stationaire model blijkt dat het aangeleverde uitgangsmodel te hoge stijghoogten berekent ten opzichte van de meetpunten (peilbuizen van TNO). Er is onvoldoende informatie over de bodemopbouw of stijghoogten binnen het plangebied om een gedetailleerde kalibratie uit te voeren.

Niet-stationaire situatie

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van het niet-stationaire model samengevat voor een vergelijking tussen de gemeten stijghoogte en de berekende stijghoogten in het 1^e watervoevende pakket (modellaag 5 en 6). In bijlage 4 zijn voor het niet-stationaire grondwatermodel grafieken opgenomen waarin de gemeten stijghoogten worden vergeleken met berekende stijghoogten.

Tabel 4.1: Samenvatting vergelijking gemeten en niet-stationair berekende stijghoogten

Naam	Locatie	Gemiddeld te hoog berekend (m)
B40E02770001	zuidwesten van plas, andere zijde IJssel.	+/- 0,5
B40E01770001	noordwesten van plas, stuwwalflank	+/- 0,4
B40E01750001	noorden van plas, stuwwalflank	+/- 1,1
B40E00660001	noordoosten van plas, andere zijde IJssel	+/- 0,4
B40E02670001	oosten van plas, andere zijde IJssel	+/- 0,4

Er valt te zien dat het niet-stationaire model de grondwaterstanden 0,4 m of meer te hoog berekent. Er lijkt sprake te zijn van een systematische fout in het model. Met name op de stuwwal worden de grondwaterstanden veel te hoog berekend. Daarnaast is in de grafieken in bijlage 4 te zien dat het model de extremen niet goed benadert en te weinig dynamiek berekent. In plaats van een gemeten dynamiek van ongeveer 2,5 m wordt 0,6 tot 1 m aan dynamiek berekend. Beide onvolkomenheden kunnen in droge perioden samen resulteren in een totale afwijking van 0,8 tot 1,5 m (systematische fout + verschil dynamiek).

Er zijn geen eenvoudige mogelijkheden het model hiervoor nader te verbeteren. Behalve deze fouten in de absolute stijghoogten geeft het model wel een redelijk beeld van de verandering in de stijghoogten. Vanwege het feit dat het model een systematische fout bevat, is het nog wel geschikt voor een effectanalyse, waarbij naar verwachting de fouten van de absolute grondwaterstanden in de huidige en toekomstige situatie grotendeels tegen elkaar zullen wegvallen. Bij de analyse wordt er daarnaast rekening mee gehouden dat de grondwaterstanden gemiddeld 0,5 m in natte periode en 1,0 m in droge perioden te hoog berekend worden.

Voor een effectbepaling is het *absolute* niveau van de grondwaterstanden daarnaast minder van belang. Hiervoor is het van belang dat het model conceptueel correct is. Analyse van de modelresultaten laat zien dat de resultaten overeenkomen met de verwachting; het model berekent bijvoorbeeld een hoger plaspeil met wegzijging in laagwatersituaties en een lager plaspeil met wegzijging in hoogwatersituaties. Bovenstaande geeft vertrouwen dat de belangrijkste concepten voldoende goed in het model zitten voor een effectbepaling.

4.5 Toekomstige situatie

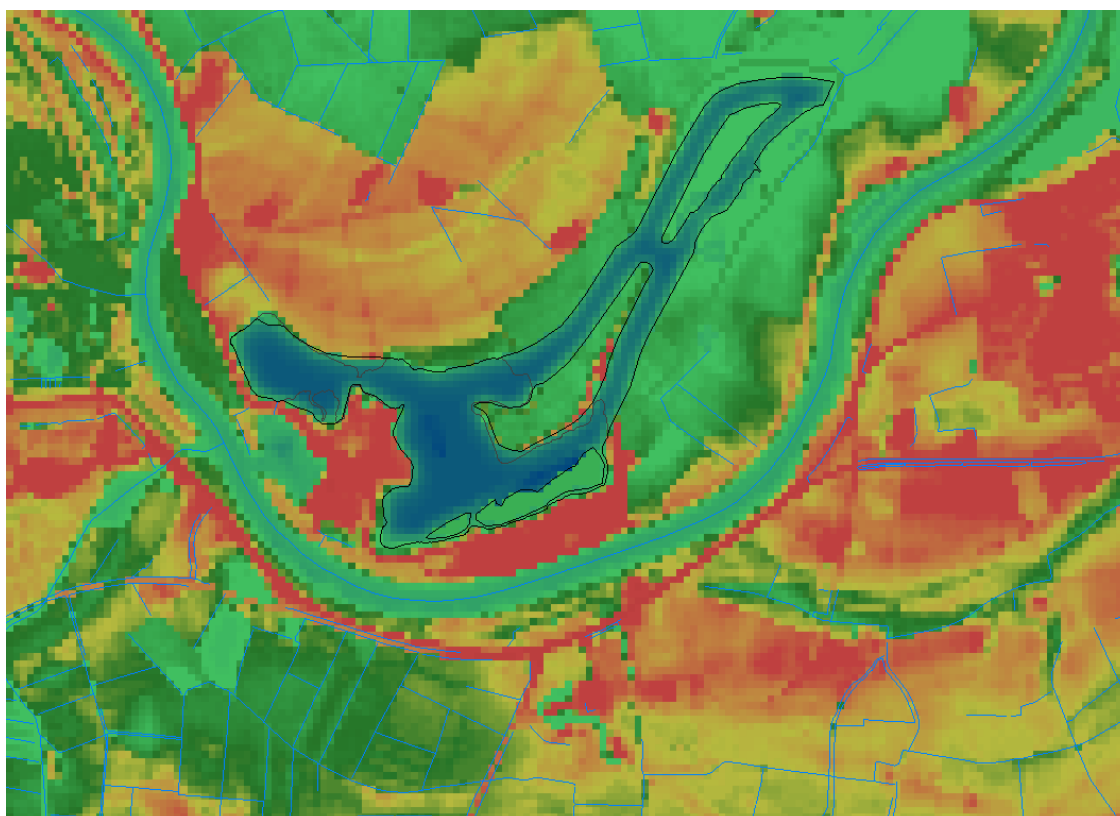
Zoals beschreven in hoofdstuk 3 is alleen de basisvariant geschematiseerd. De verschillen t.o.v. de andere varianten zijn relatief klein wat betreft de invloed op de geohydrologie. Het model is niet geschikt om deze kleine verschillen nauwkeurig in beeld te brengen. De effecten van deze verschillen zullen gebaseerd worden op basis van de effecten van de basisvariant. Daarnaast is alleen de eindsituatie gemodelleerd. Er is met betrekking tot de geohydrologie geen eenduidige aanlegfase te onderscheiden, omdat de diepte en vorm van de plas geleidelijk zal toenemen totdat de eindsituatie is bereikt.

De modellering is uitgevoerd op basis van het eindbeeld, waarbij de uitvoeringsfase is gesimuleerd door het hanteren van een relatief lage weerstand (Cw-waarde) voor het materiaal van de verondieping. In de eindsituatie zal de weerstand naar verwachting hoger zijn door zetting en het vormen van een slibvorming in het geulensysteem.

In bijlage 3 zijn de aanpassingen voor de toekomstige situatie beschreven. De belangrijkste aanpassingen zijn:

- de kade rondom de plas is naar het oosten verschoven, voor de maaiveldhoogte is de laagste hoogte van de huidige kade gebruikt: 8,35m+NAP. Hiervoor is ook opnieuw deze kade als drempel geschematiseerd en zijn de infiltrerende en drainerende waterloopcellen aangepast zoals beschreven in de huidige situatie;
- er is in de huidige situatie een drainerende waterloop ter plaatse van de nieuwe plas. Deze is uit het model voor de toekomstige situatie verwijderd binnen het toekomstige plasgebied;
- de volgende bestanden zijn o.a. aangepast op basis van onderstaand indelingbestand om het extra deel van de plas te modelleren:
 - maaiveldhoogte. Het nieuwe deel van de plas krijgt een maaiveldhoogte (bodemhoogte) van ongeveer NAP -10 m. Deze loopt op richting de rand van de plas;
 - overlandflow, bergingscoëfficiënt, landgebruik en overige CAPSIM bestanden;
 - C-WAARDE_L1.IDF - constante waarde 0.1 voor laag 1 t/m 6, Op eilanden oude waarde: +/- 20 laag 1, 5 voor overig;
 - KD-WAARDE_L1.IDF - constante waarde 10000 voor laag 1 t/m 6, 400 op rand. Op eilanden oude waarde: +/- 3 voor laag 1, 150 voor diepere lagen;
 - in de eilanden van de nieuwe plas worden de parameters niet aangepast, behalve voor het nieuwe eiland dat in de oude plas komt. Daarvoor worden vergelijkbare waarden overgenomen als in de eilanden ter plaatse van de nieuwe plas.

In figuur 4.2 zijn de grenzen van de zandwinplas in de toekomstige situatie weergegeven.



Figuur 4.2: Toekomstige grens van de zandwinplas met de maaiveldhoogte als achtergrond.

5 Effectbeschrijving

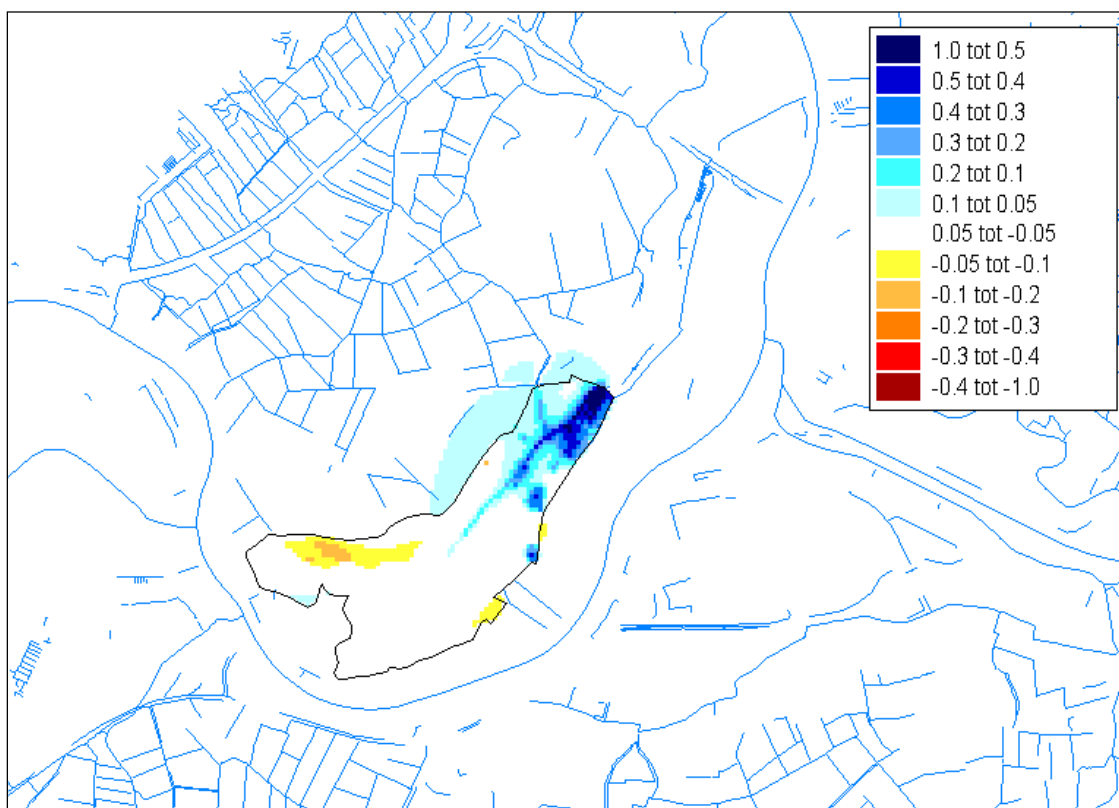
5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de effecten van de basisvariant apart beschreven voor het stationaire en het niet-stationaire model. De effecten van de overige varianten worden vervolgens apart beschreven.

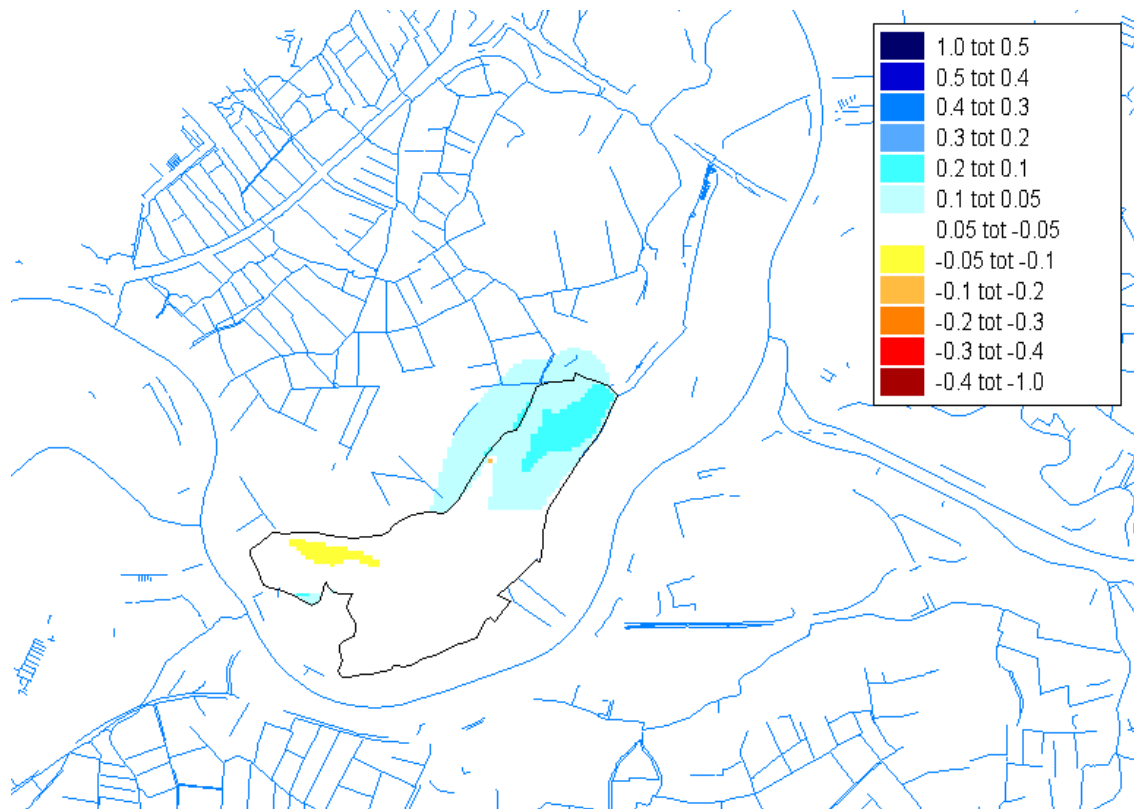
5.2 Berekende effecten met het stationaire model

In figuur 5.1 en 5.2 is het berekende effect op de freatische grondwaterstand en de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket afgebeeld. Er valt te zien dat er een beperkte stijging buiten de plas berekend wordt.

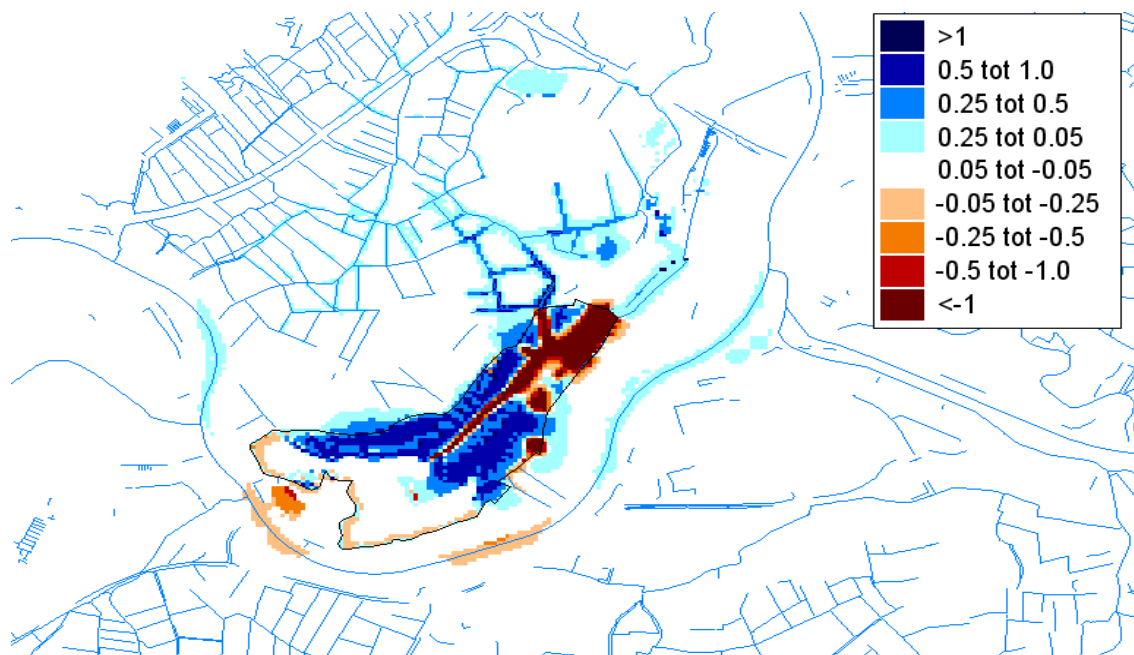
De effecten van kwel en wegzijging op de omgeving reiken iets verder, zie figuur 5.3. Er is iets meer kwel naar de omringende sloten. Het gebied van de nieuwe plas zelf krijgt te maken met een beperkte wegzijging.



Figuur 5.1: Berekende verandering van de stijghoogte in de freatische pakket in m (modellaag 1)



Figuur 5.2: Berekende verandering stijghoogte in het watervoerend pakket in m (modellaag 2)



Figuur 5.3: Berekende effect op kwel van 1^o watervoerende naar freatisch pakket (blauw is sterkere kwel of minder wegzijging, rood is sterkte wegzijging of minder kwel)

5.3 Berekende effecten met het niet-stationaire model

Met het niet-stationaire model zijn de verschillen bepaald voor zowel een hoogwatersituatie en een laagwatersituatie. Zowel de hoogwatersituatie als de laagwatersituatie kunnen enkele weken en in mindere mate enkele maanden voortduren.

5.3.1.1 Effecten op de freatische grondwaterstand

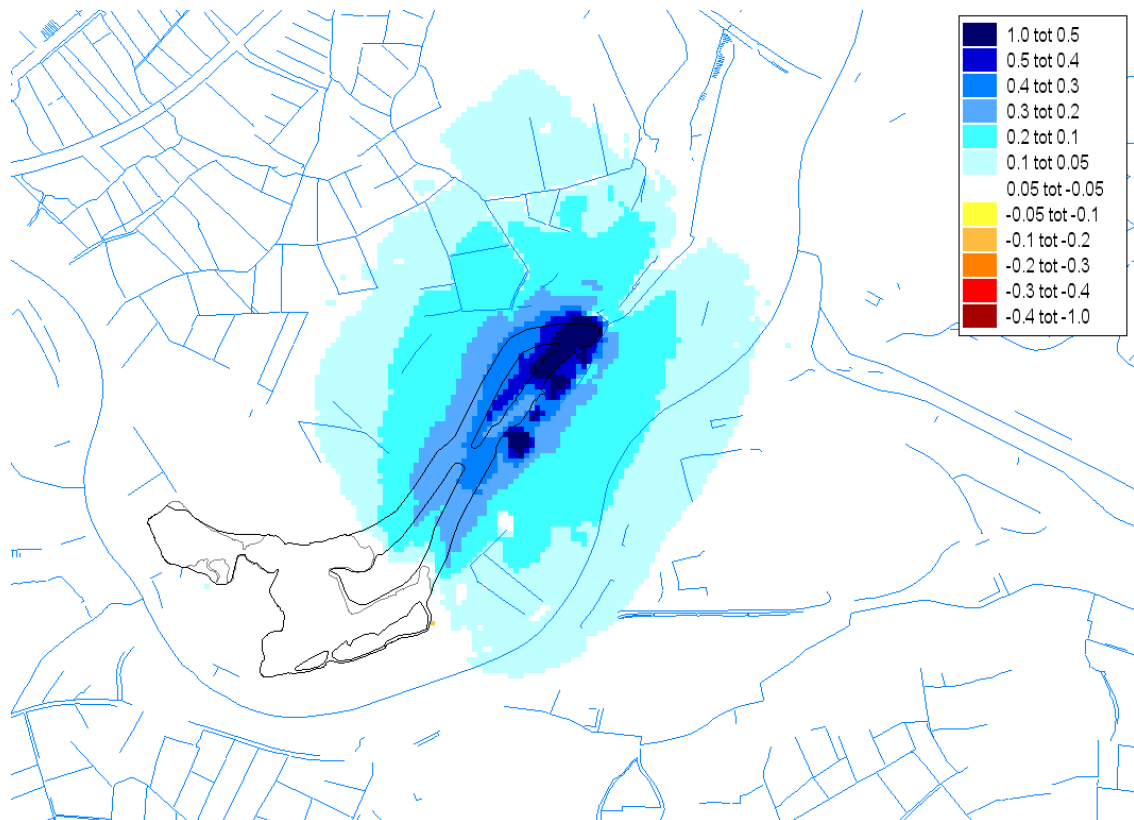
In de figuren 5.4 en 5.5 is het berekende effect op de freatische grondwaterstand in beeld gebracht voor respectievelijk een laag- en hoogwatersituatie.

In de laagwatersituatie strekt het effect zich relatief ver uit tot aan de andere zijde van de IJssel. Er wordt een vernatting berekend van 5 tot 10 cm in een straal van 700 tot 1.300 m rondom de nieuwe plas. Binnen 500 m rondom de plas is dat 10 tot 20cm en binnen een afstand van 150 m is een effect van 20 tot 50 cm berekend. Het is volgens verwachting dat in een laagwatersituatie het effect van de nieuwe plas vrij ver reikt. Het peil van de plas is vanwege kwel namelijk vrijwel altijd iets hoger dan de grondwaterstand in de omgeving. De grondwaterstand nabij de plas zal daardoor ook iets hoger zijn dan verder er vandaan. Door de plas uit te breiden, breidt dit effect zich ook uit.

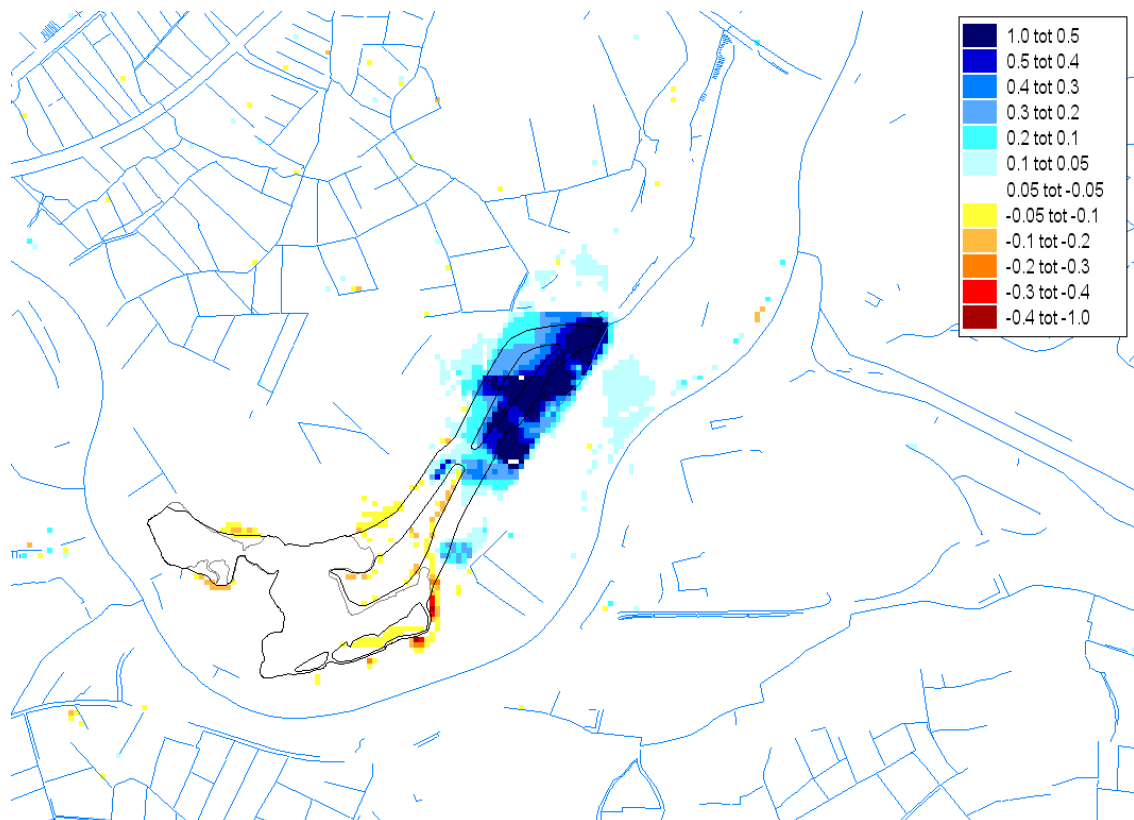
Er is te zien dat er in de hoogwatersituatie ook enige vernatting optreedt van de direct omgeving: 5 tot 10 cm tot 200 m ten noordwesten van het nieuwe deel van de plas en 5 tot 10 cm tot 500 m ten (zuid)oosten ervan tot aan de rand van de Havikerwaard. Deze stijging is vooral aanwezig in de hoger gelegen delen van het gebied. Een grotere stijging van de grondwaterstanden wordt alleen berekend vlakbij de plas, binnen de kade. Ook dit effect is volgens verwachting. Doordat het peil in de plas in de gemiddelde situatie hoger is dan de grondwaterstand in de directe omgeving, zal het grondwater in een hoogwaterperiode dicht bij de plas hoger komen dan verder weg van de plas. Het effect is echter minder dan in een laagwatersituatie, omdat de grondwaterstanden ook zonder de plas al hoog staan tijdens een hoogwatersituatie. De extra stijging door de grotere plas zal dan beperkt zijn. Op enkele plekken nabij de oude plas is een kleine verdroging te zien. Dit komt omdat de plas daar iets verkleind is of door het eiland in de oude plas.

Er is tevens een gemiddelde grondwaterstand berekend over alle berekende jaren (01-04-1994 t/m 31-03-2004). In figuur 5.6 is het verschil tussen de toekomstige en huidige situatie weergegeven. Dit beeld wijkt qua grootte van het gebied met berekende effecten af van het met het stationaire model berekende beeld in figuur 5.1.

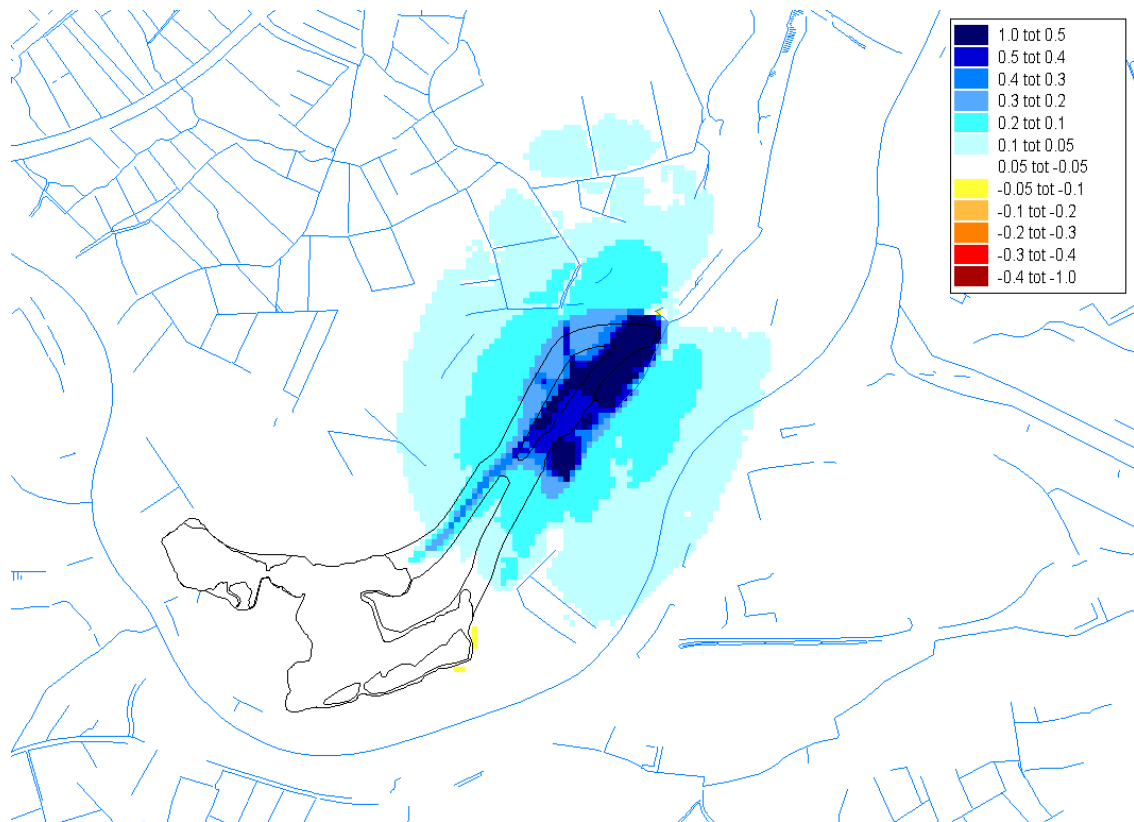
De niet-stationaire berekening geeft een groter effect in de gemiddelde situatie. Er wordt een vernatting berekend van 5 tot 10 cm in een straal van 500 tot 900 m rondom de nieuwe plas. Binnen 400 m rondom de plas is dat 10 tot 20 cm en binnen een afstand van 150 m is een effect van 20 tot 50 cm berekend.



Figuur 5.4: Verschil freatische grondwaterstand in m bij laagwater (toekomstig minus huidige situatie op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model)



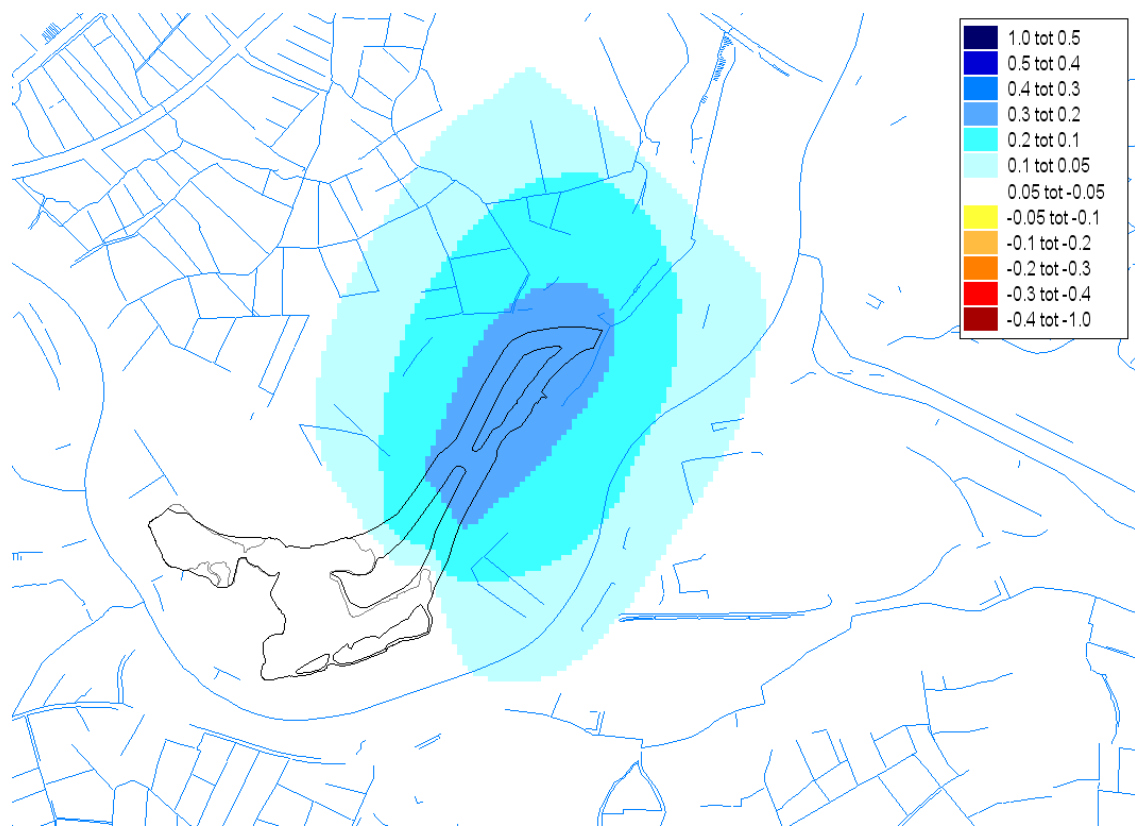
Figuur 5.5: Verschil freatische grondwaterstand in m bij hoogwater (toekomstig minus huidige situatie op 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model)



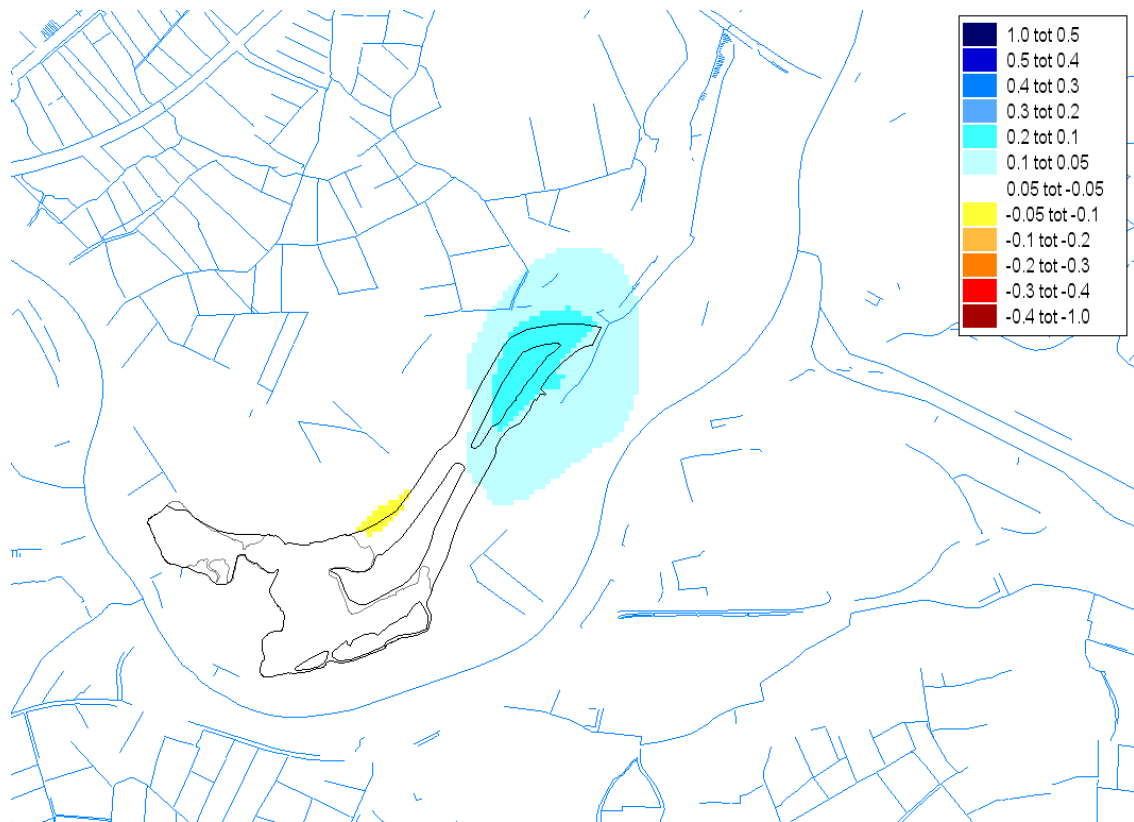
Figuur 5.6: *Vershil gemiddelde freatische grondwaterstand in m (toekomstig minus huidige situatie berekend met het niet-stationaire model)*

5.3.1.2 Effecten op de stijghoogten in het eerste watervoerende pakket

In de figuren 5.7 en 5.8 is het berekende effect op de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket in beeld gebracht. Er is te zien dat er zowel in de laagwater- als in de hoogwatersituatie verandering optreedt van de directe omgeving, vergelijkbaar aan het effect op het freatische grondwater. Dit heeft te maken met de doorlatende bodem en ondergrond.



Figuur 5.7: stijghoogteverschil in 1^e watervoerend pakket in m bij laagwater (toekomstig minus huidige situatie op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model)



Figuur 5.8: stijghoogteverschil in 1^e watervoerend pakket in m bij hoogwater (toekomstig minus huidige situatie op 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model)

5.3.1.3 Effecten op de kwel naar het freatische grondwater

In de figuren 5.9 en 5.10 is het berekende effect op de kwel (opwaartse flux) naar het freatische grondwater in beeld gebracht. Met rood is een kleinere flux aangegeven. Dit kan zowel betekenen dat er minder kwel, meer wegzijging of een omslag van kwel naar wegzijging is berekend. De kleur blauw geeft juist een grotere flux weer, waarvoor de omgekeerde redenering geldt.

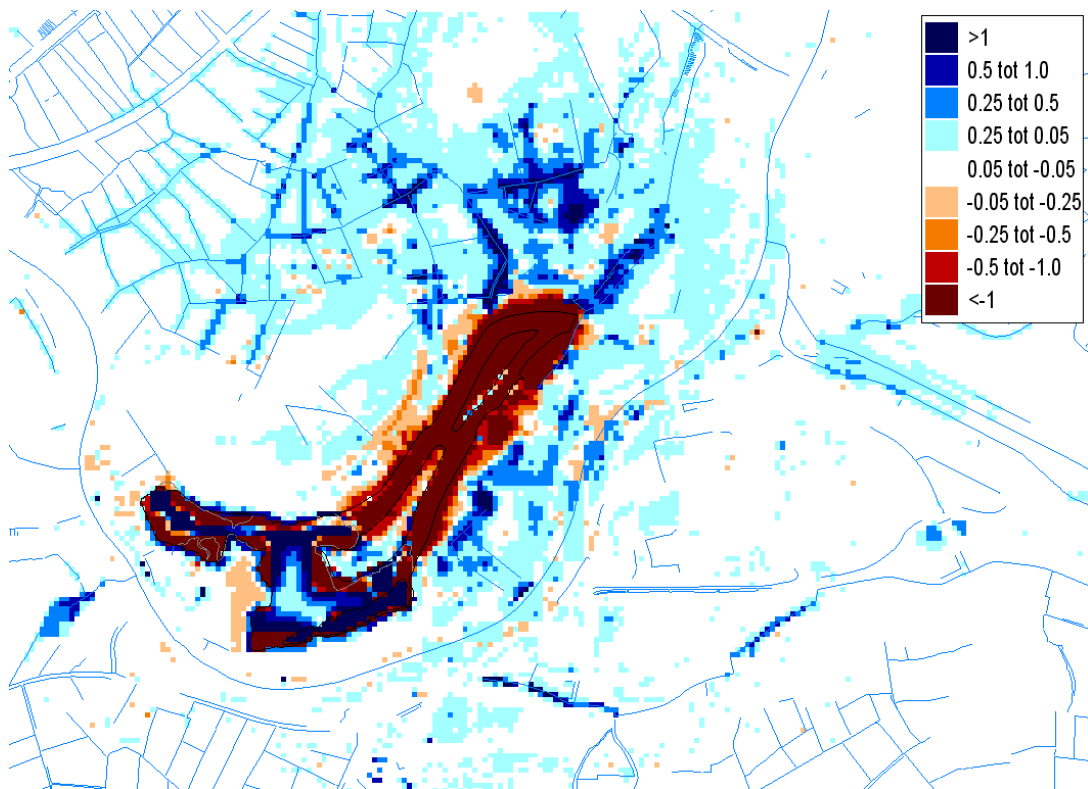
Er is in figuur 5.9 te zien dat er in de laagwatersituatie in het nieuwe deel van de plas meer wegzijging (of minder kwel) berekend wordt. Analyse van de figuren in bijlagen 4 en 5 laat zien dat ter plaatse van de nieuwe plas de lichte kwel van de huidige situatie omslaat naar wegzijging in de toekomstige situatie. Dit is volgens verwachting. Het peil van de plas zal (vanwege kwel van de stuwwal) hoger liggen dan de grondwaterstand in de directe omgeving. In het nieuwe deel van de plas zal daarom in de toekomstige situatie wegzijging optreden. Dit water zal iets verder weg van de plas weer als lokale kwel naar het freatische grondwater toestromen. Dit is goed te zien in figuur 5.9. Met name bij een laag peil van de IJssel zal dit effect sterker zijn. Tot iets meer dan een kilometer afstand van de plas is er een effect van ongeveer 0,5 mm/d aan extra kwelflux berekend.

Rondom het oude deel van de plas wordt in de laagwatersituatie vrijwel geen effecten berekend. Binnen het oude deel van de plas veranderen de patronen enigszins door de aangepaste grenzen en eilanden.

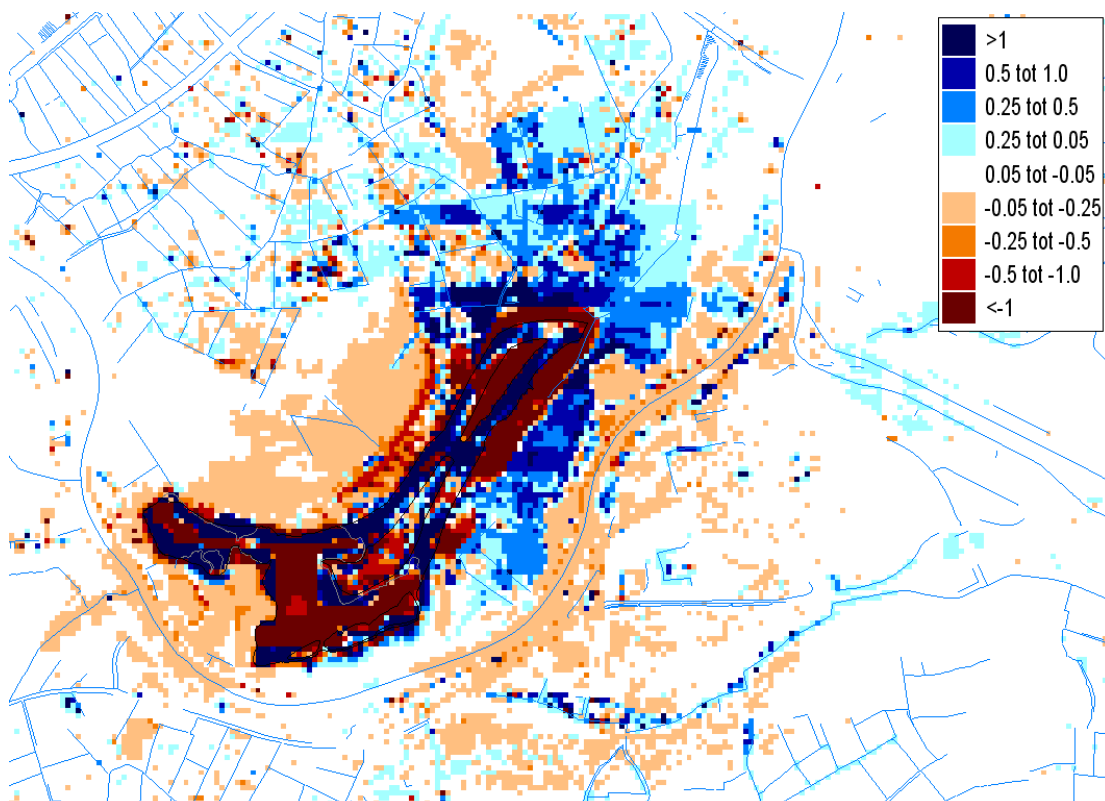
In figuur 5.10 is te zien dat tijdens de hoogwatersituatie het deel van de nieuwe plas meer kwel aantrekt dan op die locatie in de huidige situatie het geval is. Dit gaat ten koste van de huidige kwel direct rondom de nieuwe plas en op de eilanden van de nieuwe plas: daar zal de hoeveelheid kwel juist minder worden omdat deze in de toekomstige situatie wordt afgevangen door de dieper gelegen nieuwe plas.

Rondom de nieuwe plas wordt in de lager gelegen gebieden meer kwel dan in de huidige situatie berekend. Een effect tot 0,5 mm/d aan extra kwelflux wordt berekend tot ongeveer 900 m ten noorden van de nieuwe plas en 500 m ten oosten ervan. De oorzaak hiervan heeft ermee te maken dat het effect in het 1^e watervoerende pakket groter is dan in het freatische pakket. Het effect van het inunderende oppervlaktewater zal zich via het nieuwe deel van de plas enigszins versneld naar het 1^e watervoerende pakket verspreiden vanwege de zeer doorlatende ondergrond.

Op de hoge delen rondom de oude en nieuwe plas wordt tijdens de hoogwatersituatie enigszins meer wegzijging berekend dan in de huidige situatie.



Figuur 5.9: verschil kwel (mm/dag) toekomstig minus huidig tijdens laagwater op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model. Let op: rood geeft een kleinere opwaartse flux aan, dat wil zeggen minder kwel, meer wegzijging of een omslag van kwel naar wegzijging. Blauw geeft een grotere opwaartse flux aan, dat wil zeggen meer kwel, minder wegzijging of een omslag van wegzijging naar kwel.



Figuur 5.10: verschil kwel (mm/dag) toekomstig minus huidig tijdens hoogwater op 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model. Let op: rood geeft een kleinere opwaartse flux aan, dat wil zeggen minder kwel, meer wegzijging of een omslag van kwel naar wegzijging. Blauw geeft een grotere opwaartse flux aan, dat wil zeggen meer kwel, minder wegzijging of een omslag van wegzijging naar kwel.

5.4 Samenvatting effecten voor alle varianten

De volgende effecten zijn berekend voor de basisvariant (uitvoeringssituatie) ten opzichte van het nulalternatief:

- in de gemiddelde situatie wordt met de stationaire berekening een stijging van de grondwaterstand van 5 tot 10 cm berekend op een afstand tot 300 m rondom het nieuwe deel van de plas;
- in de gemiddelde situatie wordt met de stationaire berekening op locaties met oppervlaktewater een stijging van de huidige kwelflux berekend tot 0,25 mm/d tot op een afstand van ongeveer 1,5 km ten noorden van de plas. Buiten het oppervlaktewater wordt dit effect slechts berekend tot op een afstand van ongeveer 300 m ten noorden van de plas. Tot op een afstand van ongeveer 200 m ten oosten van de nieuwe plas wordt juist een verminderde kwelflux berekend;
- de niet-stationaire berekening geeft een groter effect in de gemiddelde situatie. Er wordt een vernatting van de freatische grondwaterstand berekend van 5 tot 10 cm in een straal van 500 tot 900 m rondom de nieuwe plas. Binnen 400 m rondom de plas is dat 10 tot 20 cm en binnen een afstand van 150 m is een effect van 20 tot 50 cm berekend;
- in de laagwatersituatie wordt een stijging van de freatische grondwaterstanden berekend tot aan de andere zijde van de IJssel. Er wordt een vernatting berekend van 5 tot 10 cm in een straal van 700 tot 1.300 m rondom de nieuwe plas en binnen een afstand van 150m wordt een effect van 20 tot 50cm berekend;
- in de hoogwatersituatie wordt ook enige vernatting berekend in de directe omgeving: 5 tot 10 cm tot 200 m ten noordwesten van het nieuwe deel van de plas en 5 tot 10 cm tot 500 m ten (zuid)oosten ervan tot aan de rand van de Havikerwaard. Deze stijging is vooral aanwezig in de hoger gelegen delen van het gebied. Een grotere stijging van de grondwaterstanden wordt alleen berekend vlakbij de plas, binnen de kade;
- het effect op het 1^e watervoerende pakket is vergelijkbaar;
- Tijdens de laagwatersituatie verandert ter plaatse van de nieuwe plas de lichte kwel van de huidige situatie naar wegzijging in de toekomstige situatie. Rondom de nieuwe plas wordt tot bijna 2km ten westen, noorden en oosten en tot ongeveer 1,5 km ten zuiden van de plas een effect tot ongeveer 0,5 mm/d aan extra kwelflux berekend ten opzichte van de huidige kwelsituatie. Rondom het oude deel van de plas wordt in de laagwatersituatie vrijwel geen effecten berekend.
- tijdens de hoogwatersituatie wordt direct (tot maximaal 100 m) rondom de nieuwe plas en op de eilanden van de nieuwe plas een kleinere kwelflux berekend omdat deze in de toekomstige situatie wordt afgevangen door de dieper gelegen nieuwe plas. Verder weg rondom de nieuwe plas wordt in de lager gelegen gebieden meer kwel berekend dan in de huidige situatie. Er wordt daar een effect tot 0,5 mm/d aan extra kwelflux berekend tot ongeveer 900 m ten noorden van de nieuwe plas en 500 m ten oosten ervan. Op de hoge delen rondom de oude en nieuwe plas wordt tijdens de hoogwatersituatie enigszins meer wegzijging berekend dan in de huidige situatie;
- de hierboven beschreven effecten zijn allen tijdelijk in de periode waarop ze betrekking hebben. In alle perioden wordt er echter een stijging van de freatische grondwaterstanden rondom de plas, binnen de Havikerwaard berekend. Tijdens laagwatersituaties is het effect groter en reikt tot aan de andere zijde van de IJssel;
- zowel de hoogwatersituatie als de laagwatersituatie en daarmee tevens de effecten ervan, kunnen enkele weken en in mindere mate enkele maanden voortduren.

De effecten op de andere varianten zullen vergelijkbaar zijn omdat het verschil tussen de varianten geen invloed heeft op de geohydrologische situatie. Alleen voor variant 3 lopen de grenzen van de plas enigszins anders en zullen de effecten eveneens iets verschuiven. De verschillen zullen naar verwachting zo klein zijn, dat een aparte berekening geen nieuwe inzichten biedt.

5.5 Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen zijn niet eenvoudig, vanwege de sterk doorlatende ondergrond en de verwachte diepte van de plas. Er kan eventueel gedacht worden aan:

- diepe kwelschermen:
deze dienen echter tot op de slecht doorlatende laag geplaatst te worden, 50 m onder maai-
veld (zie tabel 2.1), over een lengte van 3 tot 5 km. Gelet op de diepte en lengte wordt dit
niet als realistisch beschouwd;
- beperken van de diepte van de zandwinplas:
dit is echter strijdig met het doel en financiering van de het project;
- hydrologisch isoleren van de plas met een kleilaag:
deze methode kan pas uitgevoerd worden nadat het uitgraven van de plas volledig klaar is
en is daarmee geen acceptabele optie. Eventueel opbarsten van de kleilaag als gevolg van
de kwelstroming vanaf de stuwwal dient nader bepaald te worden;
- verbinden van de plas met de IJssel:
wanneer de plas in verbinding staat met de IJssel zal er niet meer wegzijging vanuit de plas
zijn dan er in de huidige situatie al is vanuit de IJssel. De plas zal dan echter veel van de
stuwwal afkomstige kwel wegtrekken, waardoor nieuwe, waarschijnlijk ongewenste effecten
ontstaan.

Gelet op de beperkte grootte van de effecten wordt niet verwacht dat mitigerende maatregelen noodzakelijk zijn dan wel mogelijk zijn.

5.6 Beoordeling MER

In deze paragraaf zijn de effecten van de basisvariant kwalitatief in beeld gebracht. De kwalita-
tieve effecten van de overige varianten zijn gelijk aan de basisvariant.

Optreden van zettingen

Door de verandering in korrelspanning, ten gevolge van de grondwaterstandverlaging tot bene-
den de laagst gemeten waarde ooit, kunnen zettingen optreden. 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 verlaging, de
afstand tot zettingsgevoelige objecten en de staat van de zettingsgevoelige objecten.

Vrijwel overal is het berekend effect een stijging van de grondwaterstand tot maximaal 0,3 m
buiten de plas tijdens de laagwatersituatie. Daarnaast is vrijwel op alle locaties met bebouwing
binnen de effectradius de grondwaterstand in de toekomstige situatie voor zowel de GLG- als
de GHG-situatie dieper dan 1,5 m -mv, waardoor er geen risico is op zettingen.
Daarnaast komt de grondwaterstand in de huidige situatie door de dynamiek van de IJssel
regelmatig onder de onderkant van de kleideklaag, waardoor de deklaag al gezet is.

Geconcludeerd kan worden dat er op basis van deze berekeningen geen aanwijzingen zijn dat
er voor dit criterium relevante veranderingen zullen optreden.

Beïnvloeding bebouwing (waterpeilen)

Hier gelden dezelfde observaties als beschreven bij het criterium zettingen. De grondwater-
standen zullen voornamelijk stijgen met 0,05 tot 0,3 m nabij de plas. Gezien de diepte van de
berekende grondwaterstand tijdens GLG- en GHG-situaties en de noodzakelijk en aanwezige
drooglegging wordt er geen relevante grondwateroverlast verwacht.

Beïnvloeding landbouwkundig gebruik

Er is gekeken naar de doorwerking van de grondwatereffecten die optreden in het binnendijks
gebied tijdens een gemiddelde zomer (GLG-situatie). De verhogingscontour van het freatische
grondwater bedraagt 0,2 m tot op 150 m rondom het nieuwe gedeelte van de plas. Dit is 0,1 m
tot op 500 m, dat is juist tot aan de IJssel. De verhogingscontour bedraagt 0,05 m op 1,3 km ten
noorden van de plas en 1,0 km ten zuiden van de plas, dat is tot maximaal 300 m aan de over-
zijde van de IJssel.

In de eindsituatie zullen deze effecten minder optreden door een in de praktijk hogere weer-
stand.

Dicht bij de plas bevindt de GLG zich volgens het model in de huidige situatie al dicht onder maaiveld. Door het ontbreken van veldschattingen van de GLG, kan dit niet getoetst worden aan de praktijk.

Door de ontwikkeling van de Havikerwaard stijgt de GLG in de uitvoeringssituatie. Dit kan beperkingen geven voor de landbouw. Op grotere afstand van de plas is op diverse locatie eveneens een ondiepe GLG aanwezig in de huidige situatie. Het effect op de GLG door de uitbreiding van de plas neemt af met de afstand tot de plas.

De aanwezigheid van beregening in de Havikerwaard en aan de andere zijde van de IJssel, duidt erop dat eerder te lage grondwaterstanden een probleem zijn, zodat de verhoging van de grondwaterstand mogelijk eerder positief dan negatief zou kunnen worden beoordeeld. Navraag bij de gebruikers van de percelen kan hier uitsluitsel over geven.

Wijziging van grondwaterstanden en –stroming

De veranderingen van de grondwaterstanden zijn beschreven bij het criterium zettingen. De verandering van de grondwaterstroming zal zodanig zijn dat er in de uitvoeringssituatie meer water wegstroomt via de ondergrond vanaf de plas. De plas zal door de uitbreiding meer kwel afvangen en wegzijgen dan voorheen, maar er zal een evenwicht ontstaan doordat de plas geïsoleerd is, zodat de hoeveelheid afgevangen kwel van de stuwwal beperkt blijft. Er wordt met het model echter geen vermindering van de kwel berekend in de rest van de Havikerwaard. Integendeel, er wordt, waarschijnlijk via de doorlatende ondergrond, een kleine stijging van de kwel van 0,1 mm/d en nabij de plas tot 1,0 mm/d berekend naar het overige oppervlaktewater in de Havikerwaard, tot aan Ellecom en De Steeg aan toe. De verwachting is daarom dat de grondwaterstroming vanaf de stuwwal naar de plas zal toenemen en mogelijk andere grondwaterstroming zal beïnvloeden.

In de eindsituatie zullen deze effecten minder groot zijn door zetting van het materiaal van de verondieping en slibvorming in het geulensysteem.

Tabel 5.1 *Beoordeling voor het aspect water (geohydrologie)*

Beoordelingscriterium	Beoordeling basisvariant
<i>Optreden van zettingen</i>	0
<i>Beïnvloeding bebouwing (waterpeilen)</i>	0
<i>Beïnvloeding landbouwkundig gebruik</i>	+/-
<i>Wijziging van grondwaterstanden en –stroming</i>	+/0/-

6 Conclusie

Z.E.M. Havikerwaard wil het plangebied Havikerwaard-Zuid ontwikkelen. Het plangebied is gelegen in de uiterwaarden en bevindt zich ten zuiden van Ellecom en ten westen van Doesburg. In het plangebied bevindt zich de huidige zandwinplas in de Havikerwaard-Zuid.

De plas zal in noordoostelijke richting uitgebreid worden. Met het grondwatermodel AMIGO van Waterschap Rijn en IJssel zijn de effecten op de grondwaterstanden en kwel berekend om een indruk te krijgen van de effecten van de maatregel.

Er is geconstateerd dat de stijghoogte in het model van de huidige situatie te hoog berekend wordt. Hoe dit precies doorwerkt in de resultaten en de effecten, vraagt een nadere analyse en hangt af van diverse factoren. Zonder uitgebreide analyse van de oorzaak van de fout, aanvullende monitoring van de grondwaterstanden en gegevens van de ondergrond is het nu niet mogelijk het model verder te verbeteren. Deze fout zal echter waarschijnlijk ook in het model van de toekomstige situatie aanwezig zijn zodat naar verwachting de fouten bij de effectbepaling grotendeels tegen elkaar zullen wegvallen.

De veranderingen van de grondwaterstanden is voor het Basisalternatief en alle varianten vrijwel overal een stijging van de grondwaterstand tot maximaal 0,3 m net buiten de plas tijdens een laagwatersituatie. De hogere grondwaterstanden bij laagwater zullen naar verwachting optreden in droge perioden, waardoor het effect gunstig is voor het landbouwkundig gebruik (zie bij Effecten grondgebruik). Bij hogere IJsselwaterstanden is het grondwatereffect minder. Het effect wordt als neutraal beoordeeld.

In de eindsituatie zal de kwelstroom kleiner zijn dan in de eindsituatie als gevolg van het ontstaan van de een weerstandbiedende laag op de bodem van de uitbreiding. Dit zal ook leiden tot een iets minder grote toename van de grondwaterstanden. De effecten zijn in de eindsituatie geringer.

In de uitvoeringssituatie zal de plas grondwater aantrekken, waardoor er een lichte kwelstroom naar de plas gaat. Door het afvangen van deze kwelstroom zal het peil in de plas iets hoger zijn dan in huidige situatie. Hierdoor is ook een geringe toename van de grondwaterstand in de directe omgeving van de plas. De kwel zal voornamelijk aan de noord- en noordwestzijde optreden. In het noordoostelijke deel is sprake van een afname de kwel en mogelijk zelfs sprake van inzijging ter plaatse van de uitbreiding richting IJssel. Met andere woorden in de plas wordt kwelstroom afgevangen maar vanuit de plas gaat ook een stroming naar de IJssel.

In de rest van de Havikerwaard treedt een geringe toename van de kwel op in de bestaande watergangen. De toename in de watergangen bedraagt 0,1 mm/dag (nabij Ellecom en De Steeg) tot 1,0 mm/dag bij de plas. De verwachting is daarom dat de grondwaterstroming vanaf de stuwwal naar de plas zal toenemen en mogelijk andere grondwaterstroming zal beïnvloeden. Er zijn echter geen nadelige effecten op de grondwatersituatie in de kwelzone langs de Veluwe (Faisantenbos). Het effect wordt als negatief beoordeeld.

De effecten van het Basisalternatief en de 3 varianten zijn vergelijkbaar, omdat het verschil tussen de varianten geen invloed heeft op de geohydrologische situatie. Alleen voor variant 3 lopen de grenzen van de plas enigszins anders en zullen de effecten eveneens iets verschuiven. De verschillen zullen naar verwachting echter zo klein zijn, dat een aparte berekening geen nieuwe inzichten biedt.

De effecten zijn voor de MER kwalitatief beoordeeld. In tabel 6.1 is het resultaat weergegeven.

Tabel 6.1 *Beoordeling voor het aspect water (geohydrologie)*

Beoordelingscriterium	Beoordeling basisvariant
<i>Optreden van zettingen</i>	0
<i>Beïnvloeding bebouwing (waterpeilen)</i>	0
<i>Beïnvloeding landbouwkundig gebruik</i>	+/-
<i>Wijziging van grondwaterstanden en –stroming</i>	+/0/-

De beoordeling voor de grondwaterstandsituatie is sterk afhankelijk van de stand van de IJssel en wordt samenvattend als neutraal beoordeeld.

Bijlage 1
Maaiveldhoogten

Bijlage 2

Oppervlaktewatersysteem

Bijlage 3

Modelcontroles en correcties

B3.1 Modelcontroles

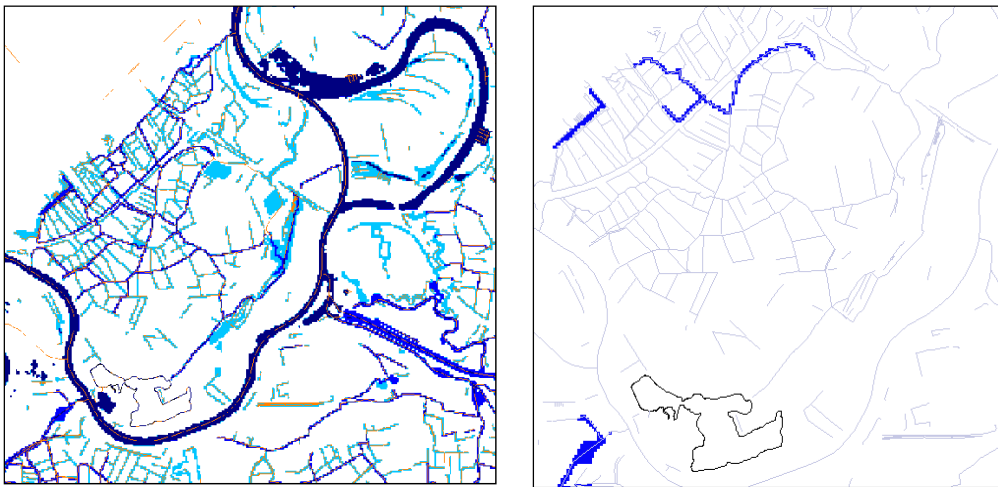
In de volgende secties worden een aantal modelcontroles voor het aangeleverde AMIGO-model nader toegelicht.

Controle Maaiveld

Een vergelijking van de maaiveldhoogten van peilbuizen uit DINOLoket en de maaiveldhoogten in AMIGO geeft aan dat de ingemeten maaiveldhoogten uit DINOLoket vaak een halve meter afwijken van de hoogten in de maaiveldkaart van AMIGO bij de Havikerwaard. Verwacht wordt dat het maaiveldhoogte uit AMIGO gebaseerd is op de AHN waardoor deze als betrouwbaar wordt gezien.

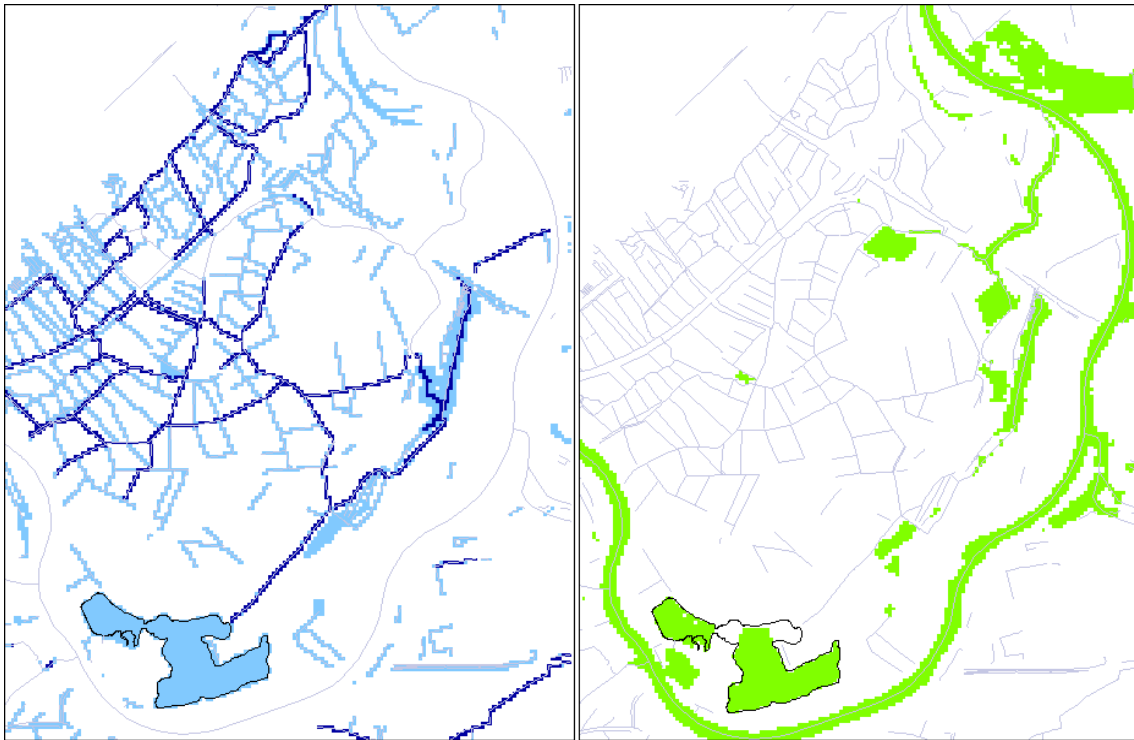
Controle Oppervlaktewater

De meeste watergangen in de Havikerwaard zijn geschematiseerd als drainerend (dus niet-infiltrerend) zodat geen peil gedefinieerd is. Er zijn echter enkele waterlopen specifiek als infiltrerend gedefinieerd, zie figuur B3.1 rechts.



Figuur B3.1: Links: Oppervlaktewatercellen en top10 watervectoren, rechts: Infiltrerend oppervlaktewater

Daarnaast blijkt er vrij veel overlap te zijn tussen cellen met het infiltrerende IJsselpcil en de drainerende watercellen, zie figuur B3.2. Wanneer de bodemhoogte van de drainerende cellen onder het infiltrerende peil ligt geeft dit problemen. De drainerende cellen blijven dan afvoeren terwijl de infiltrerende cellen onbeperkt blijven aanvoeren. In het projectgebied treedt dit niet op, maar wel daarbuiten.



Figuur B3.2: Overlap in waterlooppellen: links drainerend (*bodemhoogte_zomer_drn.idf* en *bodemhoogte_zomer_drn legger.idf*) en rechts infiltrerend IJsselpcil (*peil_ijssel.idf*)

Binnen de Havikerwaard klopt het echter niet dat er infiltrerende cellen zijn. De zandplas Havikerwaard is niet verbonden met de IJssel en wordt dus niet direct door de IJssel op peil gehouden. De noordelijke waterlichamen zijn alleen verbonden met de IJssel wanneer deze een peil van NAP +7m of hoger heeft. Het IJsselpcil in de stationaire run is lager zodat er geen sprake van infiltrerende cellen kan zijn. Er zijn overigens binnen de Havikerwaard ook infiltrerende IJssel watercellen die geen overlap hebben met drainerende watercellen. Deze infiltrerende cellen moeten geconverteerd worden naar drainerende cellen. Hierbij moet wel gecontroleerd worden of deze bodemhoogte nog wel het effectieve ontwateringniveau weergeeft. Bij de watergangen die via de Dierense Hank afwateren is het ontwateringniveau namelijk NAP +7 m of het IJsselpcil als dit boven NAP +7 m uitkomt. De bodemhoogte van de infiltrerende cellen ligt op bijvoorbeeld NAP +2 m en kan dus niet zomaar overgenomen worden. De zandplas Havikerwaard is niet aangesloten op ander oppervlaktewater en zal dus niet draineren naar ander oppervlaktewater. Deze plas dient daarom geheel niet als oppervlaktewater geschematiseerd te worden.

Daarnaast blijkt dat de bodemhoogtes mogelijk niet kloppen voor veel drainerende waterlopen. Deze blijken regelmatig boven maaiveld uit te komen. Door lokale depressies in het maaiveld is het echter niet mogelijk deze maaiveldhoogtes overal als bodemhoogte te gebruiken. Dit vraagt mogelijk nader onderzoek, maar valt binnen het tijdsbestek van deze opdracht niet te corrigeren en wordt daarom niet aangepast.

Het IJsselpcil is voor een aantal steekproefdatums vergeleken met het peil in Waterbase en komt goed overeen met de peilen in het model.

Het blijkt dat de zomer- en winterpeilen nauwelijks verschillen in dit gebied. Voor het oppervlaktewater wordt voor de stationaire run daarom uitgegaan van de wintersituatie. Voor de IJssel is in het uitgangsmiddel een alleen een jaargemiddeld peil gedefinieerd voor de stationaire run.

Controle drainage

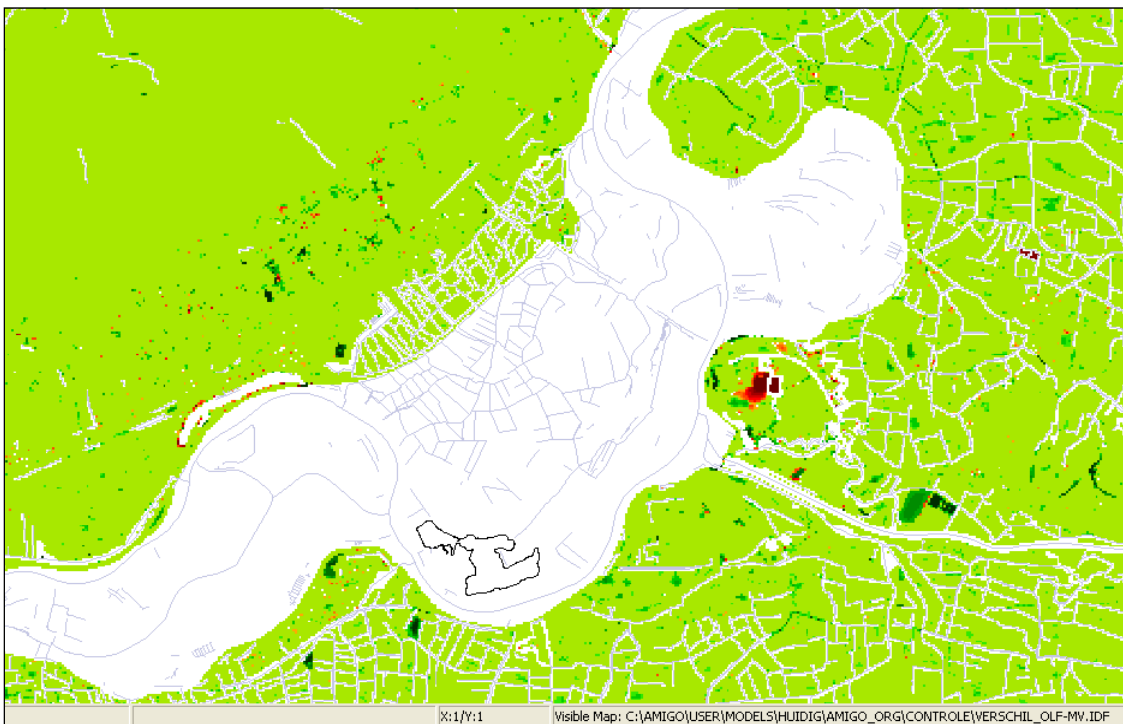
Wanneer de hoogte van drainagemiddelen lager is dan het peil van infiltrerend oppervlaktewater waar de buizen op zijn aangesloten, zal het effectieve ontwateringsniveau niet de hoogte van de drainage, maar de hoogte van het oppervlaktewaterpeil zijn. In het model blijkt dit nog regelmatig voor te komen, maar niet binnen het plangebied. Dit vormt voor deze studie daarom geen belemmering.

Controle onttrekkingen

Volgens de GGOR rapportage ("GGOR Havikerwaard"; Royal Haskoning 9S8907/R00002/900642/IG/DenB, d.d 19 december 2007) heeft de huidige Vitens drinkwaterwinning bij Ellecom een capaciteit van 5,4 miljoen m³ per jaar. Wanneer in het model alle drinkwateronttrekkingen bij Ellecom worden opgeteld resulteert 5,3 miljoen m³ per jaar.

Controle overlandflow

Er komen locaties voor waar de overlandflow lager is dan het maaiveld, zie figuur B1.3. Dit is per definitie onjuist. In het IJsseldal echter geen overlandflow gedefinieerd zodat dit eerste probleem hier niet optreedt. Het ontbreken van overlandflow wil echter zeggen dat er hier geen snelle oppervlakkige afvoer geschematiseerd is. Afvoer via het grondwater kan nog wel plaatsvinden, maar bij de interpretatie van de niet-stationaire berekeningen moet ingeschat worden of dit acceptabel is.



Figuur B3.3: Verschil overlandflow minus maaiveld (rood is negatief).

Controle zandwinplas Havikerwaard

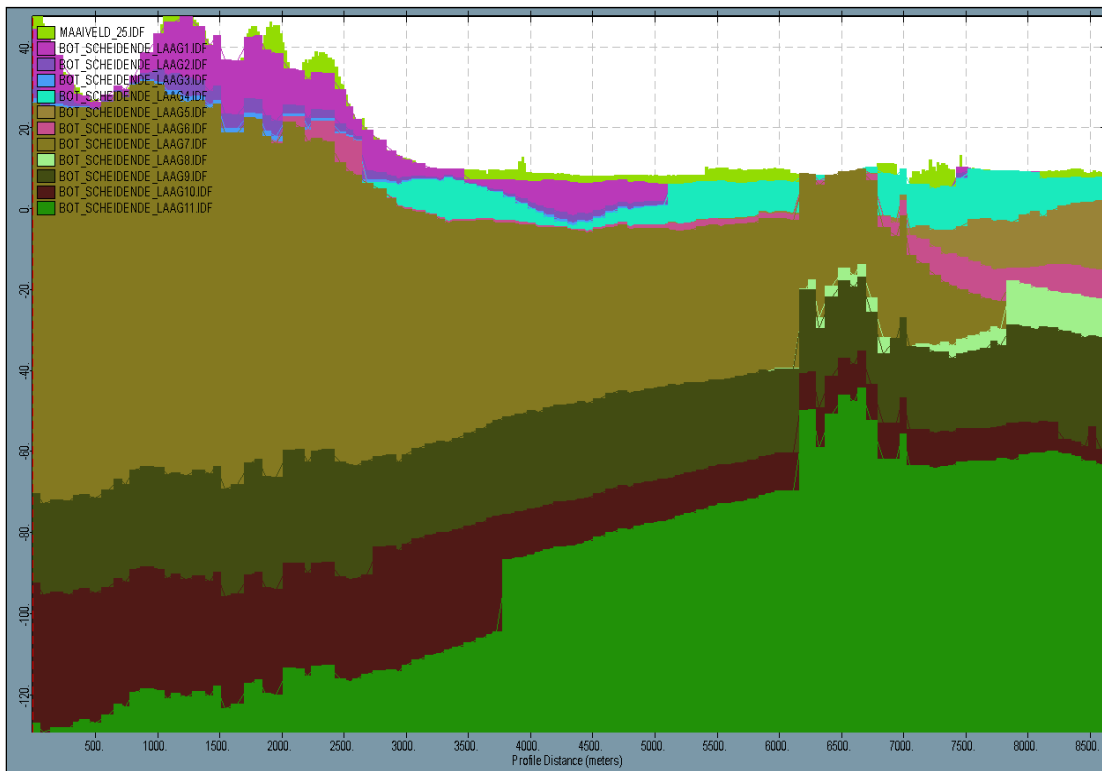
De zandwinplas zit niet consistent in het model. De c-waarden ter plaatsen van de plas zijn in laag 1 behoorlijk verschillend. In laag 2 zit de plas er wel duidelijk in. Hierbij is een zeer kleine c-waarde van 0,1 gebruikt. De kD-waarden lijken niet specifiek aangepast voor de plas. Er zijn hiervoor verschillende opties:

- de kD-waarden heel hoog maken in de plas. Dit kan echter een onrealistische stroming veroorzaken naar en door de plas. Om dit te voorkomen moet er een slecht doorlatende buffer met lage kD-waarden rondom de plas worden gelegd. Dit kan echter weer onrealistische grondwaterstanden geven op de bufferlocaties zelf;

- de kD-waarden juist heel laag maken (bijv. 1). Dit lijkt niet correct. Er zal nu vooral verticale uitwisseling plaatsvinden. Dit hoeft op zich geen probleem te geven, de verticale uitwisseling is het meest van belang, de horizontale uitwisseling tussen de cellen zal beperkt, maar niet geheel afwezig zijn. Deze methode blijkt over het algemeen een redelijk goede dynamiek te geven en heeft de voorkeur. Voor het niet-stationaire model is dit echter geen optie omdat er dan een grote stijghoogtegradiënt door de plas kan ontstaan, zeker onder de invloed van de gradiënten die door de stuwwal en het peil in de IJssel worden veroorzaakt.

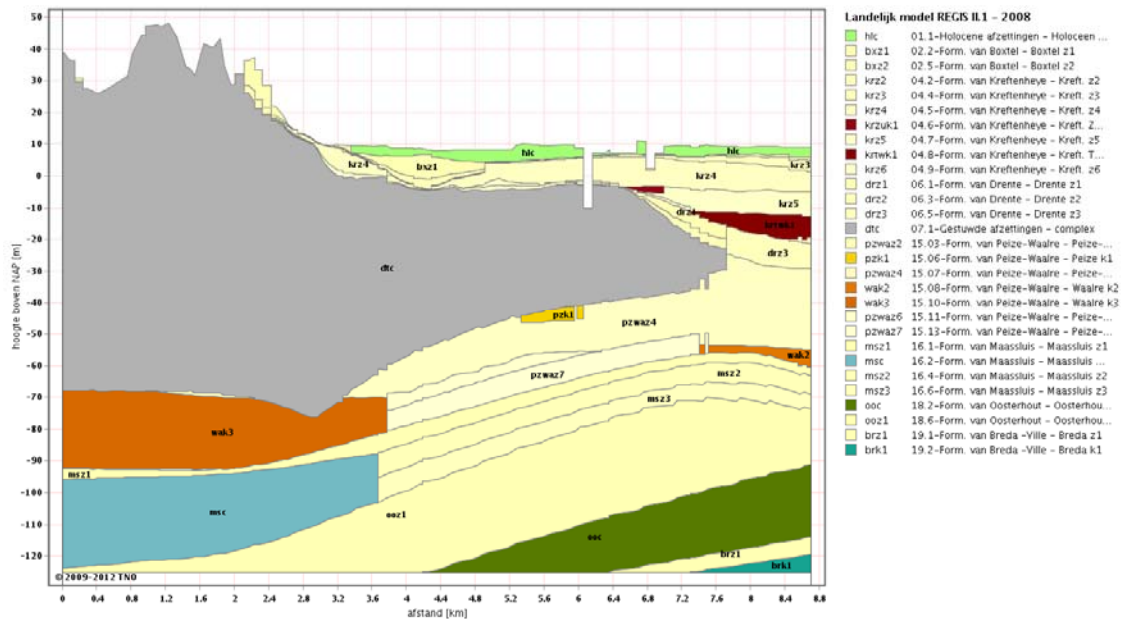
Controle modellagen

In een groot gedeelte van het gebied vallen de onderkanten van modellagen 1 tot en met 4 samen. Deze vier modellagen vormen samen de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye. De kD-waarde is gelijk verdeeld over deze 4 modellagen en geeft een waarde die overeenkomt met de waarde uit tabel 2.1. De modellagen 5 tot en met 8 vormen de gestuwde en overige afzettingen. De onderkant van modellaag 9 geeft een deel van de niet gesloten slecht doorlatende laag van de Formatie van Waalre. Modellagen 10 tot en met 12 vormen het tweede watervoerende pakket (zie figuur B3.4).



Figuur B3.4: Dwarsdoorsnede van ondergrond uit AMIGO model (van noordwest naar zuidoost door de plas)

Deze opbouw komt goed overeen met een dwarsdoorsnede uit REGIS langs dezelfde lijn (zie figuur B3.5).



Figuur B3.5: Dwarsdoorsnede REGIS langs dezelfde lijn als figuur B3.4 (bron: DINOLoket REGIS II.1)

B3.2 Modelcorrecties huidige situatie stationair model

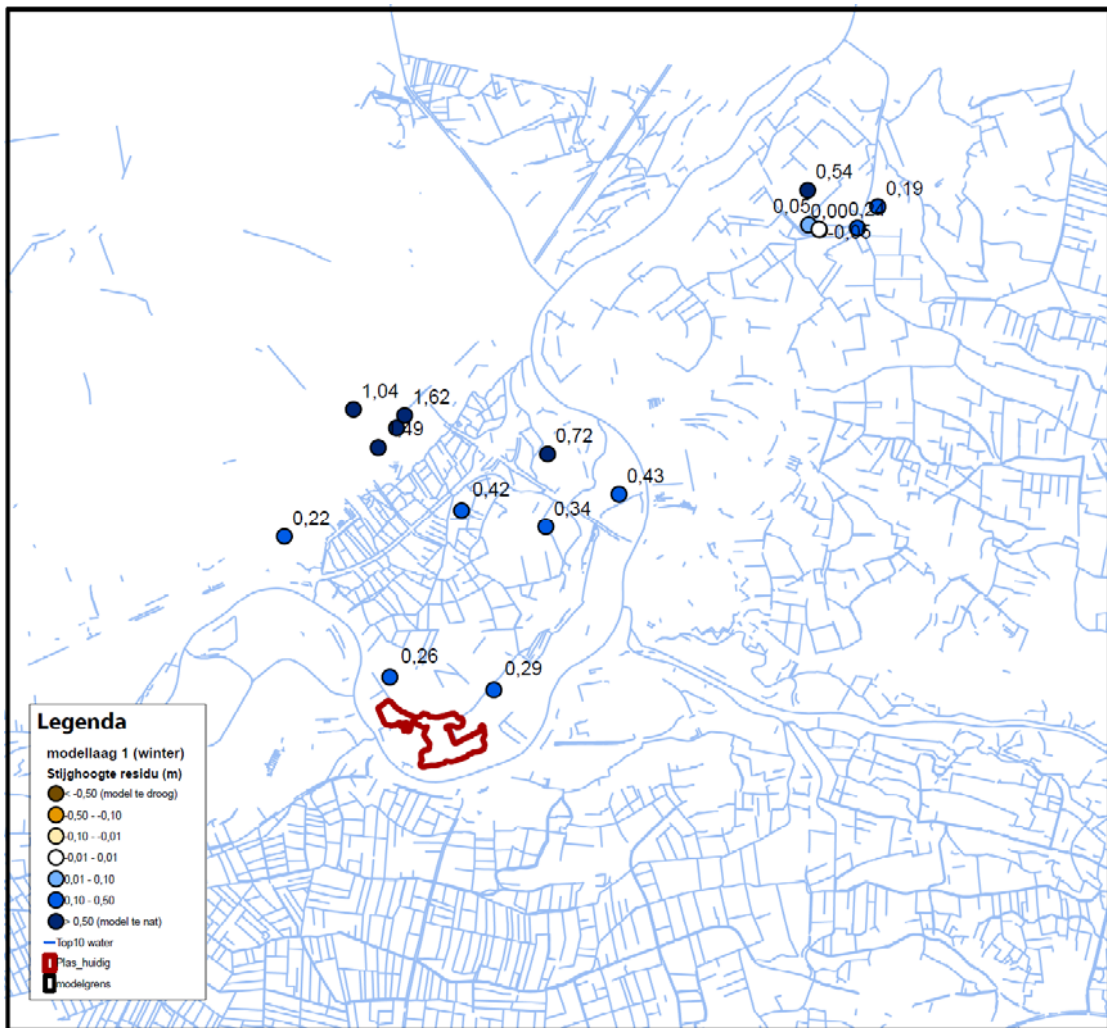
1. Correctie overlap oppervlaktewater binnen Havikerwaard:
 - a. Cellen met overlap met bodemh_winter_drn.idf verwijderd uit IJssel watercellen (930 cellen)
 - b. Cellen met overlap met bodemh_winter_drn_legger.idf verwijderd uit IJssel watercellen (89 cellen)
 - c. Cellen uit peil IJssel.IDF geselecteerd en geconverteerd naar drainerende watercellen.(396 cellen). Bodemhoogte en conductance overgenomen in winter_drn en zomer_drn.
2. Onttrekking Ellecom (in laag 8) met 2% vergroot tot 5,4 miljoen m3 per jaar.
3. Cellen met OLF<MV: $OLF = MV + 0,02$ (2869 cellen)
4. De modelcellen ter plaatse van de zandwinplas Havikerwaard corrigeren:
 - a. C-waarden voor modellagen 1 tot en met 6 overnemen uit modellaag 2. Dit geeft een C-waarde van 0,1 in de plas.
 - b. kD-waarden voor modellagen 1 tot en met 6 gelijk maken aan 1.

Modelresultaten huidige situatie

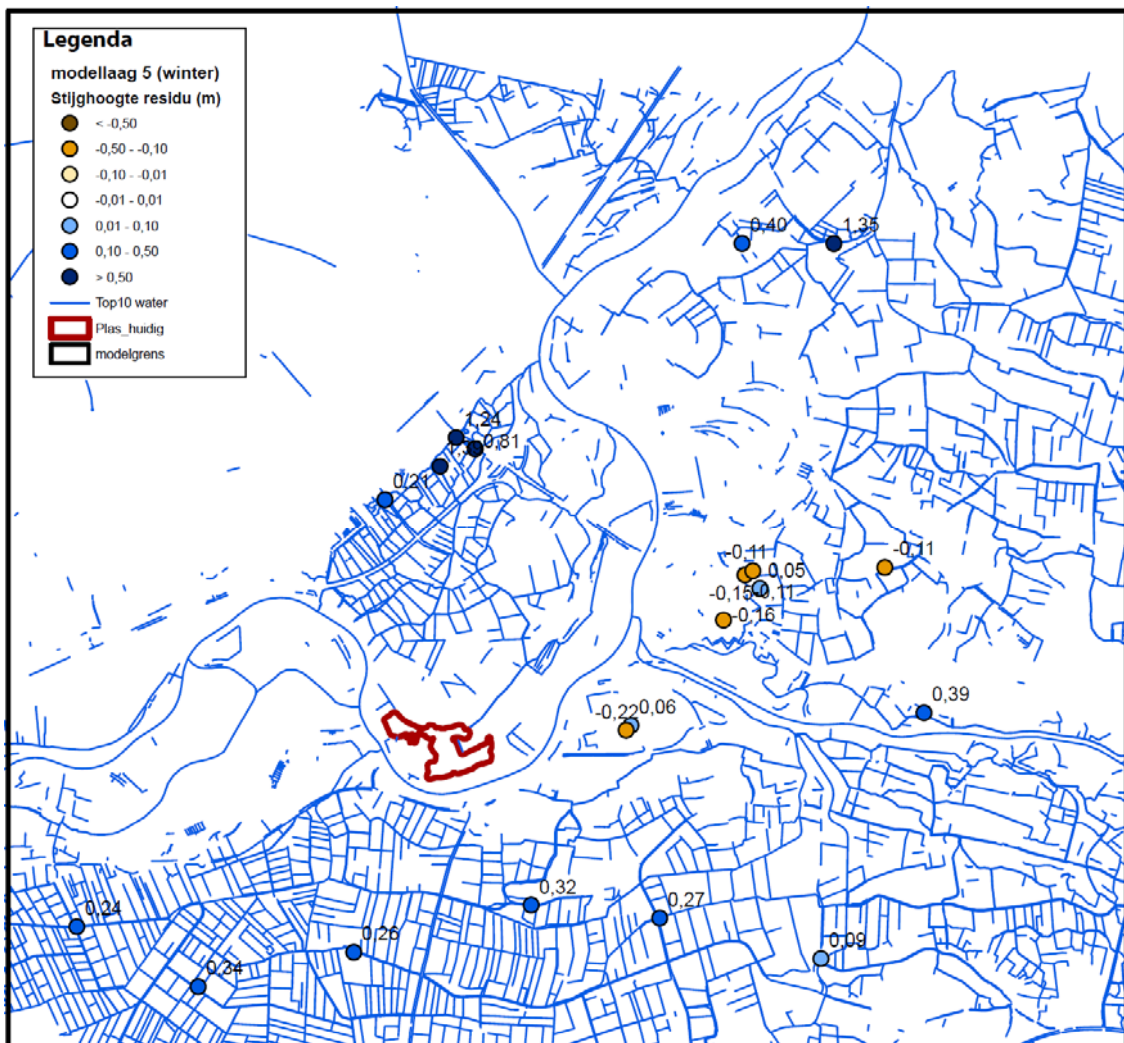
Het aangeleverde uitgangsmodel model is eerst doorgerekend zonder voorgaande correcties.

Voor de validatie van de huidige situatie zijn alle beschikbare peilbuizen uit DINOLoket gedownload. Er is een selectie gemaakt van buizen tussen 1994 en 2004 omdat voor het niet-stationaire model enkel gegevens binnen deze periode aanwezig zijn. Er is een korte visuele inspectie uitgevoerd, waarbij enkele buizen zijn verwijderd, maar er zijn geen correcties uitgevoerd op de tijdreeksen zelf. Voor deze validatie is het slechts van belang een indicatie van de bruikbaarheid van het model te verkrijgen. Voor het stationaire model zijn vervolgens jaargemiddelde grondwaterstanden bepaald. De peilfilters zijn verdeeld over de modellagen op basis van de meegeleverde IDF's met de onderkanten van de modellagen.

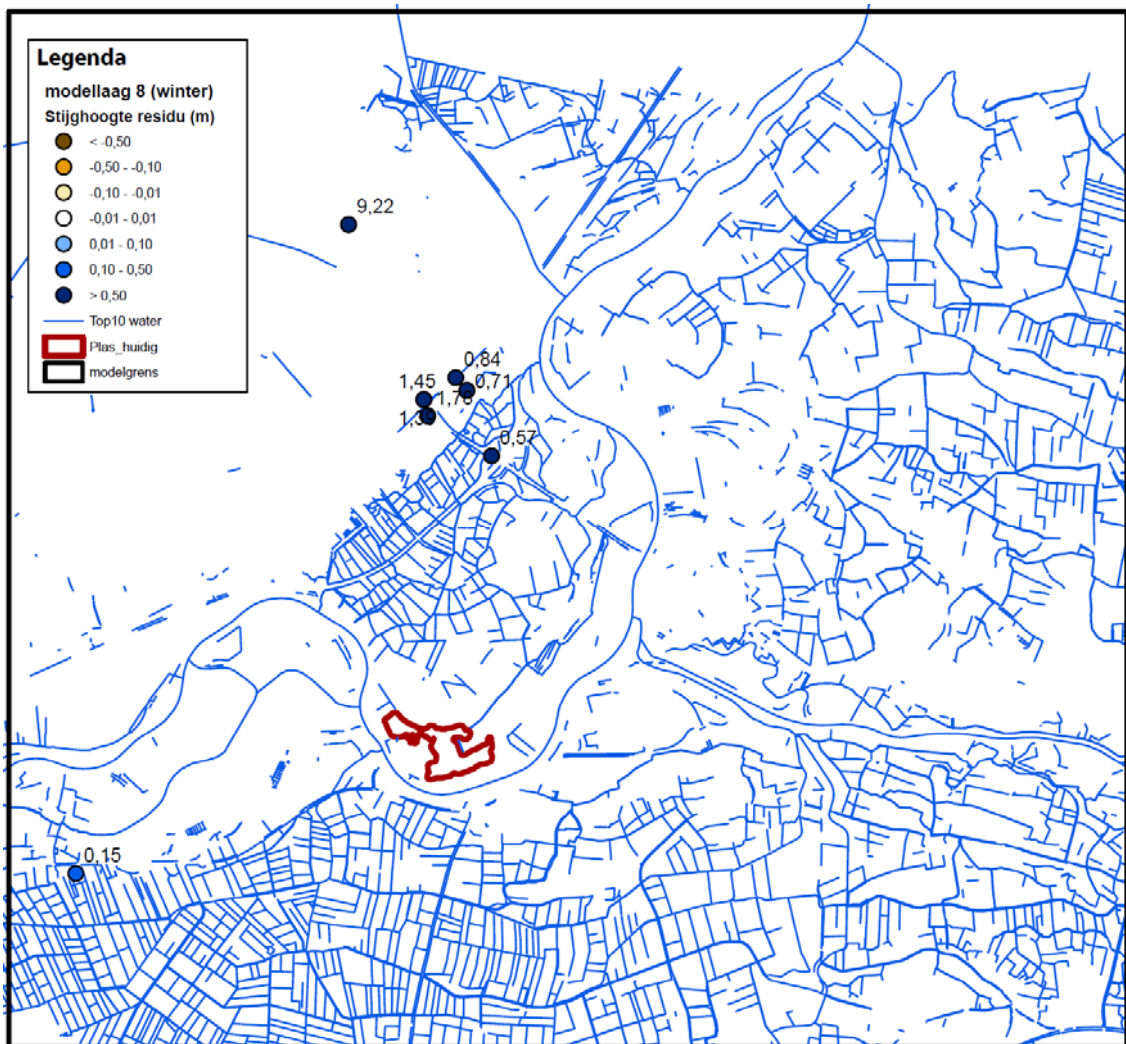
Zie figuur B3.6 voor de verschillen tussen de berekende en gemeten (freatische) grondwaterstand in modellaag 1. Het is duidelijk dat het model te hoge grondwaterstanden berekent.



Figuur B3.6: AMIGO uitgangversie: Verschil berekend - gemeten freatische grondwaterstanden (positief/blauw geeft te nat model aan)



Figuur B3.7: AMIGO uitgangversie: Verschil berekend - gemeten stijghoogten 1^e watervoerende pakket (modellaag 5) (positief/blauw geeft te nat model aan)

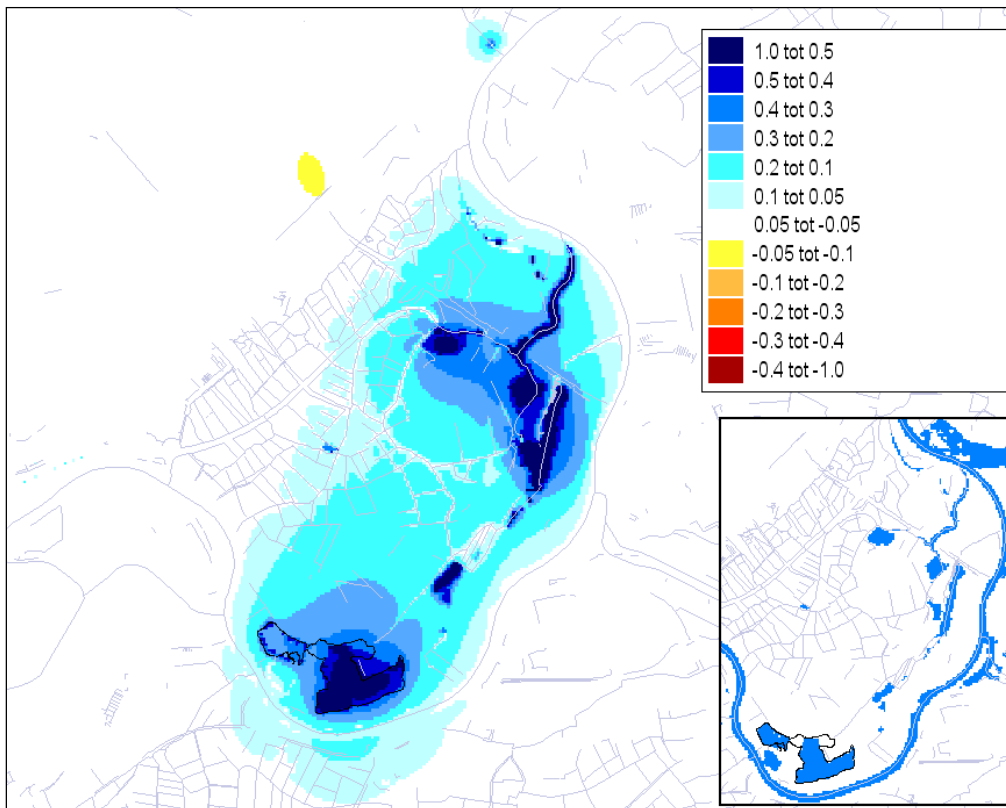


Figuur B3.8: AMIGO uitgangversie: Verschil berekend - gemeten stijghoogten onderkant 1^e watervoerende pakket (modellaag 8) (positief/blauw geeft te nat model aan)

Resultaten na correctie

In figuur B3.9 is het effect van de correctie te zien op de stijghoogte in modellaag 1. Over het geheel valt een verhoging te zien. Bij Ellecom is een sterke verlaging te zien. Dit komt door de correctie van de drinkwaterwinning met 2%. In het noordoosten is een sterke lokale verhoging te zien, dit komt door een terechte correctie van de overlandflow.

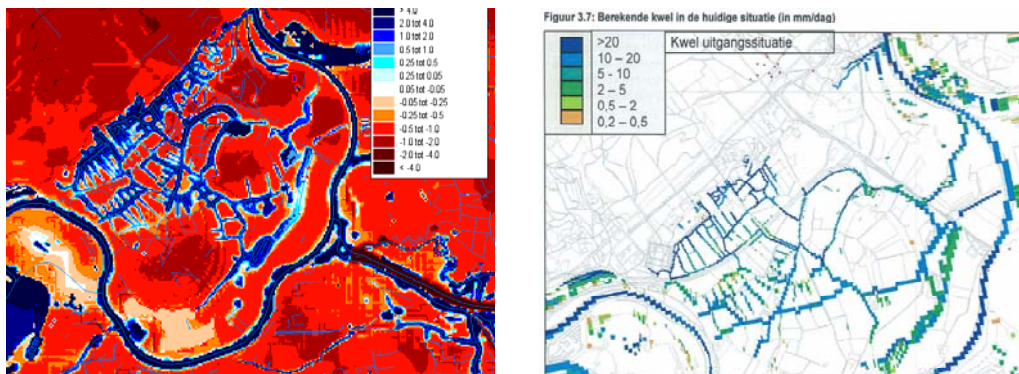
De verhoging van de berekende grondwaterstanden zorgt voor een nog grotere afwijking van de gemeten grondwaterstanden dan het uitgangsmodel en dient daarom nader onderzocht te worden. De gebieden in figuur B3.9 met de sterkste verhoging blijken overeen te komen met de locaties van de infiltrerende watercellen met het IJsselveil (deze zijn rechtsonder in de figuur afgebeeld). In het originele model hebben deze cellen een peil dat overeenkomt met peil van de dichtstbijzijnde IJsselcellen. Dit varieert voor het stationaire model van NAP+6,7m nabij de zandplas tot NAP+6,1m bij Ellecom. Het originele model houdt het peil op deze locaties daarvoor kunstmatig laag. Kortom, bovenstaande effecten kloppen op zich met de verwachting.



Figuur B3.9: Verschil stijghoogte modellaag 1 tussen originele AMIGO model en gecorrigeerd model.
Rechtsonder: de infiltrerende cellen met IJsselpuil van het originele AMIGO model

De berekende grondwaterstanden zijn te hoog ten opzichte van meetwaarden. In tegenstelling tot wat in paragraaf 2 is beschreven, komt het peil van de plas ook boven het peil van de IJssel. Verder wordt er geen kwel naar de plas, maar juist wegzijging berekend, zie figuur B3.10. Het kan zijn dat er tijdens de meting een hoogwatergolf in de IJssel was en dat de evenwichtssituatie nog niet was ingesteld. In dat geval zal het peil van IJssel tijdelijk hoger zijn dan het peil van de plas. Er zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om dit te kunnen vaststellen.

Binnen de beschikbare tijd is het niet mogelijk het model nader te kalibreren. Voor een afgesloten plas is het berekende beeld overigens wel volgens verwachting. Er is geen kwel, maar wel horizontale toestroom naar de plas. Het peil hierdoor stijgen. Bij een gegeven peil zal de kwel echter uitblijven. Bij constante toestroom zal een evenwicht ontstaan tussen toestroom en wegzijging naar de ondergrond. Dit principe is te herkennen in figuur B3.10. Naar de overige oppervlaktewateren wordt wel kwel berekend. Deze oppervlaktewateren kunnen namelijk via de Dierense Hank hun water afvoeren zodat de kwelstroom gehandhaafd blijft.



Figuur B3.10: Berekende en verwachte kwel (volgens "Geohydrologische Visie Havikerpoort", 13 juni 2006, Waterschap Rijn en IJssel)

De berekende kwel komt overigens goed overeen met de kwel die in de Geohydrologische Visie Havikerpoort (Waterschap Rijn en IJssel, 2006) is beschreven, zie figuur B3.10.

B3.3 Modelcorrecties huidige situatie niet-stationaire model

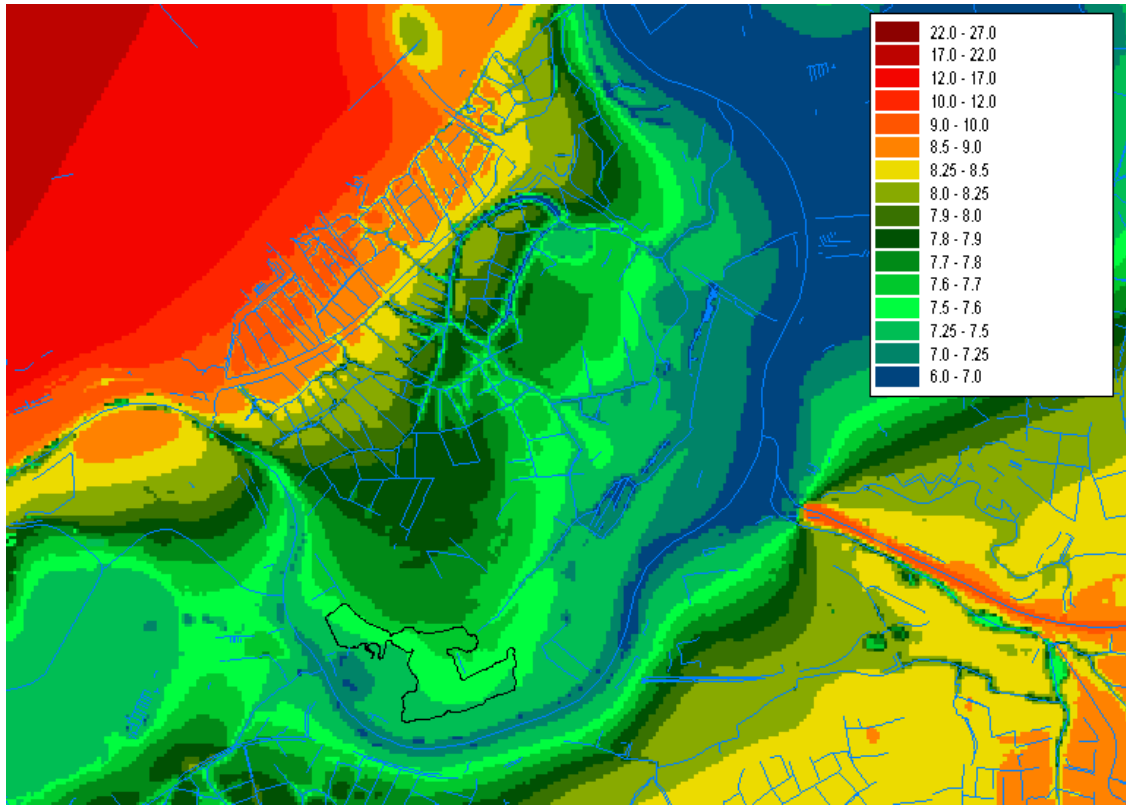
- iMODFLOW parameter ICONCHK wordt gebruikt om drainage (en OLF) cellen uit te zetten bij overlap;
- Drempels toegevoegd voor inundatie van Havikerwaard vanuit IJssel. Er is bij de Dierense Hank een drempel van 7,0m+NAP. Pas bij een hoger IJsselveil op die locatie zal er inundatie zijn van een deel van de uiterwaard. In het aangeleverde model zijn er ook bij een lager IJsselveil infiltrerende oppervlaktewatercellen geschematiseerd in de uiterwaarden. Daardoor zal het model tijdens periodes zonder inundatie veel te veel water aangeleverd krijgen. Hiervoor is een tool gemaakt om alle 4x12x11 niet-stationaire infiltrerende RIVER-bestanden aan te passen;
- Zandwinplas zit als infiltrerend in het model. Dit is niet correct, de plas is geïsoleerd (zolang het IJsselveil ter plaatse van de Dierense Hank onder ongeveer 8,35m +NAP blijft (dit is de minimale kadehoogte rondom de plas)). De plas wordt daarom niet als oppervlaktewater gemodelleerd, maar als een laagte in het maaiveld. Om te zorgen dat iMOD correct omgaat met het water in de plas worden de volgende parameterbestanden aangepast:
 - *_DRN.IDF - aanpassen drainerende cellen ter plaatse van plas: ontwateringsniveau van het hele gebied binnen de kades rondom de plas, wordt gegevens door de laagste hoogte van de kade, aan de oostzijde: 8,35m+NAP;
 - *_INF.IDF - verwijderen infiltrerende oppervlaktewatercellen ter plaatse van plas. Dit dient alleen te gebeuren wanneer het veil van de IJssel ter plaatse van de Dierense Hank lager is dan 8,35m+NAP (laagste punt van kade rondom zandwinplas). Met dezelfde tool zijn alle 4x12x11 niet-stationaire RIVER bestanden hierop aangepast;
 - C-WAARDE_LAAG*.IDF (laag 1 t/m 6) - verticale weerstand zeer klein maken: 0,1 ter plaatse van plas;
 - KD-WAARDE_LAAG*.IDF (laag 1 t/m 6) - horizontale doorlatendheid zeer groot maken: 10000 ter plaatse van plas, met rand van 400 eromheen van laag 1 t/m 6. Dit is nodig om te voorkomen dat er gradiënten in de stijghoogte ter plaatse van de plas resulteren. Dit zou kunnen gebeuren wanneer de kD-waarden juist zeer klein (bijv. 1) gemaakt zouden worden. Zeker met de nabijheid van de stuwwal kan dit het geval zijn;
- Om te zorgen dat CAPSIM de grondwateraanvulling correct berekent:
 - bodemfysische_eenheid.IDF - dient de waarde 22 (open water) te krijgen ter plaatse van de plas;
 - wortelzonedikte.IDF - dient de waarde 0 te krijgen ter plaatse van de plas;
 - landgebruik.IDF - dient de waarde 16 (open water) te krijgen ter plaatse van de plas;
 - NATOPP_AANVOER.IDF - dient de waarde 0 te krijgen ter plaatse van de plas;
 - STORAGE_L1.IDF - bestand met vlakdekkende bergingscoëfficiënt toevoegen met waarde 1 ter plaatse van plas;
 - De overige parameters zijn al in orde (kD- en C-waarden, maaiveld, OLF, berekening, landgebruik).
- Voor drainagebuizen is geen onderscheid tussen winter en zomer gemaakt. Dit is een mogelijke schematisatiefout. Het blijkt dat er op relatief veel locaties het drainageniveau, in dezelfde cel, onder veil ligt. dit is niet correct. Ter plaatse van de Havikerwaard, is er wel wat drainage (ten zuiden m.n.), maar niet veel. De invloed van evt. fouten zal daardoor beperkt zijn. In deze studie wordt hier daarom geen verdere aandacht aan besteed;
- Via een dwarsdoorsnede is geverifieerd dat de hoogtes van de modellagen redelijk goed overeenkomen met REGIS. De C- en kD-waarden komen ook uit REGIS. Er zijn geen aanwijzingen om deze aan te passen in het lokale model;

- De onttrekkingen bij Ellecom lijken op zich voldoende nauwkeurig in de aangeleverde modelbestanden te zitten (volgens een aantal steekproefcontroles). Het bleek echter dat de onttrekkingen niet aangezet waren in de aangeleverde runfile. De reden was dat iMOD-FLOW crasht op de aangeleverde onttrekkingsbestanden. De reden hiervoor bleek een verwijzing naar een niet bestaand tijdreeksbestand. Deze verwijzing ("4,txt") is aangepast (naar "0, txt") voor alle 43x12x11 onttrekkingsbestanden, waarna imodflow geen foutmelding meer geeft en de onttrekkingsmodule aangezet kon worden;
- De overlandflow blijkt buiten de Havikerwaard soms te laag te zijn (< maaiveld). Binnen de Havikerwaard is er geheel geen OLF geschematiseerd. Het blijkt dat de grondwaterstanden erg langzaam uitzakken na een inundatie. De afwatering van alle cellen zonder oppervlaktewaterdrainage is immers niet specifiek geregeld. Dit gaat om erg veel cellen. Bij een inundatie tot een peil van meer dan 9 m (dat komt regelmatig voor) maakt dit veel uit. Daarom is oppervlakkige afstroming geschematiseerd (OLF = MV + 2 cm) voor alle cellen waarvoor nog geen drainage via het oppervlaktewater was geschematiseerd.

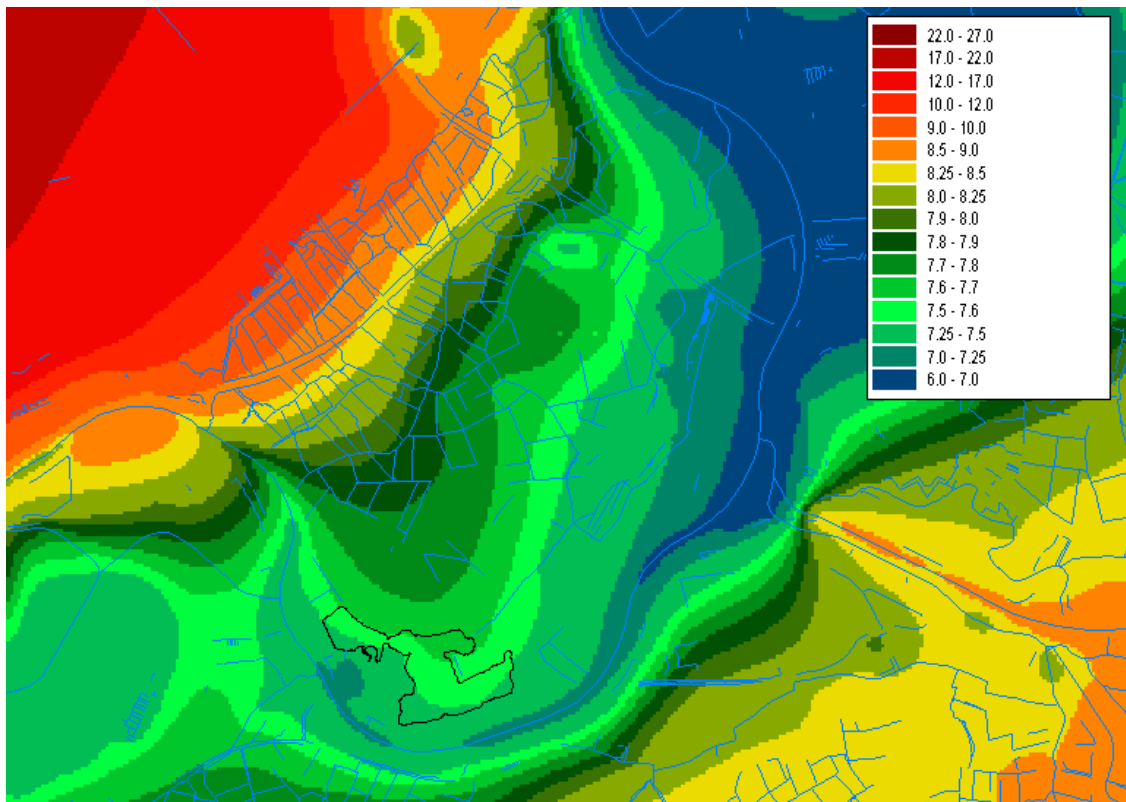
Bijlage 4

Modelresultaten huidige situatie

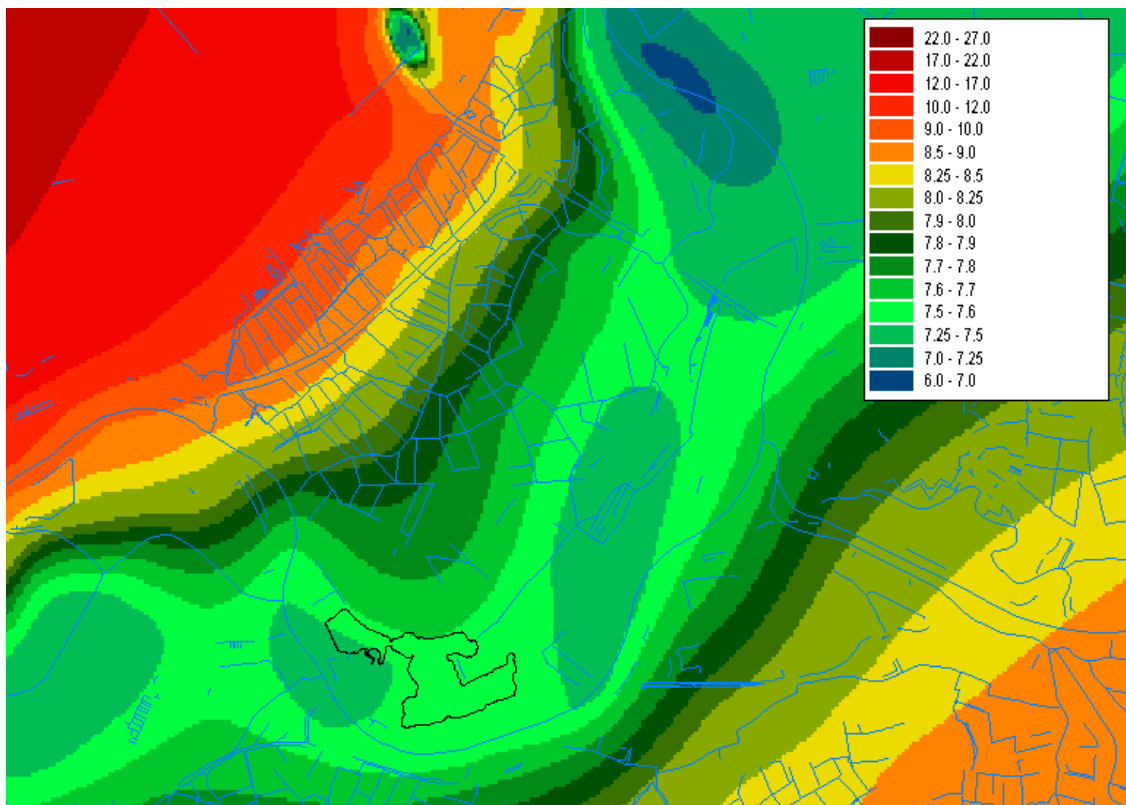
B4.1 Modelresultaten huidige situatie stationair model



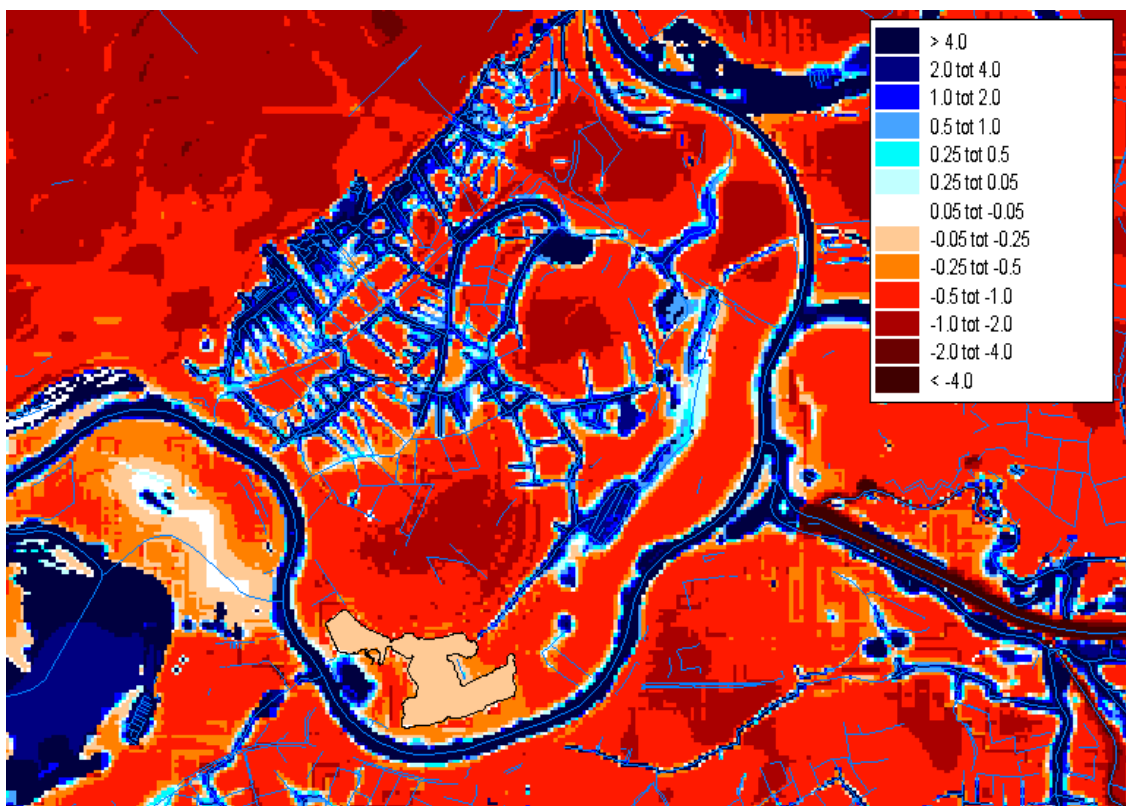
Figuur B4.1: Berekende freatische grondwaterstanden met stationair model huidige situatie



Figuur B4.2: Berekende stijghoogten 1^e WVP (modellaag 2) met stationair model huidige situatie

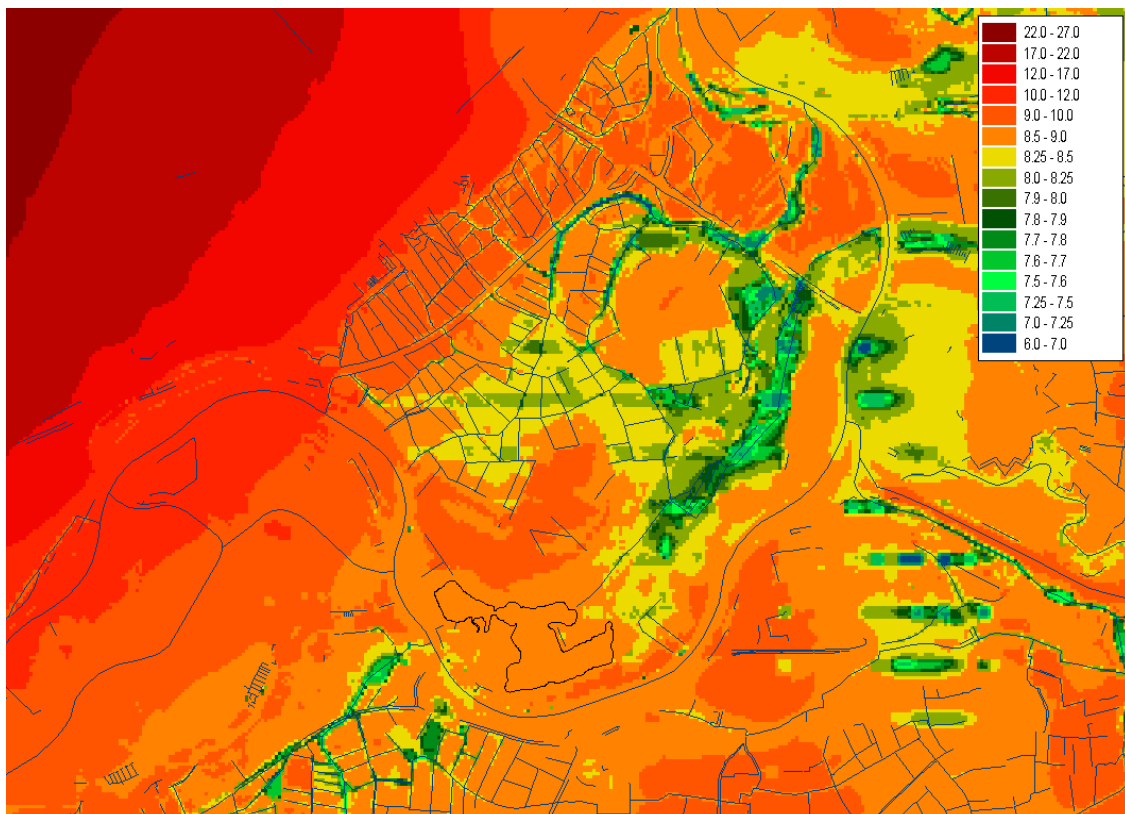


Figuur B4.3: Berekende stijghoogten 2° WVP (modellaag 10) met stationair model huidige situatie

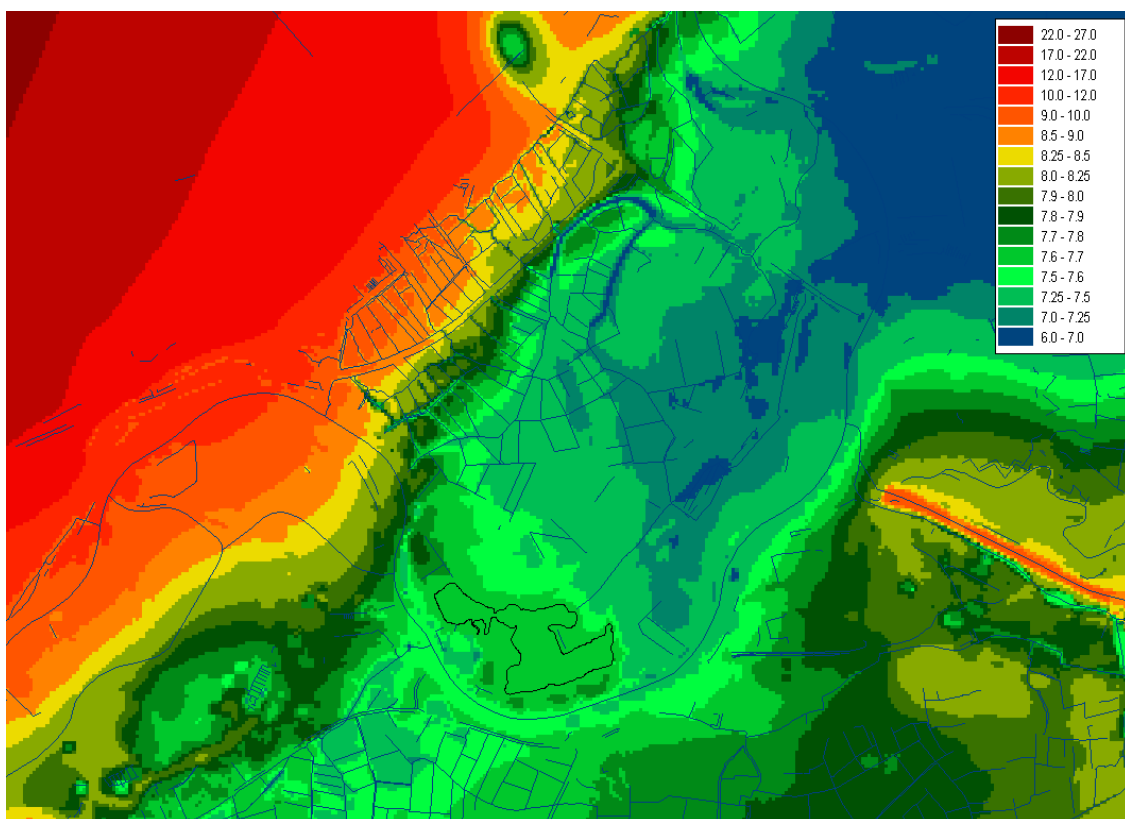


Figuur B4.4: Berekende kwel (mm/dag) (WVP1 naar freatisch) met stationair model huidige situatie

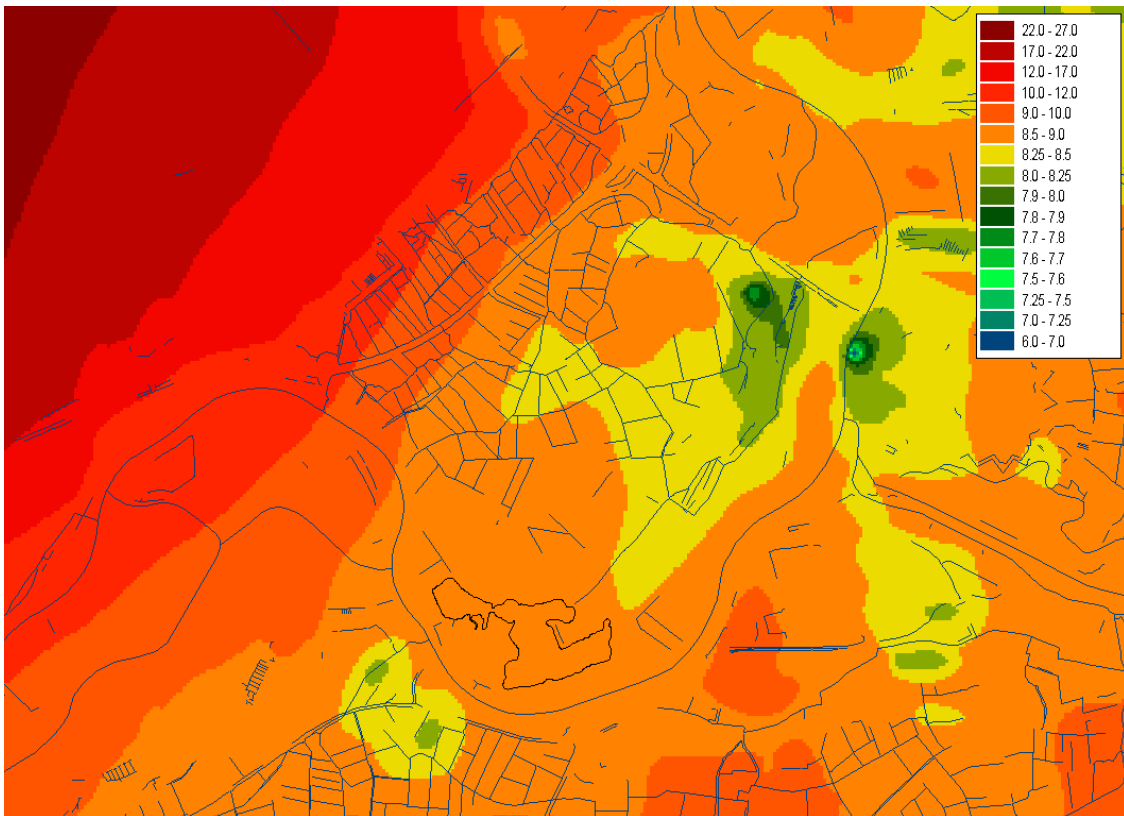
B4.2 Modelresultaten huidige situatie niet-stationair model



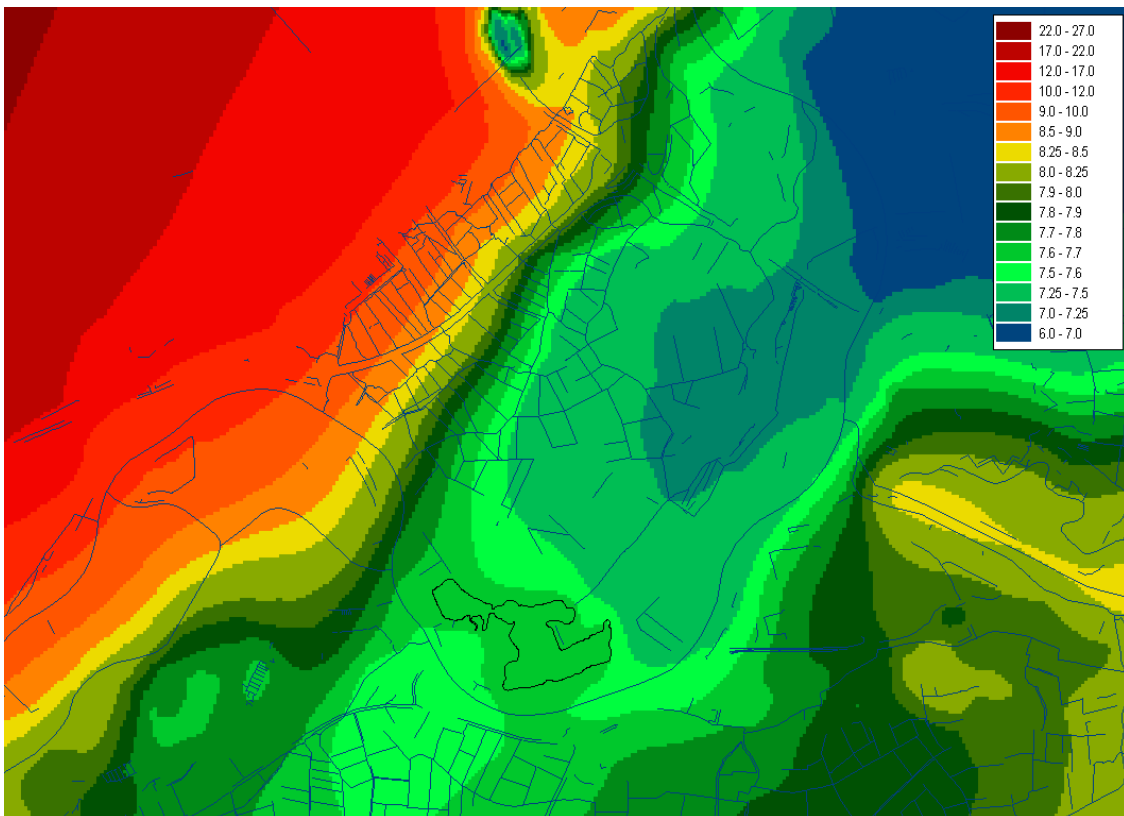
Figuur B4.5: Berekende freatische grondwaterstanden (m+NAP) tijdens hoogwatersituatie op 28-01-1995.



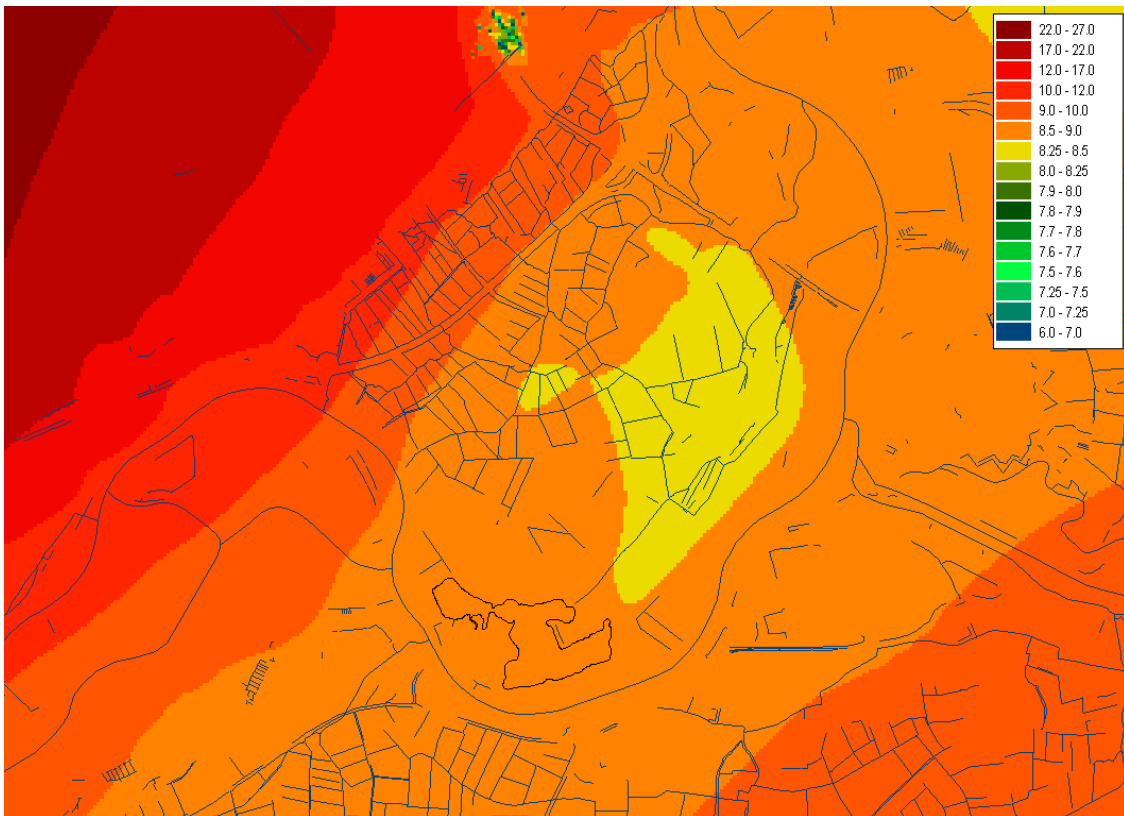
Figuur B4.6: Berekende freatische grondwaterstanden (m+NAP) tijdens laagwatersituatie op 28-08-2003.



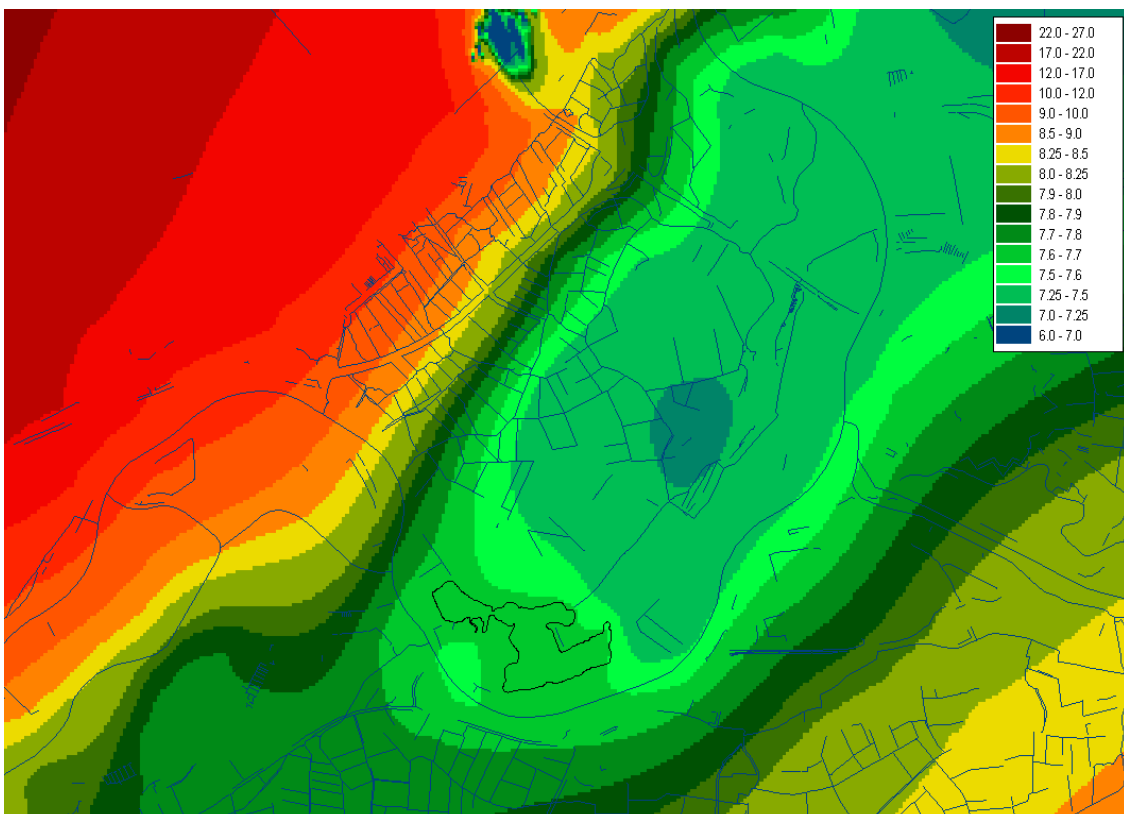
Figuur B4.7: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 1^e WVP (laag 5) tijdens hoogwatersituatie op 28-01-1995.



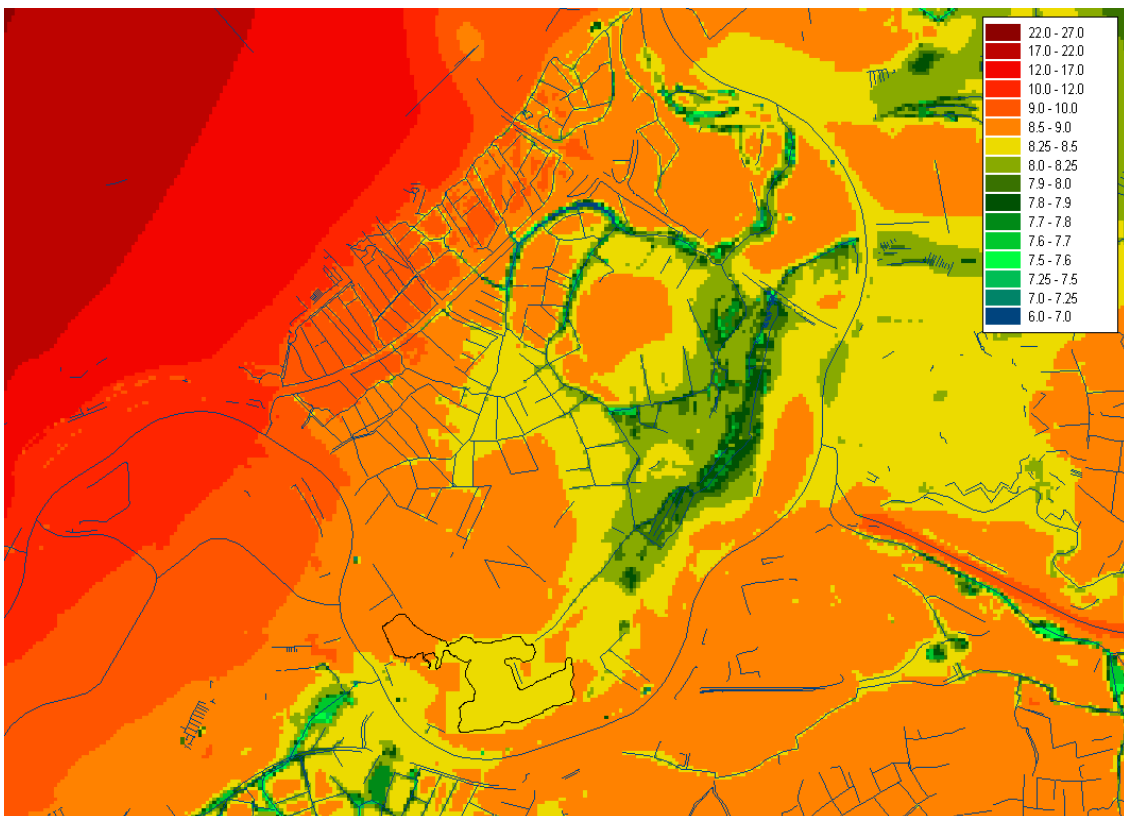
Figuur B4.8: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 1^e WVP (laag 5) tijdens laagwatersituatie op 28-08-2003.



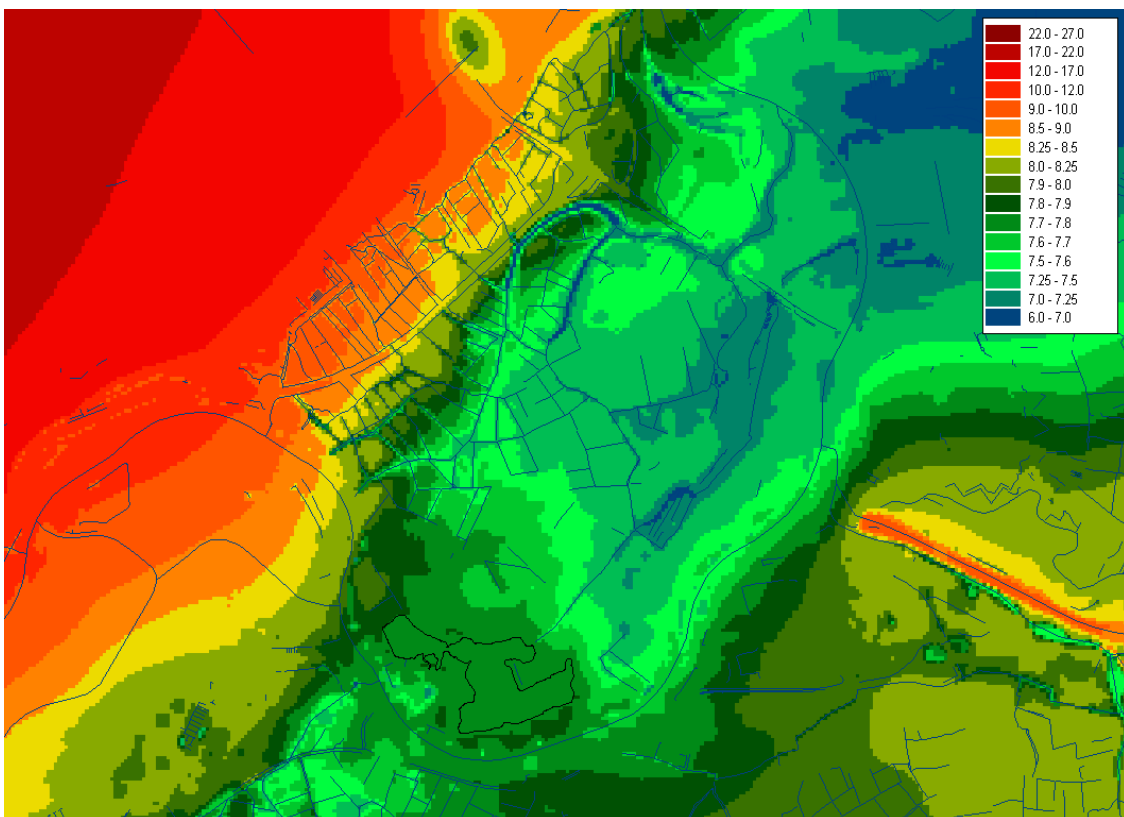
Figuur B4.9: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 2^e WVP (laag 8) tijdens hoogwatersituatie op 28-01-1995



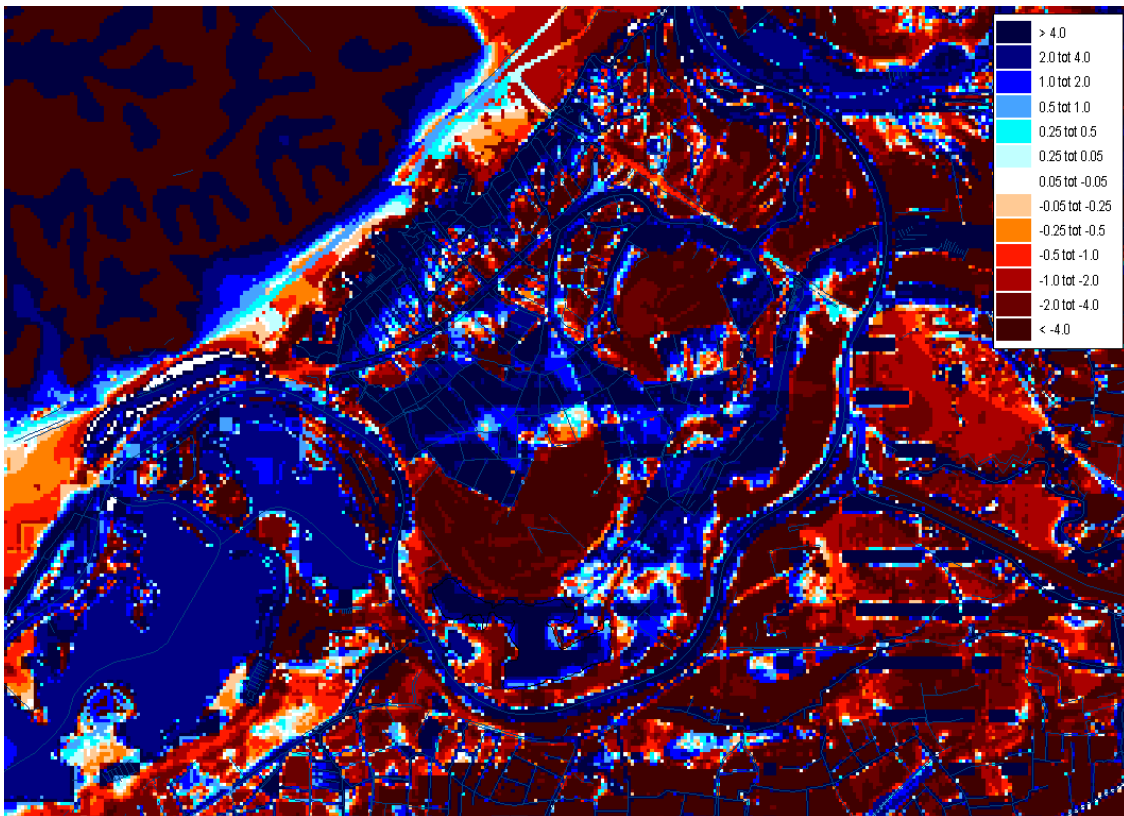
Figuur B4.10: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 2^e WVP (laag 8) tijdens laagwatersituatie op 28-08-2003.



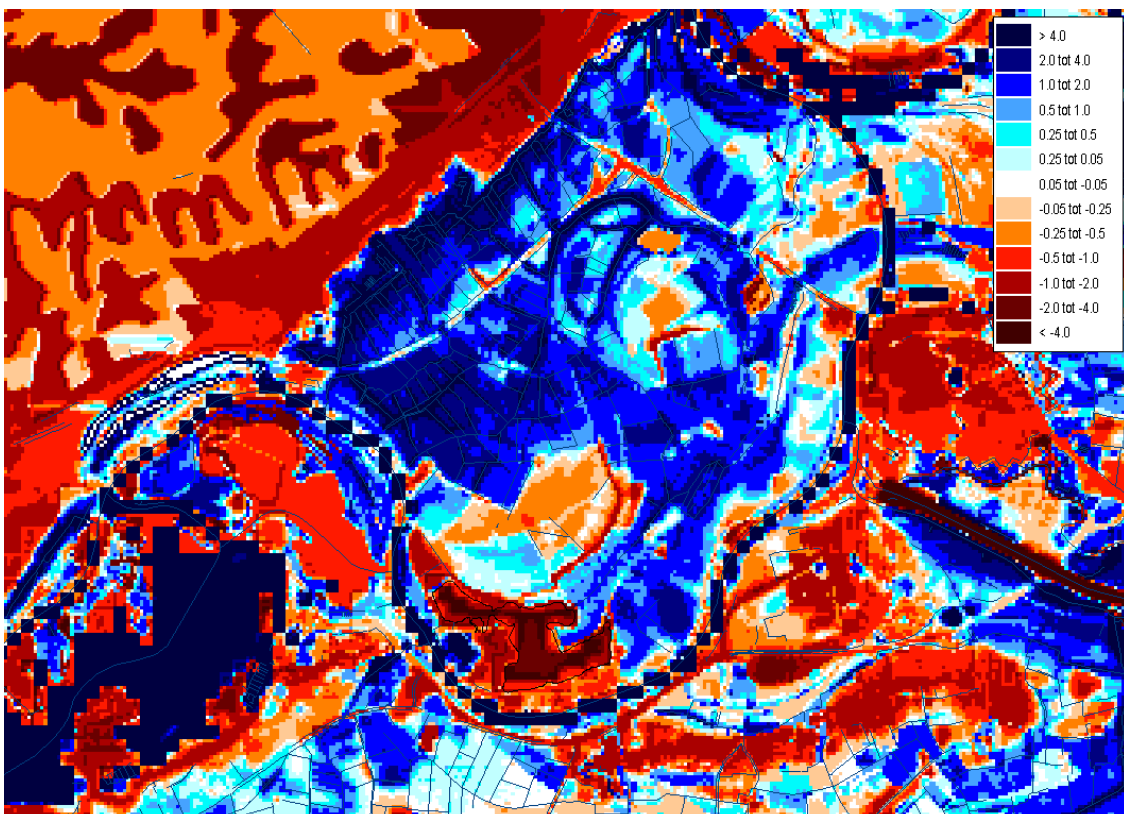
Figuur B4.11: Berekende freatische grondwaterstanden (m+NAP) tijdens GHG situatie met huidige model



Figuur B4.12: Berekende freatische grondwaterstanden (m+NAP) tijdens GLG situatie met huidige model.



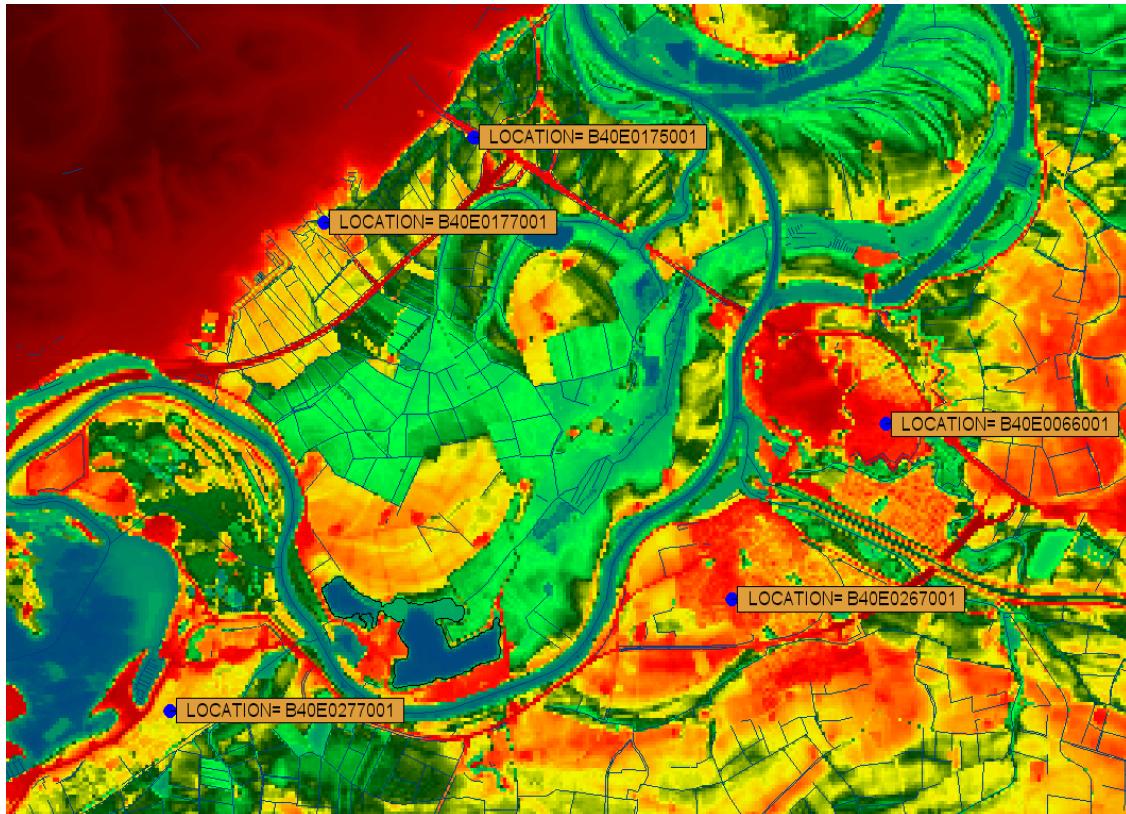
Figuur B4.13: Berekende kwel (mm/d) van 1^o WVP naar freatisch pakket tijdens hoogwater op 28-01-1995.



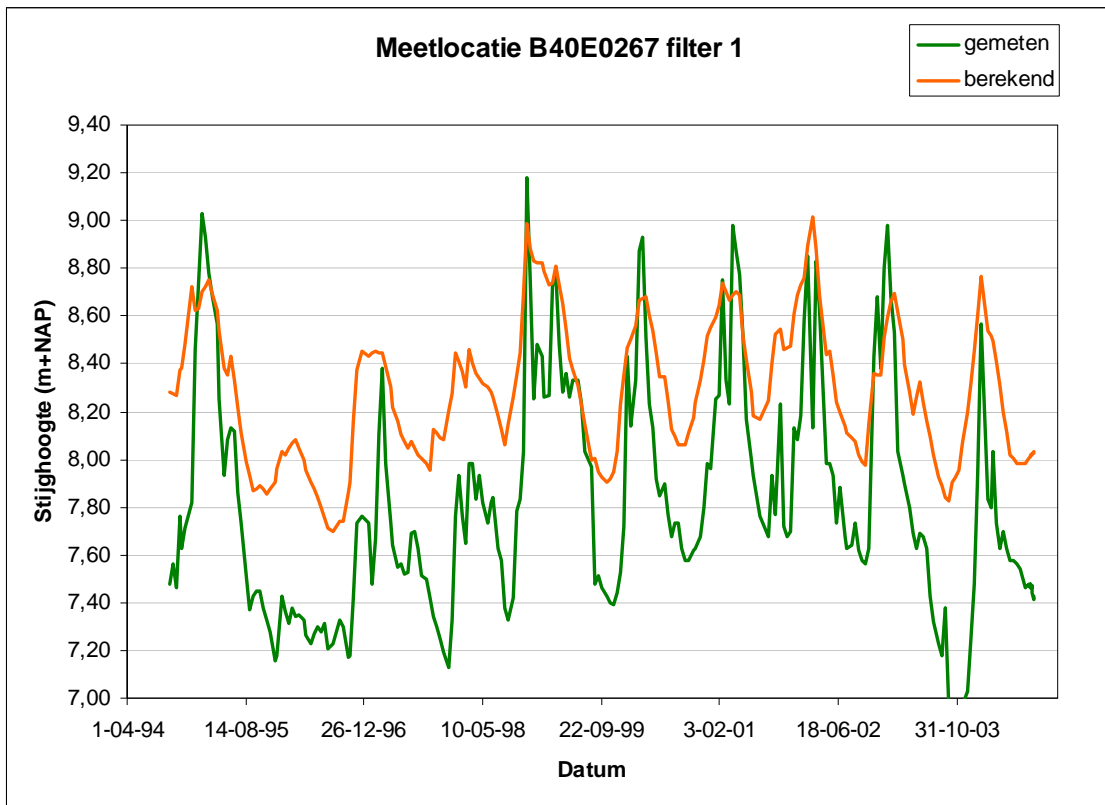
Figuur B4.14: Berekende kwel (mm/d) van 1^o WVP naar freatisch pakket tijdens laagwater op 28-08-2003.

B4.3 Validatie niet-stationaire model

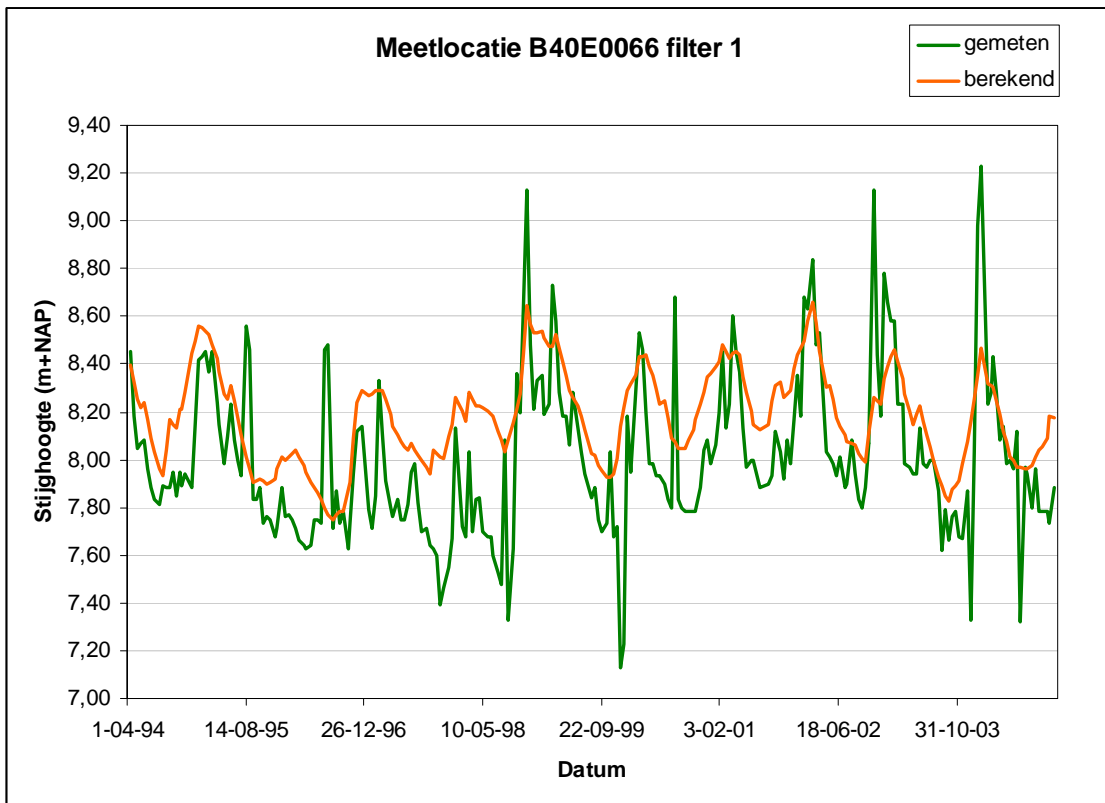
Om in te schatten hoe goed het model de grondwaterstanden voor de huidige situatie berekent is voor een aantal meetreeksen uit DINOloket de gemeten stijghoogte met de berekende stijghoogte vergeleken. Hieronder zijn de resultaten getoond van een vergelijking tussen de gemeten stijghoogte en de berekende stijghoogten in het 1^e watervoerende pakket (modellaag 5 en 6). In onderstaande figuur zijn de vergeleken meetlocaties weergegeven.



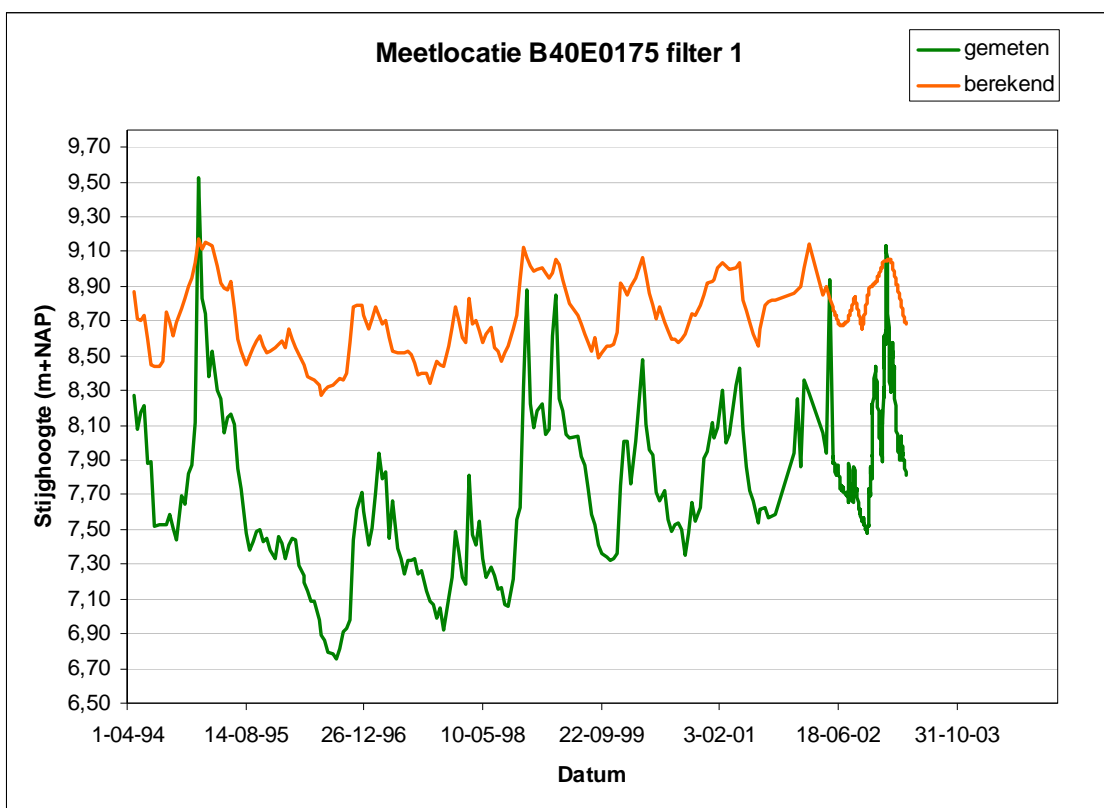
Figuur B4.15: Meetlocaties in 1^e WVP waarvoor meting is vergeleken met berekende stijghoogte



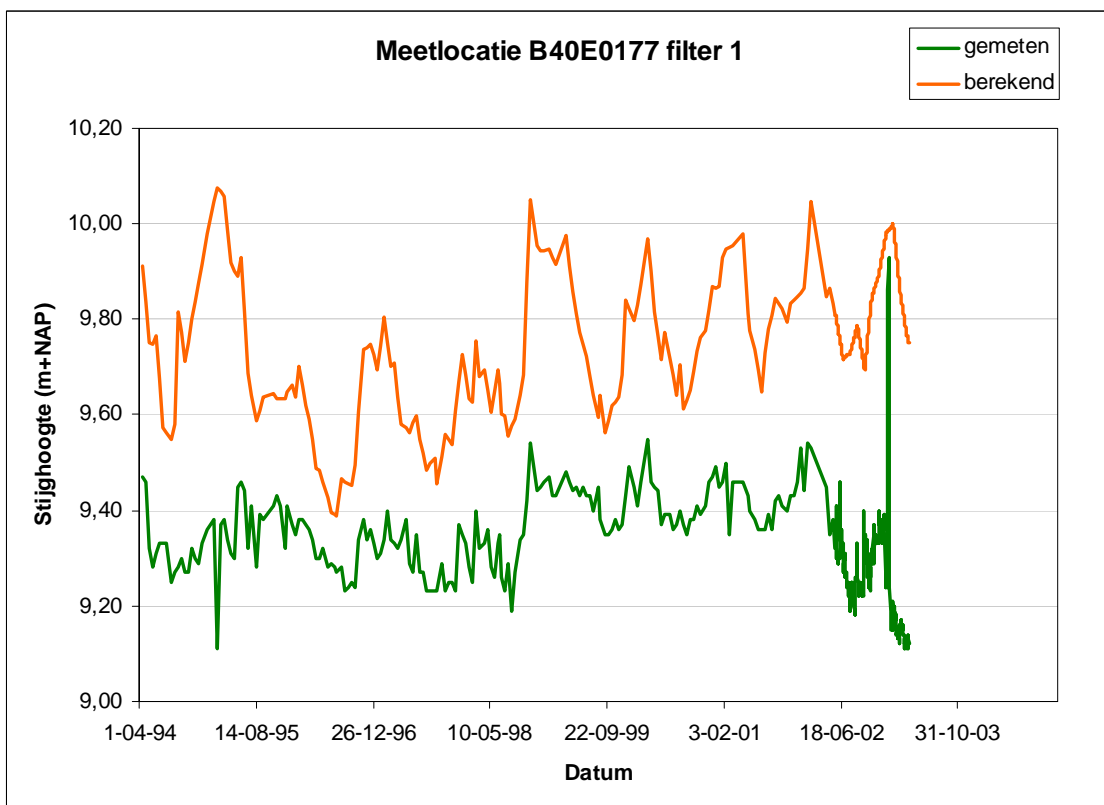
Figuur B4.16: Vergelijking meetlocatie B40E0267, ten oosten van de plas



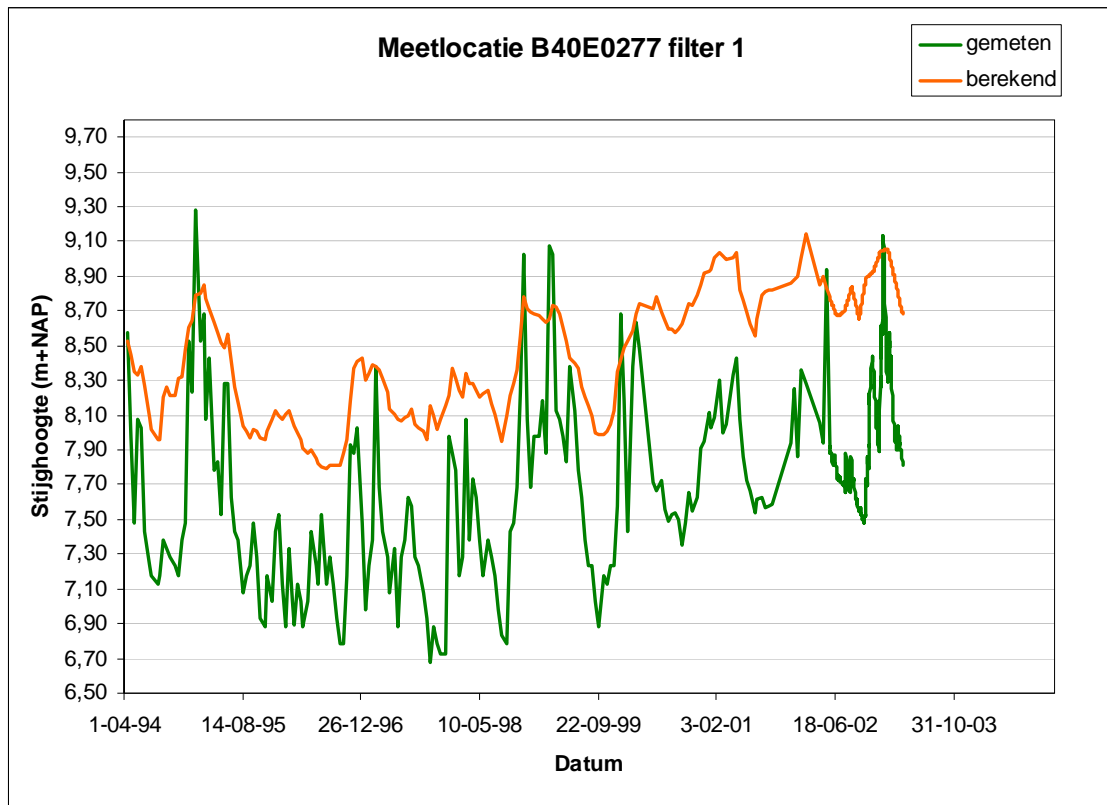
Figuur B4.17: Vergelijking meetlocatie B40E0066, ten noordoosten van de plas



Figuur B4.18: Vergelijking meetlocatie B40E0175, ten noorden van de plas op de stuwwalflank



Figuur B4.19: Vergelijking meetlocatie B40E0177, ten noordwesten van de plas op de stuwwalflank



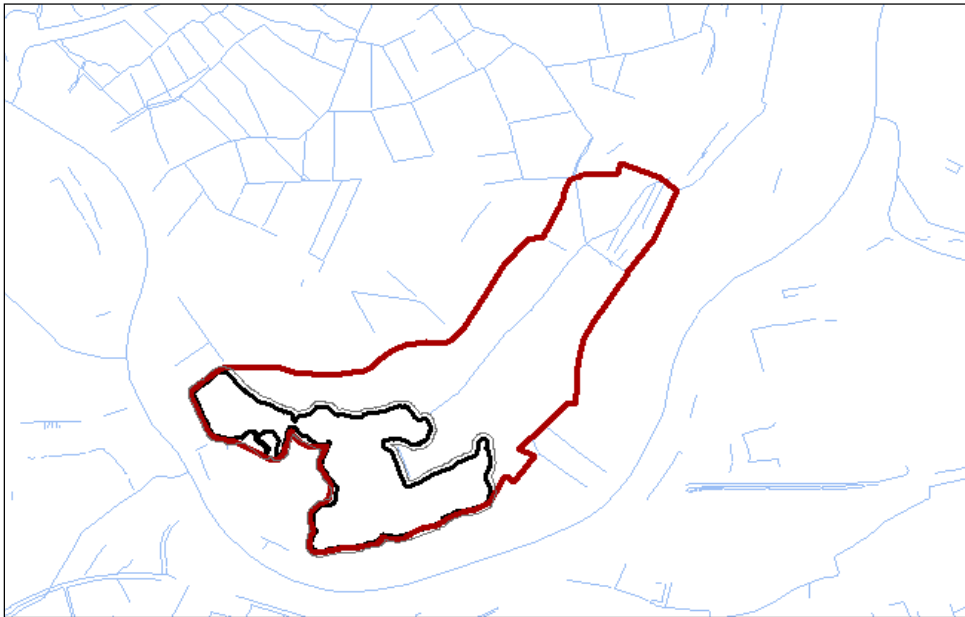
Figuur B4.20: Vergelijking meetlocatie B40E0177, ten zuidwesten van de plas

Bijlage 5

Modelresultaten toekomstige situatie

B5.1 Schematisatie toekomstige situatie stationaire model

In onderstaande figuur zijn de grenzen van de zandwinplas in de toekomstige situatie weergegeven zoals geschematiseerd in het stationaire model.



Figuur B5.1: toekomstige grens van de zandwinplas voor stationair model (rood gemarkeerd)

De toekomstige plas is als volgt geschematiseerd:

- C-waarde L1 t/m L6: 0.1
- kD-waarde L1 t/m L6: 1
- Oppervlaktewater verwijderd (DRN en DRN_LEGGER): NoData
- Drainage verwijderd: NoData
- Grondwateraanvulling aangepast: 0,1 en smooth langs de randen.

Zie voor een toelichting de beschrijving van de plas in de huidige situatie in bijlage 3.

B5.2 Schematisatie toekomstige situatie niet-stationaire model

De toekomstige plas is als volgt geschematiseerd:

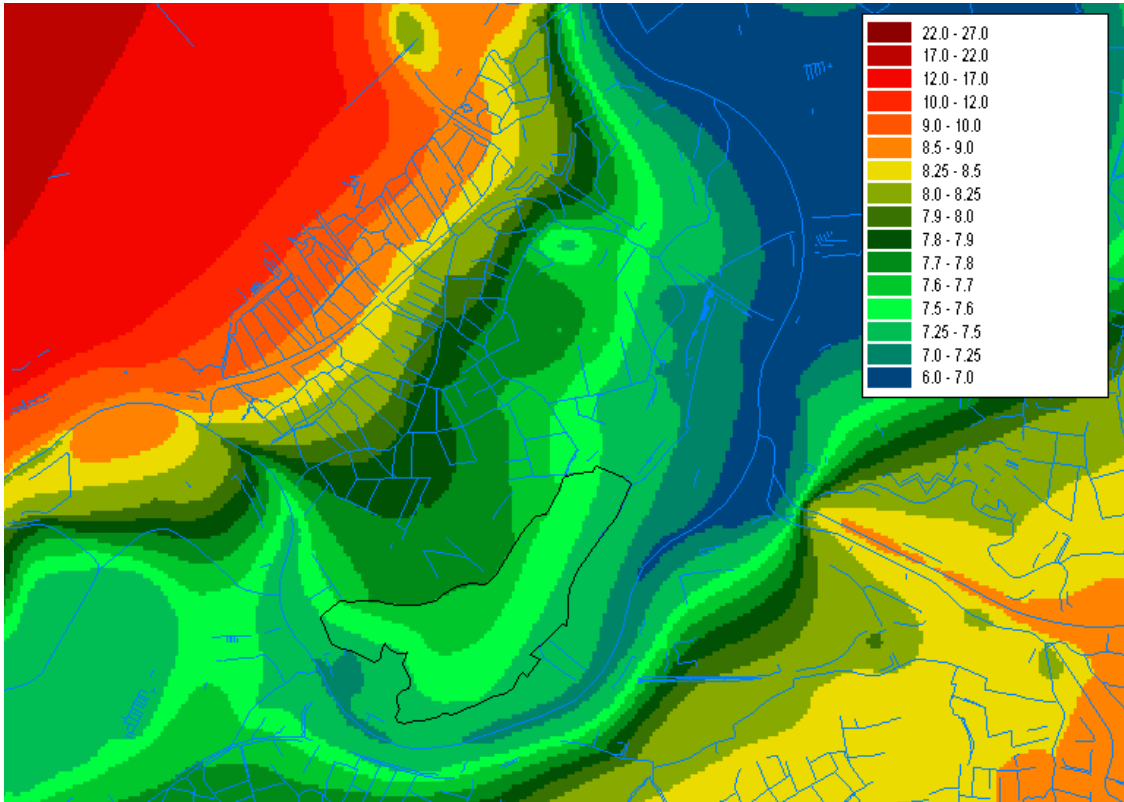
- Kade rondom plas is verschoven volgens ontwerp, voor de maaiveldhoogte is de laagste hoogte van de huidige kade gebruikt: 8,35m+NAP. Hiervoor is ook opnieuw deze kade als drempel geschematiseerd en zijn de infiltrerende en drainerende waterloopcellen aangepast zoals beschreven in de huidige situatie:
 - Gebied binnen kade krijgt OLF=NoData en BODEMH_DRN 8,35m, COND 31,25 gelijk aan oude plasgebied.
 - IJSSEL_INF.IDF bestanden aangepast, alle infiltrerende cellen achter nieuwe kade (nieuwe plasgebied) verwijderd wanneer ijsselevel bij kade onder de 8,35 blijft
- Er is berekening op de rand van de nieuwe plas, er is geen informatie of aanwijzing dat deze gaat verdwijnen. Niet aangepast.
- Er liggen enkele drainagebuizen (3 cellen) binnen het zandplasgebied met een niveau < 8,35. Deze zijn aangepast naar 8,35.
- Via de bestanden bodemhoogte_zomer_drn_legger.IDF, etc loopt nog een drainerende waterloop in de nieuwe plas. Voor zomer/winter en bodemh/conductance verwijderd binnen toekomstig plasgebied.
- De volgende bestanden zijn aangepast op basis van onderstaand indelingbestand om het extra deel van de plas te modelleren:

- Maaiveldhoogte
- STORAGE_L1.IDF - constante waarde 1 in plas, 0.15 in eilanden
- LANDGEBRUIK.IDF - constante waarde 16, 11 (loofbos) in eilanden
- NATOPP_AANVOER.IDF - constante waarde 0, ook op eilanden
- OVERLANDFLOW.IDF - NoData (ook in eilanden daar afvoer via DRN)
- WORTELZONEDIKTE.IDF - constante waarde 0, 25 in eilanden
- BODEMFYSISCHE_EENHEID - constante waarde 22, 16 in eiland in oude plas, 20 op andere eilanden (oude waarde)
- MAAIVELD_25.IDF - In plas uitgaan van diepe bodemhoogte van oude plas: -15m, op eiland in oude plas van maaiveldhoogte in nabijgelegen nieuwe eiland: +/- 8,25m+NAP. Vervolgens worden maaiveldhoogten in plas gesmoothed (buffersize 1, smooth times 1) (via iMod zodat er een gradient ontstaat met de genoemde waarden als maximum. Vervolgens cellen die hierdoor hoger zijn komen te liggen (behalve op eiland) dan oude maaiveldhoogte weer gelijk gemaakt aan oude maaiveldhoogte. Maaiveldhoogten in nieuwe deel van plas worden daardoor op diepste punt ongeveer -10m+NAP, vrij steile wanden. Ook de oude plas wordt dieper. Hierdoor gaat de aanpassing richting een worst case scenario wat betreft bodemhoogte..
- C-WAARDE_L1.IDF - constante waarde 0.1 voor laag 1 t/m 6, Op eilanden oude waarde: +/- 20 laag 1, 5 voor overig
- KD-WAARDE_L1.IDF - constante waarde 10000 voor laag 1 t/m 6, 400 op rand. Op eilanden oude waarde: +/- 3 voor laag 1, 150 voor diepere lagen
- oude waarden in eilanden ter plaatse van nieuwe plas worden niet aangepast. In eilanden ter plaatse van oude worden vergelijkbare waarden overgenomen als in de eilanden ter plaatse van de nieuwe plas. Behalve voor parameters die veranderen door toekomstige inrichting: landgebruik, bodemfysische_eenheid

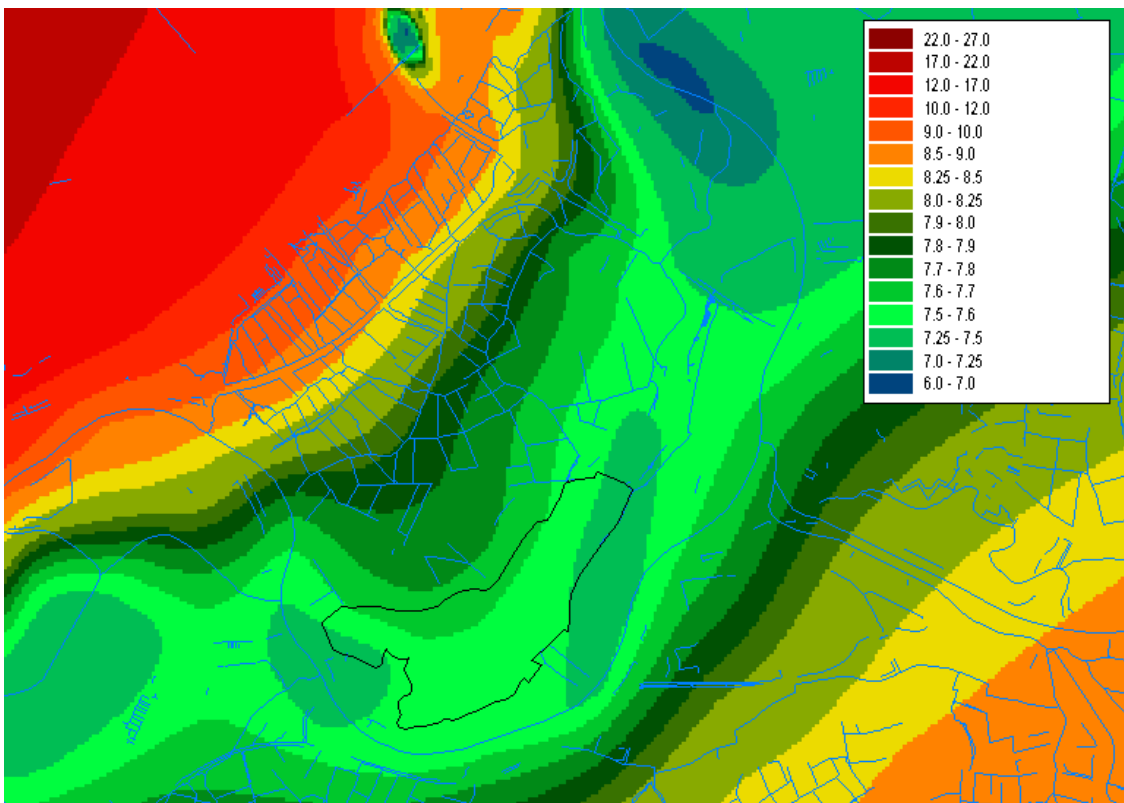


Figuur B5.2: Schematisatie indeling toekomstige situatie zandwinplas: grijs – plas, zwart – randen, wit - kade

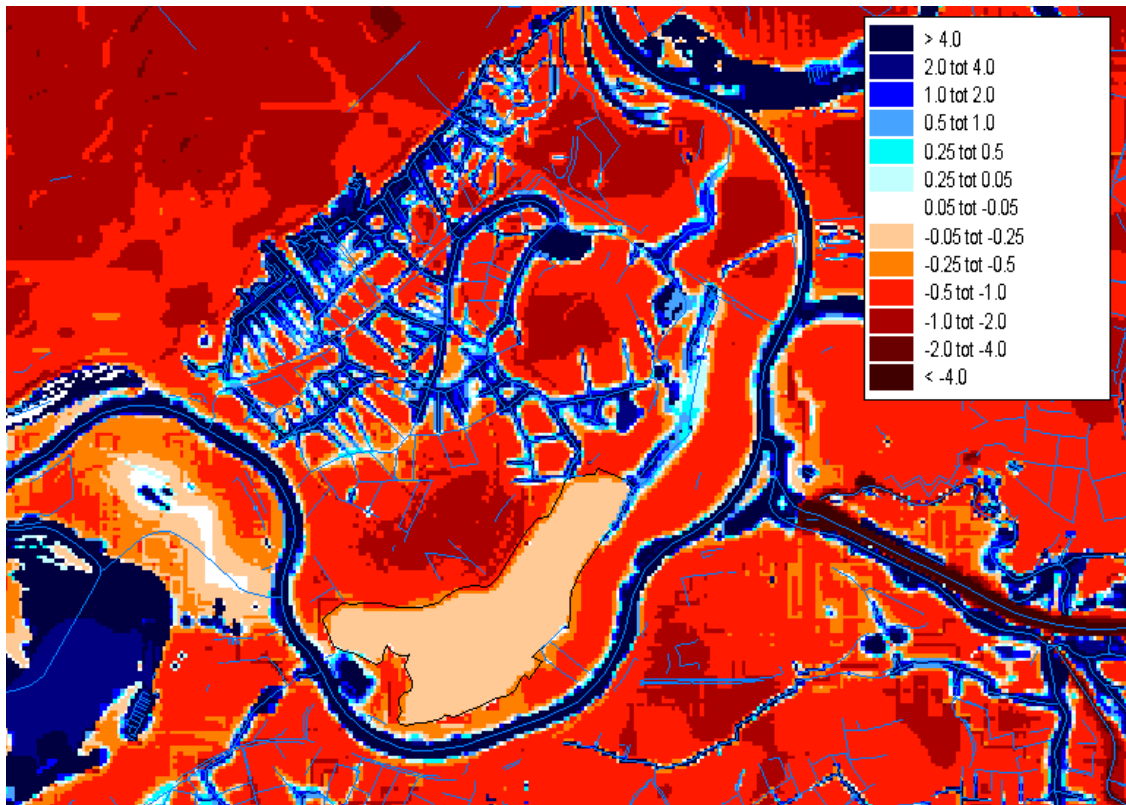
B5.3 Modelresultaten toekomstige situatie stationair model



Figuur B5.3: Berekende stijghoogten 1^e WVP (modellaag 2) met stationair model toekomstige situatie

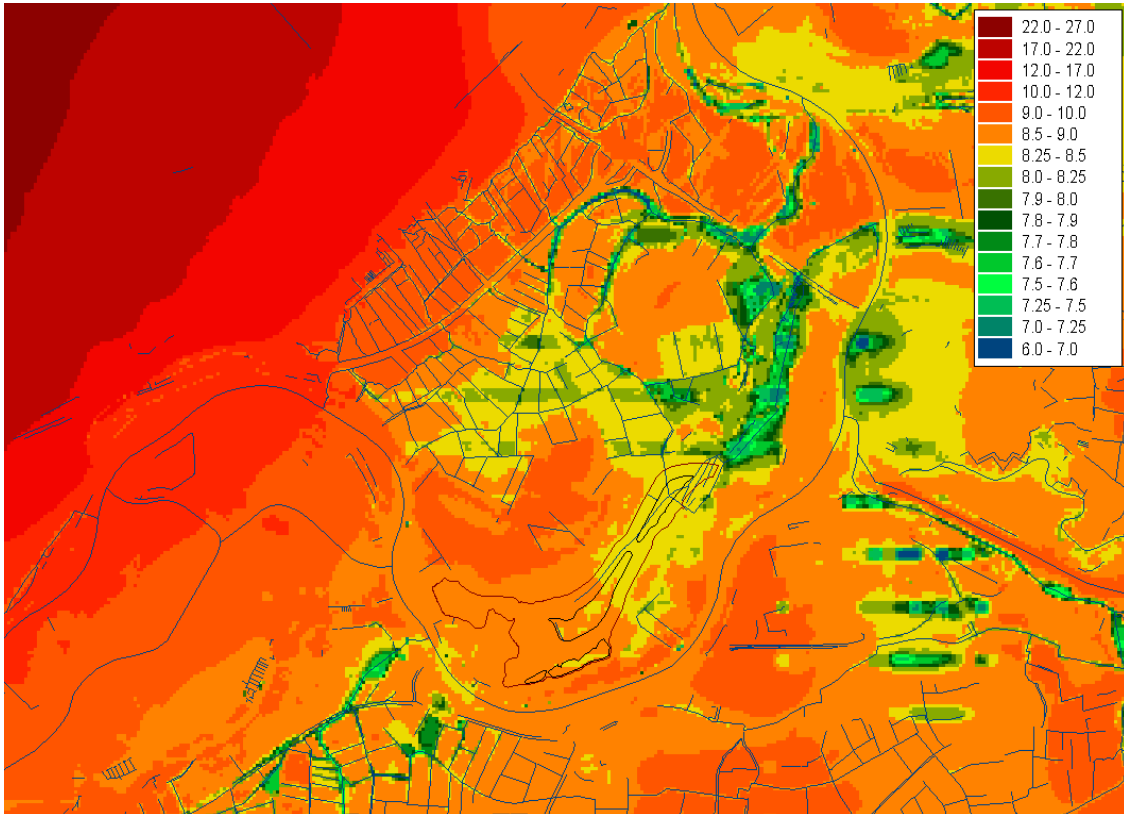


Figuur B5.4: Berekende stijghoogten 2^e WVP (modellaag 10) met stationair model toekomstige situatie

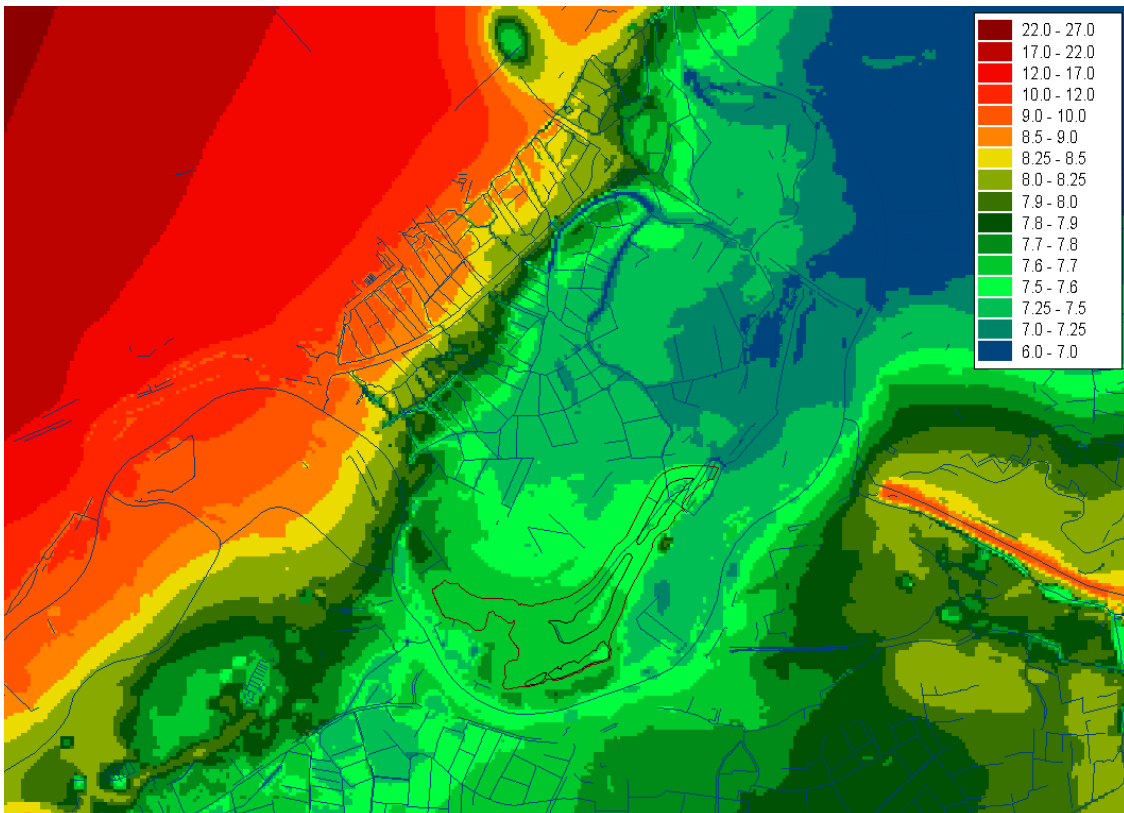


Figuur B5.5: Berekende kwel (blauw is kwel, rood wegzijging) met stationair model toekomstige situatie

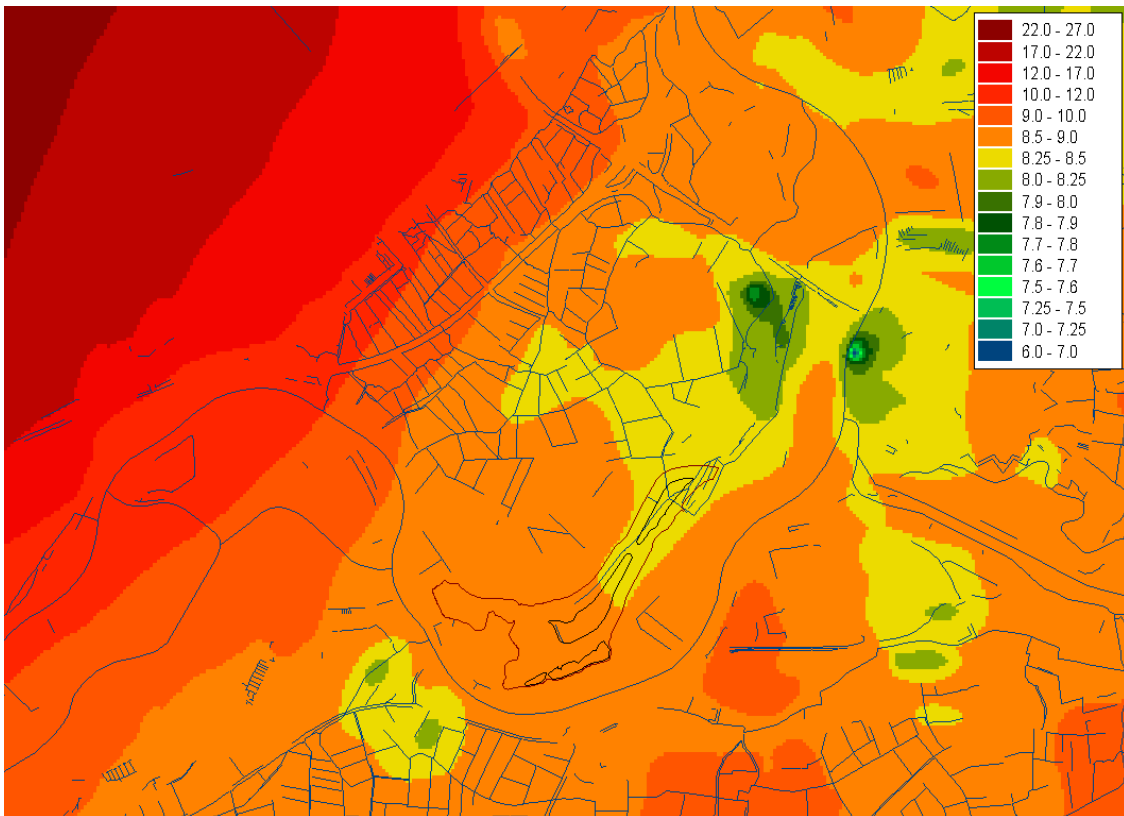
B5.4 Modelresultaten toekomstige situatie niet-stationair model



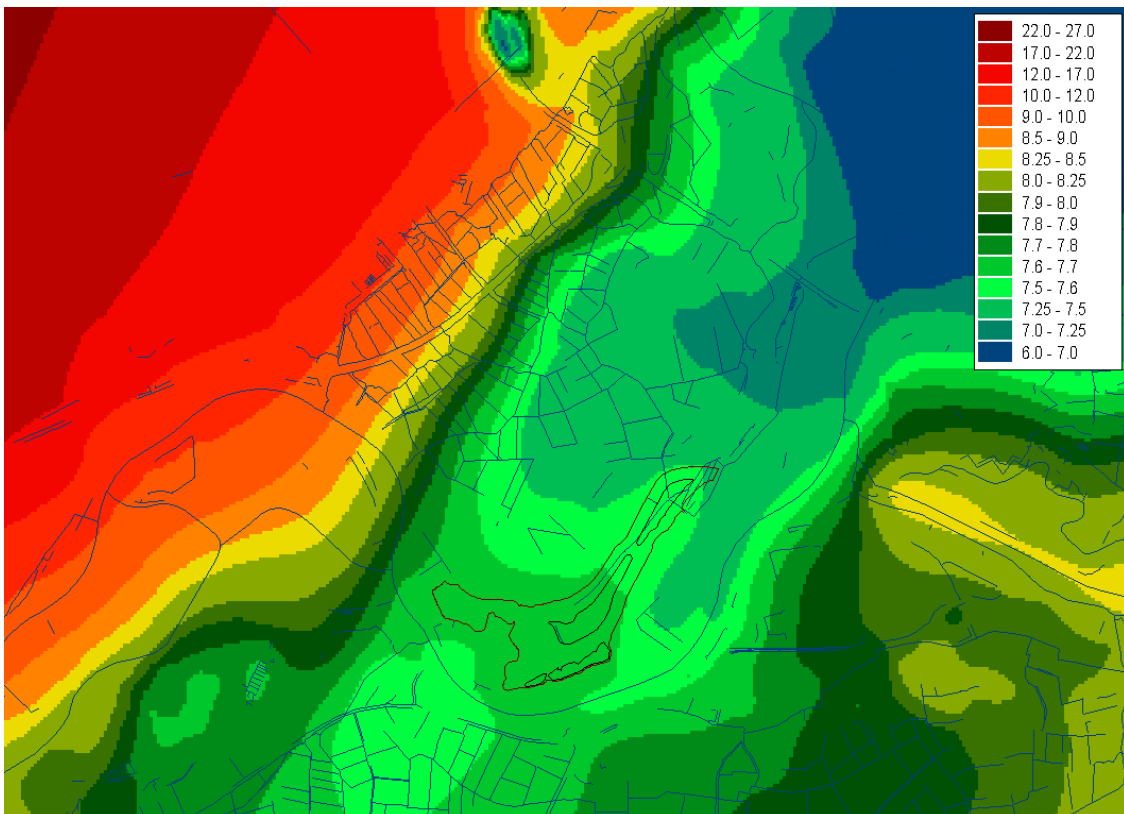
Figuur B5.6: Berekende freatische grondwaterstand (m+NAP) tijdens hoogwatersituatie op 28-01-1995 met niet-stationair model toekomstige situatie.



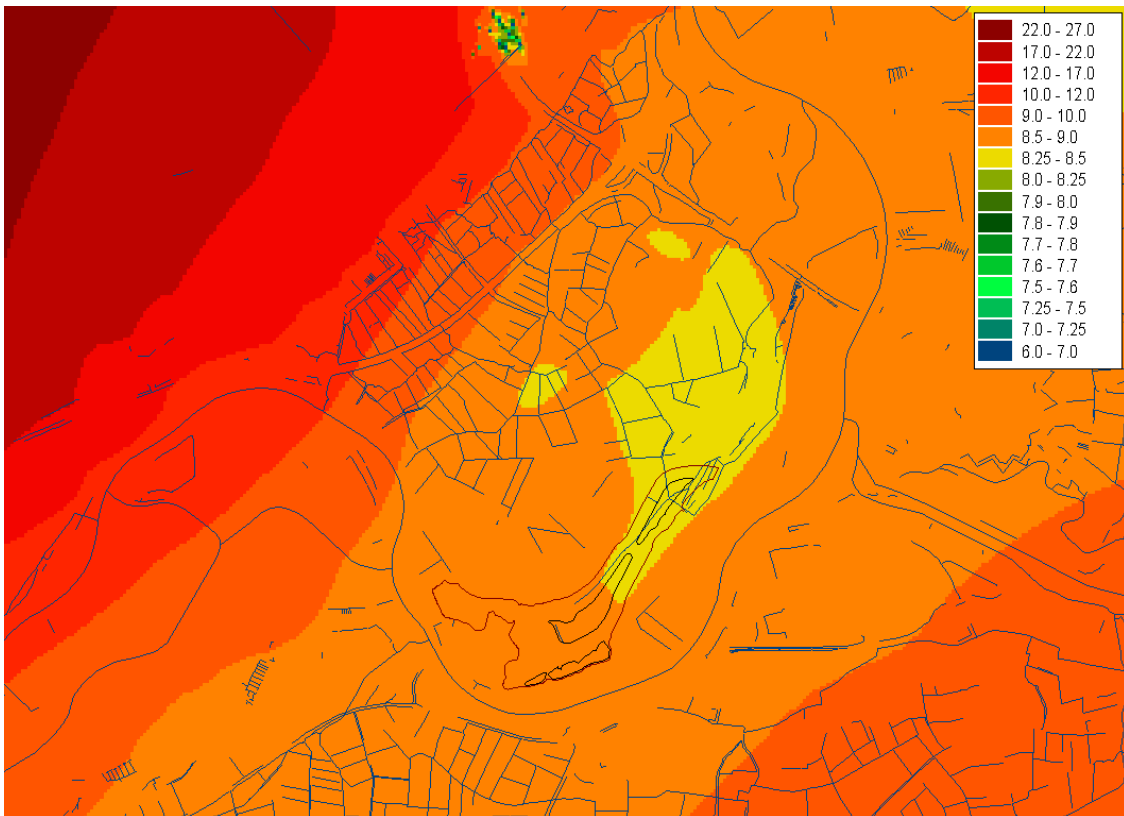
Figuur B5.7: Berekende freatische grondwaterstanden (m+NAP) tijdens laagwatersituatie op 28-08-2003 met niet-stationair model toekomstige situatie.



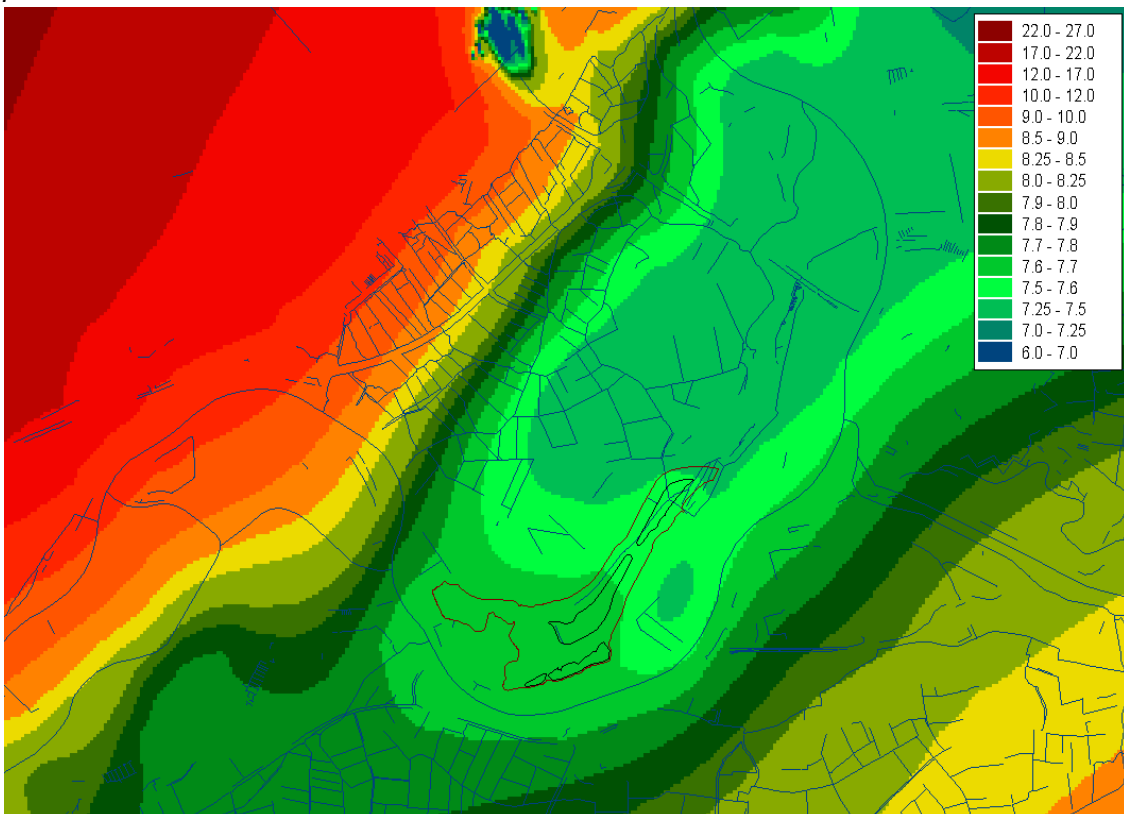
Figuur B5.8: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 1^o WVP (laag 5) tijdens hoogwatersituatie op 28-01-1995 met niet-stationair model toekomstige situatie.



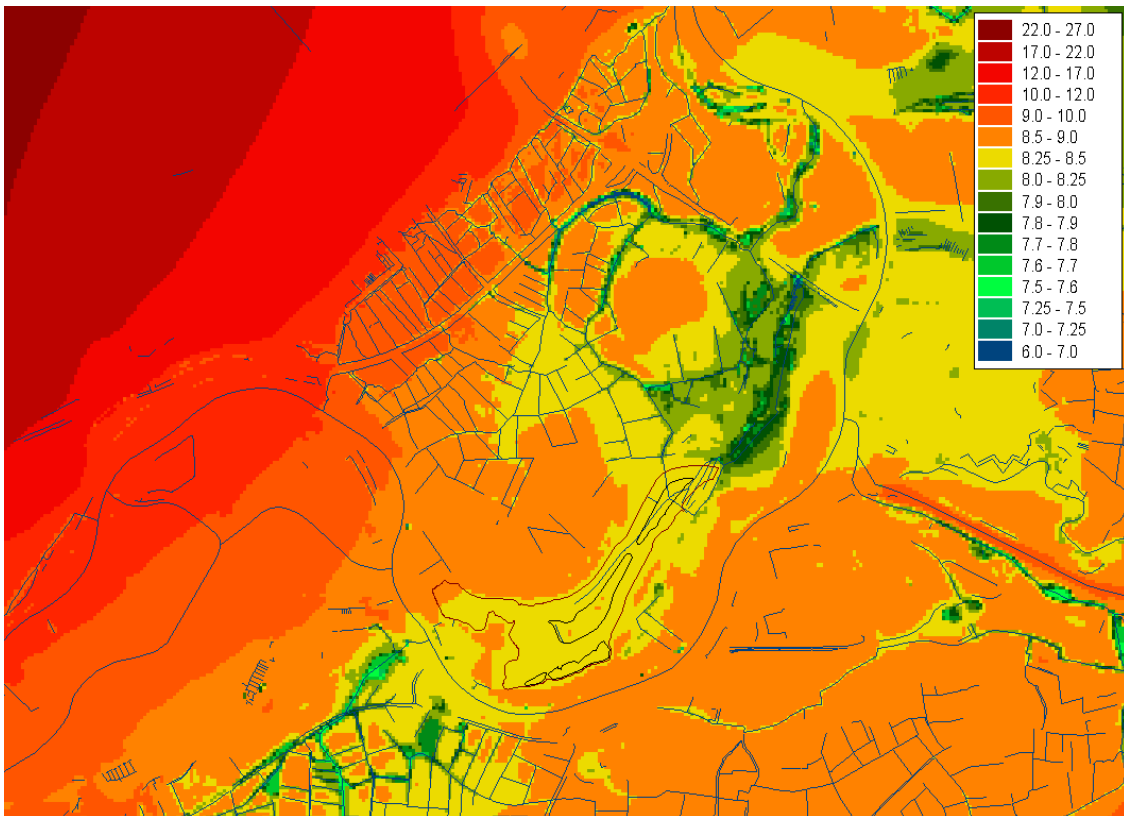
Figuur B5.9: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 1^o WVP (laag 5) tijdens laagwatersituatie op 28-08-2003 met niet-stationair model toekomstige situatie.



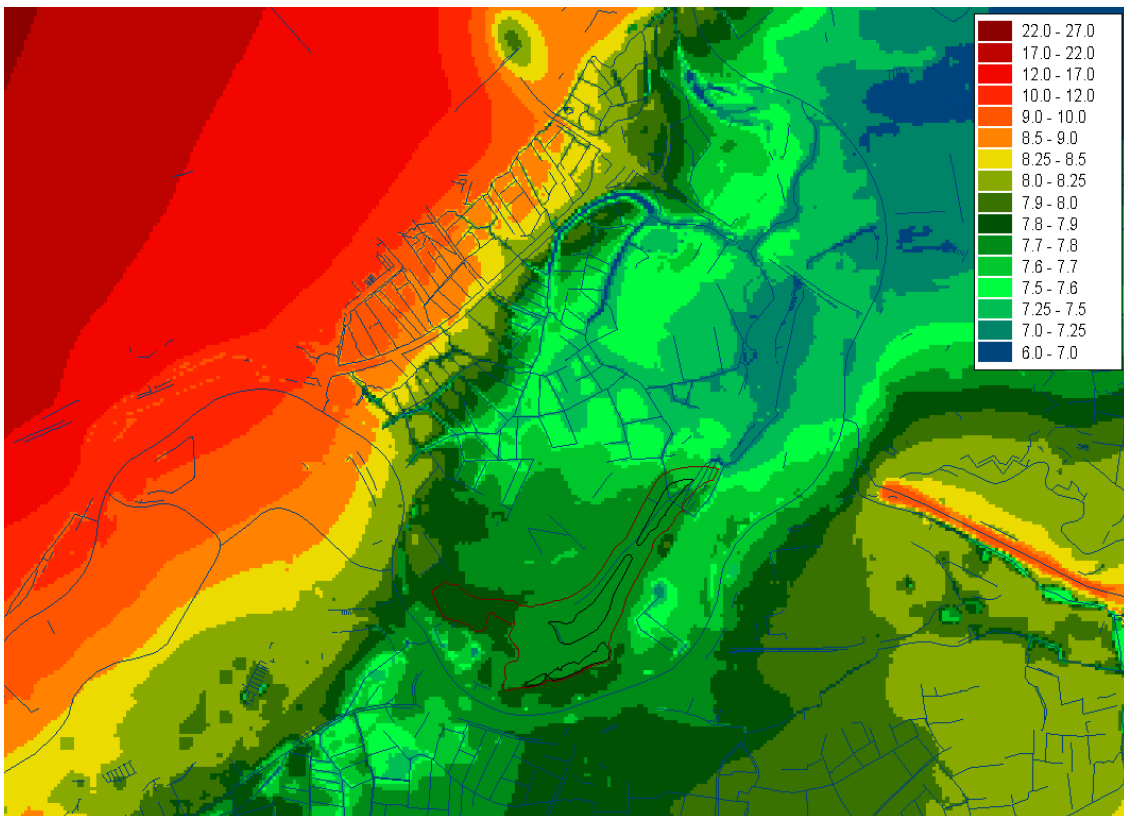
Figuur B5.10: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 2^e WVP (laag 8) tijdens hoogwatersituatie op 28-01-1995 met niet-stationair model toekomstige situatie



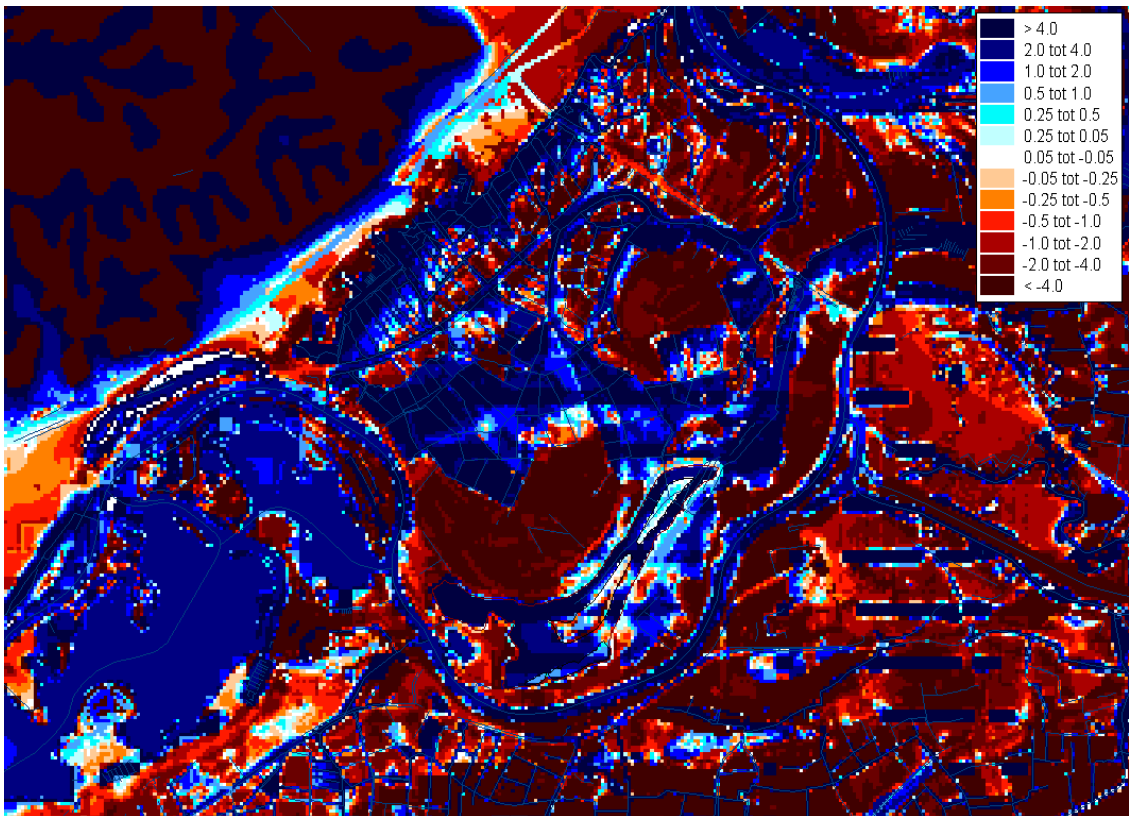
Figuur B5.11: Berekende stijghoogten (m+NAP) in 2^e WVP (laag 8) tijdens laagwatersituatie op 28-08-2003 met niet-stationair model toekomstige situatie.



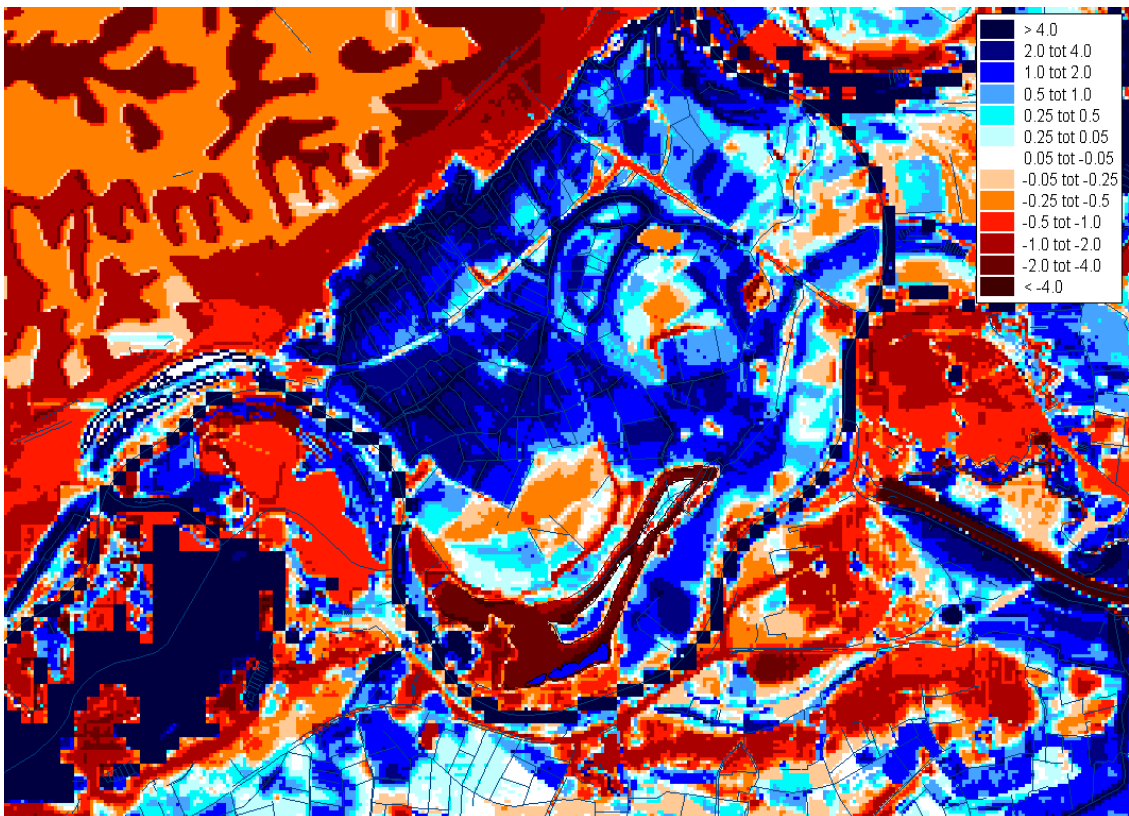
Figuur B5.12: Berekende freatische grondwaterstanden (m+NAP) tijdens GHG situatie met niet-stationair model toekomstige situatie.



Figuur B5.13: Berekende freatische grondwaterstanden (m+NAP) tijdens GLG situatie met niet-stationair model toekomstige situatie.



Figuur B5.14: Berekende kwel (mm/d) van 1^o WVP naar freatisch pakket tijdens hoogwater op 28-01-1995 met niet-stationair model toekomstige situatie.



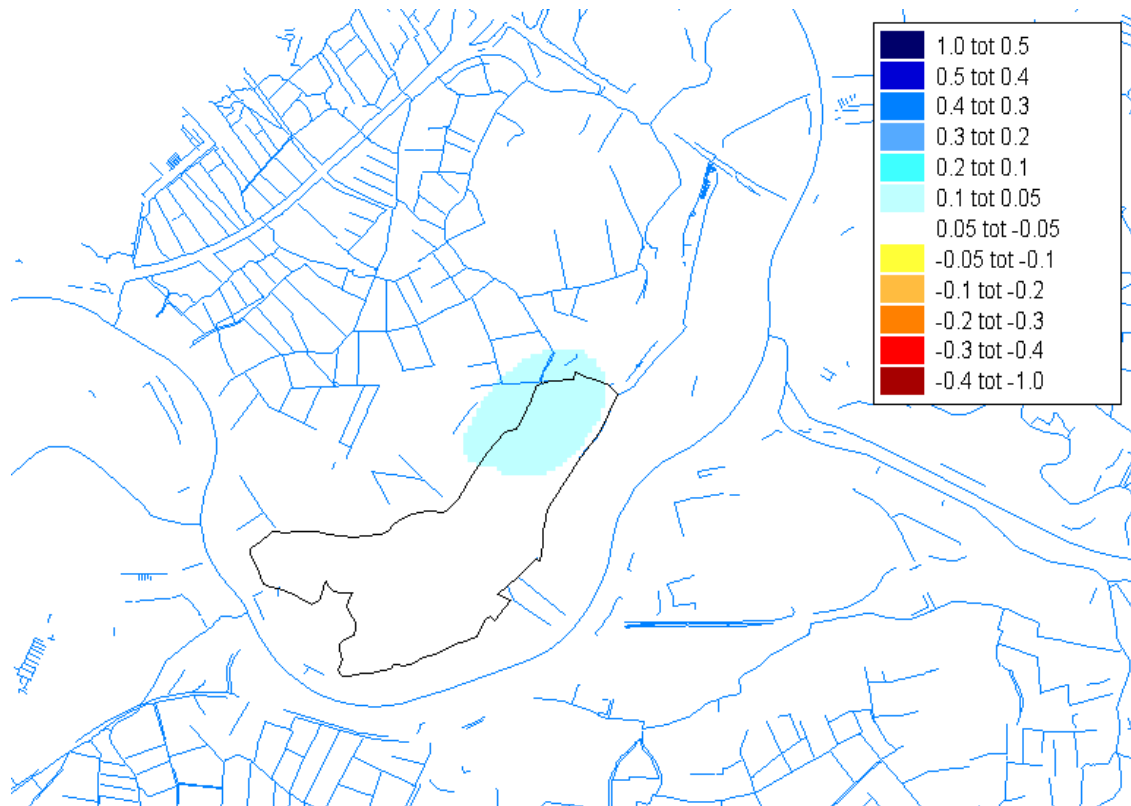
Figuur B5.15: Berekende kwel (mm/d) van 1^o WVP naar freatisch pakket tijdens laagwater op 28-08-2003 met niet-stationair model toekomstige situatie.

Bijlage 6

Modelresultaten effectberekening

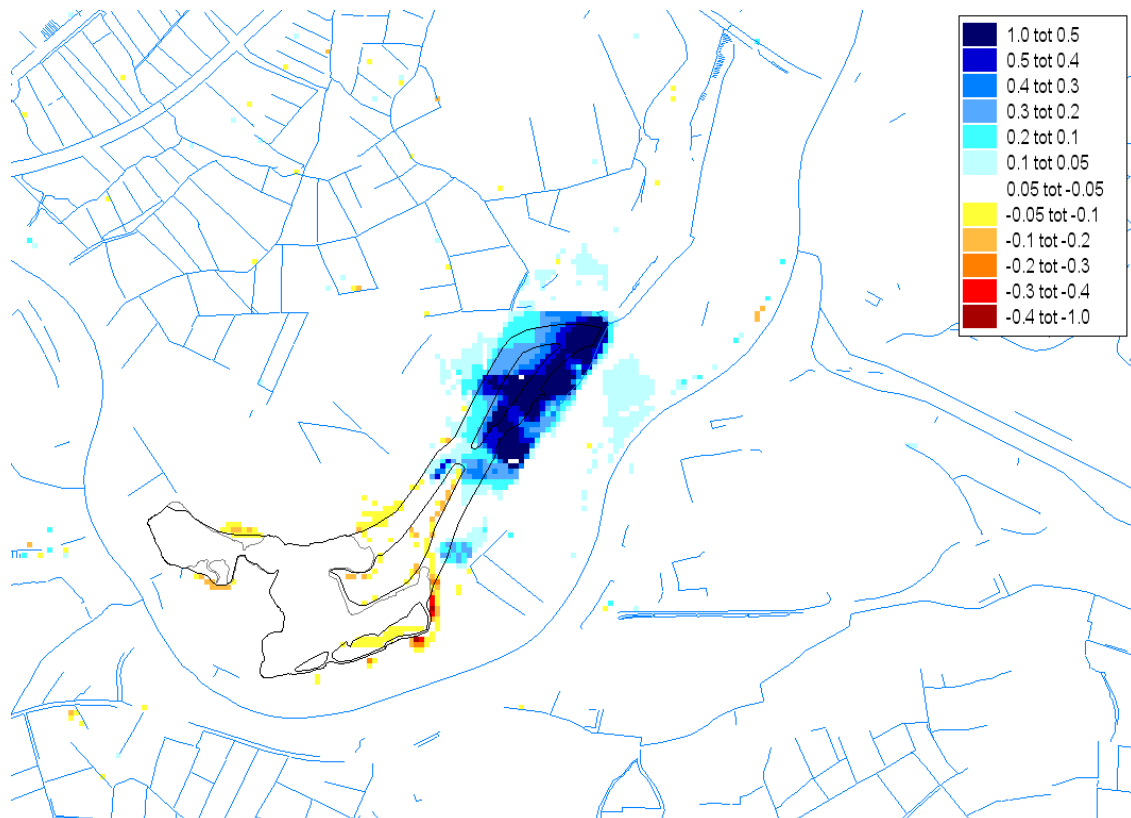
B6.1 Effecten stationair model

Naast de effecten zoals al getoond in hoofdstuk is nog het effect van de basisvariant bepaald in het 2^e watervoerende pakket en in beeld gebracht in onderstaande figuur.

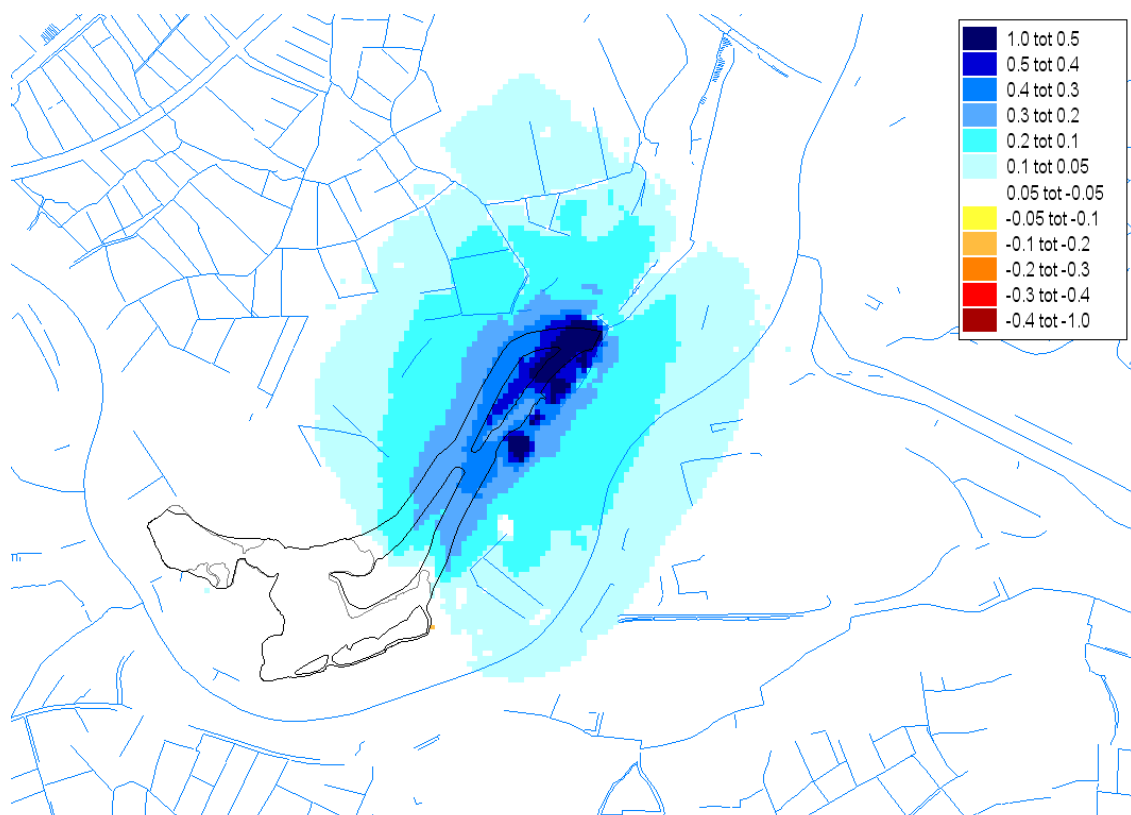


Figuur B6.1: Berekende effecten op de stijghoogten in het 2^e watervoerende pakket (modellaag 10)

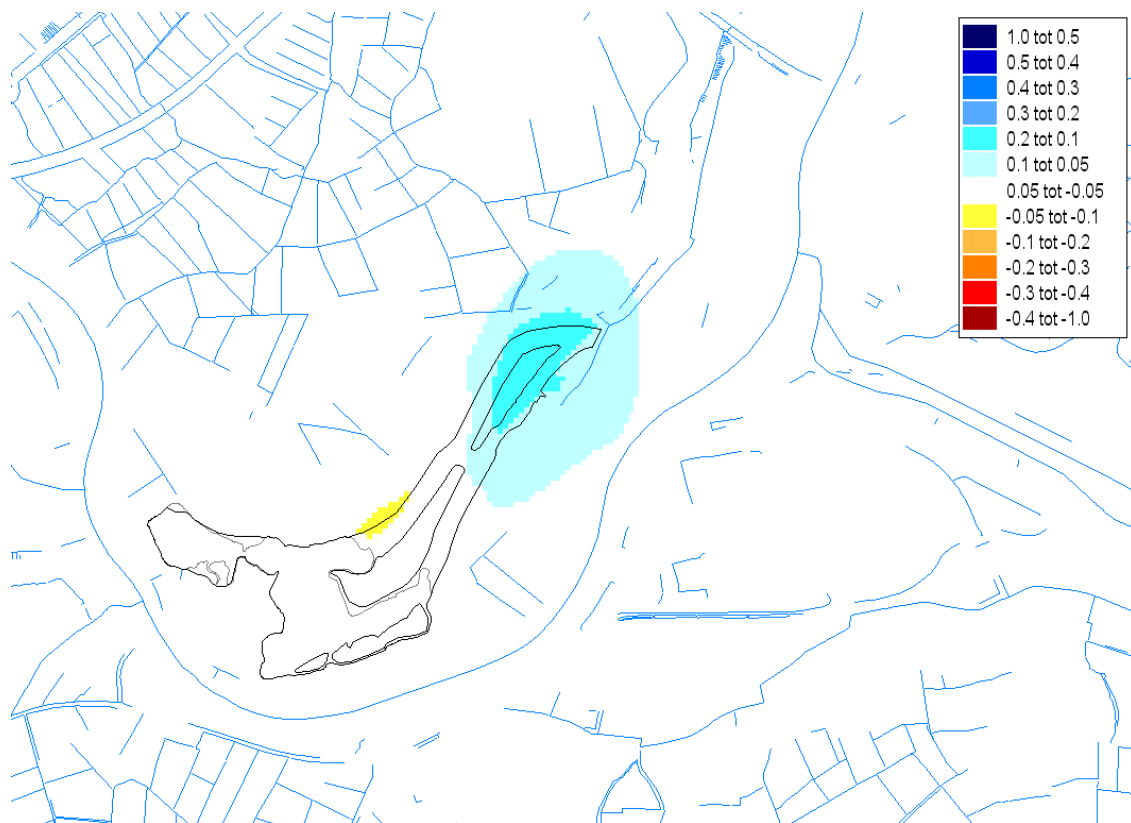
B6.2 Effecten niet-stationair model



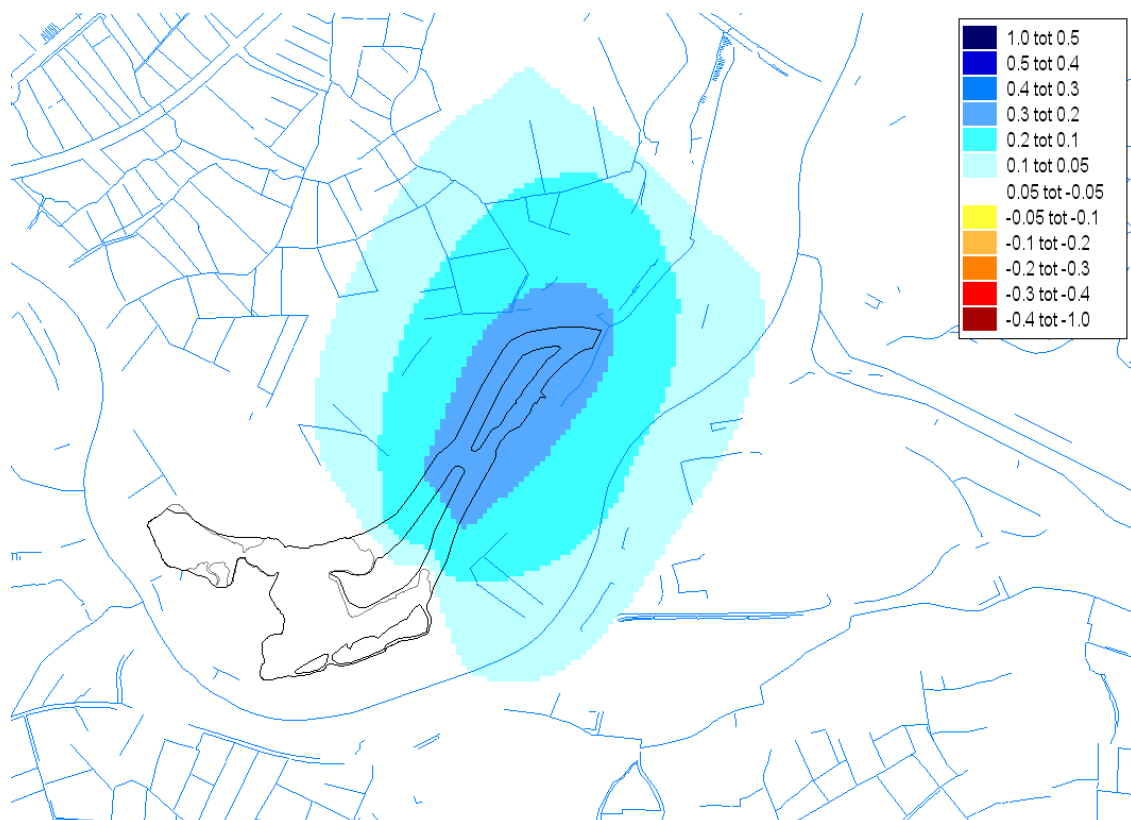
Figuur B6.2: verschil freatische grondwaterstand toekomstig minus huidig tijdens hoogwater op 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model



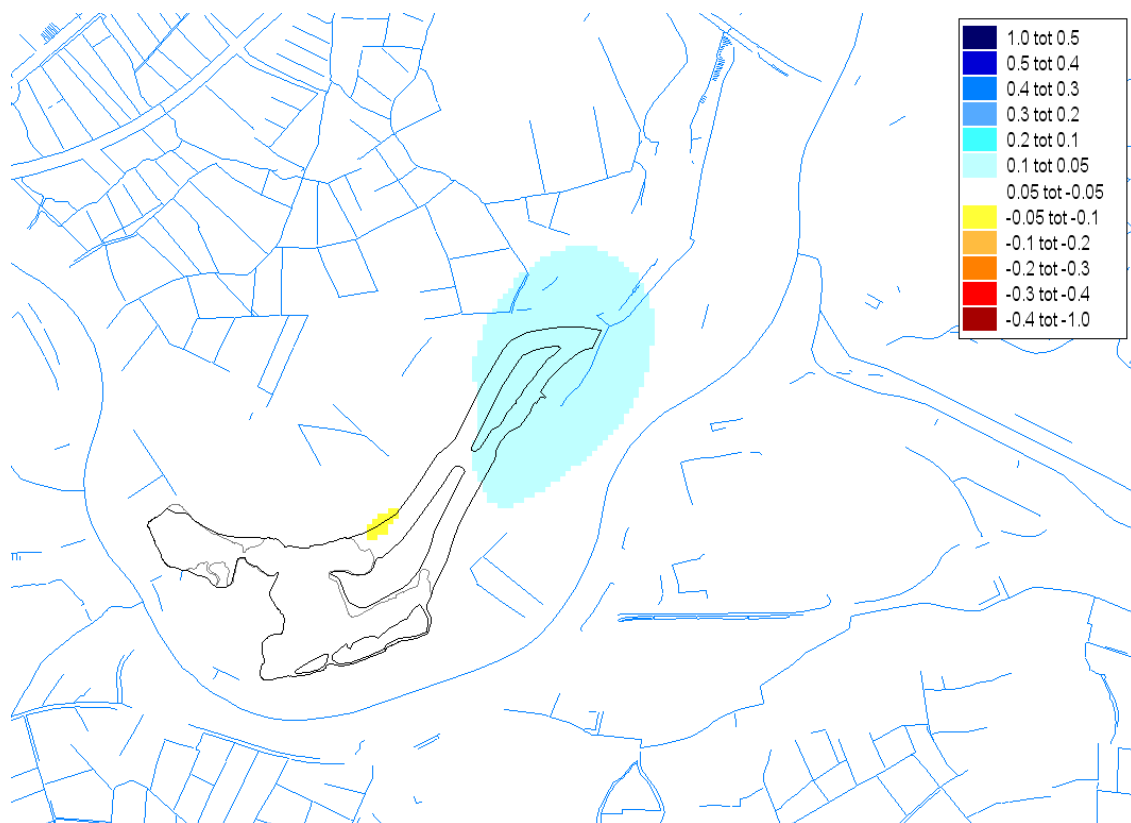
Figuur B6.3: verschil freatische grondwaterstand toekomstig minus huidig tijdens laagwater op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model



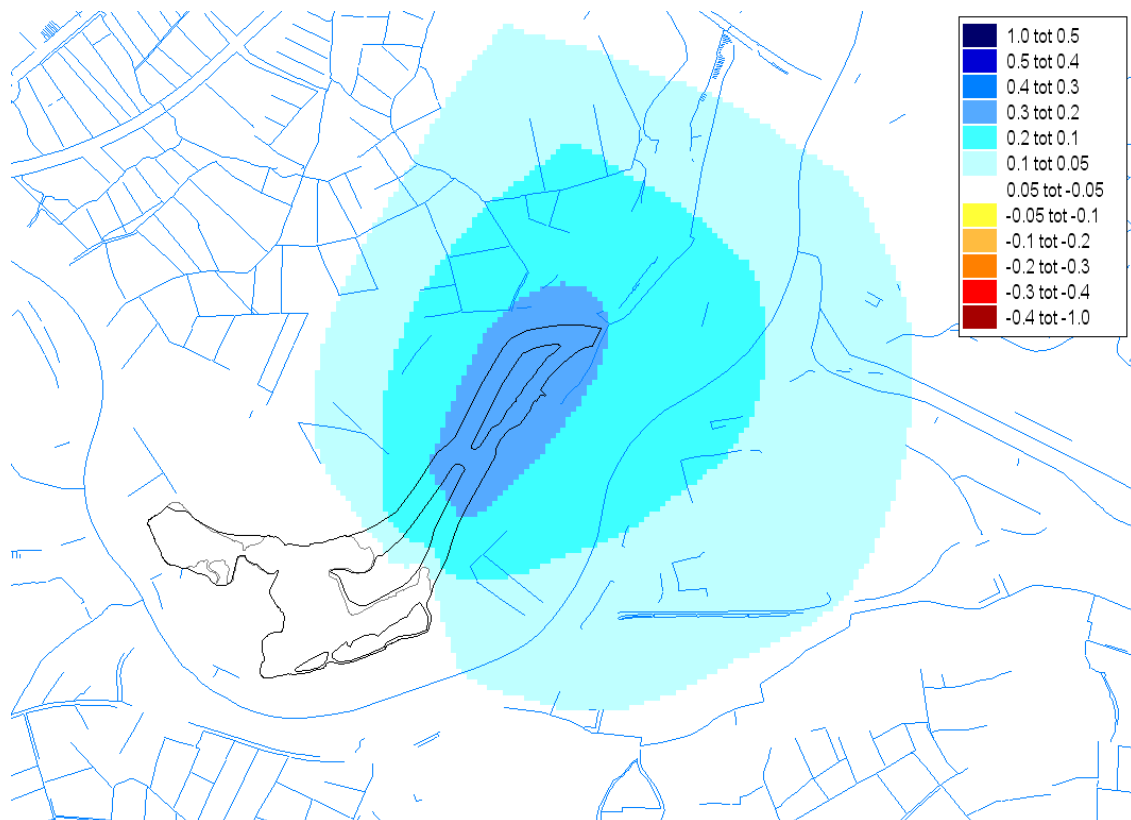
Figuur B6.4: stijghoogteverschil toekomstig minus huidig 1^e WVP tijdens hoogwater op 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model



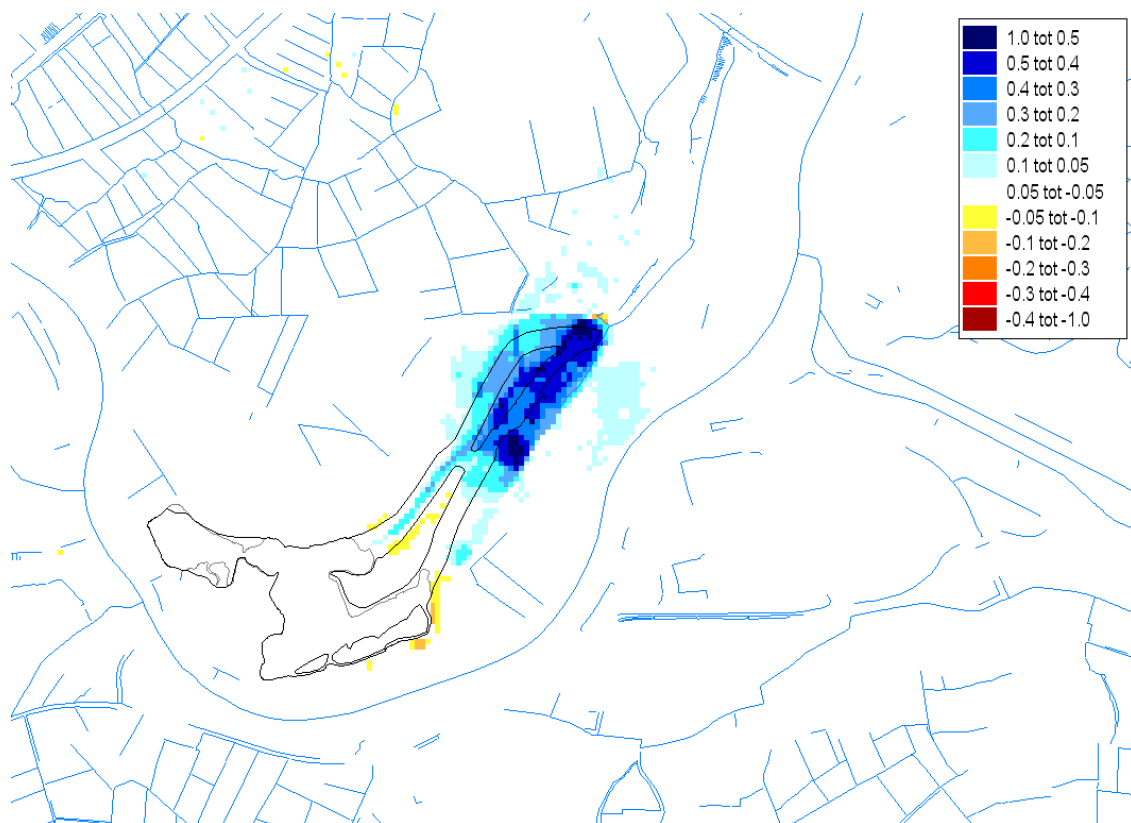
Figuur B6.5: stijghoogteverschil toekomstig minus huidig 1^e WVP tijdens laagwater op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model



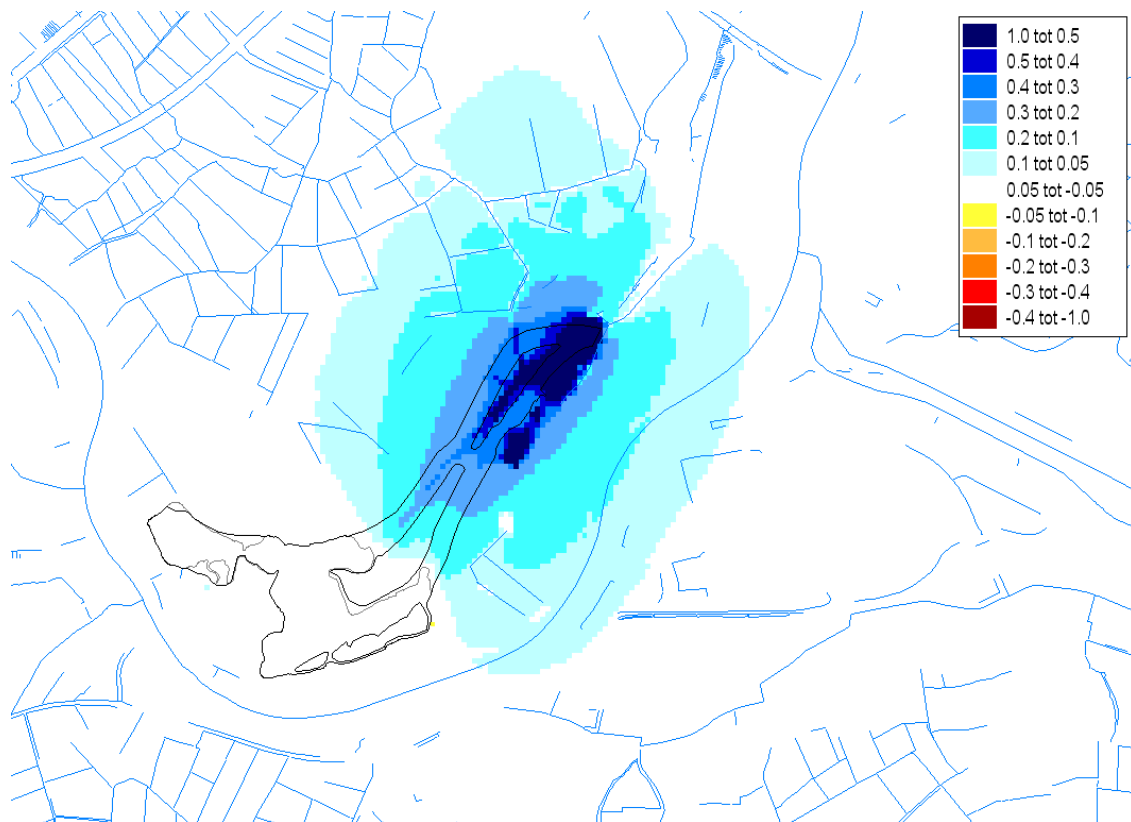
Figuur B6.6: stijghoogteverschil toekomstig minus huidig 2^e WVP tijdens hoogwater op 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model



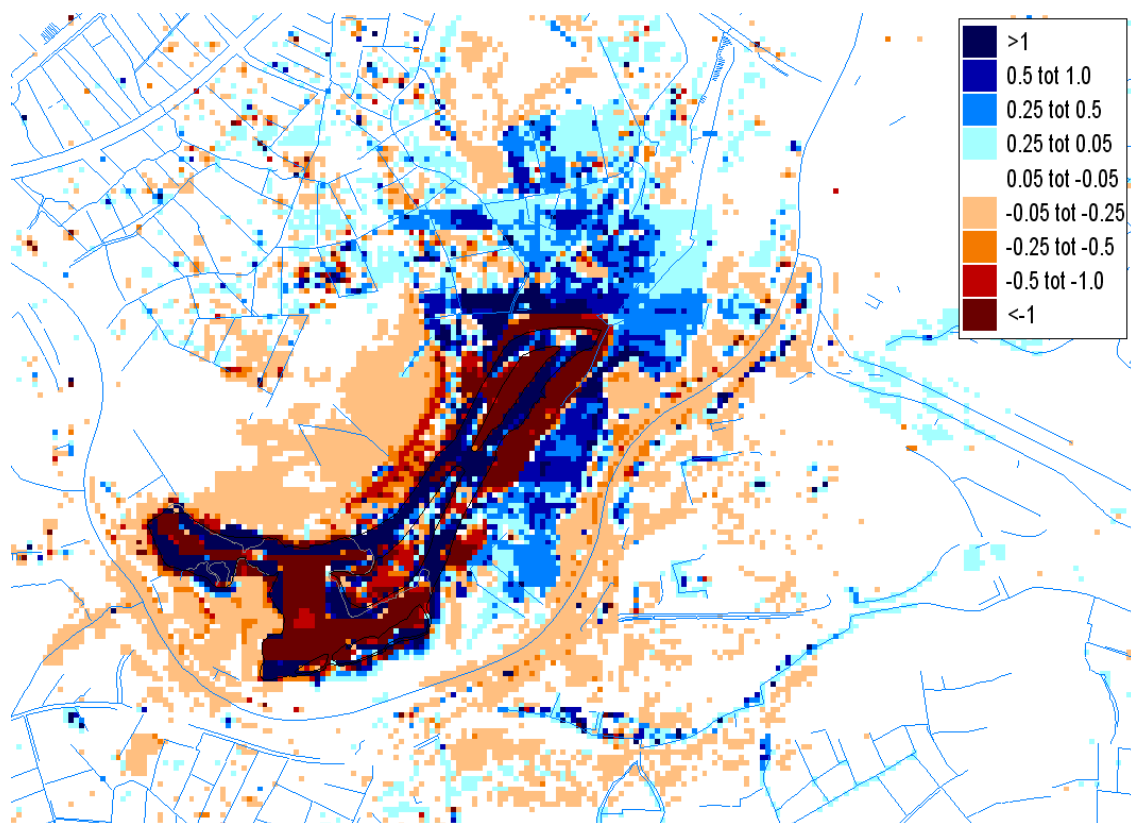
Figuur B6.7: stijghoogteverschil toekomstig minus huidig 2^e WVP tijdens laagwater op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model



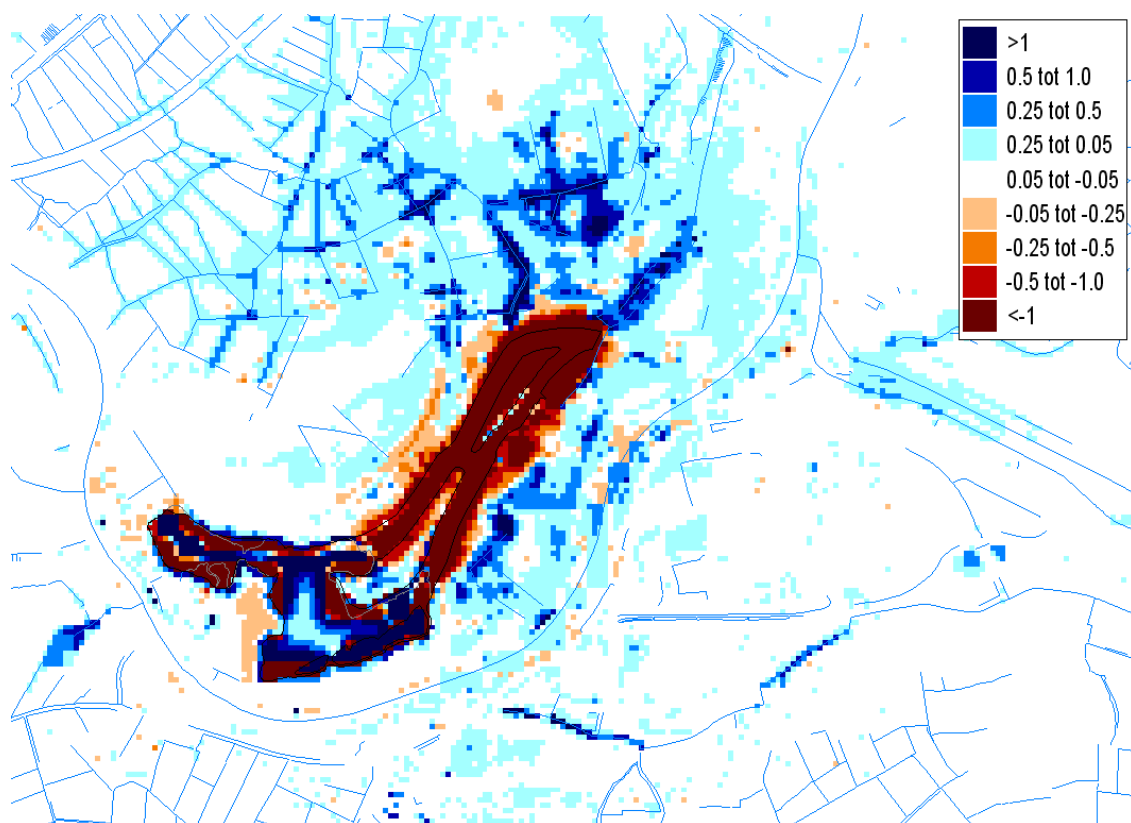
Figuur B6.8: verschil GHG toekomstig minus huidig 2° WVP tijdens op hoogwater 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model



Figuur B6.9: verschil GLG toekomstig minus huidig 2° WVP tijdens laagwater op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model



Figuur B6.10: verschil kwel toekomstig minus huidig tijdens hoogwater op 28-01-1995 berekend met het niet-stationaire model



Figuur B6.11: verschil kwel toekomstig minus huidig tijdens laagwater op 28-08-2003 berekend met het niet-stationaire model