

# **Ontwikkeling woongebied 'de Waarden'**

**29 april 2008**



---

# **Ontwikkeling woongebied 'de Waarden'**

**Aanvullend geohydrologisch onderzoek**



## Verantwoording

<b>Titel</b>	Ontwikkeling woongebied 'de Waarden'
<b>Opdrachtgever</b>	Ontwikkelingsmaatschappij
<b>Projectleider</b>	Walter Kronenburg
<b>Auteur(s)</b>	Wietske Terpstra, Annelies Straatman en Marc Steenvoorden
<b>Projectnummer</b>	4395531
<b>Aantal pagina's</b>	44 (exclusief bijlagen)
<b>Datum</b>	29 april 2008
<b>Handtekening</b>	

## Colofon

Tauw bv  
afdeling Water  
Handelskade 11  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
Telefoon (0570) 69 99 11  
Fax (0570) 69 96 66

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

- NEN-EN-ISO 9001.



## Inhoud

<b>Verantwoording en colofon</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>9</b>
1.1 Aanleiding .....	9
1.2 Doel van het onderzoek .....	9
1.3 Leeswijzer .....	10
<b>2 Geohydrologische situatie</b> .....	<b>11</b>
2.1 Ligging plangebied .....	11
2.2 Bodemopbouw .....	13
2.3 Grondwater .....	16
2.4 Oppervlaktewater .....	19
2.5 Kwel .....	22
2.5.1 Relatie Waalstanden en stijghoogten .....	22
2.5.2 Relatie Waalstanden en waterstand tichelgaten .....	22
2.6 Conclusies .....	24
<b>3 Toekomstige waterhuishoudkundige situatie</b> .....	<b>27</b>
3.1 Hemelwaterafvoer- en berging .....	27
3.2 Advies maaiveldhoogten .....	28
<b>4 Grondwatermodellering</b> .....	<b>29</b>
4.1.1 Algemeen .....	29
4.1.2 Modelgebied en modeltijd .....	30
4.1.3 Randvoorwaarden .....	30
4.1.4 Modelschema en -parameters .....	31
4.1.5 Waterlopen en ontwateringsmiddelen .....	31
4.2 Modellering huidige situatie (referentie) .....	32
4.2.1 Modelkalibratie .....	32
4.2.2 Grondwaterstanden en kwelstromen huidige situatie .....	33
4.3 Modellering plansituatie .....	34
<b>5 Benodigde waterberging</b> .....	<b>39</b>
5.1 Doorgerekende situaties .....	39
5.2 Bepalen verhard oppervlak .....	39
5.3 Benodigde waterberging .....	40

5.4	Conclusies waterberging .....	41
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>43</b>
6.1	Conclusies .....	43
6.2	Aanbevelingen .....	44

**Bijlage(n)**

1. Maaiveldhoogten in en rondom tichelgaten
2. Zandbanen
3. Boorprofielen waterbodemonderzoek
4. Boorprofielen peilbuizen plangebied
5. Boorprofielen boringen rondom tichelgaten
6. Gemeten grondwaterstanden plangebied
7. GHG plangebied
8. Uitgangspunten Waterschap Rivierenland
9. Weerstand van de deklaag
10. Modelkalibratie (tijdstijghoogtelijnen)



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De ontwikkelingsmaatschappij Druten-Oost C.V. heeft het initiatief genomen voor de planontwikkeling van het woongebied “de Waarden” te Druten. Het plangebied heeft een bruto oppervlak van circa 24,5 hectare waarop circa 400 tot 450 woningen gerealiseerd zullen worden. Het plangebied is gelegen aan de oostzijde van de kern van Druten achter de Waalbanddijk. Centraal in het gebied zijn een aantal tichelgaten aanwezig. Tichelgaten, ofwel kleigaten, zijn oude winplaatsen voor klei ten behoeve van de steenfabrieken. Voor de planontwikkeling zijn reeds diverse onderzoeken uitgevoerd, waaronder een (geo)hydrologisch onderzoek. Dit onderzoek is een verdere uitwerking van het eerdere geohydrologisch onderzoek.

Inmiddels is voor het plangebied een stedenbouwkundig plan opgesteld, waarbij de tichelgaten prominent aanwezig zijn. Voordat het stedenbouwkundige plan verder uitgewerkt kan worden, moeten nog enkele vraagstukken worden opgelost met betrekking tot de waterhuishouding:

- Is het mogelijk om berging te creëren in de tichelgaten en hoe reageert de kwel hierop?
- Hoe gaat de aanwezige kwel zich gedragen bij dempen van de tichelgaten?
- Wat voor consequenties kan het ophogen van het maaiveld opleveren en hoeveel moet het maaiveld worden opgehoogd?
- Wat voor effect hebben de bovengenoemde punten op de waterhuishouding van Druten (oost en Afferden)?
- Kan het waterpeil in de tichelgaten op peil gehouden worden of zal deze fluctueren met de waterstanden van de Waal?

Daarnaast speelt het feit dat Rijkswaterstaat buiten de Waalbanddijk een nevengeul voor de Waal in de Afferdensche en Deestsche Waarden gaat aanleggen met naar verwachting extra kwel in het plangebied. Voor dit onderzoek gaan wij uit dat de extra kwel door de ontwikkelingen in de Afferdensche en Deestsche Waarden uit het plangebied afgevoerd worden en elders geborgen wordt (bron: Witteveen en Bos, Uitwerking maatregelen kwelbezwaar Afferdensche en Deestsche Waarden).

Om tot een goede oplossing in de Waarden te komen is inzicht in de geohydrologische situatie van het plangebied essentieel.

## 1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de toekomstige waterhuishoudkundige inrichting van het plangebied, rekeninghoudend met de invloed van de Waalwaterstanden op het plangebied en de toename van de kwel in de toekomstige situatie.

Om dit te bepalen is het onderzoek opgedeeld in drie fases:

1. Aanvullend (geo)hydrologisch onderzoek en verkennende berekeningen
2. Geohydrologische modelstudie
3. Uitwerking Waterhuishoudingsplan en rioleringsplan

De resultaten van fase 1 en 2 zijn weergegeven in deze rapportage.

In fase 1 zijn op basis van het reeds uitgevoerde geohydrologisch onderzoek enkele verkennende berekeningen uitgevoerd ten behoeve van de verdere invulling van het stedenbouwkundig plan. Het betreft hierbij een indicatie van de toekomstige maaiveldhoogte en de benodigde waterberging in het gebied en situering hiervan. In het (geo)hydrologisch onderzoek is onder andere het verband tussen het waterpeil in de tichelgaten en waalstanden vastgesteld. Tevens zijn een aantal aanvullende peilbuizen geplaatst om het verband tussen de Waalstanden en de grondwaterstanden en waterstand in de Tichelgaten gedetailleerder in beeld te brengen (mede in verband met de aanwezige zandbanen).

In fase 2 is een geohydrologisch model opgezet. Doel is om de eventuele kweltoename in de toekomstige situatie in beeld te brengen.

### **1.3 Leeswijzer**

In hoofdstuk twee komt de huidige geohydrologische situatie van het plangebied aan bod. Hierin wordt onder andere ingegaan op de relatie tussen de waterstand in de Waal en de grondwaterstand in het plangebied. Hoofdstuk drie gaat in op het toekomstige watersysteem. In hoofdstuk vier is de grondwatersituatie nader belicht aan de hand van de resultaten van een grondwatermodellering. In hoofdstuk vijf komt de waterberging aan bod. Tenslotte staan in hoofdstuk zes de conclusies en aanbevelingen.

## 2 Geohydrologische situatie

In dit hoofdstuk komt de geohydrologische situatie van het plangebied aan bod.

### 2.1 Ligging plangebied

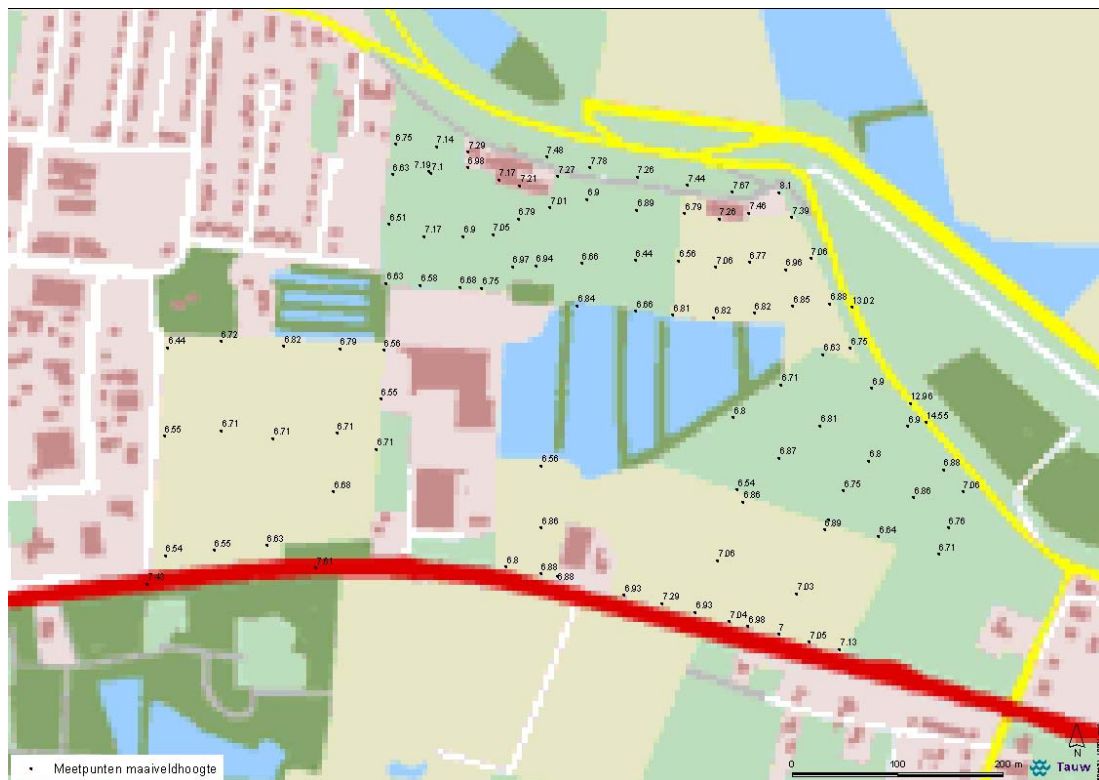
Het plangebied is gelegen aan de oostzijde van de kern van Druten. De begrenzing van het plangebied wordt in de noordelijke richting gevormd door de Waalbandijk, ten oosten door de Klapstraat, ten zuiden door de Van Heemstraweg en ten westen door de kern van Druten.



**Figuur 2.1 Ligging plangebied**

Het gebied heeft momenteel voornamelijk een landbouwkundige functie; boomgaarden en weilanden. Centraal in het gebied zijn een aantal tichelgaten aanwezig (zie ook paragraaf 2.4).

De ontwikkelingsmaatschappij heeft in het kader van planontwikkeling de Waarden hoogtemetingen uit laten voeren. De maaiveldhoogte in het plangebied varieert van circa 6,70 tot circa 7,10 m +NAP. Het plangebied is dus relatief vlak te noemen. De maaiveldhoogte in het plangebied is ingemeten en geprojecteerd in figuur 2.2.



**Figuur 2.2 Maaiveldhoogte plangebied**

De dijk ten noorden en noordoosten van het plangebied ligt op een hoogte van circa 13,20 m +NAP. De Van Heemstraweg ten zuiden van het plangebied ligt op een hoogte van circa 7,40 m +NAP. Aanvullend op deze metingen zijn de bodemhoogten van de tichelgaten en het maaiveld rondom de tichelgaten ingemeten. Deze staan op kaart in bijlage 1. De bodemhoogten van de tichelgaten liggen op circa NAP 4,5 m. Tichelgat IV (voor nummering tichelgaten zie figuur 2.3) is plaatselijk iets dieper. De bodemhoogte van dit Tichelgat ligt deels op NAP 4,2 m.

## 2.2 Bodemopbouw

### *Regionale bodemopbouw*

De deklaag (5 à 6 m) bestaat uit fijne slibhoudende zanden, uit klei of veen of uit een combinatie daarvan (oude rivierklei).

Het eerste watervoerende pakket omvat veelal grofzandige afzettingen tot aan de eerst aangetroffen scheidende laag. Het pakket wordt voornamelijk gevormd door afzettingen van de Formaties Urk, Sterksel en Kreftenheye (circa 40 m dik).

De regionale bodemopbouw is afgeleid uit de Grondwaterkaart van Nederland<sup>1</sup>, de Bodemkaart van Nederland<sup>2</sup> en boorgegevens die zijn opgevraagd bij TNO-NITG. Aan de hand van de genoemde informatiebronnen is in tabel 2.1 een schematisatie weergegeven van de bodemopbouw.

**Tabel 2.1 Regionale bodemopbouw**

Diepte (m –mv)	Samenstelling	Formatie	Geohydrologische eenheid
0 – 1 à 5	Klei	Betuwe	Deklaag
1 à 5 – 45	Matig fijn tot grof, grindhoudend zand	Kreftenheye, Sterksel, Kedichem	1 <sup>e</sup> watervoerend pakket
45 – 55	Klei	Tegelen	Scheidende laag
> 55	Lemig fijn zand	Oosterhout, Breda	2 <sup>e</sup> watervoerend pakket

De locatie ligt in het rivierengebied. De bodemopbouw is door de aanwezigheid van rivieren beïnvloed. Er is een dunne deklaag aanwezig waaronder zich het eerste watervoerende pakket bevindt. Als gevolg van de aanwezigheid van stroomgordels, ofwel zandbanen, kan de dikte van de deklaag soms zeer beperkt zijn (< 1 m).

Het watervoerende pakket bestaat uit matig fijne en grove zanden van de formaties Kreftenheye, Sterksel en Kedichem. Op circa 45 m diepte wordt de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket aangetroffen. Deze laag heeft een dikte van circa 10 m.

Uit de Bodemkaart van Nederland blijkt dat op de locatie kalkhoudende ooivaaggronden (Rd10A) aanwezig zijn. Dit is een rivierkleigrond waarbij de ondiepe bodemopbouw bestaat uit lichte zavel.

<sup>1</sup> Grondwaterkaart van Nederland, Inventarisatierapport Rhenen, 39 Oost. Ing. G.A.G. Nelisse en drs. H.R. Schoute, Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft, juli 1977

<sup>2</sup> Bodemkaart van Nederland, 39 Oost, Schaal 1:50.000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1975

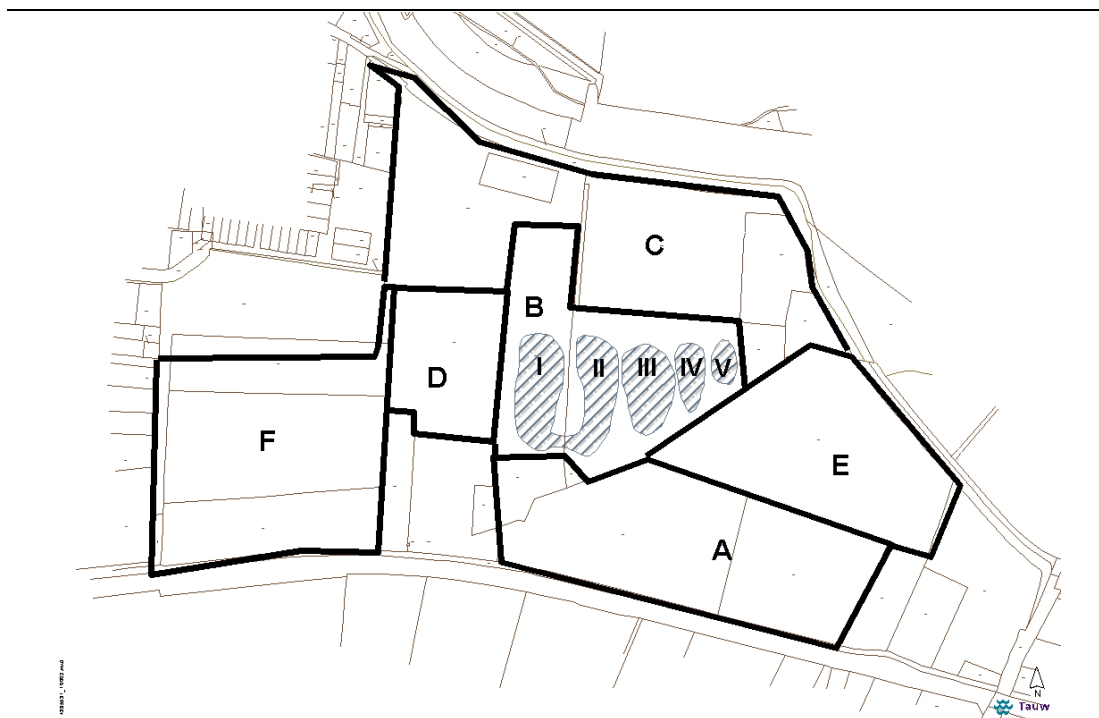
*Lokale bodemopbouw*

De afgelopen jaren zijn diverse milieukundige onderzoeken uitgevoerd in het kader van de planontwikkelingen waarbij tevens bodemprofielen zijn beschreven. In onderstaande tabel is de bodembeschrijving per deellocatie (zie tabel 2.2 en figuur 2.3) weergegeven.

**Tabel 2.2 bodembeschrijving uit milieukundige onderzoeken**

<b>Locatie</b>	<b>Traject (m-mv)</b>	<b>Bodembeschrijving</b>	<b>gw-stand* (m-mv)</b>
A	0,0 – 2,0	Klei, met op verschillende hoogten zandlagen	1,6 – 1,8 (februari 2000) 1,6 (februari 2005)
B (puinstortplaats + tichelgaten)	0,0 – 0,3 0,3 – 2,2	Afdeklaag Puinlaag	0,8 (augustus 2002)
C	0,0 – 0,5 0,5 – 1,2 1,2 – 2,0	Klei Zwak siltig klei Klei, voelt zwak vetzig en versmeerd aan	1,6 – 1,8 (december 1999) 0,6 – 1,0 (maart 2005)
D	0,0 - 0,9 0,9 – 2,8	Opgebrachte zandlaag Matig tot sterk siltige klei	0,7 - 0,9 (januari 2002)
E	0,0 – 0,3 >0,3	Zwak tot matig humeuze, sterk zandige klei Matig siltig klei	1,3 – 1,4 (december 2004)
F		Nog nader te onderzoeken	

\* De grondwaterstanden kunnen onderling niet met elkaar vergeleken worden, aangezien deze op verschillende momenten gemeten zijn


**Figuur 2.3 Deelgebieden milieukundig onderzoek**

De bodemopbouw van het plangebied is gevormd door een oude riviertak. Hierdoor zijn aan de zuidzijde in de afdekkende kleilagen ofwel zandbanen aanwezig. Op locaties waar een zandbaan aanwezig is kan de deklaag tot <1 m dik zijn (zie bijlage 2<sup>3</sup>) in plaats van de “normale” dikte van 5 m.

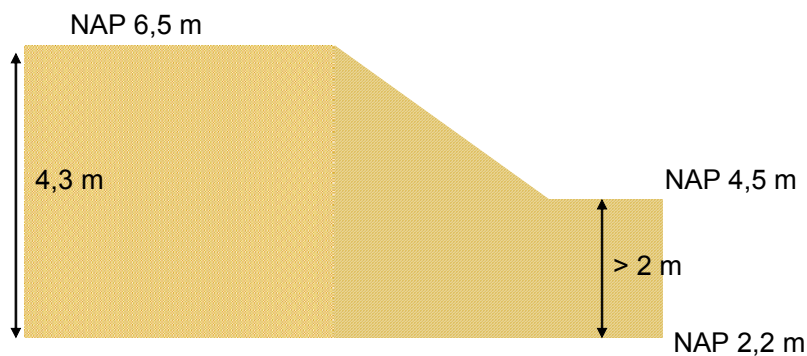
### Tichelgaten

In het kader van een waterbodemonderzoek zijn nabij de tichelgaten in het plangebied enkele boringen geplaatst. Aan de noordzijde van de tichelgaten zijn vier diepe boringen geplaatst tot 15 m –mv. De bovengrond bestaat tot circa 1,8 m –mv uit klei met een lichte bijmenging van veen en fijn zand. Van 1,8 tot 2,0 m –mv wordt de kleilaag onderbroken door een dunne laag fijn zand met een kleine fractie klei. De kleilaag is aangetroffen tot circa 3,5 m diepte. Aan de westzijde van het onderzoeksterrein (direct boven tichelgat 1) is vanaf 3,5 m –mv zeer grof zand met een kleine fractie grind aangetroffen. In de overige boringen (boringen 20, 30 en 40) is vanaf 3,5 m –mv tot circa 9 m –mv zand aangetroffen. Vanaf circa 9 m –mv tot 15 m –mv is zeer grof zand aangetroffen met een kleine fractie grind. Een overzicht van de boorprofielen is opgenomen in bijlage 3.

<sup>3</sup> Bron peilbesluit Quarles van Ufford, Witteveen+Bos, 2005



Aanvullend op het waterbodemonderzoek zijn boringen rondom de tichelgaten uitgevoerd. De boorprofielen van deze boringen zijn weergegeven in bijlage 5. Uit deze boorprofielen is af te leiden dat de bodem 3,7 tot 4,5 m-mv hoofdzakelijk bestaat uit klei. Het maaiveld ter plaatse van deze boringen is ook ingemeten. Deze staan op kaart in bijlage 1. In figuur 2.4 is de bodemopbouw ter plaatse van de tichelgaten schematisch weergegeven. Uit de boorgegevens en de hoogtemetingen is af te leiden dat onder de bodem van de tichelgaten nog een kleilaag van circa 2 meter bevindt.



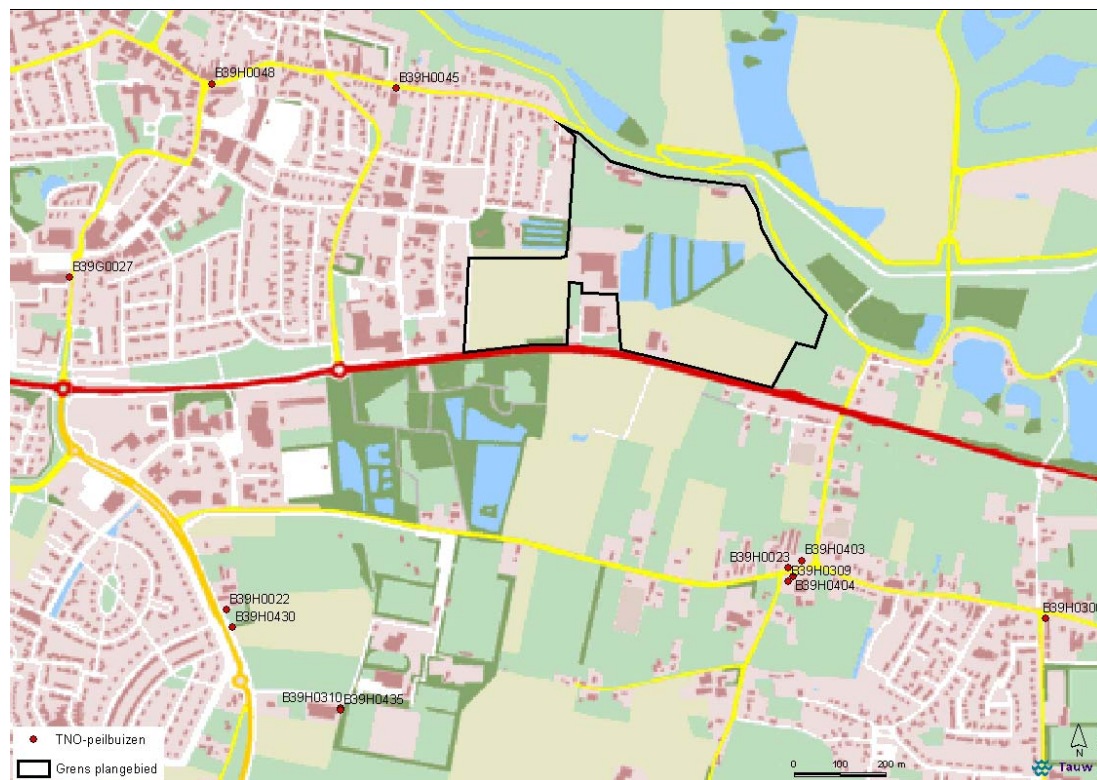
**Figuur 2.4 Schematische weergave kleilaag Tichelgaten**

In de tichelgaten is onderzoek gedaan naar de waterbodem. Hierbij zijn per tichelgat ongeveer 25 tot 50 boringen tot ongeveer 0,5 m beneden de waterbodem gemaakt. Uit het onderzoek bleek de dikte van de sliblaag in tichelgat 1 ongeveer 10 cm te bedragen. De dikte van de sliblaag in tichelgaten 2 tot en met 5 bedraagt 15 cm. De ondergrond bestaat voornamelijk uit klei met een fijne tot matige hoeveelheid fijn zand.

### 2.3 Grondwater

Nabij het plangebied staan verschillende NITG-TNO peilbuizen. De locatie van de peilbuizen is in figuur 2.5 weergegeven. De Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) ter hoogte van de peilbuizen varieert van circa 5,8 tot 7,1 m +NAP of 2,8 tot 0,5 m –mv en de Gemiddelde Laagste Grondwaterstand (GLG) van 4,3 tot 5,6 m +NAP of 4,9 tot 1,5 m –mv. Alle gegevens staan in tabel 2.3 weergegeven.




**Figuur 2.5 Ligging TNO-peilbuizen**

Aangezien de afstand van de peilbuizen tot aan het plangebied relatief groot is en kwel aanwezig is in het plangebied, kunnen er geen conclusies uit de meetwaarden van TNO getrokken worden.

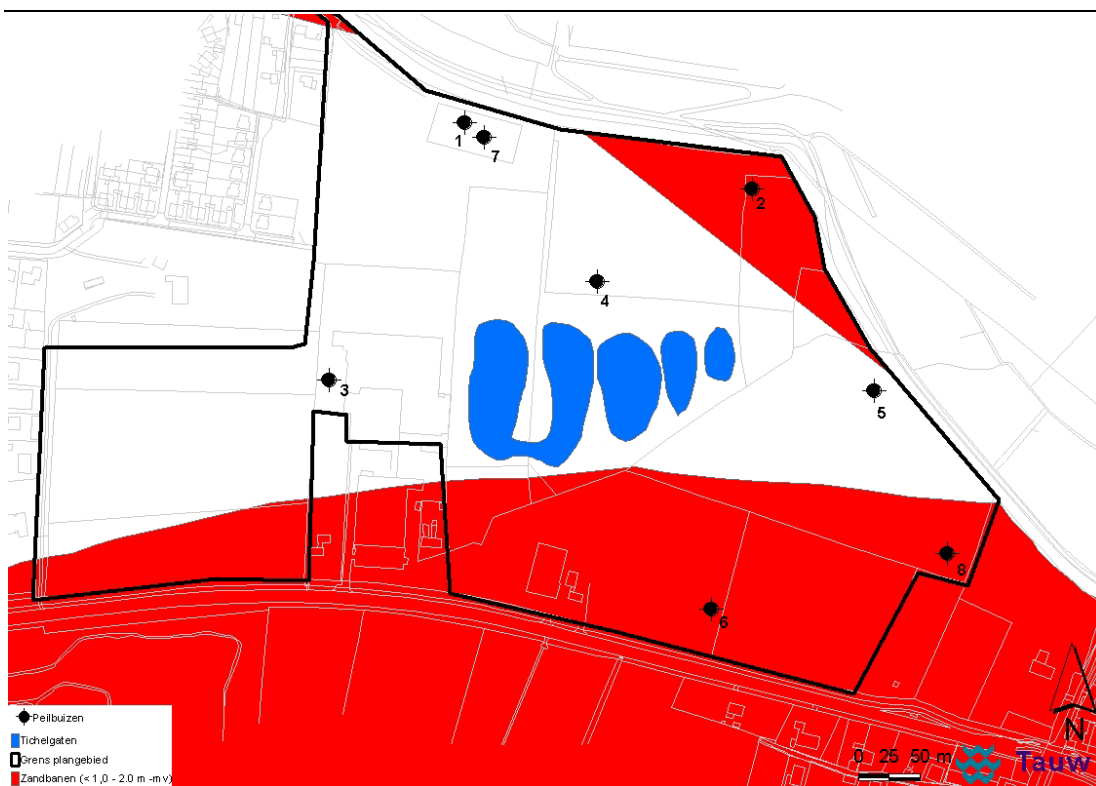
**Tabel 2.3 Grondwaterstand NITG-TNO peilbuizen**

Peilbuis	Maaiveld (m+NAP)	GHG (m +NAP)	GHG (m-mv)	GLG (m +NAP)	GLG (m-mv)
B39g0027	8,17	7,07	1,10	5,56	2,61
B39g0022	7,05	5,58	1,47	4,76	2,29
B39g0023	6,52	5,87	0,65	4,98	1,54
B39g0045	7,60	6,56	1,04	4,26	3,34
B39g0048	9,64	6,86	2,78	4,75	4,89
B39g0300	6,85	5,81	1,04	4,85	2,00
B39g0309	6,87	5,95	0,92	5,00	1,84
B39g0310	7,58	5,76	1,82	4,85	2,73

Peilbuis	Maaiveld (m+NAP)	GHG (m +NAP)	GHG (m-mv)	GLG (m +NAP)	GLG (m-mv)
B39g0403	6,48	5,79	0,69	4,97	1,51
B39g0404	6,85	6,31	0,54	5,16	1,69
B39g0430	6,96	5,62	1,34	4,73	2,23
B39g0435	7,66	6,32	1,34	5,36	2,30

Tijdens de milieukundige onderzoeken die in het plangebied zijn uitgevoerd zijn ook de grondwaterstanden gemeten (zie tabel 2.2). Uit deze meetgegevens blijkt dat de grondwaterstand, met name in de winterperiode, varieert van 0,6-1,8 m –maaiveld.

Om grondwaterstandfluctuaties te kunnen bepalen, zijn verspreid over het plangebied acht peilbuizen geplaatst (zie figuur 2.6). Peilbuis 6 en 8 zijn in een zandbaan geplaatst. Peilbuis 1 is tot onder de afsluitende kleilaag geboord. De overige peilbuizen zitten in de afsluitende kleilaag. In bijlage 4 zijn de boorprofielen weergegeven. De peilbuizen zijn voorzien van zelfregistrerende meetapparatuur (divers) die de grondwaterstand vier maal per dag meten.



Figuur 2.6 Locatie peilbuizen

In bijlage 6 zijn twee grafieken opgenomen met de gemeten grondwaterstanden, één ten opzichte van maaiveld en één ten opzichte van NAP. De grondwaterstand varieert in het plangebied tussen 0 en 2,5 m –mv (tussen NAP +7,0 m en NAP +4,5 m).

De hoogste grondwaterstanden worden gemeten in peilbuis 1, 2 en 7 (noordzijde plangebied), de laagste waterstanden zijn geregistreerd bij de peilbuizen 3, 4, 6 en 8 (midden en zuidzijde plangebied). Peilbuis 8 heeft een vrij vlak grondwaterstandsverloop. Deze peilbuis staat waarschijnlijk onder invloed van de nabij gelegen watergang. Voor de noordzijde van het plangebied is een GHG af te leiden uit de meetwaarden van ongeveer NAP +6,75 tot +7,25 m. Voor het midden en de zuidzijde van het plangebied bedraagt de GHG op basis van de meetreeks voor peilbuis 3, 4 en 6 globaal NAP +6,0 m. De meetwaarden in peilbuis 8 vertonen enigszins een ander patroon, maar hiervoor kan een GHG worden afgeleid van NAP +6,0 tot +6,5 m. Ook voor peilbuis 5 aan de oostzijde van het plangebied is een GHG af te leiden van ongeveer NAP +6,5 m.

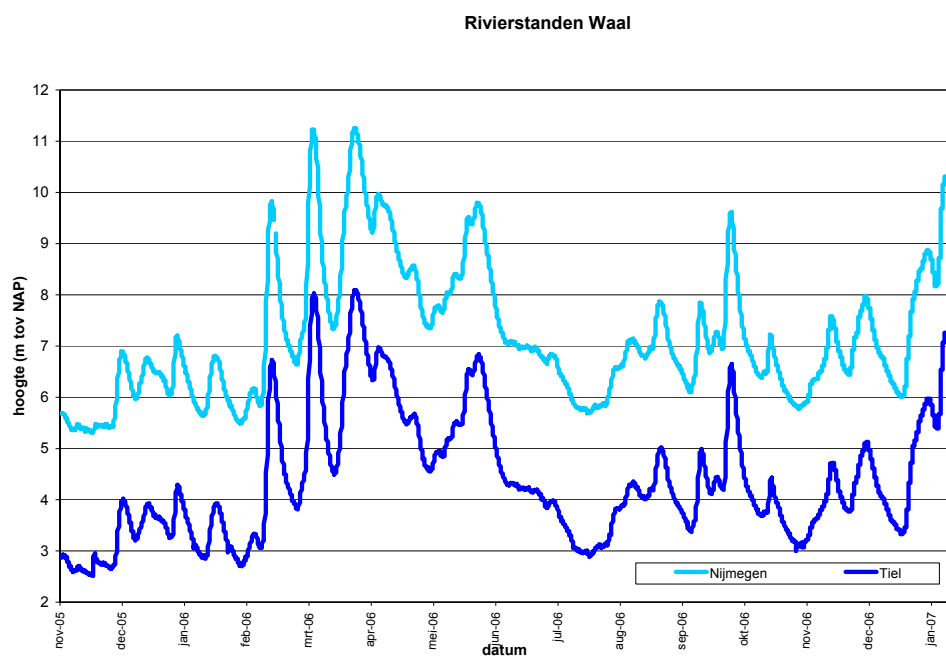
Als de gemeten waarden worden vergeleken met de huidige maaiveldhoogte die genoemd is in paragraaf 2.1, blijkt dat de GHG plaatselijk nagenoeg tot aan het maaiveld reikt. Dit is met name bij de peilbuizen 2 en 5 het geval. Opgemerkt moet worden dat de meetreeks relatief kort is voor het afleiden van de GHG.

## **2.4 Oppervlaktewater**

De gehele gemeente Druten ligt in het stroomgebied van Quarles van Ufford. Dit gebied wordt in het noorden begrensd door de Waal en in het zuiden door de Maas.

De Waal stroomt op circa 800 m ten noorden van het plangebied. In figuur 2.6 is een grafiek met gemeten waterstanden<sup>4</sup> opgenomen. Uit de waterstanden die nabij Nijmegen en nabij Tiel gemeten zijn, is een duidelijke seizoensdynamiek af te lezen. Het gemiddelde peil nabij het plangebied bedraagt circa NAP +5,5 m. Ten tijde van hoogwater kan het peil oplopen tot boven NAP +8,0 m. In droge perioden kan het peil uitzakken tot onder NAP +4,5 m.

<sup>4</sup> Bron: [www.waterbase.nl](http://www.waterbase.nl), meetgegevens Rijkswaterstaat



**Figuur 2.7 Rivierstanden Waal bij Nijmegen en Tiel**

In de grafiek in bijlage 6 is naast de gemeten grondwaterstand in het plangebied ook de Waalstand opgenomen. Hieruit is af te leiden dat de grondwaterstand reageert op wisselingen in het Waalpeil.

Het water uit het plangebied stroomt in de huidige situatie af door middel van de watergang ten noorden van de Van Heemstraweg (zie figuur 2.8). In principe stroomt het water via deze watergang middels duikers onder de weg af naar het zuiden. Echter in droge perioden kan de stromingrichting veranderen (met name richting het oosten). Het streefpeil van peilvlak 19, waarin het plangebied ligt, ligt in de zomer op 5,80 m +NAP en in de winter op 5,55 m +NAP.



**Figuur 2.8 Leggerwatergangen en locatie TNO-peilbuizen**

Tussen de huidige en de voormalige winterdijk, ten noordoosten van het plangebied, liggen enkele waterplassen. Deze staan door middel van een duiker in verbinding met de watergangen van het plangebied. In de winterperiode wordt de duiker afgesloten, aangezien er anders te veel (kwel)water uit deze waterplassen door het plangebied wordt afgevoerd naar de watergangen richting het zuiden.

In mei 2005 is een watersysteemanalyse voor Druten in opdracht van de gemeente Druten en Waterschap Rivierenland uitgevoerd. Onderdeel van deze analyse is een waterkwantiteitstoets. Uit de resultaten van deze toets blijkt dat op een aantal locaties watergangen niet voldoen aan de droogleggingeis van 0,70 m (ten opzichte van maaiveld) bij een herhalingstijd van T=10 (+10 %). De drooglegging in de watergang aan de Van Heemstraweg bij de aangegeven herhalingstijd is 0,65 meter ten opzichte van maaiveldniveau. Dit voldoet niet aan de droogleggingeis. Bij een bui T=100 (+10 %) is de drooglegging ongeveer gelijk aan de situatie bij bui T=10 (+10 %). Het lozen van extra regen- of kwelwater op deze watergang is dus niet zondermeer mogelijk.

Centraal in het plangebied zijn tichelgaten aanwezig (zie figuur 2.3). Tichelgaten, ofwel kleigaten, zijn oude winplaatsen voor klei ten behoeve van de steenfabrieken. Nadat de afgravingen plaatsgevonden hebben, blijven er gaten over die zich vullen met grond-/kwelwater. Bij een milieukundig onderzoek van de waterbodem in november 2000 werd in een van de tichelgaten een waterdiepte van slechts 0,75 meter tot aan de waterbodem gemeten. Onduidelijk is in hoeverre deze Tichelgaten in de zomerperiode watervoerend zijn.

## **2.5 Kwel**

### **2.5.1 Relatie Waalstanden en stijghoogten**

De ligging van het plangebied ten opzichte van de Waal heeft een duidelijke invloed op de waterhuishouding. Door de nabije ligging van de Waal wordt de stijghoogte in het onderliggende watervoerende pakket en daarmee de freatische grondwaterstand beïnvloedt door de Waal. In bijlage 6 is de relatie tussen de peilbuizen en de Waal waar te nemen.

De trend in beide meetreeksen is vergelijkbaar. Echter de stijghoogte wordt gedempt ten opzichte van de Waalstanden onder invloed van de laterale weerstand in het watervoerende pakket en de afstand tot het zomerbed van de Waal.

Doordat de kweldruk in het plangebied hoog is, kan in de natte perioden het kwelwater tot aan het maaiveld stijgen. Het Waterschap Rivierenland heeft voor 2002 een waterbalans opgesteld voor het stromingsgebied. In de balans wordt gesuggereerd dat in het gehele stromingsgebied de kweldruk gemiddeld hoger is dan de wegzijging (infiltratie).

Dit betekent dat er netto meer water door middel van kwel het gebied instroomt dan dat er door middel van infiltratie wegzijgd. De GHG kan in grote delen van het plangebied dus tot aan maaiveld reiken (zie bijlage 7<sup>5</sup>).

Uit de resultaten van de kwelberekeningen blijkt dat in peilvlak 19, waarin het plangebied ligt, de gemiddelde kweldruk in de zomer -0,81 mm/d en in de winter -0,47 mm/d is<sup>6</sup>. De kweldruk ligt hier dus gemiddeld lager dan de wegzijging. Uit waarnemingen ter plaatse blijkt echter dat bij hoge Waalwaterstanden kwelwater zichtbaar is in het noorden en het westen van het plangebied.

### **2.5.2 Relatie Waalstanden en waterstand tichelgaten**

In verband met de ontwikkeling van het plangebied is het noodzakelijk om inzicht te hebben in de relatie tussen de waterstand in de Waal en de waterstand in de tichelgaten. Als de tichelgaten de deklaag doorsneden hebben en er een duidelijke weerstandsbedende laag op de bodem van de

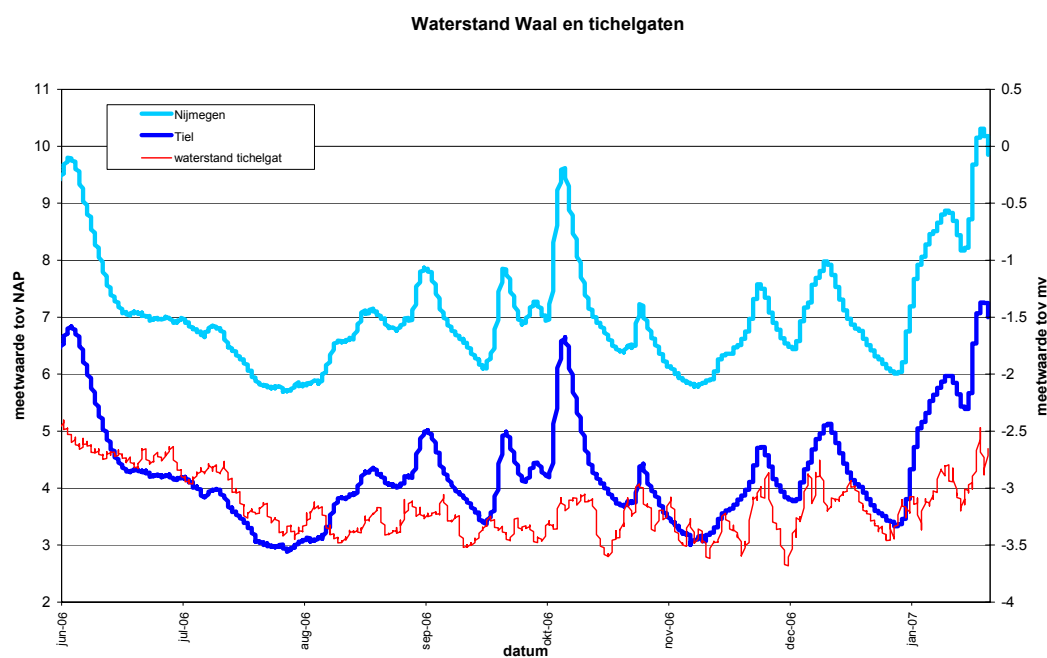
<sup>5</sup> Bron peilbesluit Quarles van Ufford, Witteveen+Bos, 2005

<sup>6</sup> Gemeente Druten en Waterschap Rivierenland, mei 2005



tichelgaten ontbreekt, zou namelijk het water in de tichelgaten in contact staan met de Waal en mee stijgen met het Waalpeil. In hoogwatersituaties kan dit tot problemen leiden.

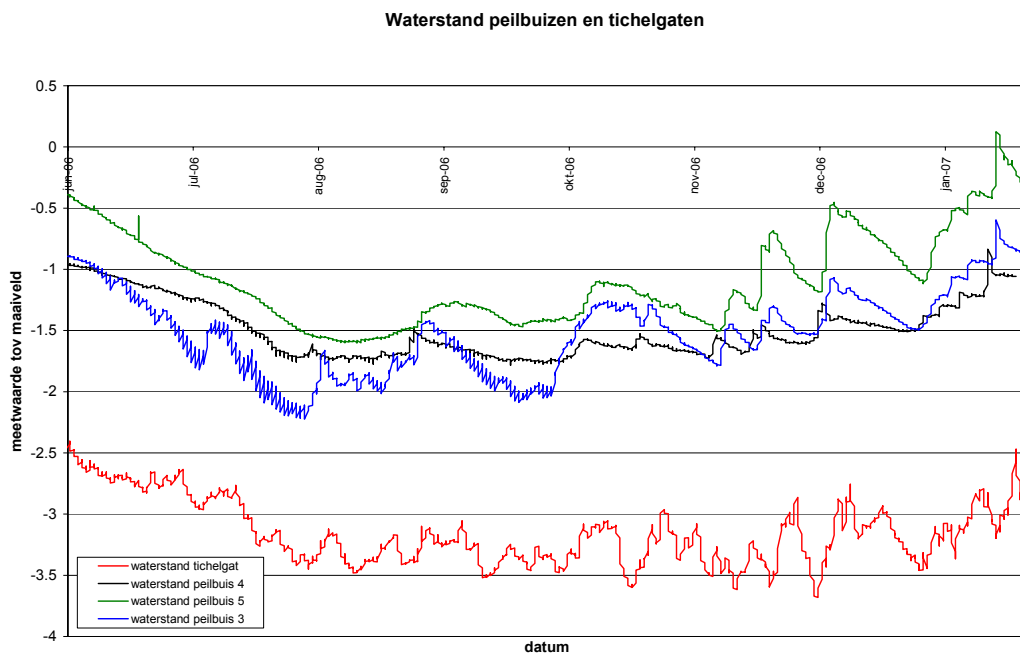
In figuur 2.9 zijn de waterstand in de Waal en de waterstand in de tichelgaten in de tijd uitgezet. **Let op! De Waalstanden zijn weergegeven ten opzichte van NAP (linkerschaal) en de waterstanden van de Tichelgaten ten opzichte van maaiveld (rechtterschaal).** Hieruit blijkt dat de waterstand in het tichelgat reageert op een stijging van het Waalpeil. De fluctuatie in het tichelgat is echter veel minder dan de fluctuatie in de Waal. In het tichelgat varieert de waterstand in de getoonde periode globaal tussen 2,5 en 3,5 m –mv (fluctuatie 1 m). Terwijl in de zelfde periode het Waalpeil bij Druten fluctueert tussen ongeveer NAP +4,5 m en NAP +8,0 m (fluctuatie 3,5 m).



**Figuur 2.9** Vergelijking waterstanden Waal (t.o.v NAP) en tichelgaten (t.o.v. maaiveld)

Uit een vergelijking van de waterstand in de tichelgaten met de grondwaterstand die rondom de tichelgaten gemeten is in de peilbuizen 3, 4, en 5 in het plangebied (zie figuur 2.10), blijkt dat de fluctuatie in de waterstand van de tichelgaten patroon vertoont dat vergelijkbaar is met de fluctuatie in grondwaterstand. De getoonde peilbuizen staan buiten de zandbanen.

De figuren 2.9 en 2.10 beschouwend en de boringen rondom de tichelgaten, kan geconcludeerd worden dat de tichelgaten de deklaag niet geheel doorsneden hebben.



**Figuur 2.10** Vergelijking waterstanden peilbuizen en tichelgaten

## 2.6 Conclusies

Uit het geohydrologisch onderzoek blijkt dat de tichelgaten de deklaag niet geheel doorsnijden. De waterstanden in de tichelgaten fluctueren hiermee niet één op één mee met de waterstanden op de Waal. Dit betekent dat deze tichelgaten gebruikt kunnen worden voor waterberging. De fluctuatie in het halve jaar dat de waterstanden in de tichelgaten gemeten is, is circa 1 meter. Een dergelijke fluctuatie in oppervlaktewaterpeil vraagt extra aandacht bij de inrichting van de oevers om deze het hele jaar door er aantrekkelijk uit te laten zien voor de bewoners.

Op basis van de voor dit onderzoek geplaatste peilbuizen heeft het noordelijke deel van het plangebied te maken met een GHG van ongeveer NAP +6,75 tot +7,25 m. De GHG reikt daarmee nagenoeg tot aan maaiveld. In het midden en het zuiden van het plangebied kan een GHG worden afgeleid van ongeveer NAP +6,0 m. Aan de oostzijde is de GHG ongeveer NAP +6,5 m. Globaal kan gezegd worden dat de GHG in zuidelijke richting afneemt. Opgemerkt dient te worden dat de meetperiode van de peilbuizen eigenlijk te kort is voor het bepalen van de GHG. Op basis van de genoemde GHG moet het maaiveld in het noorden van het plangebied met 0,8



tot 1 meter opgehoogd worden om te voldoen aan de gewenste ontwateringsdiepte zoals verwoord in de uitgangspunten van Waterschap Rivierenland (zie bijlage 8). Ook langs de oost- en zuidzijde van het plangebied is enige ophoging noodzakelijk. In het midden van het plangebied is de ontwateringsdiepte mogelijk net voldoende zonder ophoging. Met behulp van het grondwatermodel dat wordt toegelicht in hoofdstuk 4 kunnen we een beter inzicht krijgen in de voorkomende GHG in het plangebied. Op basis van de grondwaterberekeningen zullen wij een betere onderbouwing geven van de toekomstige maaiveldhoogten en de benodigde ophoging.



### 3 Toekomstige waterhuishoudkundige situatie

In dit hoofdstuk komt het toekomstige watersysteem van de woonwijk aan bod.

#### 3.1 Hemelwaterafvoer- en berging

In figuur 3.1 is een schets opgenomen van de toekomstige hemelwaterafvoer en oppervlaktewaterstructuur. Het hemelwater wordt via IT-riolering af op het oppervlaktewater. Op de locatie waar nu de Tichelgaten liggen komt een ecologische zone met water. In deze wordt een groot deel van het afstromende hemelwater geborgen. Het oppervlaktewater in deze zone wordt via een stuw af op de bestaande A-watergang ten zuiden van het plangebied. Aangezien aanvoer van water niet mogelijk is zal het peil in deze zone in de zomer flink kunnen uitzakken. De kruinhoogte van de stuw ligt tussen de NAP 5,55 m en NAP 5,8 m. De IT-riolen komen in het noordelijk deel op circa NAP 6,6 m te liggen. In het zuidelijk deel liggen de IT-riolen op NAP 6,3 m.



Figuur 3.1 Schets waterstructuur

### **3.2 Advies maaiveldhoogten**

Op basis van de peilbuismetingen en de geohydrologische modellering (GHG bepaling referentiesituatie) stellen we voor het plangebied de volgende minimale maaiveldhoogten voor.

- Noordelijk gebied: NAP 7,5 m
- Zuidwestelijk gebied NAP 7,0 m
- Zuidoostelijk gebied NAP 6,9 m

De effecten van dit watersysteem en maaiveldhoogten op het grondwater zijn doorgerekend in hoofdstuk 4.

## 4 Grondwatermodellering

**Om de gevolgen van de inrichting van het plangebied op het grondwatersysteem inzichtelijk te maken, is een grondwatermodel opgezet. In dit hoofdstuk wordt de bouw van het model toegelicht en de huidige hydrologische situatie in beeld gebracht. Deze situatie dient als referentie voor de situatie na herinrichting van het plangebied. Vervolgens is de plansituatie in beeld gebracht.**

De inrichting van het plangebied heeft gevolgen voor de waterhuishouding in het gebied. Door de aanleg van IT-riolen kan enerzijds overtollige neerslag geïnfiltreerd worden in de bodem en anderzijds de gewenste ontwateringdiepte in het gebied worden gegarandeerd bij hoge grondwaterstanden. Van belang hierbij is het grondwaterstandverloop dat van nature optreedt als gevolg van de waterstanden in de Waal. De Waal doorsnijdt de deklaag en staat daardoor in contact met het onderliggende watervoerend pakket. De stijghoogte in het watervoerend pakket veert daardoor mee met de oppervlaktewaterstanden. Naarmate de afstand tot de Waal toeneemt, neemt de invloed van de fluctuatie van de Waalstanden op het grondwatersysteem af. Het plangebied ligt echter dicht achter de winterdijk, waardoor de afvoersituatie op de Waal zeer goed waarneembaar is in het grondwaterstandverloop. Om de gevolgen van de inrichting van het plangebied op het grondwatersysteem inzichtelijk te maken, is een grondwatermodel opgezet. In dit hoofdstuk wordt de bouw van het model toegelicht en de huidige hydrologische situatie in beeld gebracht. Deze situatie dient als referentie voor de situatie na herinrichting van het plangebied. Er wordt specifiek gekeken naar de ontwatering bij hoogwatersituaties (GHG-situatie en een T=10 op de Waal).

### 4.1.1 Algemeen

Het grondwatermodel heeft tot doel de afvoer van kwelwater bij extreme afvoersituaties op de Waal te bepalen voor enkele inrichtingsvarianten. Omdat het grondwaterstandverloop wordt gedomineerd door de Waalstanden, is ervoor gekozen om de oppervlaktewaterstanden tijdsafhankelijk in het model te brengen. De grondwateraanvulling wordt daarbij constant verondersteld (gemiddelde neerslagoverschot). Dit houdt in dat met het grondwatermodel niet wordt gekeken naar de gevolgen van variabele neerslag, maar vooral wordt gekeken naar de effecten van de Waalstanden op de grondwaterstanden en ontwatering in het gebied.

Bij hoogwatersituaties neemt de stijghoogte in het watervoerend pakket (onder de deklaag) toe, en daarmee ook de kwel naar het freatische grondwater. Hierdoor stijgt ook de grondwaterstand, wat uiteindelijk leidt tot afvoer van grondwater via de watergangen in het plangebied. De uitwisseling tussen het grondwater in het watervoerend pakket en het freatische pakket (in de deklaag) wordt bepaald door de weerstand van de deklaag. Hoe kleiner de weerstand, hoe groter

de uitwisseling c.q. kwelsterkte bij hoogwatersituaties op de Waal. In dit kader is de opbouw van de deklaag in het gebied van belang en is aandacht besteed aan het voorkomen van zandbanen.

Het model is gekalibreerd op basis van gemeten stijghoogten.

#### **4.1.2 Modelgebied en modeltijd**

Om de invloed van de Waal op het grondwatersysteem goed te simuleren, is een ruim modelgebied gekozen (9 km bij 7 km). Het modelgebied wordt begrensd door de x-coördinaten 167000 en 176000, en y-coördinaten 428000 en 435000. Het gebied is onderverdeeld in rekencellen van 25x25 m<sup>2</sup> (uniform). Het model is opgesteld voor de periode 1 januari 2001 tot 1 januari 2007. De modelperiode is onderverdeeld in rekenperioden van verschillende lengtes. Het jaar 2001 is beschouwd als stationair aanloopjaar (1 rekenperiode) naar de feitelijke instationaire periode 2002 t/m 2006. Vervolgens zijn de rekenperioden geleidelijk verkort naar de T=10 hoogwaterperiode rond 7 januari 2003 en de extreem laagwatersituatie van 3 oktober 2003. De modelperiode is vervolgens voortgezet met tweewekelijkse rekenperiode ten behoeve van de afleiding van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

#### **4.1.3 Randvoorwaarden**

Het model dient het effect van de Waal op de grondwaterhuishouding voldoende nauwkeurig te simuleren. Om deze reden is het model voor de instationaire modelperiode gekalibreerd (2002 tot en met 2006), aangezien dit een recente periode is geweest met zowel een extreem hoogwater- als laagwater situatie. Tevens zijn voor deze periode stijghoogtemetingen aanwezig van de nabijgelegen TNO-peilbuizen.

Tijdens de volledige modelperiode is de grondwateraanvulling gesimuleerd met een gemiddeld neerslagoverschot van 0,9 mm/dag. Voor het stedelijke gebied is er vanuit gegaan dat de grondwateraanvulling gelijk is aan de helft van dit neerslagoverschot. Op de modelrand zijn de gemiddelde stijghoogten aangehouden zoals ruimtelijk geïnterpoleerd uit stijghoogtemetingen. Voor de grondwateronttrekkingen in het gebied zijn de gemiddelde debieten ingevoerd.

De instationaire modelperiode start op 1-1-'01 met een periode van 12 maanden met een gemiddeld Waalpeil van NAP + 5,32 m, teneinde een reële uitgangspositie te krijgen voor de daaropvolgende instationaire periode.

#### 4.1.4 Modelschema en -parameters

Het modelschema is gebaseerd op het Nationaal Grondwater Model (NAGROM), en ziet er als volgt uit:

**Tabel 4.1 Modelschema en modelparameters**

Modellaag	Bodemlaag	Dikte	Doorlaatvermogen/weerstand
1	Freatisch pakket / deklaag	< 3 m	kD = 10 m <sup>2</sup> /dag c = 1 – 6.000 dagen
2	Watervoerend pakket 1	35 - 45 m	kD = 2.000 m <sup>2</sup> /dag c = 10 – 500 dagen
3	Watervoerend pakket 2	30 - 50 m	kD = 2.000 m <sup>2</sup> /dag c = 800 – 1.500 dagen
4	Watervoerend pakket 3	30 m	kD = 1.800 m <sup>2</sup> /dag -

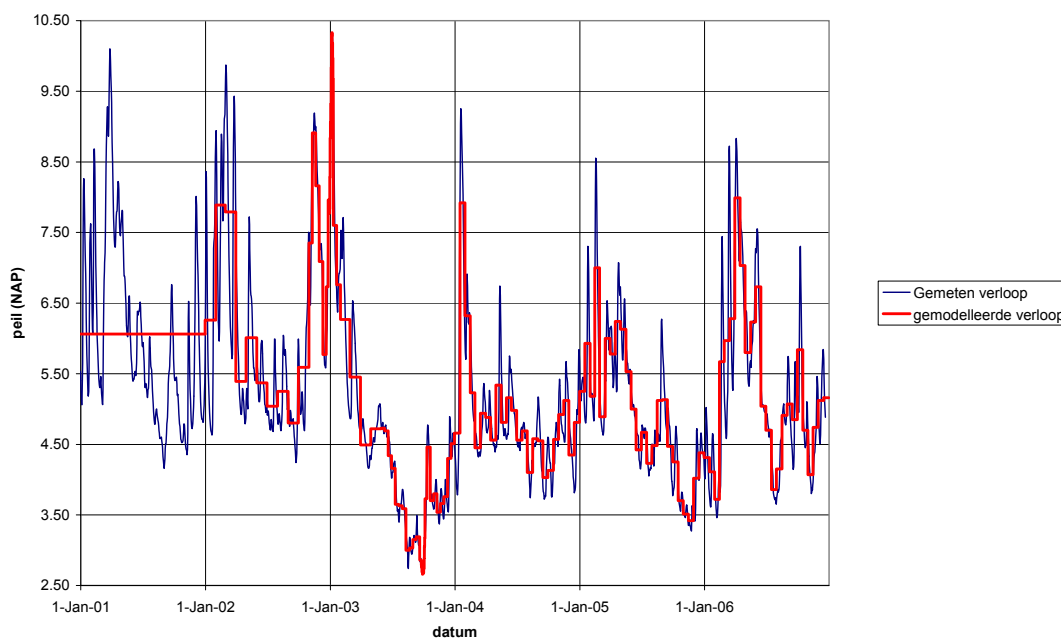
De dikte van de deklaag is ruimtelijk variabel. De dikte is vastgesteld op basis van boringen (Dino-loket NITG-TNO) en de zandbanenkaart van de provincie Gelderland. Voor de deklaag is een gemiddelde verticale weerstand aangehouden van 700 dagen per meter dikte van de deklaag.

De ruimtelijke weergave van de weerstand van de deklaag is weergegeven in bijlage 9. Voor een groot deel van het modelgebied is een weerstand afgeleid van 1.500 tot 2.500 dagen. Ter plaatse van zandbanen is de weerstand echter aanzienlijk lager, en varieert deze meestal tussen 70 en 250 dagen. Daar waar de deklaag is doorsneden door bijvoorbeeld zandwinningen en de Waal, is een weerstand van 1 dag gehanteerd. Ter plaatse van de Tichelgaten is de deklaag deels ontgraven. Hier is een weerstand van 500 dagen verondersteld.

#### 4.1.5 Waterlopen en ontwateringsmiddelen

Voor de Waal is een weerstand van 2 dagen aangehouden bij een variabel peil. Afhankelijk van de maaiveldhoogte in de uiterwaarden en het peil op de Waal wordt voor elke rekenperiode vastgesteld of c.q. waar de uiterwaarden onder water staan.

Het peil op de Waal is vastgesteld door interpolatie tussen de peilschalen Tiel, Druten en Nijmegen. Voor het modelgebied (westzijde) geeft dit het volgende resultaat.

**Figuur 4.1 Modelling waterstand Waal**

De overige waterlopen in het modelgebied zijn ingebracht met een geschatte weerstand van twee dagen voor hoofdwatergangen tot 0,5 dagen voor kleine sloten. Voor de oppervlaktewaterpeilen is uitgegaan van de streefpeilen voor zomer en winter zoals verstrekt door het waterschap (digitale kaarten).

## 4.2 Modelling huidige situatie (referentie)

### 4.2.1 Modelkalibratie

Voor de kalibratie is gebruik gemaakt van de beschikbare stijghoogtemetingen in peilbuizen binnen het modelgebied (dino-loket) en de lokale meetreeksen in peilbuizen 1 tot en met 8.

De parameters die bij de kalibratie variabel zijn gesteld zijn:

- Bodemweerstand (deklaag) onder de tichelgaten
- Doorlaatvermogen van het watervoerend pakket
- Bergingscoëfficiënt van het freatische en eerste watervoerend pakket

De lokale peilbuizen zijn gebruikt voor de afleiding van de freatische bergingscoëfficiënt en de weerstand onder de tichelgaten. De regionale peilbuizen zijn gebruikt om de bergingscoëfficiënt en het doorlaatvermogen van het watervoerend pakket te optimaliseren.



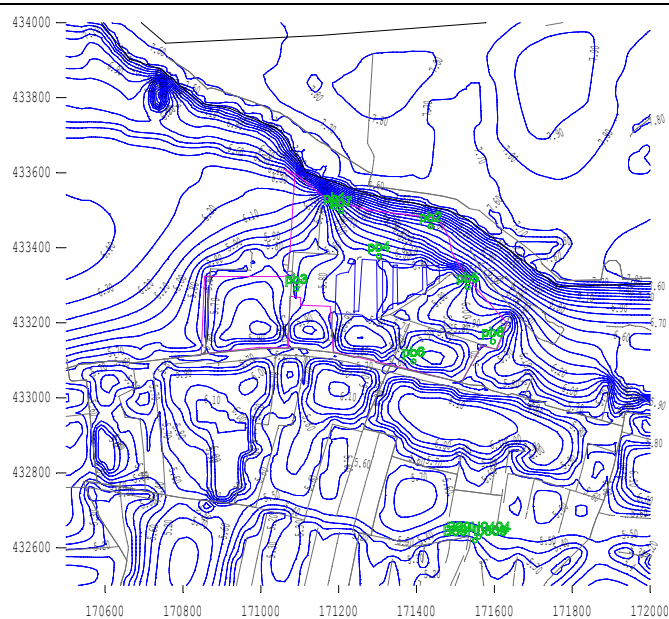
De bergingscoëfficiënt van het freatisch pakket en watervoerend pakket is bepaald op respectievelijk 0,05 en 0,005. Voor het doorlaatvermogen van het watervoerend pakket is het model iets minder gevoelig. Deze is op 2.000 m<sup>2</sup>/dag gehandhaafd.

#### 4.2.2 Grondwaterstanden en kwelstromen huidige situatie

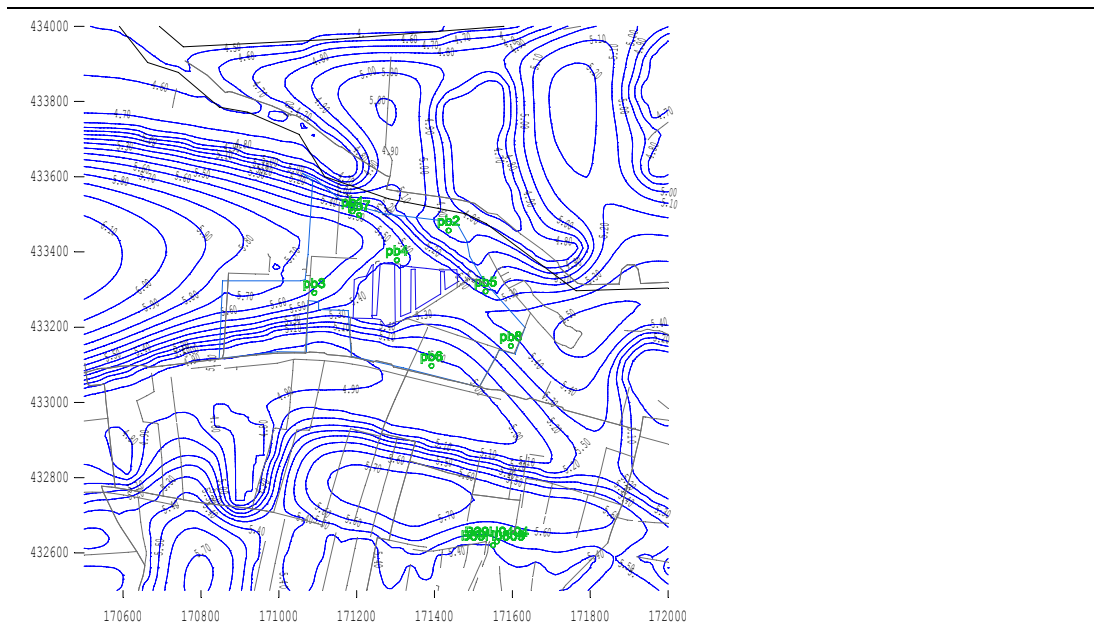
Het berekende stijghoogtepatroon voor de GHG en GLG situatie zijn weergegeven in figuren 4.1 en 4.2.

Daarnaast is het stijghoogtepatroon en de lek (kwel/infiltratie) door de deklaag bepaald voor een T=10-situatie op de Waal (figuren 4.3 en 4.4).

De berekende tijdstijghoogtelijnen voor het gekalibreerde model (instationair) zijn weergegeven in bijlage 10.



**Figuur 4.2 Berekende grondwaterstanden bij GHG (referentie)**



**Figuur 4.3 Berekende grondwaterstanden bij GLG (referentie)**

### 4.3 Modelling plansituatie

Wijzigingen in oppervlaktewatersysteem en ontwatering:

- Tichelgaten gedeeltelijk dempen: kleinere bergingsvijver
- Tichelgaten hadden vrij bewegende waterspiegel, vijver heeft hetzelfde peil gekregen als oppervlaktewatersysteem
- Enkele watergangen zijn gedempt, watergang langs westzijde De Kom en zuidzijde vijver toegevoegd
- IT-riolen zijn toegevoegd

Door de peilbeheersing van de vijver heeft deze bij gemiddelde tot hoogwatersituaties een drainerende werking op het grondwater.

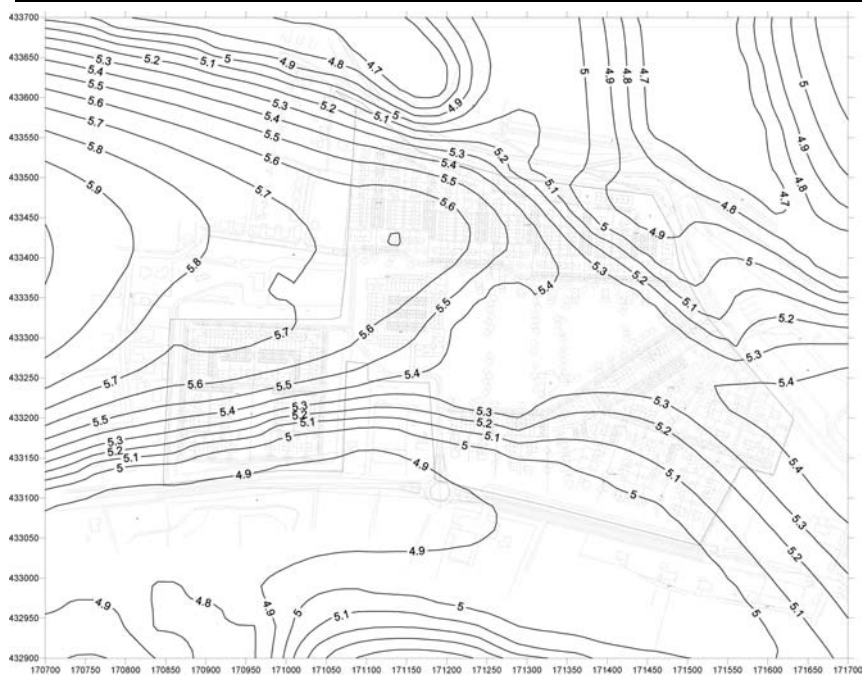
Voor het plangebied is een waterbalans opgesteld voor de gemiddelde situatie en een T=10 hoogwatersituatie op de rivier. Dit is gedaan voor de huidige situatie (referentie) en de plansituatie. Het resultaat is als volgt:

Kenmerk R001-4395531TER-mfv-V03-NL

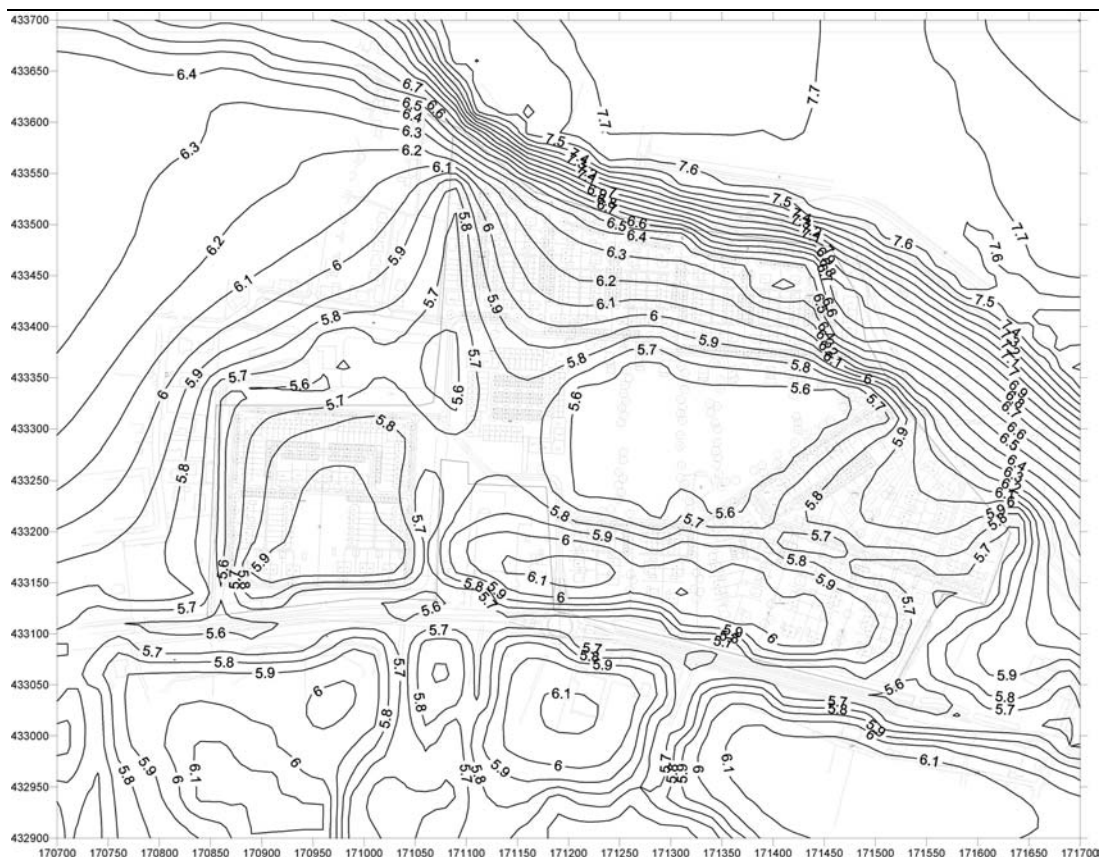
Afvoer uit plangebied (m <sup>3</sup> /d)	Gemiddelde situatie	Hoogwater T=10
<b>Refentiesituatie</b>		
- waterlopen	450	1.370
<b>Plansituatie</b>		
- waterlopen en vijver	440	1.280
- IT-riolen	0	5.10
Totaal	440	1.790
Verandering afvoer (m <sup>3</sup> /d)	-10	+420

De hoeveelheid kwel die geborgen moet worden met een gedefinieerde maximale afvoer van 1,5 l/s/ha bedraagt de kwelstroming gedurende 10 dagen in het plangebied.

Omdat de berekende kwelstroom bij de hoogwatersituatie niet maatgevend is voor een periode van 10 dagen, is als benadering uitgegaan van een berging van 2/3\*tien dagen\*kwel hoogwaterpiek. De factor 2/3 is daarin een vormfactor die rekening houdt met een snelle peilstijging naar de T=10 waarde (parabolisch verloop). De piekkwelaflow uit het plangebied bedraagt in de plansituatie 1.790 m<sup>3</sup>/dag.

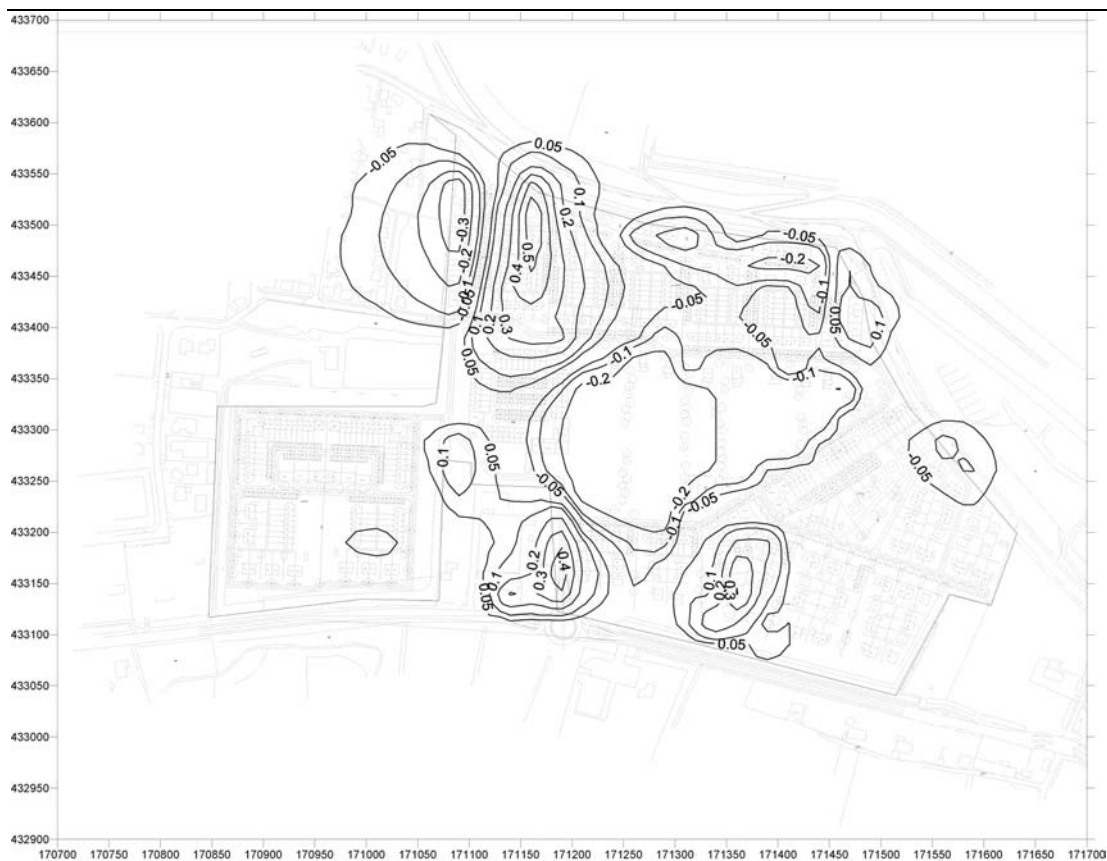


**Figuur 4.4 GLG plansituatie**



**Figuur 4.5 GHG plansituatie**

Kenmerk R001-4395531TER-mfv-V03-NL



**Figuur 4.6 Vershil GHG plansituatie ten opzichte van de referentie**

De GLG wijzigt minder dan 5 cm ten opzichte van de referentie, daarom is hier geen figuur voor opgenomen. De verhogingen (positieve waarden) worden veroorzaakt door de gedempte watergangen/ De verlagingen door de vijver, de nieuwe watergangen en plaatselijk IT-riolen. In de bestaande woonwijk ten westen van het plangebied neemt de GHG enkele centimeters af. De invloed van de verandering van het watersysteem op de omgeving is minimaal.



## 5 Benodigde waterberging

In dit hoofdstuk komt de benodigde waterberging voor het plangebied aan bod.

### 5.1 Doorgerekende situaties

Om te bepalen hoeveel waterberging in het gebied nodig is, hebben wij de volgende situaties doorgerekend:

- Bui T=10+10 %
- Bui T=100+10 %
- T=10 hoogwatergolf in combinatie met een T=2+10 % wintersituatie

De genoemde situaties zijn gebaseerd op de uitgangspunten van Waterschap Rivierenland en berekend volgens hun uitgangspunten. De uitgangspunten van Waterschap Rivierenland hebben wij opgenomen in bijlage 8.

### 5.2 Bepalen verhard oppervlak

Op basis van het stedenbouwkundige plan van 21-02-2006 is het verhard oppervlak van het plangebied bepaald. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het westelijk en het oostelijk gelegen gebied. In tabel 5.1 zijn de verschillende oppervlakken weergegeven.

Tabel 5.1 oppervlakgegevens

Type	Gebied	
	1 (west)	2 (oost)
Dakoppervlak (m <sup>2</sup> )	9.852	25.449
Garage (m <sup>2</sup> )	840	2.435
Parkeren (m <sup>2</sup> )	4.168	7.697
Wegverharding (m <sup>2</sup> )	5.775	17.820
Overige (m <sup>2</sup> )	-	2.992
	<b>20.635</b>	<b>56.393</b>
Bruto (ha)	4,5	20
Netto (ha)	2,1	5,6
verhardings%	46 %	28 %



**Figuur 5.1** Indeling plangebied

### 5.3 Benodigde waterberging

In tabel 5.2 is de benodigde waterberging aangegeven voor de 'T=10+10 %' en de 'T=100+10 %'. De hierin aangegeven hoeveelheid waterberging is exclusief de neerslag die valt op oppervlaktewater en de taluds. In tabel 5.3 is de benodigde berging bij een T=2+10 % wintersituatie in m<sup>3</sup>/dag gegeven.

**Tabel 5.2** Benodigde berging

gebied	Benodigde berging (m <sup>3</sup> )	
	T=10+10 %	T=100+10 %
1 (west)	760	1.150
2 (oost)	1.930	2.971
3 (midden)	134	204
Totaal	2.824	4.325



**Tabel 5.3 Benodigde berging T=2+10 % wintersituatie**

Benodigde berging (m <sup>3</sup> /dag)	
gebied	T=2+10 % winter
1 (west)	500
2 (oost)	1.340
Totaal	1.840

De piekkwelafoer vanuit het plangebied bedraagt bij een T=10 situatie 1.790 m<sup>3</sup>/dag. 2/3 van deze piekafvoer bedraagt 1.193 m<sup>3</sup>/dag. Voor de berekening is uitgegaan dat deze afvoer tien dagen duurt. De toegestane afvoer uit het plangebied bedraagt 3.175 m<sup>3</sup>/dag (op basis van 1,5 l/s/ha). Dit is meer dan de hoeveelheid kwel die afgevangen wordt. De kwelafoer (1.193 m<sup>3</sup>) en de benodigde berging (1.840 m<sup>3</sup>) is minder dan de hoeveelheid water die afgevoert mag worden. Deze situatie is niet maatgevend voor het bepalen van de benodigde berging.

Voor de benodigde waterberging is de 'T=10+10 %' maatgevend. In deze situatie mag maximaal 30 cm peilstijging optreden. Indien rekening gehouden wordt met de neerslag die op open water valt is dit circa 26 cm. Dit betekent een benodigd oppervlak aan oppervlaktewater van 2.923 m<sup>2</sup> bij het westelijk deel en 7.423 m<sup>2</sup> bij het oostelijk plandeel.

#### *Gebied 1 west*

Voor plandeel west kan het water geborgen worden in de watergang tussen gebied west en oost in. Deze watergang heeft hiervoor een breedte op waterlijn van 10 m nodig. Hierbij is uitgegaan van een lengte van de watergang van 240 meter (berging 2.400 m<sup>2</sup>). De rest van de waterberging kan gerealiseerd worden door de A-watergang ten zuiden van gebied west met drie meter te verbreden. Deze watergang heeft hier een lengte van 200 meter (berging 600 m<sup>2</sup>).

#### *Gebied 2 Oost*

De waterberging in het oostelijke gebied kan gerealiseerd worden door de A-watergang ten zuiden van het gebied met 3 meter te verbreden (berging 900 m<sup>2</sup>). De overige waterberging kan gerealiseerd worden op de locaties waar nu de Tichelgaten zijn. Hiervoor is een watergang nodig met een lengte van circa 200 meter en een breedte op de waterlijn van gemiddeld 33 m. In de tichelgaten beslaan nu ruim 20.000 m<sup>2</sup>. Er is dus voldoende ruimte om het water te bergen.

## **5.4 Conclusies waterberging**

Uit de indicatieve bergingsberekeningen blijkt dat in het plangebied voldoende mogelijkheden zijn om het water te kunnen bergen.



## 6 Conclusies en aanbevelingen

**In dit hoofdstuk worden de conclusies uit de voorgaande hoofdstukken samengevat. Tevens worden aanbevelingen gedaan voor de verdere uitwerking van de waterhuishouding.**

### 6.1 Conclusies

Uit het geohydrologisch onderzoek blijkt dat de tichelgaten de deklaag niet geheel doorsnijden. De waterstanden in de tichelgaten fluctueren hiermee niet één op één mee met de waterstanden op de Waal. Dit betekent dat deze tichelgaten gebruikt kunnen worden voor waterberging.

Op basis van de voor dit onderzoek geplaatste peilbuizen heeft het noordelijke deel van het plangebied te maken met een GHG van ongeveer NAP +6,75 tot +7,25 m. De GHG reikt daarmee nagenoeg tot aan maaiveld. In het midden en het zuiden van het plangebied kan een GHG worden afgeleid van ongeveer NAP +6,0 m. Aan de oostzijde is de GHG ongeveer NAP +6,5 m. Globaal kan gezegd worden dat de GHG in zuidelijke richting afneemt. Opgemerkt dient te worden dat de meetperiode van de peilbuizen eigenlijk te kort is voor het bepalen van de GHG.

Uit de indicatieve bergingsberekeningen blijkt dat in het plangebied voldoende mogelijkheden zijn om het water te kunnen bergen. Bij een bui T=10+10 %, bui T=100+10 % en T=10 hoogwatergolf in combinatie met een T=2+10 % wintersituatie voldoet het watersysteem aan de bergingseisen van het waterschap.

Uit de geohydrologische modelberekeningen blijkt dat in een gemiddelde situatie er geen kweltoename is in de plansituatie ten opzichte van de huidige situatie. Bij een T=10 hoogwatergolf zorgt de ontwikkeling wel voor een kweltoename van circa 25 %. Deze kweltoename kan geborgen worden in het plangebied.

De GLG wijzigt minder dan 5 cm ten opzichte van de referentie. In de bestaande woonwijk ten westen van het plangebied neemt de GHG enkele centimeters af. De invloed van de verandering van het watersysteem op de omgeving is minimaal.

## **6.2 Aanbevelingen**

De fluctuatie in het halve jaar dat de waterstanden in de tichelgaten gemeten is, is circa 1 meter. Een dergelijke fluctuatie in oppervlaktewaterpeil vraagt extra aandacht bij de inrichting van de oevers om deze het hele jaar door er aantrekkelijk uit te laten zien voor de bewoners. Een mogelijkheid hierbij is om de Tichelgaten te dempen en een deel in te richten als droge waterberging (wadi).

Om voldoende ontwateringsdiepte te hebben in het plangebied te realiseren stellen wij de volgende minimale maaiveldhoogten voor het plangebied voor:

- Noordelijk gebied: NAP 7,5 m
- Zuidwestelijk gebied NAP 7,0 m
- Zuidoostelijk gebied NAP 6,9 m

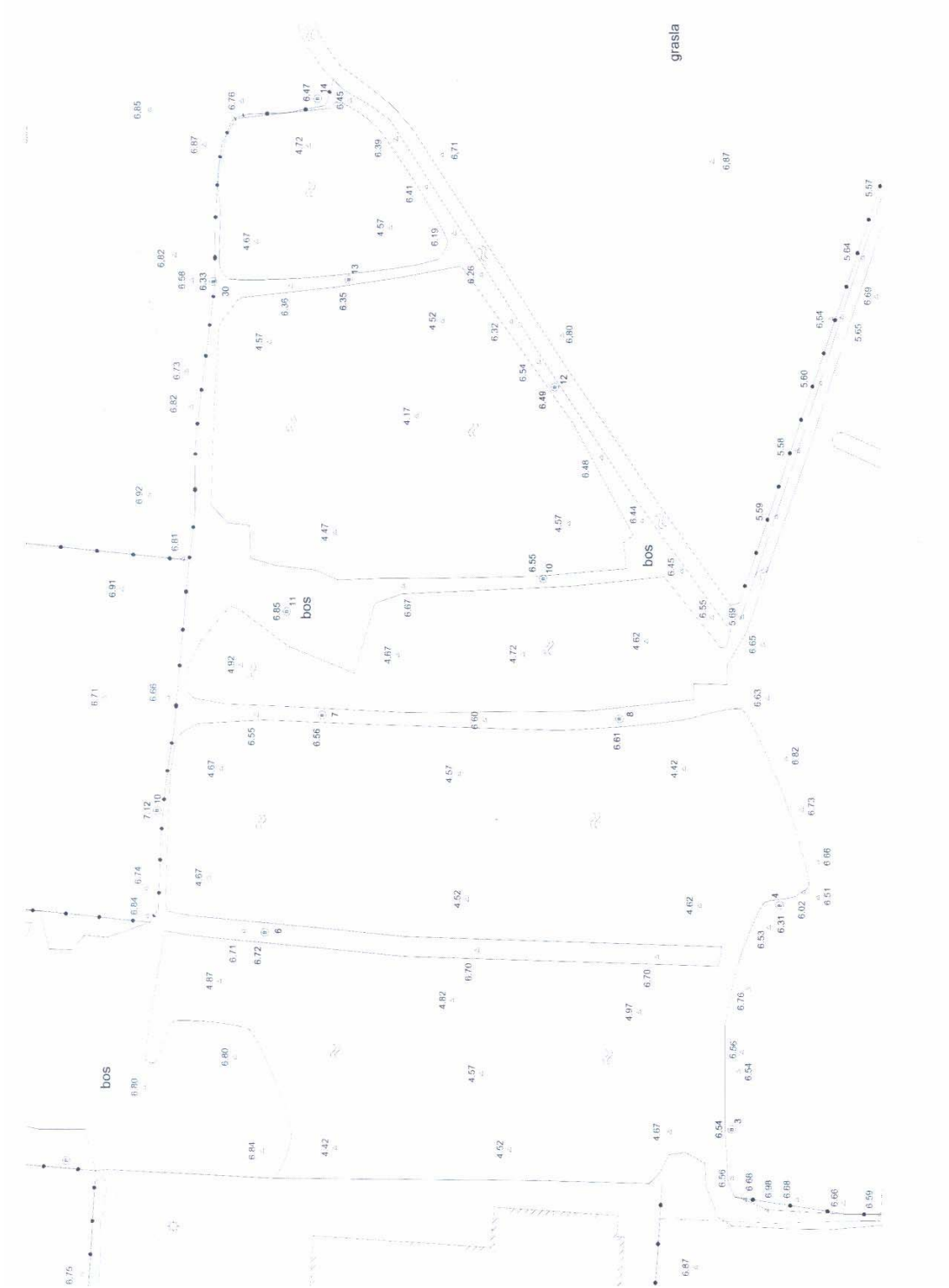
Bij het bepalen van deze minimale ontwateringsdiepte is uitgegaan dat IT-riolering onder de wegen wordt aangelegd zoals aangegeven in figuur 3.1. Tevens adviseren wij om in dit gebied kruipruimteloos te bouwen.

# Bijlage

## 1

Maaiveldhoogten in en rondom tichelgaten







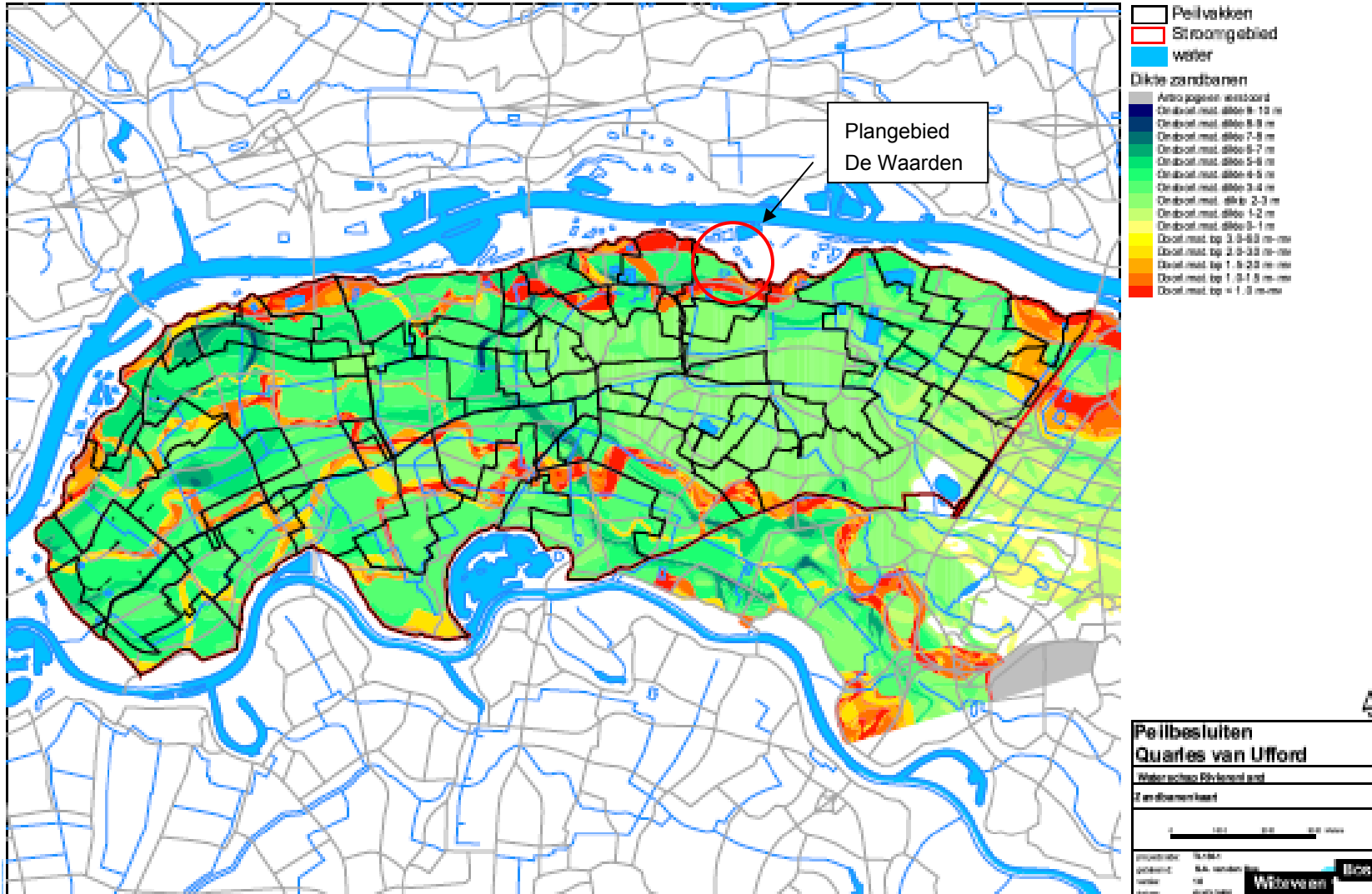


# Bijlage

## 2

Zandbanen





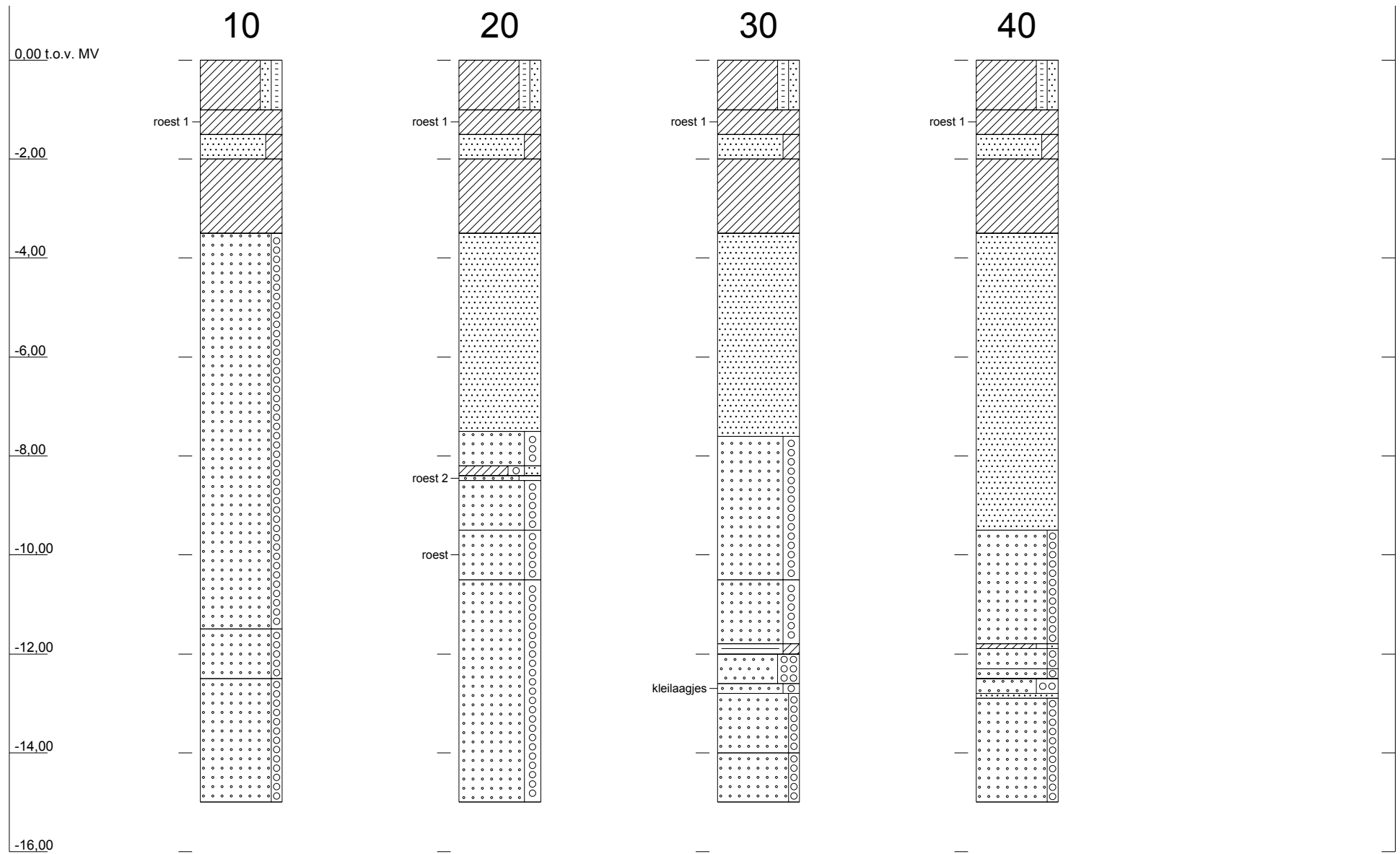


# Bijlage

## 3

Boorprofielen waterbodemonderzoek







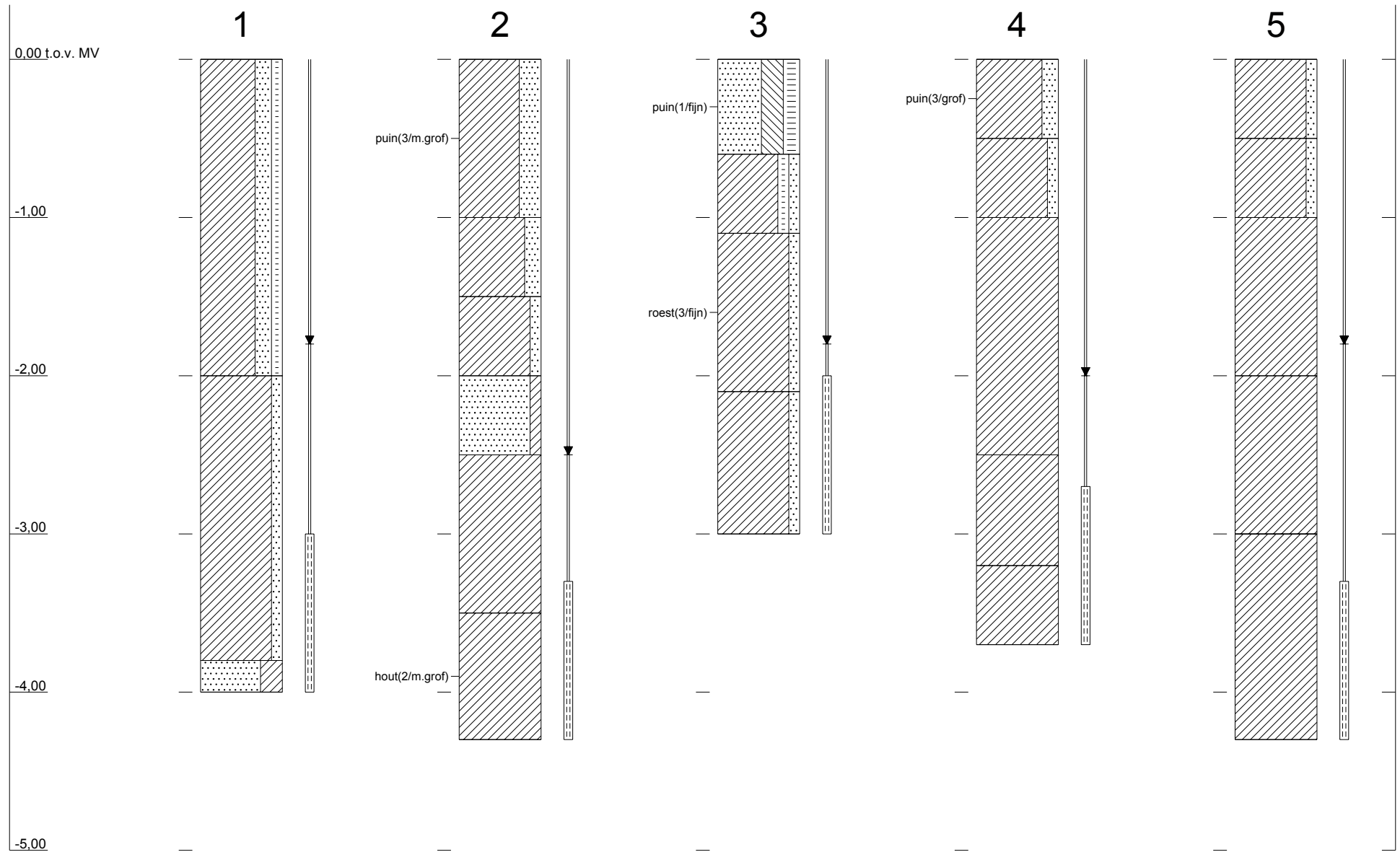


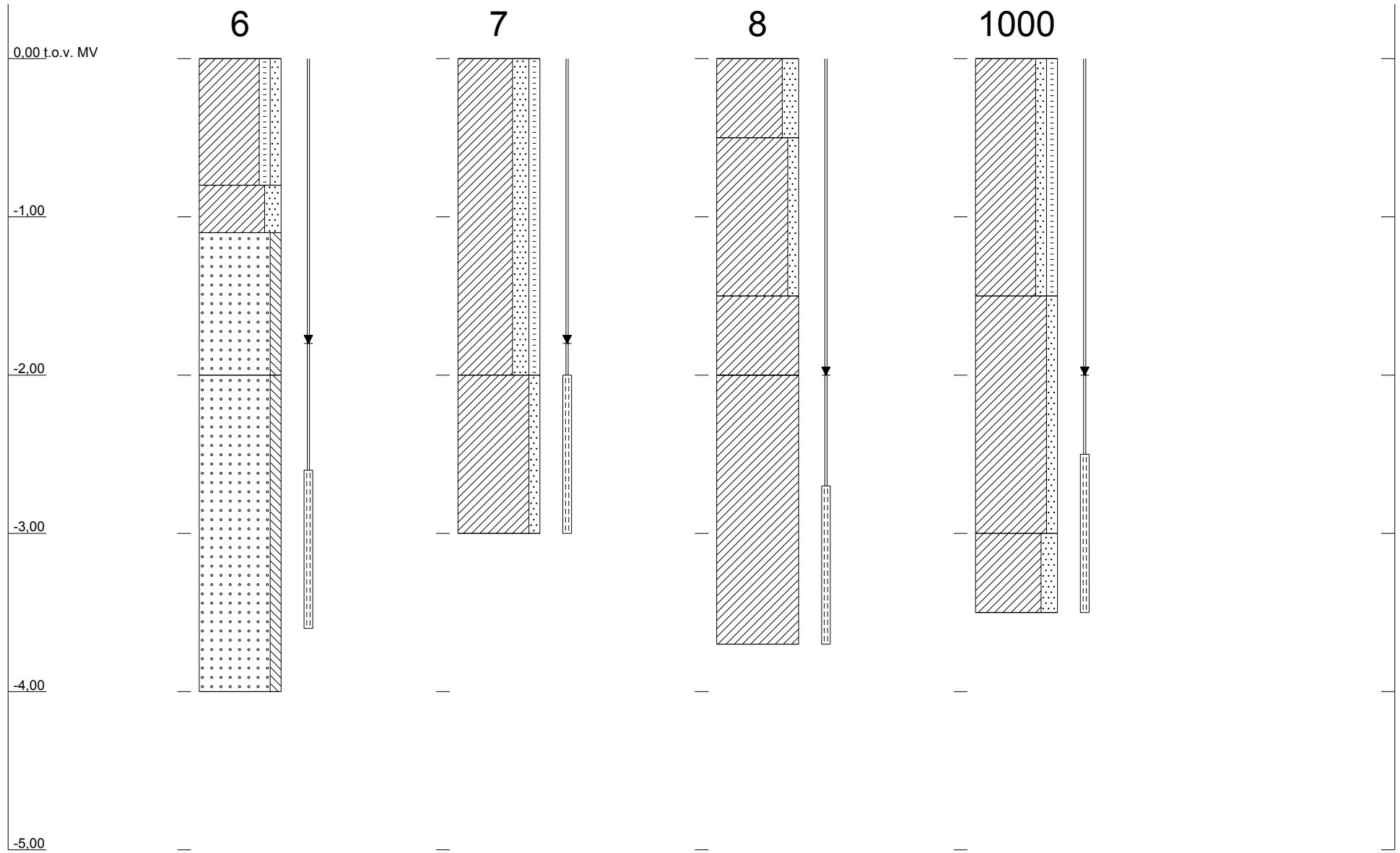
# Bijlage

## 4

Boorprofielen peilbuizen plangebied







# **Bijlage**

## **5**

**Boorprofielen boringen rondom tichelgaten**

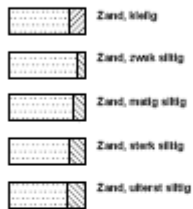


Legenda (conform NEN 5104)

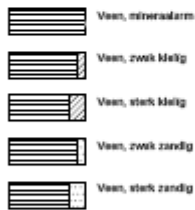
grind



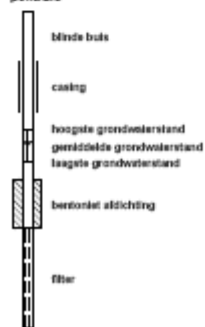
zand



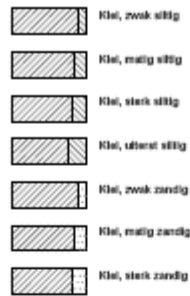
veen



peilbuis



klei



leem



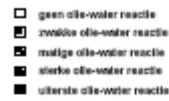
overige toevoegingen



geur



olie



p.l.d.-waarden



monsters



overig





<b>LEGENDA</b>		Onderscheur:	
●	locatie grondboring tot 5,7 & 6,0 m-ry	Ontwikkelingsmaatschappij Druuten-Oost C.V.	
990	kadastraal perceelnummer	Errekteaan:	Nummer blase
—	omvang putstort	Bodemopbouw rondom tichelgaten	
—	bepaling	plangebied "De Waarden", Druuten	
40 m 80 m		Opsteltelers:	Schaal
EnviroPlan		1: 1000	
Mitsaleng 18 6551 AD Wierit Tel.: 024 - 3975162 Fax: 024 - 3977395		Situatietekening onderzoekslocatie met locaties grondboringen	Formaat
		Gekwest:	A3
		Nr:	Tekeningnummer
		Datum:	R-273985A(01)
		12-12-2007	

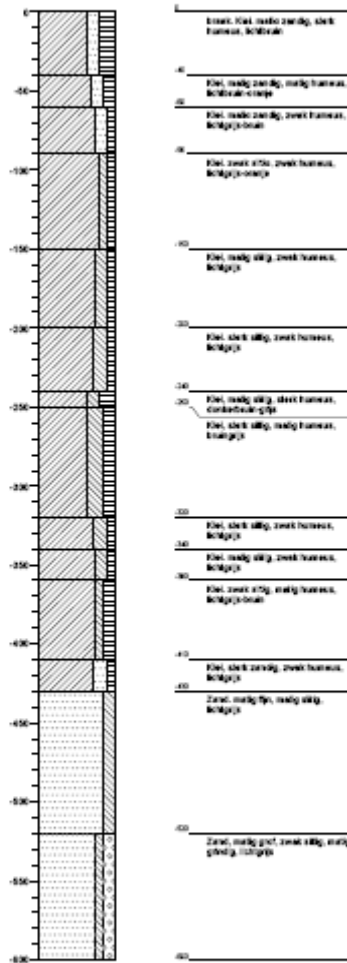






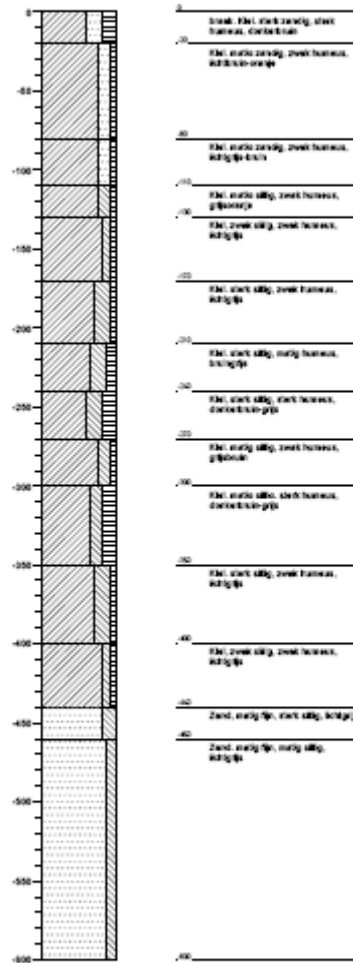
## Boring: 07

Datum meting: 11-12-2007  
 Peiler in cm t.o.v. maaiveld

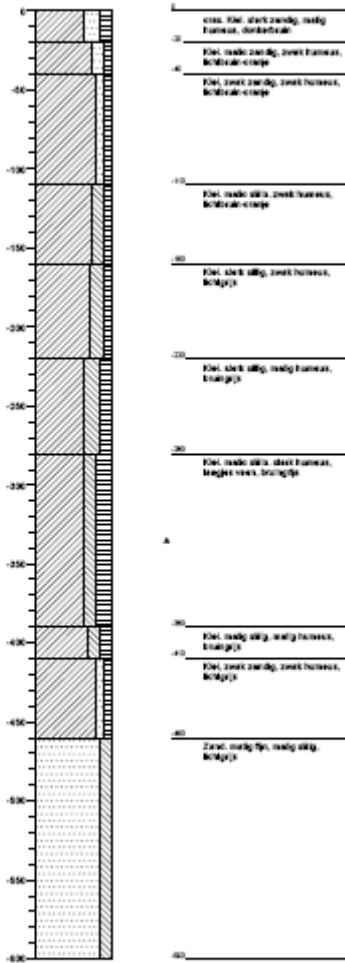


## Boring: 08

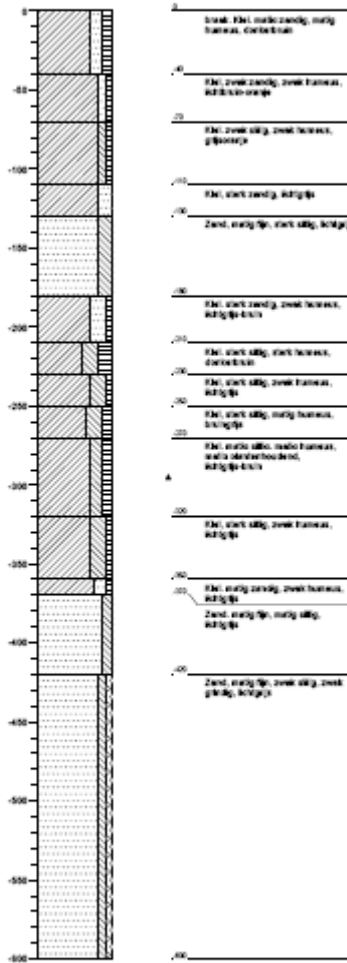
Datum meting: 11-12-2007  
 Peiler in cm t.o.v. maaiveld



**Boring: 09**  
 Datum meting: 11-12-2007  
 Peilen in cm t.o.v. maaiveld

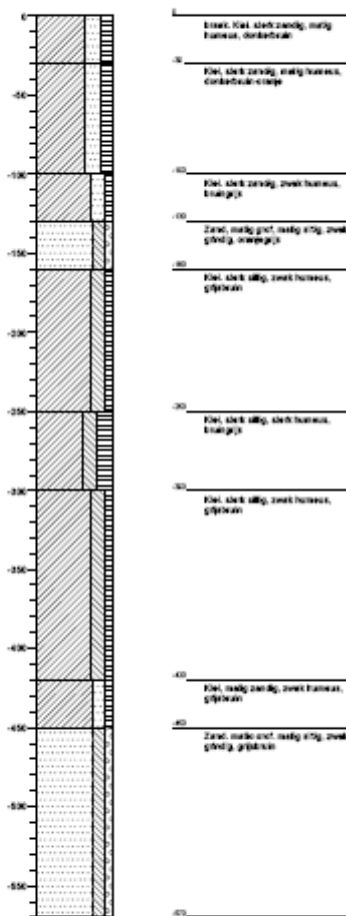


**Boring: 10**  
 Datum meting: 11-12-2007  
 Peilen in cm t.o.v. maaiveld

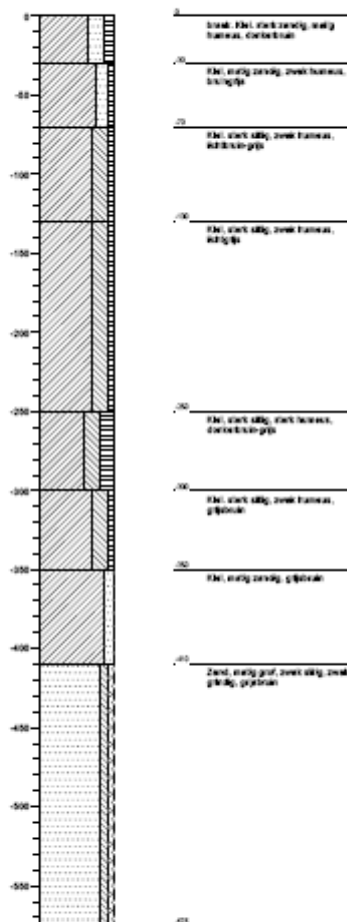


Opdrachtgever: Ontwikkelingsmaatschappij Druten-Oost C.V.	Bijlage: 2	Pagina: 4 / 6
Projectnaam: Bodemopbouw rondom tichegaten Plangebied "De Waarden" te Druten	Projectcode: P-073995A	

**Boring: 11**  
 Datum boring: 11-12-2007  
 Peilen in cm L.O.v. maaiveld



**Boring: 12**  
 Datum boring: 11-12-2007  
 Peilen in cm L.O.v. maaiveld



Opdrachtgever: Ontwikkelingsmaatschappij Druiten-Groot C.V.

Blz(jage: 2 Pagina: 5 / 6

Projectnaam: Bodembouw rondom Scheigalen  
 Plangebied 'De Waarden' te Druiten

Projectcode: P-073995A



# Bijlage

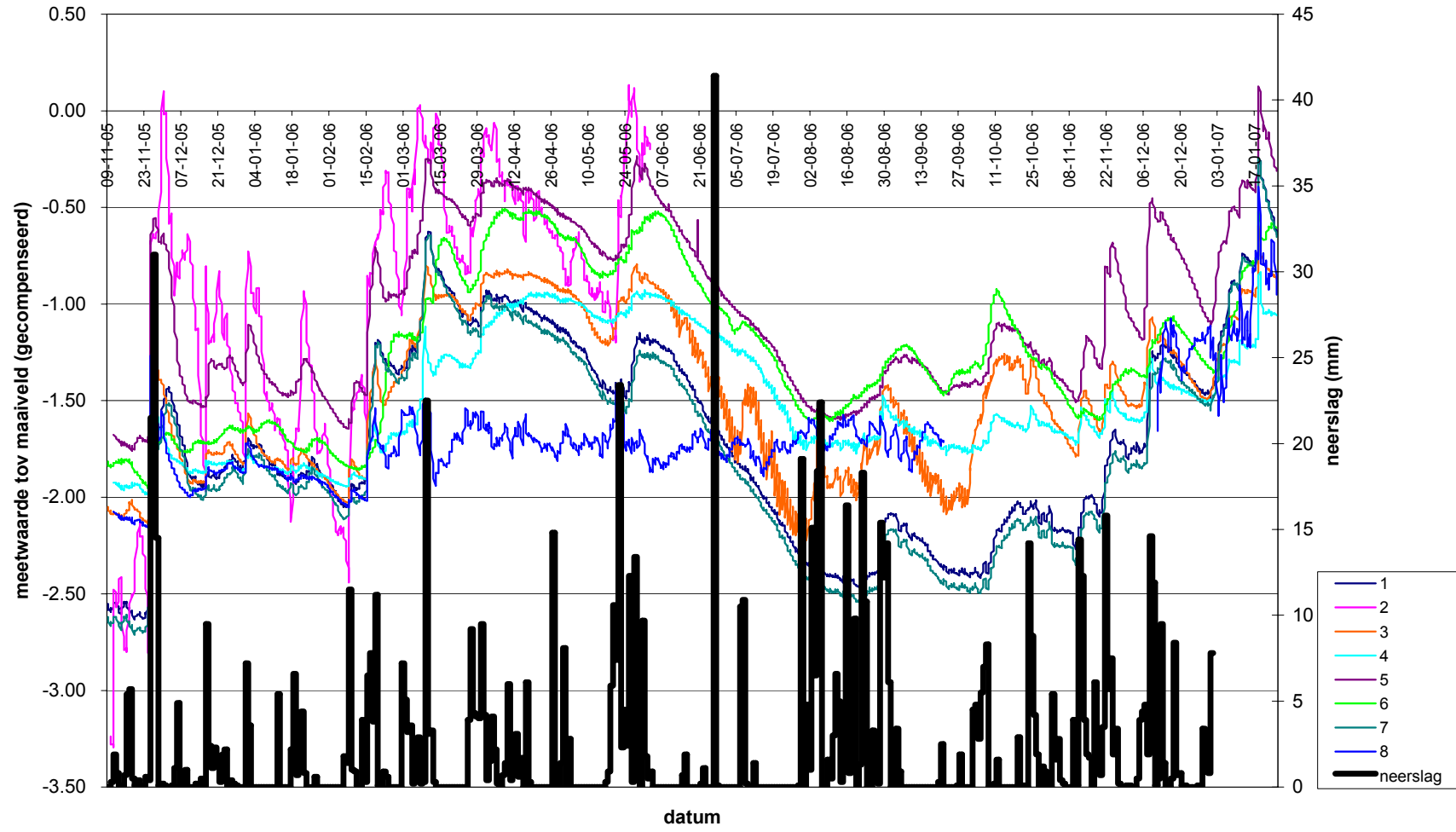
## 6

Gemeten grondwaterstanden plangebied

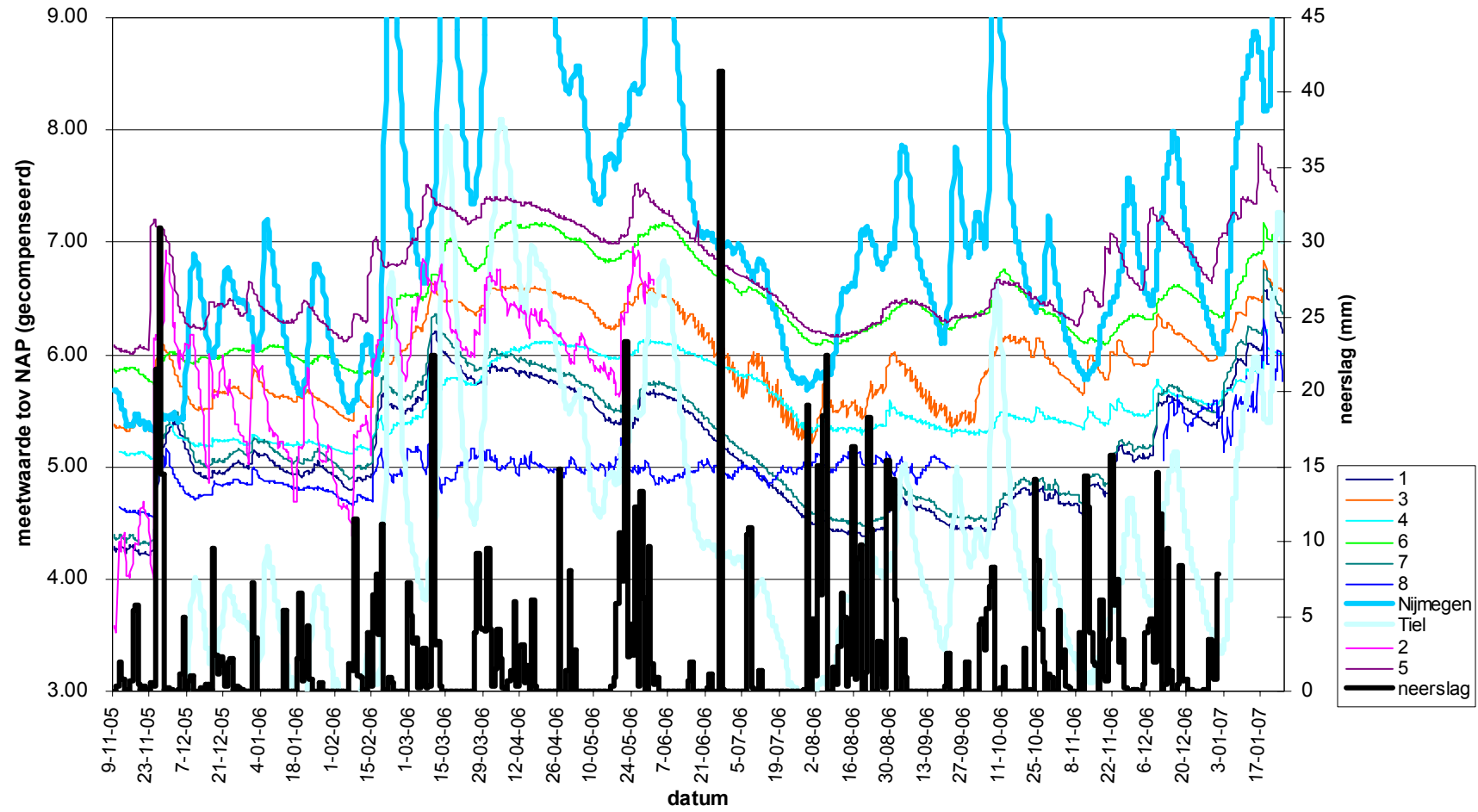




### Meetwaarden 9 november 2005 - 25 januari 2007



### Meetwaarden 9 november 2005 - 25 januari 2007



# Bijlage

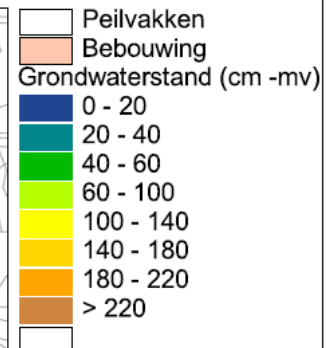
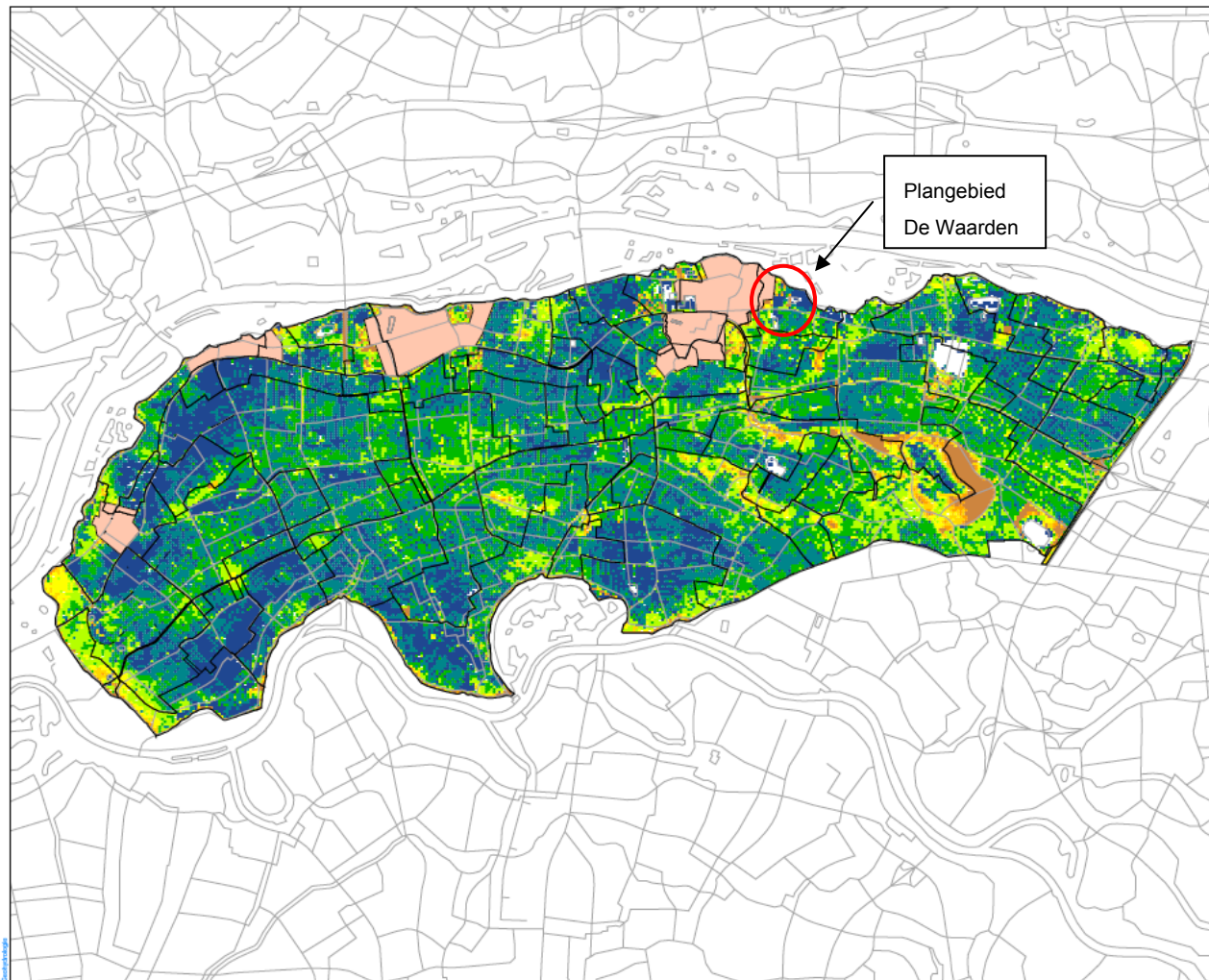
# 7

**GHG plangebied**



# Berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)

kaart 8



Plangebied  
De Waarden

## Peilbesluiten Quarles van Ufford

Waterschap Rivierenland

Doelrealisatie landbouw

0 1000 2000 3000 Meten

projectcode: TL136-1  
geïnkand: S.A. van den Bos  
versie: 1.0  
datum: 01-02-2005

Witteveen Bos



# **Bijlage**

## **8**

**Uitgangspunten Waterschap Rivierenland**





## **Watertoetscriteria / Berekeningen (algemeen)**

### **Nieuw stedelijk gebied**

In nieuw stedelijk gebied mag de hoeveelheid water, die ten gevolge van de versnelde afvoer van het verhard oppervlak, wordt geloosd op watergangen die in het beheer zijn van het waterschap, niet groter zijn dan de afvoernorm voor landelijk gebied. Indien uit de berekeningen blijkt dat dit toch het geval is, zullen retentievoorzieningen moeten worden aangelegd om deze extra hoeveelheid te kunnen bergen.

Deze retentievoorzieningen kunnen op diverse manieren worden gerealiseerd. De meest voorkomende zijn

- Het verbreden van de bestaande watergangen(gereguleerde). Hier wordt extra wateroppervlak gecreëerd op het zelfde peilniveau als de omgeving. Hierbij geldt dat de peilstijging beperkt is tot maximaal 30 cm. Voordeel is dat er geen kunstwerken noodzakelijk zijn
- Het realiseren van een aparte bergingsvijver of retentievoorziening die door middel van een debietregulerend kunstwerk loost op een A-watergang die in het beheer is van het waterschap
- Aanleg van een wadi. Waarbij ook een zuiverende werking wordt gerealiseerd waardoor wegen en dergelijke hierop kunnen worden aangesloten
- Combinaties van de bovenstaande oplossingen

De waterbeheerder gebruikt bij het peilbeheer in het stedelijk gebied de volgende basisuitgangspunten:

Randvoorwaarde is hydrologisch neutraal inrichten om negatieve effecten naar omgeving te voorkomen. Daarbij moet het waterbeheer in het plangebied afgestemd worden op de nieuwe functie. Dus een goed waterhuishoudkundig systeem zonder afwenteling van problemen naar omgeving.

Een en ander resulteert in de volgende dimensionering van het watersysteem:

1. Aan- (min. 0,3 l/s.ha) en afvoer (min. 1,5 l/s.ha) moet voldoende zijn:
  - De max. afvoer van water uit het stedelijk gebied mag in principe niet meer zijn dan 1,5 l/s.ha (te reguleren door debietregulerend kunstwerk)
2. Er moet voldoende drooglegging zijn onder normale omstandigheden, dat wil zeggen bij vlakke waterspiegel (min. 1,0 m ten opzichte van gem. straatpeil)
3. Er moet voldoende berging zijn bij extremere omstandigheden:
  - $T=100+10$  %-neerslag (peilstijging tot laagste putdekselhoogte op wijkniveau)

- T=10+10 %-neerslag (peilstijging tot max. 70 cm drooglegging ten opzichte van laagste putdekselhoogte dus circa 30 cm)
  - T=2+10 %-neerslag en T=10-rivierstand (peilstijging tot max. 70 cm drooglegging ten opzichte van laagste putdekselhoogte of in ieder geval niet hoger dan oorspronkelijke situatie (in verband met effecten kwel))
4. Overstortdrempels dienen minimaal op waterpeil +30 cm te worden aangelegd; dat wil zeggen boven de max. peilstijging bij T=10+10 %. Indien hier niet aan wordt voldaan is een terugslagklep te adviseren

#### Ad. 1

De dimensionering van de watergangen dient minimaal aan de genoemde normen te voldoen vanwege de aan- en afvoer onder normale omstandigheden. Er zijn situaties waarbij andere normen gehanteerd dienen te worden. Bijvoorbeeld in situaties met extreme neerslag, kwel of wegzijging, waterberging op andere locatie en afvoer van water uit achterliggend gebied. Dit zal per situatie moeten worden bekeken.

Het watersysteem is over het algemeen ingericht op een gemiddelde aanvoercapaciteit van 0,3 l/s.ha. Dit is voldoende om aan de waterbehoefte onder normale omstandigheden te voldoen (peilhandhaving en kleine onttrekkingen). Indien voor de inrichting van het stedelijk gebied meer water nodig is moet het systeem daar op aangepast worden.

Afvoer uit stedelijk gebied mag in principe niet groter zijn dan landelijke afvoer. De landelijke afvoer die één à twee dagen per jaar voorkomt (dus vergelijkbaar met T=1) is  $Q_h = A \cdot \text{gem. } 1,5 \text{ l/s.ha.}$  (dus afvoerend oppervlak \* de gem. afvoerintensiteit). De afvoerintensiteit van drainagebehoefte gronden (GT I, II en III) en poldergebieden is gemiddeld 1,5 l/s.ha (voor grotere gt IV – VII respectievelijk 1,0 – 0,10 l/s.ha). Op deze afvoer worden systemen (gemalen, kunstwerken en watersystemen) ontworpen. Omdat het principe van hydrologisch neutraal bouwen wordt gehanteerd dient bij nieuw stedelijk gebied als uitgangspunt te worden gekozen dat deze afvoer niet overschreden mag worden. Anders wordt het overige deel van het watersysteem extra belast, dus afwenteling.

#### Ad.2

Drooglegging in normale (gemiddelde) situaties wordt in principe bepaald op basis van huidige waterpeilen. Over het algemeen wordt gekozen om het oorspronkelijke zomerpeil als te handhaven waterpeil omdat daarmee zo neutraal mogelijk wordt ingericht, voldoende waterdiepte wordt verkregen (over het algemeen) en de eventuele doorvoer naar benedenstrooms gelegen gebied wordt gewaarborgd. Indien er onvoldoende drooglegging aanwezig is kan het peil worden aangepast maar beter is het om het maaiveld op te hogen. In veel gevallen wordt het maaiveld opgehoogd omdat de ontwateringsdiepte ook gewaarborgd moet worden en die kan bij kwel nogal eens gering zijn.

Een veel voorkomende drooglegging in stedelijk gebied is 1 m (ten opzichte van gem. straatpeil). Hierbij wordt met een gem. opbolling van 0,30 cm nog 70 cm ontwateringsdiepte

gerealiseerd. De bebouwing ligt over het algemeen wat hoger en heeft daar door nog iets meer drooglegging. In geval van kruipruimteloos bouwen mag de ontwateringsdiepte ter plaatse van de bebouwing niet minder dan 50 cm zijn. Daarbij hoort dan een drooglegging van min. 80 cm.

#### Ad. 3

Om ook in extreme situaties een aanvaardbaar waterpeil te kunnen garanderen moet het systeem ook gedimensioneerd worden op dergelijke situaties. Hierbij spelen droge en natte situaties. Voor beide situaties is het wenselijk om voldoende berging te hebben (robuustheid en veerkracht!) maar er zijn extreme situaties waarbij ook het grotere systeem niet meer voldoet. In dergelijke situaties zullen aan- en afvoer ook aan extra regels dienen te voldoen. Voor droge situaties is daarom soms extra aanvoercapaciteit wenselijk in de vorm van extra debiet of zelf een extra pomp. Dit moet gebiedsspecifiek worden bepaald. Voor natte situaties zijn hier eigenlijk geen alternatieven mogelijk omdat er dan al snel sprake is van afwenteling. Natuurlijk kan er altijd extra afvoercapaciteit naar de rivier worden gecreëerd hetgeen echter niet wb21-proof is en ook kostbaar is.

In gebieden waar kwel bij hoge rivierwaterstanden een probleem is worden aanvullende criteria gesteld omdat het watersysteem daar extra kwetsbaar is terwijl er wel hoge eisen gesteld worden vanwege het hoogdynamisch grondgebruik.

#### Ad. 4

In de huidige situatie wordt hiervoor in het algemeen 25 cm boven het hoogste zomerpeil (voor zover er sprake is van zomer- en winterpeil) gekozen, waarbij het hoogste waterpeil wordt bepaald door de marges in het peilbesluit die afhankelijk zijn van de opstuwung in het peilvak. Over het algemeen komt dat neer op meer dan 30 cm boven waterpeil, maar dat is afhankelijk van de plaats van de overstordrempel ten opzichte van de peilregulerende stuw. Uitgaande van een waterpeil waarbij gem. 1,0 m drooglegging wordt gerealiseerd dient de drempel maximaal 70 cm onder straatpeil te worden aangelegd.

Voor het doorrekenen van de situatie dient rekening gehouden te worden met de eindsituatie waarbij nieuw aan te leggen wateroppervlakte wordt meegerekend als verhard oppervlak. Bij standaard taluds 1:2 is uitgangspunt dat ook de taluds reageren als zijnde verhard. Bij flauwe taluds 1:5 of flauwer mag deze oever als onverhard worden meegeteld.

#### **Kwel bij stedelijk uitbreidingen**

Er dient in principe hydrologisch neutraal (dus ook kwel neutraal) gebouwd te worden. Dit betekent dat ten opzichte van de huidige situatie geen extra kwel mag worden aangetrokken. Indien toch extra kwel wordt verwacht moet dit door extra maatregelen worden gemitigeerd of

gecompenseerd. Voordat er een uitspraak kan worden gedaan over de kwel en wegzijging in het plangebied dient de grondwaterstroming goed inzichtelijk te worden gemaakt. Het bepalen van de hoeveelheid kwel in de huidige en toekomstige situatie kan middels berekeningen worden onderbouwd.

De berekeningen kunnen op meerdere wijzen worden uitgevoerd. Een en ander is afhankelijk van de omvang van de ruimtelijke ontwikkeling, de mate van kwel, de te verwachte effecten naar de omgeving en de economische gevolgen.

Globale vuistregels worden door het waterschap gehanteerd.

1. Berekeningen met formule van Mazure bij kleine plannetjes en relatief kleine hoeveelheden kwel waarbij geen noemenswaardige effecten naar omgeving worden verwacht
2. 3D-model bij grote plannen en kleinere plannen met effecten naar omgeving

De keuze welk type berekening noodzakelijk zijn zal aan de hand van de gegevens van het plan en de lokale situatie in overleg met hydroloog worden gemaakt.

Soms is het zinvol of voordat tot een 3d-modellering wordt overgegaan eerst een eenvoudige berekening met Mazure uit te voeren, ter indicatie van mogelijke problemen.

Indien er een (bruikbaar) bestaand model beschikbaar is kunnen de gevolgen hiermee worden berekend of kan daarmee wellicht worden volstaan.

### **Berekeningen**

De stationaire kwelberekening moet worden uitgevoerd bij een T=10 hoogwaterstand op de rivier in combinatie met een T=2+10 %-winterneerslag voor zowel de huidige als de toekomstige situatie waarbij in het plangebied het nieuwe watersysteem en de woonwijk is aangelegd. De berekende toename zal voorkomen, gemitigeerd of gecompenseerd moeten worden. Hierbij dient rekening te worden gehouden met het feit dat de T=10 hoogwatergolf tien dagen duurt. De compensatie is in principe onafhankelijk van hoeveel kwel er al aanwezig is.

Indien gebruik gemaakt wordt van een 3d-modellering is een niet-stationaire berekening wenselijk. Dit geeft een reëler beeld van de te verwachten kweltoename en inzicht in de gevolgen voor de omgeving.

### **Wadi/Bodempassage**

De wadi maakt onderdeel uit van de riolering en valt hiermee onder de verantwoordelijkheid van de gemeente qua beheer en onderhoud. De wadi heeft mogelijk een dubbelfunctie namelijk als berging (Kwantitatief) en als zuivering / bodempassage (Kwalitatief) als hierop wegoppervlak wordt aangesloten.

Aan beide toepassingen worden eisen gesteld. Kwalitatief gezien moet het wadisysteem voldoen aan de eisen zoals gesteld aan een verbeterd gescheiden stelsel. Dit houdt in dat deze min.,

4 mm berging en een (in)filtratiecapaciteit vergelijkbaar met 0,3 mm poc. Ten aanzien van de waterkwantiteit gelden de volgende uitgangspunten.

Bij de bergingsberekening mag de volledige berging in de wadi (vanaf de bodem tot aan de slokop) worden meegeteld bij de berekeningen, er wordt echter geen rekening gehouden met een mogelijk infiltrerende werking naar de bodem.

De lozing/afvoer naar het oppervlakte water mag max. 1,5 l/s/ha bedragen. Het is mogelijk dat er aanvullende retentievoorzieningen moeten worden aangelegd.

Individuele infiltratievoorzieningen hebben nadrukkelijk niet de voorkeur van het waterschap om dat deze zeer moeilijk controleer c.q. handhaafbaar zijn. Indien de gemeente hiervoor kiest moeten aanvullende eisen worden gesteld aan het bestemmingsplan en met name op de vertaling hiervan naar de bouwverordening en de bouwvergunning.

### Inrichting drooglegging

De doelstellingen ten aanzien van de drooglegging zijn vastgelegd in het IWGR) en verschillen per gebiedsfunctie vastgelegd en in onderstaande tabel weergegeven:

### Afwatering / Ontwatering

De normen (uit notitie stedelijk waterbeheer/NWB21)!

	T = 1	T = 10+10 %	T=100 + 10 %	Rivierkwel *
				T=2+10 % winter
				T=10 Rivier
<b>Ontwatering t.o.v. bouwpeil</b>	1,0 meter	0,7 meter	-	0,7 meter
<b>Ontwatering t.o.v. straatpeil</b>	0,7 meter	0,4 meter	-	0,4 meter
<b>Drooglegging t.o.v. bouwpeil</b>	1,3 meter	1,0 meter		1,0 meter
<b>Drooglegging t.o.v. straatpeil</b>	1,0 meter	0,7 meter	0,0 meter	0,7 meter
<b>Toelaatbare peilstijging</b>	0	0,3 meter		0,3 meter

\* Indien rivierkwel wordt vermoed

## Regenbuien

Tabel B8.1 Overzicht van regenval (mm) bij regenduur t (min) en enkele regenkansbuien T, zomerperiode

Regenbuiduur t (min)	mm regenval in zomerperiode		
	T=10+10 %	T=100+10 %	T=2250
5	10,9	<b>16,1</b>	20,8
15	19,6	<b>29,6</b>	38,3
30	25,3	<b>38,1</b>	49,3
45	28,2	<b>42,1</b>	54,6
60	30,0	<b>44,6</b>	57,7
90	32,7	<b>48,1</b>	62,3
120	34,3	<b>49,8</b>	64,5
180	37,7	<b>54,5</b>	70,5
240	40,0	<b>57,6</b>	74,6
300	41,7	<b>59,5</b>	77,1
360	42,9	<b>60,7</b>	78,6
480	45,4	<b>64,0</b>	82,9
600	47,4	<b>66,3</b>	85,9
720	48,8	<b>68,1</b>	88,2
840	50,7	<b>70,5</b>	91,3
960	52,3	<b>72,6</b>	94,0
1080	53,4	<b>74,0</b>	95,9
1200	54,1	<b>75,1</b>	97,3
1440	55,8	<b>77,2</b>	100,0
1680	57,5	<b>79,8</b>	103,3
1920	59,4	<b>82,3</b>	106,6
2160	61,2	<b>84,7</b>	109,7
2400	63,0	<b>87,2</b>	113,0
2640	64,8	<b>89,8</b>	116,2
2880	66,7	<b>92,3</b>	119,5
3360	69,4	<b>96,3</b>	124,6
3840	72,3	<b>100,2</b>	129,8
4320	75,1	<b>104,1</b>	134,8
5040	79,4	<b>110,0</b>	142,5
5760	83,7	<b>115,9</b>	150,1
7200	89,5	<b>124,0</b>	160,5
8640	95,4	<b>132,1</b>	171,1
10080	101,1	<b>140,1</b>	181,5

Regenbuiduur	mm regenval in zomerperiode		
	T=10+10 %	T=100+10 %	T=2250
t (min)			
11520	108,1	<b>149,8</b>	194,0
12960	115,1	<b>159,4</b>	206,4
14400	122,1	<b>169,1</b>	218,9

Tabel B8.2 Regenval zomerperiode T=10+10 %

T=10 + 10 %		Z		
Regenval	Tijdsduur	Tijdsduur	Tijdsduur	$l \cdot sec^{-1} \cdot ha^{-1}$
mm	t=min	t=uur	t=dag	
10,9	5	0,0833	0,003	363,0
19,6	15	0,25	0,010	217,6
25,3	30	0,5	0,021	140,6
28,2	45	0,75	0,031	104,3
30,0	60	1	0,042	83,4
32,7	90	1,5	0,063	60,5
34,3	120	2	0,083	47,7
37,7	180	3	0,125	34,9
40,0	240	4	0,167	27,8
41,7	300	5	0,208	23,2
42,9	360	6	0,250	19,9
45,4	480	8	0,333	15,8
47,4	600	10	0,417	13,2
48,8	720	12	0,500	11,3
50,7	840	14	0,583	10,1
52,3	960	16	0,667	9,1
53,4	1080	18	0,750	8,2
54,1	1200	20	0,833	7,5
55,8	1440	24	1,000	6,5
57,5	1680	28	1,167	5,7
59,4	1920	32	1,333	5,2
61,2	2160	36	1,500	4,7
63,0	2400	40	1,667	4,4
64,8	2640	44	1,833	4,1
66,7	2880	48	2,000	3,9
69,4	3360	56	2,333	3,4
72,3	3840	64	2,667	3,1
75,1	4320	72	3,000	2,9
79,4	5040	84	3,500	2,6
83,7	5760	96	4,000	2,4
89,5	7200	120	5,000	2,1
95,4	8640	144	6,000	1,8
101,1	10080	168	7,000	1,7
108,1	11520	192	8,000	1,6
115,1	12960	216	9,000	1,5
122,1	14400	240	10,000	1,4



Tabel B8.3 Regenval zomerperiode T=100+10 %

T=100+10 %      Z				
Regenval	Tijdsduur	Tijdsduur	Tijdsduur	l.sec <sup>-1</sup> .ha <sup>-1</sup>
mm	t=min	t=uur	t=dag	
16,1	5	0,0833	0,003	535,3
29,6	15	0,25	0,010	328,8
38,1	30	0,5	0,021	211,4
42,1	45	0,75	0,031	156,0
44,6	60	1	0,042	123,8
48,1	90	1,5	0,063	89,0
49,8	120	2	0,083	69,2
54,5	180	3	0,125	50,4
57,6	240	4	0,167	40,0
59,5	300	5	0,208	33,1
60,7	360	6	0,250	28,1
64,0	480	8	0,333	22,2
66,3	600	10	0,417	18,4
68,1	720	12	0,500	15,8
70,5	840	14	0,583	14,0
72,6	960	16	0,667	12,6
74,0	1080	18	0,750	11,4
75,1	1200	20	0,833	10,4
77,2	1440	24	1,000	8,9
79,8	1680	28	1,167	7,9
82,3	1920	32	1,333	7,1
84,7	2160	36	1,500	6,5
87,2	2400	40	1,667	6,1
89,8	2640	44	1,833	5,7
92,3	2880	48	2,000	5,3
96,3	3360	56	2,333	4,8
100,2	3840	64	2,667	4,3
104,1	4320	72	3,000	4,0
110,0	5040	84	3,500	3,6
115,9	5760	96	4,000	3,4
124,0	7200	120	5,000	2,9
132,1	8640	144	6,000	2,5

---

**T=100+10 %      Z**

---

<b>Regenval</b>	<b>Tijdsduur</b>	<b>Tijdsduur</b>	<b>Tijdsduur</b>	<b>l.sec<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup></b>
<b>mm</b>	<b>t=min</b>	<b>t=uur</b>	<b>t=dag</b>	
140,1	10080	168	7,000	2,3
149,8	11520	192	8,000	2,2
159,4	12960	216	9,000	2,0
169,1	14400	240	10,000	2,0

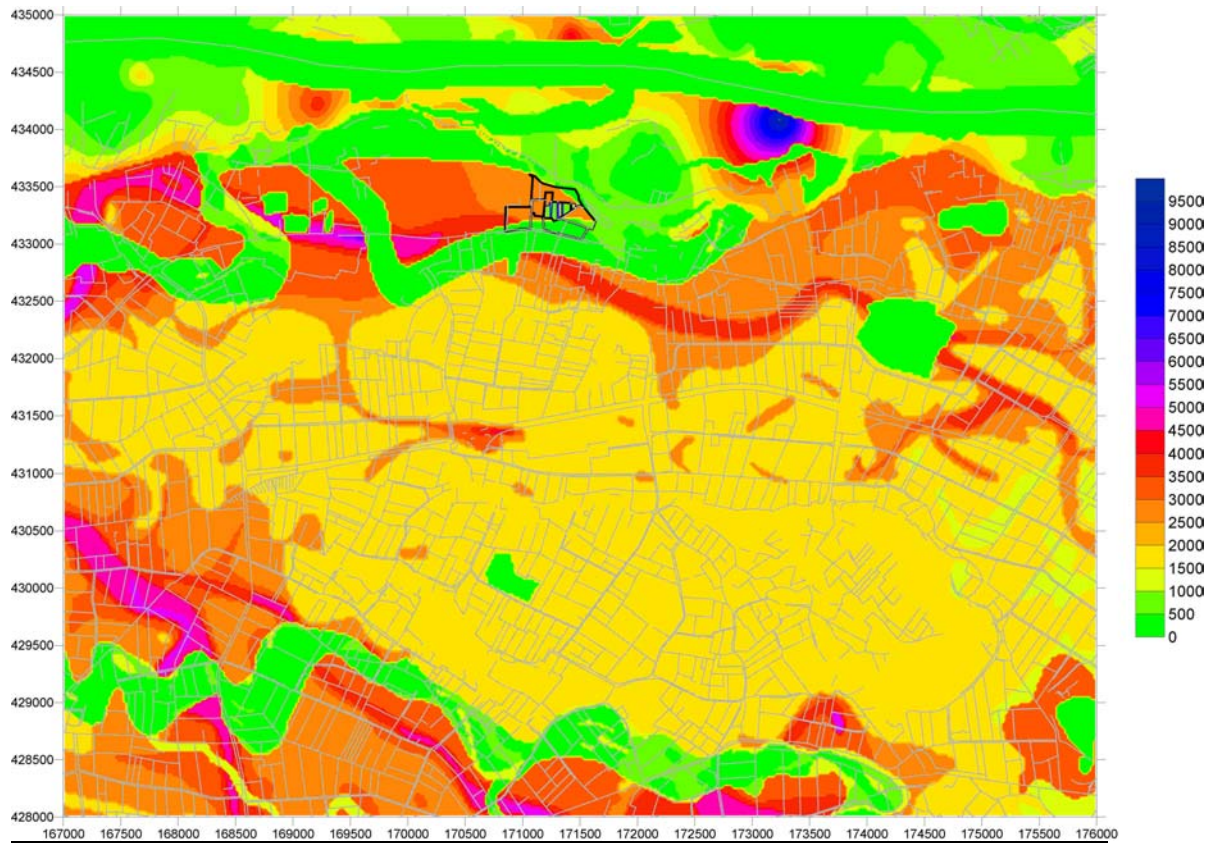
---

# Bijlage

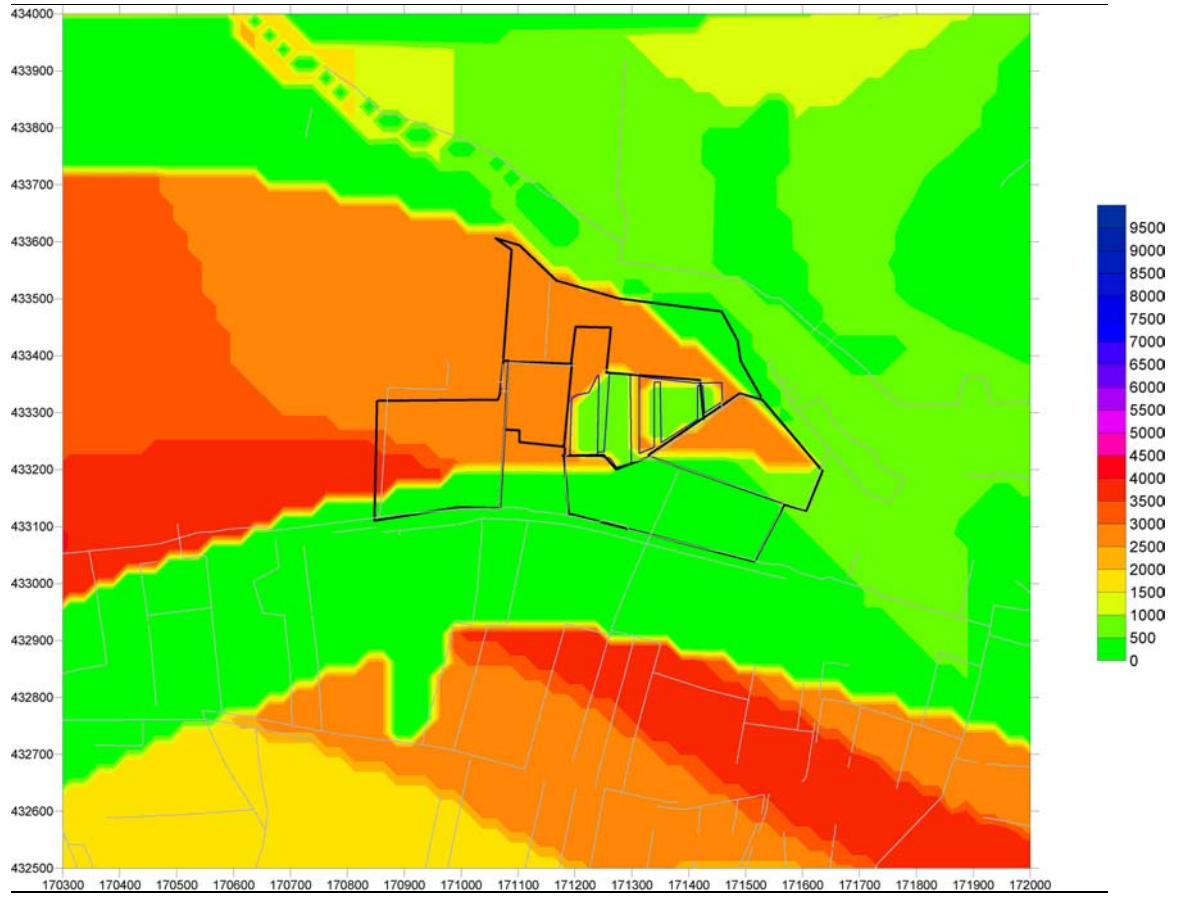
## 9

Weerstand van de deklaag





**Figuur B9.1 Weerstand van de deklaag in het modelgebied**



**Figuur B9.2 Weerstand van de deklaag (ingezoomd op plangebied)**

## **Bijlage**

# **10**

**Modelkalibratie (tijdstijghoogtelijnen)**

resultaat\B39H0309.res modellaag 2 coördinaten 171550.00 432620.00



Figuur 5

resultaat\B39H0310.res modellaag 2 coördinaten 170580.00 432344.00



Figuur 7



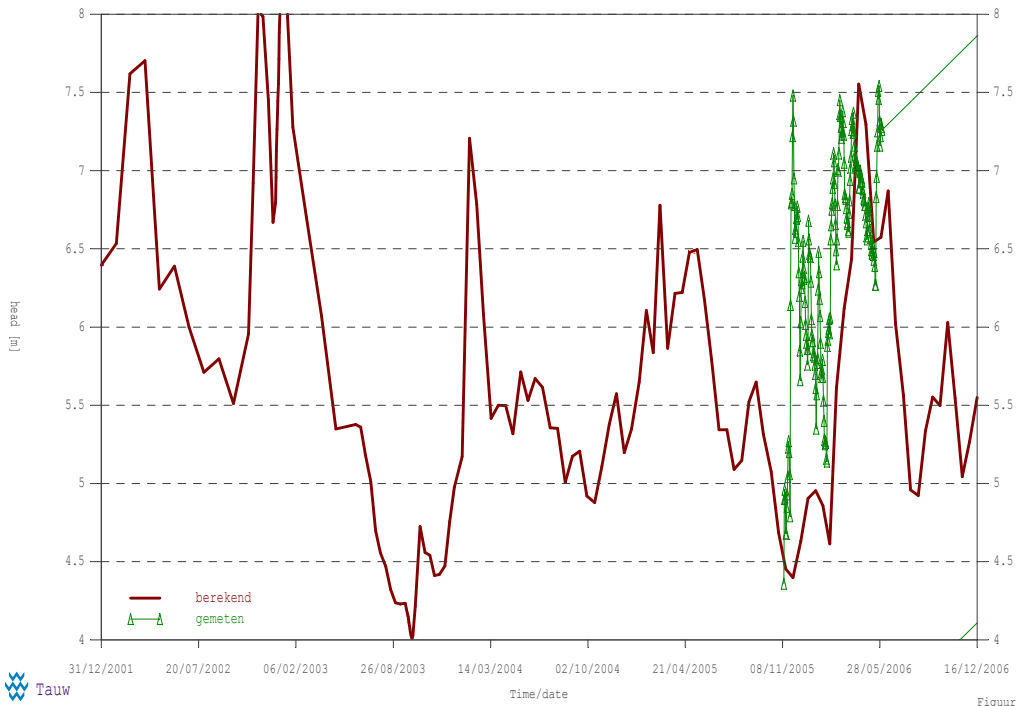
resultaat\B39H0404.res modellaag 2 coordinaten 171560.00 432630.00



resultaat\pbl.res modellaag 1 coordinaten 171189.00 433508.00

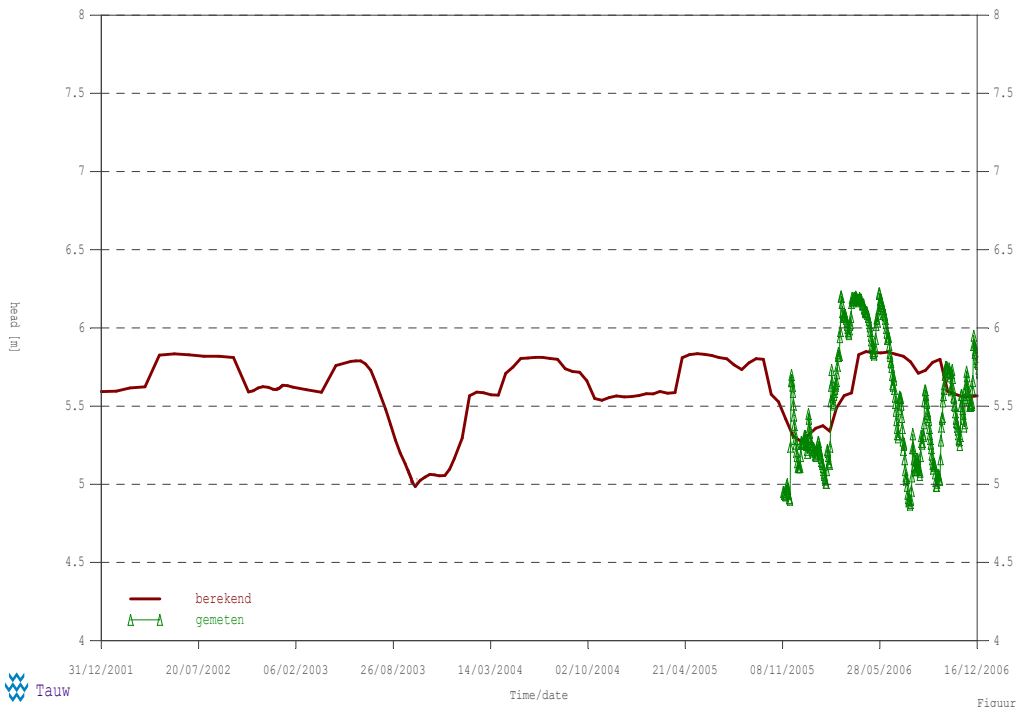


resultaat\pb2.res modellaag 1 coördinaten 171436.00 433457.00



Figuur 10

resultaat\pb3.res modellaag 1 coördinaten 171091.00 433291.00



Figuur 11

resultaat\pb4.res modellaag 1 coördinaten 171303.00 433378.00



Figuur 12

resultaat\pb5.res modellaag 1 coördinaten 171531.00 433295.00



Figuur 13

resultaat\pb6.res modellaag 1 coördinaten 171392.00 433097.00



Figuur 14

resultaat\pb7.res modellaag 1 coördinaten 171206.00 433498.00



Figuur 15

resultaat\pb8.res modellaag 1 coördinaten 171596.00 433150.00

