Geohydrologisch onderzoek Ruimte voor de Rivier Deventer

Gemeente Deventer
Provincie Overijssel

20 november 2009

Eindrapportage

9S8656

ROYAL HASKONING

thinking in
all dimensions

01.11.01

A COMPANY OF

ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

Chopinlaan 12
Postbus 8064
9702 KB Groningen
+31 (0)50 521 42 14 Telefoon
+31 (0)50 526 14 53 Fax
info@groningen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Geohydrologisch onderzoek Ruimte voor de Rivier Deventer
Status	Eindrapportage
Datum	20 november 2009
Projectnummer	9S8656
Opdrachtgever	Gemeente Deventer Provincie Overijssel
Referentie	9S8656/R07/CDG/Gron

Auteur(s)	ir. C.T. de Graaf, drs. A. Dekker, drs. C. E. van der Ziel
Collegiale toets	ir. C.H. van Immerzeel
Vrijgegeven door	ir. C.T. de Graaf
Datum/paraaf	25/11/09 .....

INHOUDSOPGAVE

			Blz.
1	INLEIDING		1
	1.1	Achtergrond	1
	1.2	Doel van het onderzoek	1
	1.3	Leeswijzer	1
2	HYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE		2
	2.1	Opbouw ondergrond	2
	2.2	IJsselstand	3
	2.3	Neerslag en verdamping	6
	2.4	Aanwezigheid kleilagen in ondiepe ondergrond	6
	2.5	Grondwaterstand	12
	2.5.1	Stedelijk gebied	12
	2.5.2	Landelijk gebied	12
	2.5.3	Waterwinning	14
	2.5.4	Verontreinigingsbronnen	16
	2.6	Relatie hydrologie en functies aan maaiveld	16
3	MODELINSTRUMENTARIUM		19
	3.1	Inleiding	19
	3.2	Modelijking	19
	3.2.1	Gevoeligheid van de modelparameters	20
	3.2.2	Modelaanpassingen	21
	3.2.3	De ondergrond	24
	3.2.4	IJkresultaat	25
	3.3	Conclusies	27
4	REFERENTIESITUATIE, ALTERNATIEVEN EN EFFECTEN		28
	4.1	Inleiding	28
	4.2	Hydrologische schematisatie	28
	4.3	Worst case scenario	29
	4.4	Referentiesituatie	32
	4.4.1	Gemiddeld hydrologisch jaar, beschrijving hydrologische situatie	33
	4.4.2	1/25 jaar hoogwater situatie	34
	4.4.3	1/25 jaar laagwatersituatie	34
	4.5	Alternatief A	34
	4.5.1	Gemiddeld hydrologisch jaar	35
	4.5.1.1	Wijziging geohydrologische situatie	35
	4.5.1.2	Effectbeschrijving opbrengstverandering landbouw	36
	4.5.1.3	Effectbeschrijving grondopslag	38
	4.5.1.4	Effectbeschrijving verdroging natuur	38
	4.5.1.5	Effectbeschrijving bodem- en grondverontreinigingen	41
	4.5.2	1/25 jaar hoogwater situatie	42
	4.5.2.1	Wijziging geohydrologische situatie	42
	4.5.2.2	Effectbeschrijving grondwateroverlast bebouwing	42
	4.5.3	1/25 jaar laagwater situatie	43
	4.5.3.1	Wijziging geohydrologische situatie	43
	4.5.3.2	Effectbeschrijving zetting bouw	43

4.6	Voorkeursalternatief	44
4.6.1	Gemiddeld hydrologisch jaar	44
4.6.1.1	Wijziging geohydrologische situatie	44
4.6.1.2	Effectbeschrijving opbrengstverandering landbouw	45
4.6.1.3	Effectbeschrijving grondopslag	47
4.6.1.4	Effectbeschrijving verdroging natuur	48
4.6.1.5	Effectbeschrijving bodem- en grondverontreinigingen	51
4.6.2	1/25 jaar hoogwater situatie	52
4.6.2.1	Wijziging geohydrologische situatie	52
4.6.2.2	Effectbeschrijving zetting bouw	52
4.6.3	1/25 jaar laagwater situatie	52
4.6.3.1	Wijziging geohydrologische situatie	53
4.6.3.2	Effectbeschrijving zetting bouw	53
4.7	Het inrichtingsalternatief	53
4.8	Concept-inrichtingsplan	59
4.8.1	Inleiding	59
4.8.2	Waterbalansen	60
4.8.3	Tijdstijghoogtelijnen	61
4.8.4	Stroombanen en intrekgebieden	61
4.8.5	Conclusies	62
4.9	Meest milieuvriendelijk alternatief (MMA)	62
4.9.1	Gemiddeld hydrologisch jaar	63
4.9.1.1	Wijziging geohydrologische situatie	63
4.9.1.2	Effectbeschrijving opbrengstverandering landbouw	64
4.9.1.3	Effectbeschrijving grondopslag	66
4.9.1.4	Effectbeschrijving verdroging natuur	67
4.9.1.5	Effectbeschrijving bodem- en grondverontreinigingen	71
4.9.2	1/25 jaar hoogwater situatie	71
4.9.2.1	Wijziging geohydrologische situatie	71
4.9.2.2	Effectbeschrijving zetting bouw	71
4.9.3	1/25 jaar laagwater situatie	72
4.9.3.1	Wijziging geohydrologische situatie	72
4.9.3.2	Effectbeschrijving zetting bouw	72
4.10	Aanbevelingen	72

BIJLAGEN

1. Kaarten met geohydrologische gegevens
2. IJkingsresultaten
3. Waterbalansen gebieden 1-8
4. Tijdstijghoogtelijnen
5. Stroombanen

AFBEELDINGEN

1. Opbouw ondergrond ter plaatse van de raai Terwolde-Diepenveen
2. Waterstand IJssel 2004
3. Waterstand IJssel 2005
4. Waterstand IJssel 2006
5. Waterstand IJssel 1959
6. Locatie raaien

7a. Dikte van weerstandsbiedende lagen tot een diepte van 5 m beneden maaiveld
7b. Maximale diepte van klei in de deklaag
8. Opbouw ondergrond ter plaatse van raai 1
9. Opbouw ondergrond ter plaatse van raai 2
10. Opbouw ondergrond en grondwaterstanden ter plaatse van raai 3 in verschillende maanden
11. Relatie tussen IJsselstand en grondwaterstand in de omgeving
12. Grondwateronttrekkingen onder de kleilaag van de Formatie van Drente
13. Grondwateronttrekkingen boven de kleilaag van de formatie van Drente
14. Effect van uiterwaardvergraving en IJsselstand op de grondwaterstand
15. Resultaat gevoeligheidsanalyse
16. Gemeten IJsselstanden in Deventer
17. Relatie tussen gemeten waterstand van de meetstations Deventer en Olst
18. Gemeten en berekende tijdstijghoogtelijnen nabij raai 1
19. Gemeten en berekende tijdstijghoogtelijnen nabij raai 2
20. Gemeten en berekende tijdstijghoogtelijnen nabij raai 3

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

In 1993, maar vooral in 1995 heeft het rivierengebied te kampen gehad met zeer hoge waterstanden op de rivieren. Omdat de dijken op veel plaatsen niet op sterkte waren, bestond de vrees dat zij zouden bezwijken. In 2000 heeft het kabinet ervoor gekozen om meer ruimte te geven aan de rivieren, waardoor de waterstanden minder zullen stijgen. De benodigde maatregelen hebben consequenties voor de ruimtelijke inrichting van het rivierengebied.

De besluitvorming over het noodzakelijke maatregelenpakket vindt plaats in het kader van een Planologische Kernbeslissing (PKB) Ruimte voor de Rivier. In deze PKB is voor het rivierengebied als geheel een samenhangend pakket van maatregelen vastgesteld. Dit pakket heeft oog voor de verschillende functies die het gebied vervult en de belangen die in het gebied aan de orde zijn.

De provincie Overijssel en de gemeente Deventer voeren in opdracht van het ministerie Verkeer en Waterstaat twee projecten uit ter hoogte van Deventer in het kader van de PKB Ruimte voor de Rivier. Het betreft de projecten:

- Uiterwaardenvergraving Bolwerkplas, De Worp en Ossenwaard (door gemeente Deventer).
- Uiterwaardenvergraving Keizers- en Stobbenwaarden (door provincie Overijssel).

1.2 Doel van het onderzoek

Deze rapportage beschrijft, voor de aangegeven projecten, de gevolgen van de uiterwaardvergravingen op de grondwaterstand en de grondwaterstroming. De afgeleide effecten worden eveneens beschreven.

De verkregen gegevens worden gebruikt in het planvormingsproces waar de ligging, dimensionering en de gevolgen van de uiterwaardvergraving worden bepaald.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van deze rapportage geeft een beschrijving van de hydrologische systeemanalyse. Het betrokken hoofdstuk gaat nader in op de opbouw van de ondergrond, de IJsselstand, neerslag en verdamping en de grondwaterstand. Het derde hoofdstuk gaat nader in op het gehanteerde grondwatermodel. Gebruik van een dergelijk model is nodig om de gevolgen van opgestelde scenario's te kunnen beoordelen. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt met de in paragraaf 4.4 beschreven referentiesituatie. Hoofdstuk 4 beschrijft de referentiesituatie en de in het kader van de m.e.r. gekozen alternatieven en bijbehorende effecten.

2 HYDROLOGISCHE SYSTEEMANALYSE

Het 'hydrologische systeem' in en rondom de uiterwaarden nabij Deventer wordt in grote mate bepaald door de interactie van de volgende variabelen:

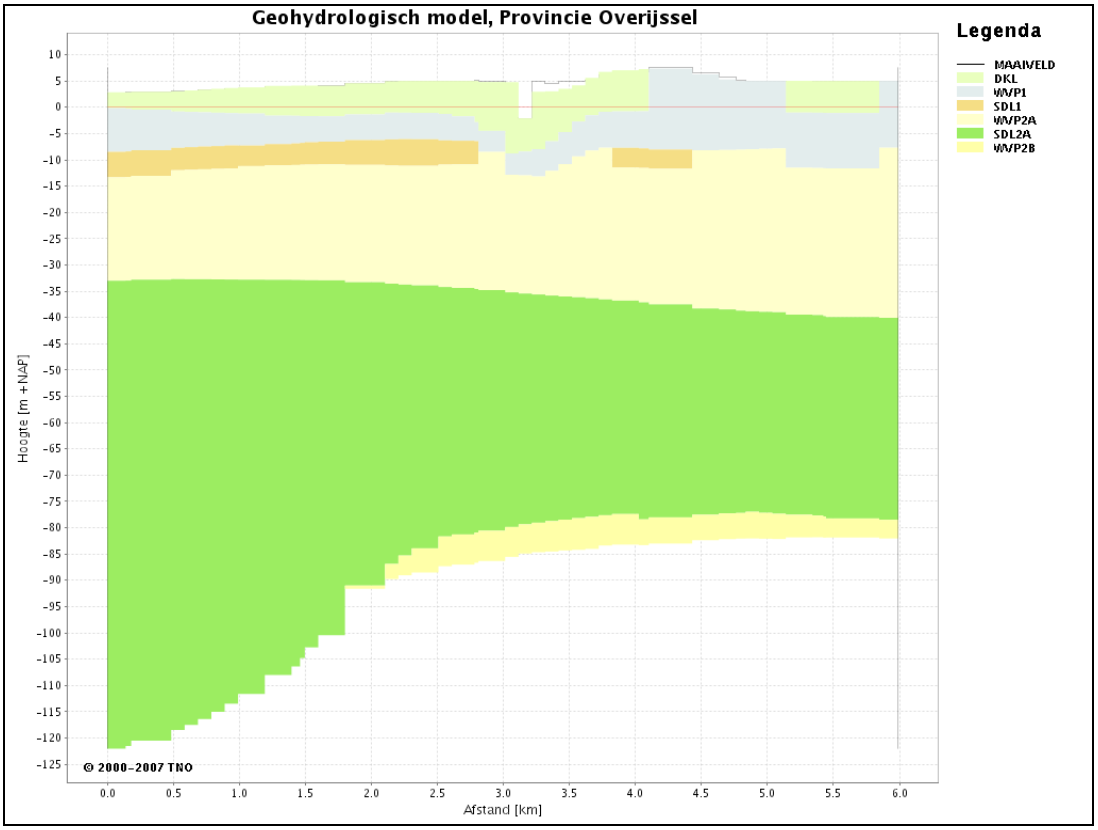
- Opbouw ondergrond.
- De IJsselstand.
- Neerslag en verdamping.
- Aanwezigheid kleilagen in ondiepe ondergrond.
- De grondwaterstand.

In onderstaande tekst wordt een beschrijving gegeven van de genoemde variabelen. Aansluitend wordt ingegaan op de relatie tussen hydrologie en de functies aan maaiveld.

2.1 Opbouw ondergrond

De opbouw van de ondergrond (afbeelding 1) verschilt van plaats tot plaats.
In verband met de geulaanleg in de uiterwaarden is, voor wat betreft de grondwaterstroming, vooral de bovenste 20-40 m van de ondergrond van belang. Op circa 40 m diepte wordt een kleilaag aangetroffen die behoort tot de Formatie van Drenthe (in afbeelding 1: SDL2A). De hydraulische weerstand van deze laag is doorgaans groter dan 100.000 dagen. Mede gezien de dikte van deze laag, kan deze laag voor veel lokale grondwaterstromingsvraagstukken worden beschouwd als de geohydrologische basis. Boven de Formatie van Drenthe ligt een dik zandpakket (WVP2A) dat op sommige plaatsen, van onder naar boven, kan worden onderverdeeld in een minder goed doorlatend pakket en een zeer goed doorlatend pakket bestaande uit grof zand en grind. Het doorlaatvermogen van deze laag bedraagt in het noorden van het studiegebied circa 750 m^2/dag en neemt in zuidelijke richting toe circa 3.500 m^2/dag. Op circa 15-20 m beneden maaiveld komt om sommige plaatsen een Eemklei-afzetting (SDL1) voor. De weerstand van deze laag bedraagt, indien aanwezig, circa 700 dagen. Daarboven ligt een grofzandig pakket (WVP1) dat als freatisch pakket kan worden beschouwd. In de uiterwaarden bevindt zich vaak een deklaag (DKL) boven dit zandig pakket. De deklaag bestaat uit klei- of veenlagen. Zover bekend ligt de bodem van de IJssel in alle gevallen lager dan de onderkant van de deklaag. Dit betekent dat er een goed hydrologisch contact is dus de IJssel en het eerste watervoerend pakket. De grondwaterstroming rond Deventer en de uiterwaarden wordt in sterke mate bepaald door de IJssel.

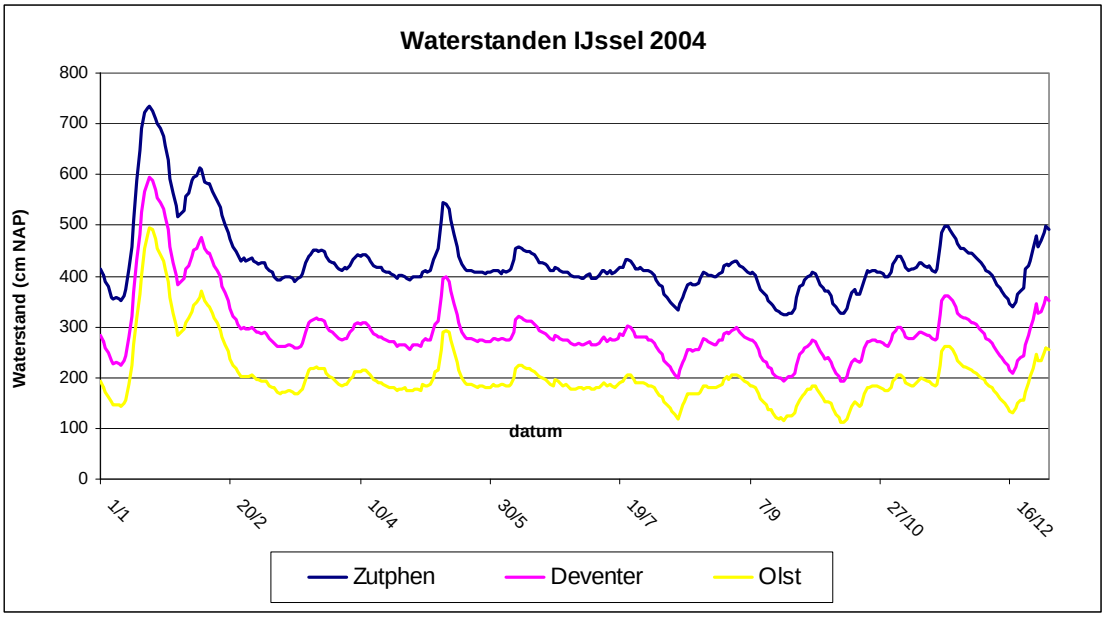
Afbeelding 1. Opbouw ondergrond ter plaatse van raai Terwolde – Diepenveen (bron: REGIS)



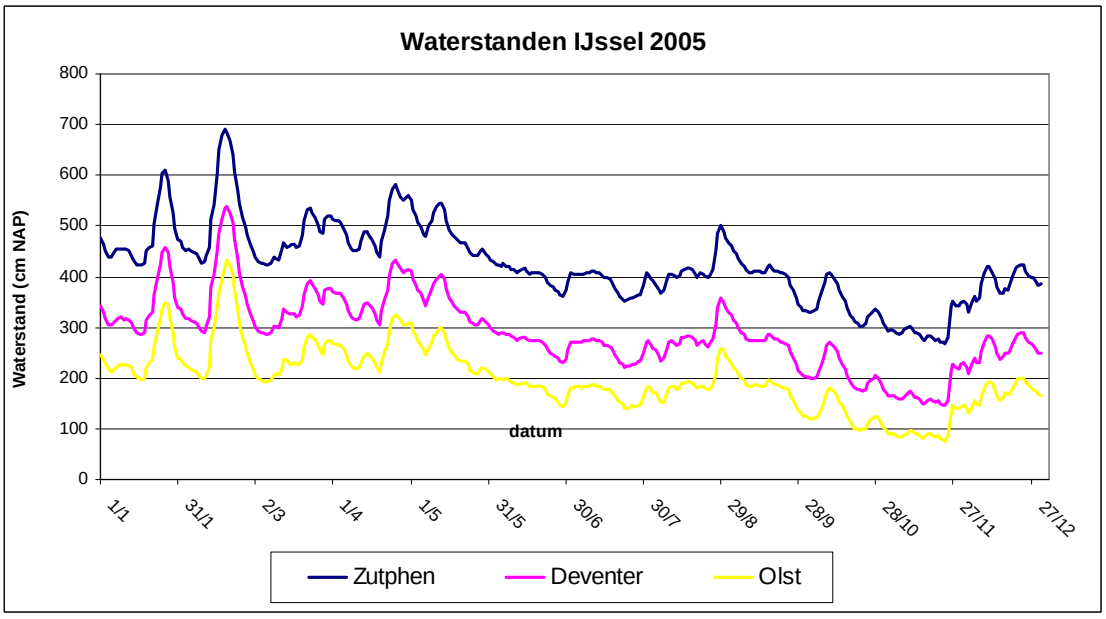
2.2 IJsselstand

Het IJsselstand is in sterke mate variabel. Bij beschouwing van een langere periode blijkt dat er doorgaans sprake is van relatief hoge peilen in de maanden januari-april en van relatief lage peilen gedurende de zomermaanden. De absolute hoogte van deze peilen varieert echter van jaar tot jaar. Dit is afhankelijk van neerslag en verdamping in het voedingsgebied. De jaarlijkse fluctuatie van het IJsselstand bij Deventer ligt tussen NAP +6 m en NAP +2 m; de amplitude bedraagt circa 4 m.
In en nabij Deventer wordt het peil van de IJssel gemeten bij Zutphen, Deventer en Olst. Doorgaans bedraagt het peilverschil tussen Zutphen en Deventer circa 1,2 m, dit komt overeen met een verhang van circa 9 cm/km.
Onderstaande figuren geven een overzicht van het IJsselstand bij de genoemde drie meetstations voor de jaren 2004, 2005 en 2006. De getoonde informatie is ontleend aan de website www.waterbase.nl (Ministerie van verkeer en Waterstaat). Afbeelding 5 toont het IJsselstand bij meetstation Deventer in het jaar 1959; dit jaar wordt gekenmerkt door een zeer langdurige periode met een zeer laag peil.

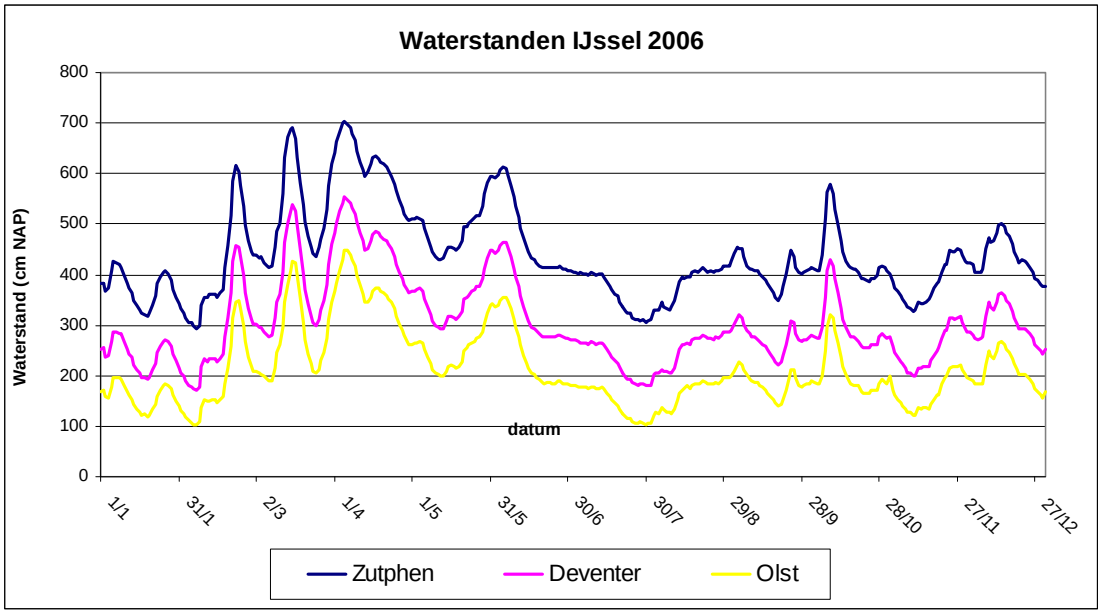
Afbeelding 2. Waterstand IJssel 2004



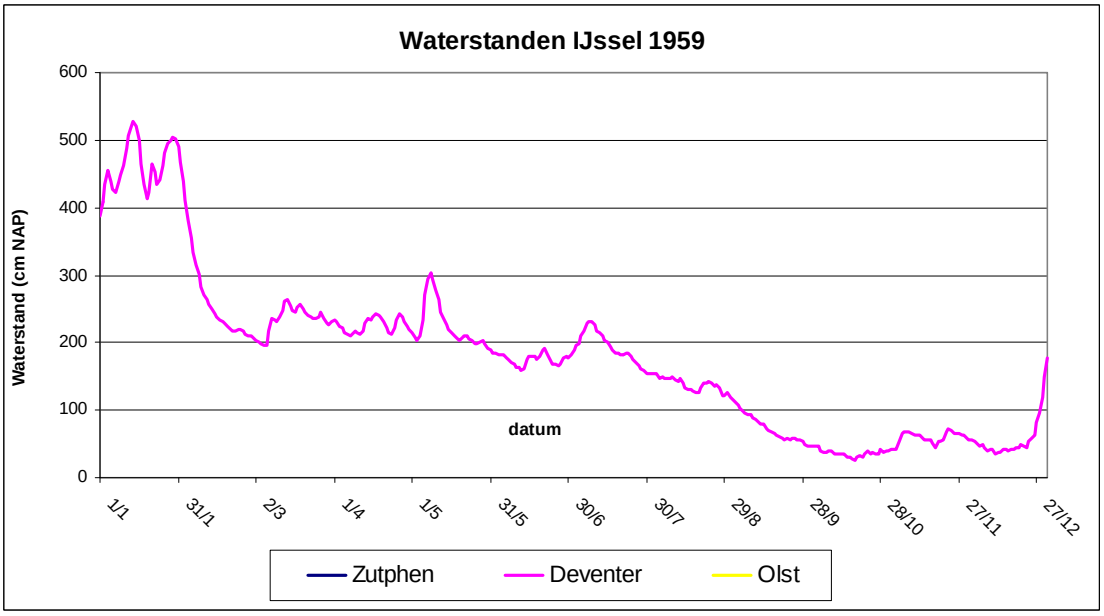
Afbeelding 3. Waterstand IJssel 2005



Afbeelding 4. Waterstand IJssel 2006



Afbeelding 5. Waterstand IJssel 1959



Bovenstaande toont het dynamische karakter van het IJsselpeil. De breedte van de IJssel is eveneens variabel. Gedurende periodes met een relatief laag IJsselstand is de rivierbreedte circa 100 m; tijdens de periodes met hogere peilen komen de uiterwaarden blank te staan. Hierdoor kan de totale breedte van de IJssel in deze gebieden enkele honderden meters bedragen.

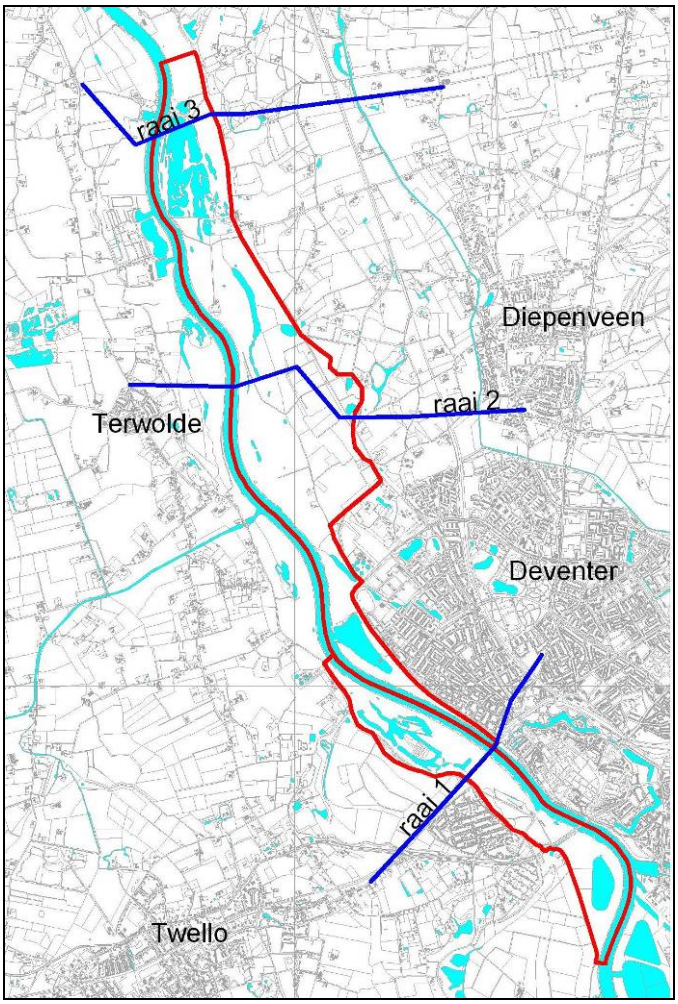
2.3 Neerslag en verdamping

Neerslag en verdamping variëren in de tijd. Gegevens van deze variabelen zijn bij het KNMI opgevraagd voor meetstation Deventer voor de periode 2004-2006. De som van deze twee variabelen wordt aangeduid als ‘nuttige neerslag’.

2.4 Aanwezigheid kleilagen in ondiepe ondergrond

In de ondergrond van het IJsseldal is sprake van een afwisseling van goed en moeilijk (water)doorlatende lagen. Bij de beschrijving van het hydrologisch systeem zijn deze lagen van groot belang. Vooral de invloed van het al dan niet aanwezig zijn van ondiepe kleivoorkomens, bepaalt de mate van interactie tussen de grondwaterstand en de IJssel. In afbeelding 6 zijn de zoekgebieden voor de te realiseren nevengeulen aangegeven. De afbeelding toont drie raaien die min of meer loodrecht op de IJssel staan en houden rekening met het voorkomen van peilbuizen.

Afbeelding 6. Locatie raaien



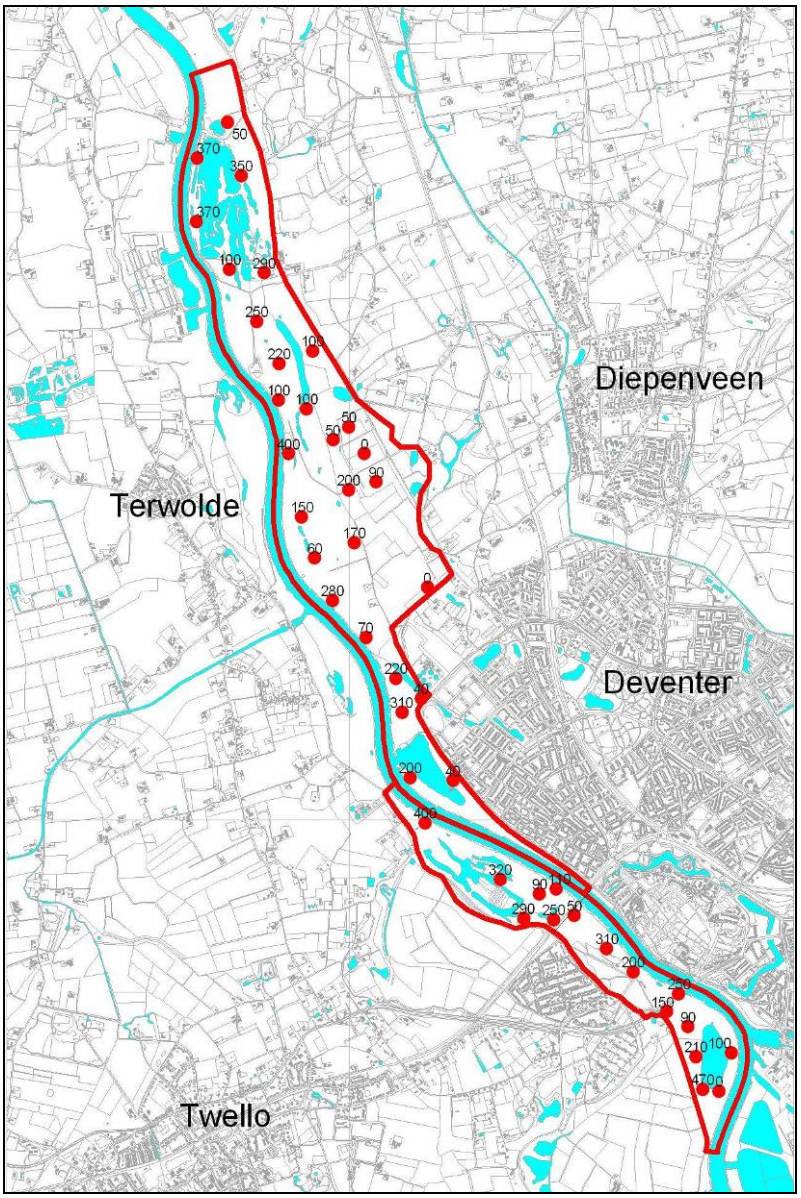
Gegevens over de ondergrond zijn ontleend aan REGIS, DGV-TNO en uit lokaal verrichte grondboringen. Afbeelding 1 geeft, ter plaatse van raai 2 (Terwolde-Diepenveen) de opbouw van de ondergrond weer tot een diepte van 120 m. Deze

afbeelding toont duidelijk het voorkomen van een moeilijk doorlatende laag (deklaag) aan maaiveld, en een scheidende laag op circa NAP -10 m.

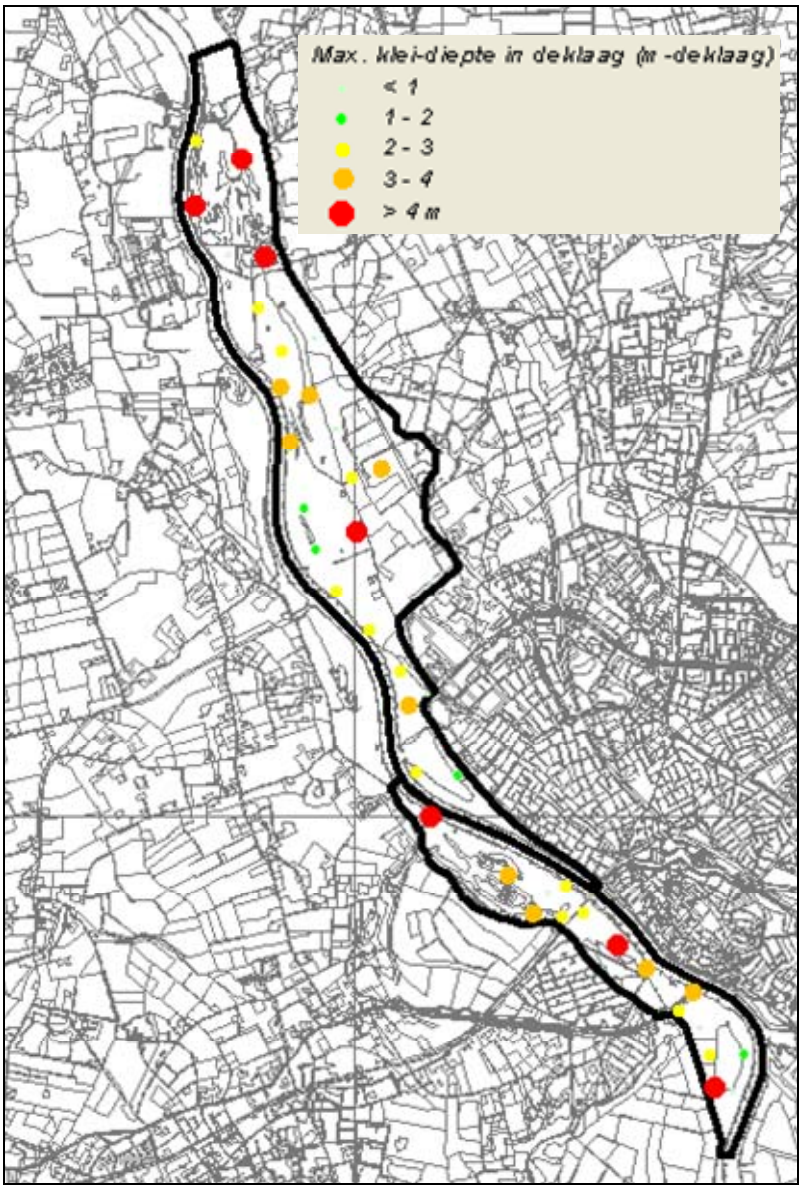
Bij Rijkswaterstaat zijn gegevens opgevraagd met betrekking tot de hoogteligging van de bodem van de IJssel. Het blijkt dat, ter plekke van Deventer, de hoogteligging van de IJsselbodem globaal varieert tussen NAP -2,50 m en NAP -3,50 m op de ‘diepste’ plekken ligt de bodem op NAP -4,25 m. Gezien de IJsselstand (zie afbeeldingen 2-4) betekent dit dat de diepte van de IJssel bij Deventer 5,50-9,50 m bedraagt.

Onlangs zijn geotechnische boringen uitgevoerd tot op een diepte van 5 m beneden maaiveld. Nagegaan is de totale dikte van weerstandsbiedende lagen (klei, veen) in dit traject. De gegevens zijn weergegeven in de figuren 7a en 7b. Uit deze figuren blijkt dat weerstandbiedende lagen vrijwel altijd aanwezig zijn. De dikte van de weerstandsbiedende lagen (in de bovenste 5 m) bedraagt in de meeste gevallen 50-200 cm.

Afbeelding 7a. Dikte (in cm) van weerstandsbiedende lagen tot een diepte van 5 m beneden maaiveld (bron: TAUW-advies)

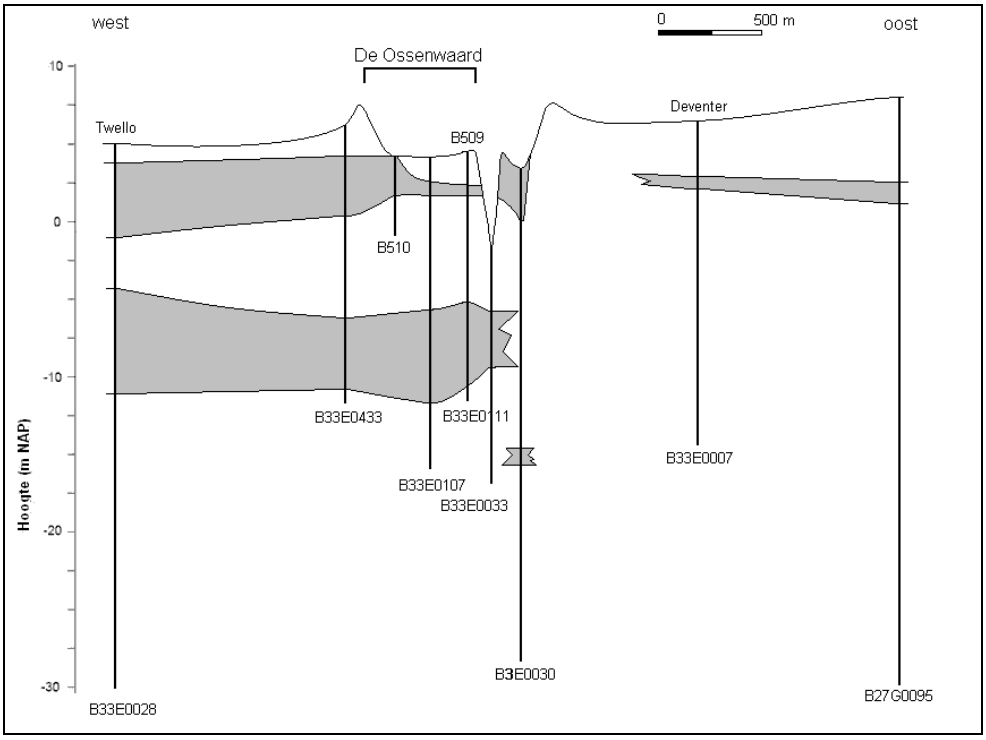


Afbeelding 7b. Maximale diepte van klei in de deklaag (m-mv). Boordiepte tot 5 m-mv (Bron: TAUW-advies)

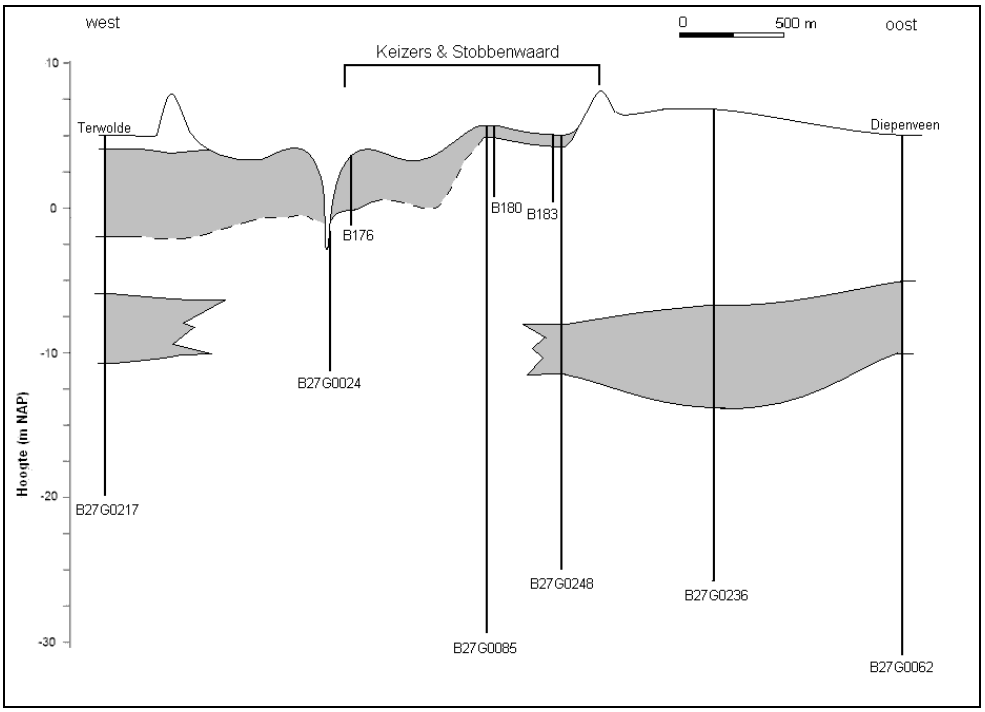


De figuren 8 en 9 tonen de opbouw van de ondergrond (tot een diepte van circa 25 m) ter plaatse van de raaien 1 en 2. De grijze arcering in deze figuren geeft het voorkomen van weerstandsbiedende lagen weer.

Afbeelding 8. Opbouw ondergrond ter plaatse van raai 1



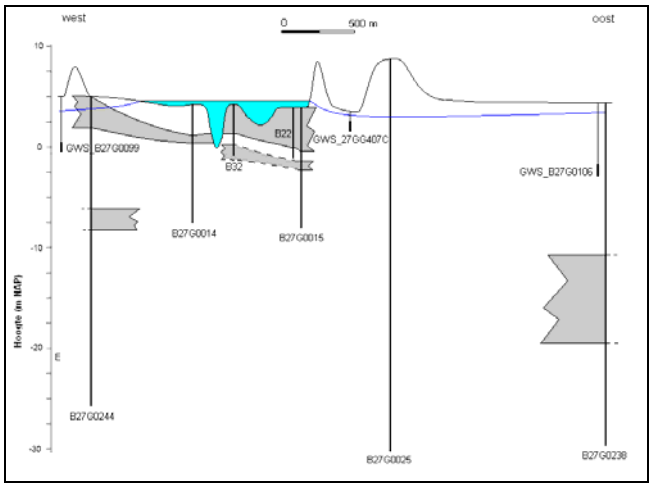
Afbeelding 9. Opbouw ondergrond ter plaatse van raai 2



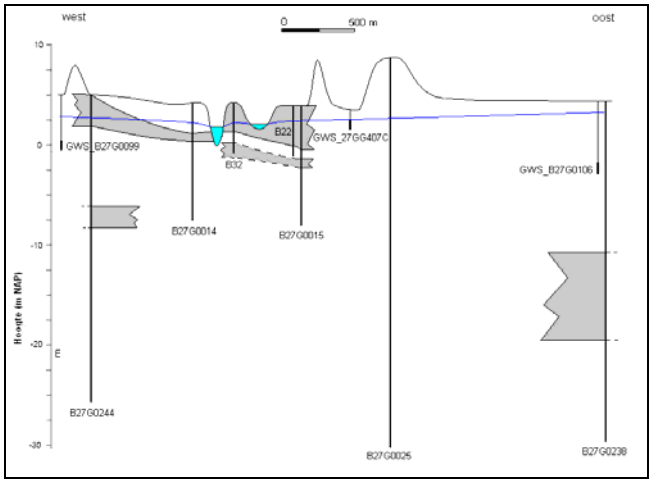
Afbeelding 10 toont de opbouw van de ondergrond (tot een diepte van circa 25 m) ter plaatse van raai 3. Voor verschillende data in 2005 (19 februari, 1 juli en 1 november) is in deze doorsneden tevens het IJsselstand en de grondwaterstand aangegeven.

Afbeelding 10. Opbouw ondergrond en grondwaterstanden ter plaatse van raai 3 in verschillende maanden

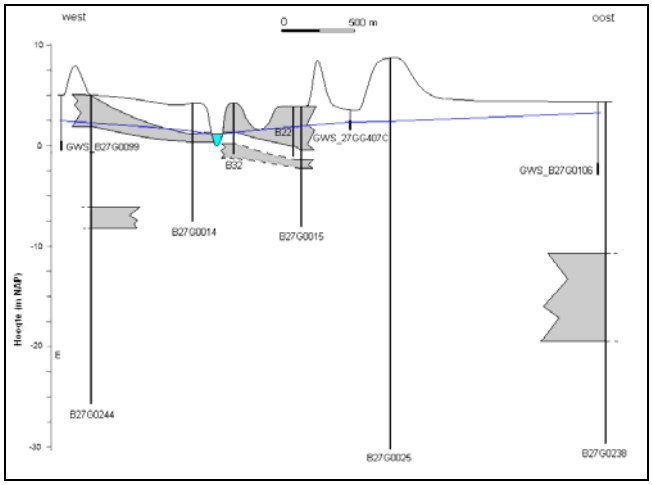
Situatie 19 februari 2005



Situatie 1 juli 2005



Situatie 1 november 2005



Uit afbeelding 10 blijkt het volgende:

- Ter plaatse van raai 3 komen eveneens ondiep voorkomende klei- en veenlagen voor. De diepteligging en horizontale verbreiding van deze lagen komt echter niet exact overeen met die zoals aangegeven in afbeelding 8 (raai 1) en de figuren 1 en 9 (raai 2).
- Op 19 februari 2005 is er sprake van een relatief hoge IJsselstand, de uiterwaarden staan grotendeels onder water. Het peil in IJssel en uiterwaarden is hoger dan de grondwaterstand in de omgeving; de IJssel heeft op dit tijdstip en op deze locatie een infiltrerende werking. De IJssel en het natuurreservaat nabij de Randerwaarden staan in open verbinding.
- Op 1 juli 2005 is er sprake van een relatief lage IJsselstand. De uiterwaarden zijn niet geïnundeerd. Het IJsselstand is enigszins lager dan de grondwaterstanden in de omgeving. De IJssel heeft een drainerende werking.
- De situatie van 1 november 2005 lijkt sterk op de situatie van 1 juli. Zie beschrijving hierboven.

2.5 Grondwaterstand

2.5.1 Stedelijk gebied

Informatie over de grondwaterstand binnen het bebouwd gebied is ontleend aan peilbuiswaarnemingen van lokale peilbuizen. Deze gegevens zijn ter beschikking gesteld door de gemeente Deventer.

2.5.2 Landelijk gebied

Periode 1989-2002
Met behulp van de in het grondwatermodel MIPWA opgenomen gegevens kan inzicht worden verkregen in de grondwaterstand, de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG), Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de kwel/infiltratiesituatie.
Een korte beschrijving is onderstaand opgenomen:

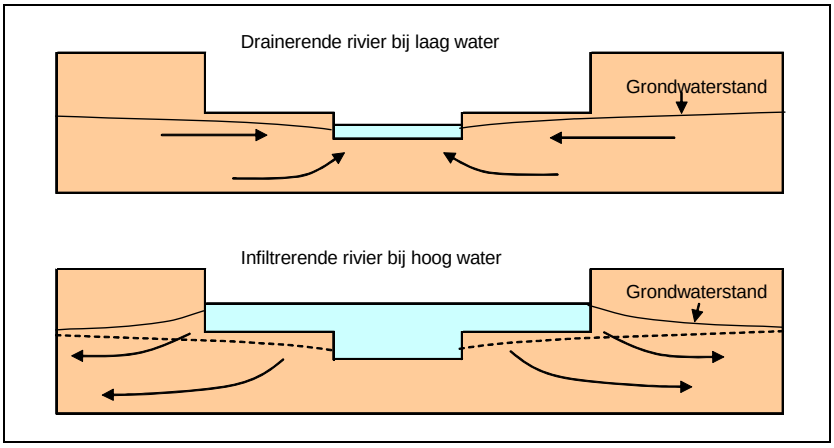
Maaiveldhoogte: de maaiveldhoogte bij de uiterwaarden bevindt zich op circa NAP 3,50 m - NAP 4,00 m. Al het omringende maaiveld is hoger gelegen. De laagst gelegen delen hebben betrekking op het oppervlaktewater.
Grondwaterstand: de gemiddelde grondwaterstand ligt in de genoemde uiterwaarden in de meeste gevallen in de bovenste 50 cm beneden maaiveld. De overheersende richting van de grondwaterstroming is noord-noordwestelijk gericht: de stromingsrichting volgt min of meer het verloop van de maaiveldhoogte. In de buurt van de IJssel zijn de isohypsen gekromd, en verlegt de stromingsrichting zich in de richting van de IJssel. Op deze manier is de gemiddeld drainerende werking van de IJssel zichtbaar. Opgemerkt wordt dat de getoonde grondwaterstanden aan de westkant van de IJssel afkomstig zijn uit het voormalig Veluwemodel. Dit hangt samen met de gekozen begrenzing van het MIPWA- model.
GHG: de GHG in de Keizers- en Stobbenwaarden bevindt zich in de bovenste decimeters beneden maaiveld. Het MIPWA-model bevat geen gegevens voor de GHG in het beheergebied van waterschap Veluwe.
GLG: de GLG in de Keizers- en Stobbenwaarden bevindt zich volgens het model in de meeste gevallen tussen 50-125 cm beneden maaiveld. In de Randerwaarden ligt de

GLG ondieper: 20-80 cm beneden maaiveld. Het MIPWA-model bevat geen gegevens voor de GLG in het beheergebied van waterschap Veluwe.
GVG: de GVG in de Keizers- en Stobbenwaarden bevindt zich volgens het model in de meeste gevallen tussen 10-80 cm beneden maaiveld. Het MIPWA-model bevat geen gegevens voor de GLG in het beheergebied van waterschap Veluwe.
Kwel/infiltratie: in Keizers- en Stobbenwaarden en Bolwerksplas Worp en Ossenwaard is voornamelijk sprake van kwel. De grootste kwelintensiteit wordt aangetroffen nabij de Randerwaarden in het noorden en de Bolwerksplas en Ossenwaard. In alle gevallen bedraagt de kwel minstens 1 mm/dag. Verder verwijderd van de IJssel slaat de kwelsituatie geleidelijk om in infiltratie. De grootste infiltratiefluxen worden aangetroffen in de hogere maaivelddelen zoals bij Terwolde (westzijde IJssel) en Rande (oostzijde IJssel).

Periode na 2002
Naast deze gegevens over de periode 1989-2002 zijn meer actuele grondwaterstandgegevens opgevraagd bij het DINO-loket en bij de waterschappen Groot-Salland en Veluwe. Uit deze gegevens blijkt ondermeer dat zich geen bekende peilbuizen in de uiterwaarden bevinden.
Voor enkele momenten in 2005 is de grondwaterstand in relatie tot het IJsselstand beschouwd in drie raaien loodrecht op de IJssel. Het grondwaterstandsverloop over raai 3 is voor de drie aangegeven momenten weergegeven in afbeelding 10.

Daar de bodem van de IJssel zich in de meeste gevallen bevindt tussen NAP -2,50 m en NAP -3,50 m (informatie Rijkswaterstaat), wordt aangenomen dat de IJssel de lokaal aanwezige ondiep voorkomende kleilagen doorsnijdt. Er is derhalve sprake van een goed ontwikkeld hydrologisch contact tussen de IJssel en de grondwaterstand in de omgeving. Dit betekent dat er een sterke relatie is tussen het IJsselstand en de grondwaterstand.
Hoge IJsselstanden zullen snel leiden tot infiltratie van rivierwater naar de ondergrond; dit ‘signaal’ (hoog IJsselstand) zal zich lateraal voortplanten naar gebieden die verder van de IJssel verwijderd zijn. Dit leidt tot verhoogde grondwaterstanden in de omgeving. Onder de relatief hoge binnendijkse gronden kan een grote hoeveelheid grondwater worden geborgen. Hierdoor zal de aanpassing van de grondwaterstanden in de omgeving van de IJssel relatief veel tijd vergen. Met andere woorden: het duurt relatief lang voordat een stationaire toestand is ingetreden.
Bij lage IJsselstanden doet zich een tegenovergestelde situatie voor. In dat geval zal sprake zijn van een drainerende IJssel; dit zal leiden tot verlaagde grondwaterstanden in de wijde omgeving.
De relatie tussen het IJsselstand en de grondwaterstand (en de omslag van drainage naar infiltratie) is schematisch weergegeven in afbeelding 11.

Afbeelding 11. Relatie tussen IJsselstand en grondwaterstand in de omgeving (schematisch)



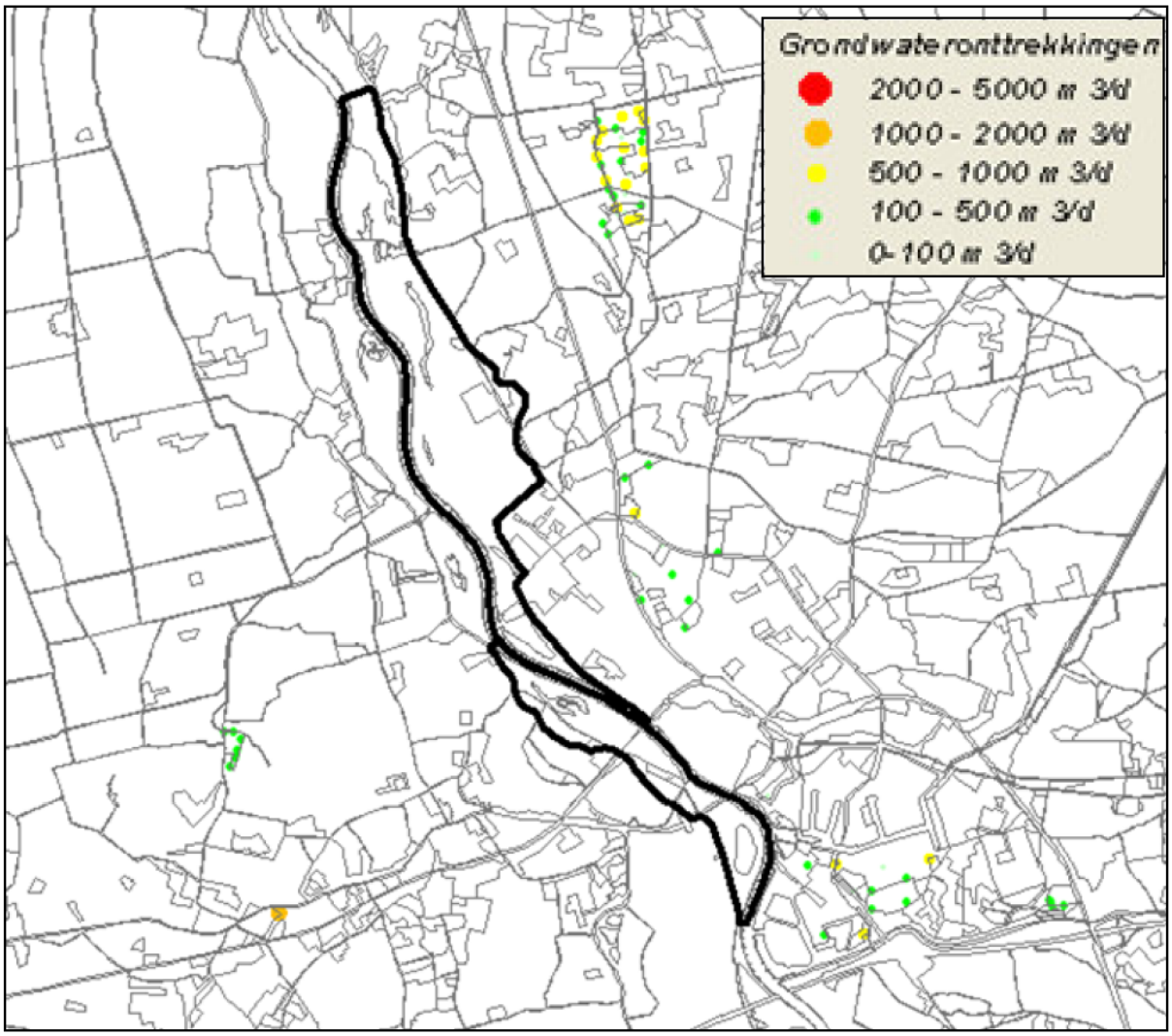
Afbeelding 10 geeft ter plaatse van raai 3 een beeld van de situatie op basis van werkelijk waargenomen peilen (tekeningen niet op schaal). De grondwaterstromingsrichting in deze laatstgenoemde figuren komt bij laag en hoog IJsselstand overeen met de stromingsrichting zoals aangegeven in afbeelding 11.

2.5.3 Waterwinning

Het is denkbaar dat door de aanleg van nevengeulen het grondwaterstromingspatroon in de directe nabijheid verandert. Hierdoor zou in principe ook de toestroming richting nabijgelegen grondwaterwinningen kunnen wijzigen, met name het intrekgebied. Dat is het gebied dat water toelevert aan een grondwaterwinning.

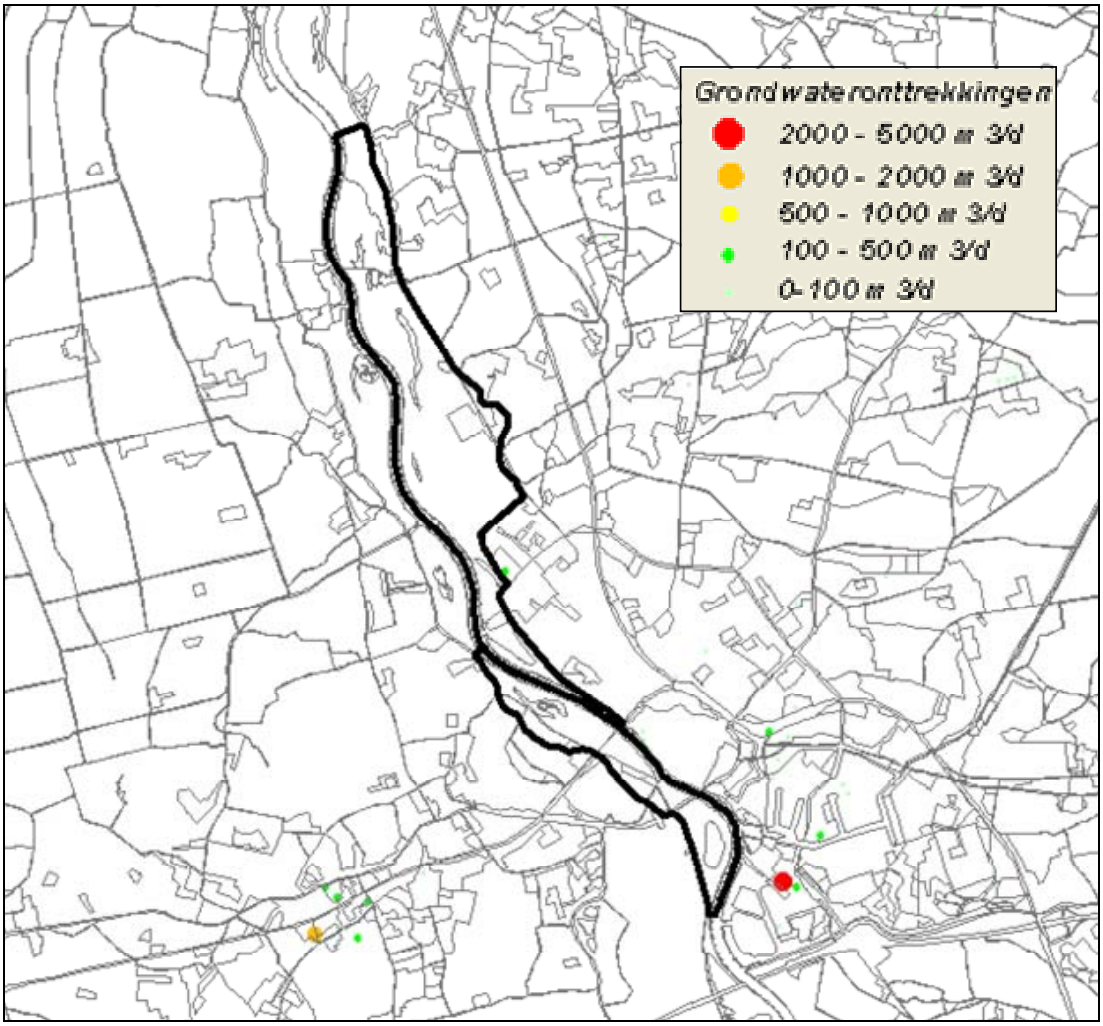
De genoemde beïnvloeding zal beperkt zijn als de filters van deze onttrekkingen gelegen zijn onder de vrijwel afsluitende kleilaag van de formatie van Drente. In afbeelding 12 zijn de grondwateronttrekkingen onder deze modellaag weergegeven. Het pompstation Diepenveenseweg van Vitens is zichtbaar als de cluster van winputten aan de noordkant van afbeelding 12. Zuidelijk daarvan bevinden zich de waterwinning Deventer Ceintuurbaan en Deventer Zutphenseweg. Verwacht wordt dat deze grondwateronttrekkingen vrijwel geen interactie met de IJssel zullen hebben.

Afbeelding 12. Grondwateronttrekkingen onder de kleilaag van de formatie van Drente



Grondwaterwinningen boven de kleilaag van de formatie van Drente zullen wellicht wél beïnvloed worden door de aanleg van nevengeulen. Dat geldt vooral als deze winningen in de directe nabijheid van de nevengeulen zijn gelegen. Afbeelding 13 toont deze winningen. Er is sprake van één relatief grote waterwinning (rood weergegeven) in de stad Deventer; het betreft hier een industriële winning op industrieterrein Bergweide.

Afbeelding 13. Grondwateronttrekkingen boven de kleilaag van de formatie van Drente



2.5.4 Verontreinigingsbronnen

Uit een inventarisatie van de gemeente Deventer blijkt dat binnen het bebouwd gebied verschillende grondwaterverontreinigingen bekend zijn. De meest belangwekkende zijn hieronder opgesomd:

- Boxbergerweg 18-30. Vervuiling met VOCl's (per/tri) op diepten van respectievelijk 5-6 en 10-15 m beneden maaiveld.
- Lange Bisschopstraat. Vervuiling met VOCl's tot een diepte van circa 30 m beneden maaiveld.
- Handelskade. Vervuiling met HCH tot een diepte van 20 m beneden maaiveld.
- Raambuurt. Verontreiniging met CN en VOCl tot op circa 10 m diepte.
- Bergweide. Verontreiniging met VOCl's tot circa 10 m beneden maaiveld.

2.6 Relatie hydrologie en functies aan maaiveld

De geschiktheid van een bepaalde functie aan maaiveld (bijvoorbeeld: landbouw) houdt in veel gevallen duidelijk verband met de hydrologie. In het onderstaande is dat verband globaal beschreven.

Bebouwing: de van belang zijnde factoren zijn de ontwateringsdiepte en mogelijke zettingsverschijnselen. De ontwateringsdiepte is gelijk aan de afstand tussen grondwaterstand en maaiveld (de kruipruimtes dienen bij voorkeur droog te blijven). Zetting van samendrukbare lagen (klei, veen) kan optreden bij zeer lage grondwaterstanden. Als gevolg van eerder voorgekomen lage grondwaterstanden kan reeds een voorzetting van deze lagen hebben plaatsgevonden. Nog lagere grondwaterstanden kunnen echter leiden tot nieuwe zettingsverschijnselen. Zetting kan uiteindelijk leiden tot schade.
In het kader van dit project worden de bebouwde kernen aangetroffen in Deventer aan de oostkant van de IJssel; en in Twello, Terwolde en 'de Worp' (gemeente Deventer) aan de westkant.

Landbouw: de diepte van de grondwaterstand dient te worden afgestemd op de landbouw om optimalisatie van akkerbouw- of veeteelt te bewerkstelligen. Dit maakt drainage in de meeste gevallen noodzakelijk. De landbouw is gebaat bij lagere grondwaterstanden op het moment dat tractoren zich op het terrein bevinden.
Binnen de uiterwaarden is doorgaans sprake van extensieve veeteelt; buiten de uiterwaarden is akkerbouw de meest voorkomende gebruiksfunctie. Het peilbeheer is afgestemd op grasland.

Natuur: van belang zijn met name de natuurdoeltypes in de natuurgebieden. Elk natuurdoeltype stelt specifieke eisen aan de grondwaterstand en aan de kwel/infiltratiesituatie. Het is van belang dat de kwel de wortelzone van de planten kan bereiken. Diepe kwelstromen bevatten, vanwege de langere verblijftijd in de ondergrond, doorgaans meer calcium. Dit speelt bij veel vegetatietypen een belangrijke rol.
De voor dit project meest nabijgelegen natuurwaarden bevinden zich bij het natuurreservaat nabij de Rander Waarden, Rande, de uiterwaarden nabij de Wijk, Ossenwaard (ten noorden van spoorlijn) en het gebied nabij de Bolwerksplas.

Waterwinning: de waterwinning van Vitens (pompstation Diepenveenseweg) vindt plaats onder de Drenthe-klei. Het effect van deze waterwinning op de grondwaterstand en eventuele interactie met de IJssel is beperkt. Industriële onttrekkingen met een kleinere capaciteit bevinden zich meestal boven de Drenthe-klei. Effecten van deze waterwinningen kunnen zich vertalen in een verlaging van de grondwaterstand en in vergroting van de infiltratie. Bestaande kwel kan mogelijk veranderen in infiltratie als gevolg van de waterwinning. Weerstandsbiedende lagen in de ondergrond die zich boven de putfilters bevinden, dempen de effecten op de grondwaterstand en de kwel/infiltratiesituatie.

Dijken: in bepaalde gevallen kan instabiliteit van dijklichamen optreden. De bestaande dijken hebben reeds vele situaties (hoge en lage IJsselstanden) getrotseerd. Als toekomstige nevengeulen te dicht bij een dijklichaam worden aangelegd kunnen mogelijk risico's ontstaan. Dit is met name het geval als, na een natte periode, de uiterwaarden en de geulen snel zouden droogvallen.
Langs de in dit project beschouwde uiterwaarden is over de gehele lengte een dijk aanwezig (Bandijk, IJsseldijk).

Verontreinigingen: aanwezige grondwaterverontreinigingen verplaatsen zich, afhankelijk van de aard van de verontreiniging, met het grondwater. Mobiele verontreinigingen kunnen uiteindelijk worden afgevoerd door de IJssel, of, indien dat onopgemerkt blijft, wordt opgepompt door drinkwaterwinningen.

Autonome ontwikkeling: de autonome ontwikkelingen zijn beschreven in de Startnotitie. Van de vijf genoemde autonome ontwikkelingen (Rivierverruiming buiten het plangebied, ontstening van de IJssel, Natuurderij Keizersrande, IJsselsprong en IJsselbrug en IJsselhotel) heeft alleen de aanleg van een passantenhaven aan de zijde van de Worp mogelijk duidelijk invloed op de referentiesituatie. De passantenhaven heeft op dit moment echter nog geen formele status.

Ruimtelijke ontwikkelingen met een invloed op het hydrologisch systeem, anders dan de geplande uiterwaardvergraving nabij Deventer, worden aangeduid met de term ‘autonome ontwikkeling’.

Opmerking: in het kader van het project ‘Geohydrologisch onderzoek Ruimte voor de rivier Deventer’ zullen de effecten van aanleg van nevengeulen in verband worden gebracht met ‘de referentiesituatie’.
De referentiesituatie is gedefinieerd als de superpositie van ‘huidige situatie’ en de ‘autonome ontwikkeling’.

3 MODELINSTRUMENTARIUM

3.1 Inleiding

In het onderdeel ‘Hydrologische systeemanalyse’ van dit rapport is ingegaan op de variabelen die in belangrijke mate het grondwatersysteem in de directe omgeving van de IJssel nabij Deventer beschrijven:

- de opbouw ondergrond;
- de IJsselstand;
- de neerslag en verdamping;
- de aanwezigheid kleilagen in de ondiepe ondergrond;
- de grondwaterstand;
- grondwateronttrekkingen.

In aanvulling daarop wordt in dit hoofdstuk beschreven hoe dit hydrologische systeem is verwerkt in het hydrologische grondwatermodel.

De basis voor het gebruikte modelinstrument is het grondwatermodel Noord Nederland (MIPWA). Ten behoeve van dit onderzoek is het MIPWA grondwatermodel geconverteerd naar een Triwaco-werkomgeving. Daarna is, ten behoeve van de modelijking, de gevoeligheid van het model voor een aantal modelparameters onderzocht. Mede op basis van deze gevoeligheidsanalyse is een aantal modelparameters aangepast.

In dit hoofdstuk wordt verslag gedaan van de resultaten van de modelijking en wordt een overzicht gegeven van de resulterende modelparameters.

Het aldus verkregen grondwatermodel is een belangrijk instrument in dit onderzoek. Met het grondwatermodel is, tijdsafhankelijk, de periode 2004-2006 doorgerekend. Het hydrologische jaar 2005 (1 april 2005 tot en met 31 maart 2006) is in dit onderzoek als referentieperiode gehanteerd. Dat wil zeggen dat de effecten van de te onderzoeken maatregelen zullen worden vergeleken met de uitkomsten van de referentieberekeningen over dezelfde periode. In dit hoofdstuk vindt u de modelresultaten van deze ‘referentiesituatie’.

3.2 Modelijking

Het MIPWA grondwatermodel is op regionale schaal geijkt. In deze studie, waar de grondwatersituatie nabij Deventer centraal staat, is het echter gewenst opnieuw te bezien of de modeluitkomsten redelijk overeenstemmen met de voorhanden zijnde gegevens.

Verder is het zo dat er ten behoeve van dit onderzoek nieuwe gegevens zijn verzameld over de dikte en verspreiding van de eerste weerstandbiedende laag (c1, Holocene IJsselklei). Hieronder zal worden ingegaan op de manier waarop deze nieuwe informatie is verwerkt in het grondwatermodel. Ook deze modelaanpassing maakt het wenselijk de resultaten van het grondwatermodel te evalueren.

De modelijking heeft in twee stappen plaatsgevonden. In de eerste stap is met een stationaire (tijdsonafhankelijke) versie van het grondwatermodel gevoeligheid van het

ijkresultaat bepaald voor een aantal modelparameters. Deze modelparameters zijn daarna geoptimaliseerd. Het stationaire grondwatermodel heeft betrekking op de gemiddelde situatie 2004-2006.

Daarna zijn in de tweede stap, met het niet-stationaire grondwatermodel, de tijdsafhankelijke modelresultaten vergeleken met gemeten tijd-stijghoogtelijnen. Daarbij zijn de gegevens van het hydrologische jaar 2005 bekeken omdat dit jaar als representatief wordt beschouwd.

Opmerking: In deze paragraaf worden ondermeer de figuren B1-B9 toegelicht. Al deze figuren zijn opgenomen in bijlage 1.

3.2.1 Gevoeligheid van de modelparameters

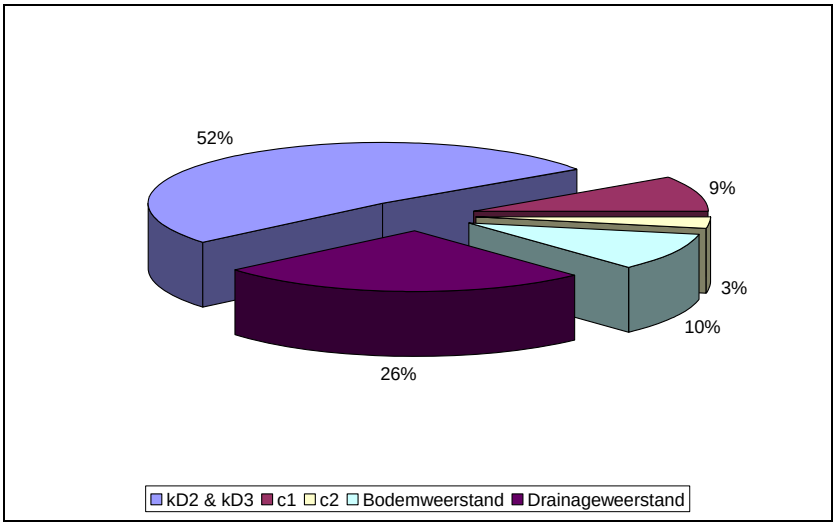
Met het stationaire grondwatermodel is de gevoeligheid van de modelresultaten onderzocht voor een aantal modelparameters. De parameters zijn geselecteerd omdat, op basis van modelinzicht, mag worden verwacht dat deze de modelresultaten relatief sterk beïnvloeden.

Als basis voor de gevoeligheidsanalyse zijn de gemiddelde grondwaterstanden gebruikt in de periode 2004-2006. De ligging van deze peilbuizen is aangegeven in paragraaf 2.3 (‘IJkresultaat’).

Ten behoeve van de gevoeligheidsanalyse zijn per geselecteerde parameter steeds twee berekeningen uitgevoerd. In de eerste berekening is de parameter-waarde verkleind met 50%. In de tweede berekening is de parameter-waarde vergroot met 50%. Door deze berekeningsresultaten voor diverse parameters met elkaar te vergelijken ontstaat inzicht in de relatieve gevoeligheid van het ijkresultaat voor de verschillende modelparameters. Relatief gevoelige parameters zijn goede ‘kandidaten’ om geoptimaliseerd te worden.

Afbeelding 15 toont het resultaat van de aldus uitgevoerde gevoeligheidsanalyse.

Afbeelding 15. Resultaat van de gevoeligheidsanalyse



Uit afbeelding 15 kan worden opgemaakt dat het ijkresultaat vooral gevoelig is voor het doorlaatvermogen van de diepe watervoerende pakketten (kD2 en kD3): relatieve gevoeligheid 52%. Daarnaast is het ijkresultaat relatief gevoelig voor de drainageweerstand (dat is de weerstand voor toestroming naar de waterlopen): 26%. Hierna volgen de hydraulische weerstand van de bodem van de IJssel (bodemweerstand) met 10% en de hydraulische weerstand van de eerste scheidende laag (c1, IJsselklei). Het ijkresultaat is relatief ongevoelig voor de hydraulische weerstand van de tweede scheidende laag (c2, Eemklei).

3.2.2 Modelaanpassingen

Naar aanleiding van de gevoeligheidsanalyse en nieuwe informatie (aanvullende boringen tot 5 m diepte en variabele IJsselstand) is een aantal parameters van het MIPWA-grondwatermodel aangepast.

Besloten is om de gevoeligste modelparameters, namelijk het doorlaatvermogen van de diepe watervoerende pakketten (kD2 en kD3), *niet* aan te passen. Het doorlaatvermogen van deze pakketten is in MIPWA al zeer groot (paragraaf 3), terwijl bij optimalisatie van deze parameter bleek dat een nog grotere waarde tot een relatief beperkt betere kalibratie zou leiden. Het invoeren van nog grotere doorlaatvermogens zou leiden tot lokaal onrealistisch grote doorlatendheden van deze pakketten (> 100 m/d). Vandaar dat in het grondwatermodel de doorlaatvermogens uit MIPWA niet zijn aangepast.

De drainageweerstand en de weerstand van de ondiepe weerstandsbiedende laag zijn, naar aanleiding van de gevoeligheidsanalyse en de nieuwe boorgegevens wél aangepast. Ook de IJsselstand en het neerslagoverschot in stedelijk gebied is in het gebruikte grondwatermodel aangepast ten opzichte van het MIPWA grondwatermodel. Één en ander wordt hieronder toegelicht.

Drainageweerstand
Ten behoeve van de conversie van het MIPWA grondwatermodel naar de Triwaco werkomgeving is met het MIPWA grondwatermodel een berekening uitgevoerd. Met deze berekening is (stationair) het effect bepaald op de freatische grondwaterstand van de GHG-situatie ten opzichte van de gemiddelde situatie. De drainageweerstand voor het Triwaco grondwatermodel is verkregen door de aldus berekende verhoging van de freatische grondwaterstand te delen door de toename van het neerslagoverschot.

Door optimalisatie zijn de aldus verkregen drainageweerstanden met de Monte-Carlo techniek zoveel mogelijk in overeenstemming gebracht met de gemeten grondwaterstanden in de periode 2004-2006.

Afbeelding B1 (Bijlage 1) toont de resulterende drainageweerstanden die zijn opgenomen in het Triwaco grondwatermodel. Uit afbeelding B1 blijkt dat relatief lage drainageweerstanden worden gevonden in de uiterwaarden (0-50 dagen). Op de oeverwallen zijn de drainageweerstanden relatief hoog (150-200 dagen).

Ondiepe weerstandsbiedende laag (c1)
Om meer inzicht te verkrijgen in de opbouw van de ondiepe ondergrond, zijn in het kader van dit onderzoek in het zoekgebied 44 boringen geplaatst tot 5 m -mv. Uit deze boringen is gebleken dat in het zoekgebied de dikte van de holocene IJsselklei

uiteenloopt van 0 m (=niet aanwezig) tot 4,80 m. Afbeelding B2 toont een overzicht van de dikte van de Holocene IJsselklei op de boorlocaties.

De hydraulische weerstand van deze modellaag in MIPWA (c1) is op basis van deze nieuwe informatie lokaal aangepast. Daarbij is per meter dikte van de Holecene klei een weerstand van 100 dagen verondersteld. Afbeelding B3 toont de resulterende kaart van de hydraulische weerstand van de holocene IJsselklei zoals deze is ingebracht in het grondwatermodel.

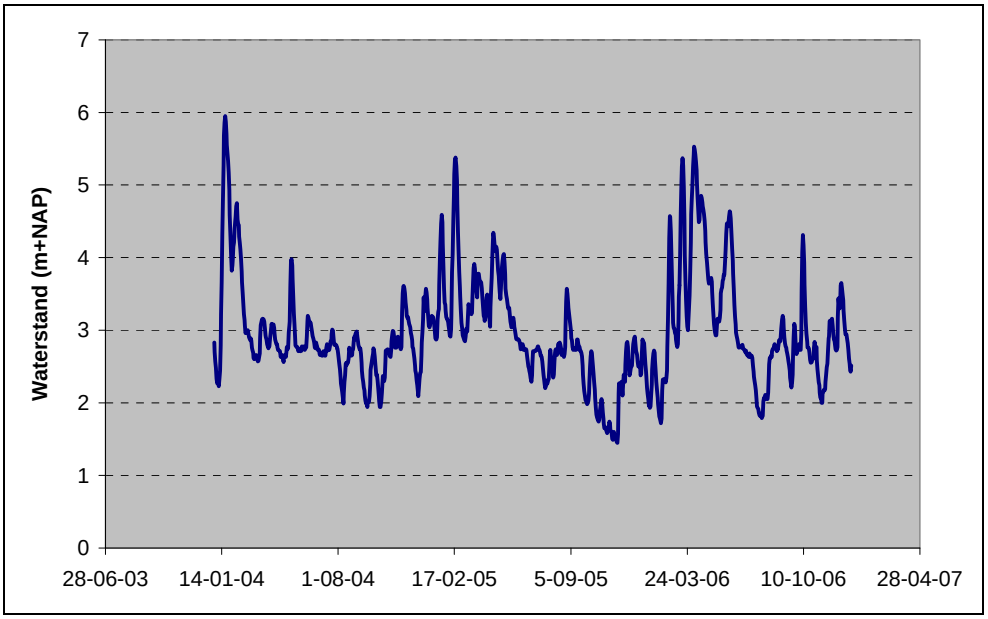
In afbeelding B3 is tevens een gebied aangegeven waar, op basis van de TNO-grondwaterkaart, lokaal de weerstand van de holocene IJsselklei is verhoogd tot 450 dagen. Tijdens de modelijking is namelijk gebleken dat in dit gebied de berekende freatische stijghoogten structureel te laag werden berekend als hier de MIPWA gegevens worden gebruikt voor de verbreiding van de holocene IJsselklei. Bij de bespreking van het ijkresultaat, paragraaf 2.3, zal hier meer aandacht aan worden besteed.

Uit afbeelding B3 blijkt dat aan beide zijden van de IJssel tot een afstand van circa 1 km de holocene IJsselklei met een sterk wisselende hydraulische weerstand voorkomt. Ten westen van de IJssel is deze weerstandbiedende laag het meest uitgebreid en komen hydraulische weerstanden voor van meer dan 500 dagen.

IJsselstand
In het onderdeel ‘Hydrologische systeemanalyse’ (H3) van dit rapport is de dynamiek van de IJsselstand reeds aan de orde geweest. Het is duidelijk dat de sterk wisselende IJsselstanden van invloed zullen zijn op de grondwaterstanden in de omgeving.

In het MIPWA grondwatermodel is echter een, in de tijd, constante IJsselstand ingevoerd. Voor dit onderzoek zijn de IJsselstanden wél tijdsafhankelijk ingevoerd. Het gaat om de periode 2004-2006. Ter illustratie toont afbeelding 16 de gemeten IJsselstanden in Deventer.

Afbeelding 16. Gemeten IJsselstanden in Deventer

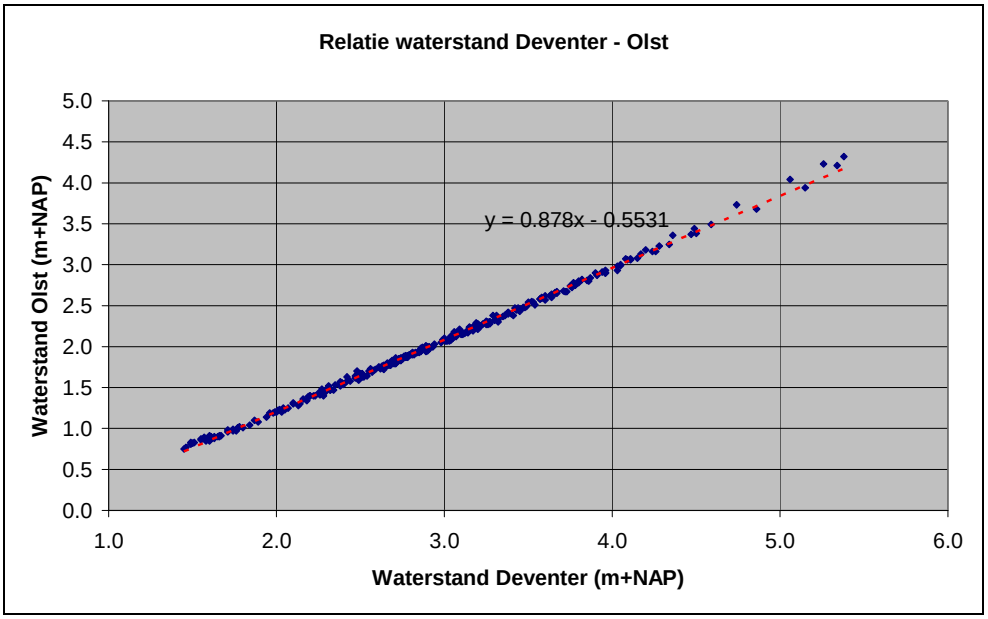


Uit afbeelding 16 blijkt dat in de genoemde periode de IJsselwaterstand nabij Deventer varieert van NAP +1,45 m tot bijna NAP +6 m.

Voor het tijdsafhankelijk invoeren van de IJsselstand in het grondwatermodel is behalve van de gegevens van het meetstation in Deventer ook gebruik gemaakt van de meetstations in Zutphen en in Olst. Door middel van lineaire interpolatie is aldus, per dag en op iedere IJssel-lokatie, in het grondwatermodel een waterstand bepaald.

Daarbij moet worden opgemerkt dat van de jaren 2004 en 2006 van de stations Zutphen en Olst geen gegevens voorhanden waren. Dit is opgelost door gebruik te maken van de sterke samenhang tussen de waterstanden van de verschillende stations. Ter illustratie toont afbeelding 17 de relatie tussen de gemeten (dag)waterstand van de meetstations Deventer en Olst.

Afbeelding 17. Relatie tussen de gemeten (dag)waterstand van de meetstations Deventer en Olst



De genoemde ontbrekende gegevens van de stations Olst en Zutphen zijn aldus zo goed mogelijk geschat door middel van lineaire interpolatie.

Neerslagoverschot stedelijk gebied

Tijdens de modelijking is gebleken dat in het stedelijk gebied van Deventer de berekende grondwaterstanden structureel te hoog werden berekend. Naar verwachting wordt dit veroorzaakt door de hoge mate van verharding. Regenwater heeft in verhard gebied minder gelegenheid te infiltreren, en wordt doorgaans afgevoerd (bijvoorbeeld door riolering). Er is daarop besloten hier de ingevoerde grondwateraanvulling te verminderen. Daarbij is uitgegaan van een verhardingspercentage van 70% (de binnenstad heeft een zeer hoog verhardingspercentage), hetgeen betekent dat 30% van de neerslag als grondwateraanvulling kan worden beschouwd. In paragraaf 5.2.4 (IJkresultaat) zal blijken dat jaargemiddeld in het stedelijk gebied is uitgegaan van een grondwateraanvulling van 0,70 mm/dag (2004-2006).

3.2.3 De ondergrond

In dit hoofdstuk wordt getoond hoe de ondergrond is geschematiseerd en in het model gebracht. In feite gaat het om de gegevens zoals deze zijn opgenomen in het grondwatermodel Noord Nederland (MIPWA). Een uitzondering wordt gevormd door de eerste scheidende laag (c1, holocene IJsselklei). De hydraulische weerstand van deze weerstandbiedende laag is aangepast op grond van nieuw verkregen gegevens (paragraaf 5.2.2).

TX1: doorlaatvermogen eerste watervoerende pakket (figuur B4)

Het eerste watervoerend pakket bestaat uit fijnzandige dekzanden van de formatie van Twente. Het pakket is relatief dun (maximaal enkele meters) en het doorlaatvermogen is dan ook beperkt: veelal kleiner dan 50 m^2/d. Lokaal is het doorlaatvermogen iets hoger: tot 300 m^2/d.

c1: Eerste scheidende laag (Holocene IJsselklei, figuur B3).
Uit figuur B3 blijkt dat aan beide zijden van de IJssel tot een afstand van circa 1 km de holocene IJssel met een sterk wisselende hydraulische weerstand voorkomt. Ten westen van de IJssel is deze weerstandbiedende laag het meest uitgebreid en komen hydraulische weerstanden voor van meer dan 500 dagen.

TX2: doorlaatvermogen tweede watervoerende pakket (figuur B5)
Het circa 10 m dikke, grofzandige pakket van de formatie van Kreftenheye vormt het tweede watervoerende pakket. In vergelijking met het eerste watervoerende pakket (figuur B4) is het doorlaatvermogen van het tweede watervoerende pakket fors: doorgaans 500-1.000 m^2/d.

c2: Tweede scheidende laag (Eemklei, figuur B6)
Figuur B6 toont de hydraulische weerstand van de tweede scheidende laag in het grondwatermodel. Uit figuur B6 blijkt dat deze, tot enkele meters dikke kleilaag, met name aan de westzijde van het modelgebied aangetroffen wordt. De hydraulische weerstand van deze laag bedraagt hier tot enkele honderden dagen.

TX3: doorlaatvermogen derde watervoerende pakket (figuur B7)
Het doorlaatvermogen van het derde, grofzandige watervoerende pakket is aanzienlijk: overwegend 3.000-4.000 m^2/d in het zuidelijk deel van het modelgebied. Naar het noorden toe vermindert het doorlaatvermogen tot minder dan 500 m^2/d. De dikte van dit watervoerende pakket is circa 20-30 m.

3.2.4 IJkresultaat

Na de aanpassingen van het MIPWA grondwatermodel (paragraaf 2.2) is een aangepast grondwatermodel verkregen dat in dit onderzoek is gebruikt. In dit hoofdstuk worden de resultaten van het aangepaste grondwatermodel vergeleken met de beschikbare metingen. Het gaat om peilbuisgegevens in de periode 2004-2006. De in het bebouwd gebied geplaatste peilbuizen van de gemeente Deventer zijn in deze analyse betrokken.

De ijkresultaten van de stationaire versie van het grondwatermodel (dat is het grondwatermodel dat de gemiddelde situatie beschrijft over de genoemde periode) worden getoond voor resp. het ondiepe watervoerende pakket (freatisch) en de diepe watervoerende pakketten: de watervoerende pakketten 2 en 3.

De tijdsafhankelijke ijkresultaten zijn in de bijlage opgenomen in de vorm van een aantal tijd-stijghoogtelijnen ter plaatse van de peilbuizen.

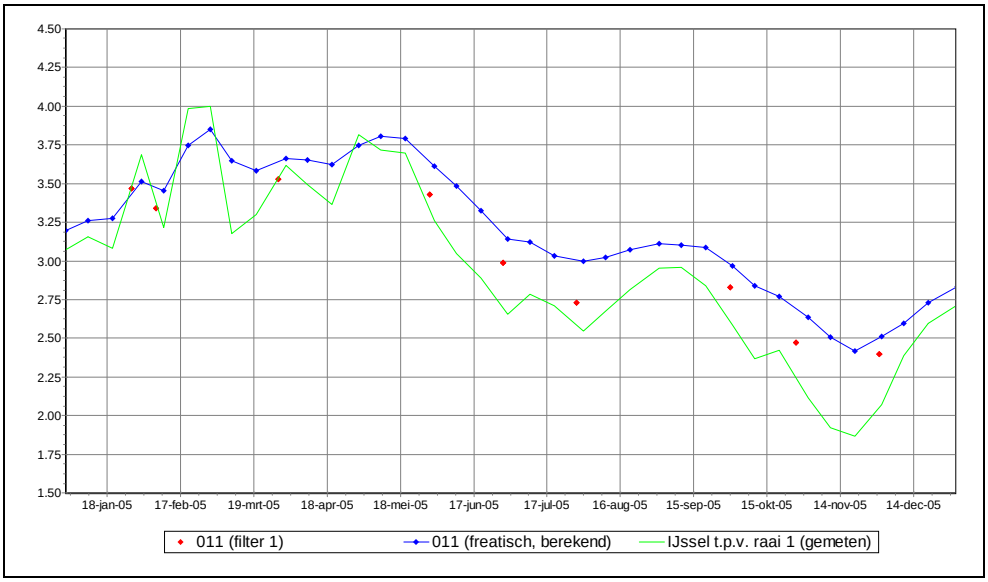
IJkresultaat freatisch (figuur B8)
Figuur B8 toont per peilbuis het verschil tussen de stationair berekende freatische grondwaterstand en het gemiddelde gemeten freatische stijghoogte over de periode 2004-2006. Het verschil is weergegeven met een kleurcodering.

Uit figuur B8 blijkt dat bij de meeste peilbuizen de ‘fout’ in de berekende freatische grondwaterstand kleiner is dan 15 cm. De gemiddelde absolute fout is 18 cm. Op een aantal plaatsen is de afwijking groter (zowel positief als negatief).

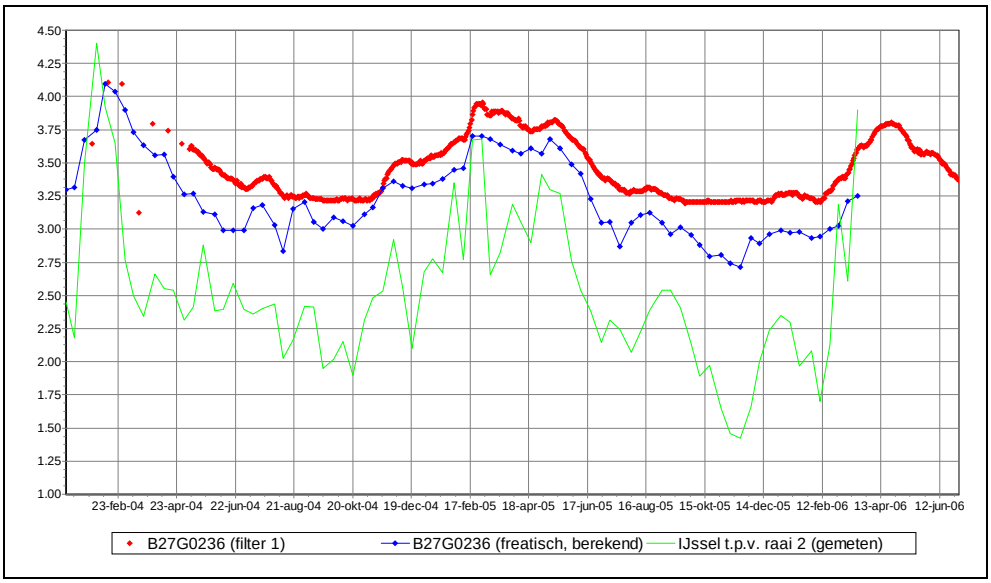
IJkresultaat watervoerende pakketten 2 en 3 (figuur B9)
Op dezelfde manier toont figuur B9 de verschillen tussen de gemeten- en berekende freatische stijghoogte, maar dan met betrekking tot de watervoerende pakketten 2 en 3. Uit figuur B9 blijkt dat ook in de diepe watervoerende pakketten de 'fout' vrijwel steeds kleiner is dan 15 cm. De absolute gemiddelde afwijking bedraagt 11 cm.

Om ook een indruk te krijgen van de tijdsafhankelijke ijkresultaten, zijn in de figuren 18-20 de gemeten en berekende tijd-stijghoogtelijnen van de peilbuizen nabij de raaien 1 tot en met 3 weergegeven. De locaties van de raaien en de peilbuizen vindt u terug in de figuren B8 en B9.

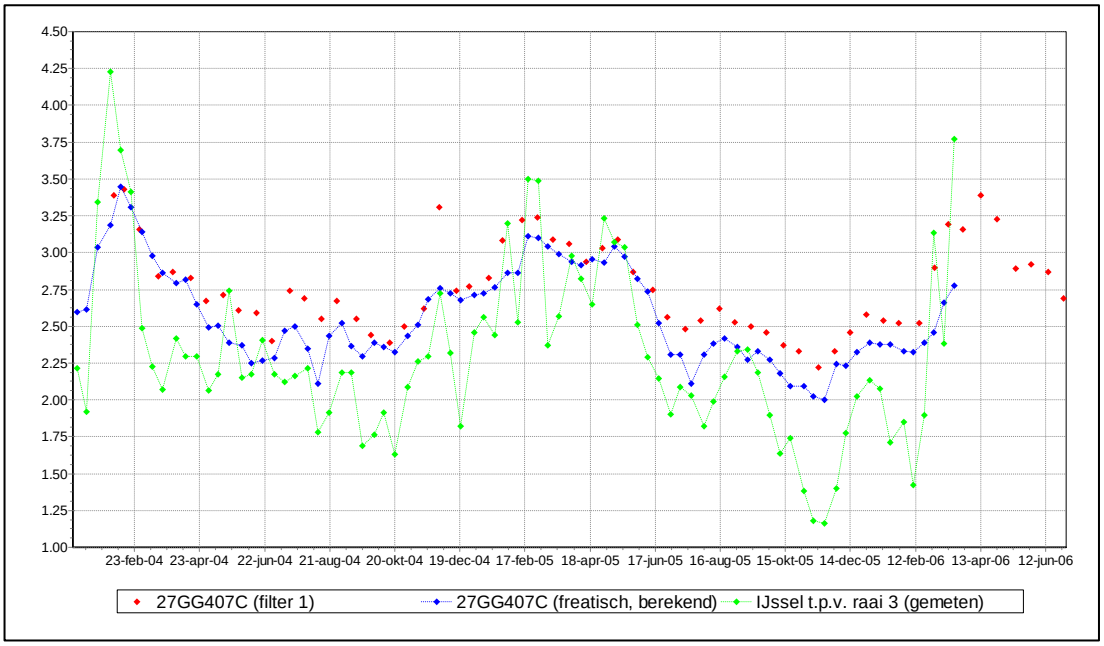
Afbeelding 18. Gemeten en berekende tijdstijghoogtelijnen nabij raai 1



Afbeelding 19. Gemeten en berekende tijdstijghoogtelijnen nabij raai 2



Afbeelding 20. Gemeten en berekende tijdstijghoogtelijnen nabij raai 3



In de figuren 18-20 is met een groene lijn het verloop in de tijd weergeven van de IJsselstand. Voor alle duidelijkheid: dit is dus een invoergegeven. De blauwe lijn heeft betrekking op het berekende verloop van de grondwaterstand en de rode punten zijn gemeten (freatische) stijghoogten. De locaties van de weergegeven peilbuizen vindt u in figuur B8. In de afbeeldingen 18 en 20 zijn de gegevens weergegeven van het jaar 2005, terwijl in afbeelding 19 voor een iets langere periode is gekozen (2004-2006).

Het eerste dat opvalt in de afbeeldingen 18-20 is de grote dynamiek van de IJsselstand: meer dan 2 m. In vergelijking met afbeelding 16 (gemeten IJsselstand in Deventer) is de dynamiek echter minder. Dit houdt verband met het feit dat in het grondwatermodel een decadegemiddelde IJsselstand ingevoerd, waardoor kortdurende (met name hoge) waterstanden in de figuren worden ‘gemist’ . Voor de grondwatermodelberekening is dit echter van weinig belang.

Uit de figuren 18-20 blijkt dat er een duidelijke samenhang is tussen het verloop van de waterstand in de IJssel en de freatische grondwaterstand. Het berekende tijd-stijghoogteverloop stemt redelijk overeen met de gemeten stijghoogten. Momentaan is het verschil tussen de gemeten en de berekende waarden maximaal circa 25 cm.

3.3 Conclusies

Het MIPWA-grondwatermodel is voor dit onderzoek overgezet naar de Triwaco-werkomgeving. Nieuwe informatie over de verbreiding van de holocene IJsselklei en het tijdsafhankelijk verloop van de IJsselstand zijn in dit grondwatermodel verwerkt.

De ijkresultaten geven aan dat de aldus berekende tijd-stijghoogteverlopen goed overeen stemmen met de gemeten stijghoogten (afwijkingen overwegend < 25 cm), hetgeen illustreert dat het grondwatermodel voldoende betrouwbaar is om in dit onderzoek als instrument te worden ingezet.

4 REFERENTIESITUATIE, ALTERNATIEVEN EN EFFECTEN

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is allereerst uiteengezet op welke wijze de nevengeulen in de hydrologische schematisatie van het grondwaterstromingsmodel zijn opgenomen.
Vervolgens is aan de hand van een zogenaamde 'worst case scenario' een berekening gemaakt om de grootst denkbare effecten van nevengeulen in beeld te brengen. Deze berekening is uitgevoerd in de periode dat de alternatieven nog niet bekend waren, en er toch een beeld diende te zijn over de mogelijk hydrologische impact. Er wordt op gewezen dat het beschouwde worst case scenario uitgaat van een situatie waarbij de uiterwaarden over het gehele oppervlak permanent als nevengeul functioneren.
In de overige paragrafen worden de referentiesituatie en alternatief A beschreven. In beide gevallen worden drie hydrologische scenario's beschouwd: een hydrologisch gemiddeld jaar (hiervoor is het jaar 2005 aangehouden), en respectievelijk een 1/25 jaar laagwater (1971) en een 1/25 jaar hoogwater situatie. De effecten zijn beschreven aan de hand van de hydrologische berekeningsresultaten.

In de volgende paragrafen wordt bij de effectbeschrijving regelmatig gebruik gemaakt van begrippen GHG en GLG. In deze rapportage worden, om praktische redenen, de GHG en GLG berekend over een periode van één jaar door van de 36 berekende decadestanden zowel de drie extreem hoge als lage waarden te middelen. Op deze wijze ontstaat een representatief beeld van de hoge en lage waterstanden in het betreffende jaar. Formeel voldoet deze benaming niet geheel aan de definitie, immers, er wordt geen periode van acht jaar beschouwd. De hier gehanteerde begrippen GHG en GLG voldoen echter goed om de effecten van ingrepen afdoende te beschrijven.

Bij de hydrologische effectbeschrijving is steeds ingegaan op verandering van GHG, GLG en de kwel/infiltratiesituatie. Bij de uitwerking van het VKA is tevens nader ingegaan op de verandering van de gemiddelde grondwaterstand.

4.2 Hydrologische schematisatie

Het graven van de nevengeulen in de diverse alternatieven en het (deels) dempen van zandwinputten is in het grondwatermodel als volgt verwerkt. Ter plaatse van de geulen is de deklaag (de IJsselklei) uit het grondwatermodel verwijderd door hier een lage c-waarde te hanteren (één dag). Hierdoor verbetert het contact van het oppervlaktewater met het grondwater. In de zomersituatie, bij toestroming van grondwater naar de IJssel, kunnen daardoor in de omgeving van de geulen verlagingen van de grondwaterstand ontstaan. In de wintersituatie, bij hoge IJsselpeilen, zal het betere contact tussen het oppervlaktewater en het grondwater ervoor kunnen zorgen dat de hoge IJsselstand meer effect heeft op de grondwaterstand.

In het grondwatermodel wordt de IJsselstand 'opgelegd' op die plaatsen in de uiterwaard waar de IJsselstand hoger is dan het maaiveld. Door het afgraven, maar ook het ophogen van het maaiveld, ontstaan in het model op de geïnundeerde plaatsen in de uiterwaard 'automatisch' de juiste freatische (=oppervlaktewater)standen.

Een bijzonderheid daarbij zijn de 1-zijdig 'aangetakte' nevengeulen. Daarmee worden nevengeulen bedoeld die maar op één punt contact maken met de IJssel en dus doorgaans niet doorstroomd worden. In het grondwatermodel is ervan uitgegaan dat,

zolang een nevengeul 1-zijdig is ‘aangetakt’, de waterstand in deze geul horizontaal is en gelijk aan het IJsselniveau ter plaatse van de aantakking. In de nevengeul leidt dit tot een relatief lage waterstand in stroomopwaartse richting van de geul. Het effect hiervan kan een verlaging van de grondwaterstand zijn ten opzichte van de huidige situatie.

Bij hoge IJsselwaterstanden kan een 1-zijdig ‘aangetakte’ nevengeul gaan meestromen met de IJssel (aangetakt worden). Daartoe is bij iedere nevengeul op basis van de hoogtekaart een niveau vastgesteld waarboven de geul 2-zijdig aangetakt wordt.
Dit is het resultaat van plaatselijke inundatie van lager gelegen maaiveldsdelen. Het waterniveau zal dan in de nevengeul gelijk worden aan het niveau in de IJssel. In het grondwatermodel is hier rekening mee gehouden door bij iedere nevengeul het niveau te bepalen waarboven aantakking van de geul zal plaatsvinden. Boven dit niveau is het waterniveau in de nevengeul gelijk gemaakt aan dat van de IJssel ter plaatse.

De invoer voor de tijdsafhankelijke berekeningen (onder andere het IJsselpeil) is per decade bepaald voor de volgende jaren:

- 2004-2006 (ten behoeve van de berekening voor een gemiddeld jaar);
- 1970-1972 (ten behoeve van de berekening voor een 1/25 laagwater jaar);
- 1992-1994 (ten behoeve van de berekening voor een 1/25 hoogwater jaar).

De later in dit hoofdstuk uitgewerkte alternatieven en scenario’s houden voor de meestromende nevengeulen dezelfde doorgerekende periode aan als voor de IJssel.

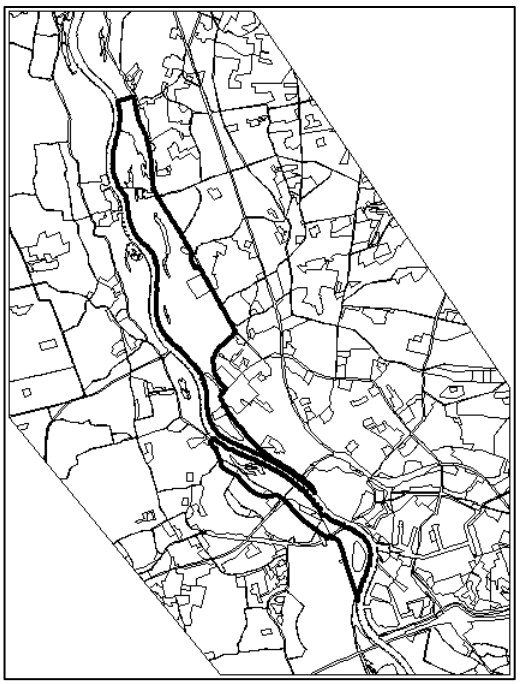
4.3 Worst case scenario

In voorbereiding op de effectberekeningen van een aantal manieren waarop de uiterwaarden bij Deventer vergraven zouden kunnen worden, is een oriënterende berekening uitgevoerd. Het gaat om een berekeningsvariant die inzicht moet geven in de maximaal denkbare effecten die verwacht kunnen worden door de aanleg van de nevengeulen. Immers, als de effecten in een dergelijke extreme variant heel beperkt zouden zijn, dan zou het verder weinig zin hebben om de effecten van meer gedetailleerde varianten te bepalen.

De verwachting is dat de berekende effecten van de varianten duidelijk kleiner zijn dan de berekende effecten van de variant ‘maximaal effect uiterwaard vergraving’.

Werkwijze
In het grondwatermodel is in het gehele zoekgebied de uiterwaard omgevormd tot nevengeul. Het zoekgebied is weergegeven in afbeelding 21.

Afbeelding 21. Zoekgebied



Concreet betekent dit dat in het grondwatermodel hier de deklaag een zeer kleine hydraulische weerstand heeft gekregen. In de uiterwaarden wordt verder, evenals in de berekening van de huidige situatie, tijdafhankelijk het rivierpeil als ontwateringsbasis opgelegd. Als laatste is in het grondwatermodel de nieuwe rivierbodem ingebracht door de maaiveldhoogte ter plaatse te verlagen.

Vervolgens is, net als bij de berekening van de huidige situatie, tijdsafhankelijk de periode 2004-2006 doorgerekend, waarbij het rivierpeil per decade is ingebracht op basis van de gemeten standen.

Resultaten

De figuren 1 tot en met 3 tonen de berekende effecten op respectievelijk de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GLG), de gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG) en de kwel- en infiltratie.

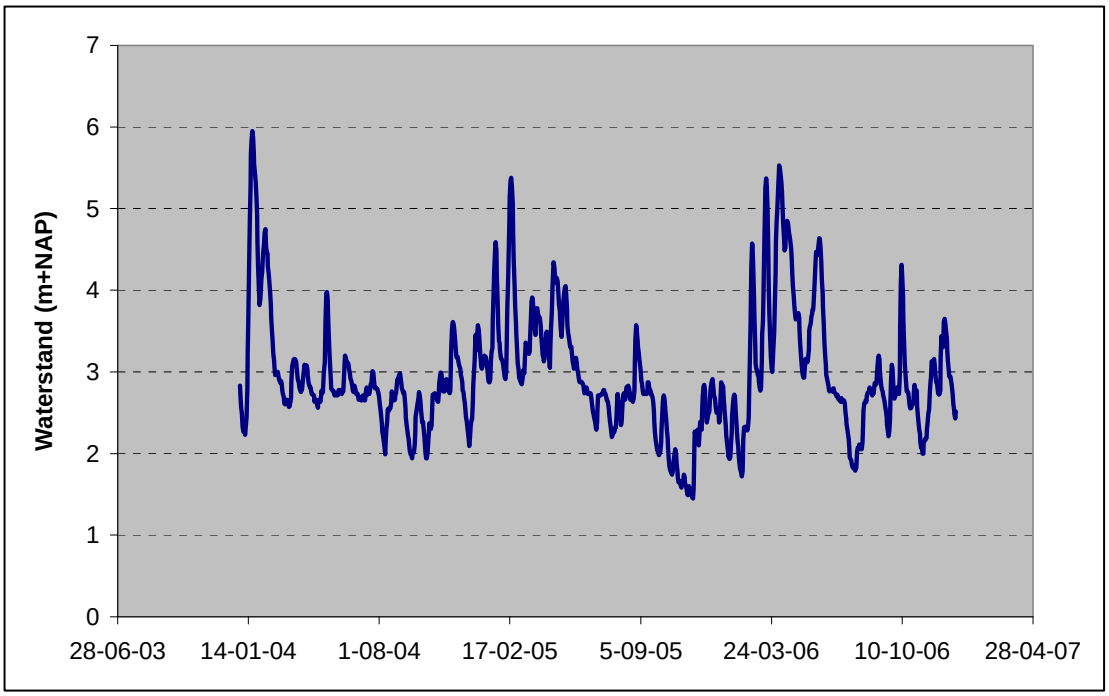
Uit figuur 1 (effect op de GLG) blijkt dat volgens de berekeningen uiterwaardvergraving een verlagend effect heeft op de laagste grondwaterstanden in de omgeving. Dat is te begrijpen omdat de laagste grondwaterstanden doorgaans samenvallen met een periode van lage rivierstanden. En als de uiterwaard wordt vergraven, dan worden deze lage standen ‘dichter’ naar de dijk toegebracht. Buiten de uiterwaarden komt het daardoor tot een verlaging van de grondwaterstand.

De berekende verlaging van de GLG is aanzienlijk: de 5 cm verlagingslijn wordt berekend op circa 2,50 km vanaf de grens van het zoekgebied. In het plangebied zelf zijn de verlagingen dáár het grootst waar het maaiveld thans relatief hoog is.

Figuur 2 toont het berekende effect op de GHG. Uit afbeelding 2 blijkt dat de hoogste grondwaterstand in de omgeving van het zoekgebied vrijwel nergens wordt verhoogd. Voor zover er sprake is van een beïnvloeding van de GHG dan wordt deze in beperkte mate verlaagd door de uiterwaardvergraving. Dat is opmerkelijk, omdat analoog aan de bovenstaande redenering wellicht een verhoging van de GHG zou worden verwacht

Bij de interpretatie van figuur 2 moet echter worden bedacht dat het hier gaat om een sterk dynamisch grondwatersysteem. Daarbij is het van belang te realiseren dat perioden met hoog water in de IJssel relatief kort duren in vergelijking met de perioden met laag water. Ter illustratie toont afbeelding 22 de gemeten waterstanden nabij Deventer.

Afbeelding 22. Gemeten waterstand 2004-2006 nabij Deventer



Doordat perioden met laag water relatief lang duren, krijgt het verlagend effect van de uiterwaardvergraving meer tijd om invloed uit te oefenen om de grondwaterstanden buiten de uiterwaarden. Zozeer zelfs dat er nog een verlagende invloed ‘resteert’ op de GHG.

Tenslotte geeft figuur 3 het berekende effect weer van de maximale uiterwaardvergraving op de kwel- en infiltratie. Uit figuur 3 blijkt dat het effect op kwel in de omgeving van de uiterwaard over het algemeen beperkt is. Door uiterwaardvergraving neemt de ontwaterende werking van de IJssel toe, waardoor waterlopen in de directe omgeving minder draineren (afname van de kwel). In het zoekgebied zelf neemt de kwel overwegend toe. De ‘balans’ tussen de kweltoename en de kwelafname in figuur 3 helt over naar ‘kweltoename’, waardoor geconcludeerd kan worden dat de grotere toestroming naar de IJssel bij uiterwaardvergraving een regionale herkomst heeft.

Conclusies
Op basis van het voorgaande wordt verwacht dat de verschillende vergravingsvarianten vooral een verlagend effect zullen hebben op de grondwaterstanden buiten de uiterwaarden. Met name aan de oostzijde van de IJssel mogen deze verlagende effecten op de grondwaterstanden worden verwacht. De effecten van de uiterwaard vergraving op de kwel in de directe omgeving van de uiterwaarden zijn beperkt.
Opgemerkt wordt dat het toestromende water naar de IJssel en de uiterwaarden een regionale herkomst heeft. Dit is evenzo het geval bij de verschillende alternatieven.

Opmerking: de uitgevoerde berekening toont het berekeningsresultaat van een zeer extreem scenario: een scenario waarbij de betrokken uiterwaarden over het gehele oppervlak permanent (dus 12 maanden per jaar) als geul functioneren.

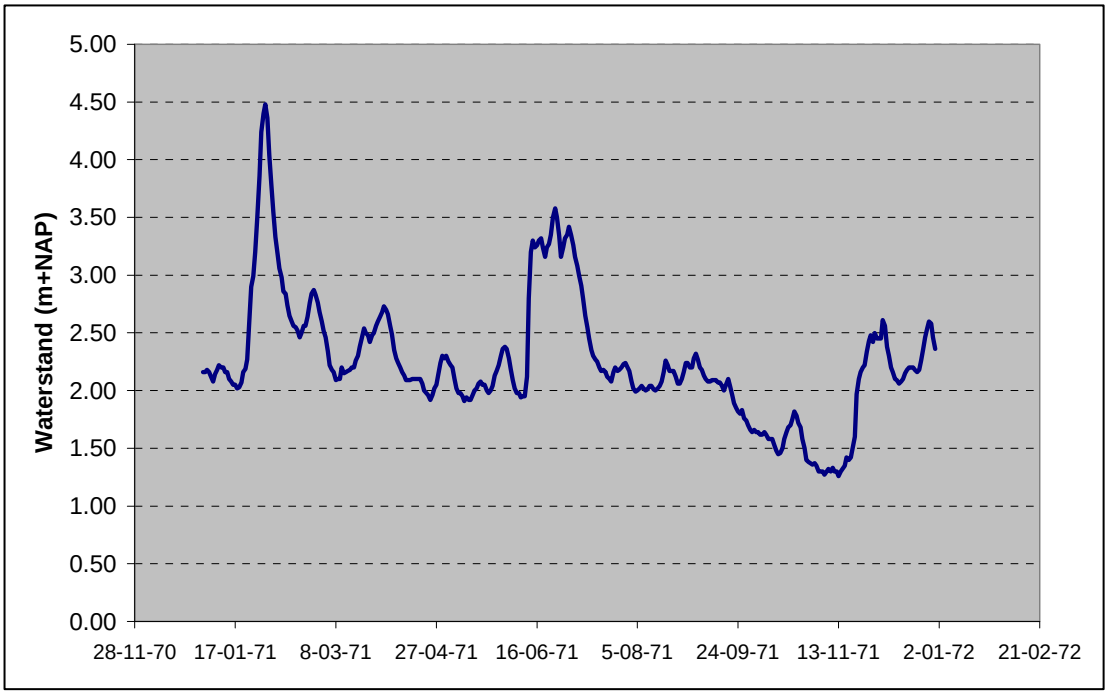
4.4 Referentiesituatie

Om het *effect* op het grondwatersysteem van de verschillende alternatieve inrichtingen van de uiterwaarden te kunnen bepalen, in deze paragraaf eerst het grondwatersysteem beschreven bij de *huidige* inrichting. Doorslaggevend voor het gedrag van het grondwatersysteem in en nabij de uiterwaarden zijn de grote verschillen in waterhoogte van de IJssel. Daarom is het huidige systeem (= het referentie systeem) beschreven onder verschillende omstandigheden:

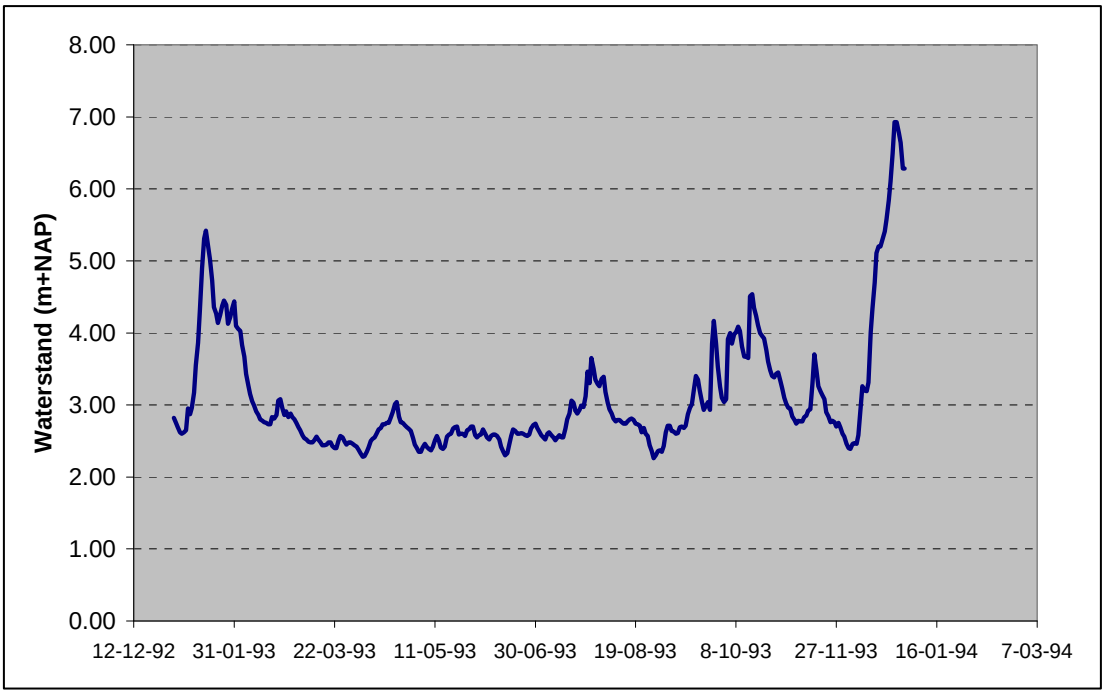
- 2004-2006, ten behoeve van de berekening voor een gemiddeld jaar;
- 1970-1972, ten behoeve van de berekening voor een 1/25 laagwater jaar;
- 1992-1994, ten behoeve van de berekening voor een 1/25 hoogwater jaar.

Het verloop van de IJsselwaterstand in de periode 2004-2006 is reeds getoond in afbeelding 22. In de afbeeldingen 23 en 24 wordt het verloop van de IJsselwaterstand getoond in de jaren met resp. laagwater (1971) en hoogwater (1993).

Afbeelding 23. Gemeten waterstand 1971 nabij Deventer



Afbeelding 24. Gemeten waterstand 1993 nabij Deventer



Uit afbeelding 23 blijkt dat de laagst gemeten waterstand van de IJssel nabij Deventer in 1971 ongeveer NAP +1,30 m is; de hoogst gemeten IJsselstand nabij Deventer was in 1993 ongeveer NAP +6,90 m (afbeelding 24).
In de paragrafen 4.4.1 tot en met 4.4.3 zal het gedrag van het grondwatersysteem worden beschreven onder deze zeer verschillende condities. Voor alle duidelijkheid: het gaat daarbij om het grondwatersysteem zoals dit functioneert bij de huidige inrichting, dus zonder nieuwe nevengeulen. Het gedrag van het grondwatersysteem mét nevengeulen komt aan de orde in paragraaf 4.5 (‘Alternatief A’).

De beschrijving van het gedrag van het grondwatersysteem wordt hieronder vastgelegd aan de hand van de volgende grondwatermodelresultaten:

- De berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG).
- De berekende gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).
- De (jaargemiddelde) berekende kwel en infiltratie.

4.4.1 Gemiddeld hydrologisch jaar, beschrijving hydrologische situatie

In deze paragraaf worden de berekeningsresultaten worden getoond die betrekking hebben op het referentiejaar (2005). Het gaat om de gemiddeld hoogste- en de gemiddeld laagste grondwaterstand en het jaargemiddelde kwel- en infiltratiebeeld.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG, figuur 4)
In een belangrijk deel van het zoekgebied ontstaan in de winter natte omstandigheden (grondwaterstand < 40 cm -mv). Ten dele is er zelfs sprake van inundatie (grondwaterstand boven maaiveld). De hoger gelegen delen van het zoekgebied blijven echter ook in de winter relatief droog (grondwaterstand > 120 cm -mv).

In figuur 4 is zichtbaar dat in het bebouwde gebied van Deventer overwegend diepe grondwaterstanden voorkomen (GHG > 160 cm -mv).

De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG, figuur 5)
Aan het eind van de zomer zijn de grondwaterstanden in het modelgebied overwegend diep (> 160 cm -mv). Met name aan de uiterste west- en uiterste oostrand van het modelgebied komen ondiepere grondwaterstanden voor: GLG overwegend 80-120 cm -mv.

Kwel en infiltratie (figuur 6)
Op basis van de tijdsafhankelijke berekening van het grondwatermodel over de periode is het jaargemiddelde kwel- en infiltratiebeeld vastgesteld (figuur 6). Uit figuur 6 blijkt dat er in grote dele van het modelgebied (de oeverwallen) sprake is van een netto infiltratie (0,50-1,00 mm/d), terwijl er sprake is van kwel richting de IJssel. In het zoekgebied is op de hoger gelegen delen sprake van infiltratie. De lager gelegen delen zijn veelal kwel-neutraal of er is sprake van beperkte kwel.

4.4.2 1/25 jaar hoogwater situatie

Om een indruk te geven van de 1/25 *hoog*watersituatie (1993) is in figuur 7 de berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) weergegeven. Daarbij moet worden opgemerkt dat een GHG doorgaans betrekking heeft op een langere periode (tenminste acht jaar). In dit geval is de GHG berekend over één jaar, door van de 36 berekende decadestanden de drie hoogste waarden te middelen. Op deze wijze ontstaat een representatief beeld van de hoge waterstanden in het betreffende jaar. Bij vergelijking met de berekende GHG in een jaar met normale IJsselstanden (figuur 4) blijkt dat in een 1/25 hoogwater jaar nagenoeg de gehele uiterwaard geïnundeerd is, terwijl dat in een normaal jaar slechts ten dele het geval is. Buiten de uiterwaarden is het verschil in de grondwaterstanden met een jaar met normale IJsselstanden beperkt.

4.4.3 1/25 jaar laagwatersituatie

Om een indruk te geven van de 1/25 *laag*watersituatie (1971) is in figuur 8 de berekende gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) weergegeven. Daarbij moet worden opgemerkt dat een GLG doorgaans betrekking heeft op een langere periode (tenminste acht jaar). In dit geval is de GLG berekend over één jaar, door van de 36 berekende decadestanden de drie hoogste waarden te middelen. Op deze wijze ontstaat een representatief beeld van de hoge waterstanden in het betreffende jaar. Bij vergelijking met de berekende GLG in een jaar met normale IJsselstanden (figuur 5) blijkt dat in een 1/25 laagwater jaar vrijwel in het gehele modelgebied de grondwaterstand dieper is dan 160 cm -mv, terwijl dat normaal slechts voor een deel van het modelgebied het geval is.

4.5 Alternatief A

In alternatief A worden een aantal nevengeulen gegraven en worden twee plassen (deels) gedempt. Het gaat om de Bolwerksplas en de Zandweerdplas. Voor de Zandweerdplas geldt dat de open verbinding met de IJssel verdwijnt. Met het grondwatermodel is berekend wat dit betekent voor het grondwatersysteem en de verschillende functies in het gebied. Voor de functies landbouw en natuur zijn met name de veranderingen in een gemiddeld hydrologisch jaar van belang. Voor de functie

'bebouwing' zijn vooral de veranderingen van het grondwatersysteem van belang in jaren met extreem hoge- of juist extreem lage IJsselwaterstanden in verband met wateroverlast of zettingsrisico's. De berekende relevante effecten op het grondwatersysteem in alternatief A worden in deze paragraaf getoond.

De volgende wijzigingen zijn in het grondwatermodel aangebracht om de invloed van het graven van de nevengeulen te simuleren:

- Dáár waar een nevengeul is gegraven is de deklaagweerstand verwijderd door deze te vervangen door een waarde c=1 d.
- In het model functioneert de geul verder als 'polder' met een lage drainage- en infiltratieweerstand . Effectief betekent dit dat de freatische stijghoogte ter plaatse van de nevengeulen nagenoeg gelijk wordt aan de IJsselstand.

Bij iedere nevengeul die in de zomersituatie éénzijdig is aangetakt, is op basis van de hoogtekaart een niveau bepaald waarboven de geul gaat meestromen met de IJssel. Beneden dit niveau is in de nevengeul de benedenstroomse waterstand ingebracht (horizontaal).

4.5.1 Gemiddeld hydrologisch jaar

In deze paragraaf wordt ingegaan op de verandering in het gedrag van het grondwatersysteem als gevolg van de maatregelen in alternatief A *in een gemiddeld hydrologisch jaar* (2005). Deze veranderingen zijn van belang voor de functies landbouw en natuur. Berekening van de landbouwschade is doorgaans gebaseerd op de verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Voor de functie natuur kan daarnaast de verandering in de kwelsituatie van belang zijn.

4.5.1.1 Wijziging geohydrologische situatie

Verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand
In een gemiddeld hydrologisch jaar worden in de uiterwaarden, afhankelijk van de locatie, zowel verhogende- als verlagende effecten op de gemiddeld hoogste grondwaterstanden berekend. De berekende verandering van de GHG in de uiterwaarden zijn doorgaans kleiner dan 25 cm (zie figuur 9). Verhogende effecten kunnen optreden als een gebied dat voorheen in gemiddelde omstandigheden niet wordt geïnundeerd, na geulvergraving wél wordt geïnundeerd. Verlagende effecten kunnen optreden doordat een geul voor een groot deel van het jaar 1-zijdig is 'aangetakt' (zie paragraaf 4.2) of als 'residu' van de verlaging van de grondwaterstand in de zomer. Buiten de uiterwaarden is het effect van de maatregelen in alternatief A op de GHG beperkt tot maximaal 10 cm grondwaterstandsverlaging.

Verandering van de gemiddeld laagste grondwaterstand
Door aanleg van de nevengeulen ontstaat bij lage IJsselstanden een versterkte toestroming van het grond- naar het oppervlaktewater. Omdat de lengte van de periode waarin er sprake is van lage standen langer is dan die met hoge standen, is de hoeveelheid grondwater die hiermee gemoeid is ook relatief groot. En daarmee het effect op de grondwaterstand. Vandaar dat in figuur 10 (verandering GLG) een verlaging zichtbaar is van de GLG door geulaanleg. De verlaging van de GLG is in de uiterwaarden plaatselijk 25-50 cm; buiten de uiterwaarden is de verlaging van de GLG

doorgaans niet groter dan 25 cm. Het effect van het dichten van de zandwingaten is in figuur 10 zichtbaar als een (beperkte) verhoging van de GLG (tot circa 25 cm).

Verandering kwel en infiltratie
De aanleg van de nevengeulen in het zoekgebied (afbeelding 1) heeft op verschillende manieren invloed op het regionale grondwatersysteem. Door aanleg van de nevengeulen zal namelijk de toestroming van grondwater naar de IJssel en de uiterwaarden vergemakkelijkt. Dit leidt tot een netto verlaging van de grondwaterstand buiten het zoekgebied, met name aan het eind van de zomer.

Doordat de toestroming van grondwater naar de IJssel en de uiterwaarden wordt vergemakkelijkt, wijzigt ook de regionale waterbalans enigszins. Met het grondwatermodel is bepaald dat de regionale toestroming naar de IJssel en het zoekgebied in de huidige situatie gemiddeld circa 3,8 mm/dag bedraagt (circa 25.000 m^3/d).

Door de aanleg van nevengeulen in alternatief A wordt deze regionale toestroming met circa 15% vergroot tot circa 4,3 mm/dag (28.000 m^3/d). Het gaat hierbij vooral om een toename van de vertikale toestroming naar de IJssel en naar de nevengeulen. Deze extra toestroming van water is grotendeels afkomstig van de Veluwe (buiten het modelgebied) en stroomt via diepere lagen richting de IJssel. De toename van de toestroming richting de IJssel heeft betrekkelijk weinig invloed op de kwel en infiltratie in de directe omgeving van de IJssel en de uiterwaarden (figuur 11).

4.5.1.2 Effectbeschrijving opbrengstverandering landbouw

De landbouwkundige opbrengst van een landbouwgebied is afhankelijk van vele factoren. Naast het bodemtype en het type gewas is de hydrologische situatie een belangrijke factor. De opbrengst van een landbouwperceel wordt beoordeeld aan de hand van de ‘doelrealisatie’. De doelrealisatie is de verhouding tussen de werkelijke opbrengst en de maximaal mogelijke opbrengst. Dit betekent dat de doelrealisatie in een optimaal geval 100% bedraagt. Onder zeer ongunstige omstandigheden bedraagt de doelrealisatie 0%.

Aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden zal, tot op zekere afstand van deze ingreep, gevolgen hebben voor het hydrologische systeem. Deze gevolgen resulteren in hogere of lagere grondwaterstanden; deze gevolgen kunnen verschillend zijn voor de droge of natte periode.
Om de effecten van aanleg van nevengeulen op landbouwopbrengst te kunnen bepalen is het noodzakelijk de doelrealisatie in zowel de referentiesituatie als in de gewijzigde situatie vast te stellen. De doelrealisatie is in de praktijk een berekeningsresultaat.

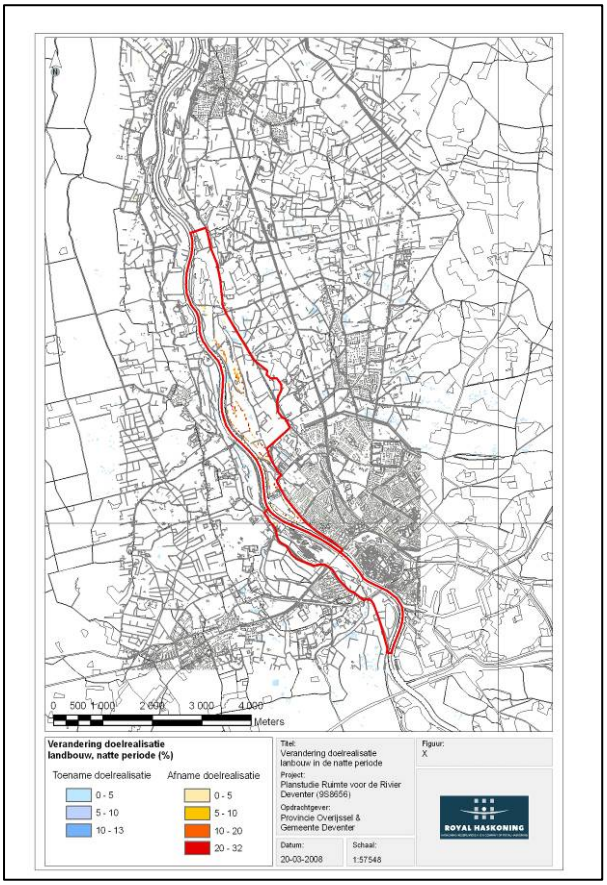
Met behulp van het gehanteerde grondwatermodel zijn in eerste instantie de GHG en de GLG bepaald voor een gemiddelde hydrologische situatie. Met behulp van deze gegevens en met behulp van Waternood is vervolgens de doelrealisatie berekend in de landbouwgebieden. De doelrealisatie is zowel voor een droge als voor een natte periode bepaald. Dit komt overeen met respectievelijk GHG- en GLG omstandigheden.
Daarna zijn, voor dezelfde gemiddeld hydrologische situatie, de GHG en GLG berekent voor het alternatief. Hierna is de doelrealisatie opnieuw berekend voor een droge en een natte periode. Het verschil in doelrealisatie tussen de referentieperiode en de nieuwe situatie resulteert in een andere doelrealisatie en geeft daarmee inzicht in de mate van

opbrengstverandering van de landbouw. Deze opbrengstverandering kan locatie-afhankelijk zijn.
De huidige doelrealisatie landbouw voor een natte periode is in vrijwel het gehele landbouwgebied in en rond de uiterwaarden optimaal (doelrealisatie > 90%). In een droge periode zijn in een smalle strook langs de IJssel ook landbouwgebieden te onderscheiden met een matige doelrealisatie van 60-75%.

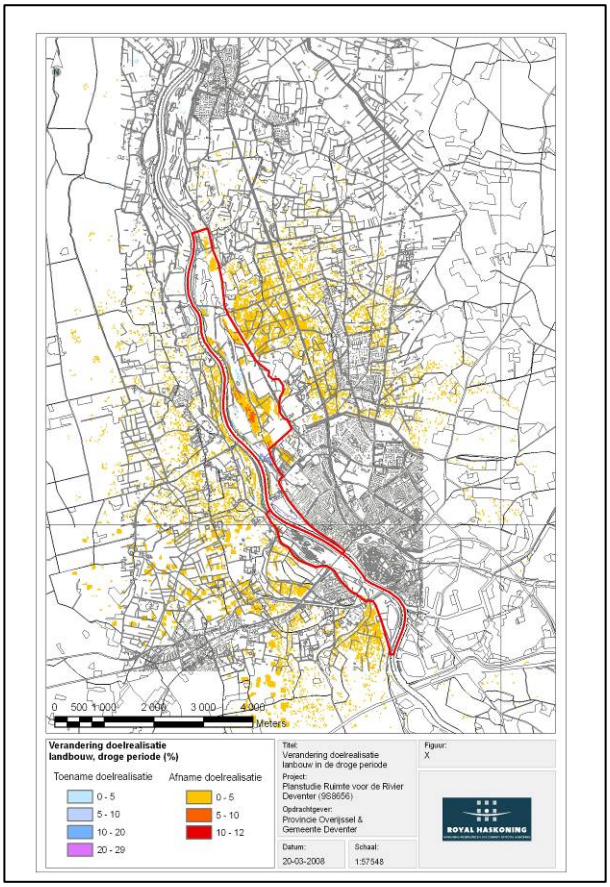
De opbrengstverandering van de landbouw als gevolg van aanleg geulen volgens alternatief A is weergegeven in onderstaande twee figuren. Uit de figuren blijkt dat gedurende een natte periode nauwelijks sprake is van enig effect; als er sprake is van een effect dan is dat doorgaans een toename van de doelrealisatie tussen 0 en 5%.
In een droge periode zijn er op meer locaties effecten; deze effecten betreffen steeds een afname van de doelrealisatie van 0-5%.

Opmerking: zeer kleine wijzigingen in doelrealisatie (< 0,01%) zijn blanco gehouden in de gepresenteerde figuren.
Een toename van de doelrealisatie duidt op een afname van schade; een afname van de doelrealisatie duidt op een schadetoename. In de natte periode heeft schade betrekking op ‘natschade’; in de droge periode op ‘droogteschade’.

Wijziging doelrealisatie natte periode



Wijziging doelrealisatie droge periode



4.5.1.3 Effectbeschrijving grondopslag

Er zijn twee plassen in het onderzoeksgebied aanwezig die, afhankelijk van het alternatief, geheel of gedeeltelijk worden opgevuld met uiterwaardmateriaal. Het gaat om de Bolwerksplas en de Zandweerdplas. Voor de Zandweerdplas geldt dat in de verschillende alternatieven de open verbinding met de IJssel verdwijnt.

De effecten van grondopslag zijn beschouwd met betrekking tot het risico op verontreiniging door grondwaterstroming vanuit de opslaglocaties. Daarbij is aangenomen dat het uiterwaardmateriaal een beperkte doorlatendheid heeft (maximaal 1 m/d). Verondersteld is verder dat de grondwaterstroming wordt bepaald door de gemiddelde hydrologische omstandigheden, met name de IJsselwaterstanden.

Het risico voor verplaatsing via het grondwater van de verontreinigingen wordt vooral bepaald door de hoogteligging van het terrein ten opzichte van de omgeving. Een relatief lage ligging gaat gepaard met een beperkt verspreidingsrisico en omgekeerd.

Voor het vaststellen van de effecten van de grondopslag zijn de grondwatermodelresultaten van een gemiddeld hydrologisch jaar (1 april 2005 tot 31 mei 2006) gebruikt. Het gaat om een stationaire (tijdsonafhankelijke) berekening met dit model.

Met het grondwatermodel wordt bepaald op welk deel (%) van de grondopslaglocatie sprake is van infiltratie. Het verspreidingsrisico van de verontreiniging via het grondwater is het grootst als op de hele grondopslaglocatie sprake is van infiltratie.
Als er sprake is van een kweldruk op de locatie dan is het verspreidingsrisico via het grondwater beperkt. Als grens voor infiltratie wordt 0,5 mm/dag gehanteerd.
Eventueel aanwezige verontreinigingen uit de grondopslag komen uiteindelijk altijd in de IJssel terecht. Dit gebeurt ofwel via het grondwater in geval van infiltratie, of via het oppervlaktewater in geval van een kwelsituatie.

In de huidige situatie is zowel in de Bolwerksplas als de Zandweerdplas sprake van kwel (figuur 6). Door de maatregelen in alternatief A vermindert de kweldruk met name in het deel van de Bolwerksplas dat geheel wordt gedempt (figuur 11). Het oppervlak waar sprake is van infiltratie is echter beperkt tot minder dan 5%.

4.5.1.4 Effectbeschrijving verdroging natuur

In het verleden is vastgesteld dat er een aantal buitendijkse natuurgebieden in het plangebied ligt waarin zeldzame en kwetsbare planten- en diersoorten voorkomen. Door het graven van een aantal nevengeulen langs de IJssel zal er een aantal veranderingen optreden van de verwachte grondwaterpeilen (GHG, GLG en GVG (zie figuren 9, 10 en 10a uit bijlage 1) en op de kwelflux (bijlage, figuur 11). De onderzoeksgebieden kenmerken zich door een sterk dynamisch milieu als gevolg van de jaarlijkse overstromingen van de IJssel. Ze bestaan grotendeels uit graslanden waar onder andere begrazing met runderen en paarden plaatsvindt. Het type vegetatie in het onderzoeksgebied wordt voornamelijk bepaald door gradiënten van de vochthuishouding (als gevolg van variatie in hoogteligging), bodemsoort, voedselrijkdom en grondgebruik (het type beheer).

Effecten op vegetatie

In het volgende wordt geen rekening gehouden met de verschillende bodemtypes in het gebied en zuurgraad van de bodem. Omdat de verschillende bodemsamenstelling aspecten zoals mineraalsamenstelling, zuurgraad en doorlaatbaarheid mede bepalend zijn voor het type vegetatie, valt niet met 100% zekerheid te zeggen wat de effecten van de berekende veranderingen in grondwaterstanden zullen zijn op de vegetatie.

Verdrogingeffecten op natuur worden afgeleid aan de hand van de veranderingen in GHG, GVG, GLG en kweldruk/infiltratie. De GHG en GLG worden voornamelijk gebruikt in gebieden waar ecosystemen waar grondwaterfluctuaties kritisch zijn, zoals bij vennen, trilvenen en hoogveen (TNO 2006). Deze vegetatietypen worden niet in het gebied aangetroffen. De aangetroffen vegetatietypen zoals Stroomdallandschappen en verruigde graslanden (Schut & Koopmans, 2007) zijn niet kritisch afhankelijk van de GLG en GHG waarden. Deze vegetatietypen worden daarom niet meegenomen in de effectbeschrijving.

Voor de GVG waarden geldt dat deze voor verschillende vegetatietypen van belang zijn. De gehanteerde criteria staan in onderstaande tabel weergegeven. In het geval van een verandering met als resultaat dat het GVG onder deze waarde zou komen, wordt het effect als negatief beschouwd omdat er dan verdroging optreedt. De GVG waarden komen na de vergravingen op de verschillende locaties echter niet onder de kritieke waarde.

Tabel 1. Maximale dieptes van GVG peil voor belangrijkste vegetatie typen (Runhaar et al, 2002)

	Maximale diepte in cm
Vochtig schraalland	- 20
Vochtig bloemrijk	-10

Kwel is voedselarm, calciumrijk en ijzerrijk grondwater dat voor lange tijd onder de grond heeft gestroomd. Door haar eigenschappen wordt een bijzondere flora aangetroffen op plaatsen waar kwel aan het oppervlak komt. Binnen een gebied zijn kwel en overstroming zeer bepalend voor planten. Condities als zuurgraad en voedselrijkdom worden in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid kwel. De mate waarin de grondwaterstand in de zomer weggezakt is, in combinatie met de zuurgraad van de bodem, bepalend voor de mate waarin al dan niet omzetting van organisch materiaal optreedt. Deze mate van omzetting is op haar beurt van invloed op het vegetatie type. Deze relatie is echter zo indirect wat resulteert in het feit dat er geen algemeen geldende eisen te stellen zijn aan kwel of overstroming. De bodem van de uiterwaarden bestaat echter voornamelijk uit mineraal rijke klei en wordt regelmatig overstroomd met rivierwater, dus een toe- of afname van kwel (mineraal rijk water) heeft weinig effect op de vegetatie.

Voor de effectafweging met betrekking tot het graven van een nevengeul met als resultaat een verandering in kwelflux/infiltraat ratio wordt uitgegaan van een positief effect bij een toename van kwelflux en een negatief effect bij een afname (zie tabel 2).

Tabel 2. Gehanteerde criteria voor kwelflux verandering

Beoordelingscriterium	-	0	+
Kwelflux verandering	< 0.25 mm/d	0	>0.25 mm/d

Effecten Ontgraven

Voor de veranderingen in kwelflux en infiltratie geldt dat er op 'het land' niet of nauwelijks veranderingen zijn waar te nemen. Er zijn slechts zeer lokaal kleine veranderingen in kweldruk/infiltratie waar te nemen. Hieronder wordt daar per gebied op ingezoomd. Echter na de uiterwaard vergravingen zal de kweldruk toenemen in de bestaande wateren en nieuw gegraven nevengeulen. Dit geldt voor het hele plangebied. De toename van kweldruk in het water zal echter geen effect hebben op de waterkwaliteit, omdat de wateren regelmatig overstromen met rivierwater. De toename in kweldruk heeft dan ook geen effect op de onderwatervegetatie.

Direct langs de rivier wordt een smalle band van een beperkt verminderde kwelflux aangegeven. Deze verminderde kwelflux ontstaat door een verminderde toestroom naar de rivier door aanleg van de nevengeulen. Dit is echter niet relevant voor de effectbeoordeling.

In de Ossenwaard en in de Hengforderwaarden wordt op enkele locaties het maaiveld verlaagd door het afgraven van enkele decimeters toplaag. Voor deze locaties wordt niet gekeken naar eventuele effecten van verandering van grondwaterstand op de vegetatie. Door het afgraven zelf zullen deze vegetaties namelijk vernietigd worden waardoor effectanalyse overbodig wordt.

Bolwerkersplas – Worp - Ossenwaard

De botanisch interessante gebieden bevinden zich voornamelijk op het dijktalud en de rivierduinen. De uiterwaarden bestaan uit hoger gelegen zandkoppen (tot circa NAP +6,50 m), afgewisseld met laagten van rivierklei (minder dan NAP -5,50 m).

De meest soortenrijke situaties bestaan uit stroomdal- en rivierbegeleidende landschappen waarin onder andere soorten als Karwijvarkenskervel, Bieslook en Goudhaver voorkomen. Omdat deze vegetatietypen op deze locaties op de wat hoger gelegen zanderige delen voorkomen, zijn ze relatief ongevoelig voor de berekende verlaging van de kwelflux. Op de locatie waar deze vegetatietypen voorkomen, onder andere aan de westelijke oever van IJsseldijk, wordt een lichte afname van de kwelflux verwacht omdat het grondwater nu eerder in de geulen kwelt. Deze afname is echter zodanig klein dat er geen effect verwacht wordt.

Tabel 3. Globale* veranderingen in Kwelflux en GVG per locatie weergegeven; + = toename, + / - = toe- en afname, 0 = geen verandering, - afname

Locatie	GVG oud cm-mv	GVG verandering cm	Kwelflux
Hengforderwaarden	40-80	-10 tot -25	0
Randerwaard	40-80	-10 tot -25	0
Keizers/Stobbenwaard	80-120	5 tot 10	0
Munnikenhank	boven maaiveld	-10 tot -25	0
Jachthaven	120-160	-5 tot 5	0
Ossenwaard	40-80	Geul	0
Worpplantsoen	120-160	-5 tot -10	0
Bolwerkersplas	40-80	5 tot 10	0

Toelichting

* : In de tekst kunnen situaties beschreven worden die mogelijk niet overeenkomen met gegevens uit deze tabel. Dit is het gevolg van het feit dat in bovenstaande tabel de gebieden als een geheel worden genomen en specifieke kleine locaties plekken niet beschouwd worden.

Jachthaven-Munnikenhank
In deze gebieden liggen geen kwetsbare Stroomdallandschappen. Aan de oostkant van de jachthaven ligt een relatief soortenrijk Aira-grasland. De kwelflux zal hier zeer plaatselijk iets afnemen, deze afname is echter zodanig klein dat er geen effect verwacht wordt. Voor de verdere omgeving van de jachthaven geldt dat de kwelflux en GVG onveranderd blijven.

Keizers- en Stobbenwaarden - Randerwaard en Hengforderwaard
Verspreid door deze gebieden liggen een aantal vegetatie typen zoals natte strooiselruigten en ruige vegetaties met veel Rietgras. Deze biotopen zijn zeer voedselrijk, onder andere als gevolg van de mineraaltoevoer van de IJssel. Het IJssel water bevat onder andere veel stikstof waardoor de bodem erg voedselrijk wordt na een overstroming. Een eventuele toename van kwelflux wordt als een positief effect beschouwd omdat het calcium zorgt voor gunstiger Ph-condities en het ijzer zorgt dat het fosfaat in de bodem gebonden wordt. Veel zeldzame planten groeien beter op een voedselarme bodem (lage fosfaat en stikstof concentraties). Langs het dijklichaam naar het Kolkje in de Keizers- en Stobbenwaarden ligt een botanisch buitengewoon rijk stroomdallandschap. Een toename van kwelflux zal voor dit biotoop geen negatief effect hebben. Soorten als Zachte haver, Peen, Kleine bevernel en Glanshaver zijn juist gebaat bij matig voedselrijke en kalkhoudende grond, omstandigheden die gecreëerd worden bij een toename van kwelflux.
De overige biotopen zoals de verruigde graslanden, overstrominggraslanden, Berken-Zomereikenbos en wisselvochtige graslanden ondervinden een gering voordeel van een toegenomen kwelflux. Ten noorden van de Munnikenhank zal op enkele locaties (zeer plaatselijk de kwelflux iets afnemen. Dit heeft voornamelijk betrekking op het biotooptype wisselvochtig grasland en er wordt geen negatief effect verwacht van deze afname.

Samenvattend
Voor alternatief A wordt geen effect verwacht van veranderingen in de GLG, GHG. GVG en kwelflux. Zeer plaatselijk worden er in de Jachthaven, Ossenwaard, Keizers en Stobbenwaard en ten zuiden van de Bolwerkersplas wel af- of toenamen van de kwelflux berekend. Echter, de mate waarin deze af- of toename plaatsvindt, is zodanig klein dat er geen effecten op de natuur verwacht worden.

Literatuur

- Runhaar, J. *et. al.* 2002: *Doelrealisatie Natuur.* Rapportnummer 2002-26, (STOWA).
- TNO, 2006; *Het monitoren van verdroging van natuurgebieden.* TNO Bouw en Ondergrond, *Geological Survey of the Netherlands.*
- Schut, J. & M. Koopmans, 2007: *Beschermde en bijzondere flora en fauna in de Deventer Koplopers. Veldonderzoek naar flora en fauna ten behoeve van Deventer Koplopers.* A & W- rapport 1012. Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek, Veenwouden.

4.5.1.5 Effectbeschrijving bodem- en grondverontreinigingen

Bekend is dat de bodem in de stadskern van Deventer en in de uiterwaarden lokaal verontreinigd is. Omdat de IJssel ter plaatse een drainerende werking heeft, zullen deze verontreinigingen zich langzaam door de ondergrond richting de IJssel verplaatsen.

Door het graven van de nevengeulen zal dit effect nog sterker optreden doordat de weerstand voor afstroming wordt verkleind. Bij toename van kwel zullen grondwaterverontreinigingen sneller naar de IJssel stromen.
Er wordt geen toename verwacht van de bedreiging die van de genoemde verontreinigingen uitgaat.

4.5.2 1/25 jaar hoogwater situatie

In principe kunnen de maatregelen in de uiterwaarden leiden tot een stijging van de grondwaterstanden, ook buiten de uiterwaarden. Dit zou kunnen zorgen voor grondwateroverlast in bebouwd gebied. Het gaat dan om bijvoorbeeld natte kelders bij hoogwater. In deze paragraaf wordt onderzocht of de maatregelen in de uiterwaarden zouden kunnen leiden tot een toename van de wateroverlast in bebouwd gebied.
Wateroverlast bij bebouwing speelt vooral een rol bij hoge IJsselstanden. Om deze reden is de eventuele toename van de wateroverlast door de maatregelen in de uiterwaarden onderzocht in een jaar met extreem hoge IJsselstanden. Daaronder worden IJsselstanden verstaan die slechts ééns in de 25 jaar worden overschreden. In het onderzoek is hiervoor het jaar 1993 gehanteerd. In Deventer werd eind december 1993 een extreem hoge IJsselstand genoteerd van bijna NAP +7 m.
Uitdrukkelijk wordt gesteld dat niet de eventuele huidige wateroverlast bij bebouwing wordt onderzocht, maar alleen de eventuele toename van de wateroverlast.

4.5.2.1 Wijziging geohydrologische situatie

Figuur 12 toont de berekende verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in een 1/25 nat jaar. Voor de duidelijkheid: deze veranderingen zijn berekend ten opzichte van berekeningen van een 1/25 nat jaar met het referentiemodel (dus zonder maatregelen). Bij vergelijking met figuur 9 (de verandering GHG in een gemiddeld jaar) blijkt dat de effecten van de maatregelen in alternatief A op de grondwaterstanden nog beperkter zijn dan in een gemiddeld jaar. Uit figuur 9 blijkt dat door de maatregelen (vooral het graven van nevengeulen) de berekende GHG doorgaans wordt verlaagd, m.n. ter plaatse van de geulen zelf. Plaatselijk wordt een verhoging van de GHG berekend. Deze locaties zijn echter onbebouwd of de verhoging van de GHG is minder dan 25 cm.

4.5.2.2 Effectbeschrijving grondwateroverlast bebouwing

Bij de effectbepaling is als uitgangspunt gehanteerd dat er sprake kan zijn van een toename van de wateroverlast bij bebouwing als de berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand (de GHG) in 1993 door de maatregelen 25 cm of meer wordt verhoogd. Dit wordt als een ‘robuuste’ berekende verhoging van de grondwaterstand gezien, dat wil zeggen passend bij de berekeningsnauwkeurigheid van het grondwatermodel. Daarbij wordt alléén die bebouwing beschouwd waarbij de berekende GHG in 1993 in de referentie berekening ondieper is dan 70 cm -mv.

Uit figuur 9 blijkt dat door de maatregelen (vooral het graven van nevengeulen) de berekende GHG doorgaans wordt verlaagd, met name ter plaatse van de geulen zelf. Plaatselijk wordt een verhoging van de GHG berekend. Deze locaties zijn echter onbebouwd of de verhoging van de GHG is minder dan 25 cm.

Samenvattend kan worden gesteld dat er geen objecten zijn waar een toename van de wateroverlast mag worden verwacht.

4.5.3 1/25 jaar laagwater situatie

Zettingen van de ondergrond kunnen optreden als er de grondwaterstanden worden verlaagd en er lokaal samendrukbare grond aanwezig is (klei/veen). Door zettingen kan in principe schade aan bebouwing ontstaan doordat de ondergrond niet gelijkmatig zakt.

Zettingen ontstaan vooral bij extreem lage grondwaterstanden. Voor de bepaling van de toename van het risico op zetting door de maatregelen is daarom uitgegaan van een jaar met extreem lage waterstanden. Daaronder worden IJsselstanden verstaan die slechts ééns in de 25 jaar nóg lager zijn. In het onderzoek is hiervoor het jaar 1971 gehanteerd. In Deventer werd half november 1971 een extreem lage IJsselstand genoteerd van ongeveer NAP +1,30 m.

4.5.3.1 Wijziging geohydrologische situatie

Door de maatregelen in alternatief A ontstaan ook bij extreem lage waterstanden van de IJssel een verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Figuur 13 toont de berekende verlaging van de GLG in dit jaar (1971). Bij vergelijking van het effect in een gemiddeld jaar (figuur 10) blijkt dat het effect in een jaar met extreem lage waterstanden ongeveer vergelijkbaar zijn.

4.5.3.2 Effectbeschrijving zetting bebouwing

Bij de effectbepaling is als uitgangspunt gehanteerd dat er sprake kan zijn van een toename van het risico op zettingen als de berekende gemiddeld laagste grondwaterstand (de GLG) van 1971 door de maatregelen 25 cm of meer wordt verlaagd. Dit wordt als een ‘robuuste’ berekende verlaging van de grondwaterstand gezien, dat wil zeggen passend bij de berekeningsnauwkeurigheid van het grondwatermodel.

De kaart met de 25 cm verlagingslijn is gecombineerd met de top10-vectorkaart met de bebouwing en de resultaten van het onderzoek naar de dikte van de Holocene IJsselklei in het onderzoeksgebied. Bij een dikte van de samendrukbare laag groter dan 1 m is gesteld dat er mogelijk zettingen optreden bij een berekende verlaging van de GLG van 25 cm of meer.

Figuur 14 toont het resultaat van de hierboven beschreven werkwijze in alternatief A. Figuur 14 toont alleen het zuidelijk deel van het zoekgebied omdat alleen hier een toename van het zettingsrisico alleen aan de orde is volgens de hierboven beschreven methodiek.

Uit figuur 14 kan worden afgeleid dat in alternatief A bij slechts één bebouwingsobject sprake is van een toename van het zettingsrisico. Voor wat betreft de dijk wordt opgemerkt dat de locatie ten westen van de Bolwerksplas (Steenenkamer) het meest kritisch is met betrekking tot zetting. De berekende grondwaterstandsverlagign bij de dijk bedraagt hier circa 20 cm. Dat betekent dat de mogelijkheid bestaat dat hier beperkte zetting optreedt.

4.6 Voorkeursalternatief

Ook in het voorkeursalternatief (VKA) wordt een aantal nevengeulen gegraven en worden twee plassen (deels) gedempt. Het gaat om de Bolwerksplas en de Zandweerdplas. Beide plassen gaan in het VKA echter deel uitmaken van de nevengeulen. Voor de Zandweerdplas geldt dat de open verbinding met de IJssel verdwijnt. Met het grondwatermodel is berekend wat dit betekent voor het grondwatersysteem en de verschillende functies in het gebied. Voor de functies landbouw en natuur zijn met name de veranderingen in een gemiddeld hydrologisch jaar van belang. Voor de functie 'bebouwing' zijn met name de veranderingen van het grondwatersysteem van belang in jaren met extreem hoge- of juist extreem lage IJsselwaterstanden in verband met wateroverlast of zettingsrisico's. De berekende relevante effecten op het grondwatersysteem in het VKA worden in deze paragraaf getoond.

4.6.1 Gemiddeld hydrologisch jaar

In deze paragraaf wordt ingegaan op de verandering in het gedrag van het grondwatersysteem als gevolg van de maatregelen in het VKA *in een gemiddeld hydrologisch jaar* (2005). Deze veranderingen zijn van belang voor de functies landbouw en natuur. Berekening van de landbouwschade is doorgaans gebaseerd op de verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Voor de functie natuur kan daarnaast de verandering in de kwelsituatie van belang zijn.

4.6.1.1 Wijziging geohydrologische situatie

Verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand
In een gemiddeld hydrologisch jaar worden in de uiterwaarden, afhankelijk van de locatie, zowel verhogende- als verlagende effecten op de gemiddeld hoogste grondwaterstanden berekend. De berekende verandering van de GHG in de uiterwaarden zijn doorgaans kleiner dan 25 cm (zie figuur 16). Verhogende effecten kunnen optreden als een gebied dat voorheen in gemiddelde omstandigheden niet wordt geïnundeerd, na geulvergraving wél wordt geïnundeerd. Verlagende effecten kunnen optreden doordat een geul voor een groot deel van het jaar 1-zijdig is 'aangetakt' (zie paragraaf 4.2) of als 'residu' van de verlaging van de grondwaterstand in de zomer. Buiten de uiterwaarden is het effect van de maatregelen in het VKA op de GHG nihil.

Verandering van de gemiddeld laagste grondwaterstand
Door aanleg van de nevengeulen ontstaat bij lage IJsselstanden een versterkte toestroming van het grond- naar het oppervlaktewater. Omdat de lengte van de periode waarin er sprake is van lage standen langer is dan die met hoge standen, is de hoeveelheid grondwater die hiermee gemoeid is ook relatief groot. En daarmee het effect op de grondwaterstand. Vandaar dat in figuur 18 overwegend een verlaging zichtbaar is van de GLG door geulaanleg. De verlaging van de GLG is in de uiterwaarden plaatselijk 25-50 cm; buiten de uiterwaarden is de verlaging van de GLG doorgaans niet groter dan 25 cm. Bij vergelijking van de berekende effecten op de GLG in alternatief A (figuur 10), blijkt dat de effecten in het VKA beperkter zijn. Dit wordt veroorzaakt doordat er in alternatief A sprake is van relatief lange, éénzijdig aangetakte

nevengeulen. Hierdoor werkt een benedenstrooms laag peil van de IJssel bovenin de nevengeul relatief sterk verlagend op de grondwaterstand.

Verandering van de gemiddelde grondwaterstand
De verandering van de gemiddelde grondwaterstand is bepaald in twee stappen. Allereerst is de periode 2002-2005 niet-stationair doorgerekend met tijdstappen van 10 dagen. Vervolgens is het gemiddelde van deze uitkomsten bepaald. Het resultaat van deze bewerking is weergegeven in figuur 25. Omdat de effecten van de maatregelen zich vooral voordoen in de zomer, is dit verlagende effect ook zichtbaar in de jaargemiddelde verandering. De grondwaterstandsverlaging bedraagt in de uiterwaarden plaatselijk 5-10 cm. Zeer lokaal (direkt naast de geul) komen grotere verlagingen voor. Buiten de uiterwaarden komen op lokale schaal verlagingen voor van 5-10 cm. Genoemde verlagingen zijn alle geringer dan de verandering van de GLG.

Verandering kwel en infiltratie
De aanleg van de nevengeulen in het zoekgebied (afbeelding 1) heeft op verschillende manieren invloed op het regionale grondwatersysteem. Door aanleg van de nevengeulen zal namelijk de toestroming van grondwater naar de IJssel en de uiterwaarden vergemakkelijkt. Dit leidt tot een netto verlaging van de grondwaterstand buiten het zoekgebied, met name aan het eind van de zomer.

Doordat de toestroming van grondwater naar de IJssel en de uiterwaarden wordt vergemakkelijkt, wijzigt ook de regionale waterbalans enigszins. Met het grondwatermodel is bepaald dat de regionale toestroming naar de IJssel en het zoekgebied in de huidige situatie gemiddeld circa 3,8 mm/dag bedraagt.

Door de aanleg van nevengeulen in het VKA wordt de regionale toestroming naar de IJssel en het zoekgebied met circa 6% vergroot tot circa 4,1 mm/dag. Het gaat hierbij vooral om een toename van de vertikale toestroming naar de IJssel en naar de nevengeulen. Deze extra toestroming van water is grotendeels afkomstig van de Veluwe (buiten het modelgebied) en stroomt via diepere lagen richting de IJssel. De beschreven wijziging met 6% is minder groot dan in alternatief A .

De toename van de toestroming richting de IJssel heeft ook in het VKA betrekkelijk weinig invloed op de kwel en infiltratie in de directe omgeving van de IJssel en de uiterwaarden (figuur 21).

4.6.1.2 Effectbeschrijving opbrengstverandering landbouw

De landbouwkundige opbrengst van een landbouwgebied is afhankelijk van vele factoren. Naast het bodemtype en het type gewas is de hydrologische situatie een belangrijke factor. De opbrengst van een landbouwperceel wordt beoordeeld aan de hand van de ‘doelrealisatie’. De doelrealisatie is de verhouding tussen de werkelijke opbrengst en de maximaal mogelijke opbrengst. Dit betekent dat de doelrealisatie in een optimaal geval 100% bedraagt. Onder zeer ongunstige omstandigheden bedraagt de doelrealisatie 0%.

Aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden zal, tot op zekere afstand van deze ingreep, gevolgen hebben voor het hydrologische systeem. Deze gevolgen resulteren in hogere of lagere grondwaterstanden; deze gevolgen kunnen verschillend zijn voor de droge of natte periode.

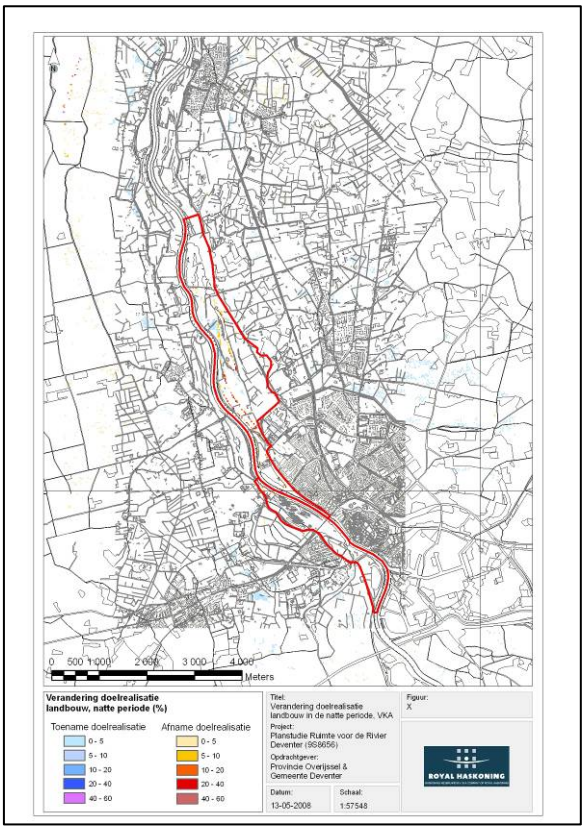
Om de effecten van aanleg van nevengeulen op landbouwopbrengst te kunnen bepalen is het noodzakelijk de doelrealisatie in zowel de referentiesituatie als in de gewijzigde situatie vast te stellen. De doelrealisatie is in de praktijk een berekeningsresultaat.
Met behulp van het gehanteerde grondwatermodel zijn in eerste instantie de GHG en de GLG bepaald voor een gemiddelde hydrologische situatie. Met behulp van deze gegevens en met behulp van Waternood is vervolgens de doelrealisatie berekend in de landbouwgebieden. De doelrealisatie is zowel voor een droge als voor een natte periode bepaald. Dit komt overeen met respectievelijk GHG- en GLG omstandigheden.
Daarna zijn, voor dezelfde gemiddeld hydrologische situatie, de GHG en GLG berekent voor het alternatief. Hierna is de doelrealisatie opnieuw berekend voor een droge en een natte periode. Het verschil in doelrealisatie tussen de referentieperiode en de nieuwe situatie resulteert in een andere doelrealisatie en geeft daarmee inzicht in de mate van opbrengstverandering van de landbouw. Deze opbrengstverandering kan locatie-afhankelijk zijn.

De huidige doelrealisatie landbouw voor een natte periode is in vrijwel het gehele landbouwgebied in en rond de uiterwaarden optimaal (doelrealisatie > 90%). In een droge periode zijn in een smalle strook langs de IJssel ook landbouwgebieden te onderscheiden met een matige doelrealisatie van 60-75%.

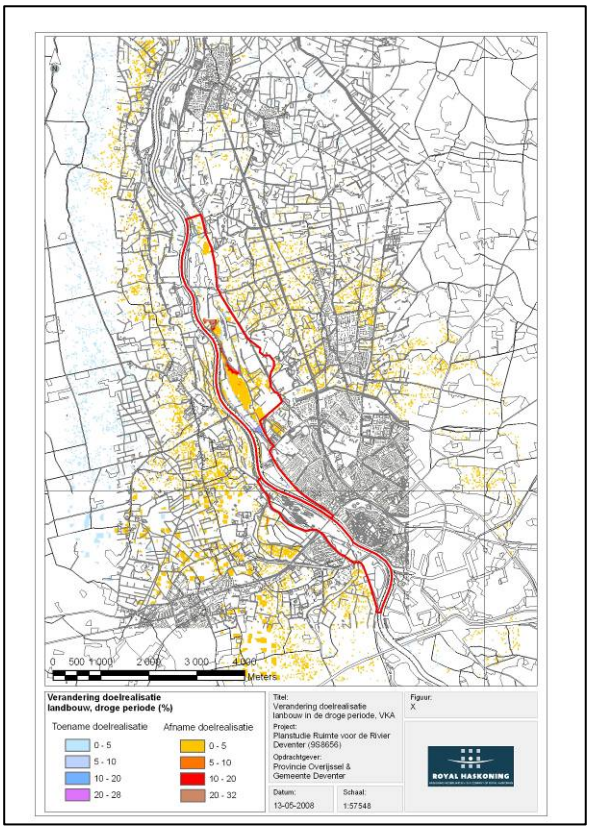
De opbrengstverandering van de landbouw als gevolg van aanleg geulen volgens het VKA is weergegeven in onderstaande twee figuren. Uit de figuren blijkt dat gedurende een natte periode nauwelijks sprake is van enig effect; als er sprake is van een effect dan is dat doorgaans een toename van de doelrealisatie tussen 0 en 5% (resultaten vergelijkbaar met die van alternatief A).
In een droge periode zijn er op meer locaties effecten; deze effecten betreffen steeds een afname van de doelrealisatie van 0-5%. Circa 1 kilometer westelijk van de IJssel wordt plaatselijk een toename van de doelrealisatie van 0-5% berekend (resultaten VKA iets gunstiger dan voor alternatief A).

Opmerking: zeer kleine wijzigingen in doelrealisatie (< 0,01%) zijn blanco gehouden in de gepresenteerde figuren.
Een toename van de doelrealisatie duidt op een afname van schade; een afname van de doelrealisatie duidt op een schadetoename. In de natte periode heeft schade betrekking op ‘natschade’; in de droge periode op ‘droogteschade’.

Wijziging doelrealisatie natte periode



Wijziging doelrealisatie droge periode



4.6.1.3 Effectbeschrijving grondopslag

Er zijn twee plassen in het onderzoeksgebied aanwezig die, afhankelijk van het alternatief, geheel of gedeeltelijk worden opgevuld met uiterwaardmateriaal. Het gaat om de Bolwerksplas en de Zandweerdplas. Voor de Zandweerdplas geldt dat in de verschillende alternatieven de open verbinding met de IJssel verdwijnt.

De effecten van grondopslag zijn beschouwd met betrekking tot het risico op verontreiniging door grondwaterstroming vanuit de opslaglocaties. Daarbij is aangenomen dat het uiterwaardmateriaal een beperkte doorlatendheid heeft (maximaal 1 m/d). Verondersteld is verder dat de grondwaterstroming wordt bepaald door de gemiddelde hydrologische omstandigheden, met name de IJsselwaterstanden.

Het risico voor verplaatsing via het grondwater van de verontreinigingen wordt vooral bepaald door de hoogteligging van het terrein ten opzichte van de omgeving. Een relatief lage ligging gaat gepaard met een beperkt verspreidingsrisico en omgekeerd.

Voor het vaststellen van de effecten van de grondopslag zijn de grondwatermodelresultaten van een hydrologisch jaar (1 april 2005 tot 31 mei 2006) met ongeveer gemiddelde IJsselstanden gebruikt. Het gaat om een stationaire (tijdsonafhankelijke) berekening met dit model.

Met het grondwatermodel wordt bepaald op welk deel (%) van de grondopslaglocatie sprake is van infiltratie. Het verspreidingsrisico van de verontreiniging via het

grondwater is het grootst als op de hele grondopslaglocatie sprake is van infiltratie. Als er sprake is van een kweldruk op de locatie dan is het verspreidingsrisico via het grondwater beperkt. Als grens voor infiltratie wordt 0,5 mm/dag gehanteerd.

In de huidige situatie is zowel in de Bolwerksplas als de Zandweerdplas sprake van kwel (figuur 6). Omdat in het VKA beide plassen deel gaan uitmaken van de nevengeulen neemt de kweldruk er toe (figuur 21). Het oppervlak waar toch sprake is van infiltratie is kleiner dan 1%.

4.6.1.4 Effectbeschrijving verdroging natuur

In het verleden is vastgesteld dat er een aantal buitendijkse natuurgebieden in het plangebied ligt waarin zeldzame en kwetsbare planten- en diersoorten voorkomen. Door het graven van een aantal nevengeulen langs de IJssel zullen er een aantal veranderingen optreden van de verwachte grondwaterpeilen (GHG, GLG en GVG: zie figuur 2) en op de kwelflux. De onderzoeksgebieden kenmerken zich door een sterk dynamisch milieu als gevolg van de jaarlijkse overstromingen van de IJssel. Ze bestaan grotendeels uit graslanden waar onder andere begrazing met runderen en paarden plaatsvindt. Het type vegetatie in het onderzoeksgebied wordt voornamelijk bepaald door gradiënten van de vochthuishouding (als gevolg van variatie in hoogteligging), bodemsoort, voedselrijkdom en grondgebruik (het type beheer).

Effecten op vegetatie
In het volgende wordt geen rekening gehouden met de verschillende bodemtypes in het gebied en zuurgraad van de bodem. Omdat de verschillende bodemsamenstelling aspecten zoals mineraalsamenstelling, zuurgraad en doorlaatbaarheid mede bepalend zijn voor het type vegetatie, valt niet met 100 % zekerheid te zeggen wat de effecten van de berekende veranderingen in grondwaterstanden zullen zijn op de vegetatie.

Verdrogingeffecten op natuur worden afgeleid aan de hand van de veranderingen in GHG, GVG, GLG en kweldruk/infiltratie. De GHG en GLG worden voornamelijk gebruikt in gebieden waar grondwaterfluctuaties kritisch zijn, zoals bij vennen, trilvenen en hoogveen (TNO 2006). Deze vegetatie typen worden niet in het gebied aangetroffen. De aangetroffen waardevolle vegetatietypen zoals Stroomdallandschappen (Schut & Koopmans, 2007) zijn niet kritisch afhankelijk van de GLG en GHG waarden en deze worden daarom niet meegenomen in de effectbeschrijving.

Voor de GVG waarden geldt dat deze voor verschillende vegetatie typen van belang zijn. De gehanteerde criteria staan in onderstaande tabel 2 weergegeven. In het geval van een verandering met als resultaat dat het GVG onder deze waarde zou komen, wordt het effect als negatief beschouwd omdat er dan verdroging optreedt. De GVG waarden komen na de vergravingen echter op de verschillende locaties niet onder de kritieke waarde.

Tabel 2. Maximale dieptes van GVG peil voor belangrijkste vegetatie typen (Runhaar et al, 2002)

	Maximale diepte in cm
Vochtig schraalland	- 20
Vochtig bloemrijk	- 10

Kwel is voedselarm, calciumrijk en ijzerrijk grondwater dat voor lange tijd onder de grond heeft gestroomd. Door haar eigenschappen wordt een bijzondere flora aangetroffen op plaatsen waar kwel aan het oppervlak komt. Binnen een gebied zijn kwel en overstroming zeer bepalend voor planten. Condities als zuurgraad en voedselrijkdom worden in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid kwel. Een eventuele toename van kwelflux wordt als een positief effect beschouwd omdat het calcium zorgt voor gunstiger Ph-condities en het ijzer zorgt dat het fosfaat in de bodem gebonden wordt. Veel zeldzame planten groeien namelijk beter op een voedselarme bodem (lage fosfaat en stikstof concentraties). De mate waarin de grondwaterstand in de zomer weggezakt is, in combinatie met de zuurgraad van de bodem, bepalend voor de mate waarin al dan niet omzetting van organisch materiaal optreedt. Deze mate van omzetting is op haar beurt van invloed op het vegetatie type. Deze relatie is echter zo indirect wat resulteert in het feit dat er geen algemeen geldende eisen te stellen zijn aan kwel of overstroming. De bodem van de uiterwaarden bestaat echter voornamelijk uit mineraal rijke klei en wordt regelmatig overstroomd met rivierwater, dus een toe- of afname van kwel (mineraal rijk water) heeft weinig effect op de vegetatie.

Voor de effectafweging met betrekking tot het graven van een nevengeul met als resultaat een verandering in kwelflux/infiltraat ratio wordt uitgegaan van een positief effect bij een toename van kwelflux en een negatief effect bij een afname (zie tabel 2).

Effecten Ontgraven
Voor de veranderingen in kwelflux en infiltratie geldt dat er op ‘het land’ niet of nauwelijks veranderingen zijn waar te nemen. Er zijn slechts zeer lokaal kleine veranderingen in kweldruk/infiltratie waar te nemen. Hieronder wordt daar per gebied op ingezoomd. Voor de verandering in kwelwater en infiltratie geldt dat er op ‘het land’ niet of nauwelijks veranderingen in kweldruk of infiltratie (varierend van -1,0 tot + 1,0) zijn waar te nemen. Er zijn slechts hele kleine gebiedjes, dus zeer lokaal, waar een minimale toe- of afname van de kweldruk te zien is. Daar komt bij dat de bodem van de uiterwaarden voornamelijk uit mineraalrijke klei bestaat en regelmatig overstroomt, dus een lichte toe- of afname in kwel (mineraal rijk voedselarm water) heeft sowieso niet of nauwelijks effect op de vegetatie. Er worden dan ook geen effecten verwacht op de vegetatie in de uiterwaarden. Hieronder wordt daar per gebied op ingezoomd.

Direct langs de rivier wordt een smalle band van een beperkt verminderde kwelflux aangegeven. Deze verminderde kwelflux ontstaat door een verminderde toestroom naar de rivier door de aanleg van de nevengeulen. Dit is echter niet relevant voor de effectbeoordeling.

Echter na de uiterwaardvergravingen, zal kweldruk toenemen in de bestaande wateren en nieuw gegraven nevengeulen. Dit geldt voor het gebied ten zuidoosten van de IJssel, tot en met de Ossenwaard. Ook het gebied ten westen van de IJssel, vanaf het terrein rond de jachthaven tot aan de Hengforderwaarden zal toename van kweldruk in het water ervaren. Deze toenama zal echter geen effect hebben op de waterkwaliteit, omdat er regelmatig overstromingen met rivierwater plaatsvinden. Deze toename in kweldruk heeft dan ook geen positief effect op de natuur/ de onderwatervegetatie.

Bolwerkersplas – Worp - Ossenwaard
De botanisch interessante gebieden bevinden zich voornamelijk op het dijktalud en de rivierduinen. De uiterwaarden bestaan uit hoger gelegen zandkoppen (tot circa NAP +6,50 m), afgewisseld met laagten van rivierklei (minder dan NAP -5,50 m).

De meest soortenrijke situaties bestaan uit stroomdal- en rivierbegeleidende landschappen waarin onder andere soorten als Karwijvarkenskervel, Bieslook en Goudhaver voorkomen. Omdat deze vegetatietypen op deze locaties op de wat hoger gelegen zanderige delen voorkomen, zijn ze relatief ongevoelig voor de berekende plaatselijke verlaging van de kwelflux.
Aan de oostelijke en westelijke oevers van de Bolwerkersplas wordt zeer lokaal echter een afname verwacht van de kwelflux. De afname is echter zo lokaal dat het waarschijnlijk geen negatief effect heeft op de Glanshaverhooilanden die hier liggen. Voor de GVG in dit gebied geldt dat er een lichte toename berekend wordt. Deze toename blijft echter onder de kritieke waarde en er wordt geen negatief effect verwacht. Op enkele andere locatie waar deze vegetatietypen voorkomen, onder andere aan de westelijke oever van IJsseldijk ter hoogte van de Ossenwaard, wordt een lichte afname van de kwelflux verwacht omdat het grondwater nu eerder in de geulen kwelt. Deze afname is echter zodanig klein dat er geen effect verwacht wordt. Ook worden hier zeer lokaal toenames verwacht, zodat moeilijk te voorspellen valt wat de precieze effecten zullen zijn. Daarom wordt bij de Ossenwaard uitgegaan van een neutraal effect.

Tabel 3. Globale* veranderingen in Kwelflux en GVG per locatie weergegeven; + = toename, + / - = toe- en afname, 0 = geen verandering, - afname

Locatie	GVG oud cm-mv	GVG verandering cm	Kwelflux
Hengforderwaarden	40-80	-5 tot -25	0
Randerwaard	40-120	-10 tot-25	0
Stobbenwaard	80-120	-5 tot 10	0
Keizerswaard	80-120	-5 tot 25	0
Munnikenhank	boven maaiveld	-5 tot 5	0
Jachthaven e.o.	120-160	-5 tot 5	0
Ossenwaard	-80-120	-5 tot 5	0
Worpplantsoen	120-160	5 tot 10 cm	0
Bolwerkersplas e.o.	40-80	-10 tot 10	0

Toelichting

* : In de tekst kunnen situaties beschreven worden die mogelijk niet overeenkomen met gegevens uit deze tabel. Dit is het gevolg van het feit dat in bovenstaande tabel de gebieden als een geheel worden genomen en specifieke kleine locaties niet beschouwd worden.

Jachthaven-Munnikenhank
In deze gebieden liggen geen kwetsbare Stroomdallandschappen. Aan de oostkant van de jachthaven ligt een relatief soortenrijk Aira-grasland. De kwelflux zal hier zeer lokaal afnemen. Deze afname is echter zodanig klein dat er geen effect verwacht wordt. Voor de verdere omgeving van de jachthaven geldt dat de kwelflux en GVG (-5 tot 5 cm) onveranderd blijven. Aan de noordoost kant van de Munnikenhank wordt ook lokaal een afname van de kwelflux berekend. Een gedeelte van de locatie waar deze afname berekend wordt bestaat uit relatief soortenarme moerasvegetaties die ongevoelig zijn voor kwelfluxveranderingen. Er worden dus geen effecten verwacht.

Keizers- en Stobbenwaarden
Verspreid door deze gebieden liggen een aantal vegetatie typen zoals natte strooiselruigten en ruige vegetaties met veel Rietgras. Deze biotopen zijn zeer voedselrijk, onder andere als gevolg van de mineraaltoevoer van de IJssel. Het IJssel water bevat onder andere veel stikstof waardoor de bodem erg voedselrijk wordt na een overstroming. Een lichte afname van de GVG en kwelflux in het gebied wordt verwacht

in de Stobbenwaarden ter hoogte van Terwolde. Dit terrein bestaat bijna geheel uit soortenarme wisselvochtige graslanden die gewend zijn aan sterk wisselende grondwaterstanden. Veranderingen in kwelflux en GVG hebben hier geen negatief effect. Op de locaties waar de kwelflux af neemt, bedraagt de afname slechts -1 tot -2,5 mm/d en hier wordt geen negatief van verwacht.
In het niet onderzochte gedeelte van de keizers en Stobbenwaarden wordt tevens lokaal een afname van GVG en kwelflux berekend. Deze biotopen zijn echter biologisch gezien niet interessant en bestaan voornamelijk uit Beemdgras- en Raaigrasweiden.

Randerwaard en Hengforderwaarden
Langs het dijklichaam naar het Kolkje in de Hengforderwaard ligt een botanisch buitengewoon rijk stroomdallandschap. Voor deze locatie wordt een lichte afname in GVG en wisselende veranderingen van kwelflux berekend. Zeer plaatselijk neemt de kwelflux juist toe of af, zodat moeilijk te voorspellen valt wat de precieze effecten zullen zijn. Een toename van kwelflux zal voor dit biotoop geen negatief effect hebben. Soorten als Zachte haver, Peen, Kleine bevernel en Glanshaver zijn juist gebaat bij matig voedselrijke en kalkhoudende grond, omstandigheden die gecreëerd worden bij een toename van kwelflux. Een lichte afname kan plaatselijk negatief uitpakken voor de vegetatie. Daarom wordt uitgegaan van een neutraal effect.
De overige biotopen zoals de verruigde graslanden, overstrominggraslanden, Berken-Zomereikenbos en wisselvochtige graslanden ondervinden een voordeel van een toegenomen kwelflux. Die toename van kwelflux wordt echter slechts zeer lokaal berekend en de GVG waarden komen niet onder de kritieke waarde, er wordt dan ook geen significant effect verwacht.

Samenvattend
Voor het VKA wordt geen relevante veranderingen in de GLG, GHG, GVG en kwelflux verwacht. Er wordt dan ook geen effect op de natuur verwacht

Literatuur

- Runhaar, J. *et. al.* 2002: *Doelrealisatie Natuur.* Rapportnummer 2002-26, (STOWA)

- TNO, 2006; *Het monitoren van verdroging van natuurgebieden.* TNO Bouw en Ondergrond, *Geological Survey of the Netherlands*

- Schut, J. & M. Koopmans, 2007: *Beschermde en bijzondere flora en fauna in de Deventer Koplopers. Veldonderzoek naar flora en fauna ten behoeve van Deventer Koplopers* . A & W- rapport 1012. Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek, Veenwouden

4.6.1.5 Effectbeschrijving bodem- en grondverontreinigingen

Bekend is dat de bodem in de stadskern van Deventer en in de uiterwaarden lokaal verontreinigd is. Omdat de IJssel ter plaatse een drainerende werking heeft, zullen deze verontreinigingen zich langzaam door de ondergrond richting de IJssel verplaatsen. Door het graven van de nevengeulen zal dit effect nog sterker optreden doordat de weerstand voor afstroming wordt verkleind. Er wordt dan ook geen wezenlijke toename verwacht van de bedreiging die van deze verontreinigingen uitgaat.

4.6.2 1/25 jaar hoogwater situatie

In principe kunnen de maatregelen in de uiterwaarden leiden tot een stijging van de grondwaterstanden, ook buiten de uiterwaarden. Dit zou kunnen zorgen voor grondwateroverlast in bebouwd gebied. Het gaat dan om bijvoorbeeld natte kelders bij hoogwater. In deze paragraaf wordt onderzocht of de maatregelen in de uiterwaarden zouden kunnen leiden tot een toename van de wateroverlast in bebouwd gebied.
Wateroverlast bij bebouwing speelt vooral een rol bij hoge IJsselstanden. Om deze reden is de eventuele toename van de wateroverlast door de maatregelen in de uiterwaarden onderzocht in een jaar met extreem hoge IJsselstanden. Daaronder worden IJsselstanden verstaan die slechts ééns in de 25 jaar worden overschreden. In het onderzoek is hiervoor het jaar 1993 gehanteerd. In Deventer werd eind december 1993 een extreem hoge IJsselstand genoteerd van bijna NAP +7 m.
Uitdrukkelijk wordt gesteld dat niet de eventuele huidige wateroverlast bij bebouwing wordt onderzocht, maar alleen de eventuele toename van de wateroverlast.

4.6.2.1 Wijziging geohydrologische situatie

Figuur 22 toont de berekende verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in een 1/25 nat jaar. Bij vergelijking met figuur 16 (de verandering GHG in een gemiddeld jaar) blijkt dat de effecten van de maatregelen in het VKA op de grondwaterstanden in een situatie met extreem hoge grondwaterstanden niet overal het zelfde zijn als in een gemiddelde hoogwatersituatie. Buiten het zoekgebied zijn echter zowel in een extreem- als in een ‘normaal’ jaar de effecten op de GHG beperkt (minder dan 10 cm verandering).

4.6.2.2 Effectbeschrijving grondwateroverlast bebouwing

Bij de effectbepaling is als uitgangspunt gehanteerd dat er sprake kan zijn van een toename van de wateroverlast bij bebouwing als de berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand (de GHG) in 1993 door de maatregelen 25 cm of meer wordt verhoogd. Dit wordt als een ‘robuuste’ berekende verhoging van de grondwaterstand gezien, dat wil zeggen passend bij de berekeningsnauwkeurigheid van het grondwatermodel. Daarbij wordt alléén die bebouwing beschouwd waarbij de berekende GHG in 1993 in de referentie berekening ondieper is dan 70 cm -mv.

Uit figuur 16 blijkt dat door de maatregelen de berekende GHG zowel wordt verlaagd als verhoogd. Plaatselijk wordt een verhoging van de GHG berekend. Deze locaties zijn echter onbebouwd of de verhoging van de GHG is minder dan 25 cm.

Samenvattend wordt gesteld dat er geen objecten zijn waar een toename van de wateroverlast mag worden verwacht.

4.6.3 1/25 jaar laagwater situatie

Zettingen van de ondergrond kunnen optreden als er de grondwaterstanden worden verlaagd en er lokaal samendrukbare grond aanwezig is (klei/veen). Door zettingen kan in principe schade aan bebouwing ontstaan doordat de ondergrond niet gelijkmatig zakt.

Zettingen ontstaan vooral bij extreem lage grondwaterstanden. Voor de bepaling van de toename van het risico op zetting door de maatregelen is daarom uitgegaan van een

jaar met extreem lage waterstanden. Daaronder worden IJsselstanden verstaan die slechts ééns in de 25 jaar nóg lager zijn. In het onderzoek is hiervoor het jaar 1971 gehanteerd. In Deventer werd half november 1971 een extreem lage IJsselstand genoteerd van ongeveer NAP +1,30 m.

4.6.3.1 Wijziging geohydrologische situatie

Door de maatregelen in het VKA ontstaan ook bij extreem lage waterstanden van de IJssel doorgaans een verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Figuur 23 toont de berekende verlaging van de GLG in dit jaar (1971). Bij vergelijking van het effect in een gemiddeld jaar (figuur 18) blijkt dat het effect in een jaar met extreem lage waterstanden iets beperkter zijn.

4.6.3.2 Effectbeschrijving zetting bebouwing

Bij de effectbepaling is als uitgangspunt gehanteerd dat er sprake kan zijn van een toename van het risico op zettingen als de berekende gemiddeld laagste grondwaterstand (de GLG) van 1971 door de maatregelen 25 cm of meer wordt verlaagd. Dit wordt als een ‘robuuste’ berekende verlaging van de grondwaterstand gezien, dat wil zeggen passend bij de berekeningsnauwkeurigheid van het grondwatermodel.

De kaart met de 25 cm verlagingslijn is gecombineerd met de top10-vectorkaart met de bebouwing en de resultaten van het onderzoek naar de dikte van de Holocene IJsselklei in het onderzoeksgebied. Bij een dikte van de samendrukbare laag groter dan één m is gesteld dat er mogelijk zettingen optreden bij een berekende verlaging van de GLG van 25 cm of meer.

Figuur 24 toont het resultaat van de hierboven beschreven werkwijze in het VKA. Uit deze figuur wordt afgeleid dat in het VKA bij geen enkel bebouwingsobject sprake is van een toename van het zettingsrisico. Voor wat betreft de dijk wordt opgemerkt dat de verandering van de GLG zeer beperkt is ter plekke van het dijklichaam. Dit betekent dat ter plekke van de dijk geen zetting wordt verwacht.

4.7 Het inrichtingsalternatief

Inleiding
Het VKA is op een aantal punten uitgewerkt naar aanleiding van een aantal workshops. Dit heeft geleid tot het ‘inrichtingsalternatief’. Nieuw ten opzichte van het bestaande VKA is de situatie ter plaatse van:

- De Worp.
- Zandweerdplas.
- Hengforderwaarden.

Een en ander wordt hieronder verder toegelicht. Uit deze toelichting zal blijken dat in hydrologisch opzicht het inrichtingsalternatief slechts marginaal verschilt ten opzichte van het VKA.

Om dit te verifiëren zijn een aantal oriënterende berekeningen gemaakt. Deze berekeningen hebben betrekking op een gemiddeld hydrologisch jaar (paragraaf 4.4.1).

Per lokatie worden hieronder de verschillen besproken tussen het VKA en het inrichtingsalternatief. Om een inschatting te kunnen maken van het effect van de maatregelen in het inrichtingsalternatief ten opzichte van het VKA zijn figuren gemaakt van de volgende berekende effecten:

- Verandering GHG (gemiddeld jaar).
- Verandering GLG (gemiddeld jaar).

Op deze manier kan duidelijk worden gemaakt dat het inrichtingsalternatief in hydrologisch opzicht inderdaad niet wezenlijk anders is dan het VKA.

Dat betekent dat voor het inrichtingsalternatief ook geen aparte beschrijving is opgenomen van de effectbeoordeling: de effecten blijken nagenoeg samen te vallen met die van het VKA (paragraaf 4.6).

De Worp.
In het inrichtingsalternatief ontbreekt de zandmassa ter plaatse van het landhoofd. In de onderstaande figuren is links de situatie geschetst van de Worp in het VKA en rechts in het inrichtingsalternatief. Door het ontbeken van de zandmassa ter plaatse van het landhoofd zal het gearceerde gebied in circa één keer per jaar inunderen in de uitwerkingsvariant.

De Worp met landhoofd (VKA)

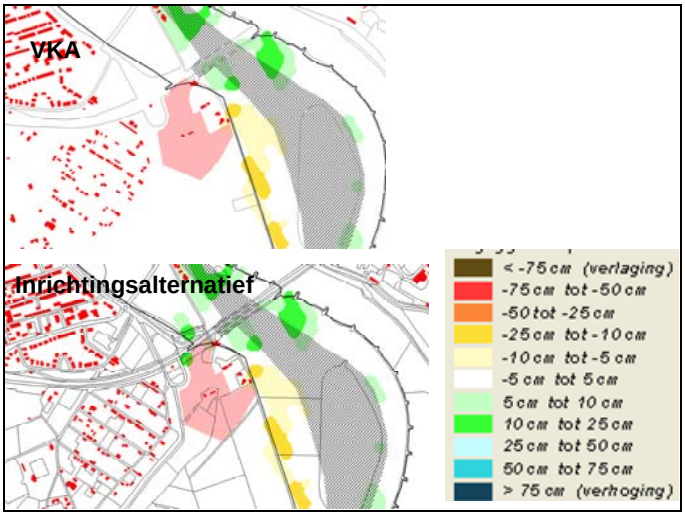


De Worp zonder landhoofd (inrichtingsalternatief)

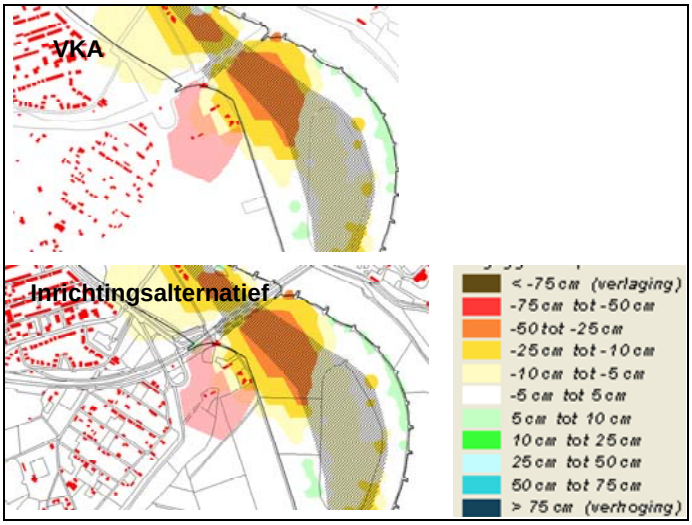


In de modelberekening is in de Worp het maaiveldshoogte ter plaatse van het landshoofd verlaagd tot NAP +4,5 m. De onderstaande afbeeldingen tonen de resultaten van de oriënterende berekeningen in het VKA en in het inrichtingsalternatief.

Verandering GHG ter plaatse van De Worp (ten opzichte van de referentie situatie)



Verandering GLG ter plaatse van De Worp (ten opzichte van de referentie situatie)

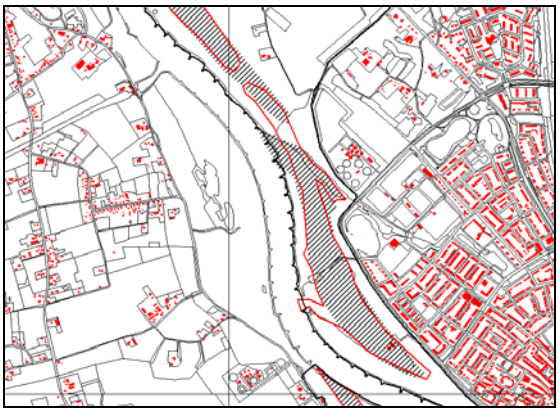


Uit de bovenstaande figuren valt op te maken dat de berekende veranderingen van de GHG in het VKA vrijwel hetzelfde zijn als in het inrichtingsalternatief. Hetzelfde geldt voor de berekende veranderingen van de GLG. De effecten in de inrichtingsvariant zullen dan ook nagenoeg hetzelfde zijn als in het VKA (paragraaf 4.6).

Zandweerdplas (opties A en B)

De onderstaande afbeelding toont de nevengeulen in het VKA alternatief (gearceerd) en in het inrichtingsalternatief A.

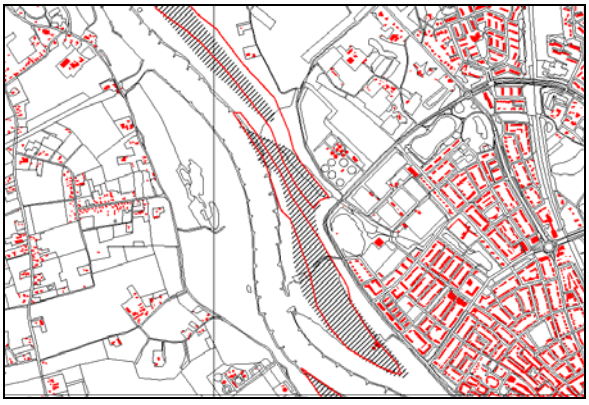
Nevengeulen 'Zandweerdplas optie A' (=rode lijn; arcering: VKA)



Uit deze afbeelding blijkt dat de aantakking van de nevengeul in zuidelijke richting is verplaatst ten opzichte van het VKA alternatief. Verder is de zuidelijke nevengeul in noordelijke richting iets vergroot ten koste van de geul die hiervan noordelijk ligt.

De afbeelding hieronder toont de nevengeulen in het VKA alternatief (gearceerd) en in het inrichtingsalternatief 'Zandwinplas optie B'.

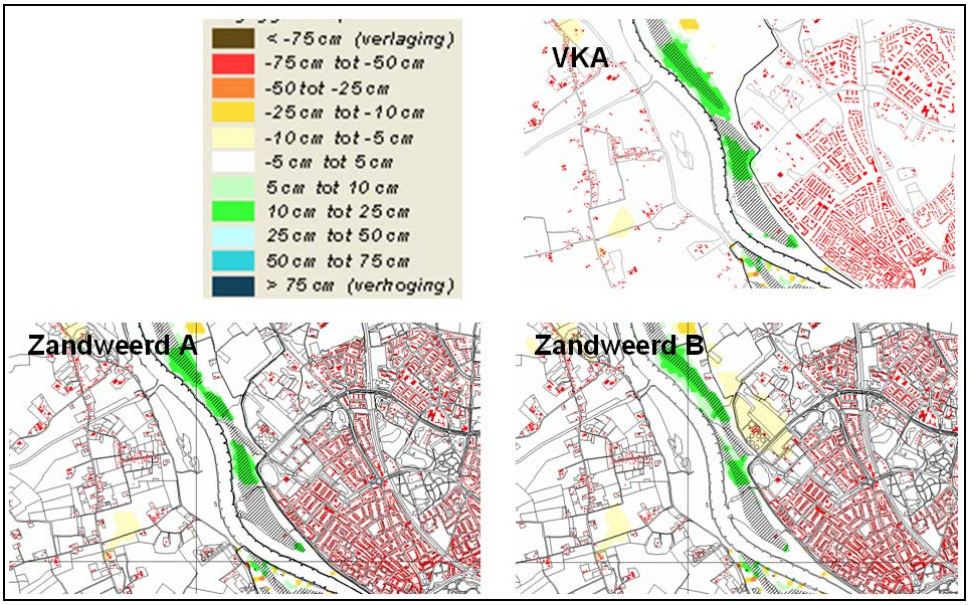
Nevengeulen 'Zandweerdplas optie B' (=rode lijn; arcering: VKA)



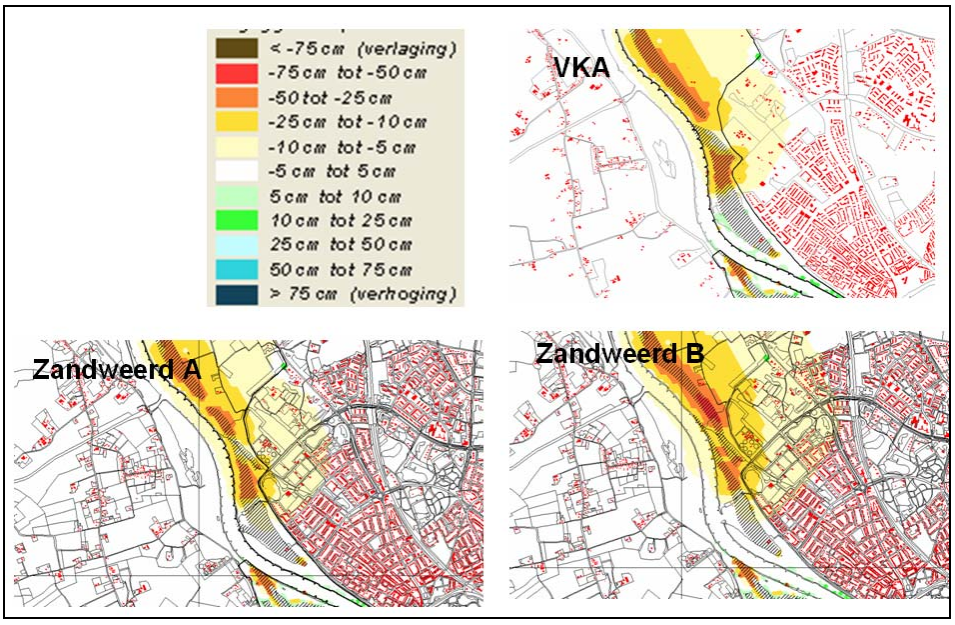
Hieruit blijkt dat de aantakking van de nevengeul op ongeveer dezelfde plaats ligt ten opzichte van het VKA alternatief. Verder is noordelijke geul verlengd in zuidelijke richting. Beide nevengeulen liggen deels naast elkaar, terwijl dit in het VKA niet het geval is.

De onderstaande afbeeldingen tonen de resultaten van de oriënterende berekeningen in het VKA en in de inrichtingsalternatieven A en B.

Verandering GHG Zandweerdplas (ten opzichte van de referentie situatie)



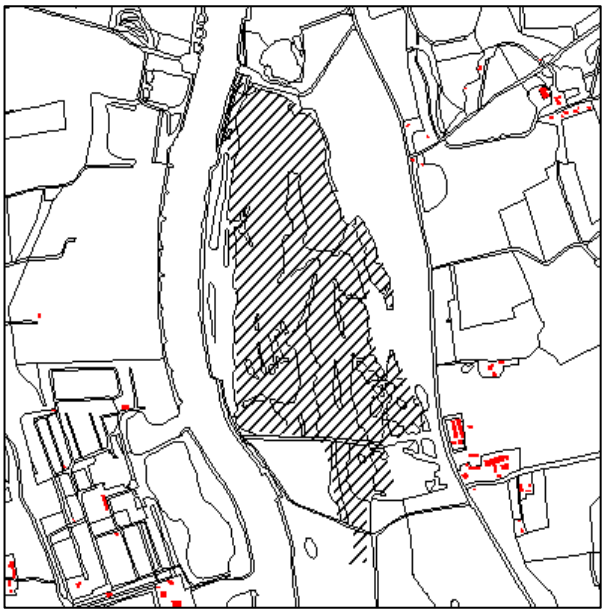
Verandering GLG Zandweerdplas (ten opzichte van de referentie situatie)



Bij vergelijking van de bovenstaande afbeeldingen blijkt dat de berekende veranderingen in het de uitwerkingsmaatregel ‘Zandweerdplas optie A’ nagenoeg hetzelfde zijn als in het VKA alternatief.

In het de uitwerkingsmaatregel ‘Zandweerdplas optie B’ is de verlaging van de GLG wat groter dan in het VKA. Binnen de 25 cm GLG-verlagingslijn is in optie B bebouwing gelegen, terwijl dit in het VKA niet het geval is. Hierdoor zou in principe enig risico op zettingen kunnen ontstaan volgens de gehanteerde methodiek in de deskundigenbijdrage ‘GEO5’.

Hengforderwaarden

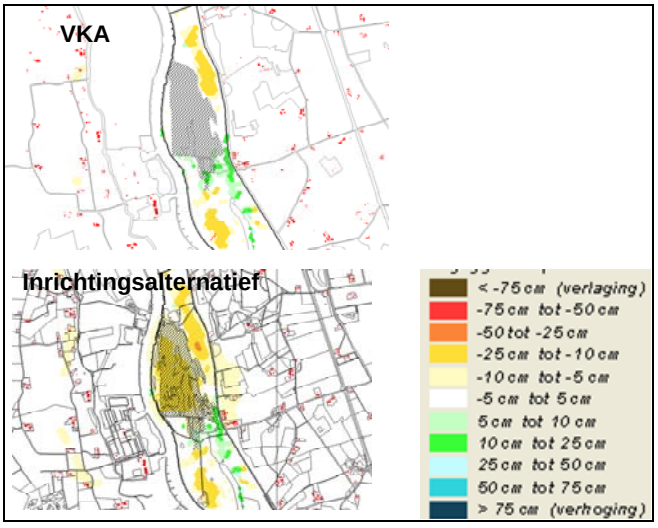


In het VKA heeft de nevengeul de Hengforderwaarden een open verbinding met de IJssel. In het inrichtingsalternatief is deze open verbinding vervangen door een pijp met een diameter van circa 1,20 m.

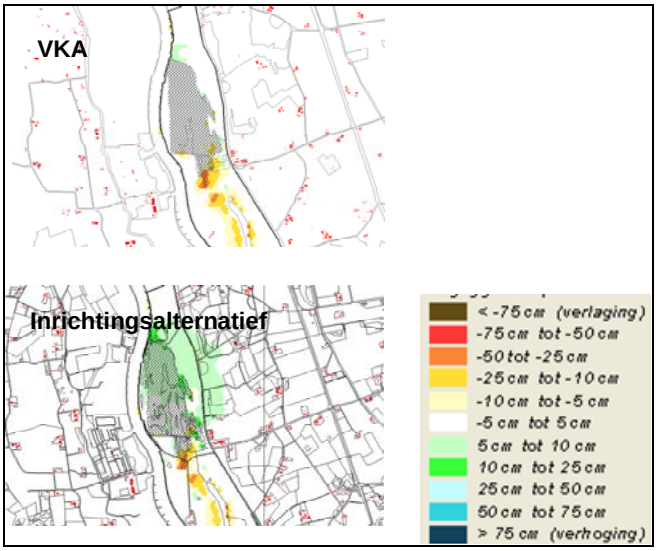
De vervanging van de open verbinding met de IJssel door een pijp (duiker) leidt ertoe dat de nevengeul minder direct reageert op de IJsselstand. Het effect hiervan is in de oriënterende modellering gebracht door een 3-daags gemiddeld peil in de nevengeul in te brengen in plaats van een dag-gemiddeld peil.

De onderstaande afbeeldingen tonen de resultaten van de oriënterende berekeningen in het VKA en in het inrichtingsalternatief ter plaatse van de Hengforderwaarden.

Verandering GHG Hengforderwaarden (ten opzichte van de referentie situatie)



Verandering GLG Hengforderwaarden (ten opzichte van de referentie situatie).



Uit (verandering GHG) blijkt dat de berekende verlaging van de GHG in de uitwerkingsmaatregel iets groter is dan in het VKA. Door de 'geknepen' verbinding tussen de Henforderwaarden en de IJssel ontstaat lokaal een 5-10 cm lagere grondwaterstand (GHG) dan in het VKA.

Door vervanging van de open verbinding door een pijp met een diameter van circa 1,2 m ontstaat in het inrichtingsalternatief lokaal een verhoging van de GLG (5-10 cm) ten opzichte van de referentie situatie, terwijl er in het VKA nauwelijks een effect zichtbaar is.

Beide geringe wijzigingen van de berekende effecten leiden niet tot een andere effectbeoordeling in vergelijking met het VKA (paragraaf 4.6).

Conclusies

De maatregelen in het inrichtingsalternatief hebben een vergelijkbaar hydrologisch effect als de maatregelen in het VKA. Er ontstaat dan ook geen andere effectbeoordeling volgens de methodiek in de deskundigenbijdrage. De enige uitzondering hierop is mogelijk de 'Zandweerdplas optie B'. Door deze uitwerkingsmaatregel zou in principe enig risico op zettingen kunnen ontstaan volgens de gehanteerde methodiek in de deskundigenbijdrage 'GEO5'.

4.8 Concept-inrichtingsplan

4.8.1 Inleiding

Deze paragraaf beschrijft enkele resultaten m.b.t. de referentiesituatie (=huidige situatie) en het voorkeursalternatief (VKA). Dit VKA is inmiddels verder uitgewerkt tot een **concept-inrichtingsplan**. De voorgaande paragraaf laat zien dat de verschillen tussen de onderscheiden inrichtingsalternatieven en het VKA naar verwachting slechts in zeer beperkte mate invloed hebben op de verwachte hydrologische effecten van de maatregelen.

Om bovenstaande reden wordt er van uitgegaan dat de in deze paragraaf getoonde resultaten tevens van toepassing zijn op het **concept-inrichtingsplan.**

4.8.2 Waterbalansen

Door het graven van nevengeulen in het VKA zal de toestroming van grondwater naar de IJssel en de uiterwaarden worden vergemakkelijkt. Hierdoor wijzigt ook de regionale waterbalans enigszins (zie paragraaf 4.5.1.1). Met het grondwatermodel is bepaald dat de regionale toestroming naar de IJssel en het zoekgebied in de huidige situatie gemiddeld circa 3,8 mm/dag bedraagt (circa 25.000 m3/d).

Om meer inzicht te krijgen in de mate waarin de waterbalans van diverse gebieden in de directe omgeving van het zoekgebied wordt beïnvloed door de maatregelen, is de kwartaalwaterbalans opgesteld voor acht gebieden. De opgestelde waterbalans heeft betrekking op alle watervoerende pakketten (van maaiveld tot aan de hydrologische basis). De ligging van deze gebieden is weergegeven in figuur V1. De waterbalansen zijn opgesteld voor de volgende hydrologische situaties:

- Gemiddeld jaar = 1 april 1977 t/m 31 mei 1978.
- 1/25 Hoogwater jaar = 1 april 1993 t/m 31 mei 1994.
- 1/25 Laagwater jaar = 1 april 1971 t/m 31 mei 1971.

Bijlage 3 toont de berekende waterbalansen. Deze waterbalansen hebben betrekking op de watervoerende pakketten boven de Drentheklei (zie paragraaf 2.1). De balanstermen bestaan uit de volgende posten:

- Stroming over de modelrand (‘Rand’ in de figuren uit bijlage 3). Deze balanstermm is een restterm van de overige balanstermen uit het model. Deze term bevat ook de modelonnauwkeurigheid.
- Afvoer naar waterlopen, sloten en greppels (‘Afvoer’ in de figuren uit bijlage 3).
- Neerslagoverschot (=neerslag - verdamping).
- Toestroming vanuit berging (=’Berging’ in de figuren uit bijlage 3).
- Grondwateronttrekking

Alle balanstermen zijn weergegeven in mm/d. Een positieve term betekent dat de hoeveelheid grondwater in het balansgebied toeneemt door de betreffende term. Voor de duidelijkheid wordt opgemerkt dat een negatieve waarde voor de ‘afvoer’ betekent dat er netto water het gebied verlaat door afvoer via de waterlopen[1].

Van belang bij de bestudering van de waterbalans in de figuren in bijlage 3 is vooral het verschil in de balansen tussen de referentie situatie en de voorkeursvariant (VKA). Daarbij blijkt dat er alleen in balansgebied 3 een wezenlijk verschil is in de waterbalans. Dat is niet verbazingwekkend want balansgebied 3 valt voor een groot deel samen met het gebied waar de maatregelen zijn genomen (het zoekgebied, figuur V1 uit bijlage 5). In balansgebied 3 is in de VKA-situatie de balansterm ‘stroming over de rand’ op kwartaalbasis maximaal circa 0,9 mm/d groter dan in de referentiesituatie. Uit de waterbalans blijkt verder dat deze toename van de stroming over de rand van het balansgebied leidt tot eenzelfde vergroting van de afvoer.

[1] Strikt genomen zou deze term daarom wellicht beter ‘wateraanvoer’ kunnen worden genoemd. Deze term is echter minder gangbaar en is om die reden vermeden.

De waterbalans van de aangrenzende waterbalansgebieden wijzigt niet wezenlijk, waaruit kan worden afgeleid dat de vergrote afvoer in balansgebied 3 deels afkomstig is van buiten het grondwatermodel, dat wil zeggen een regionale herkomst heeft.

4.8.3 Tijdstijghoogtelijnen

Ter plaatse van twee dwarsraaien zijn in totaal 10 punten gekozen (bijlage 5, figuur V1). Op deze plaatsen zijn in bijlage 2 de tijdstijghoogtelijnen weergegeven voor de volgende jaren:

- Gemiddeld jaar = 1 april 1977 t/m 31 mei 1978.
- 1/25 Hoogwater jaar = 1 april 1993 t/m 31 mei 1994.
- 1/25 Laagwater jaar = 1 april 1971 t/m 31 mei 1972.

Uit bijlage 4 blijkt dat er nagenoeg geen verschil is tussen de berekende stijghoogten in de referentie situatie en het VKA. Dit is in overeenstemming met de figuren 16, 18 en 20 (zie bijlage 1).

In de punten die het dichtst bij de uiterwaard zijn gelegen (N1 en Z5) is in de 1/25 hoogwater situatie duidelijk het effect dat de hoge rivierwaterstanden hebben op de berekende stijghoogten waarneembaar.

4.8.4 Stroombanen en intrekgebieden

Ter plaatse van de tijdstijghoogtepunten (bijlage 5, figuur V1) is voor de jaargemiddelde situatie en bij gemiddelde rivierwaterstanden het stroombanenpatroon bepaald. Bijlage 3 toont het resultaat.

Uit bijlage 5 blijkt dat de stroombaanprofielen in de referentie situatie het VKA niet wezenlijk van elkaar verschillen. Vanuit de punten N5 en Z1 bereikt het infiltrerende water volgens het grondwatermodel een diepte van meer dan 30 m -mv, om daarna in een baan omhoog richting de IJssel te stromen. De stroombanen die dichter bij de IJssel zijn gelegen bereiken een geringere diepte.

Om inzicht te krijgen over de herkomst van het grondwater dat in het zoekgebied tot afstroming komt, zijn met het grondwatermodel nog meer stroombaanberekeningen uitgevoerd. Daarbij is zowel ‘met de stroom mee’ als ‘tegen de stroom in’ de weg door de ondergrond gevolgd van een groot aantal denkbeeldige grondwaterdeeltjes. De in bijlage 5 opgenomen figuren V2 en V3 tonen het resultaat: resp. het ‘intrekgebied’ van het zoekgebied in de referentie situatie en het VKA.

In beide bijlagen is het ‘intrekgebied’ van het oostelijk deel van het zoekgebied rood gekleurd. In blauw is het westelijk deel van het ‘intrekgebied’ van het zoekgebied weergegeven. De groene lijnen zijn de vertikale projectie van de stroombanen die zijn berekend vanuit het zoekgebied. Stroombanen die uitkomen op de IJssel zijn niet getekend in beide figuren omdat de IJssel geen deel uitmaakt van het zoekgebied.

Bij een een vergelijking tussen beide intrekgebieden blijkt dat de verschillen met name aan de orde zijn bij het oostelijk zoekgebied. In het VKA is in het centrale deel van het oostelijk zoekgebied het oppervlak van het intrekgebied in beperkte mate vergroot.

4.8.5 Conclusies

1. Waterbalansen:
   a. alleen in balansgebied 3 (bijlage 5, figuur V1) is sprake van een relevant verschil in de waterbalans (VKA versus referentiesituatie);
   b. in de VKA-situatie is hier de balansterm ‘stroming over de rand’ op kwartaalbasis maximaal circa 0,9 mm/d groter dan in de referentie situatie;
   c. deze toename van de stroming over de rand van het balansgebied leidt tot een zelfde vergroting van de afvoer in balansgebied 3;
   d. de waterbalans van de aangrenzende waterbalansgebieden wijzigt niet wezenlijk, waaruit kan worden afgeleid dat de vergrote afvoer in balansgebied 3 deels afkomstig is van buiten het grondwatermodel, dat wil zeggen een regionale herkomst heeft.

2. Tijdstijghoogtelijnen:
   a. er is nagenoeg geen verschil tussen de berekende stijghoogten in de referentie situatie en het VKA. Dit is in overeenstemming met het resultaat zoals getoond in de figuren 16, 18 en 20 (bijlage 1);
   b. in de punten die het dichtst bij de uiterwaard zijn gelegen (N1 en Z5) is in de 1/25 hoogwater situatie duidelijk het effect van de hoge rivierwaterstanden op de berekende stijghoogten waarneembaar.

3. Stroombanen en intrekgebieden (bijlage 5, figuren V2 en V3):
   a. de stroombaanprofielen in de referentie situatie en het VKA verschillen niet wezenlijk vanelkaar;
   b. in het VKA is in het centrale deel van het oostelijk zoekgebied het oppervlak van het ‘intrekgebied’ van het zoekgebied in beperkte mate vergroot.

4.9 Meest milieuvriendelijk alternatief

Evenals in het VKA worden in het meest milieuvriendelijk alternatief (MMA) een aantal nevengeulen gegraven en worden twee plassen (deels) gedempt. Het gaat om de Bolwerksplas en de Zandweerdplas. Beide plassen maken in het MMA deel uit van de nevengeulen. De nevengeul in de Stobbewaarden is, in vergelijking met de geul in het VKA, wat minder ver naar het zuiden toe doorgetrokken. Hierdoor wordt verwacht dat er, in vergelijking met het VKA, minder grondwaterstandsverlagende effecten ontstaan. Met het grondwatermodel is berekend wat dit betekent voor het grondwatersysteem en de verschillende functies in het gebied. Voor de functies landbouw en natuur zijn met name de veranderingen in een gemiddeld hydrologisch jaar van belang. Voor de functie ‘bebouwing’ zijn met name de veranderingen van het grondwatersysteem van belang in jaren met extreem hoge- of juist extreem lage IJsselwaterstanden in verband met wateroverlast of zettingsrisico’s. De berekende relevante effecten op het grondwatersysteem in het MMA worden in deze paragraaf getoond.

<u>Opmerking met betrekking tot drempel Stobbenhank</u>
Een drempel op niveau NAP 1.90 m zal in droge tijden (met lage waterstanden in de IJssel) effect kunnen hebben op de waterstanden in de Stobbenhank. Achter de drempel blijft enige tijd water staan op het niveau van NAP 1.90 m. Daar er geen sprake is van wateraanvoer zal het peil langzaam uitzakken als ook het IJsselpeil lager wordt dan deze waarde.

In onderstaande tabel is in de tweede kolom de berekende GLG aangegeven voor het VKA. De derde kolom bevat (ter vergelijking) de berekende GLG voor de referentiesituatie. De vierde kolom toont het maximaal te verwachten effect. Dit effect is berekend als het verschil tussen de drempelhoogte en de berekende GLG in het VKA. In de 1/25 hoogwatersituatie is de GLG hoger dan het drempelniveau. In dat geval is er geen effect van de drempel te verwachten.

Situatie	**Berekende GLG* bij VKA**	**Berekende GLG* bij Referentie**	**Maximaal effect**
	(m + NAP)	(m + NAP)	(m)
Gemiddeld	1.73	2.07	0.17
1/25 laag	1.38	1.53	0.52
1/25 hoog	2.26	2.37	0

*: De weergegeven getallen betreffen berekeningsresultaten aan het VKA en de referentiesituatie. In de bijlagen is de berekende GLG weergegeven t.o.v. maaiveld. De tabel toont de waarde van de GLG t.o.v. NAP.

4.9.1 Gemiddeld hydrologisch jaar

In deze paragraaf wordt ingegaan op de verandering in het gedrag van het grondwatersysteem als gevolg van de maatregelen in het MMA *in een gemiddeld hydrologisch jaar* (2005). Deze veranderingen zijn van belang voor de functies landbouw en natuur. Berekening van de landbouwschade is doorgaans gebaseerd op de verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Voor de functie natuur kan daarnaast de verandering in de kwelsituatie van belang zijn.

4.9.1.1 Wijziging geohydrologische situatie

Verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand
In een gemiddeld hydrologisch jaar worden in de uiterwaarden, afhankelijk van de locatie, zowel verhogende- als verlagende effecten op de gemiddeld hoogste grondwaterstanden berekend. De berekende verandering van de GHG in de uiterwaarden zijn doorgaans kleiner dan 25 cm (zie figuur 27). Verhogende effecten kunnen optreden als een gebied dat voorheen in gemiddelde omstandigheden niet wordt geïnundeerd, na geulvergraving wél wordt geïnundeerd. Verlagende effecten kunnen optreden doordat een geul voor een groot deel van het jaar 1-zijdig is ‘aangetakt’ (zie paragraaf 4.2) of als ‘residu’ van de verlaging van de grondwaterstand in de zomer. Buiten de uiterwaarden is het effect van de maatregelen in het MMA op de GHG nihil.

Verandering van de gemiddeld laagste grondwaterstand
Door aanleg van de nevengeulen ontstaat bij lage IJsselstanden een versterkte toestroming van het grond- naar het oppervlaktewater. Omdat de lengte van de periode waarin er sprake is van lage standen langer is dan die met hoge standen, is de hoeveelheid grondwater die hiermee gemoeid is ook relatief groot. En daarmee het effect op de grondwaterstand. Vandaar dat in figuur 29 overwegend een verlaging zichtbaar is van de GLG door geulaanleg. De verlaging van de GLG is in de uiterwaarden plaatselijk 25-50 cm; buiten de uiterwaarden is de verlaging van de GLG doorgaans kleiner dan 10 cm (De Hoven). Bij vergelijking van de berekende effecten op

de GLG in alternatief A (figuur 10), blijkt dat de effecten in het MMA beperkter zijn. Dit wordt veroorzaakt doordat er in alternatief A sprake is van relatief lange, éénzijdig aangetakte nevengeulen. Hierdoor werkt een benedenstrooms laag peil van de IJssel bovenin de nevengeul relatief sterk verlagend op de grondwaterstand.

Verandering van de gemiddelde grondwaterstand
De verandering van de gemiddelde grondwaterstand is bepaald in twee stappen. Allereerst is de periode 2002-2005 niet-stationair doorgerekend met tijdstappen van 10 dagen. Vervolgens is het gemiddelde van deze uitkomsten bepaald. Het resultaat van deze bewerking is weergegeven in figuur 36. Omdat de effecten van de maatregelen zich vooral voordoen in de zomer, is dit verlagende effect ook zichtbaar in de jaargemiddelde verandering. De grondwaterstandsverlaging bedraagt in de uiterwaarden plaatselijk doorgaans 5-10 cm en maximaal 25 cm. Zeer lokaal (direct naast de geul) komen grotere verlagingen voor. Buiten de uiterwaarden komen op lokale schaal verlagingen voor van 5-10 cm (De Hoven). Genoemde verlagingen zijn alle geringer dan de verandering van de GLG.

Verandering kwel en infiltratie
De aanleg van de nevengeulen in het zoekgebied (afbeelding 1) heeft op verschillende manieren invloed op het regionale grondwatersysteem. Door aanleg van de nevengeulen zal namelijk de toestroming van grondwater naar de IJssel en de uiterwaarden vergemakkelijkt. Dit leidt tot een netto verlaging van de grondwaterstand buiten het zoekgebied, met name aan het eind van de zomer.

Doordat de toestroming van grondwater naar de IJssel en de uiterwaarden wordt vergemakkelijkt, wijzigt ook de regionale waterbalans enigszins. Met het grondwatermodel is bepaald dat de regionale toestroming naar de IJssel en het zoekgebied in de huidige situatie gemiddeld circa 3,8 mm/dag bedraagt.

Door de aanleg van nevengeulen in het MMA wordt de regionale toestroming naar de IJssel en het zoekgebied met circa 4% vergroot tot circa 4,0 mm/dag. Het gaat hierbij vooral om een toename van de verticale toestroming naar de IJssel en naar de nevengeulen. Deze extra toestroming van water is grotendeels afkomstig van de Veluwe (buiten het modelgebied) en stroomt via diepere lagen richting de IJssel. De beschreven wijziging met 4% is minder groot dan in alternatief A .

De toename van de toestroming richting de IJssel heeft ook in het MMA betrekkelijk weinig invloed op de kwel en infiltratie in de directe omgeving van de IJssel en de uiterwaarden (figuur 32).

4.9.1.2 Effectbeschrijving opbrengstverandering landbouw

De landbouwkundige opbrengst van een landbouwgebied is afhankelijk van vele factoren. Naast het bodemtype en het type gewas is de hydrologische situatie een belangrijke factor. De opbrengst van een landbouwperceel wordt beoordeeld aan de hand van de ‘doelrealisatie’. De doelrealisatie is de verhouding tussen de werkelijke opbrengst en de maximaal mogelijke opbrengst. Dit betekent dat de doelrealisatie in een optimaal geval 100% bedraagt. Onder zeer ongunstige omstandigheden bedraagt de doelrealisatie 0%.

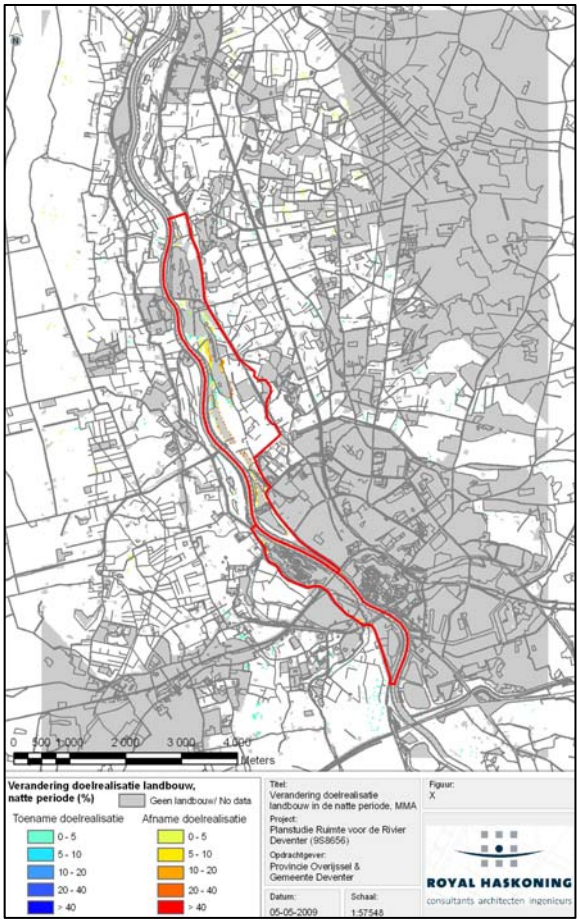
Aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden zal, tot op zekere afstand van deze ingreep, gevolgen hebben voor het hydrologische systeem. Deze gevolgen resulteren in hogere of lagere grondwaterstanden; deze gevolgen kunnen verschillend zijn voor de droge of natte periode.
Om de effecten van aanleg van nevengeulen op landbouwopbrengst te kunnen bepalen is het noodzakelijk de doelrealisatie in zowel de referentiesituatie als in de gewijzigde situatie vast te stellen. De doelrealisatie is in de praktijk een berekeningsresultaat.
Met behulp van het gehanteerde grondwatermodel zijn in eerste instantie de GHG en de GLG bepaald voor een gemiddelde hydrologische situatie. Met behulp van deze gegevens en met behulp van Waternood is vervolgens de doelrealisatie berekend in de landbouwgebieden. De doelrealisatie is zowel voor een droge als voor een natte periode bepaald. Dit komt overeen met respectievelijk GHG- en GLG omstandigheden.
Daarna zijn, voor dezelfde gemiddeld hydrologische situatie, de GHG en GLG berekent voor het alternatief. Hierna is de doelrealisatie opnieuw berekend voor een droge en een natte periode. Het verschil in doelrealisatie tussen de referentieperiode en de nieuwe situatie resulteert in een andere doelrealisatie en geeft daarmee inzicht in de mate van opbrengstverandering van de landbouw. Deze opbrengstverandering kan locatie-afhankelijk zijn.

De huidige doelrealisatie landbouw voor een natte periode is in vrijwel het gehele landbouwgebied in en rond de uiterwaarden optimaal (doelrealisatie > 90%). In een droge periode zijn in een smalle strook langs de IJssel ook landbouwgebieden te onderscheiden met een matige doelrealisatie van 60-75%.

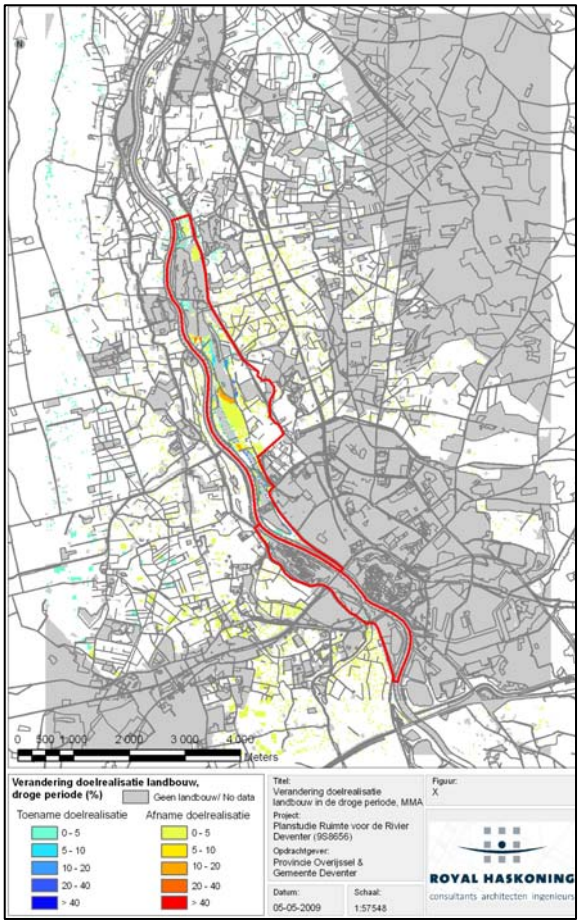
De opbrengstverandering van de landbouw als gevolg van aanleg geulen volgens het MMA is weergegeven in onderstaande twee figuren. Uit de figuren blijkt dat gedurende een natte periode nauwelijks sprake is van enig effect; als er sprake is van een effect dan is dat doorgaans een toename van de doelrealisatie tussen 0 en 5% (resultaten vergelijkbaar met die van het VKA).
In een droge periode zijn er op meer locaties effecten; deze effecten betreffen steeds een afname van de doelrealisatie van 0-5%. Circa 1 km westelijk van de IJssel wordt plaatselijk een toename van de doelrealisatie van 0-5% berekend (resultaten MMA iets gunstiger dan voor het VKA).

Opmerking: zeer kleine wijzigingen in doelrealisatie (< 0,01%) zijn blanco gehouden in de gepresenteerde figuren.
Een toename van de doelrealisatie duidt op een afname van schade; een afname van de doelrealisatie duidt op een schadetoename. In de natte periode heeft schade betrekking op ‘natschade’; in de droge periode op ‘droogteschade’.

Wijziging doelrealisatie natte periode



Wijziging doelrealisatie droge periode



4.9.1.3 Effectbeschrijving grondopslag

Er zijn twee plassen in het onderzoeksgebied aanwezig die, afhankelijk van het alternatief, geheel of gedeeltelijk worden opgevuld met uiterwaardmateriaal. Het gaat om de Bolwerksplas en de Zandweerdplas. Voor de Zandweerdplas geldt dat in de verschillende alternatieven de open verbinding met de IJssel verdwijnt.

De effecten van grondopslag zijn beschouwd met betrekking tot het risico op verontreiniging door grondwaterstroming vanuit de opslaglocaties. Daarbij is aangenomen dat het uiterwaardmateriaal een beperkte doorlatendheid heeft (maximaal 1 m/d). Verondersteld is verder dat de grondwaterstroming wordt bepaald door de gemiddelde hydrologische omstandigheden, met name de IJsselwaterstanden.

Het risico voor verplaatsing via het grondwater van de verontreinigingen wordt vooral bepaald door de hoogteligging van het terrein ten opzichte van de omgeving. Een relatief lage ligging gaat gepaard met een beperkt verspreidingsrisico en omgekeerd.

Voor het vaststellen van de effecten van de grondopslag zijn de grondwatermodelresultaten van een hydrologisch jaar (1 april 2005 tot 31 mei 2006) met ongeveer gemiddelde IJsselstanden gebruikt. Het gaat om een stationaire (tijdsonafhankelijke) berekening met dit model.

Met het grondwatermodel wordt bepaald op welk deel (%) van de grondopslaglocatie sprake is van infiltratie. Het verspreidingsrisico van de verontreiniging via het grondwater is het grootst als op de hele grondopslaglocatie sprake is van infiltratie. Als er sprake is van een kweldruk op de locatie dan is het verspreidingsrisico via het grondwater beperkt. Als grens voor infiltratie wordt 0,5 mm/dag gehanteerd.

In de huidige situatie is zowel in de Bolwerksplas als de Zandweerdplas sprake van kwel (figuur 6). Omdat in het MMA beide plassen deel gaan uitmaken van de nevengeulen neemt de kweldruk er toe (figuur 32). Het oppervlak waar toch sprake is van infiltratie is kleiner dan 1%.

4.9.1.4 Effectbeschrijving verdroging natuur

In het verleden is vastgesteld dat er een aantal buitendijkse natuurgebieden in het plangebied ligt waarin zeldzame en kwetsbare planten- en diersoorten voorkomen. Door het graven van een aantal nevengeulen langs de IJssel zullen er een aantal veranderingen optreden van de verwachte grondwaterpeilen (GHG, GLG en GVG: zie figuur 2) en op de kwelflux. De onderzoeksgebieden kenmerken zich door een sterk dynamisch milieu als gevolg van de jaarlijkse overstromingen van de IJssel. Ze bestaan grotendeels uit graslanden waar onder andere begrazing met runderen en paarden plaatsvindt. Het type vegetatie in het onderzoeksgebied wordt voornamelijk bepaald door gradiënten van de vochthuishouding (als gevolg van variatie in hoogteligging), bodemsoort, voedselrijkdom en grondgebruik (het type beheer).

Effecten op vegetatie
In het volgende wordt geen rekening gehouden met de verschillende bodemtypes in het gebied en zuurgraad van de bodem. Omdat de verschillende bodemsamenstelling aspecten zoals mineraalsamenstelling, zuurgraad en doorlaatbaarheid mede bepalend zijn voor het type vegetatie, valt niet met 100 % zekerheid te zeggen wat de effecten van de berekende veranderingen in grondwaterstanden zullen zijn op de vegetatie.

Verdrogingeffecten op natuur worden afgeleid aan de hand van de veranderingen in GHG, GVG, GLG en kweldruk/infiltratie. De GHG en GLG worden voornamelijk gebruikt in gebieden waar grondwaterfluctuaties kritisch zijn, zoals bij vennen, trilvenen en hoogveen (TNO 2006). Deze vegetatie typen worden niet in het gebied aangetroffen. De aangetroffen waardevolle vegetatietypen zoals Stroomdallandschappen (Schut & Koopmans, 2007) zijn niet kritisch afhankelijk van de GLG en GHG waarden en deze worden daarom niet meegenomen in de effectbeschrijving.

Voor de GVG waarden geldt dat deze voor verschillende vegetatietypen van belang zijn. De gehanteerde criteria staan in onderstaande tabel 2 weergegeven. In het geval van een verandering met als resultaat dat het GVG onder deze waarde zou komen, wordt het effect als negatief beschouwd omdat er dan verdroging optreedt. De GVG waarden komen na de vergravingen echter op de verschillende locaties waar deze vegetatietypen voorkomen niet onder de kritieke waarde.

Tabel 2. Maximale dieptes van GVG peil voor belangrijkste vegetatie typen (Runhaar et al, 2002)

	Maximale diepte in cm
Vochtig schraalland	- 20
Vochtig bloemrijk	- 10

Kwel is voedselarm, calciumrijk en ijzerrijk grondwater dat voor lange tijd onder de grond heeft gestroomd. Door haar eigenschappen wordt een bijzondere flora aangetroffen op plaatsen waar kwel aan het oppervlak komt. Binnen een gebied zijn kwel en overstroming zeer bepalend voor planten. Condities als zuurgraad en voedselrijkdom worden in belangrijke mate bepaald door de hoeveelheid kwel. Een eventuele toename van kwelflux wordt als een positief effect beschouwd omdat het calcium zorgt voor gunstiger Ph-condities en het ijzer zorgt dat het fosfaat in de bodem gebonden wordt. Veel zeldzame planten groeien namelijk beter op een voedselarme bodem (lage fosfaat en stikstof concentraties). De mate waarin de grondwaterstand in de zomer weggezakt is, in combinatie met de zuurgraad van de bodem, bepalend voor de mate waarin al dan niet omzetting van organisch materiaal optreedt. Deze mate van omzetting is op haar beurt van invloed op het vegetatie type. Deze relatie is echter zo indirect wat resulteert in het feit dat er geen algemeen geldende eisen te stellen zijn aan kwel of overstroming. De bodem van de uiterwaarden bestaat echter voornamelijk uit mineraal rijke klei en wordt regelmatig overstroomd met rivierwater, dus een toe- of afname van kwel (mineraal rijk water) heeft weinig effect op de vegetatie.

Voor de effectafweging met betrekking tot het graven van een nevengeul met als resultaat een verandering in kwelflux/infiltraat ratio wordt uitgegaan van een positief effect bij een toename van kwelflux en een negatief effect bij een afname (zie tabel 2).

Effecten Ontgraven
Voor de veranderingen in kwelflux en infiltratie geldt dat er op ‘het land’ niet of nauwelijks veranderingen zijn waar te nemen. Er zijn slechts zeer lokaal kleine veranderingen in kweldruk/infiltratie waar te nemen. Hieronder wordt daar per gebied op ingezoomd. Voor de verandering in kwelwater en infiltratie geldt dat er op ‘het land’ niet of nauwelijks veranderingen in kweldruk of infiltratie (variërend van -1,00 tot + 1,00) zijn waar te nemen. Er zijn slechts hele kleine gebiedjes, dus zeer lokaal, waar een minimale toe- of afname van de kweldruk te zien is. Daar komt bij dat de bodem van de uiterwaarden voornamelijk uit mineraalrijke klei bestaat en regelmatig overstroomt, dus een lichte toe- of afname in kwel (mineraal rijk voedselarm water) heeft in ieder geval niet of nauwelijks effect op de vegetatie. Er worden dan ook geen effecten verwacht op de vegetatie in de uiterwaarden. Hieronder wordt daar per gebied op ingezoomd.

Direct langs de rivier wordt een smalle band van een beperkt verminderde kwelflux aangegeven. Deze verminderde kwelflux ontstaat door een verminderde toestroom naar de rivier door de aanleg van de nevengeulen. Dit is echter niet relevant voor de effectbeoordeling.

Echter na de uiterwaardvergravingen, zal kweldruk toenemen in de bestaande wateren en nieuw gegraven nevengeulen. Dit geldt voor het gebied ten zuidoosten van de IJssel, tot en met de Ossenwaard. Ook het gebied ten westen van de IJssel, vanaf het terrein rond de jachthaven tot aan de Hengforderwaarden zal toename van kweldruk in het water ervaren. Deze toename zal echter geen effect hebben op de waterkwaliteit, omdat

er regelmatig overstromingen met rivierwater plaatsvinden. Deze toename in kweldruk heeft dan ook geen positief effect op de natuur/ de onderwatervegetatie.

Bolwerkersplas – Worp - Ossenwaard

De botanisch interessante gebieden bevinden zich voornamelijk op het dijktalud en de rivierduinen. De uiterwaarden bestaan uit hoger gelegen zandkoppen (tot circa NAP +6,50 m), afgewisseld met laagten van rivierklei (minder dan NAP -5,50 m).
De meest soortenrijke situaties bestaan uit stroomdal- en rivierbegeleidende landschappen waarin onder andere soorten als Karwijvarkenskervel, Bieslook en Goudhaver voorkomen. Omdat deze vegetatietypen op deze locaties op de wat hoger gelegen zanderige delen voorkomen, zijn ze relatief ongevoelig voor de berekende plaatselijke verlaging van de kwelflux.
Aan de oostelijke en westelijke oevers van de Bolwerkersplas wordt zeer lokaal echter een afname verwacht van de kwelflux. De afname is echter zo lokaal dat het waarschijnlijk geen negatief effect heeft op de Glanshaverhooilanden die hier liggen. Voor de GVG in dit gebied geldt dat er een lichte toename berekend wordt. Deze toename blijft echter onder de kritieke waarde en er wordt geen negatief effect verwacht. Op enkele andere locatie waar deze vegetatietypen voorkomen, onder andere aan de westelijke oever van IJsseldijk ter hoogte van de Ossenwaard, wordt een lichte afname van de kwelflux verwacht omdat het grondwater nu eerder in de geulen kwelt. Deze afname is echter zodanig klein dat er geen effect verwacht wordt. Ook worden hier zeer lokaal toenames verwacht, zodat moeilijk te voorspellen valt wat de precieze effecten zullen zijn. Daarom wordt bij de Ossenwaard uitgegaan van een neutraal effect.

Tabel 3. Globale* veranderingen in Kwelflux en GVG per locatie weergegeven; + = toename, + / - = toe- en afname, 0 = geen verandering, - afname

Locatie	GVG oud cm-mv	GVG verandering cm	Kwelflux
Hengforderwaarden	40-80	-5 tot -25	0
Randerwaard	40-120	-10 tot-25	0
Stobbenwaard	80-120	-5 tot 10	0
Keizerswaard	80-120	-5 tot 25	0
Munnikenhank	boven maaiveld	-5 tot 5	0
Jachthaven e.o.	120-160	-5 tot 5	0
Ossenwaard	-80-120	-5 tot 5	0
Worpplantsoen	120-160	5 tot 25 cm	0
Bolwerkersplas e.o.	40-80	-10 tot 5	0

Toelichting

* : In de tekst kunnen situaties beschreven worden die mogelijk niet overeenkomen met gegevens uit deze tabel. Dit is het gevolg van het feit dat in bovenstaande tabel de gebieden als een geheel worden genomen en specifieke kleine locaties niet beschouwd worden.

Jachthaven-Munnikenhank

In deze gebieden liggen geen kwetsbare Stroomdallandschappen. Aan de oostkant van de jachthaven ligt een relatief soortenrijk Aira-grasland. De kwelflux zal hier zeer lokaal afnemen. Deze afname is echter zodanig klein dat er geen effect verwacht wordt. Voor de verdere omgeving van de jachthaven geldt dat de kwelflux en GVG (-5 tot 5 cm) onveranderd blijven. Rondom de Munnikenhank worden lokaal afname's en toename's van de kwelflux berekend. Een gedeelte van de locaties waar deze verandering berekend wordt bestaat uit relatief soortenarme moerasvegetaties die ongevoelig zijn voor kwelfluxveranderingen. Er worden dus geen effecten verwacht.

Keizers- en Stobbenwaarden
Verspreid door deze gebieden liggen een aantal vegetatie typen zoals natte strooiselruigten en ruige vegetaties met veel Rietgras. Deze biotopen zijn zeer voedselrijk, onder andere als gevolg van de mineraaltoevoer van de IJssel. Het IJssel water bevat onder andere veel stikstof waardoor de bodem erg voedselrijk wordt na een overstroming. Lokaal een lichte afname van de GVG en kwelflux, maar ook lokaal een lichte toename van kwelflux in het gebied wordt verwacht in de Stobbenwaarden ter hoogte van Terwolde. Dit terrein bestaat bijna geheel uit soortenarme wisselvochtige graslanden die gewend zijn aan sterk wisselende grondwaterstanden. Veranderingen in kwelflux en GVG hebben hier geen negatief effect. Op de locaties waar de kwelflux af neemt, bedraagt de afname slechts -1 tot -2,50 mm/d en hier wordt geen negatief van verwacht.
In het niet onderzochte gedeelte van de keizers en Stobbenwaarden wordt tevens lokaal een afname van GVG en kwelflux berekend. Deze biotopen zijn echter biologisch gezien niet interessant en bestaan voornamelijk uit Beemdgras- en Raaigrasweiden.

Randerwaard en Hengforderwaarden
Langs het dijklichaam naar het Kolkje in de Hengforderwaard ligt een botanisch buitengewoon rijk stroomdallandschap. Voor deze locatie wordt een lichte afname in GVG en wisselende veranderingen van kwelflux berekend. Zeer plaatselijk neemt de kwelflux juist toe of af, zodat moeilijk te voorspellen valt wat de precieze effecten zullen zijn. Een toename van kwelflux zal voor dit biotoop geen negatief effect hebben. Soorten als Zachte haver, Peen, Kleine bevernel en Glanshaver zijn juist gebaat bij matig voedselrijke en kalkhoudende grond, omstandigheden die gecreëerd worden bij een toename van kwelflux. Een lichte afname kan plaatselijk negatief uitpakken voor de vegetatie. Daarom wordt uitgegaan van een neutraal effect.
De overige biotopen zoals de verruigde graslanden, overstrominggraslanden, Berken-Zomereikenbos en wisselvochtige graslanden ondervinden een voordeel van een toegenomen kwelflux. Die toename van kwelflux wordt echter slechts zeer lokaal berekend en de GVG waarden komen niet onder de kritieke waarde, er wordt dan ook geen significant effect verwacht.

Samenvattend
Voor het MMA wordt geen relevante veranderingen in de GLG, GHG, GVG en kwelflux verwacht. Er wordt dan ook geen effect op de natuur verwacht

Literatuur

- Runhaar, J. *et. al.* 2002: *Doelrealisatie Natuur.* Rapportnummer 2002-26, (STOWA)

- TNO, 2006; *Het monitoren van verdroging van natuurgebieden.* TNO Bouw en Ondergrond, *Geological Survey of the Netherlands*

- Schut, J. & M. Koopmans, 2007: *Beschermde en bijzondere flora en fauna in de Deventer Koplopers. Veldonderzoek naar flora en fauna ten behoeve van Deventer Koplopers .* A & W- rapport 1012. Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek, Veenwouden

4.9.1.5 Effectbeschrijving bodem- en grondverontreinigingen

Bekend is dat de bodem in de stadskern van Deventer en in de uiterwaarden lokaal verontreinigd is. Omdat de IJssel ter plaatse een drainerende werking heeft, zullen deze verontreinigingen zich langzaam door de ondergrond richting de IJssel verplaatsen. Door het graven van de nevengeulen zal dit effect nog sterker optreden doordat de weerstand voor afstroming wordt verkleind. Er wordt dan ook geen wezenlijke toename verwacht van de bedreiging die van deze verontreinigingen uitgaat.

4.9.2 1/25 jaar hoogwater situatie

In principe kunnen de maatregelen in de uiterwaarden leiden tot een stijging van de grondwaterstanden, ook buiten de uiterwaarden. Dit zou kunnen zorgen voor grondwateroverlast in bebouwd gebied. Het gaat dan om bijvoorbeeld natte kelders bij hoogwater. In deze paragraaf wordt onderzocht of de maatregelen in de uiterwaarden zouden kunnen leiden tot een toename van de wateroverlast in bebouwd gebied.
Wateroverlast bij bebouwing speelt vooral een rol bij hoge IJsselstanden. Om deze reden is de eventuele toename van de wateroverlast door de maatregelen in de uiterwaarden onderzocht in een jaar met extreem hoge IJsselstanden. Daaronder worden IJsselstanden verstaan die slechts ééns in de 25 jaar worden overschreden. In het onderzoek is hiervoor het jaar 1993 gehanteerd. In Deventer werd eind december 1993 een extreem hoge IJsselstand genoteerd van bijna NAP +7 m.
Uitdrukkelijk wordt gesteld dat niet de eventuele huidige wateroverlast bij bebouwing wordt onderzocht, maar alleen de eventuele toename van de wateroverlast.

4.9.2.1 Wijziging geohydrologische situatie

Figuur 33 toont de berekende verandering van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in een 1/25 nat jaar. Bij vergelijking met figuur 27 (de verandering GHG in een gemiddeld jaar) blijkt dat de effecten van de maatregelen in het MMA op de grondwaterstanden in een situatie met extreem hoge grondwaterstanden niet overal het zelfde zijn als in een gemiddelde hoogwatersituatie. Buiten het zoekgebied zijn echter zowel in een extreem- als in een ‘normaal’ jaar de effecten op de GHG beperkt (doorgaans minder dan 10 cm verandering).

4.9.2.2 Effectbeschrijving grondwateroverlast bebouwing

Bij de effectbepaling is als uitgangspunt gehanteerd dat er sprake kan zijn van een toename van de wateroverlast bij bebouwing als de berekende gemiddeld hoogste grondwaterstand (de GHG) in 1993 door de maatregelen 25 cm of meer wordt verhoogd. Dit wordt als een ‘robuuste’ berekende verhoging van de grondwaterstand gezien, dat wil zeggen passend bij de berekeningsnauwkeurigheid van het grondwatermodel. Daarbij wordt alléén die bebouwing beschouwd waarbij de berekende GHG in 1993 in de referentie berekening ondieper is dan 70 cm -mv.

Uit figuur 27 blijkt dat door de maatregelen de berekende GHG zowel wordt verlaagd als verhoogd. Plaatselijk wordt een verhoging van de GHG berekend. Deze locaties zijn echter onbebouwd of de verhoging van de GHG is minder dan 25 cm.

Samenvattend wordt gesteld dat er geen objecten zijn waar een toename van de wateroverlast mag worden verwacht.

4.9.3 1/25 jaar laagwater situatie

Zettingen van de ondergrond kunnen optreden als er de grondwaterstanden worden verlaagd en er lokaal samendrukbare grond aanwezig is (klei/veen). Door zettingen kan in principe schade aan bebouwing ontstaan doordat de ondergrond niet gelijkmatig zakt.

Zettingen ontstaan vooral bij extreem lage grondwaterstanden. Voor de bepaling van de toename van het risico op zetting door de maatregelen is daarom uitgegaan van een jaar met extreem lage waterstanden. Daaronder worden IJsselstanden verstaan die slechts ééns in de 25 jaar nóg lager zijn. In het onderzoek is hiervoor het jaar 1971 gehanteerd. In Deventer werd half november 1971 een extreem lage IJsselstand genoteerd van ongeveer NAP +1,30 m.

4.9.3.1 Wijziging geohydrologische situatie

Door de maatregelen in het MMA ontstaan ook bij extreem lage waterstanden van de IJssel doorgaans een verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Figuur 34 toont de berekende verlaging van de GLG in dit jaar (1971). Bij vergelijking van het effect in een gemiddeld jaar (figuur 29) blijkt dat het effect in een jaar met extreem lage waterstanden iets beperkter zijn.

4.9.3.2 Effectbeschrijving zetting bebouwing

Bij de effectbepaling is als uitgangspunt gehanteerd dat er sprake kan zijn van een toename van het risico op zettingen als de berekende gemiddeld laagste grondwaterstand (de GLG) van 1971 door de maatregelen 25 cm of meer wordt verlaagd. Dit wordt als een ‘robuuste’ berekende verlaging van de grondwaterstand gezien, dat wil zeggen passend bij de berekeningsnauwkeurigheid van het grondwatermodel.

De kaart met de 25 cm verlagingslijn is gecombineerd met de top10-vectorkaart met de bebouwing en de resultaten van het onderzoek naar de dikte van de Holocene IJsselklei in het onderzoeksgebied. Bij een dikte van de samendrukbare laag groter dan 1 m is gesteld dat er mogelijk zettingen optreden bij een berekende verlaging van de GLG van 25 cm of meer.

Figuur 35 toont het resultaat van de hierboven beschreven werkwijze in het MMA. Uit deze figuur wordt afgeleid dat in het MMA bij geen enkel bebouwingsobject sprake is van een toename van het zettingsrisico. Voor wat betreft de dijk wordt opgemerkt dat de verandering van de GLG zeer beperkt is ter plekke van het dijklichaam. Dit betekent dat er plekke van de dijk geen zetting wordt verwacht.

4.10 Aanbevelingen

Het verdient aanbeveling om, voordat aangevangen wordt met het graven van de geulen, een grondwaterstandsmeetnet aan te brengen. Hierbij kan de ongestoorde situatie (nulsituatie) worden vastgelegd. In een latere fase kan worden nagegaan hoe de grondwaterstand zich gedraagt in de beïnvloede situatie (met nevengeul).

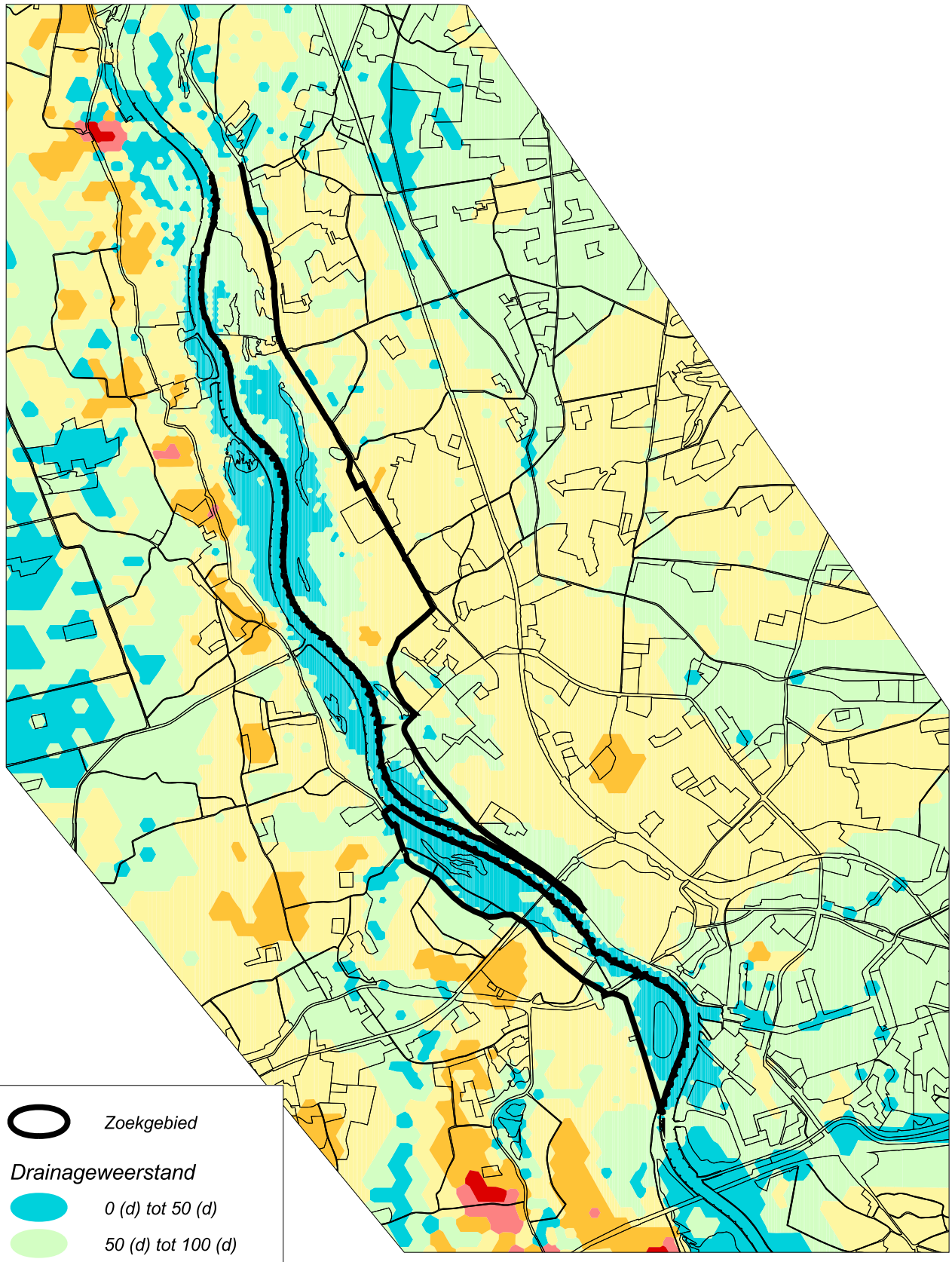
A COMPANY OF

ROYAL HASKONING

Bijlage 1
Kaarten met geohydrologische gegevens

FIGURENLIJST

B1: Drainageweerstand
B2: Dikte Holocene IJsselklei in het zoekgebied
B3: Hydraulische weerstand Holocene IJsselklei
B4: Doorlaatvermogen eerste watervoerend pakket
B5: Doorlaatvermogen tweede watervoerend pakket
B6: Hydraulische weerstand tweede scheidende laag (Eemklei)
B7: Doorlaatvermogen derde watervoerende pakket
B8: IJkresultaat (freatisch)
B9: IJkresultaat tweede en derde watervoerend pakket
1: Worst case, gemiddeld jaar, maximaal effect op GLG
2: Worst case, gemiddeld jaar, maximaal effect op GHG
3: Worst case, gemiddeld jaar, maximaal effect op kwel en infiltratie
4: Referentiesituatie, gemiddeld jaar, GHG
5: Referentiesituatie, gemiddeld jaar, GLG,
6: Referentiesituatie, gemiddeld jaar, kwel en infiltratie
7: Referentiesituatie, 1/25 hoogwater jaar, GHG
8: Referentiesituatie, 1/25 laagwater jaar, GLG
9: Alternatief A, gemiddeld jaar, verandering GHG
10: Alternatief A, gemiddeld jaar, verandering GLG
10B: Alternatief A, gemiddeld jaar, verandering GVG
11: Alternatief A, gemiddeld jaar, verandering kwel en infiltratie
12: Alternatief A, nat jaar, verandering GHG
13: Alternatief A, droog jaar, verandering GLG
14: Alternatief A, droog jaar, bebouwing in gebied waar verlaging GLG > 25 cm
15: VKA, gemiddeld jaar, GHG
16: VKA, gemiddeld jaar, verandering GHG
17: VKA, gemiddeld jaar, GLG
18: VKA, gemiddeld jaar, verandering GLG
19: VKA, gemiddeld jaar, GVG
20: VKA, gemiddeld jaar, verandering GVG
21: VKA, gemiddeld jaar, verandering kwel en infiltratie
22: VKA, nat jaar, verandering GHG
22b: VKA, nat jaar, verandering gemiddelde grondwaterstand
23: VKA, droog jaar, verandering GLG
23b: VKA, droog jaar, verandering gemiddelde grondwaterstand
24: VKA, droog jaar, bebouwing in gebied waar verlaging GLG > 25 cm
25: VKA, gemiddeld jaar, verandering gemiddelde grondwaterstand
26: MMA, gemiddeld jaar, GHG
27: MMA, gemiddeld jaar, verandering GHG
28: MMA, gemiddeld jaar, GLG
29: MMA, gemiddeld jaar, verandering GLG
30: MMA, gemiddeld jaar, GVG
31: MMA, gemiddeld jaar, verandering GVG
32: MMA, gemiddeld jaar, verandering kwel en infiltratie
33: MMA, nat jaar, verandering GHG
33b: MMA, nat jaar, verandering gemiddelde grondwaterstand
34: MMA, droog jaar, verandering GLG
34b: MMA, droog jaar, verandering gemiddelde grondwaterstand
35: MMA, droog jaar, bebouwing in gebied waar verlaging GLG > 25 cm
36: MMA, gemiddeld jaar, verandering gemiddelde grondwaterstand



Titel:
Drainageweerstand

Datum:
26-10-2007

Schaal:
1:50000

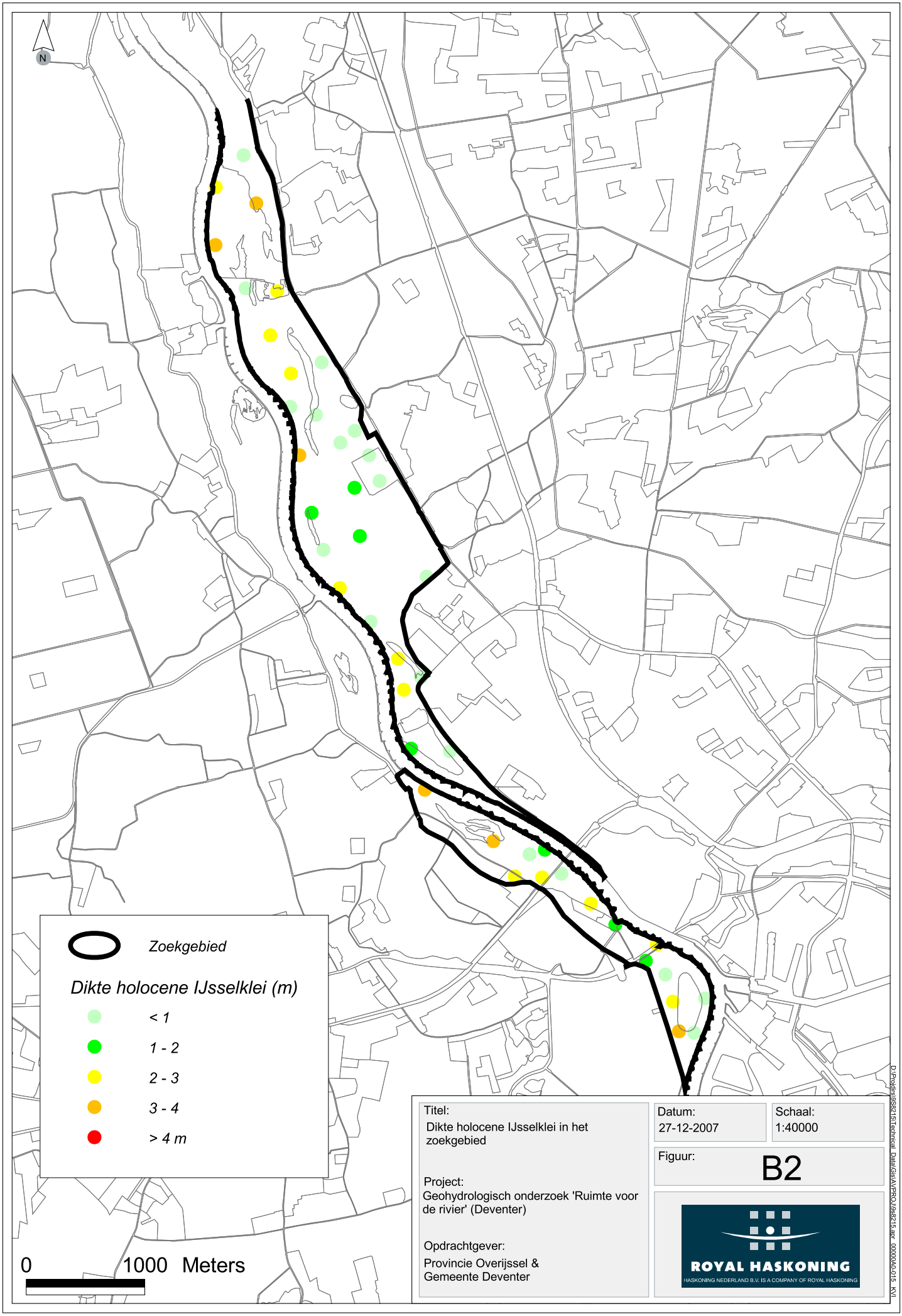
Figuur:
B1

Project:
Geohydrologisch onderzoek
'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S9215\Technisch_Data\GIS\AVPROJ\9s9215.apr 00000A0J13 KVV



Titel:
Dikte holocene IJsselklei in het zoekgebied

Datum:
27-12-2007

Schaal:
1:40000

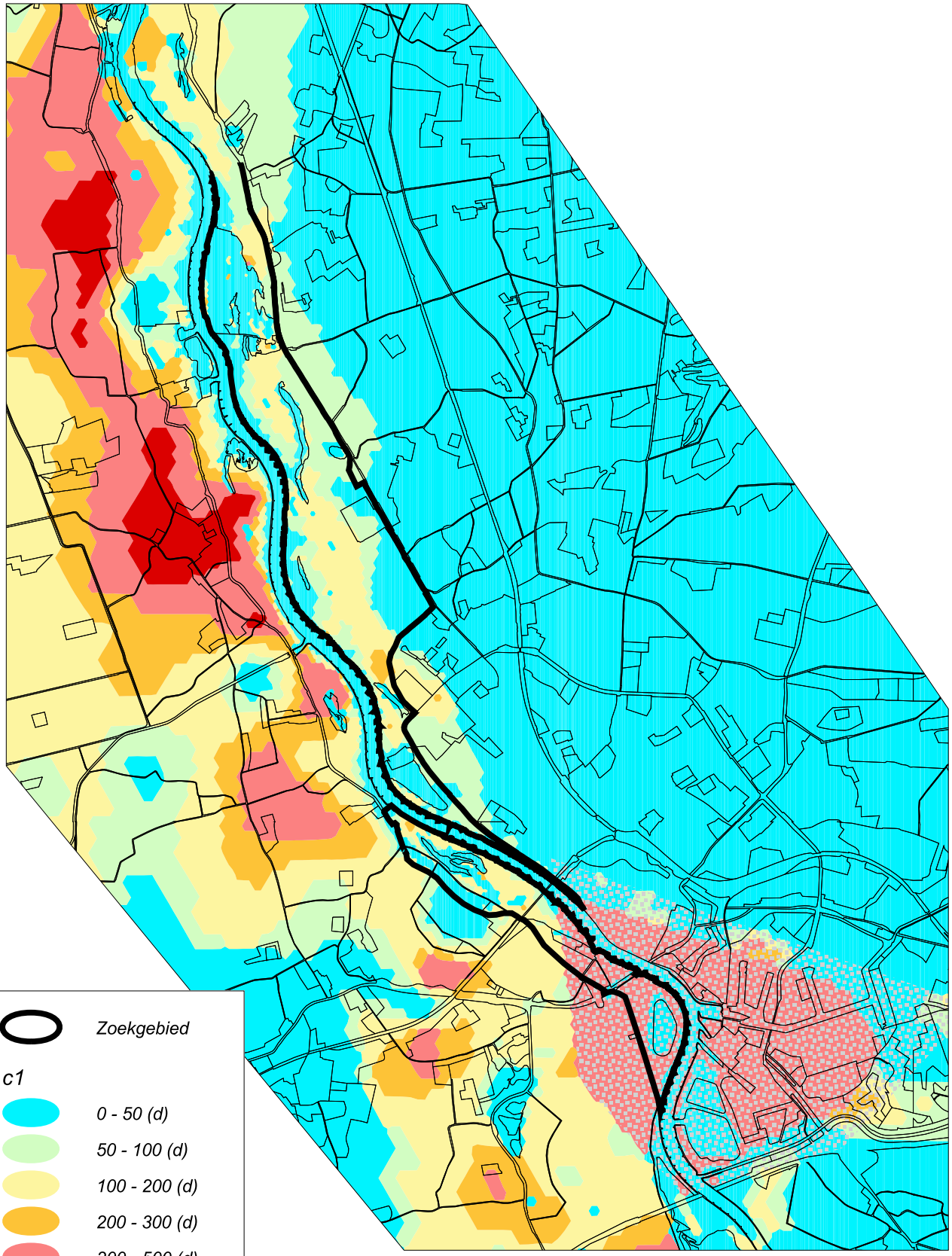
Figuur:
B2

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdfs\9582151\Technical_Data\GIs\AVPROJ\9582151.apr 00000AD015 KVV



Titel:
Hydraulische weerstand holocende IJsselklei

Datum:
26-10-2007

Schaal:
1:50000

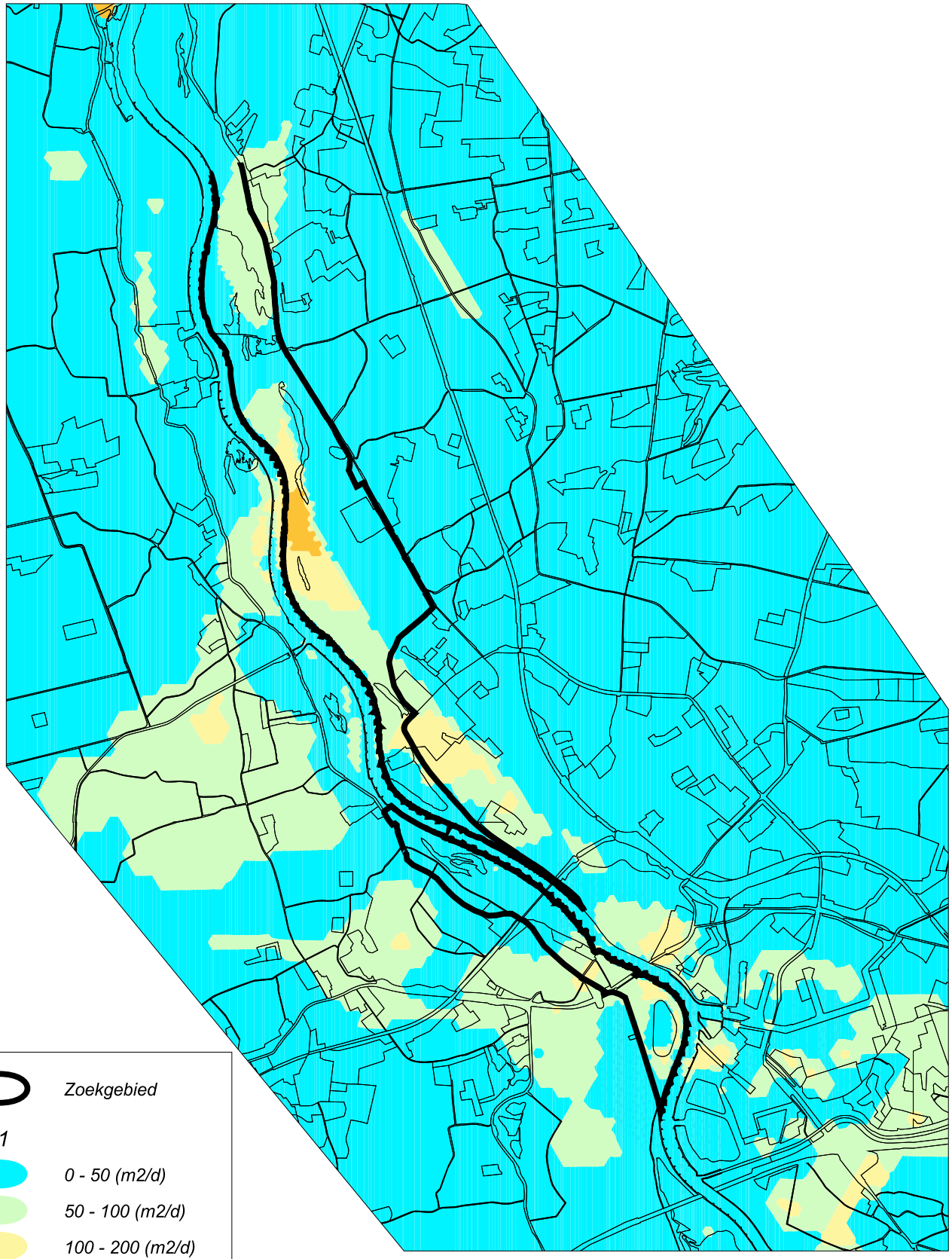
Figuur:
B3

Project:
Geohydrologisch onderzoek
'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S9215\Technical_Data\GIS\AVPROJ\9s9215.apr 00000AO-012 KVI



Titel:
TX1: doorlaatvermogen eerste watervoerende pakket

Datum:
27-12-2007

Schaal:
1:50000

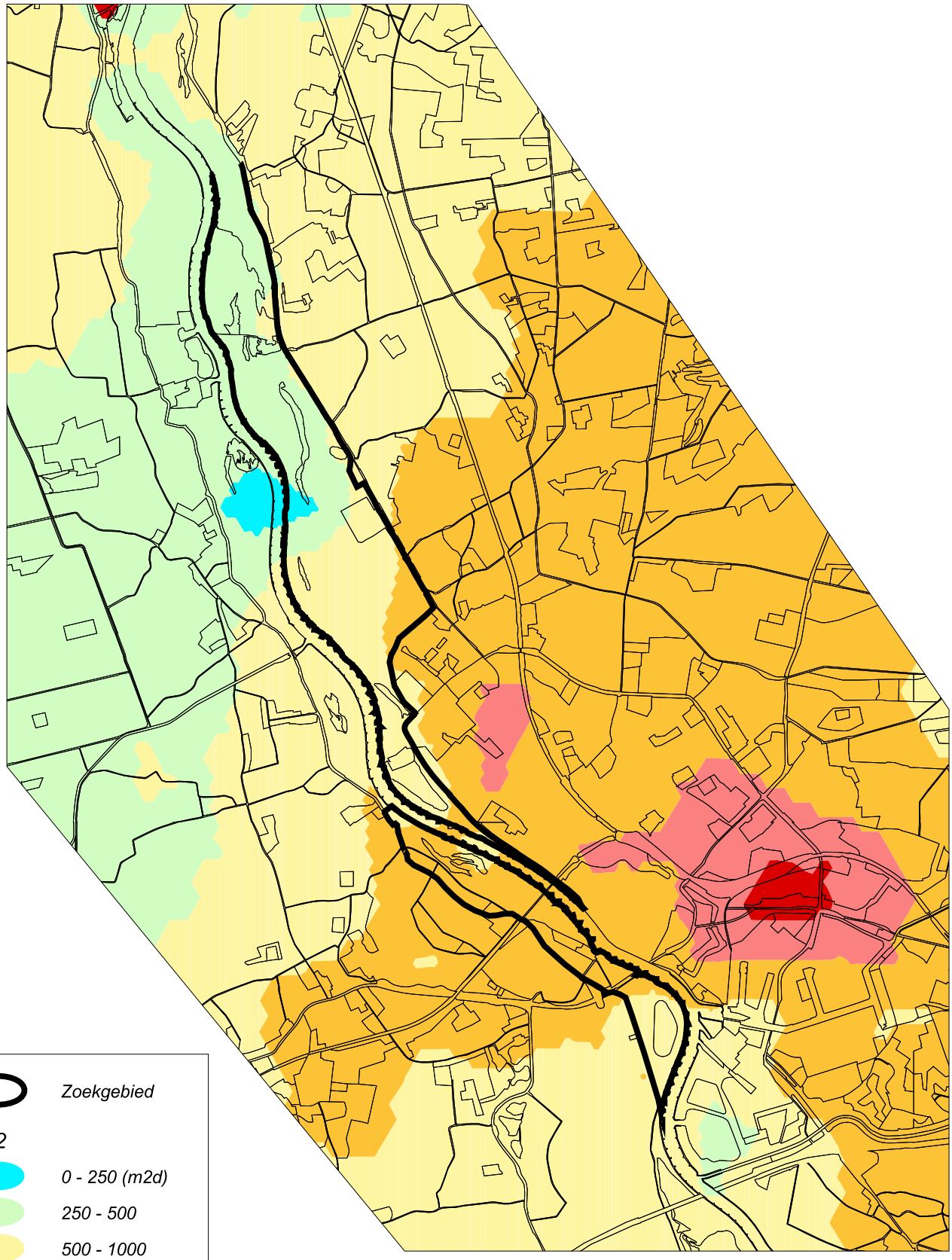
Figuur:
B4

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

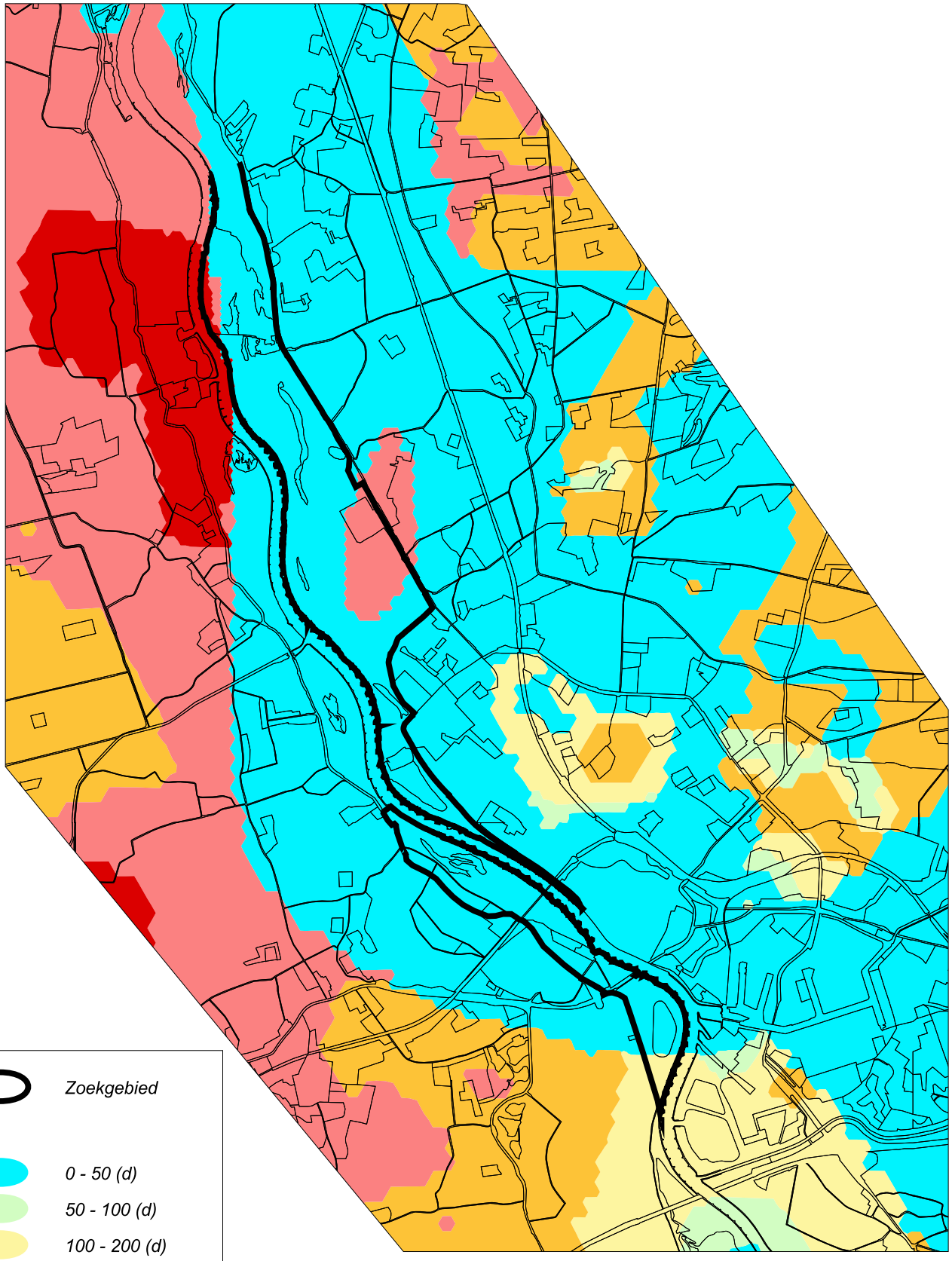
ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9832151\Technical Data\GIs\AVPROJ\9832151.apr 00000AD-016 KVV



Titel: TX2: doorlaatvermogen tweede water-voerende pakket	Datum: 27-12-2007	Schaal: 1:50000
Project: Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)	Figuur: B5	
Opdrachtgever: Provincie Overijssel & Gemeente Deventer	ROYAL HASKONING HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING	

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-017 KVI



Titel:
c2: Hydraulische weerstand tweede scheidende laag (Eemklei)

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

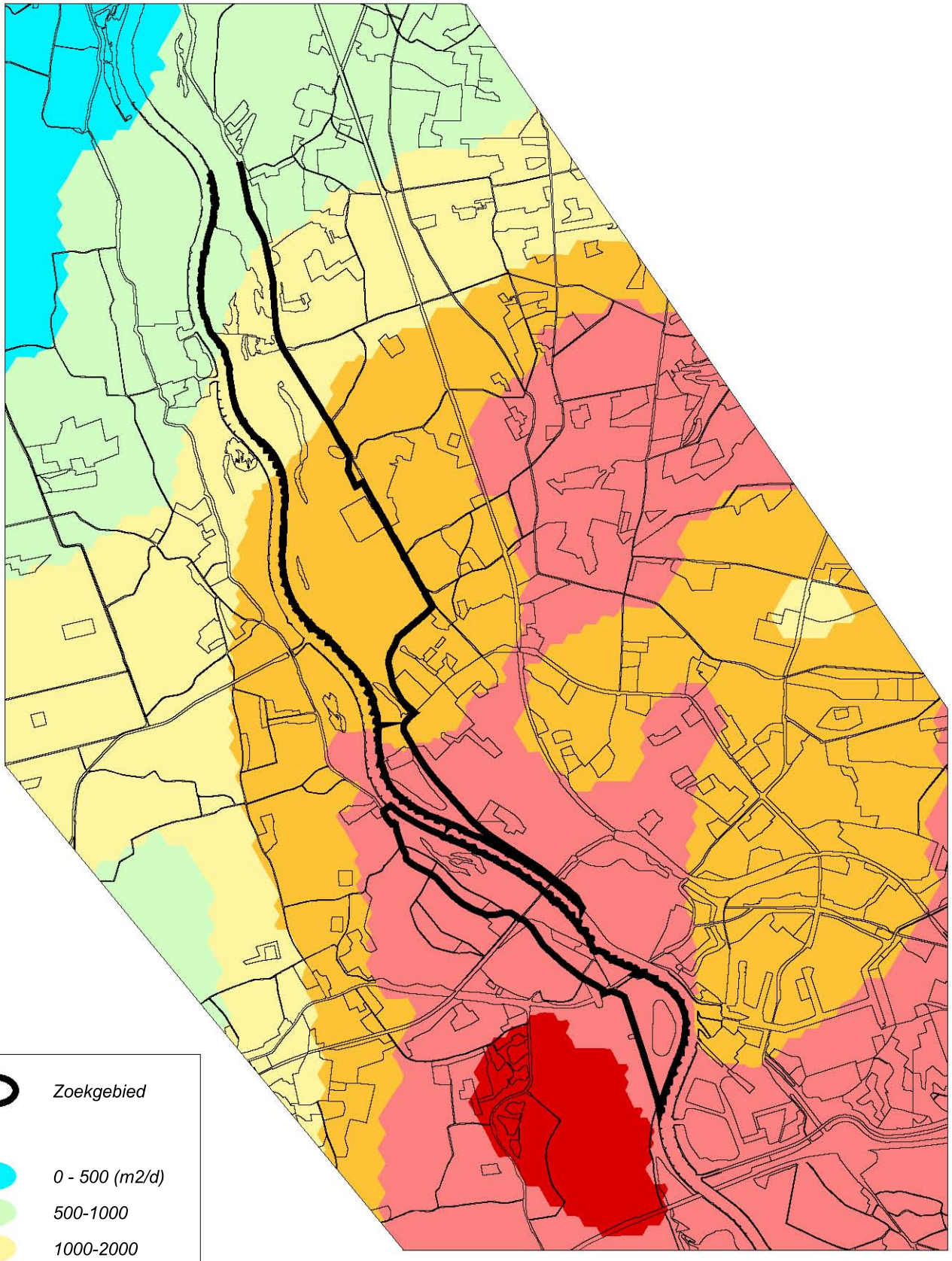
Datum:
27-12-2007

Schaal:
1:50000

Figuur:
B6

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9832151\Technical Data\GIs\AVPROJ\9832151.apr 00000AD018 KVV



Titel:
TX3: doorlaatvermogen derde water-voerende pakket

Datum:
27-12-2007

Schaal:
1:50000

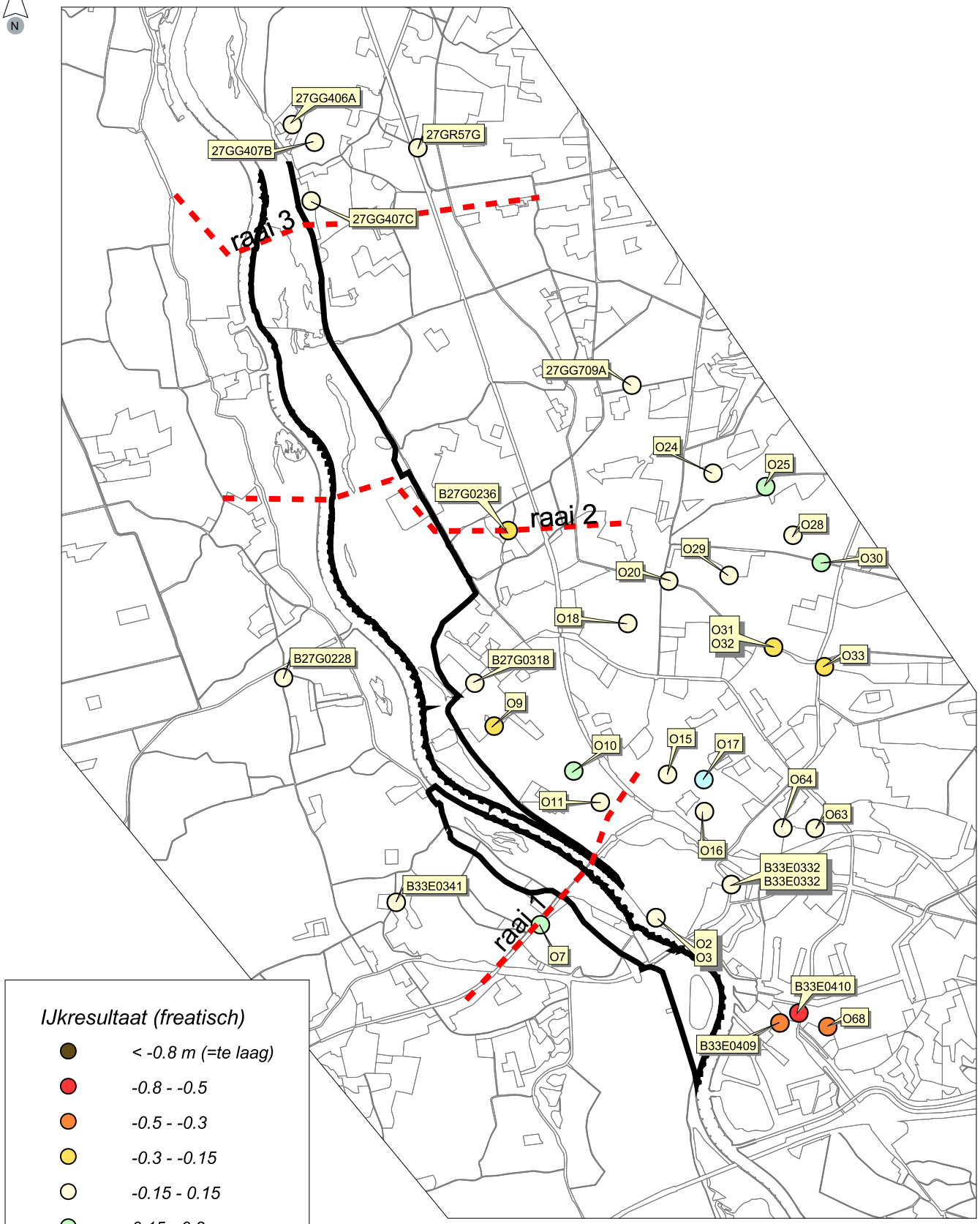
Figuur:
B7

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9382\15\Technical_Data\GisAV\PRO\9382151.apr 00000A0-019 KVI



IJkresultaat (freatisch)

- *< -0.8 m (=te laag)*
- *-0.8 - -0.5*
- *-0.5 - -0.3*
- *-0.3 - -0.15*
- *-0.15 - 0.15*
- *0.15 - 0.3*
- *0.3 - 0.5*
- *0.5 - 0.8*
- *> 0.8 m (=te hoog)*

0 1000 Meters

Titel:
IJkresultaat (freatisch)

Project:
Geohydrologisch onderzoek
'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel
& Gemeente Deventer

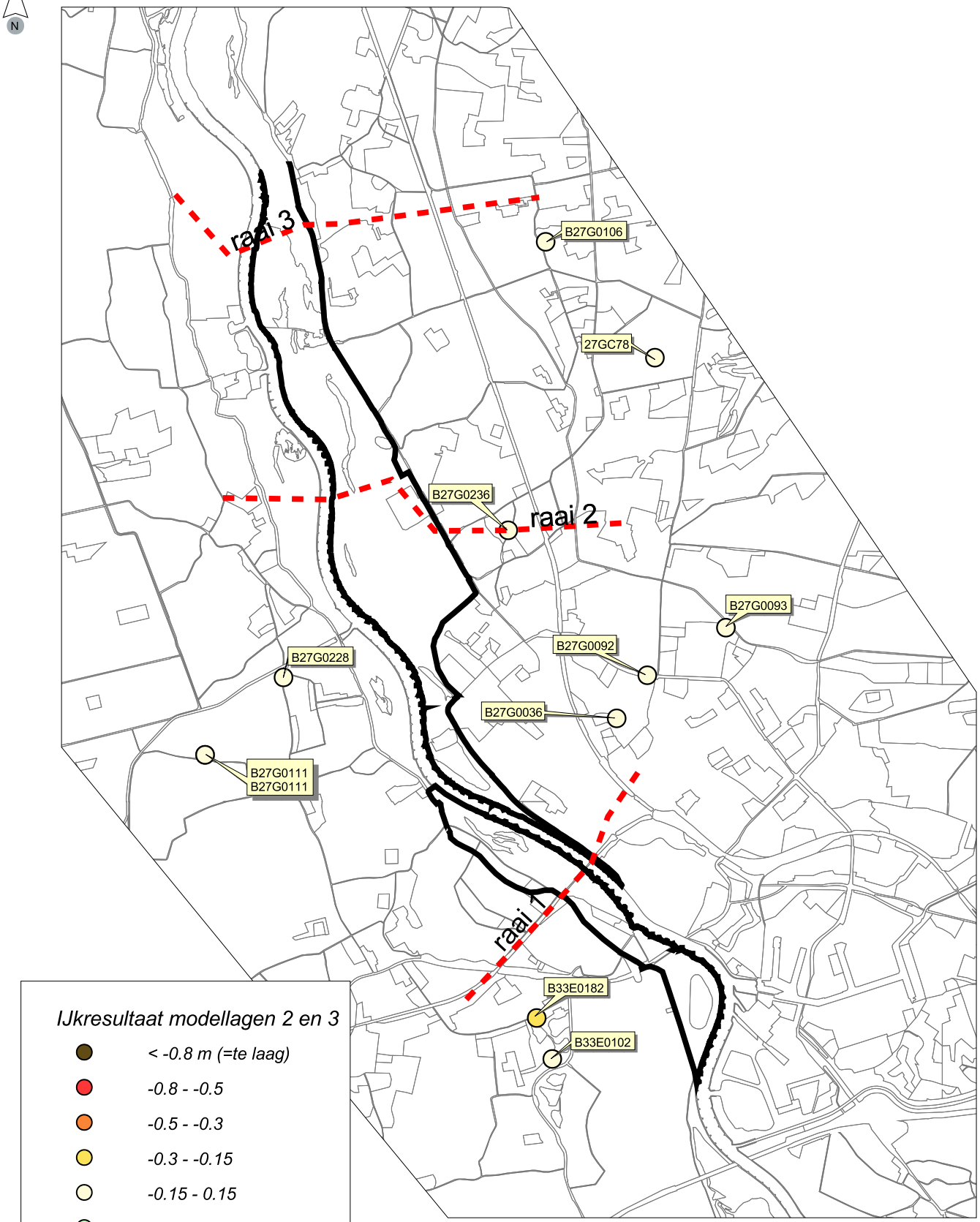
Datum: 25-10-2007

Schaal: 1:50000

Figuur: B8

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical_Data\GIS\MXD\9s8215.apr 000000A0-010 KVI



IJkresultaat modellagen 2 en 3

- < -0.8 m (=te laag)
- -0.8 - -0.5
- -0.5 - -0.3
- -0.3 - -0.15
- -0.15 - 0.15
- 0.15 - 0.3
- 0.3 - 0.5
- 0.5 - 0.8
- > 0.8 m (=te hoog)

0 1000 Meters

Titel:
IJkresultaat watervoerende pakketten 2 en 3

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

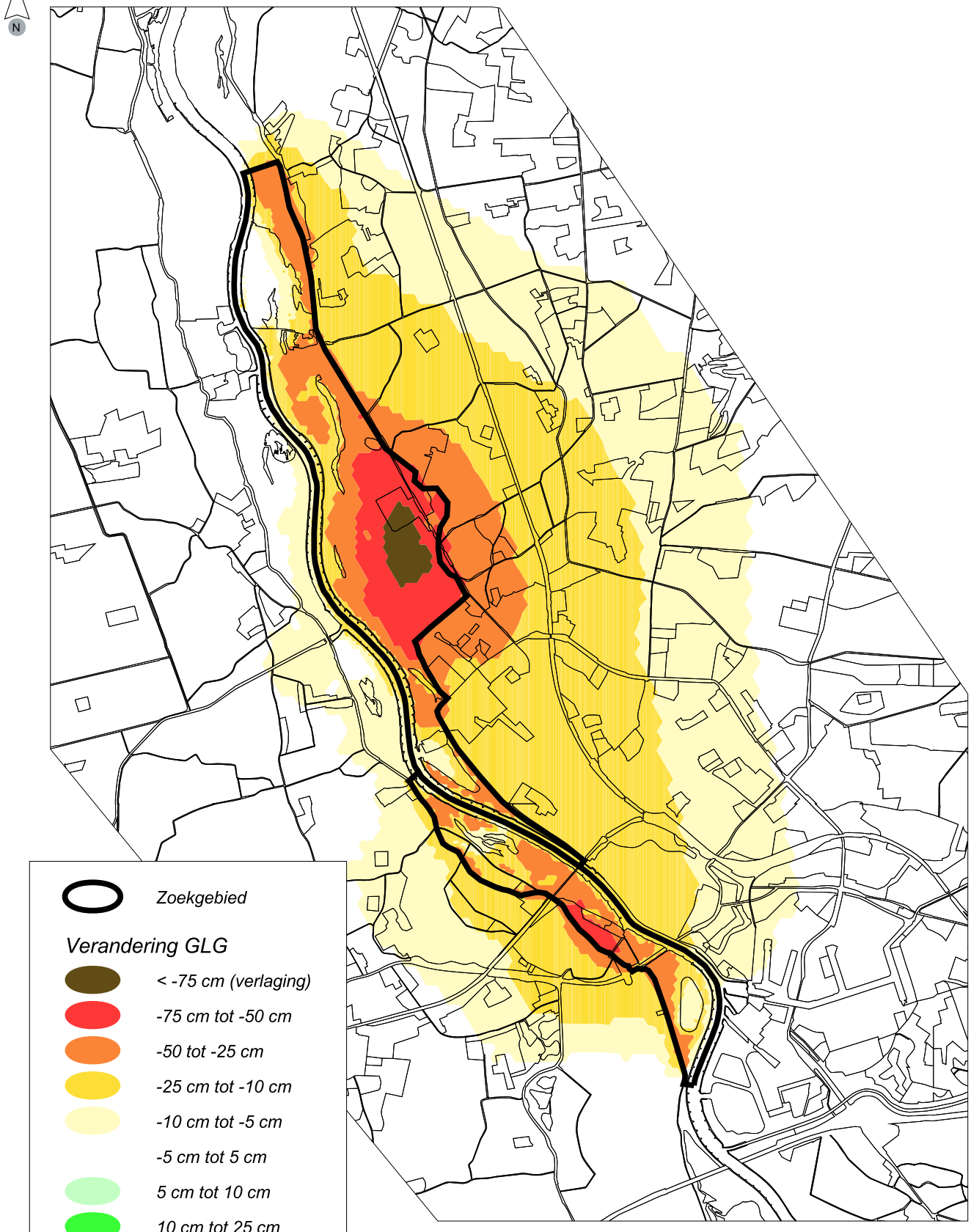
Datum: 25-10-2007

Schaal: 1:50000

Figuur: B9

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical_Data\GIS\MXD\9s8215.apr 00000AC0-011 KVI



Titel:
Maximaal effect op GLG van aanleg ne-vengeulen in het zoekgebied

Datum:
18-10-2007

Schaal:
1:50000

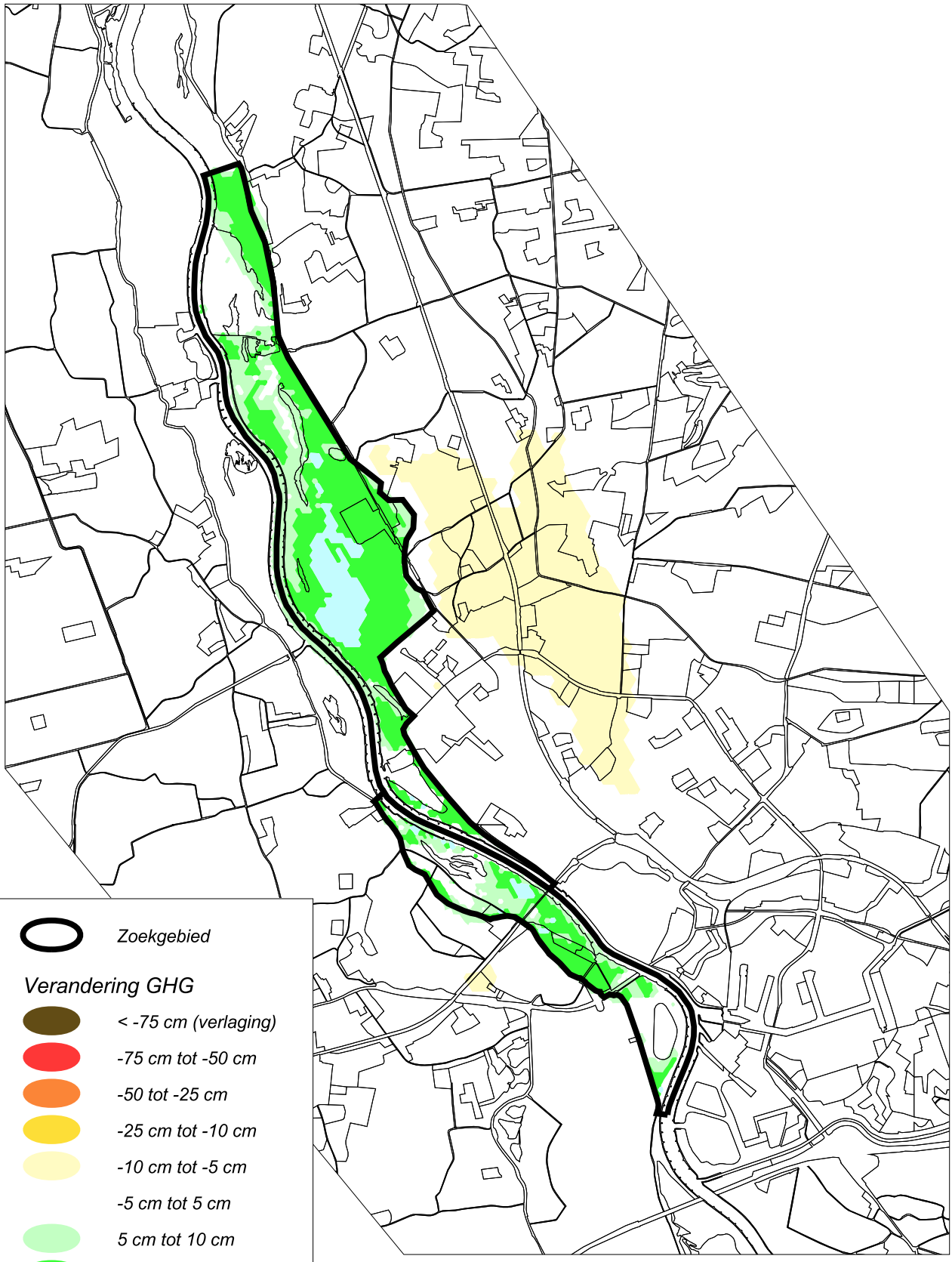
Figuur:
1

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical_Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 00000AD000 KVV



Titel:
Maximaal effect op GHG van aanleg nevengeulen in het zoekgebied

Datum:
18-10-2007

Schaal:
1:50000

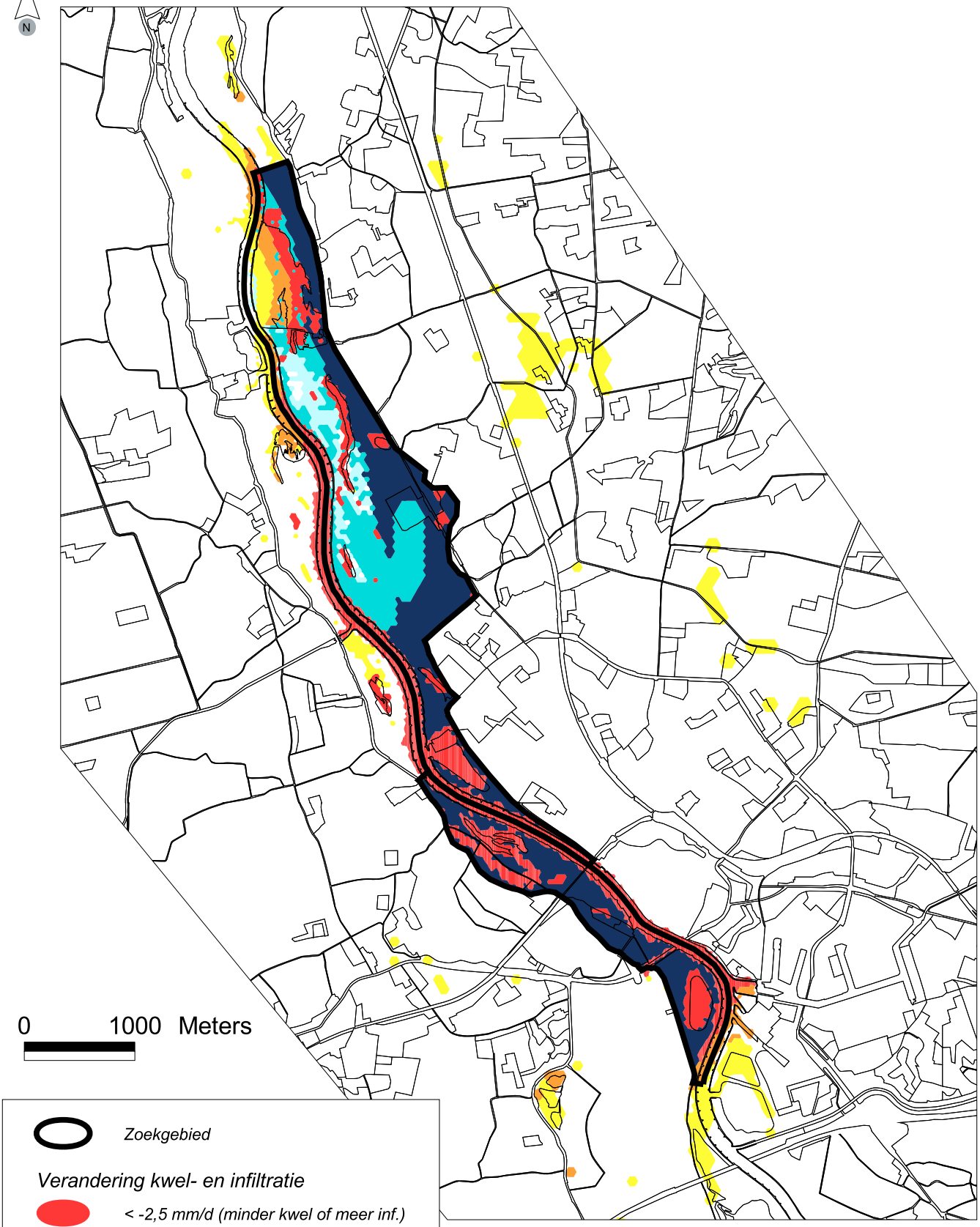
Figuur:
2

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000IAD.002 KJV



Zoekgebied

Verandering kwel- en infiltratie

- *< -2,5 mm/d (minder kwel of meer inf.)*
- *-2,5 tot -1.0 mm/d*
- *-1,0 tot -0,25 mm/d*
- *-0,25 tot 0,25 mm/d*
- *0,25 tot 1,0 mm/d*
- *1,0 tot 2,5 mm/d*
- *> 2,5 mm/d (meer kwel of minder inf.)*

Titel:
Maximaal effect op kwel en infiltratie van aanleg nevengeulen in het plan-gebied

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

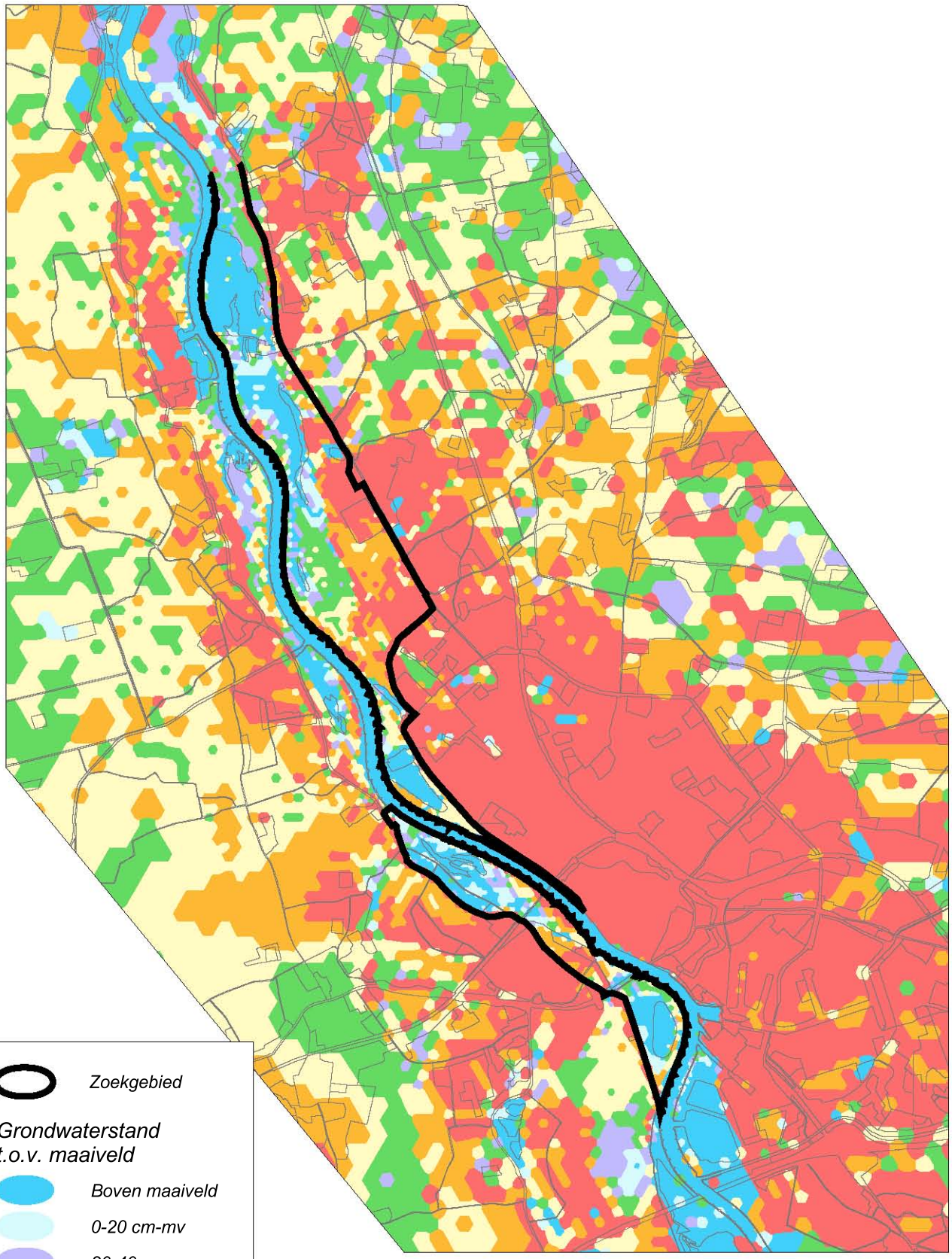
Datum: 18-10-2007

Schaal: 1:50000

Figuur: 3

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000DAD.003 KVV



Titel:
Ref. situatie (gem. jaar): GHG

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:50000

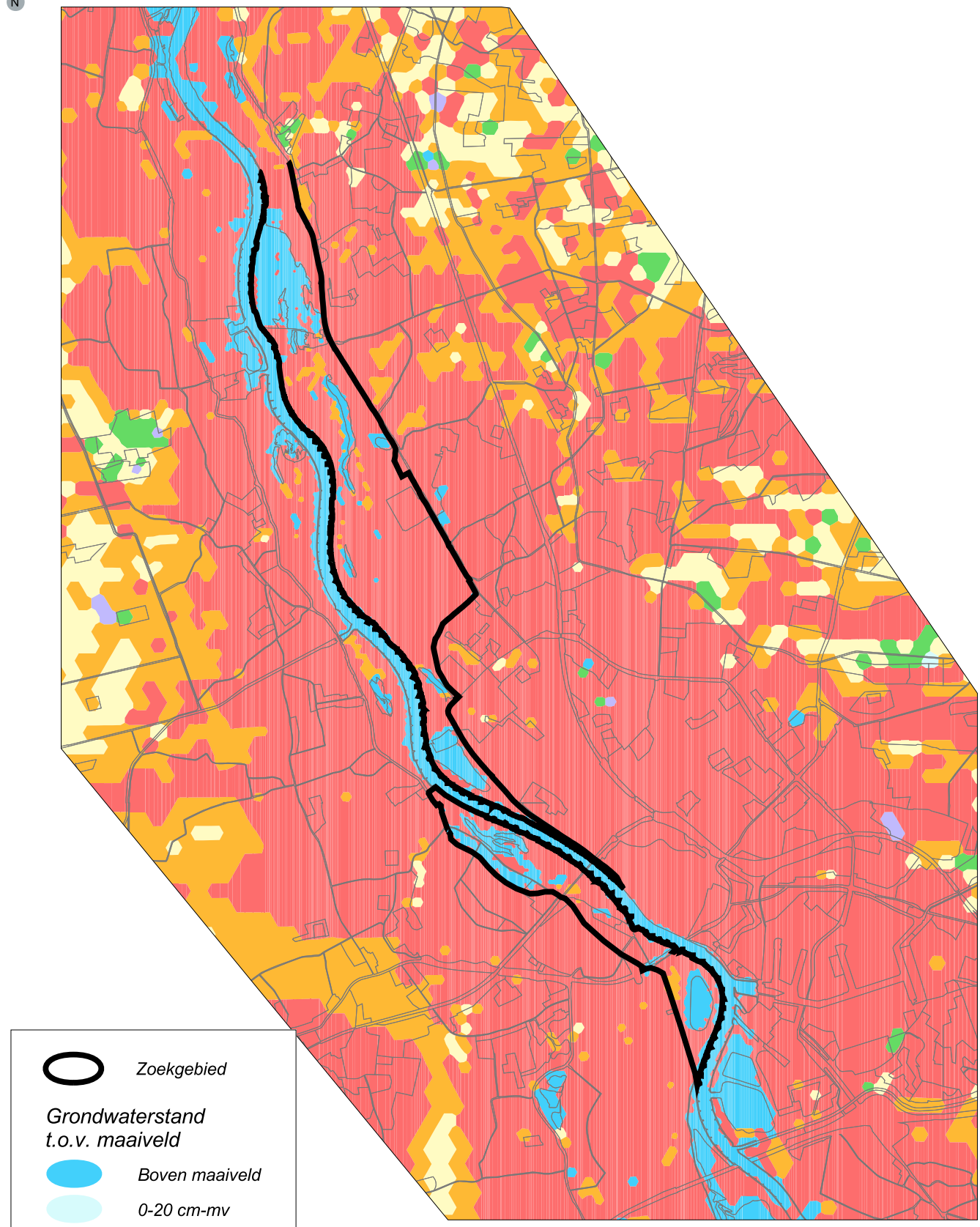
Figuur:
4

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9382\15\Technical_Data\GisAVPRO\9382151.apr 00000A0-027 KVI



Titel:
Ref. situatie (gem. jaar): GLG

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:50000

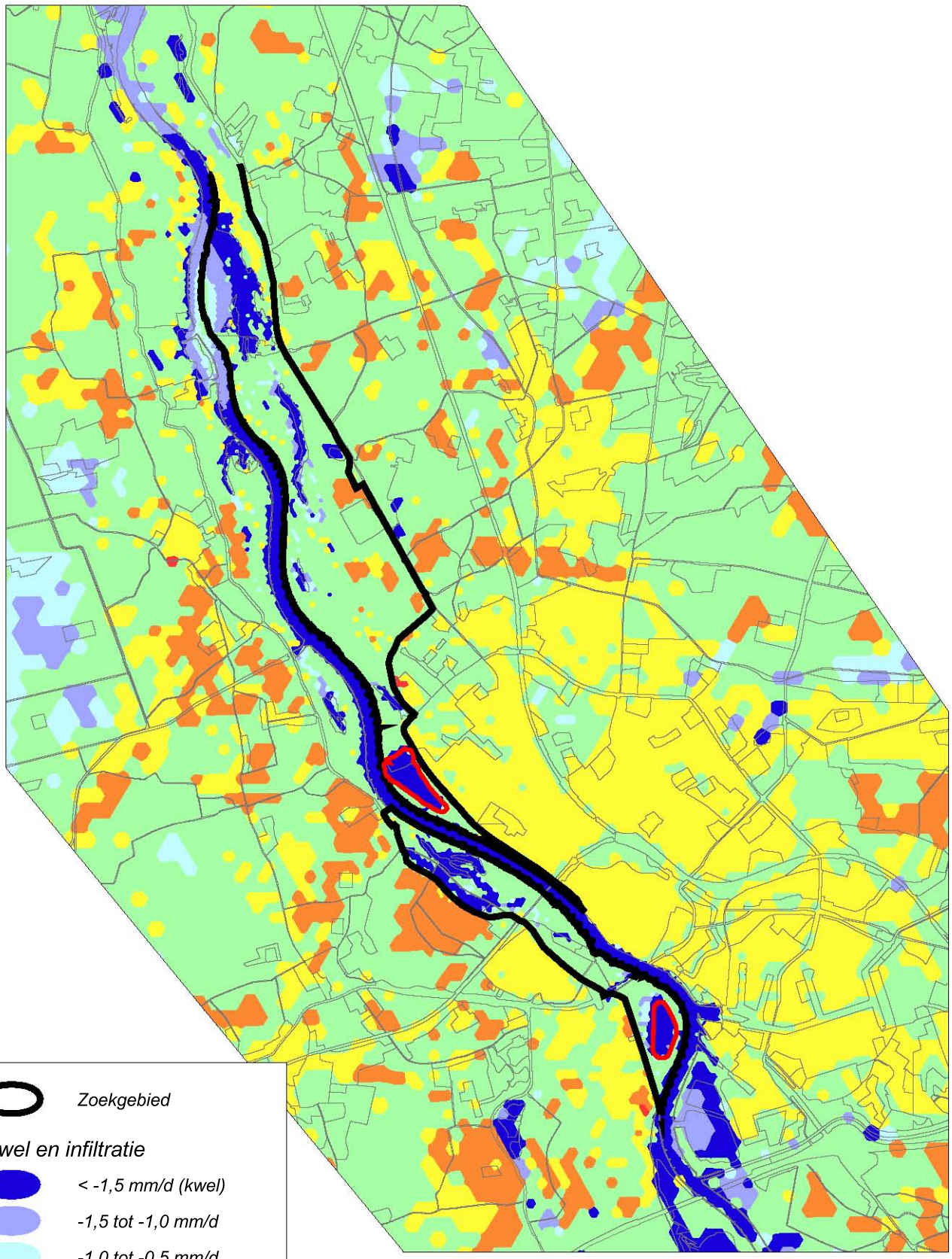
Figuur:
5

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-028 KVI



Titel:
Ref. situatie (gem. jaar): kwel en infiltratie

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:50000

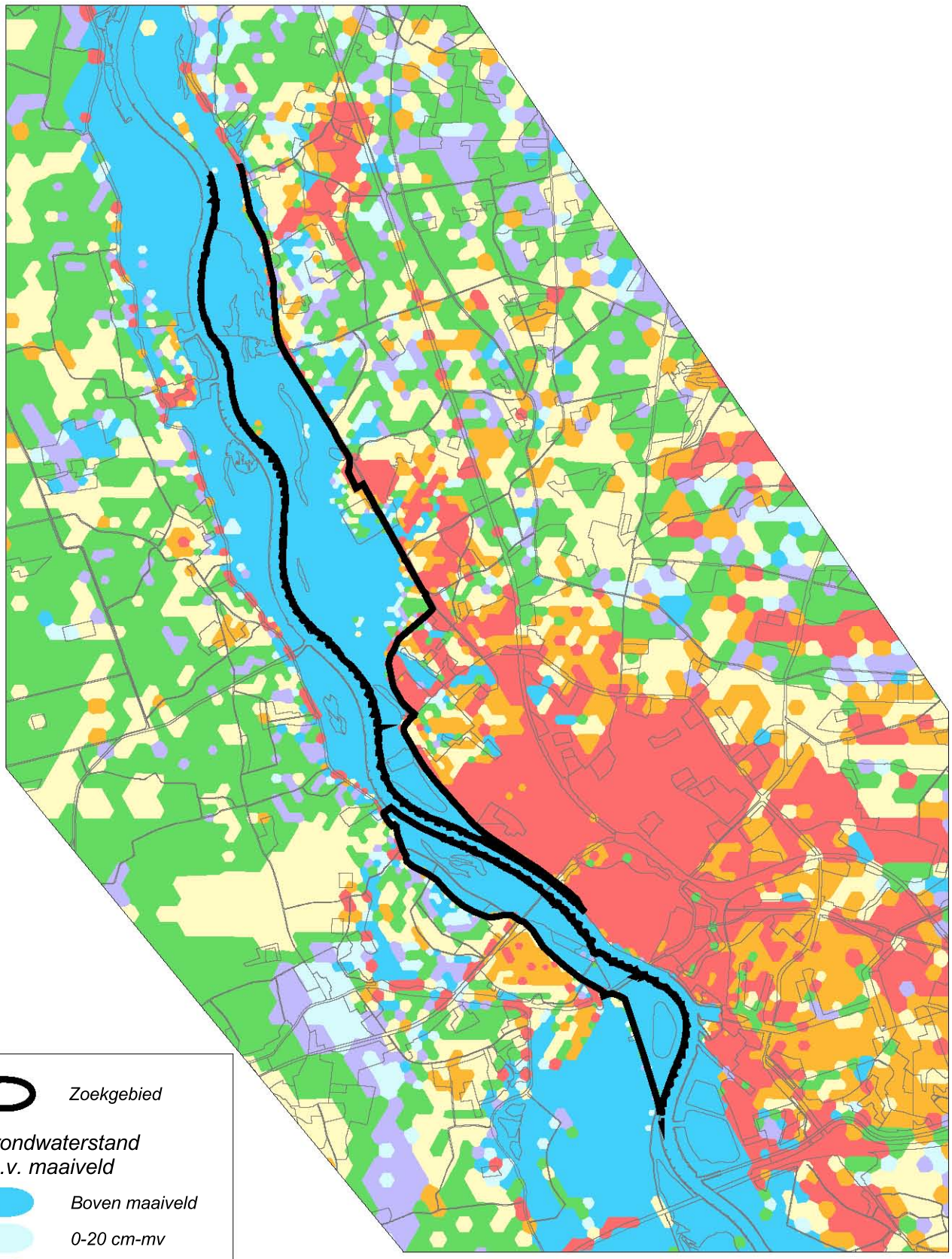
Figuur:
6

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9382\15\Technical_Data\GisAVPRO\9882215.apr 00000A0-030 KVI



Titel:
Ref. situatie (1/25 hoogwater jaar): GHG

Datum:
14-04-2008

Schaal:
1:50000

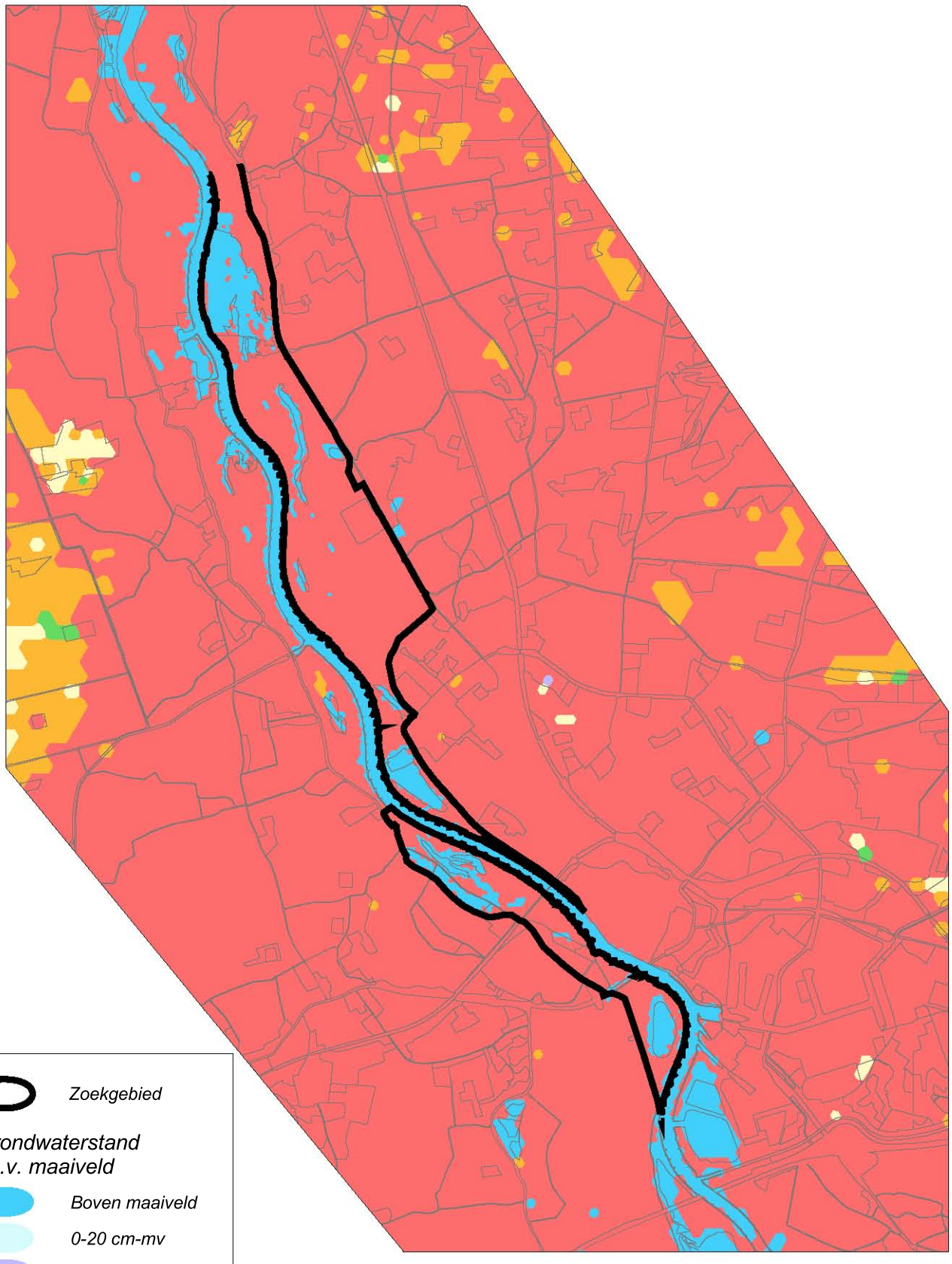
Figuur:
7

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9382\15\Technical_Data\GisAVPRO\9882\15.apr 00000A0-005 KVI



Titel:
Ref. situatie (1/25 laagwater jaar): GLG

Datum:
14-04-2008

Schaal:
1:50000

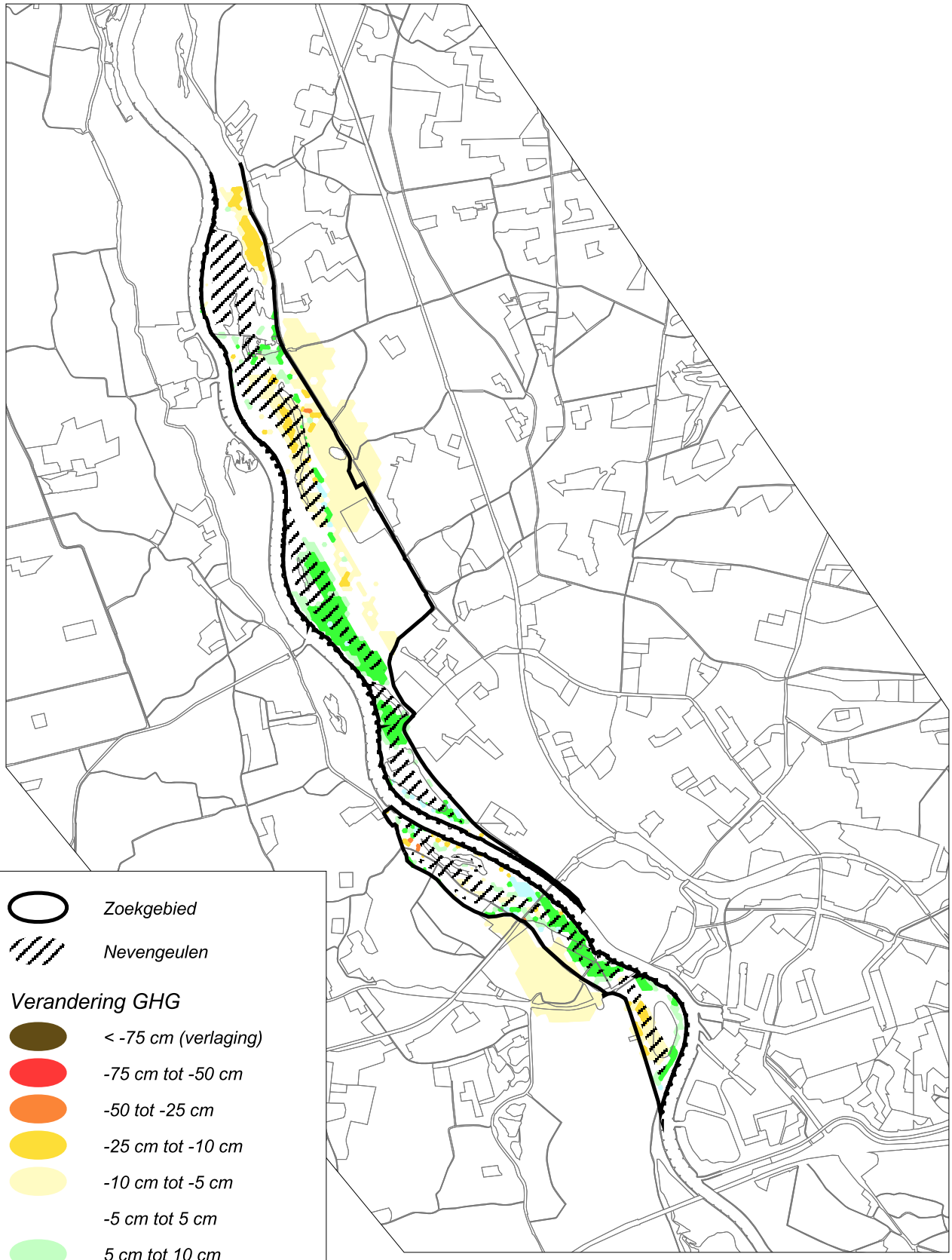
Figuur:
8

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9382\15\Technical_Data\GisAVPRO\9382151.apr 00000A0-036 KVI



Titel:
Alt. A, gem. jaar: verandering GHG

Datum:
18-03-2008

Schaal:
1:50000

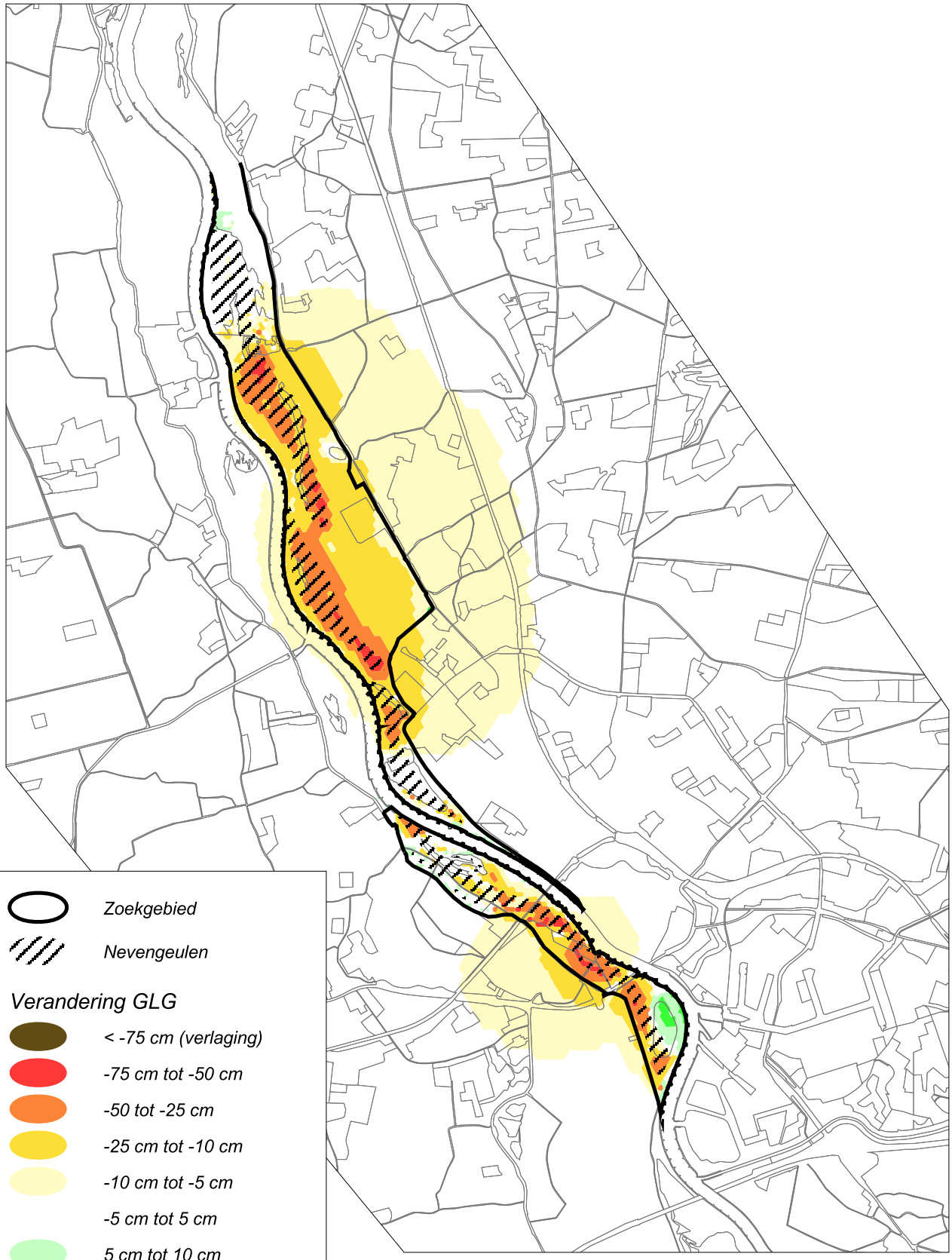
Figuur:
9

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9582151\Technical_Data\GIs\AVPROJ\9582151.apr 000000AD023 KVV



Titel:
Alt. A, gem. jaar: verandering GLG

Datum:
18-03-2008

Schaal:
1:50000

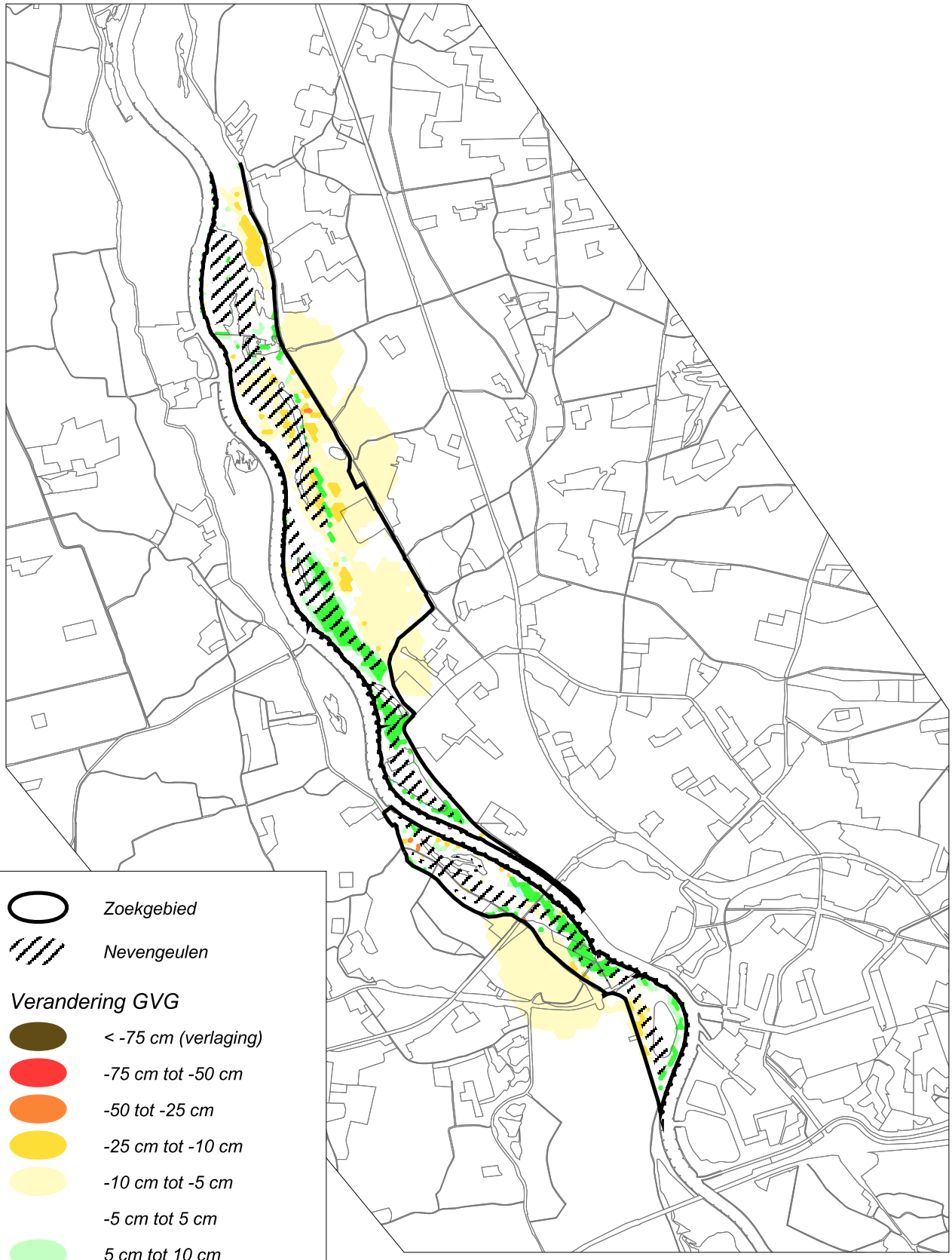
Figuur:
10

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9582\15\Technical_Data\GIs\AVPROJ\9582fig.apr 000000AD.024 KVV



Titel:
Alt. A, gem. jaar: verandering GVG

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:50000

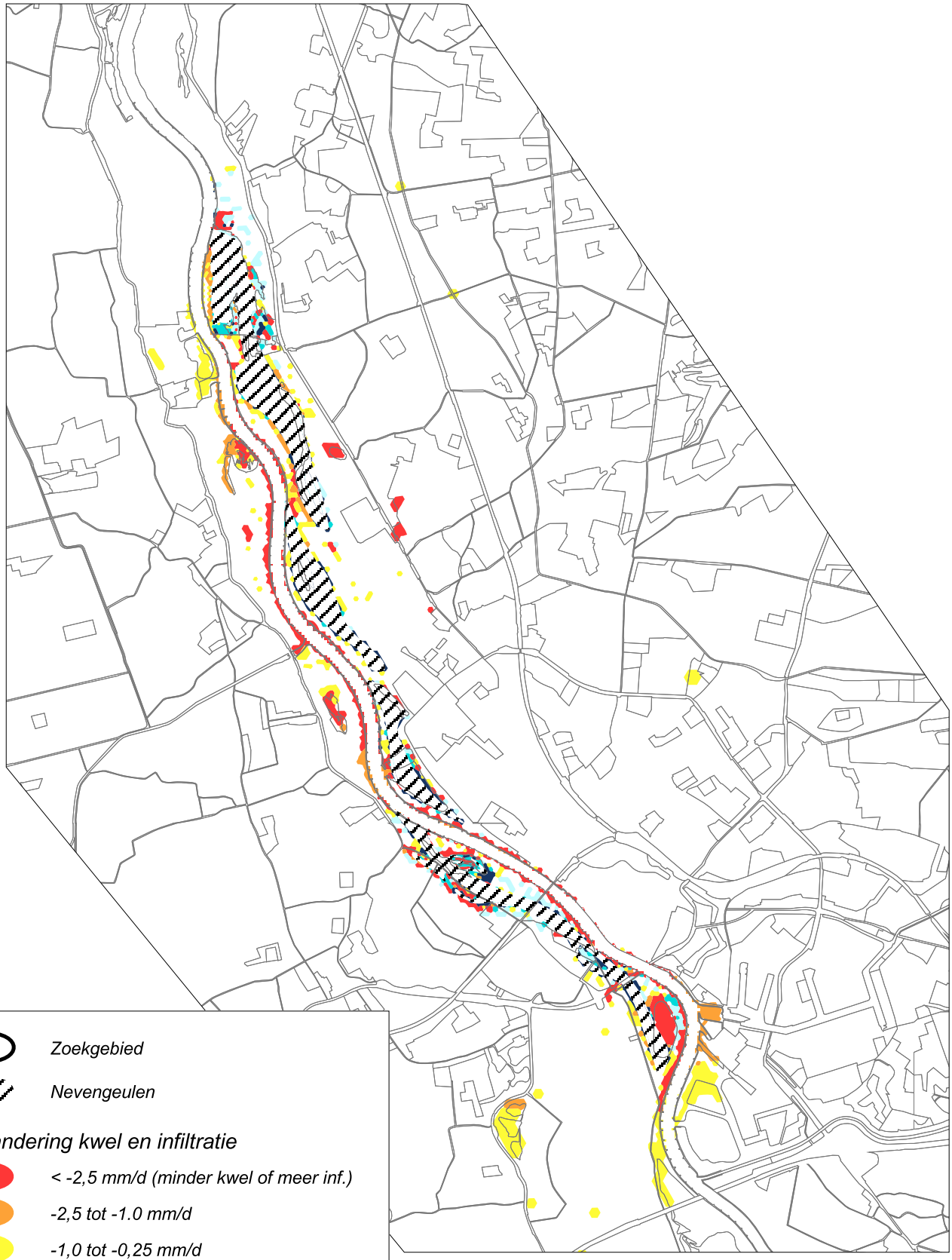
Figuur:
10b

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000AD025 KVV



Zoekgebied

Nevengeulen

Verandering kwel en infiltratie

< -2,5 mm/d (minder kwel of meer inf.)

-2,5 tot -1.0 mm/d

-1,0 tot -0,25 mm/d

-0,25 tot 0,25 mm/d

0,25 tot 1,0 mm/d

1,0 tot 2,5 mm/d

> 2,5 mm/d (meer kwel of minder inf.)

0 1000 Meters

Titel:
Alt. A, gem. jaar: verandering kwel en infiltratie

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:50000

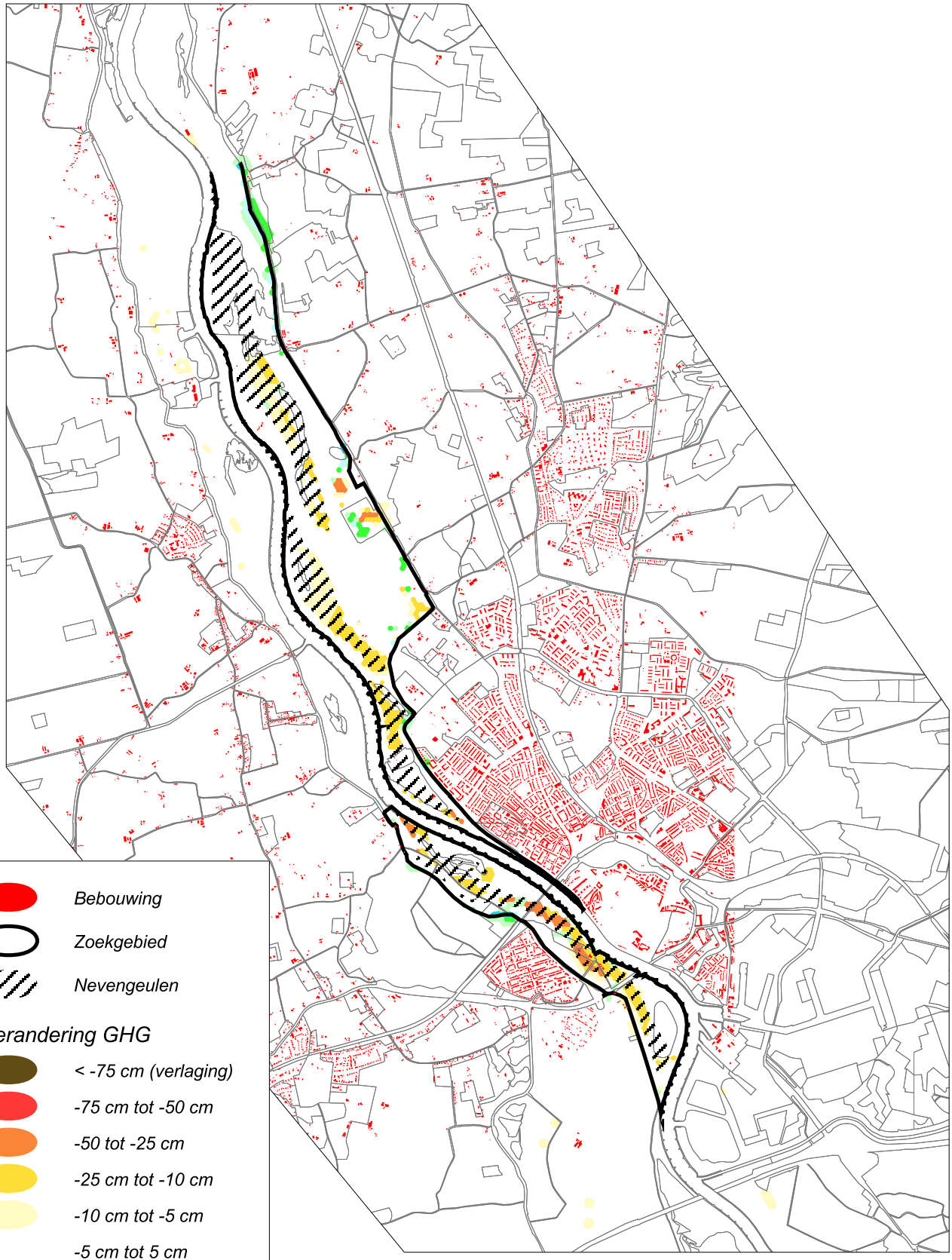
Figuur:
11

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-026 KVI



Titel:
Alt. A, nat jaar: verandering GHG

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:50000

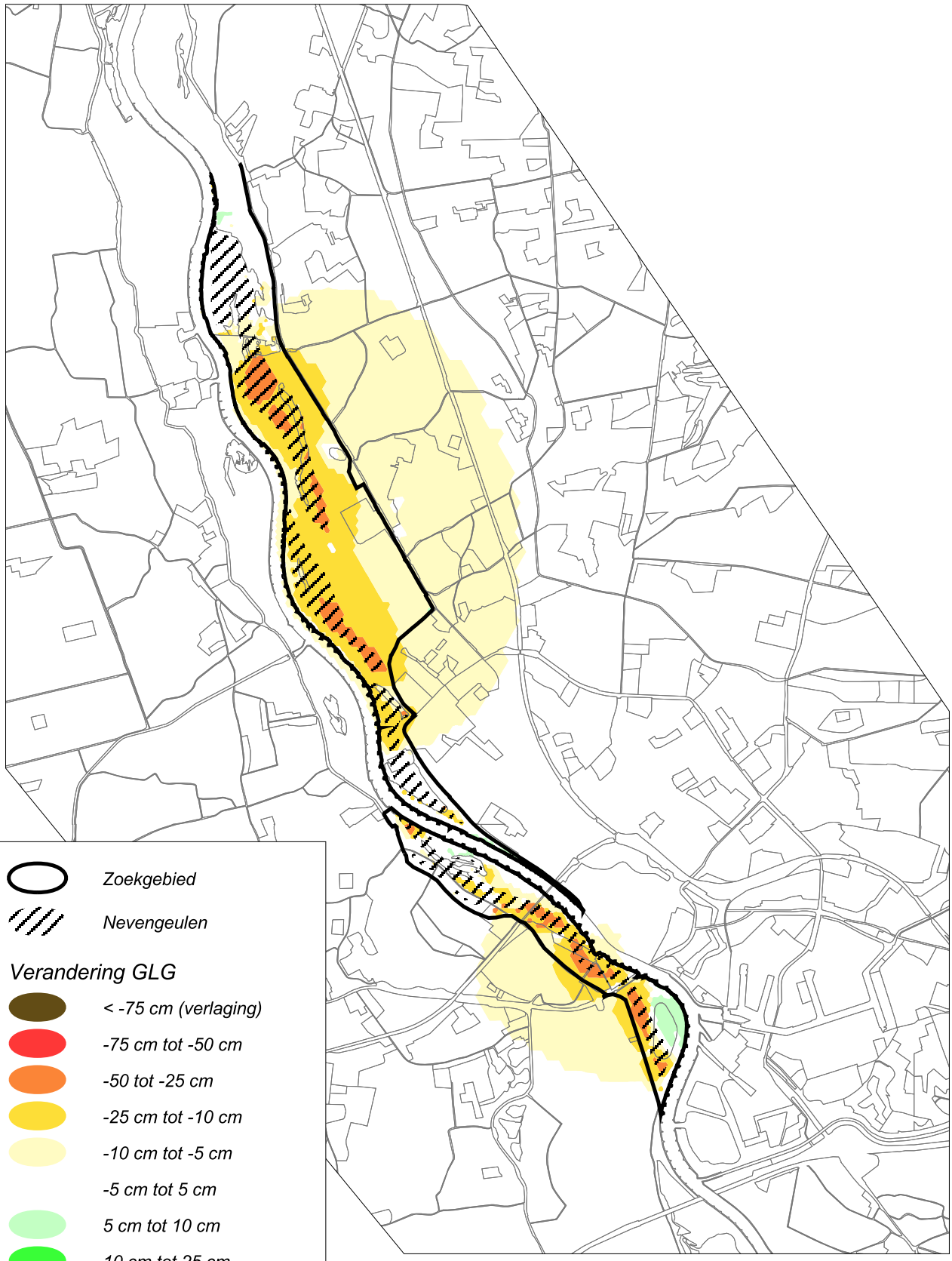
Figuur:
12

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-033 KVI



Titel:
Alt. A, droog jaar: verandering GLG

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:50000

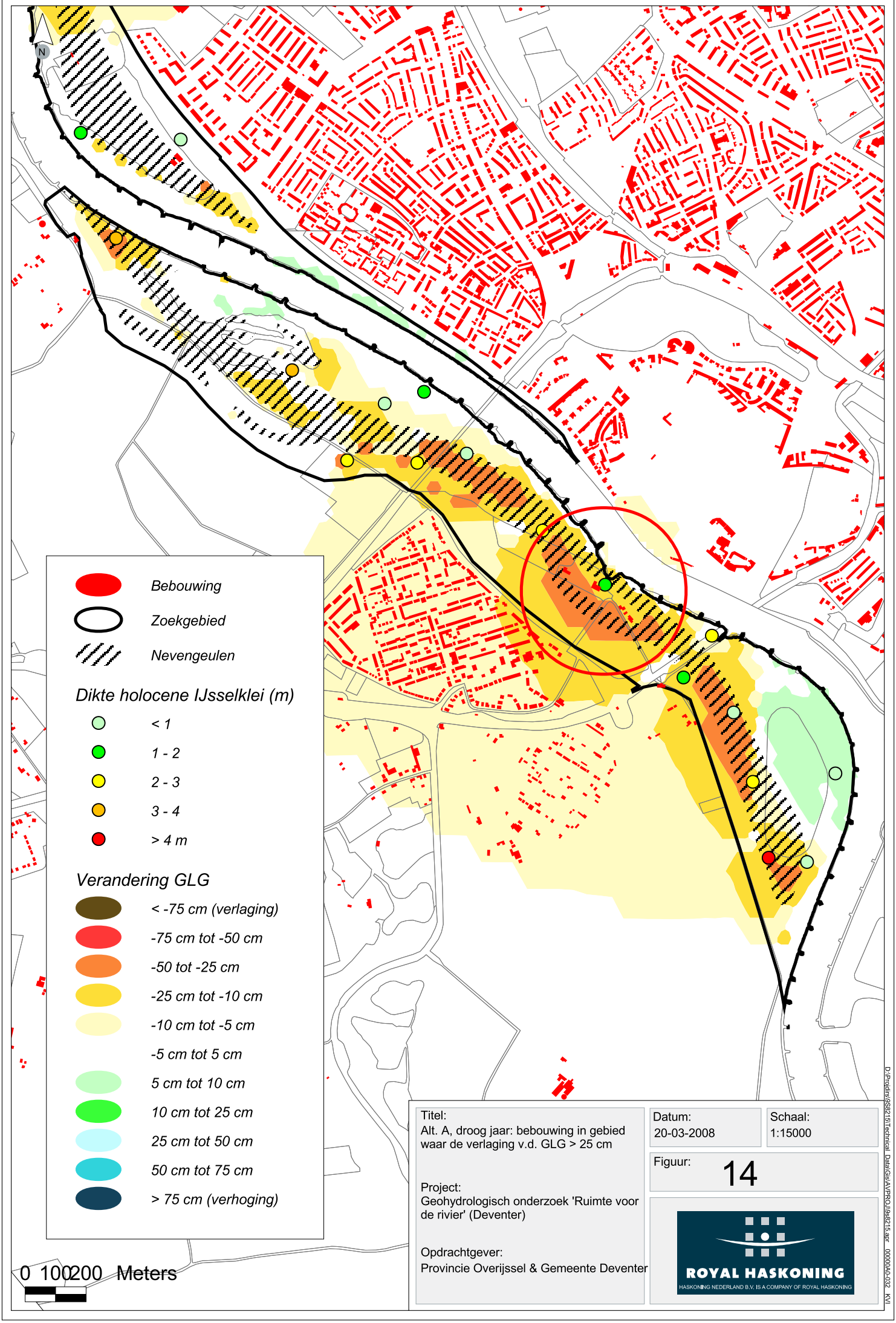
Figuur:
13

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-031 KVI



Titel:
Alt. A, droog jaar: bebouwing in gebied waar de verlaging v.d. GLG > 25 cm

Datum:
20-03-2008

Schaal:
1:15000

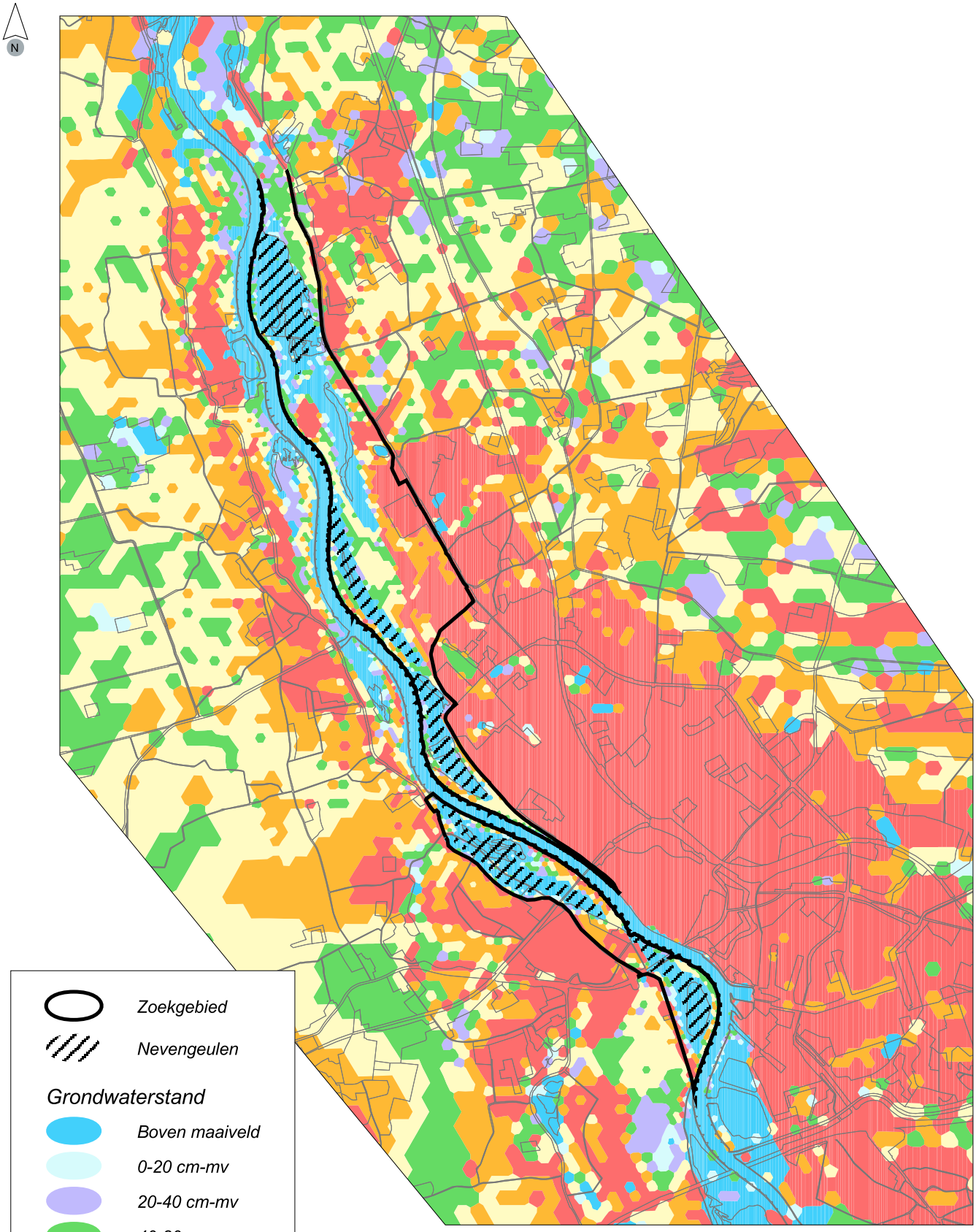
Figuur:
14

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-032 KVI



Titel:
VKA, gem. jaar: GHG

Datum:
07-05-2008

Schaal:
1:50000

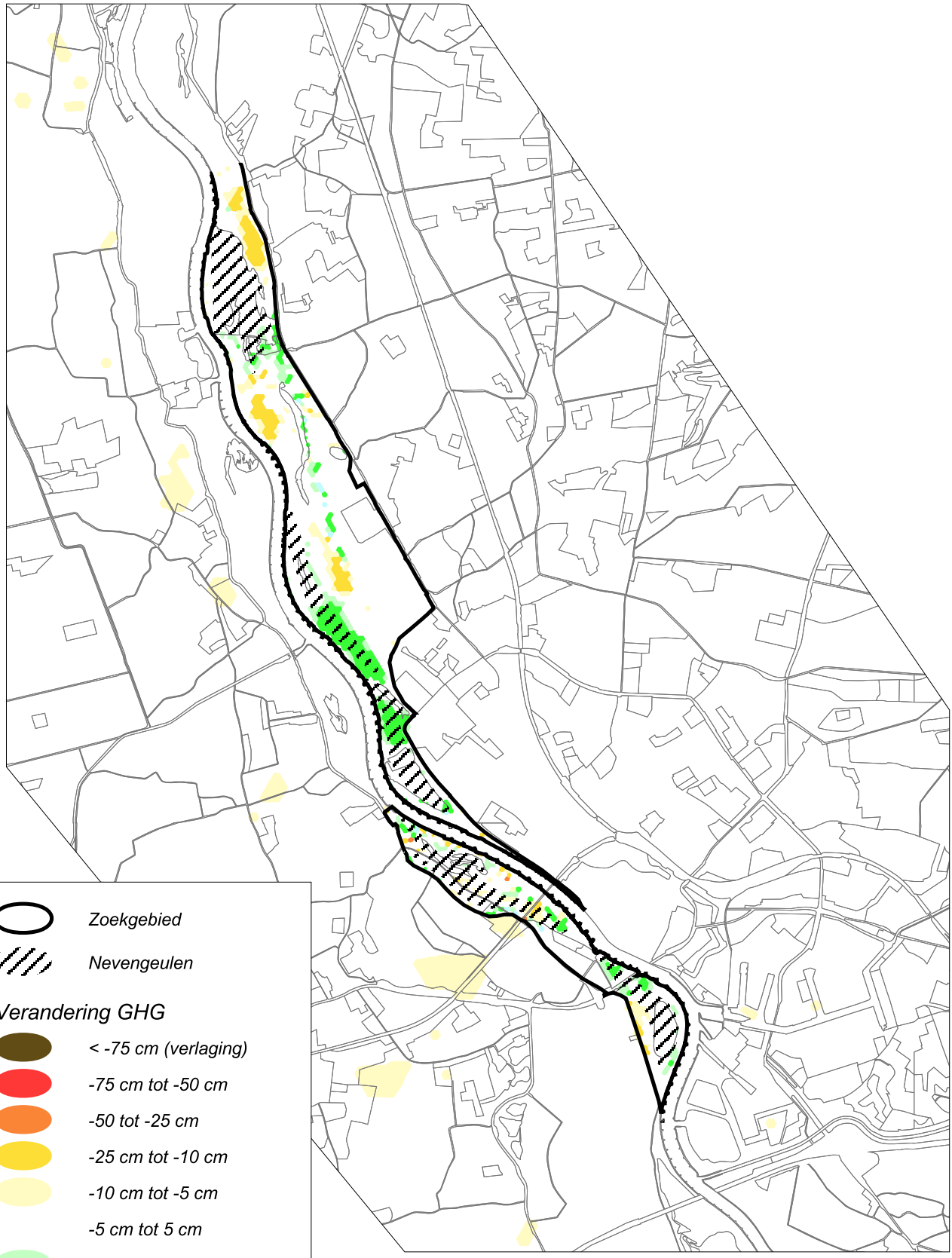
Figuur:
15

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9582151\Technical_Data\GIs\AVPROJ\9582151.apr 00000AD.037 KVV



Titel:
VKA, gem. jaar: verandering GHG

Datum:
07-05-2008

Schaal:
1:50000

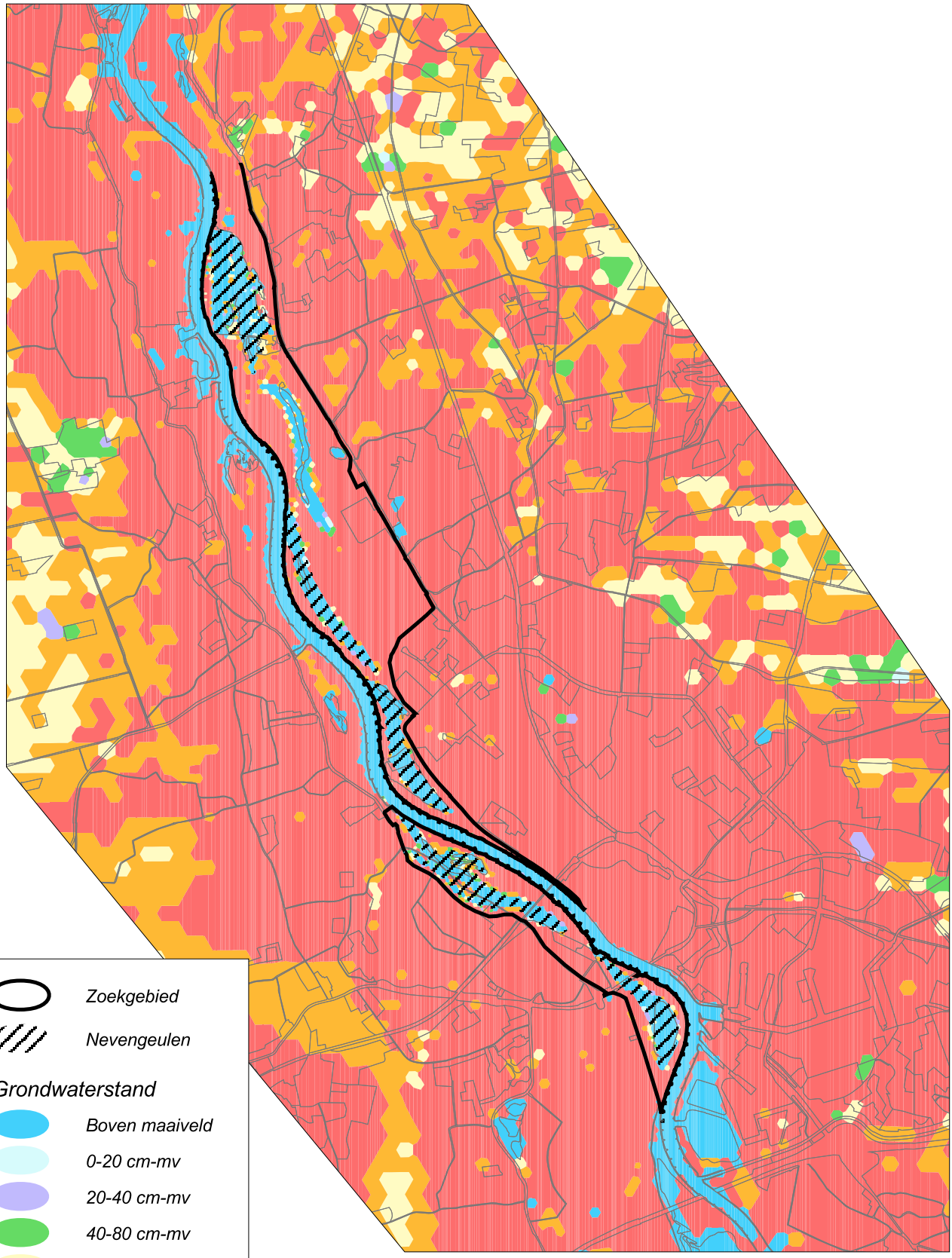
Figuur:
16

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-038 KVI



Titel:
VKA, gem. jaar: GLG

Datum:
07-05-2008

Schaal:
1:50000

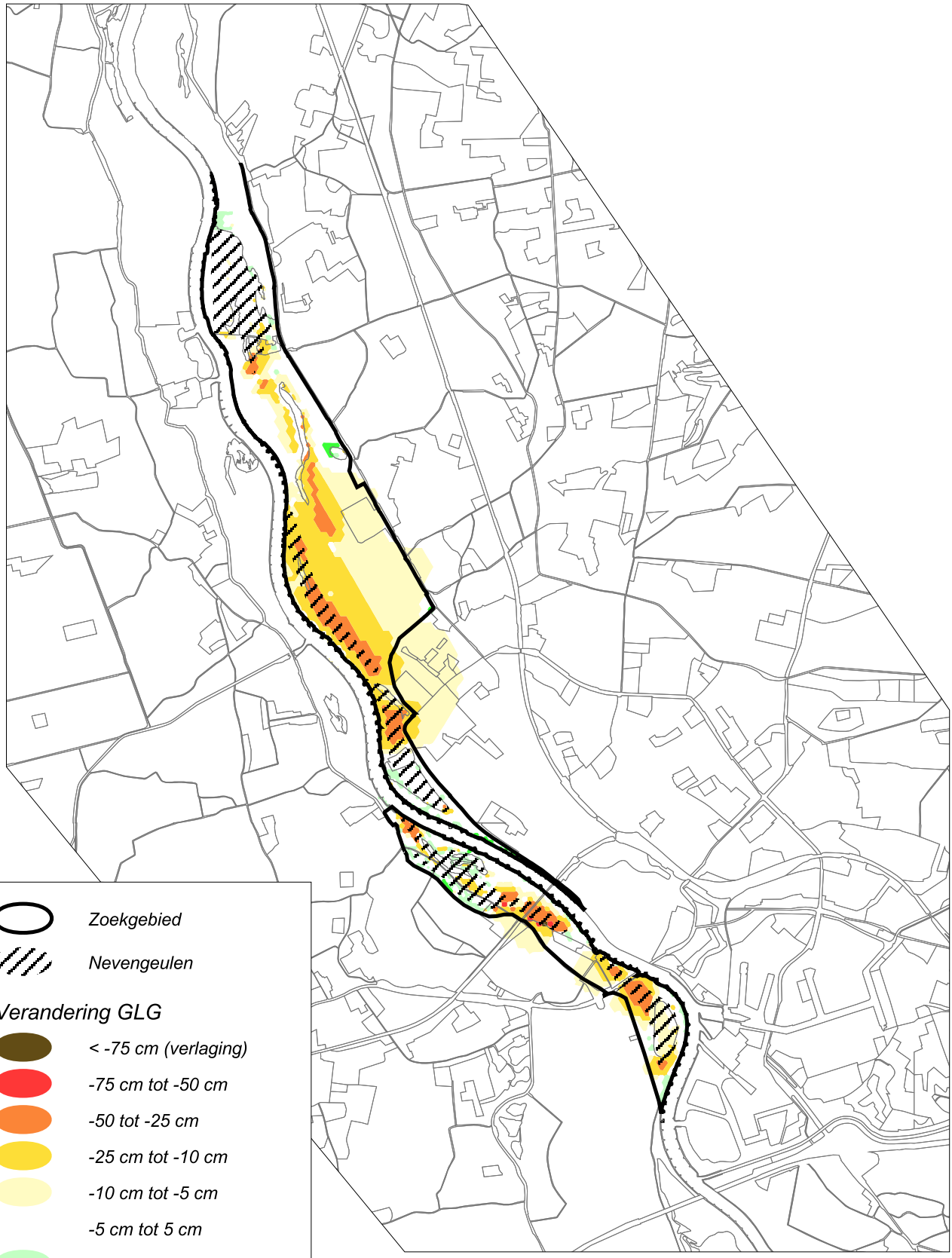
Figuur:
17

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-039 KVI



Titel:
VKA, gem. jaar: verandering GLG

Datum:
07-05-2008

Schaal:
1:50000

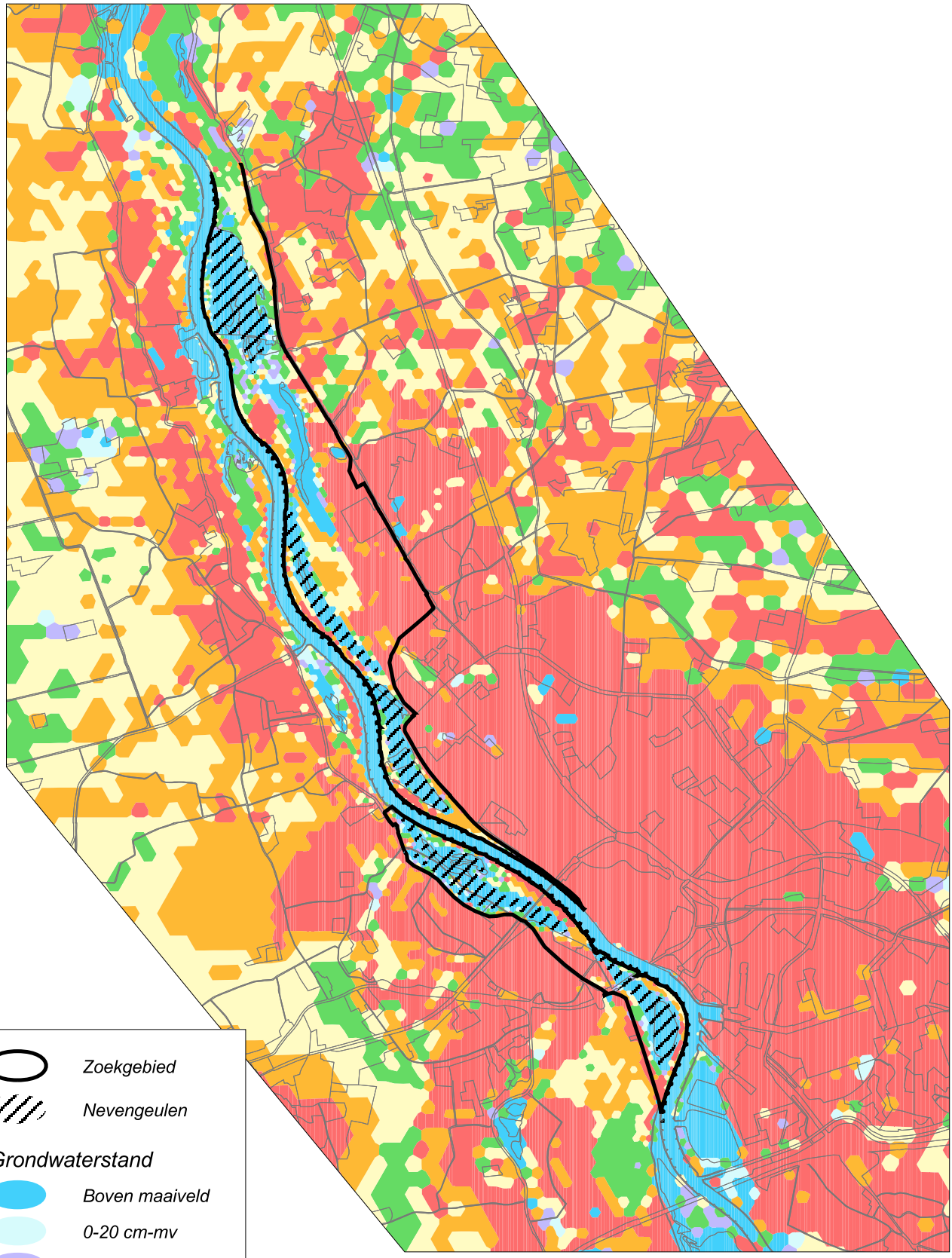
Figuur:
18

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-040 KVI



Titel:
VKA, gem. jaar: GVG

Datum:
07-05-2008

Schaal:
1:50000

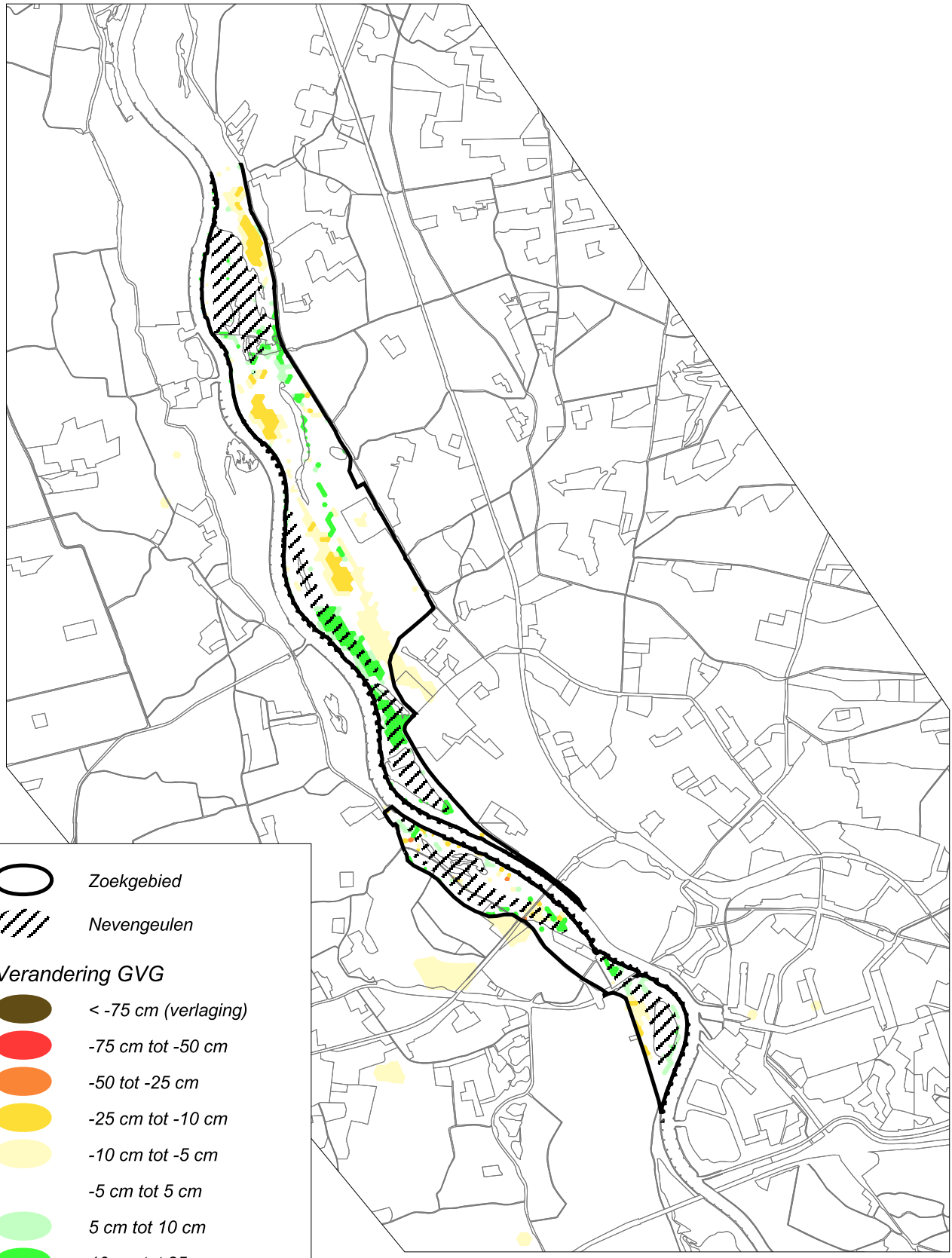
Figuur:
19

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-041 KVI



Titel:
VKA gem. jaar: verandering GVG

Datum:
07-05-2008

Schaal:
1:50000

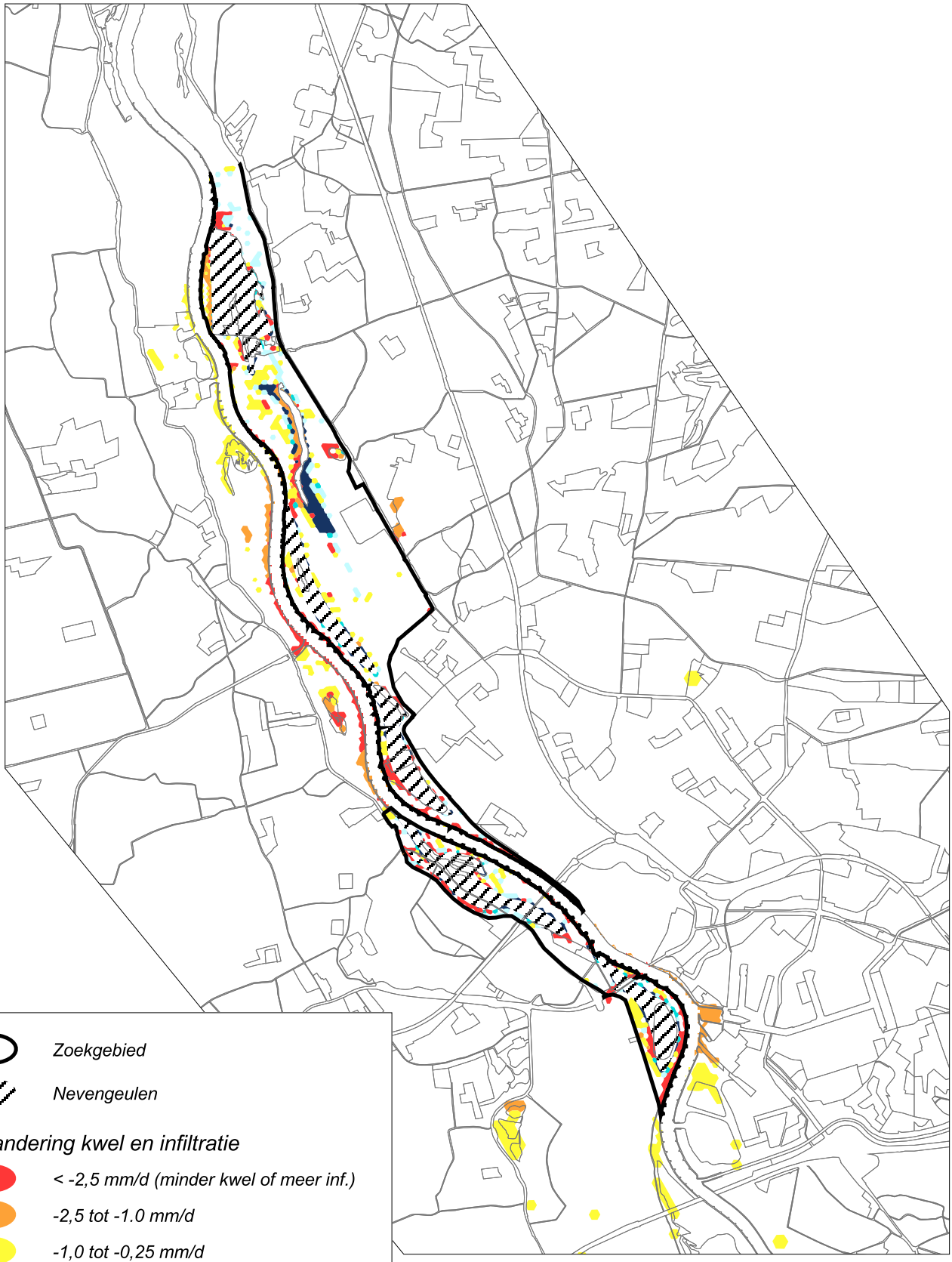
Figuur:
20

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-042 KVI



Titel:
VKA, gem. jaar: verandering kwel en infiltratie

Datum:
07-05-2008

Schaal:
1:50000

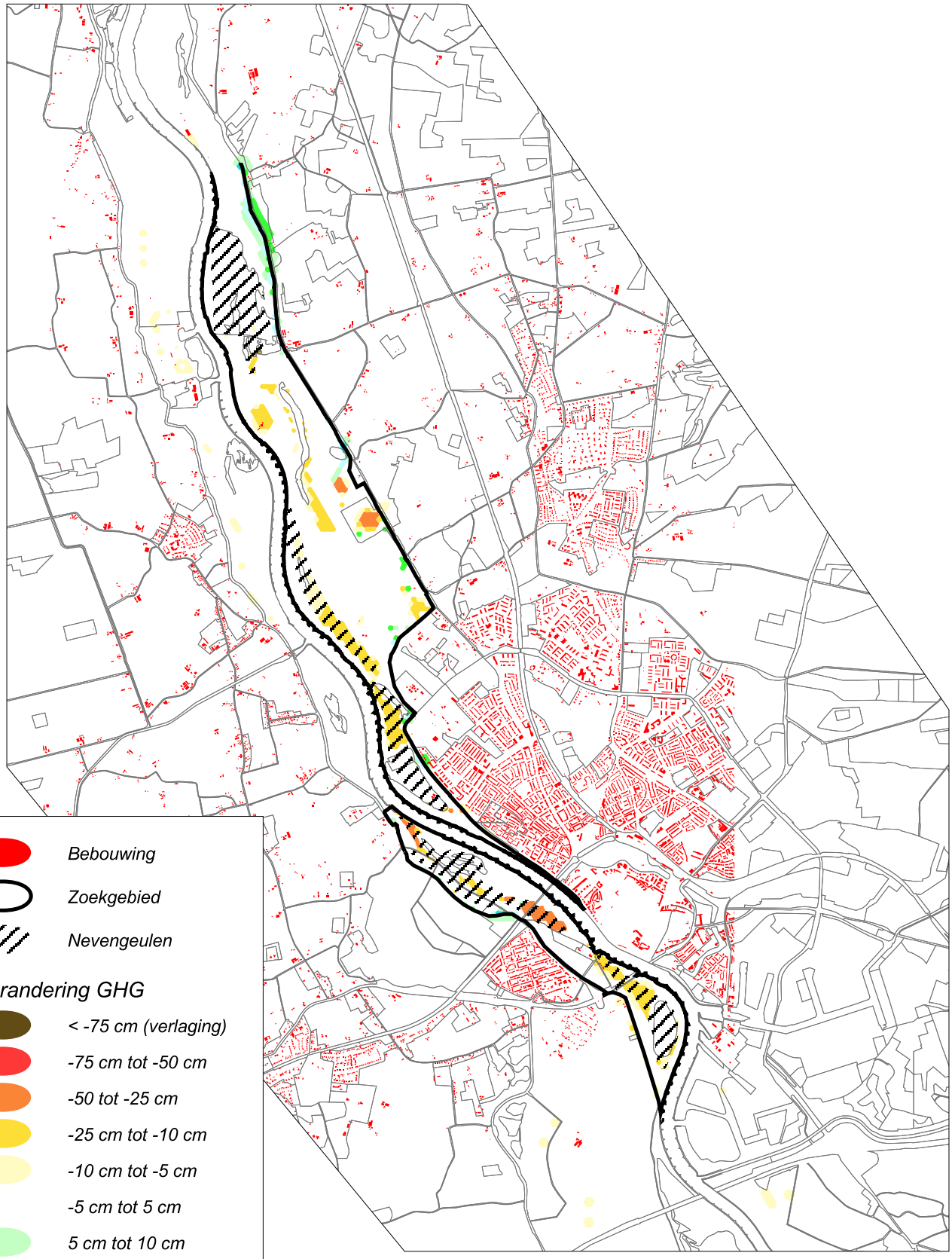
Figuur:
21

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-043 KVI



Titel:
VKA, nat jaar: verandering GHG

Datum:
14-05-2008

Schaal:
1:50000

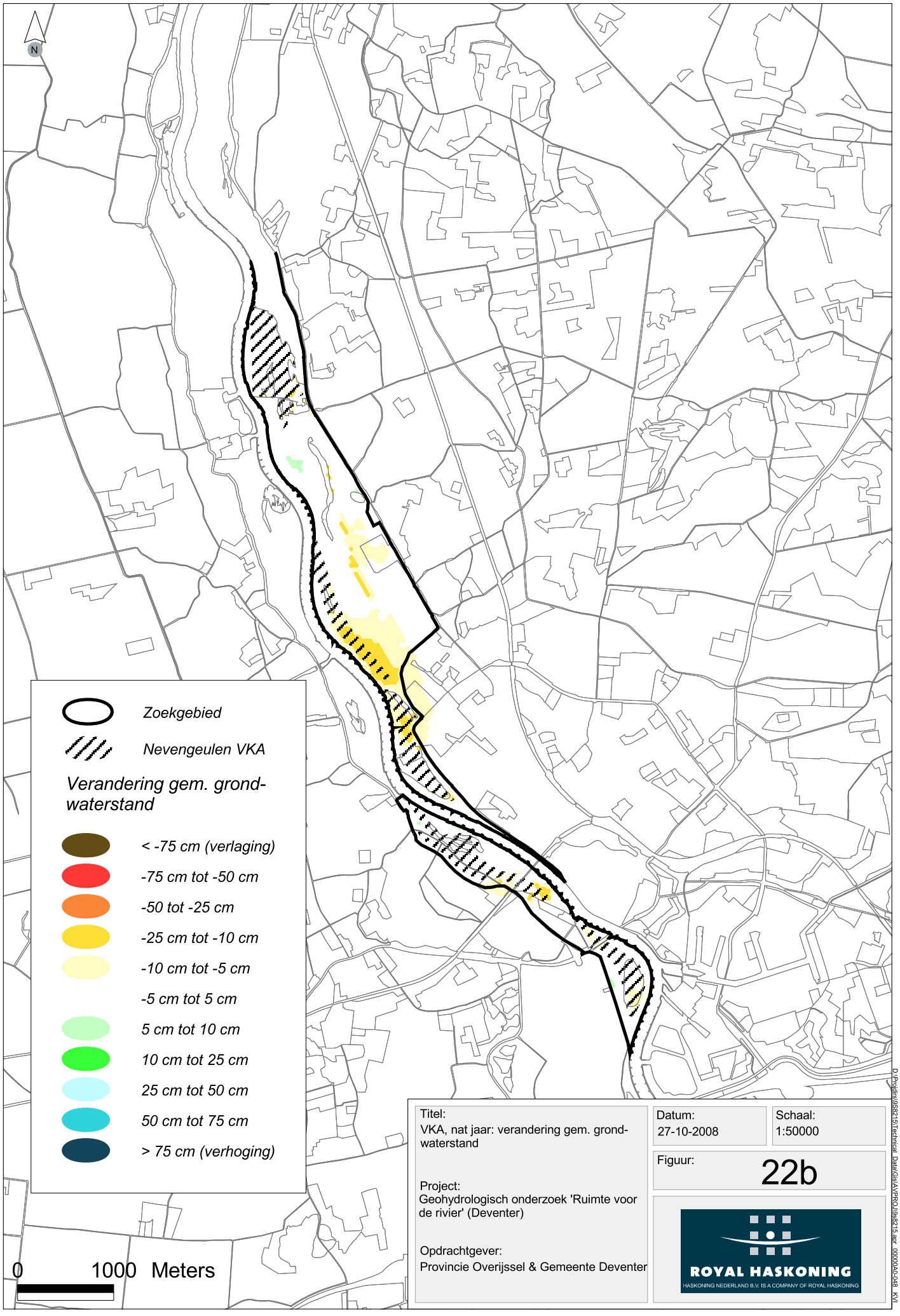
Figuur:
22

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9582151\Technical Data\GIs\AVPROJ\9582151.apr 000000A0044 KVJ



Titel:
VKA, nat jaar: verandering gem. grond-waterstand

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

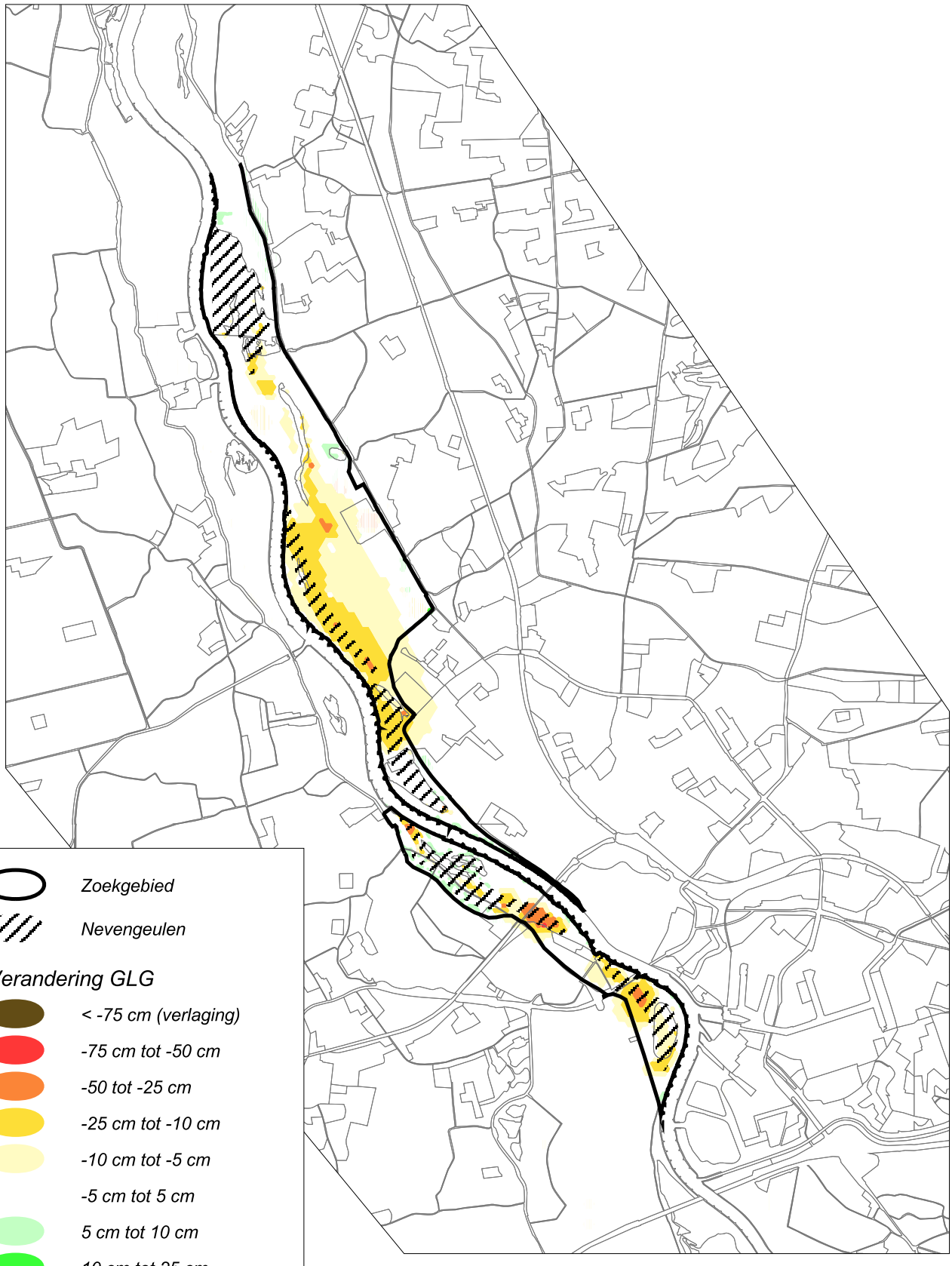
Datum:
27-10-2008

Schaal:
1:50000

Figuur:
22b

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9582\15\Technical_Data\GIs\AVPROJ\9582\15.apr 0000\AO\048 KVA



Titel:
VKA, droog jaar: verandering GLG

Datum:
14-05-2008

Schaal:
1:50000

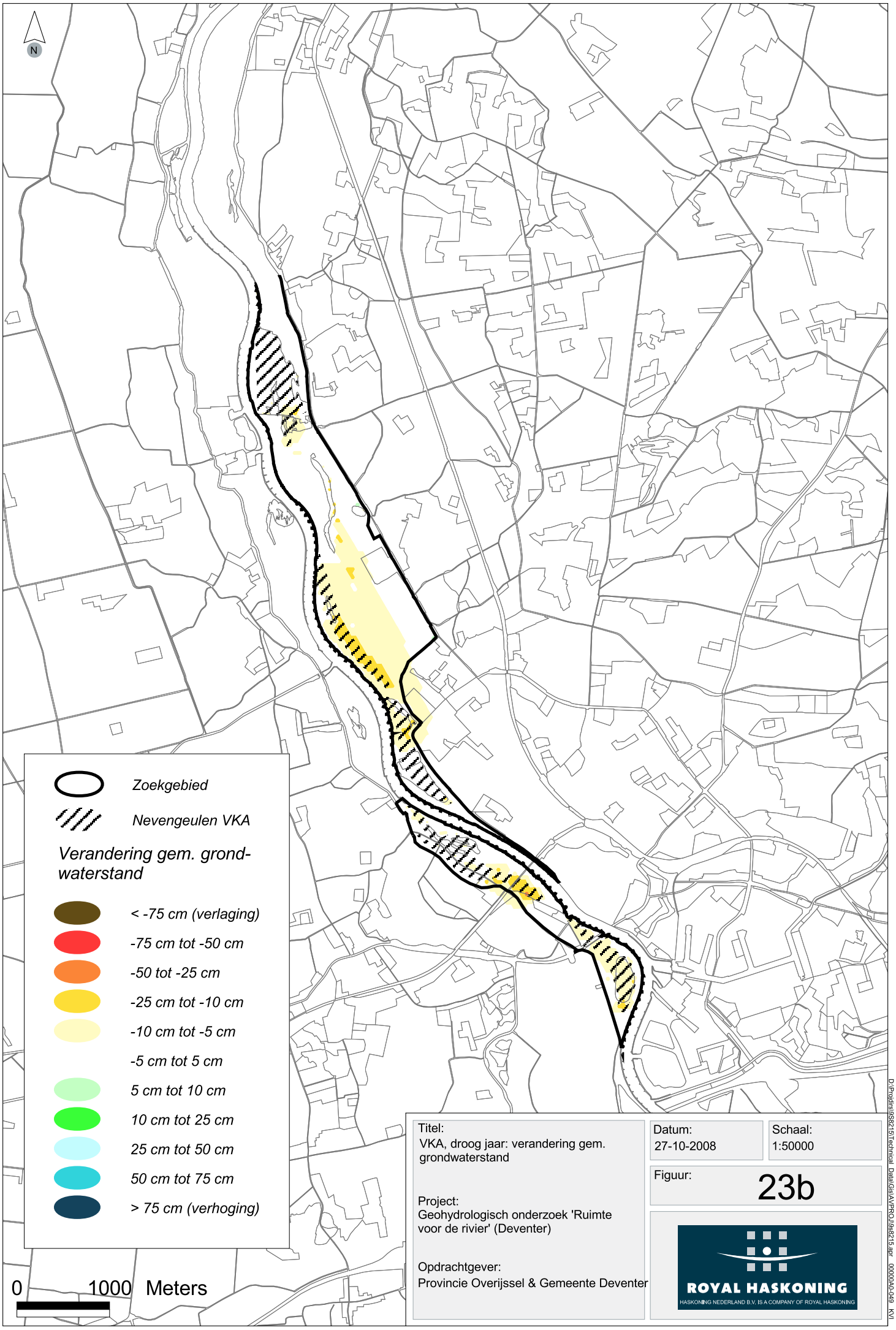
Figuur:
23

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-045 KVI



Titel:
VKA, droog jaar: verandering gem. grondwaterstand

Datum:
27-10-2008

Schaal:
1:50000

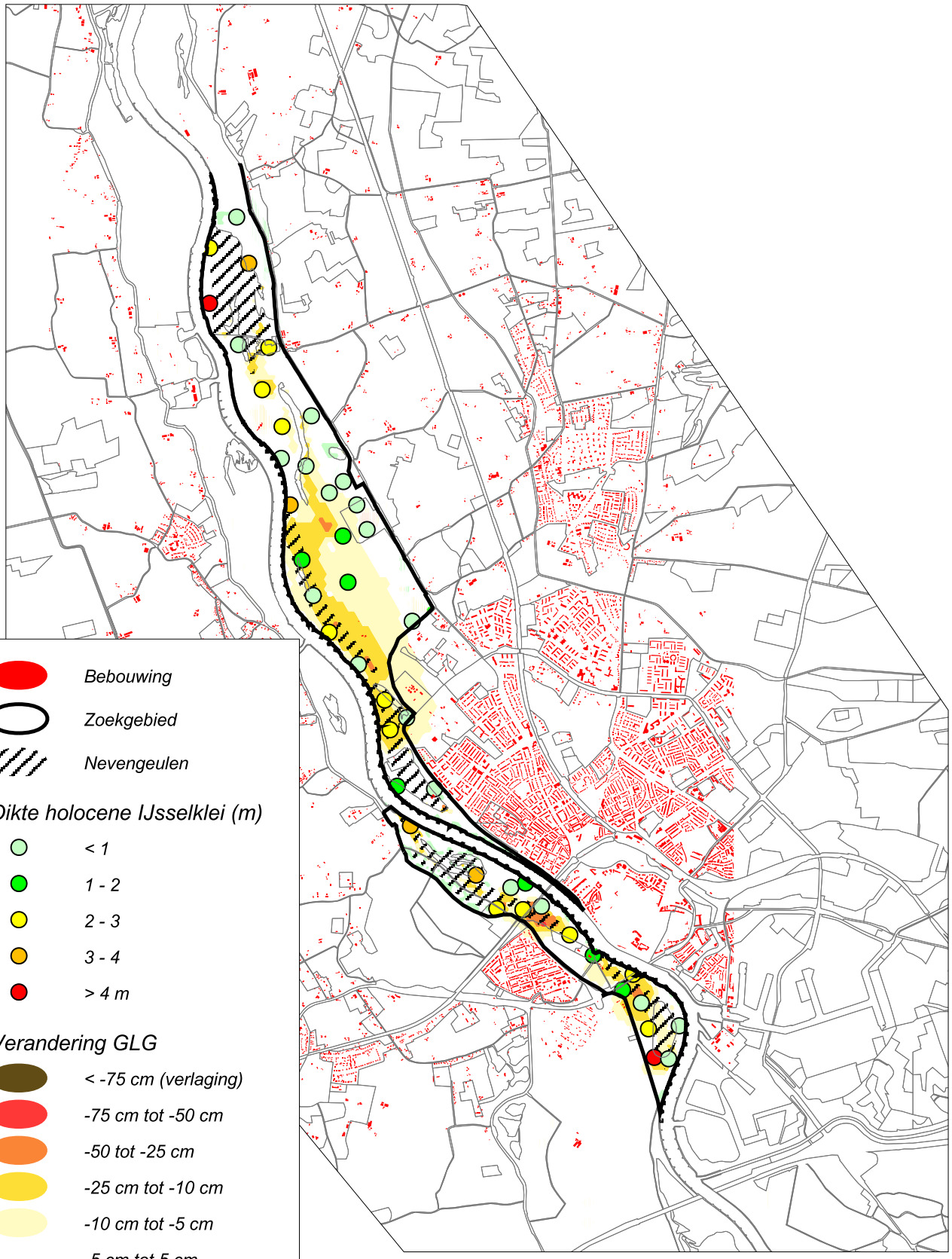
Figuur:
23b

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

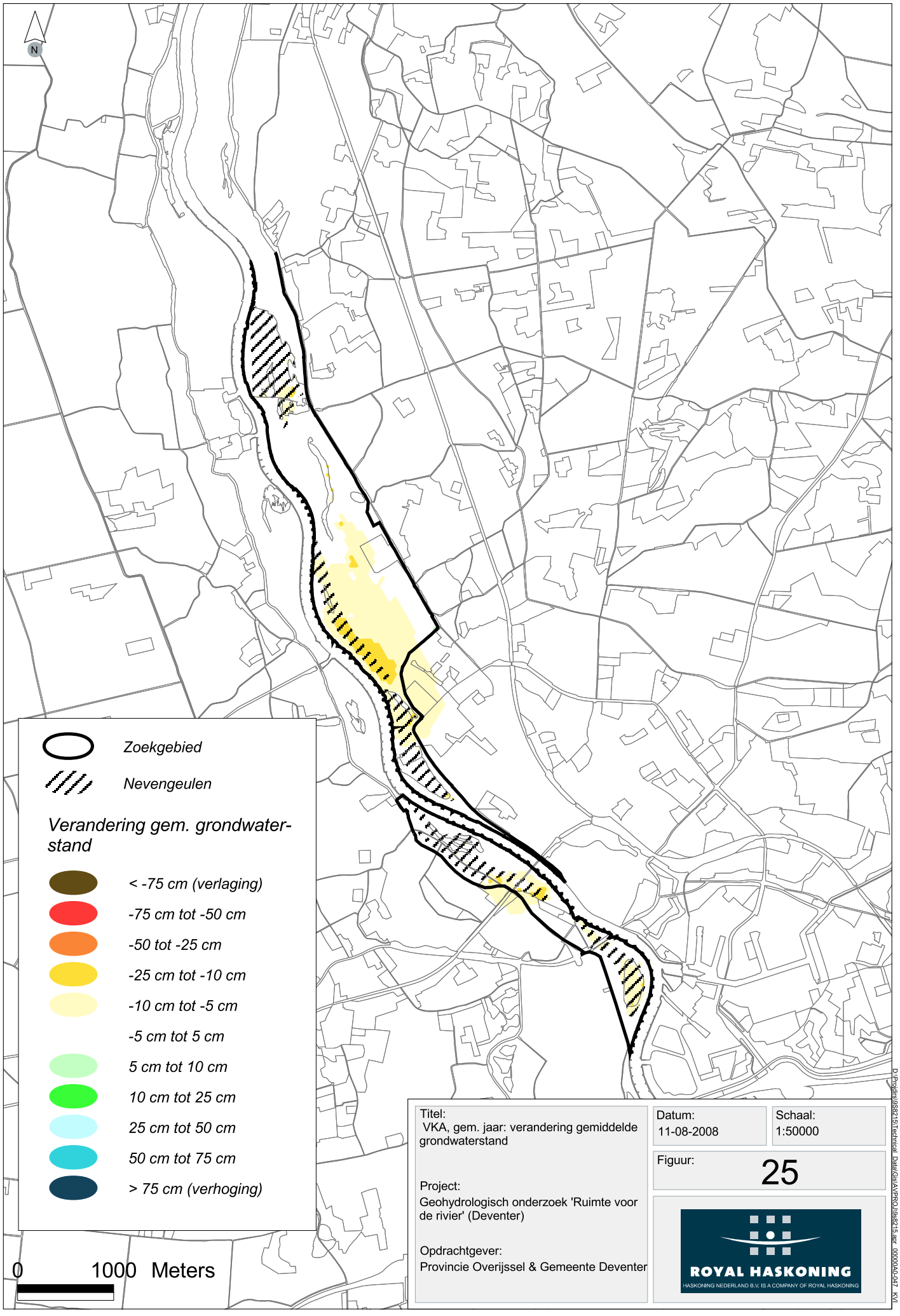
ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-049 KVI



Titel: VKA, droog jaar: bebouwing in gebied waar de verlaging v.d. GLG > 25 cm	Datum: 14-05-2008	Schaal: 1:50000
Project: Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)	Figuur: 24	
Opdrachtgever: Provincie Overijssel & Gemeente Deventer	ROYAL HASKONING HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING	

D:\Projdfns\9S8215\Technical Data\GisAVPRO\9s8215.apr 00000A0-046 KVI



Titel:
VKA, gem. jaar: verandering gemiddelde grondwaterstand

Datum:
11-08-2008

Schaal:
1:50000

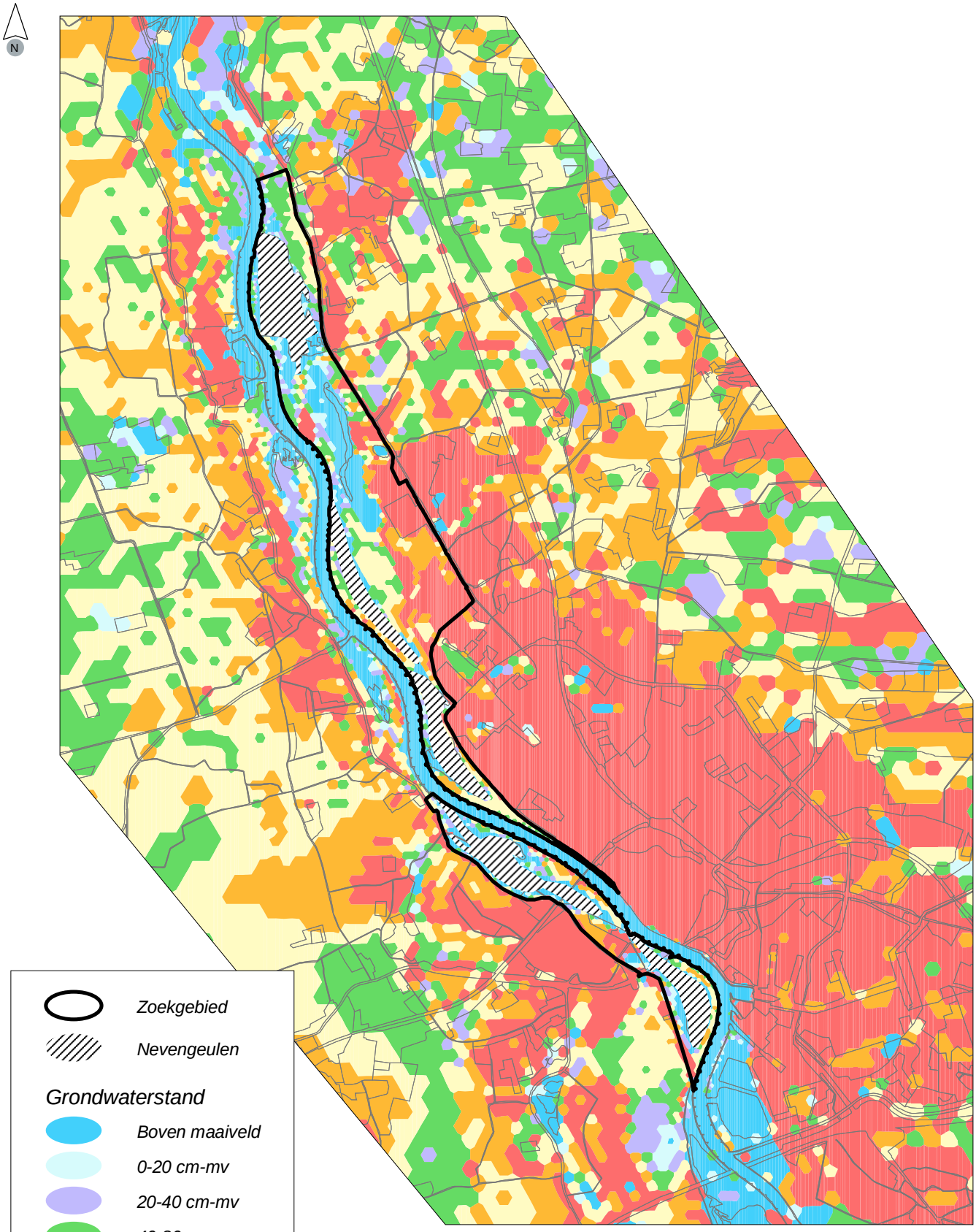
Figuur:
25

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9582151\Technical_Data\GIS\AVPROJ\9582151.apr 0000AD47 KVV



Titel:
MMA, gem. jaar: GHG

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

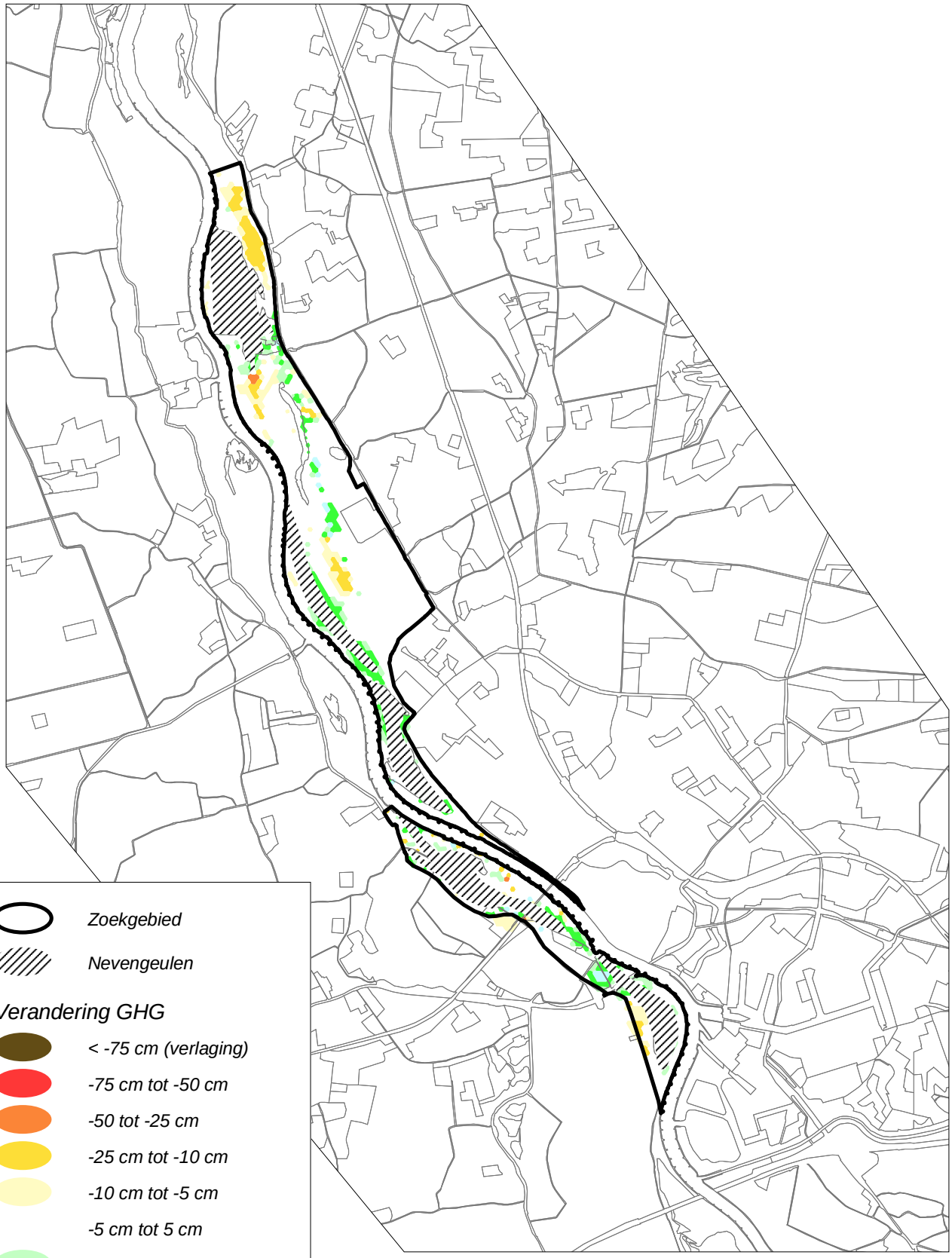
Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

Figuur:
26

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\Gis\MXD\9S8215.apr 0000040-037 KVI



Titel:
MMA gem. jaar: verandering GHG

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

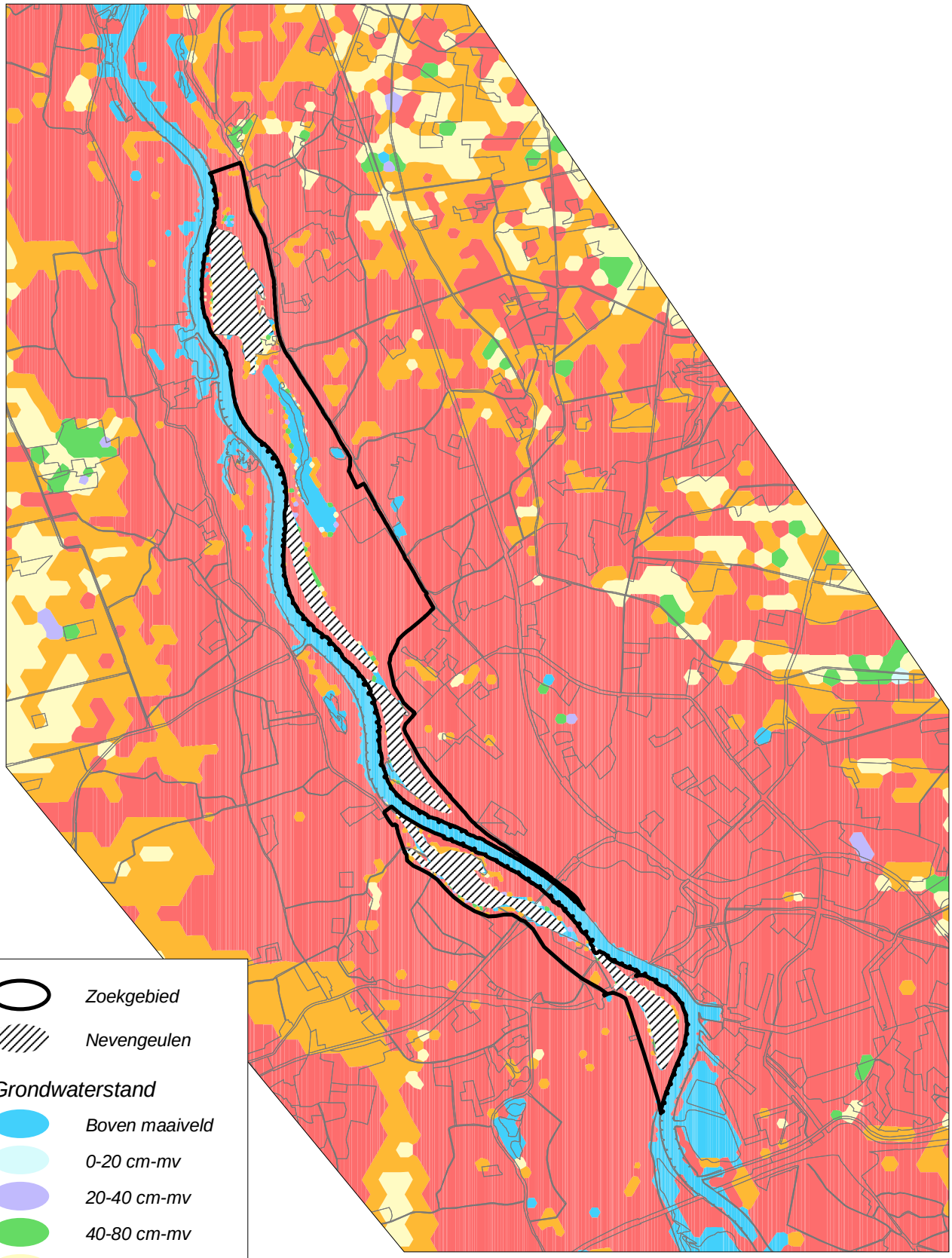
Figuur:
27

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000A0-088 KVI



Titel:
MMA, gem. jaar: GLG

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

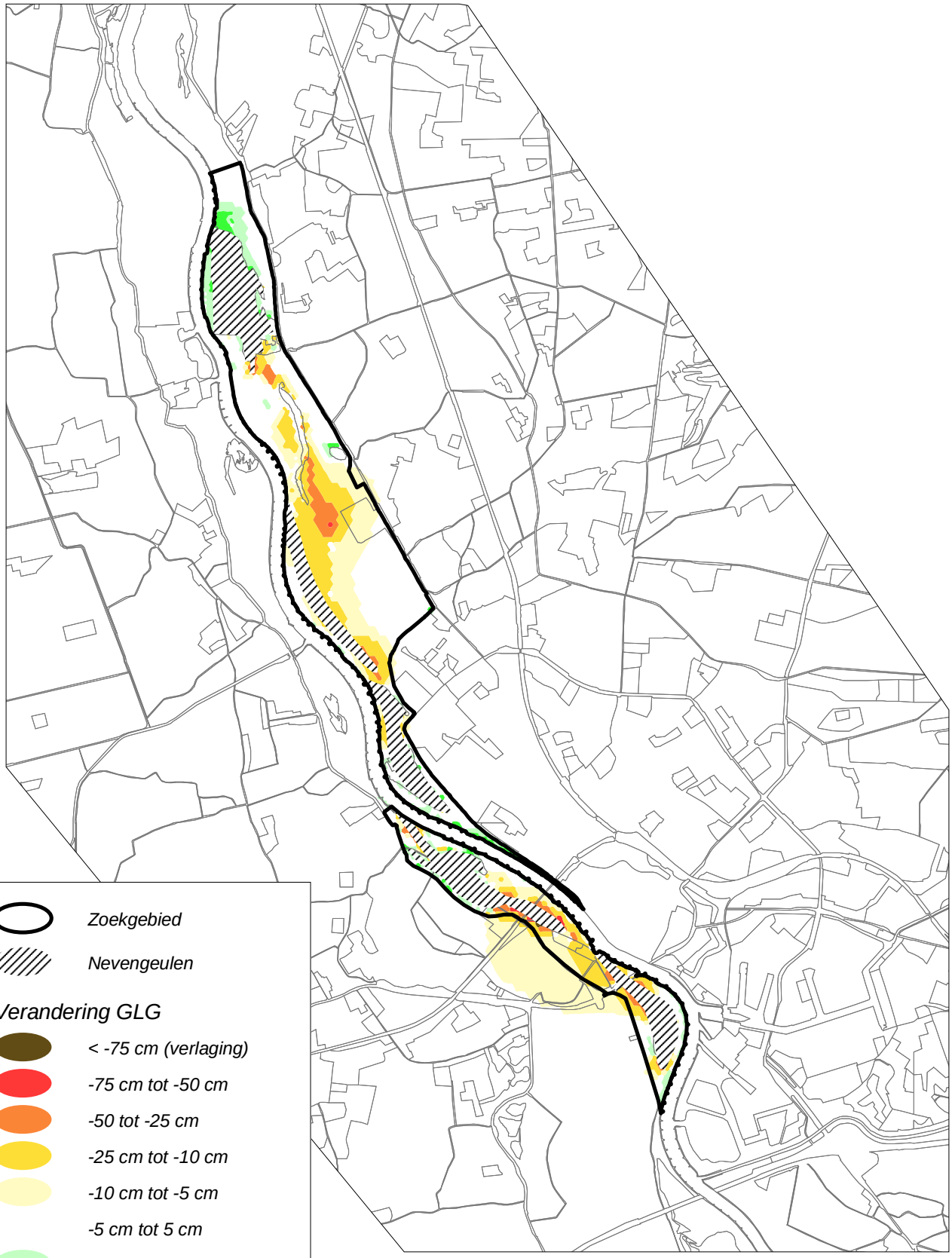
Figuur:
28

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000\A0-089 KVI



Titel:
MMA, gem. jaar: verandering GLG

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

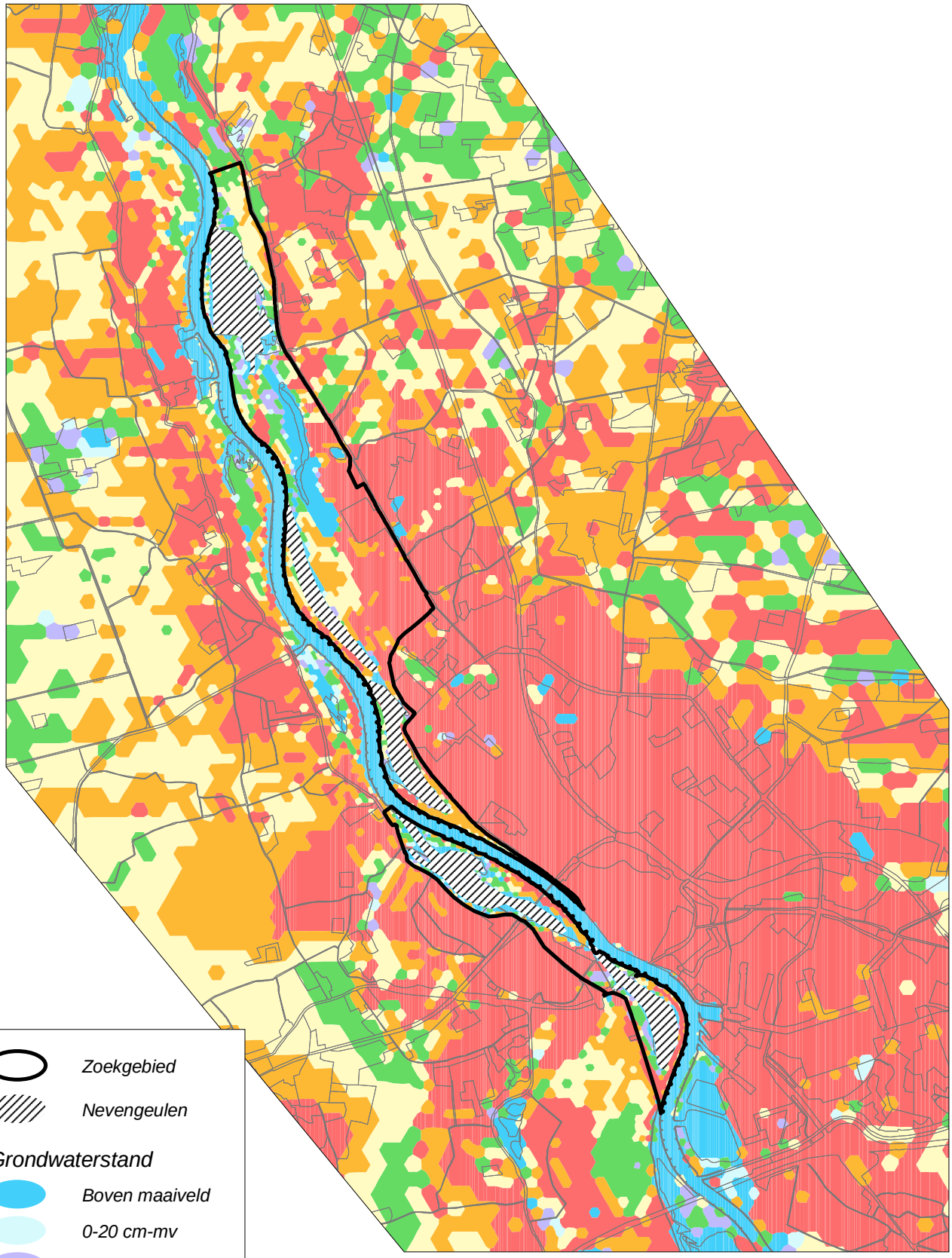
Figuur:
29

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIs\AVPRO\9s8215.apr 0000A0-040 KVI



Titel:
MMA, gem. jaar: GVG

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

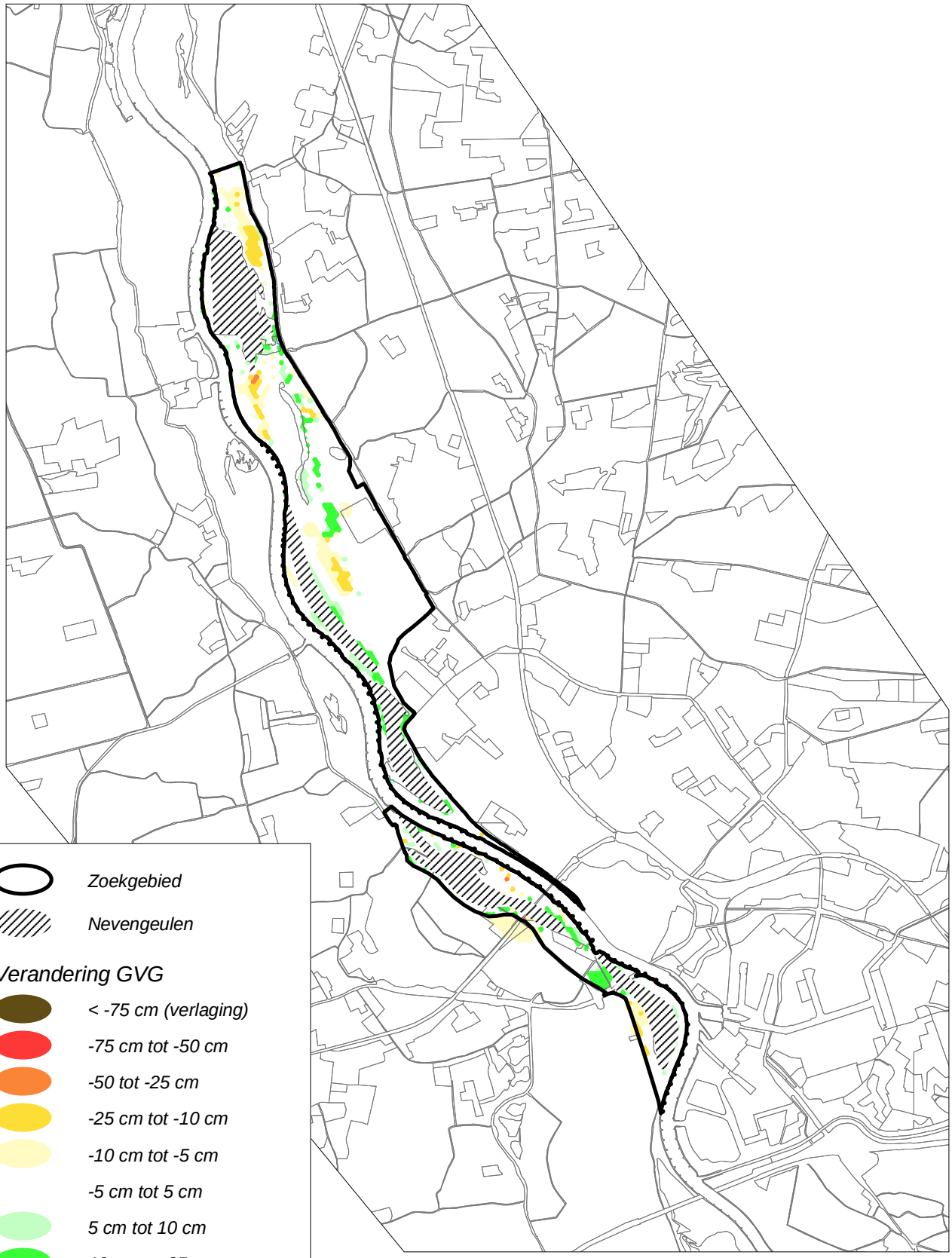
Figuur:
30

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000A0-041 KVI



Titel:
MMA gem. jaar: verandering GVG

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

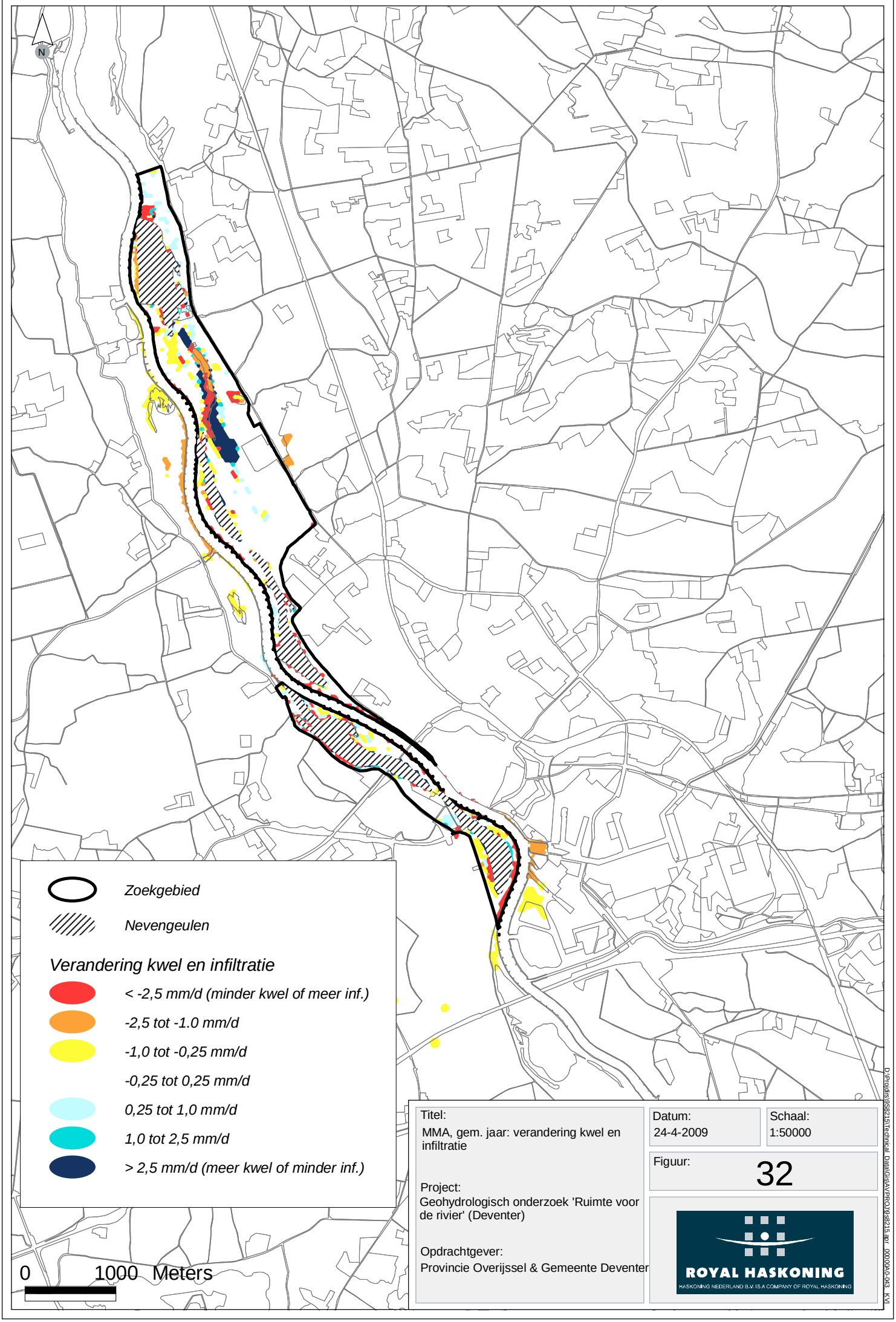
Figuur:
31

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000A0-042 KVL



Titel:
MMA, gem. jaar: verandering kwel en infiltratie

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

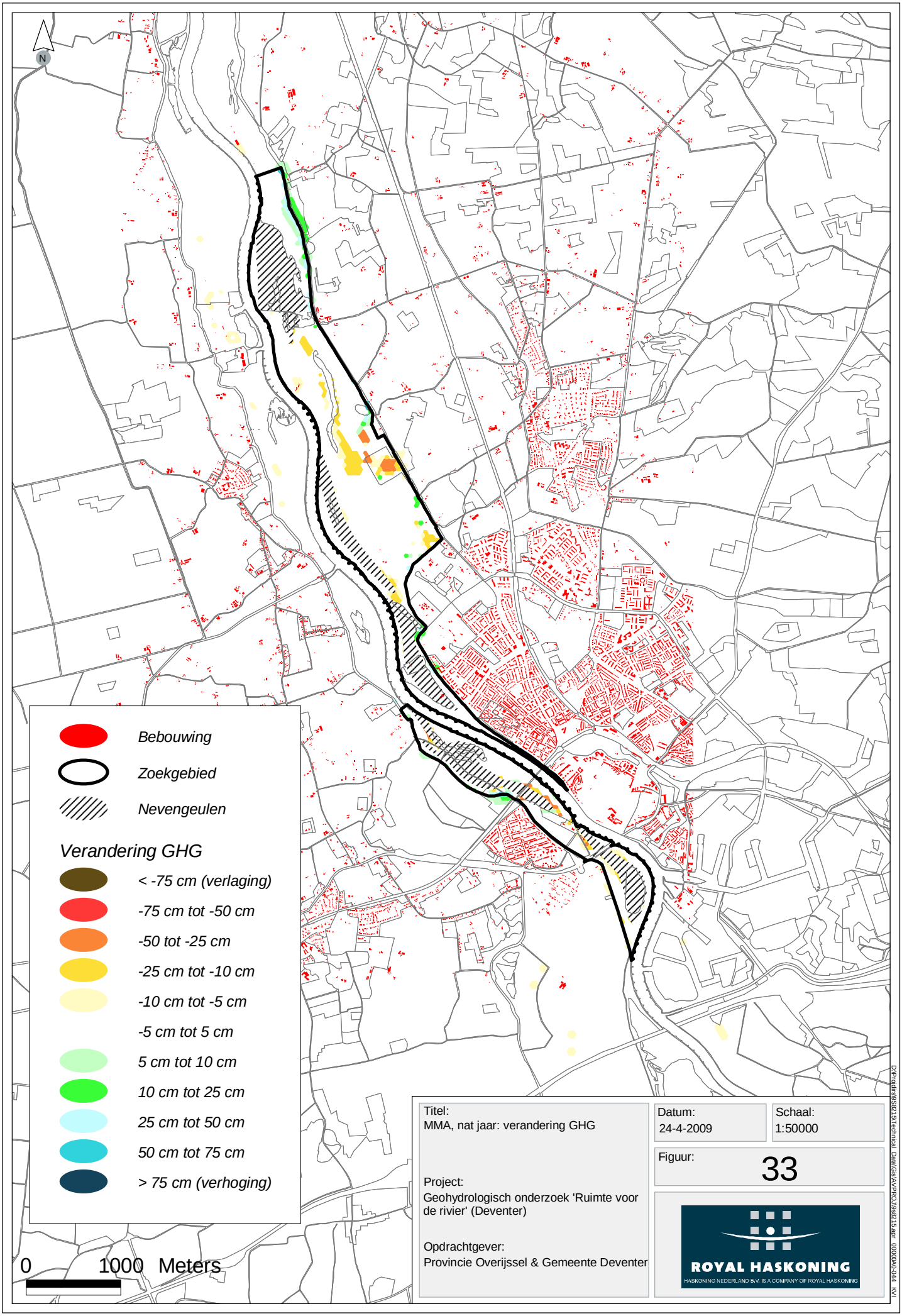
Figuur:
32

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GisAV\PROJ\9s8215.apr 0000A0-83 KVI



Titel:
MMA, nat jaar: verandering GHG

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

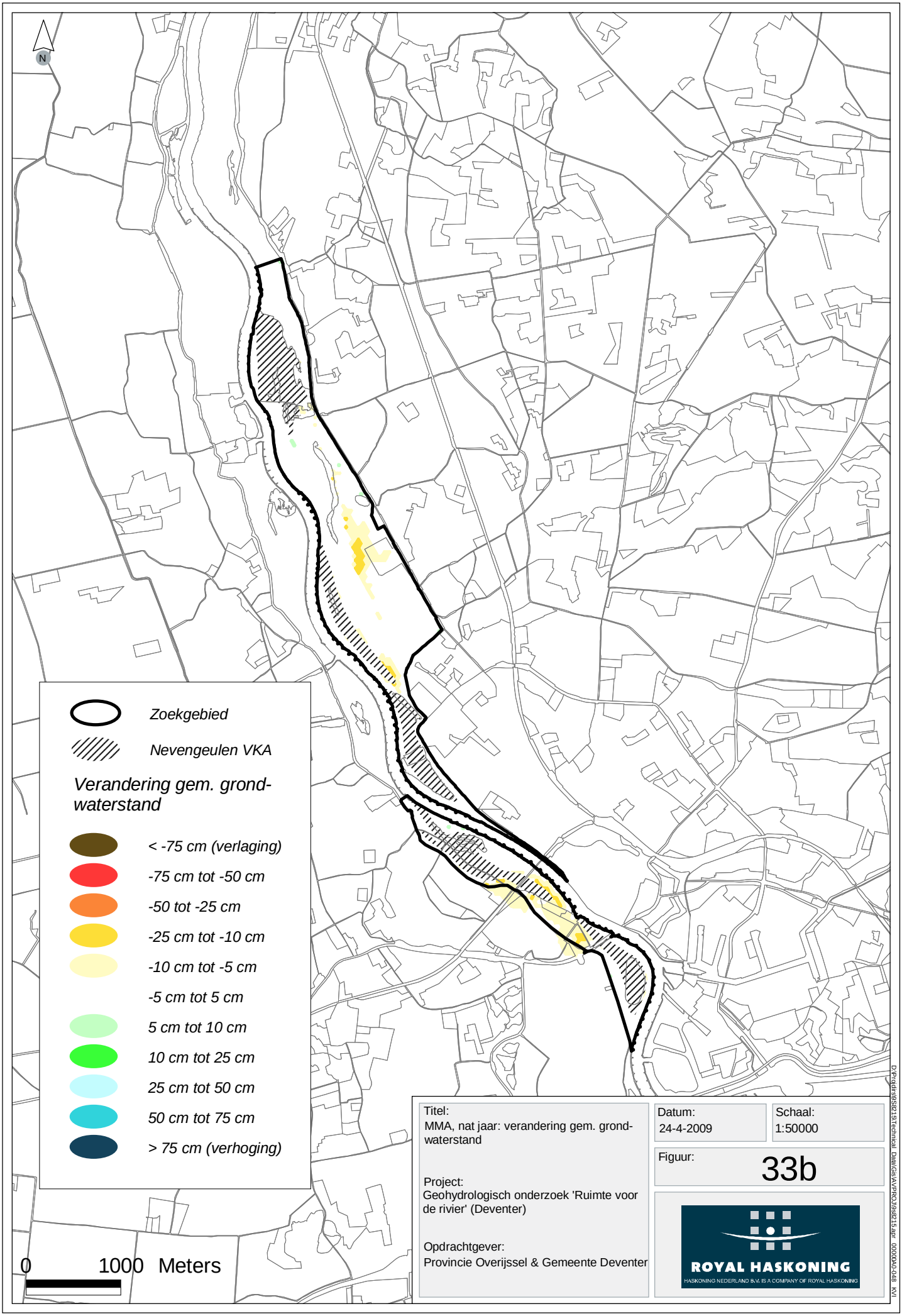
Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

Figuur:
33

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S9821S\Technical\ DataGis\MXD\9S9215.apr 0000040-044 KV



Titel:
MMA, nat jaar: verandering gem. grond-waterstand

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

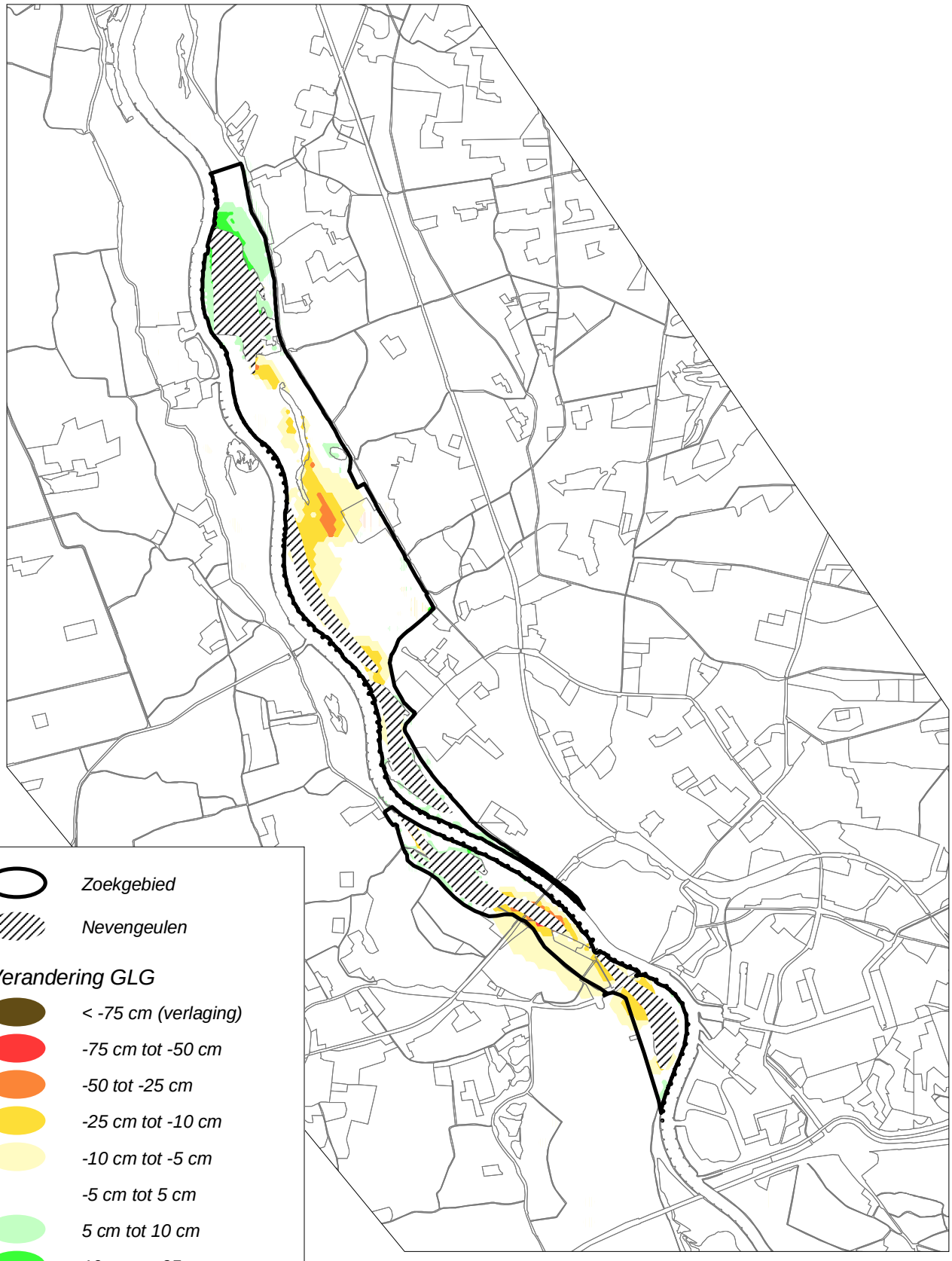
Figuur:
33b

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\Gis\MXD\9S8215.apr 0000040 948 KV



Titel:
MMA, droog jaar: verandering GLG

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

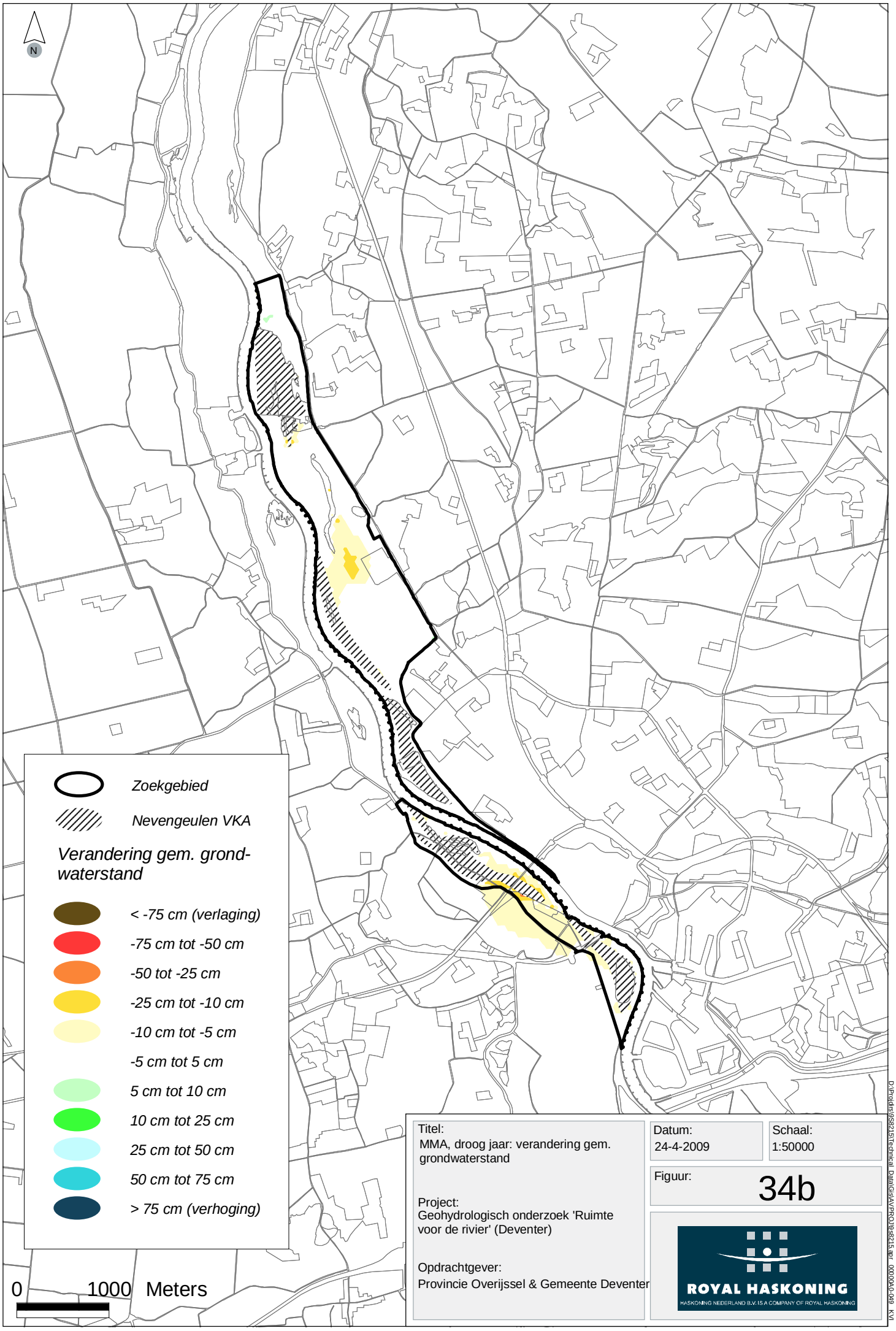
Figuur:
34

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 0000A0-045 KVI



Titel:
MMA, droog jaar: verandering gem. grondwaterstand

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

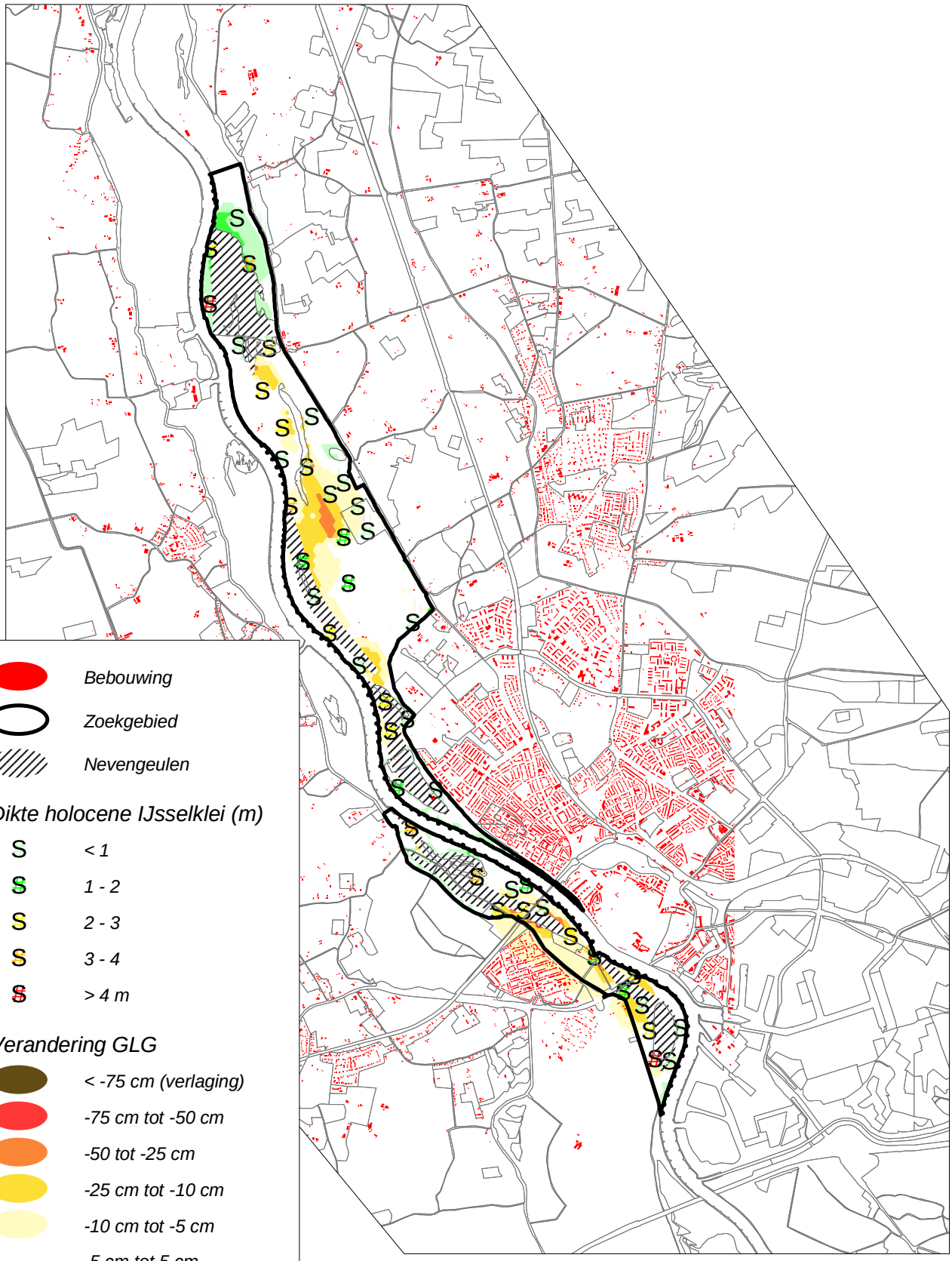
Figuur:
34b

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\Gis\AVPROJ\9s8215.apr 0000A0-049 KVL



Titel:
MMA, droog jaar: bebouwing in gebied waar de verlaging v.d. GLG > 25 cm

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

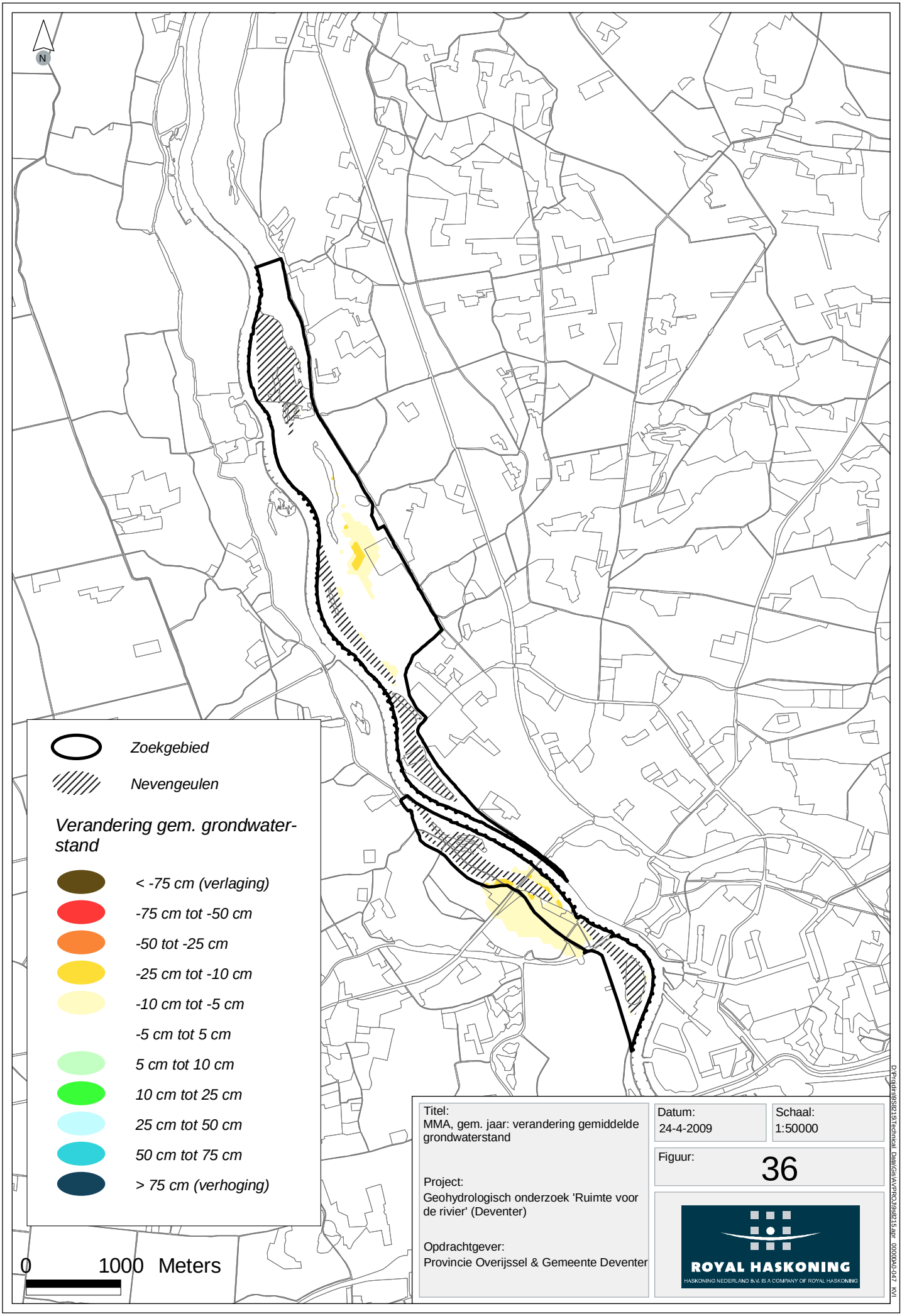
Figuur:
35

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projects\9S8215\Technical Data\GisAVPROJ\9s8215.apr 0000A0-046 KVI



Titel:
MMA, gem. jaar: verandering gemiddelde grondwaterstand

Datum:
24-4-2009

Schaal:
1:50000

Figuur:
36

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

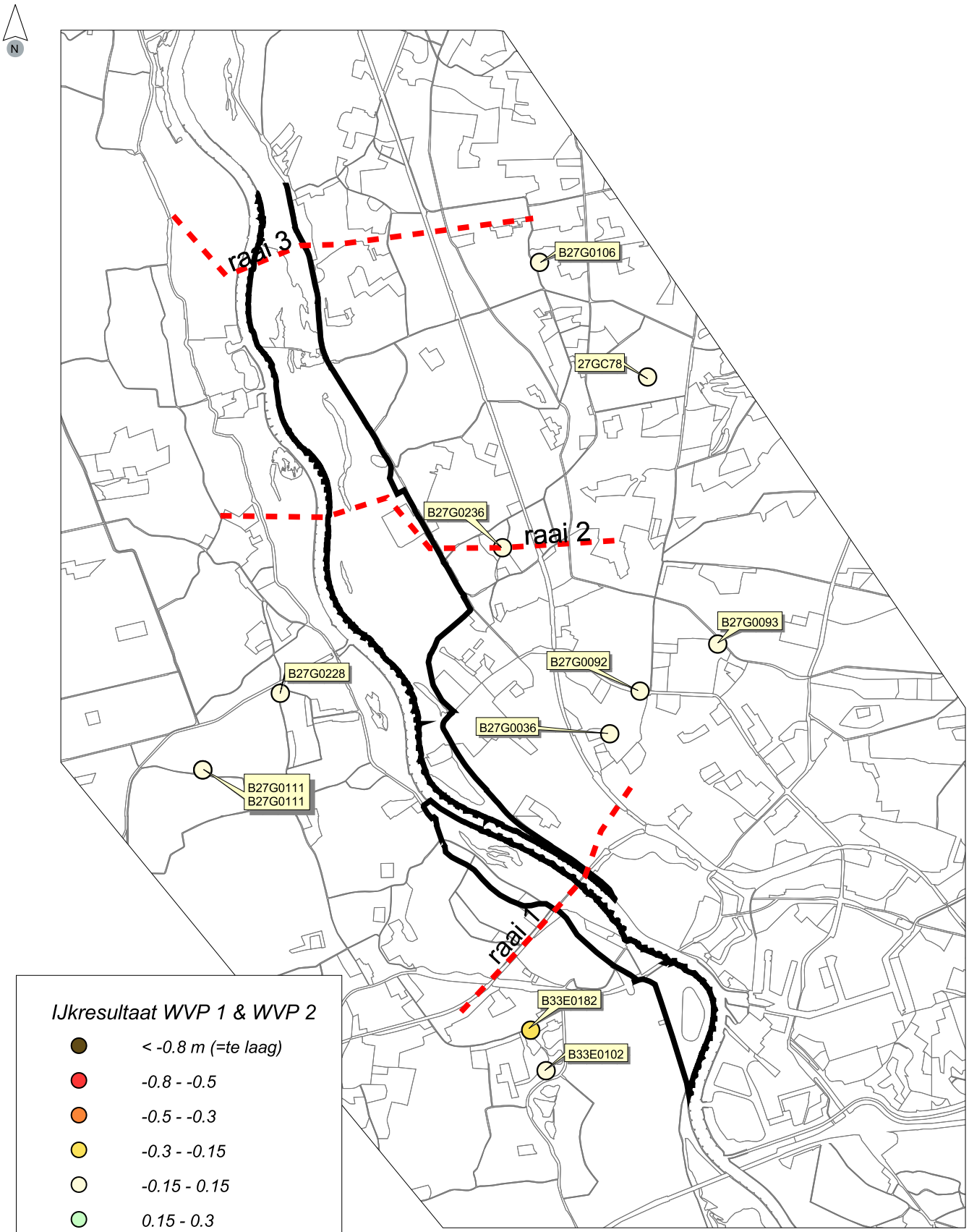
ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical Data\Gis\MXD\9s8215.apr 0000040-047 KV

A COMPANY OF

ROYAL HASKONING

Bijlage 2
IJkingsresultaten



IJkresultaat WVP 1 & WVP 2

- *< -0.8 m (=te laag)*
- *-0.8 - -0.5*
- *-0.5 - -0.3*
- *-0.3 - -0.15*
- *-0.15 - 0.15*
- *0.15 - 0.3*
- *0.3 - 0.5*
- *0.5 - 0.8*
- *> 0.8 m (=te hoog)*

0 1000 Meters

Titel:
IJkresultaat WVP 2 en WVP 3

Datum:
25-10-2007

Schaal:
1:50000

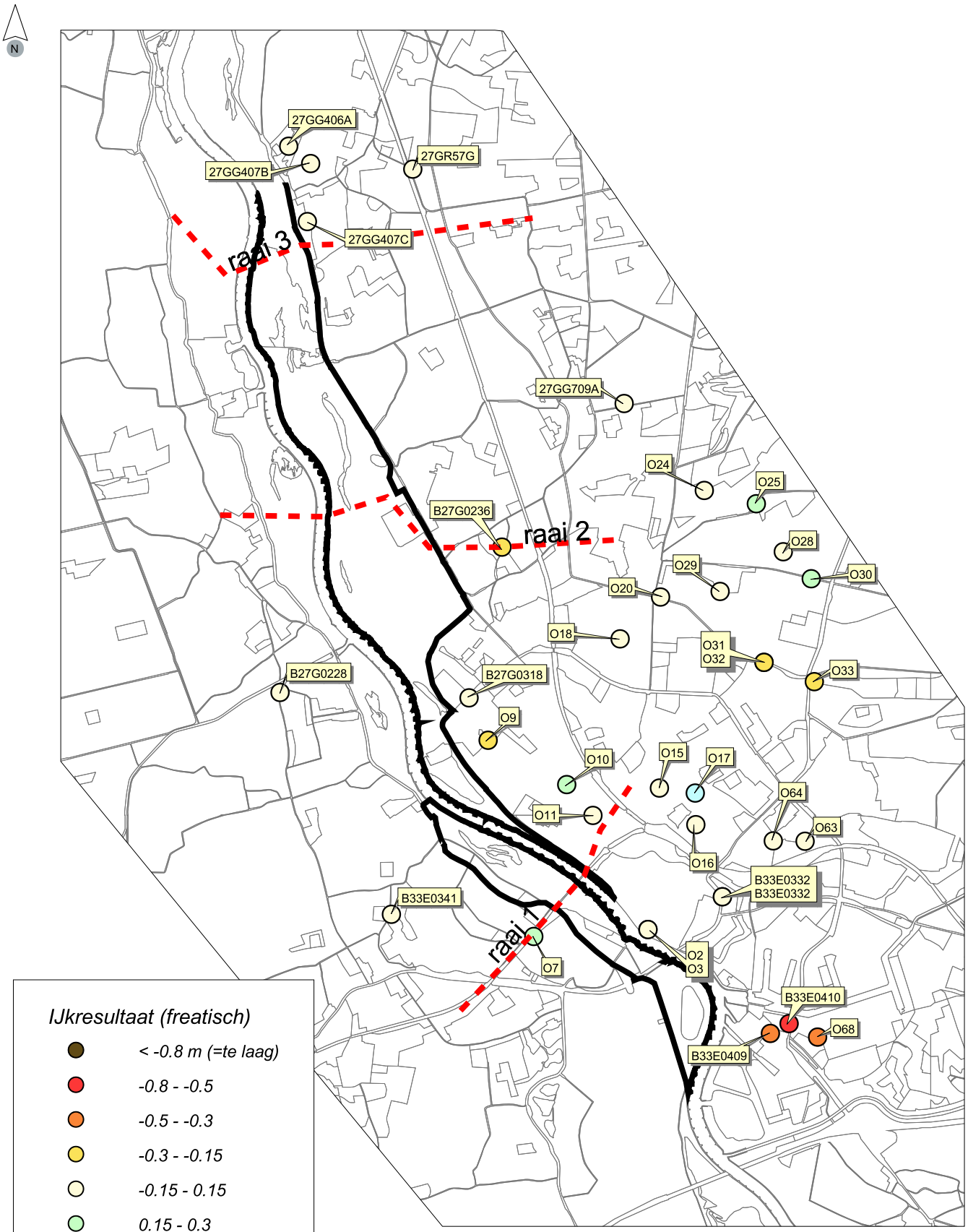
Figuur:
X.X

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel &
Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S9215\Technical_Data\GIS\MXD\9s9215.apr 000000A0-011 KVI



IJkresultaat (freatisch)

- *< -0.8 m (=te laag)*
- *-0.8 - -0.5*
- *-0.5 - -0.3*
- *-0.3 - -0.15*
- *-0.15 - 0.15*
- *0.15 - 0.3*
- *0.3 - 0.5*
- *0.5 - 0.8*
- *> 0.8 m (=te hoog)*

0 1000 Meters

Titel:
IJkresultaat (freatisch)

Project:
Geohydrologisch onderzoek
'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel
& Gemeente Deventer

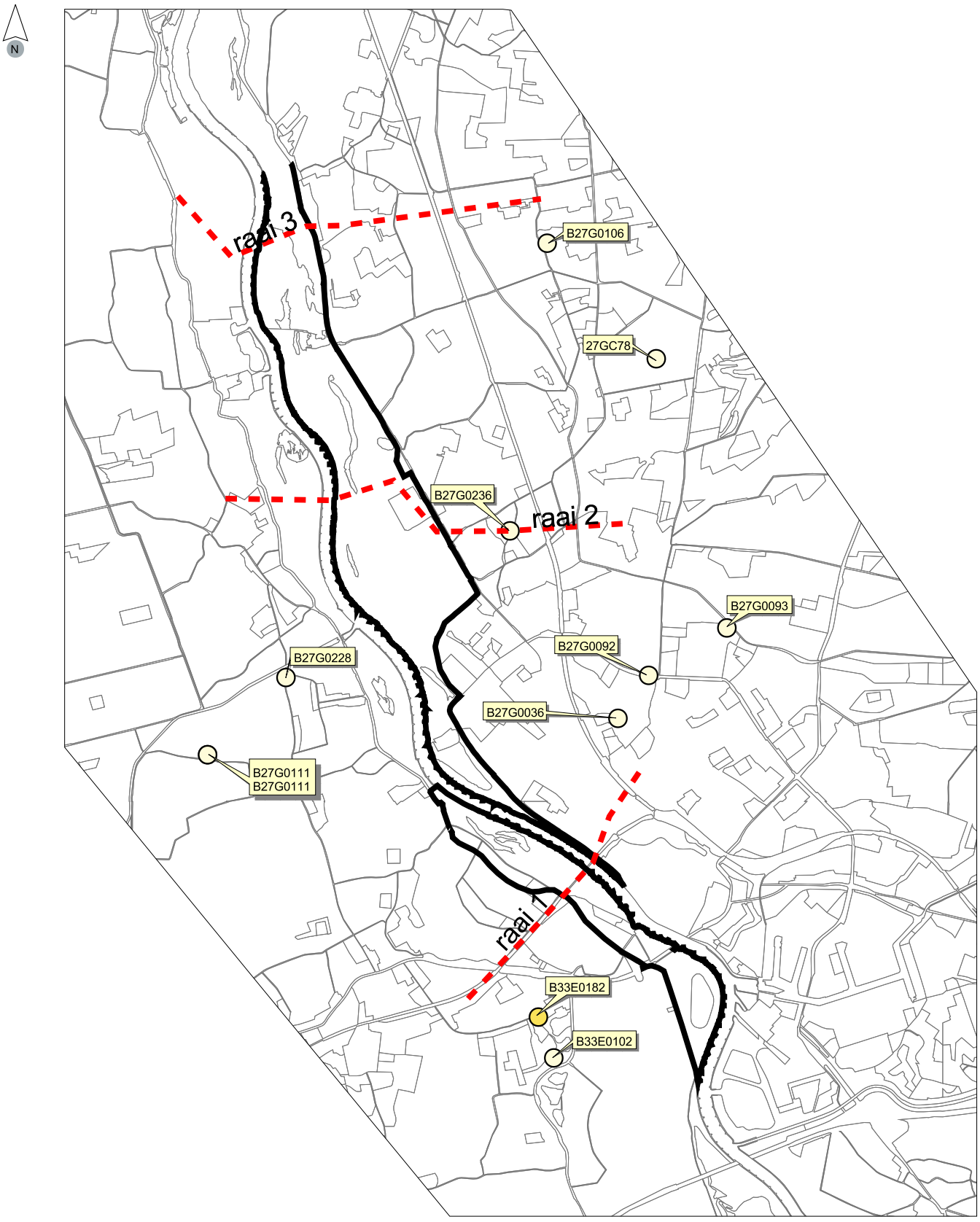
Datum: *25-10-2007*

Schaal: *1:50000*

Figuur: ***X.X***

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9S8215\Technical_Data\GIS\AVPROJ\9s8215.apr 000000A0-010 KVI

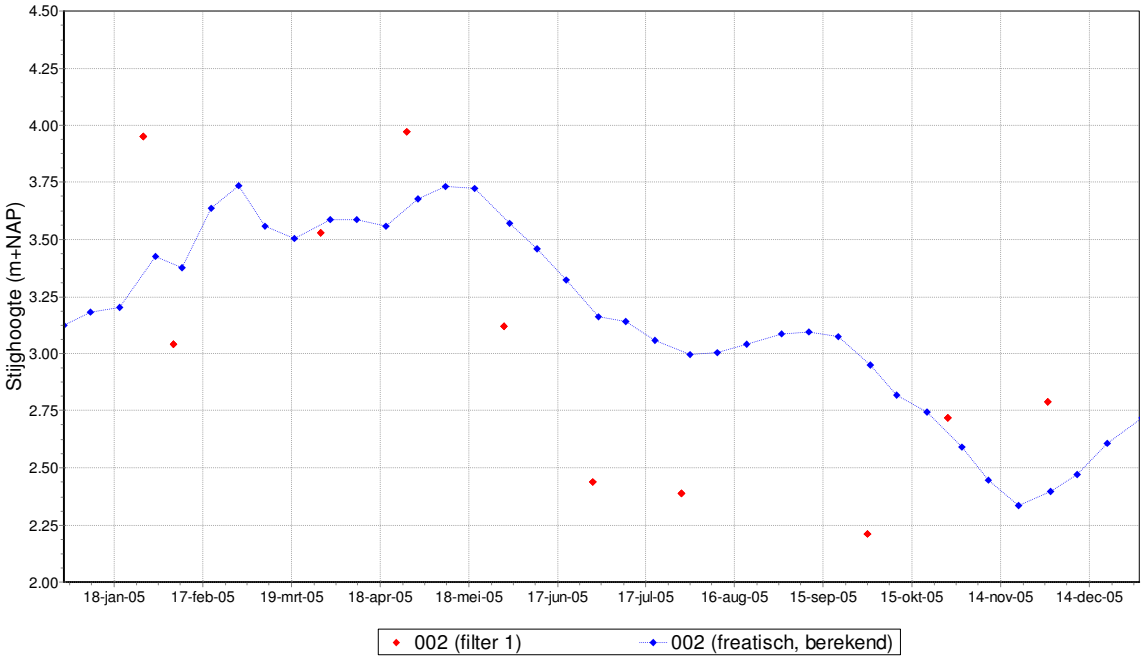


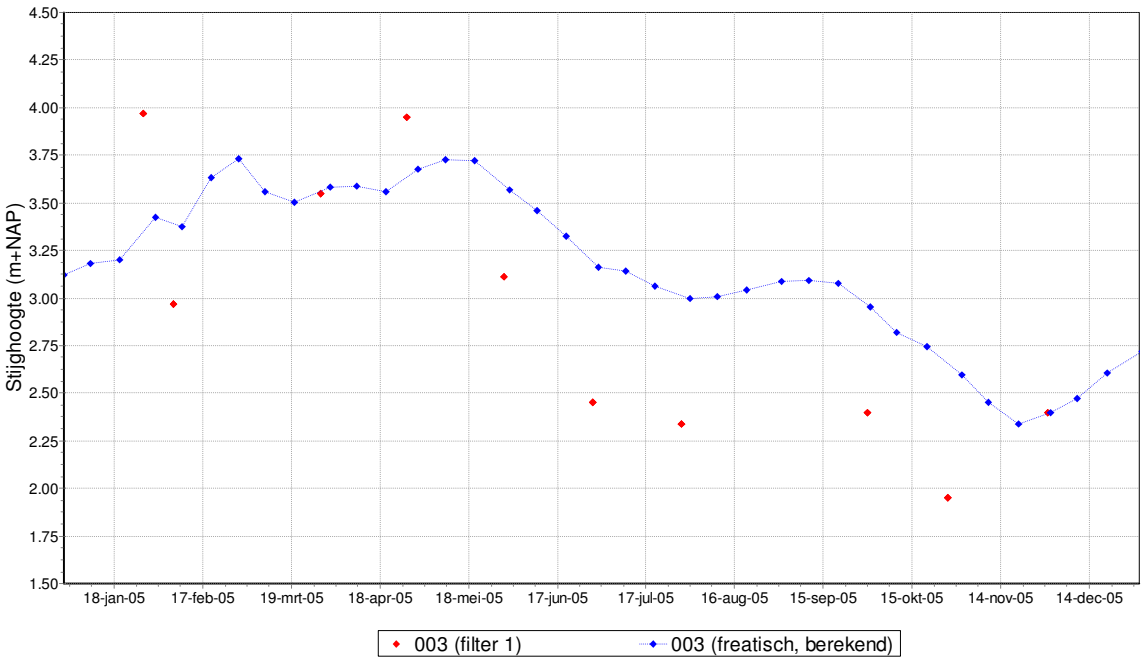
0 1000 Meters

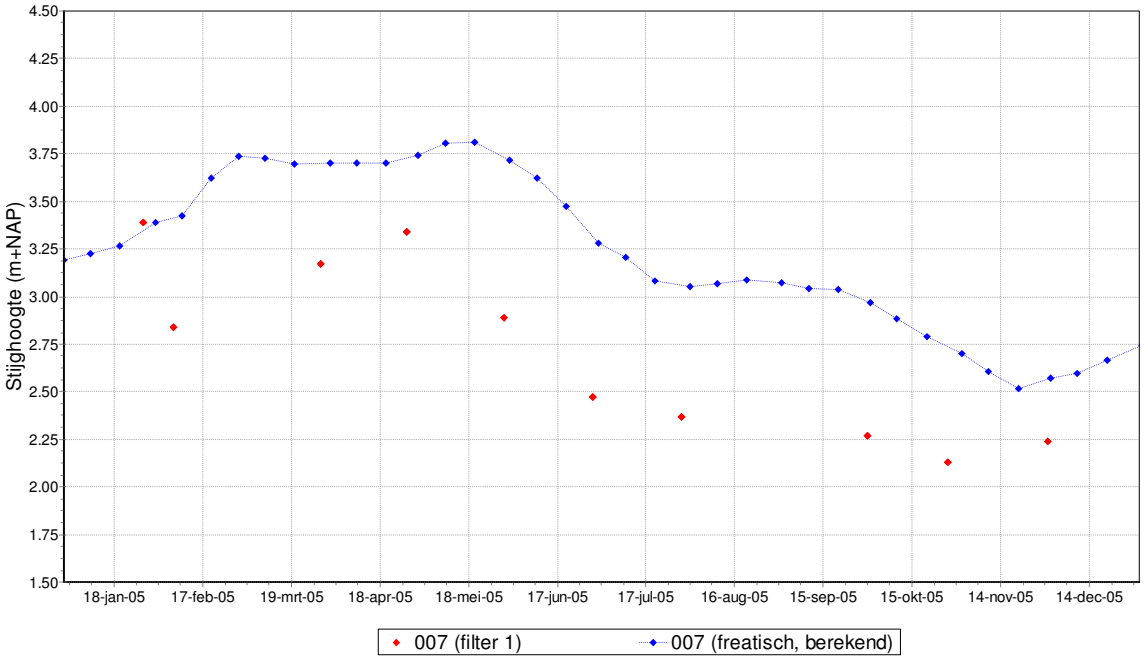
Titel: Peilbuislokaties	Datum: 19-10-2007	Schaal: 1:50000
Project: Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)	Figuur: X.X	
Opdrachtgever: Provincie Overijssel & Gemeente Deventer	ROYAL HASKONING HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING	

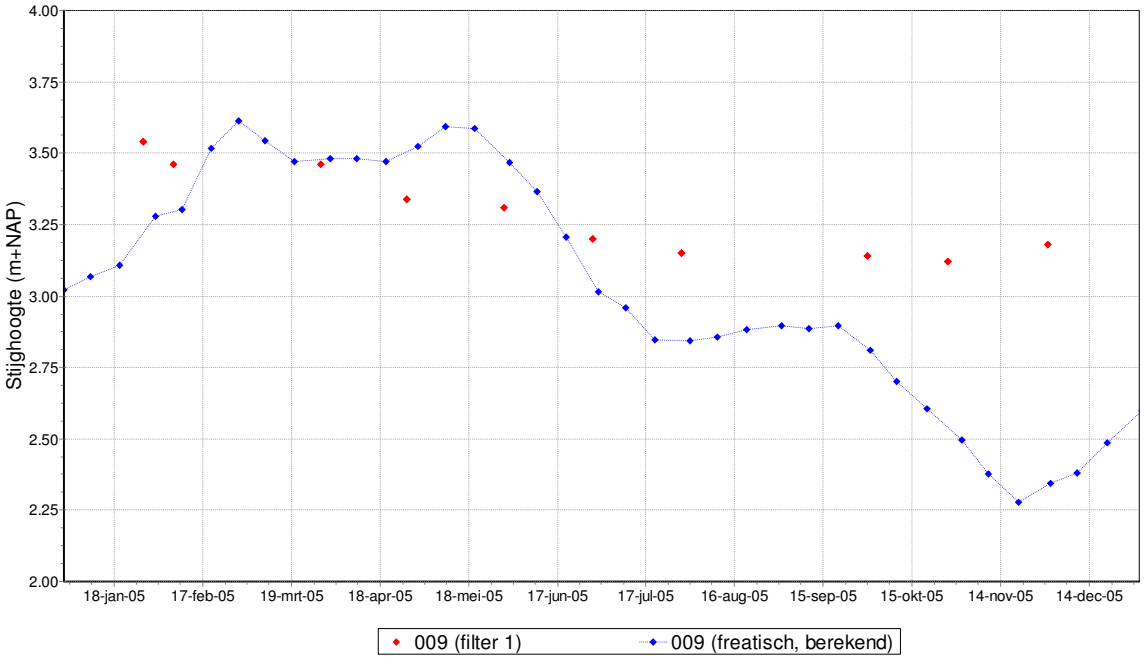
D:\Projects\9S9215\Technical_Data\GIS\MXD\9s9215.apr 0000MAC004 KVV

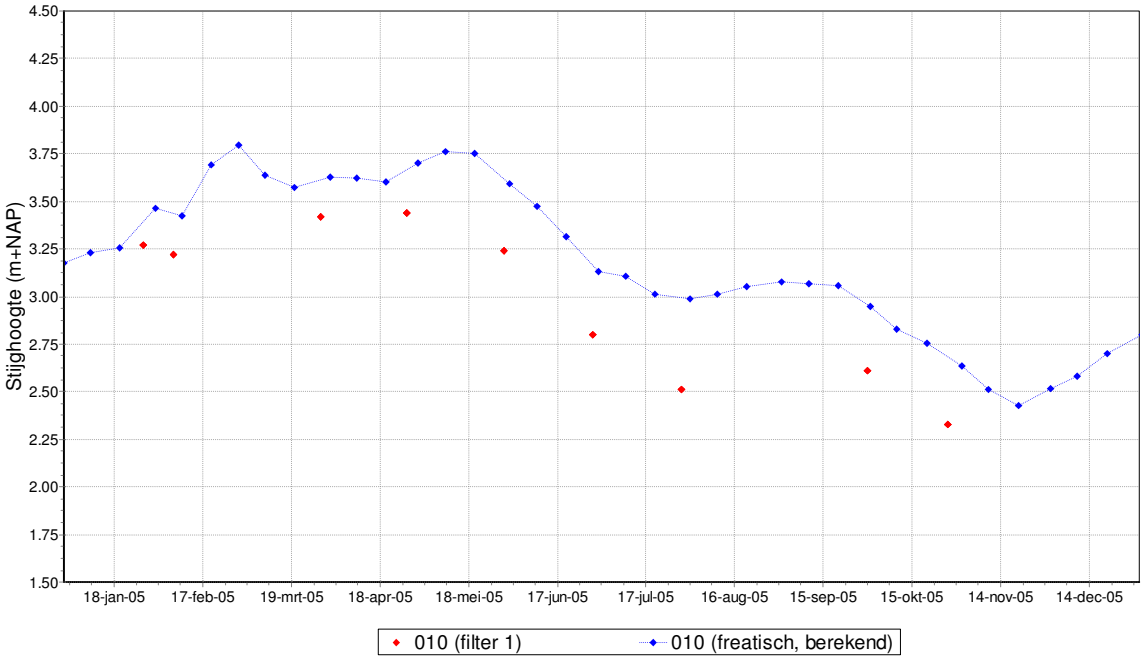
Berekende en gemeten tijdstijghoogtelijnen modellaag 1 (=freatisch).

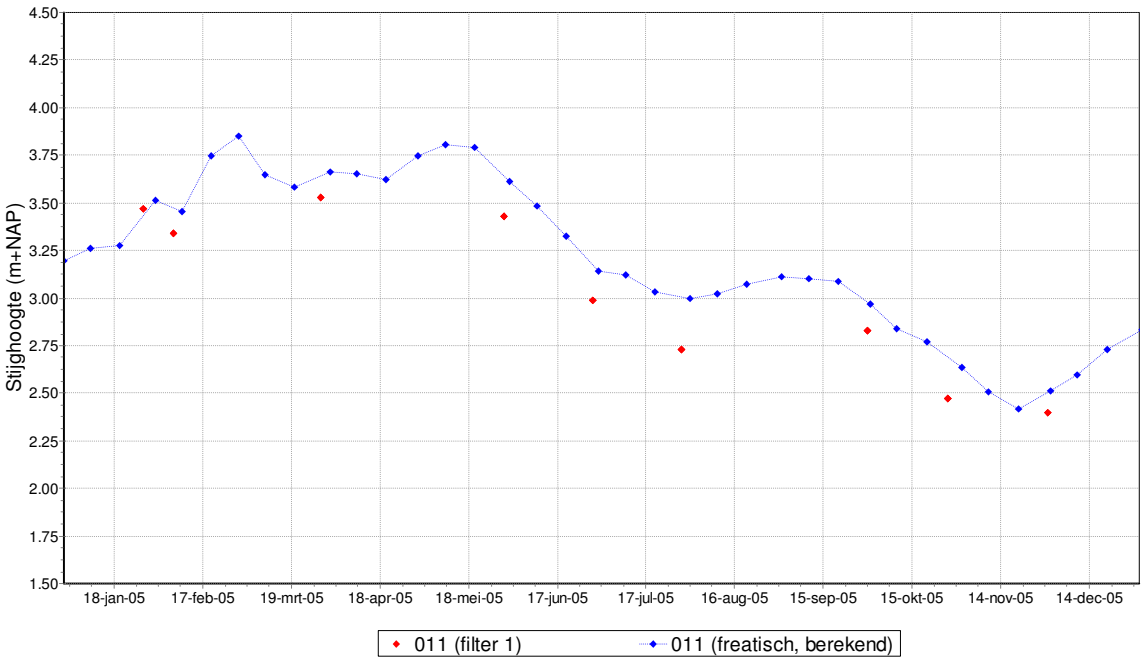

Stijghoogte (m+NAP)
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
002 (filter 1)
002 (freatisch, berekend)

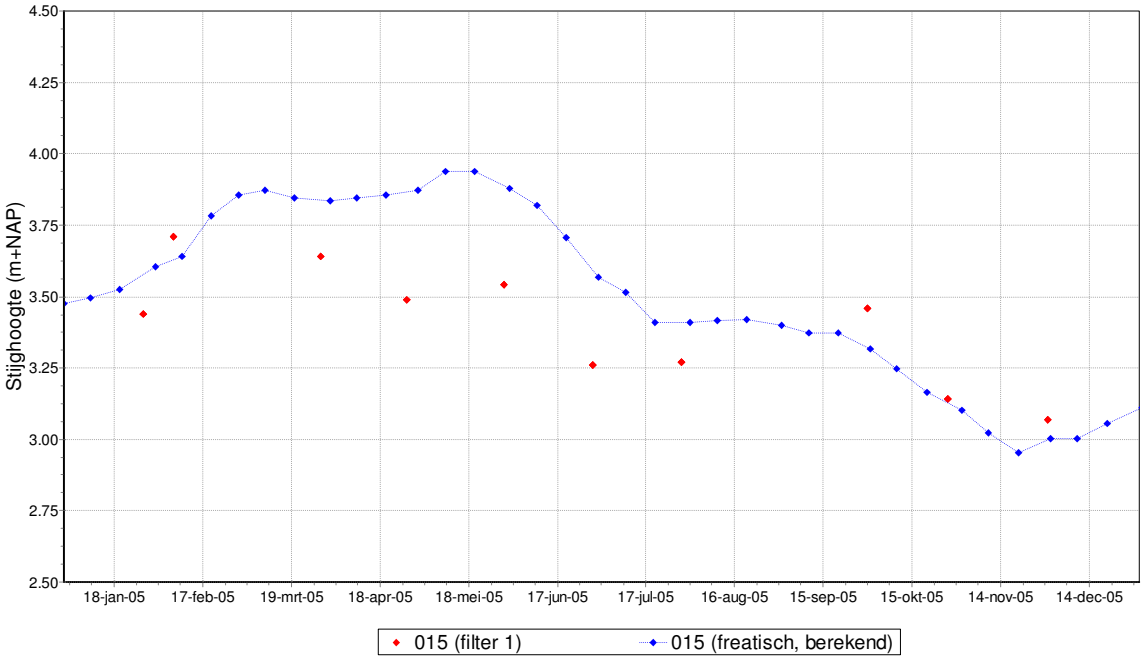

Stijghoogte (m+NAP)
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
003 (filter 1)
003 (freatisch, berekend)

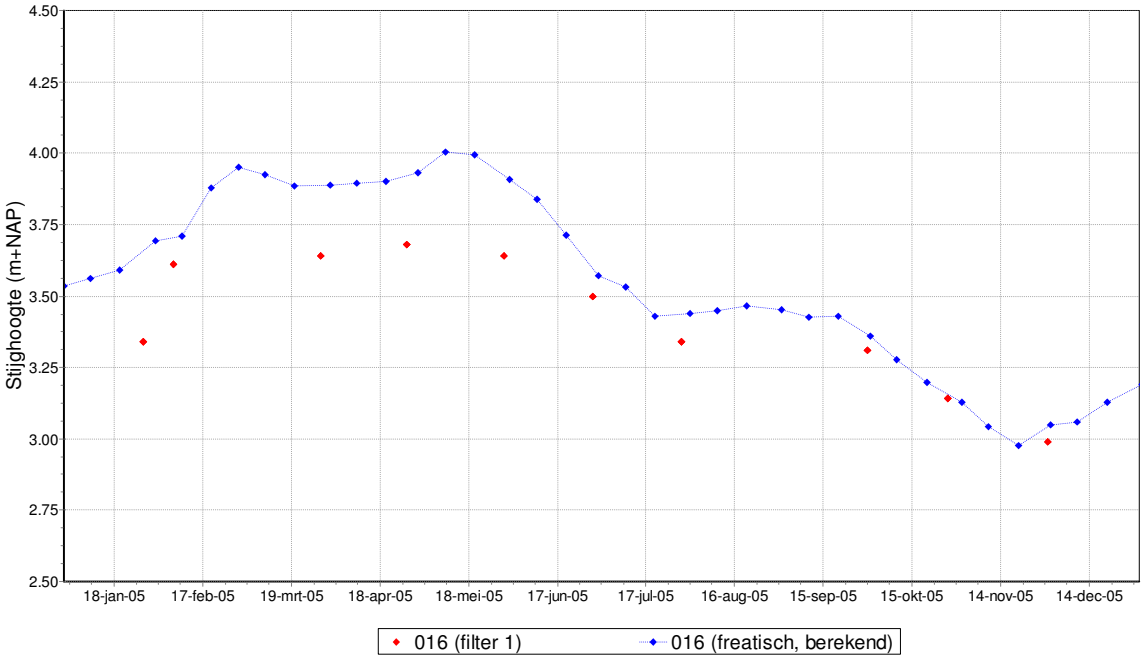

Stijghoogte (m+NAP)
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
007 (filter 1)
007 (freatisch, berekend)

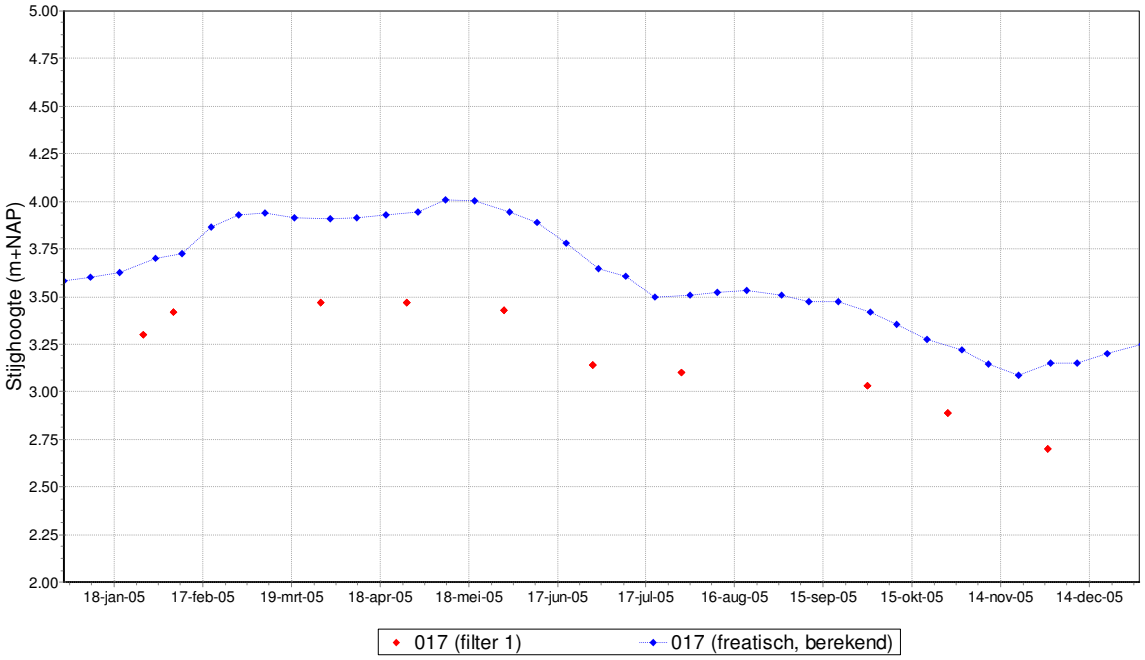

Stijghoogte (m+NAP)
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
009 (filter 1)
009 (freatisch, berekend)

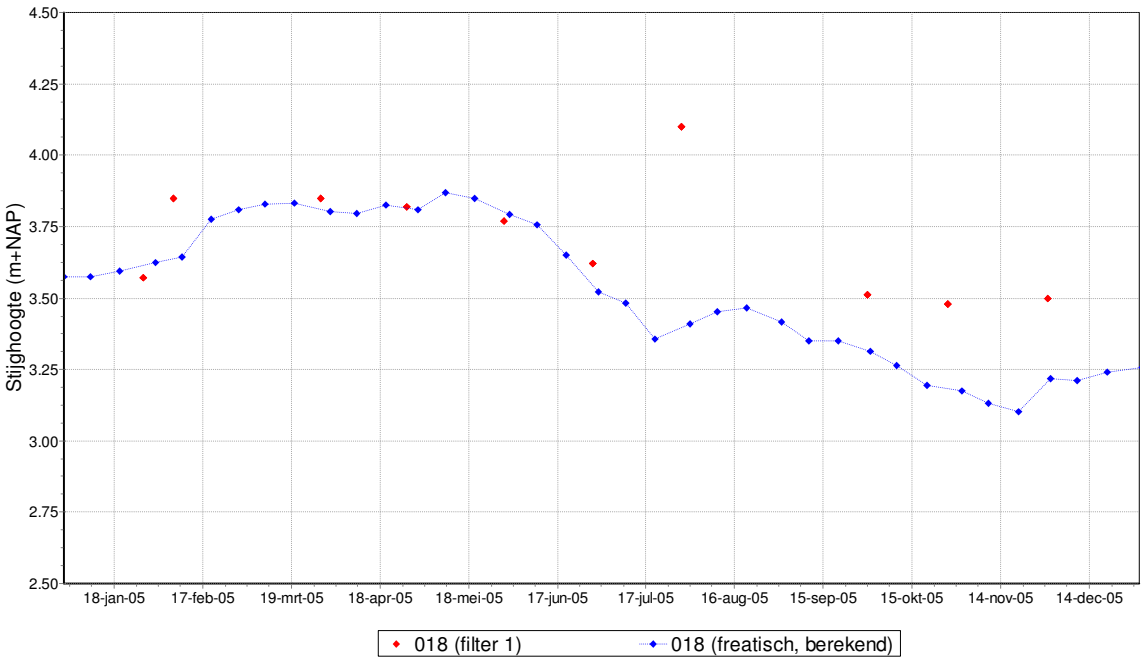

Stijghoogte (m+NAP)
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
010 (filter 1)
010 (freatisch, berekend)

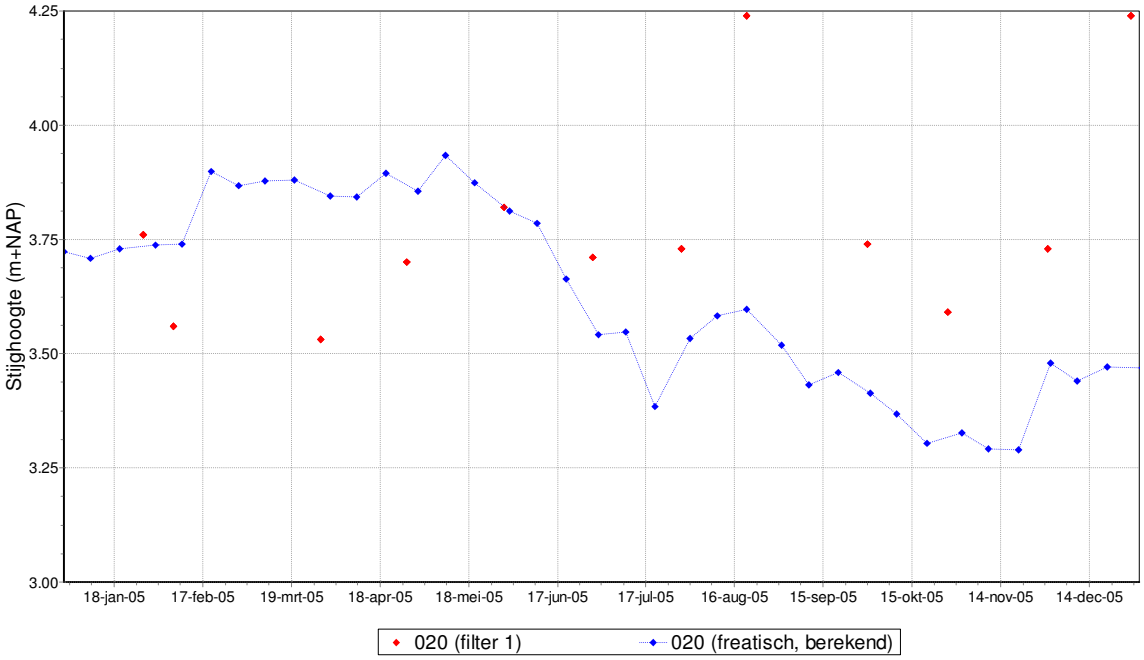

Stijghoogte (m+NAP)
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
011 (filter 1)
011 (freatisch, berekend)

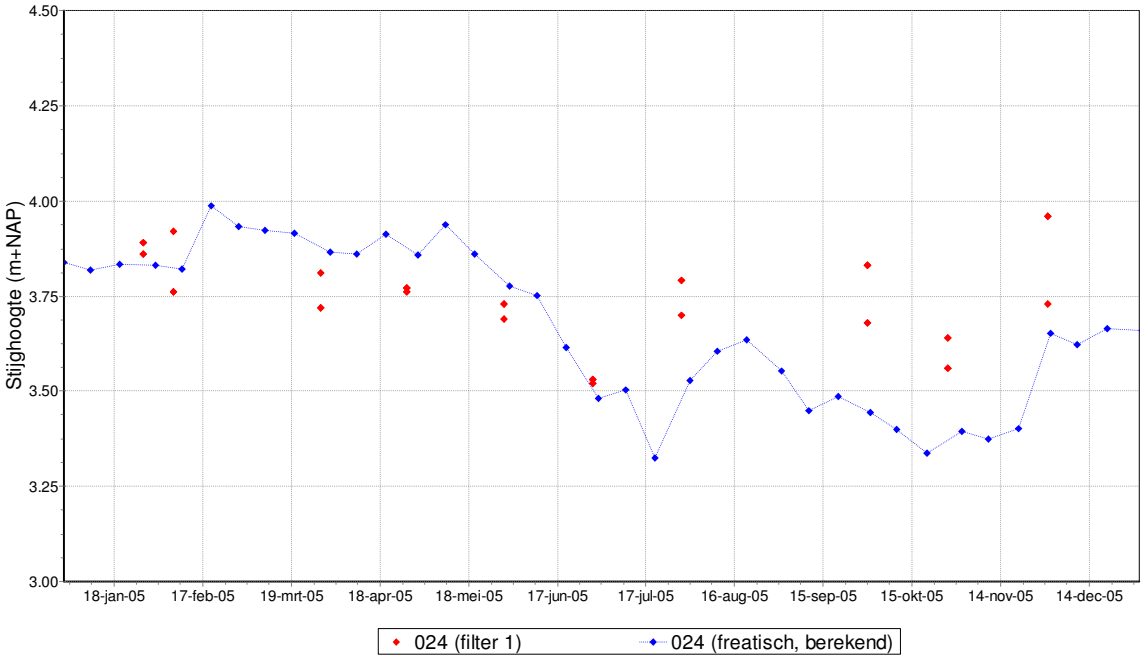

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
015 (filter 1)
015 (freatisch, berekend)

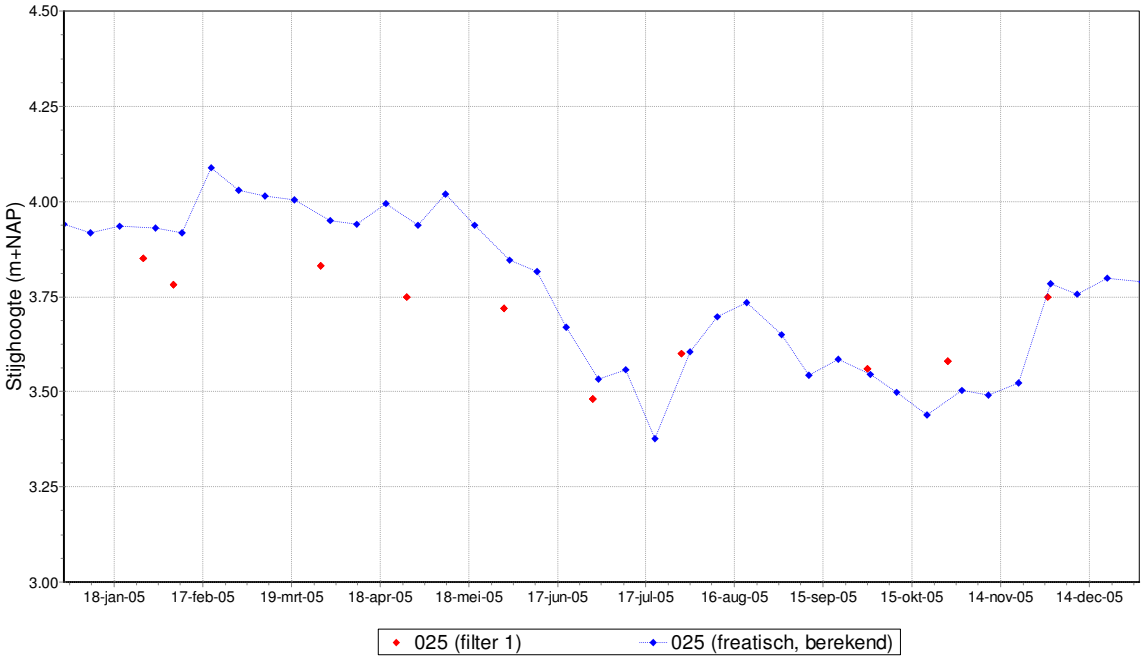

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
016 (filter 1)
016 (freatisch, berekend)

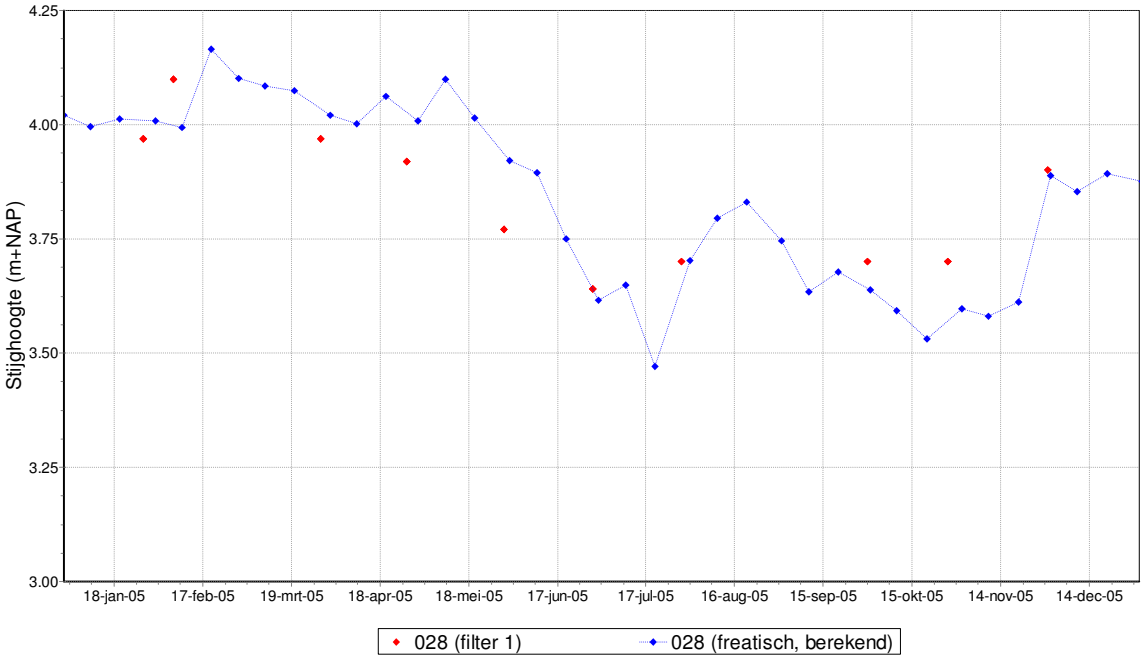

5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
017 (filter 1)
017 (freatisch, berekend)

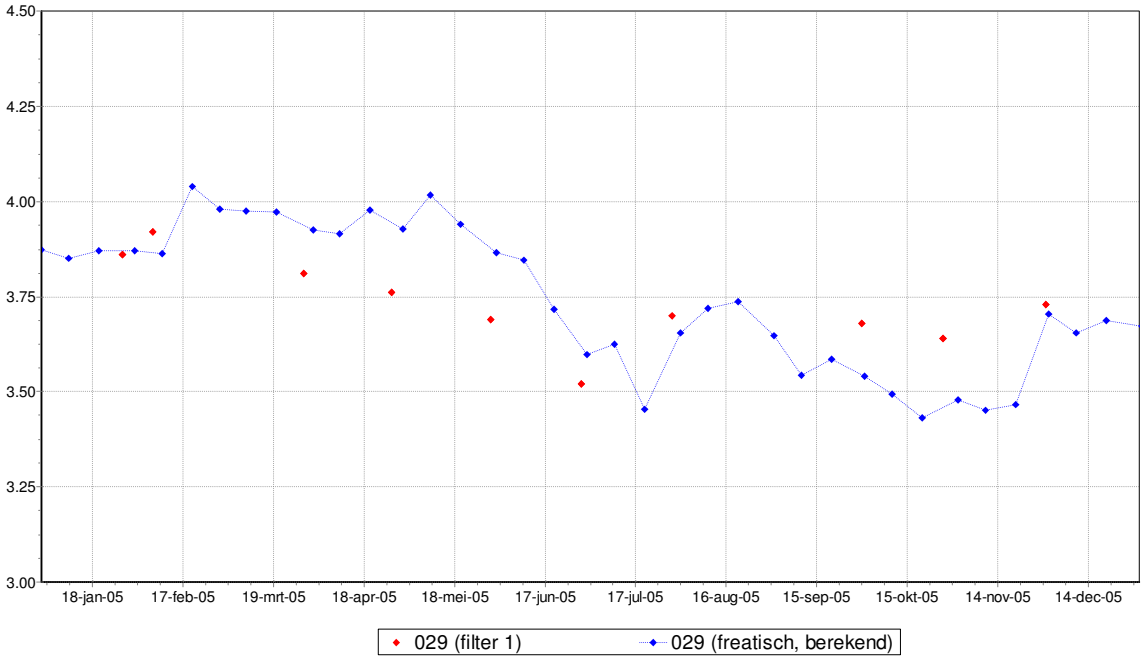

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
018 (filter 1)
018 (freatisch, berekend)

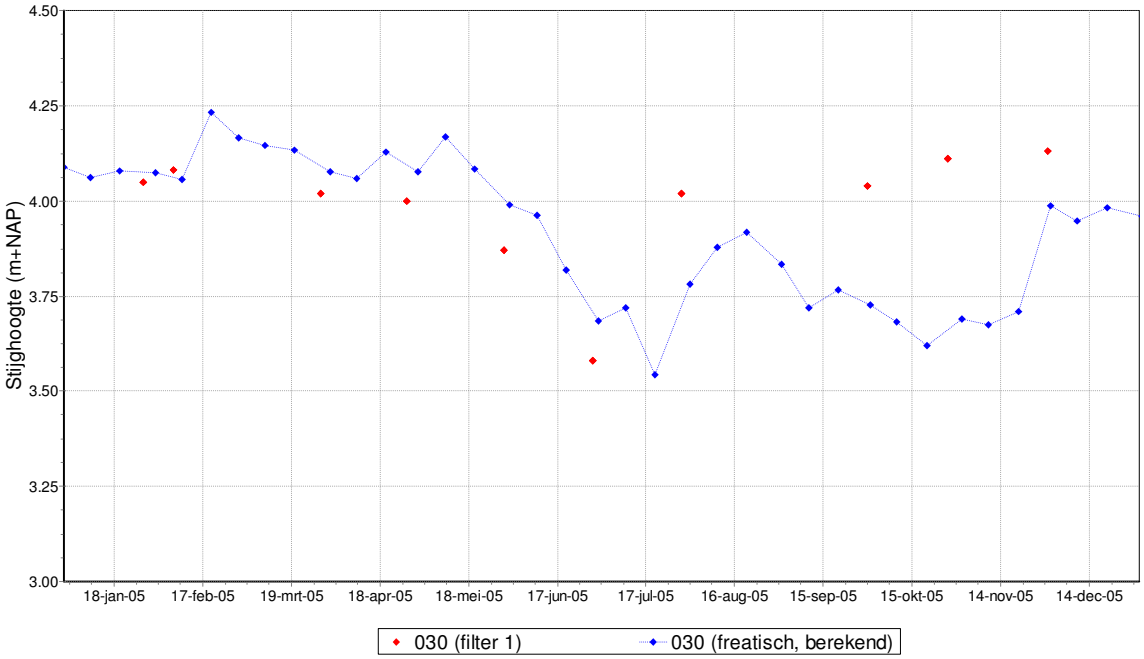

4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
020 (filter 1)
020 (freatisch, berekend)

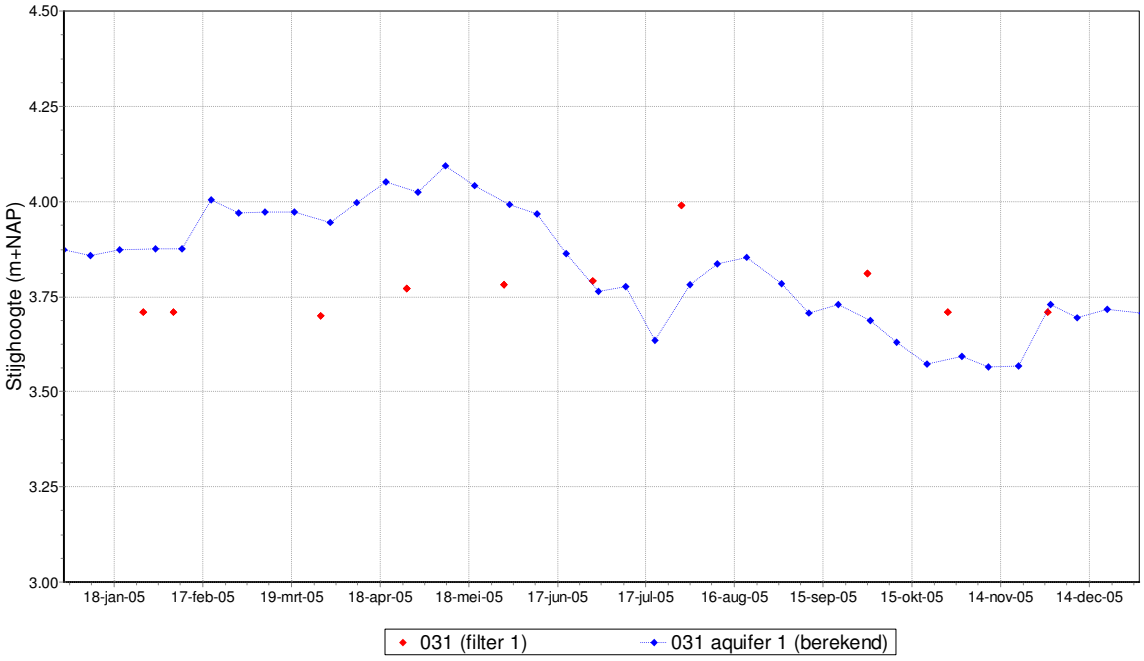

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
024 (filter 1)
024 (freatisch, berekend)

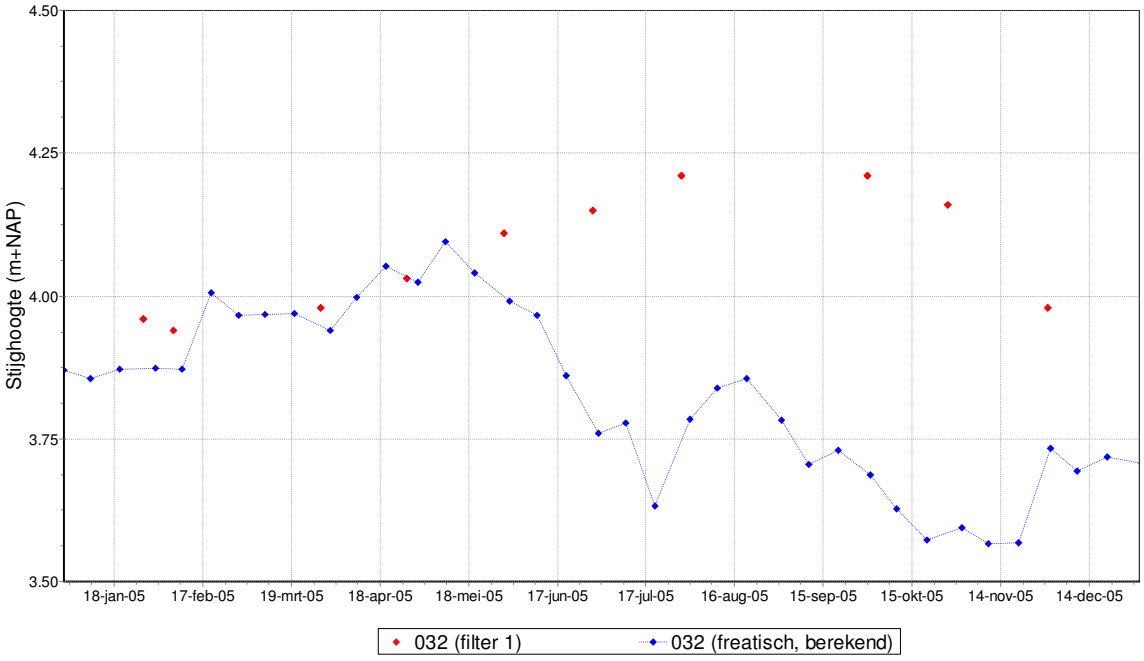

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
025 (filter 1)
025 (freatisch, berekend)

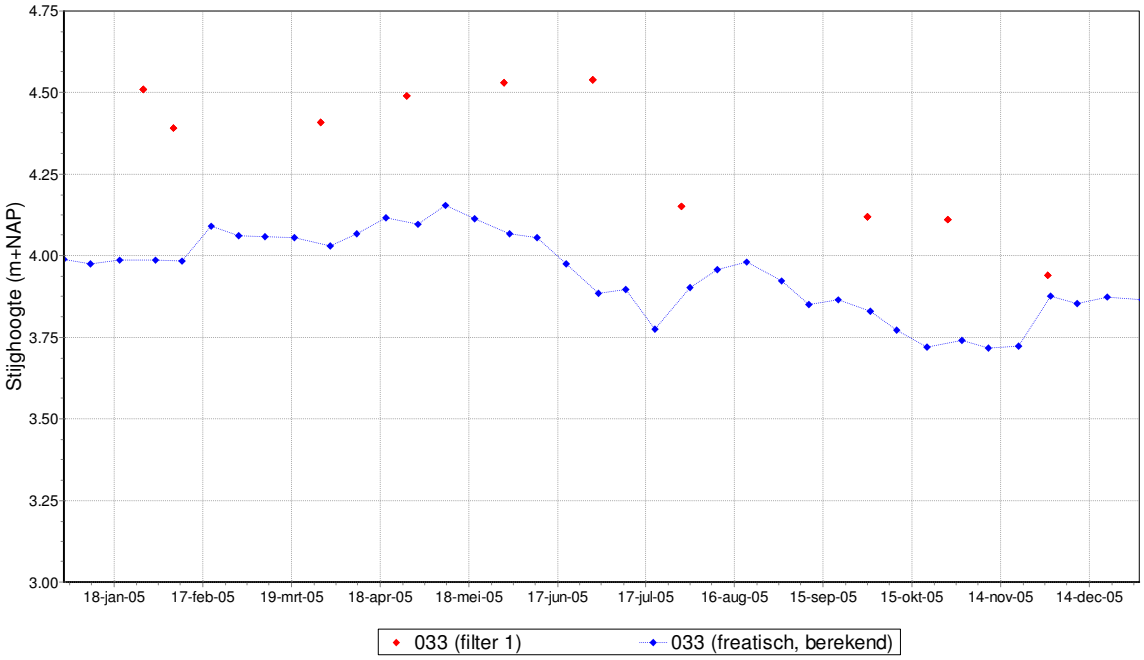

4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
028 (filter 1)
028 (freatisch, berekend)

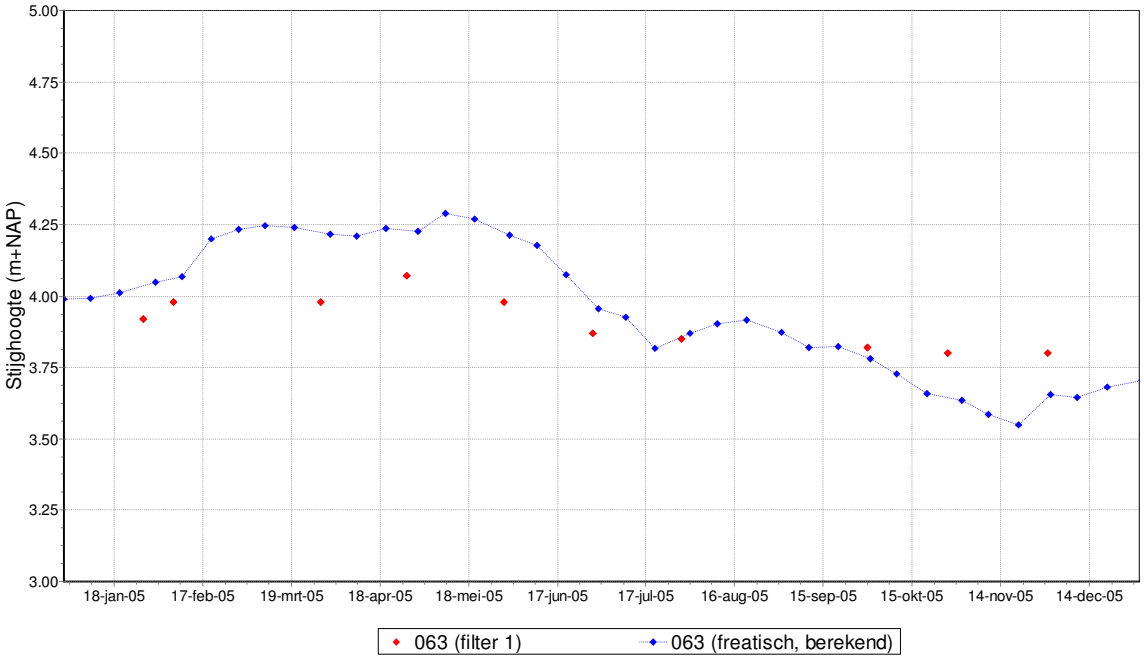

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
029 (filter 1)
029 (freatisch, berekend)

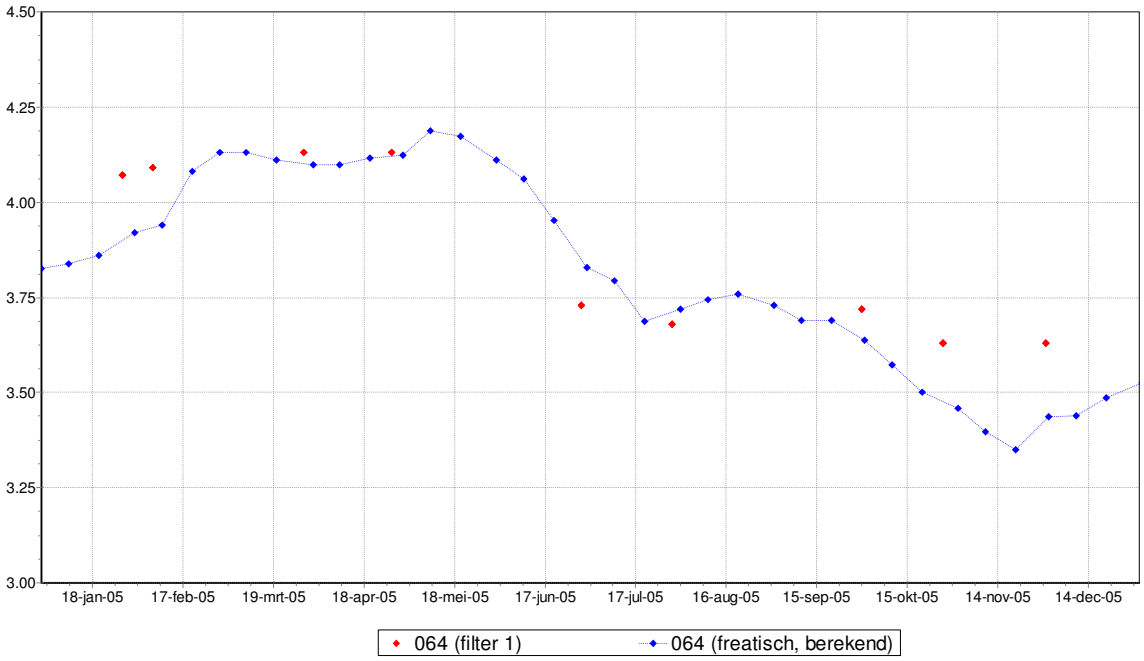

Stijghoogte (m+NAP)
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
030 (filter 1)
030 (freatisch, berekend)

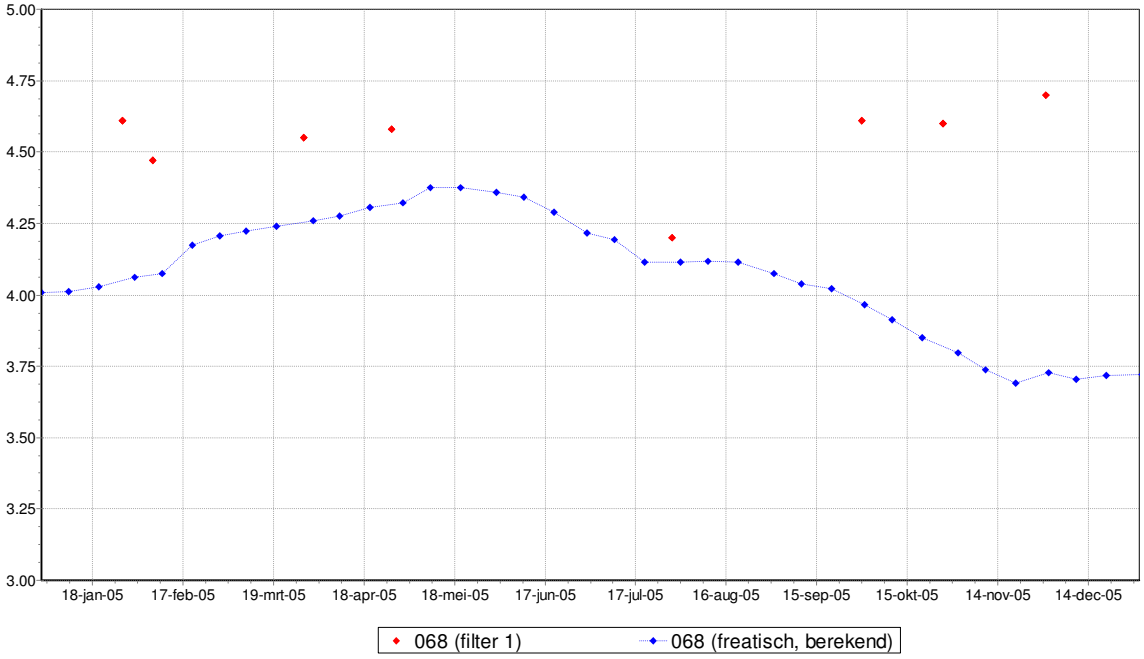

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
031 (filter 1)
031 aquifer 1 (berekend)

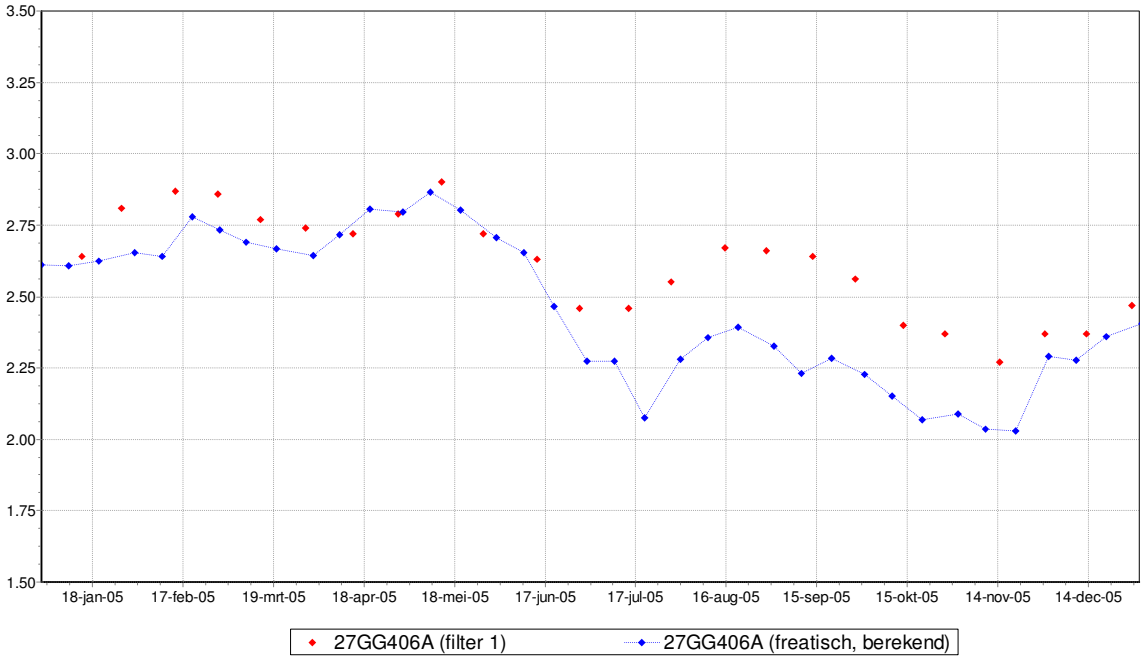

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
032 (filter 1)
032 (freatisch, berekend)

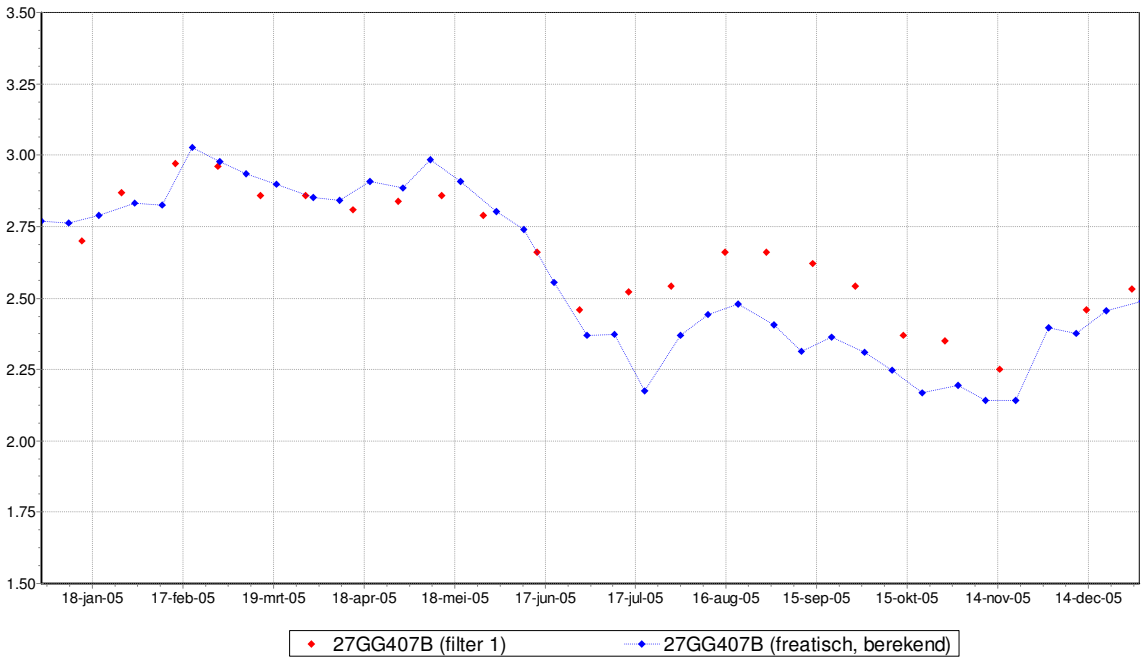

4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
033 (filter 1)
033 (freatisch, berekend)

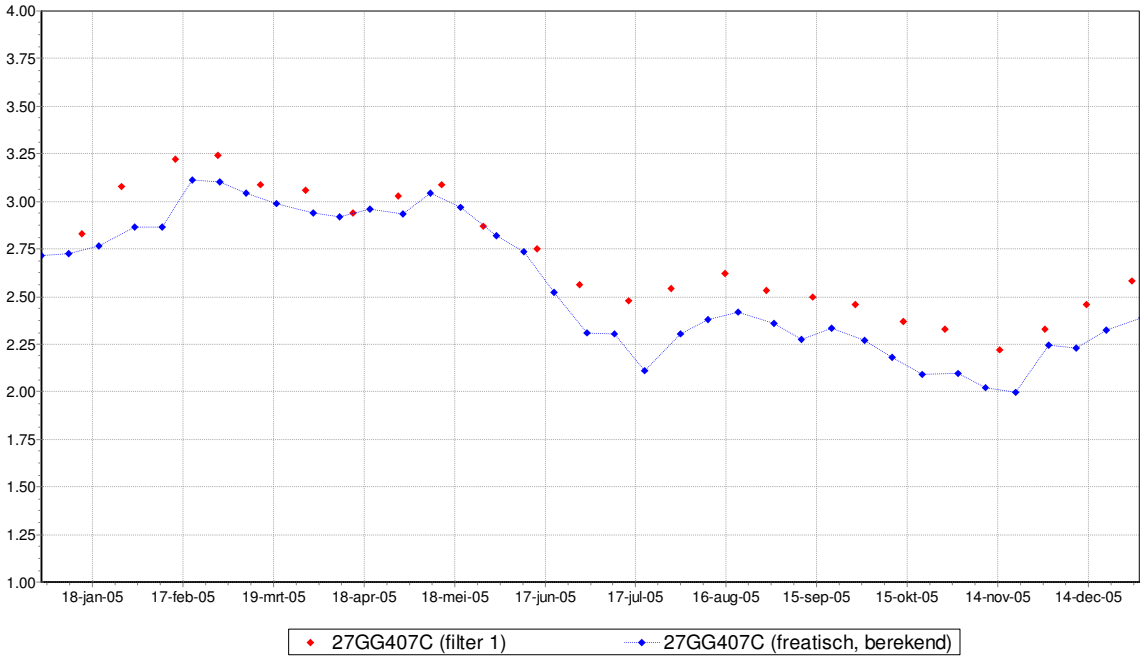

5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
Stijghoogte (m+NAP)
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
063 (filter 1)
063 (freatisch, berekend)

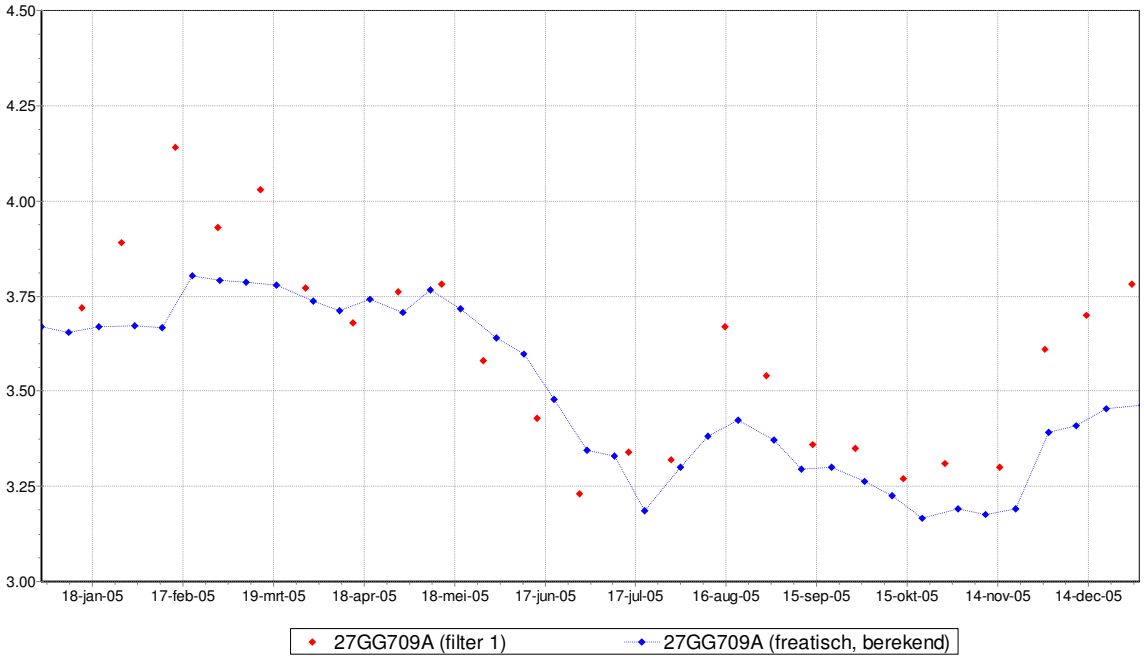

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
064 (filter 1)
064 (freatisch, berekend)

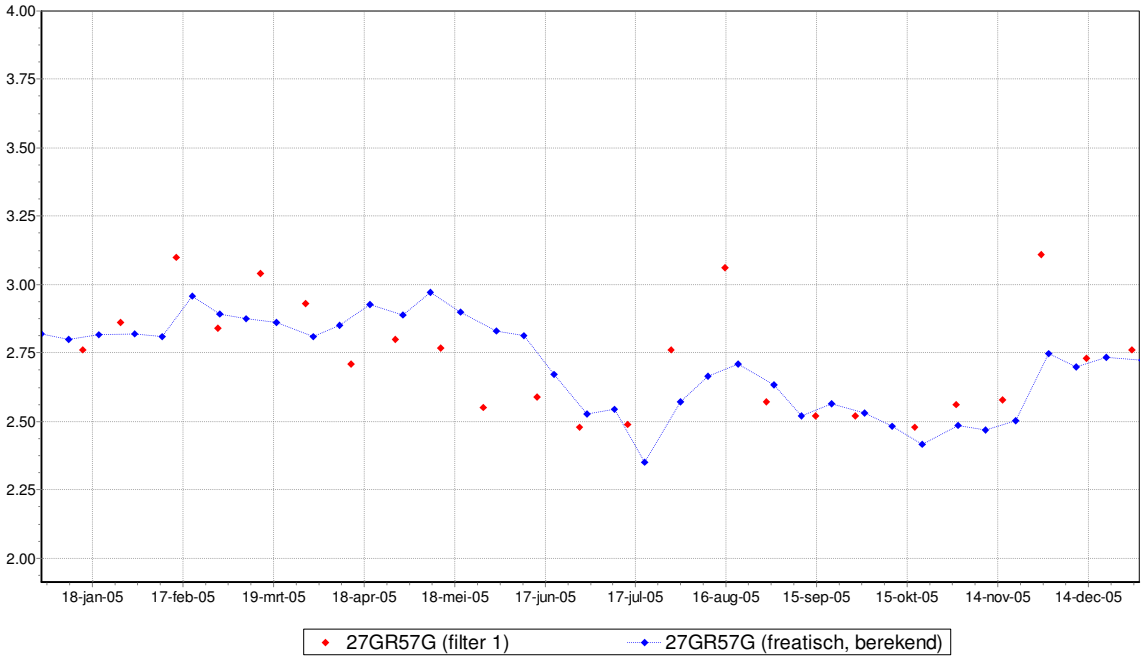

5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
068 (filter 1)
068 (freatisch, berekend)

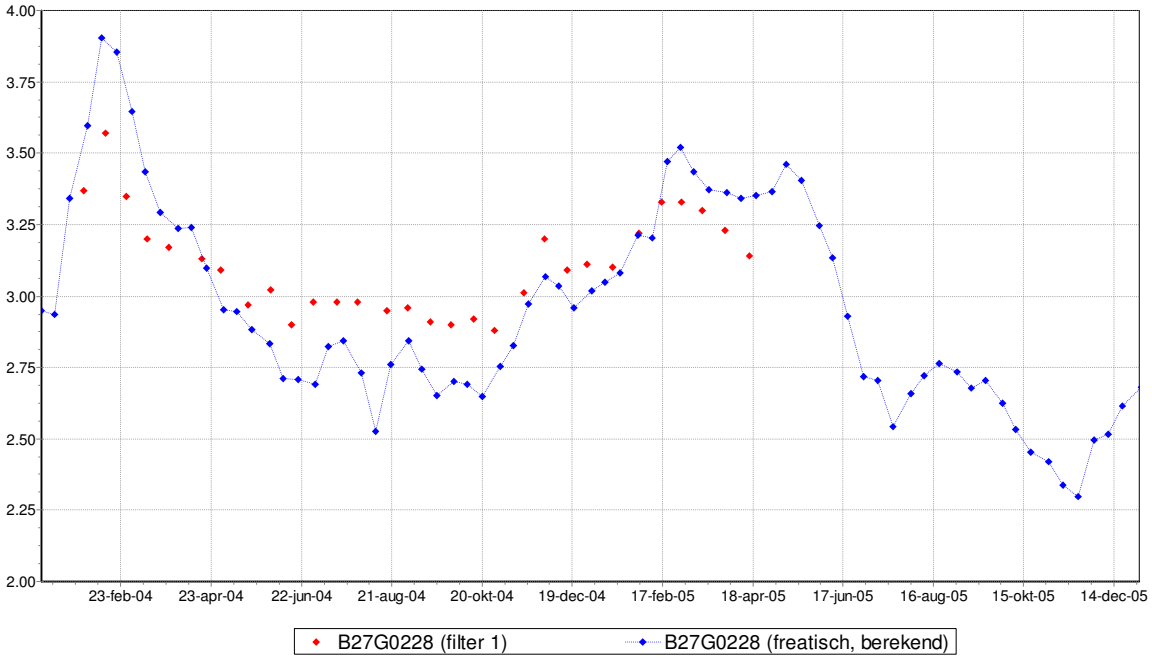

3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
27GG406A (filter 1)
27GG406A (freatisch, berekend)

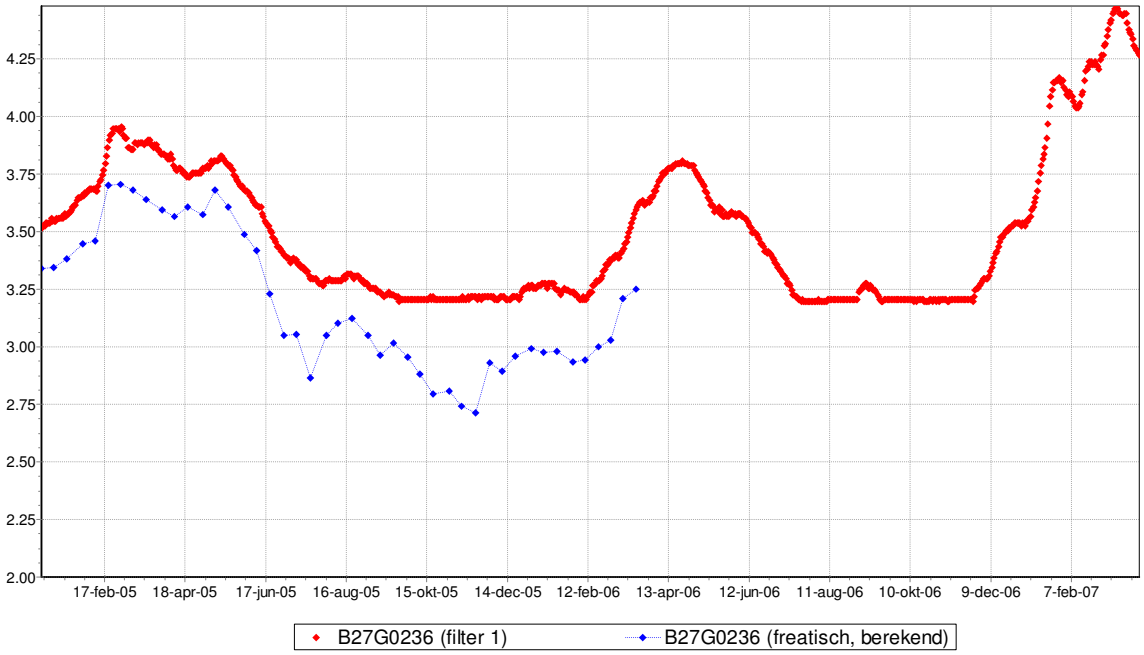

3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
27GG407B (filter 1)
27GG407B (freatisch, berekend)

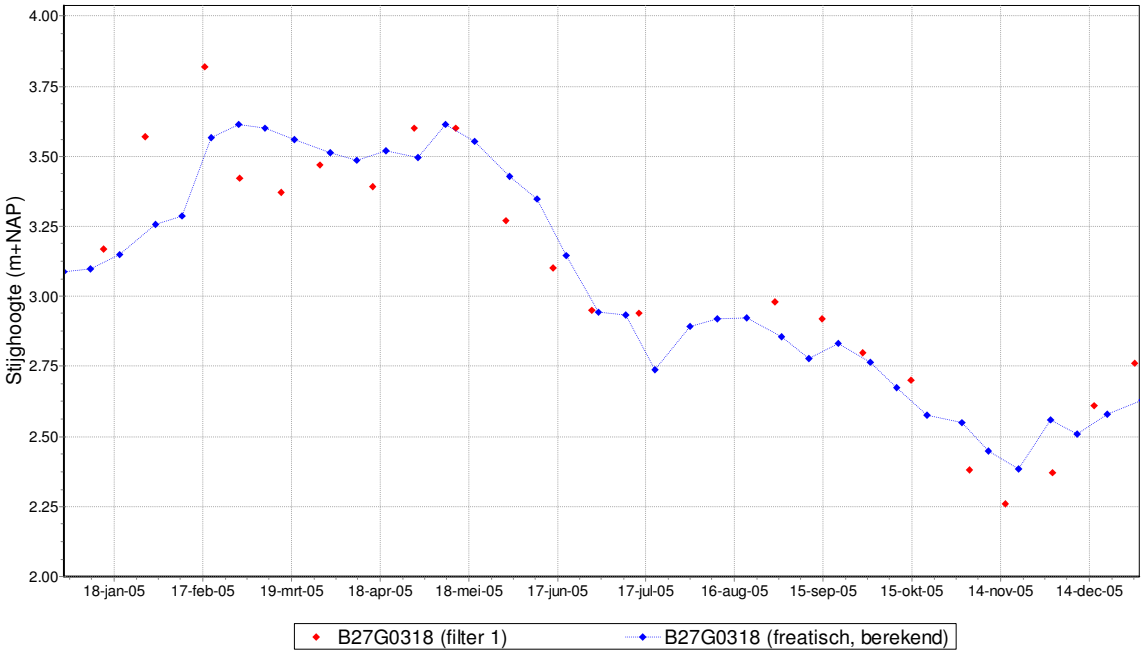

4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
1.25
1.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
27GG407C (filter 1)
27GG407C (freatisch, berekend)

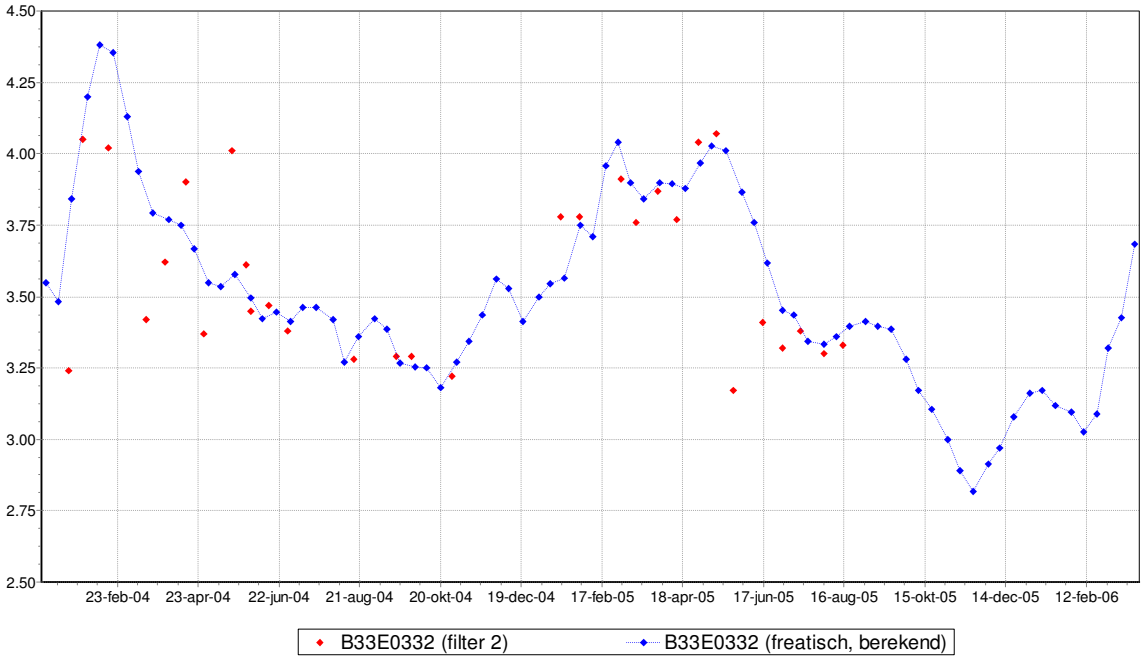

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
27GG709A (filter 1)
27GG709A (freatisch, berekend)

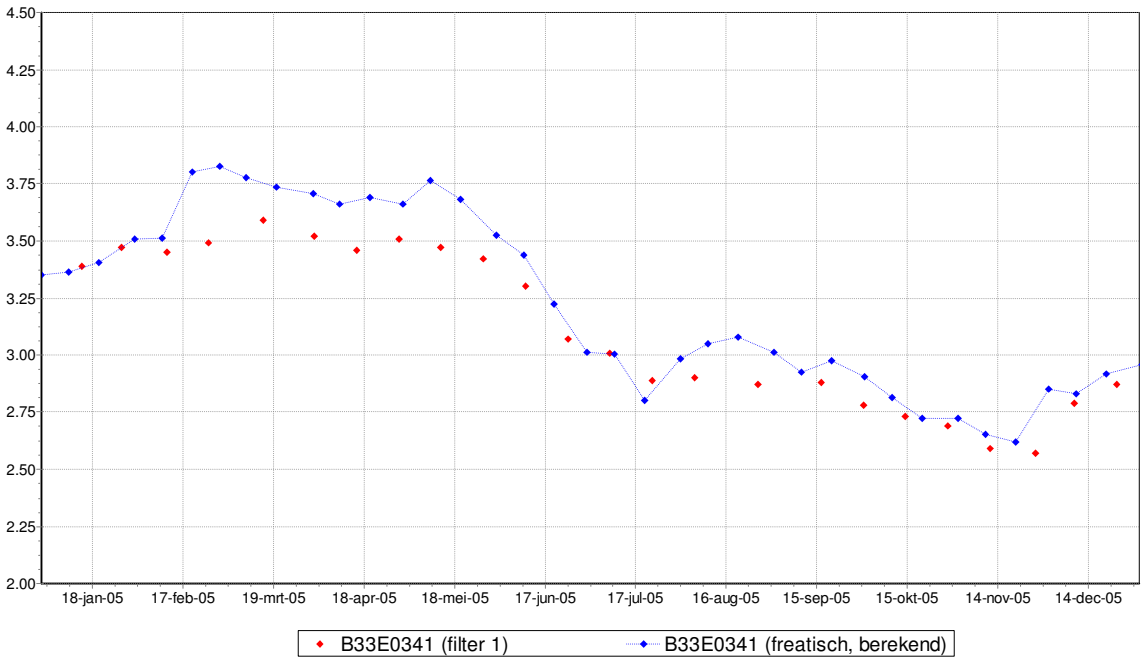

4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
27GR57G (filter 1)
27GR57G (freatisch, berekend)

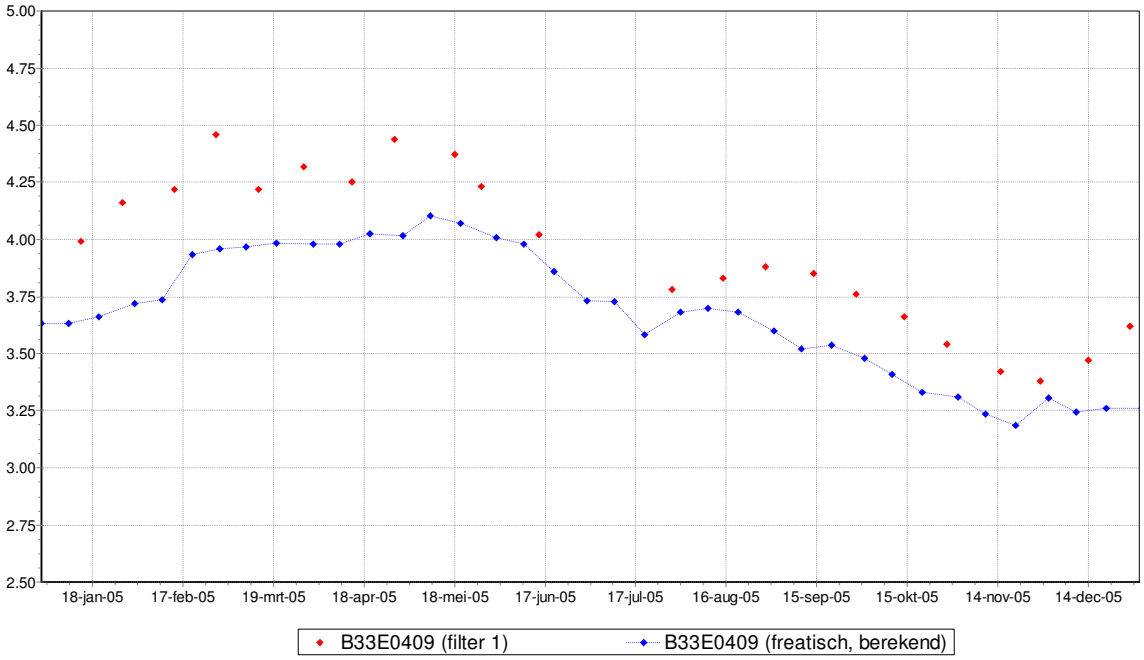

4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
23-feb-04
23-apr-04
22-jun-04
21-aug-04
20-okt-04
19-dec-04
17-feb-05
18-apr-05
17-jun-05
16-aug-05
15-okt-05
14-dec-05
B27G0228 (filter 1)
B27G0228 (freatisch, berekend)

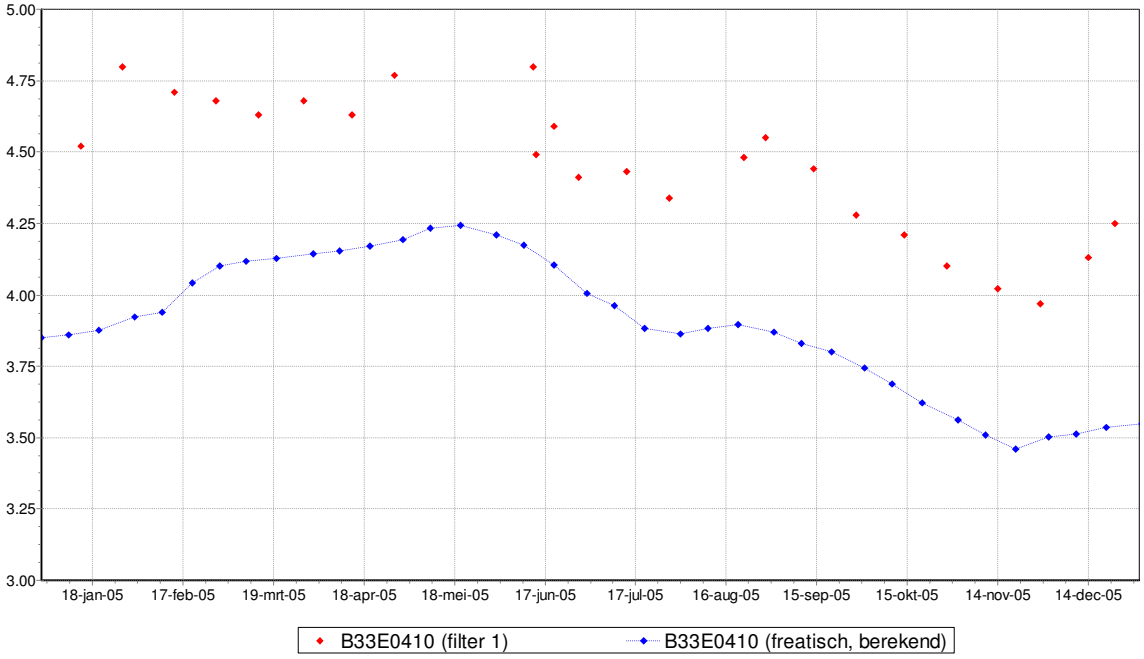

4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
17-feb-05
18-apr-05
17-jun-05
16-aug-05
15-okt-05
14-dec-05
12-feb-06
13-apr-06
12-jun-06
11-aug-06
10-okt-06
9-dec-06
7-feb-07
B27G0236 (filter 1)
B27G0236 (freatisch, berekend)


Stijghoogte (m+NAP)
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B27G0318 (filter 1)
B27G0318 (freatisch, berekend)

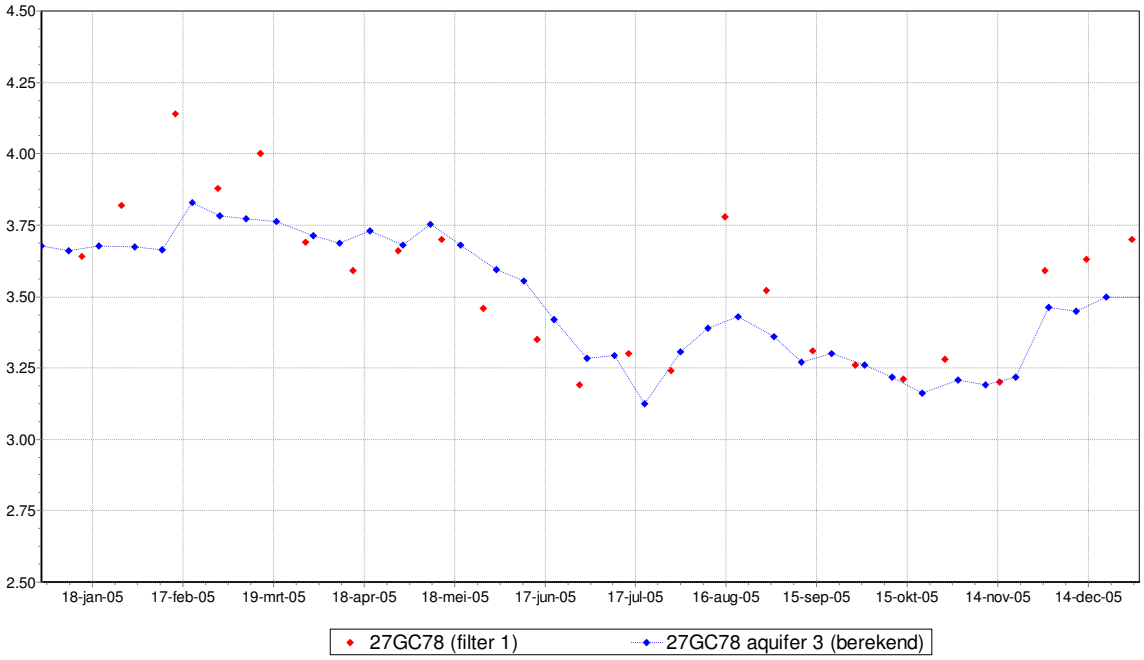

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
23-feb-04
23-apr-04
22-jun-04
21-aug-04
20-okt-04
19-dec-04
17-feb-05
18-apr-05
17-jun-05
16-aug-05
15-okt-05
14-dec-05
12-feb-06
B33E0332 (filter 2)
B33E0332 (freatisch, berekend)

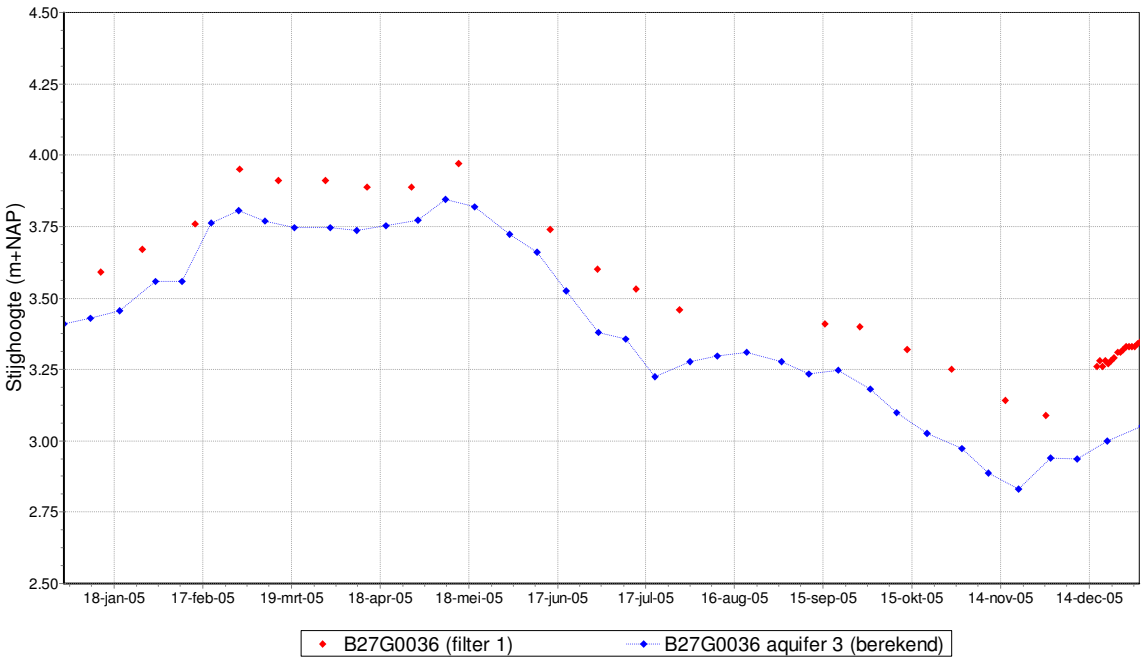

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B33E0341 (filter 1)
B33E0341 (freatisch, berekend)

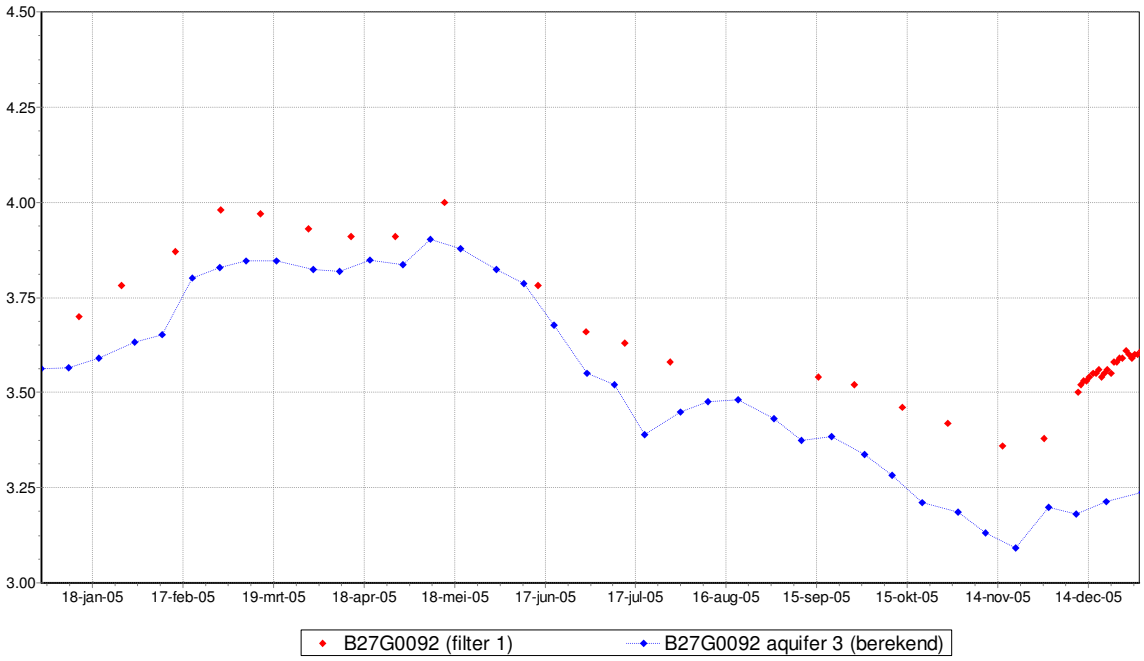

5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B33E0409 (filter 1)
B33E0409 (freatisch, berekend)

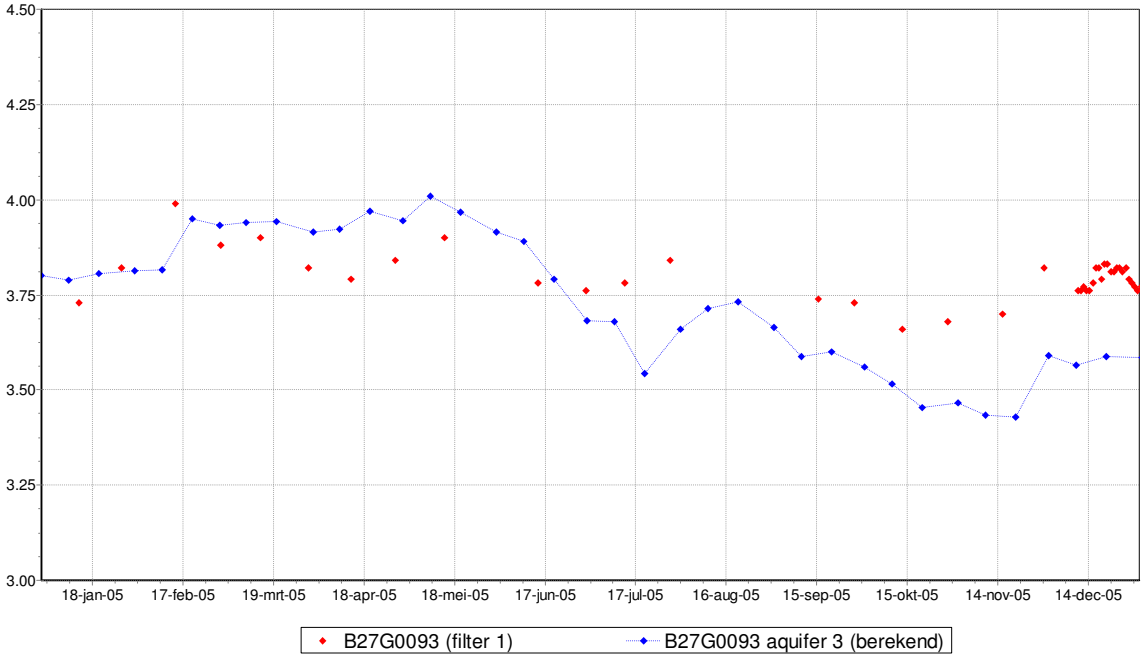

5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B33E0410 (filter 1)
B33E0410 (freatisch, berekend)

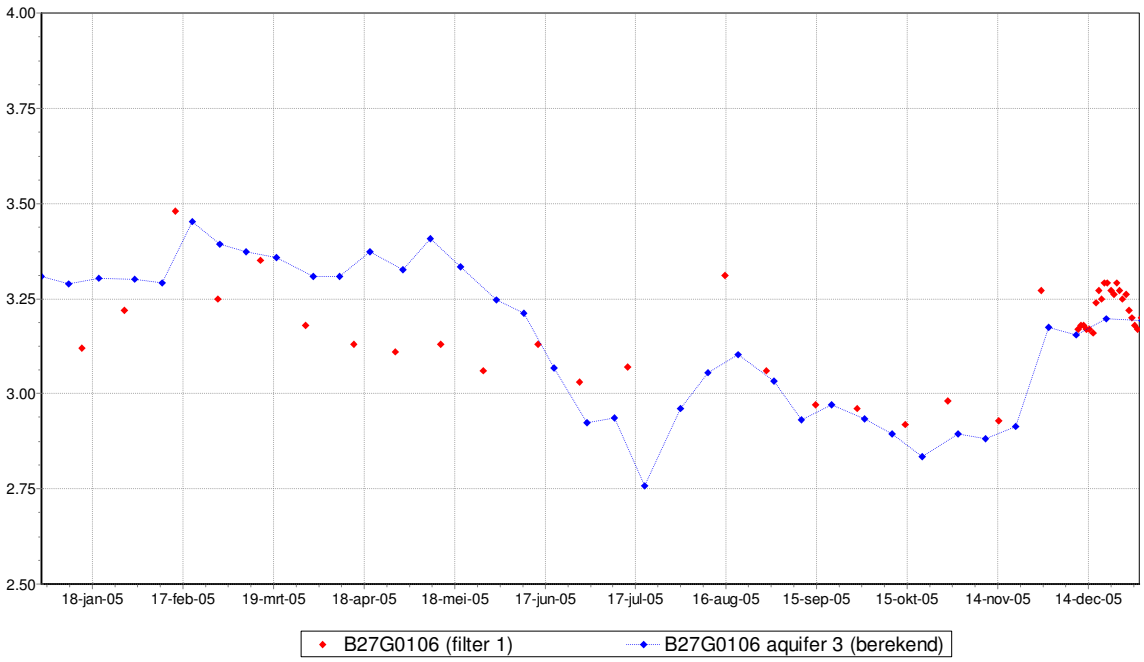
Berekende en gemeten tijdstijghoogtelijnen modellagen 2 en 3.

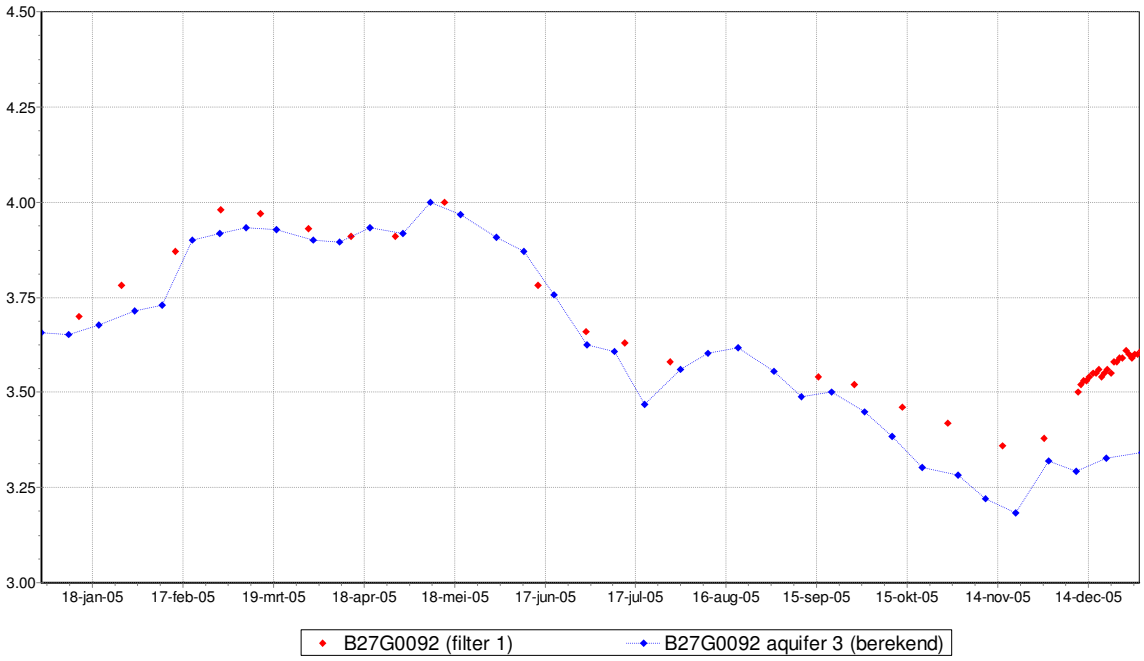

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
27GC78 (filter 1)
27GC78 aquifer 3 (berekend)

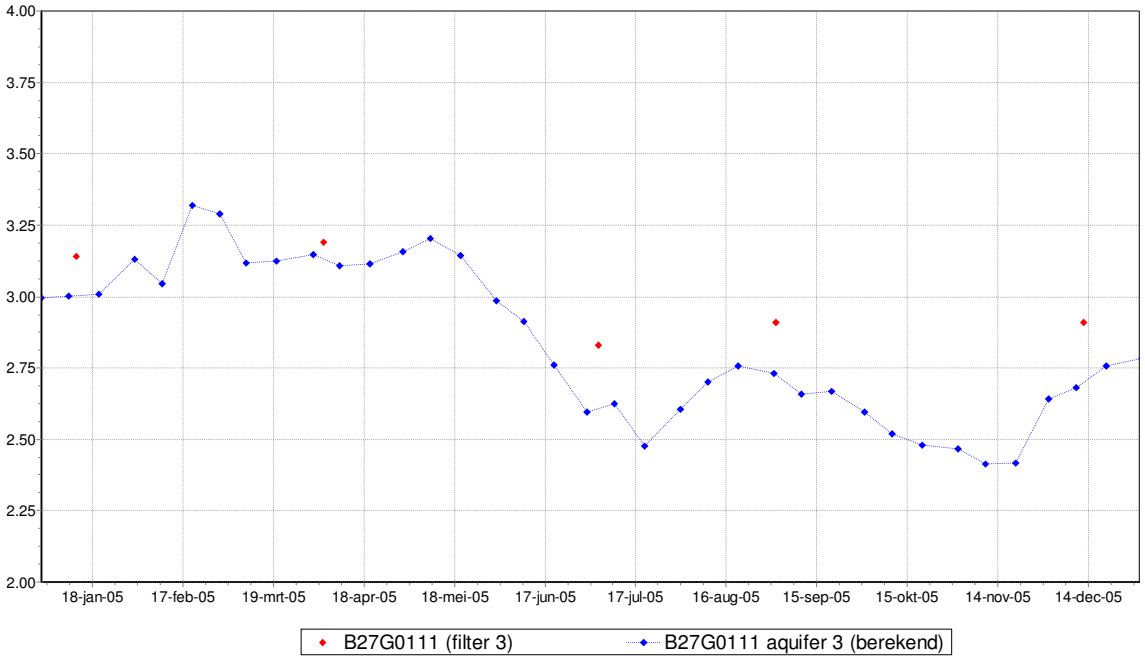

Stijghoogte (m+NAP)
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B27G0036 (filter 1)
B27G0036 aquifer 3 (berekend)

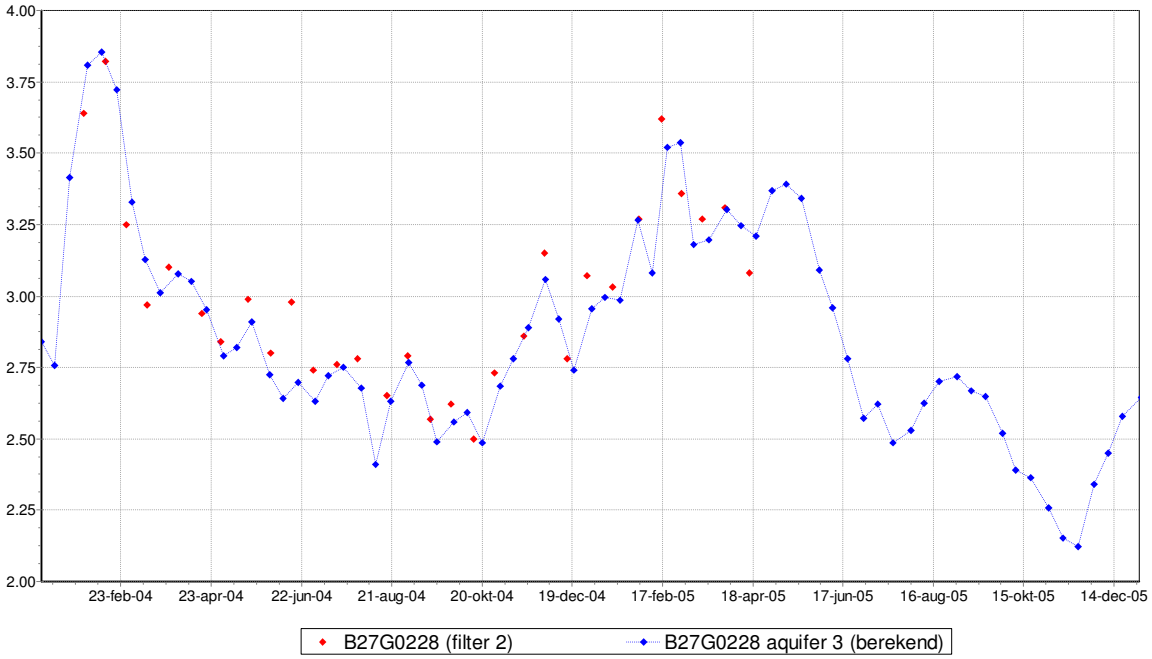

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B27G0092 (filter 1)
B27G0092 aquifer 3 (berekend)

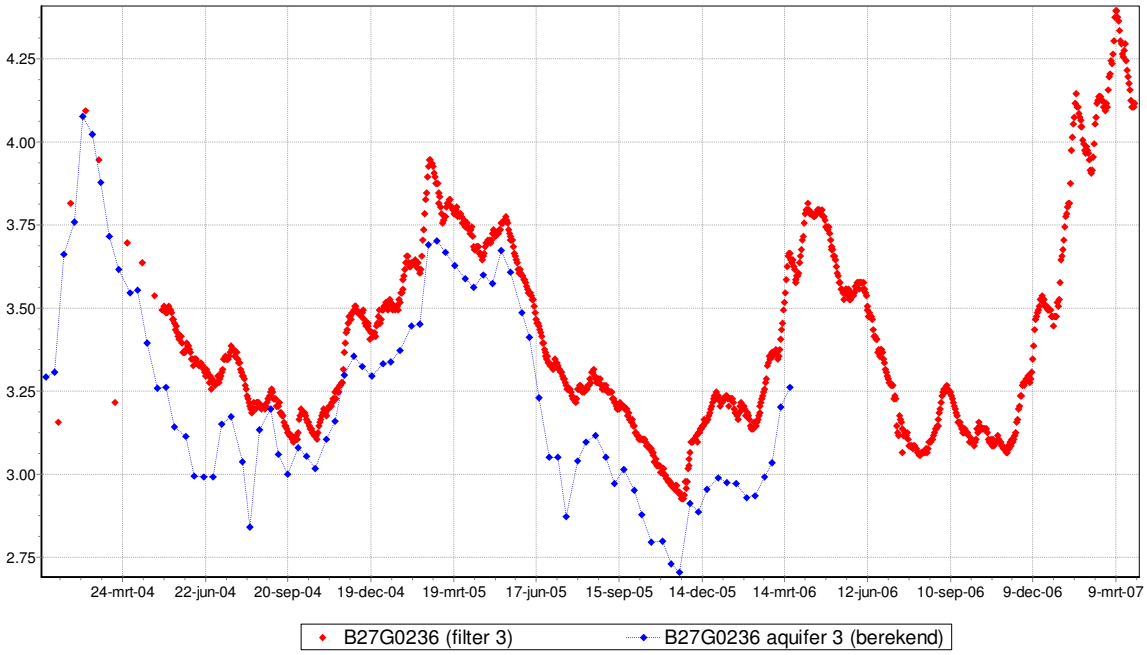

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B27G0093 (filter 1)
B27G0093 aquifer 3 (berekend)

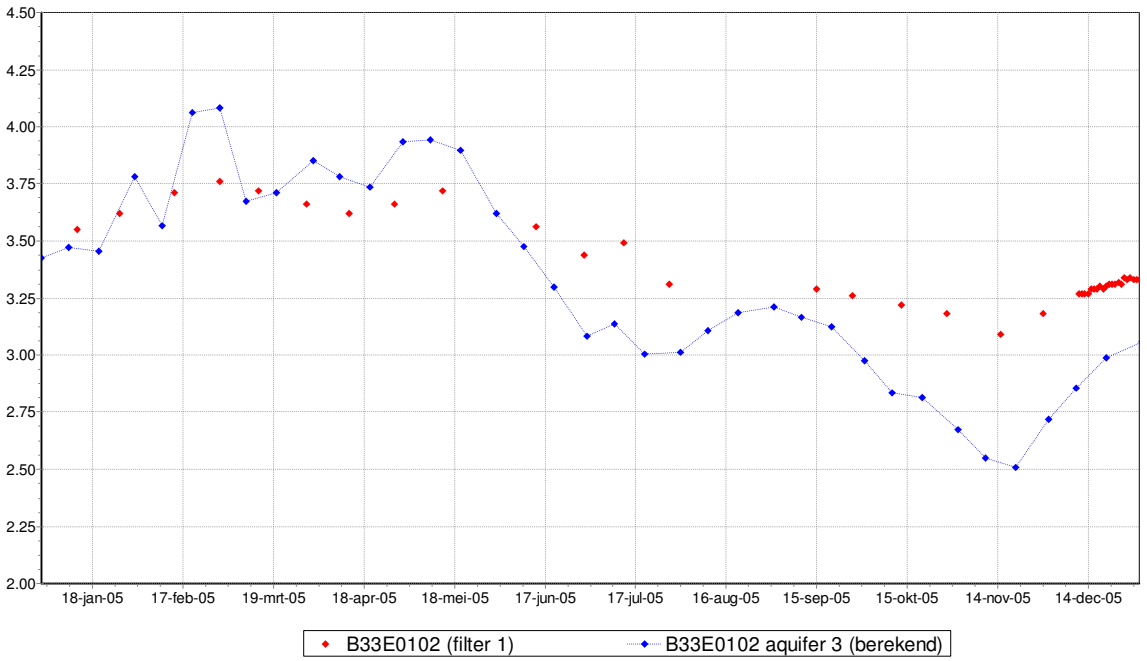

4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B27G0106 (filter 1)
B27G0106 aquifer 3 (berekend)

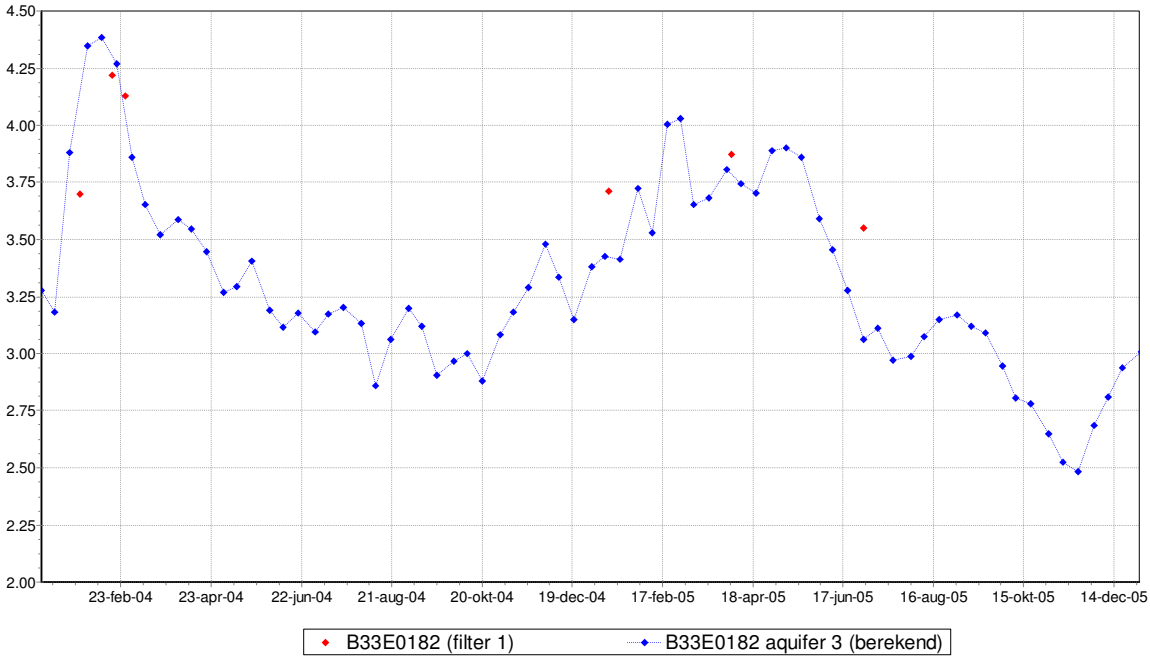

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B27G0092 (filter 1)
B27G0092 aquifer 3 (berekend)


4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B27G0111 (filter 3)
B27G0111 aquifer 3 (berekend)

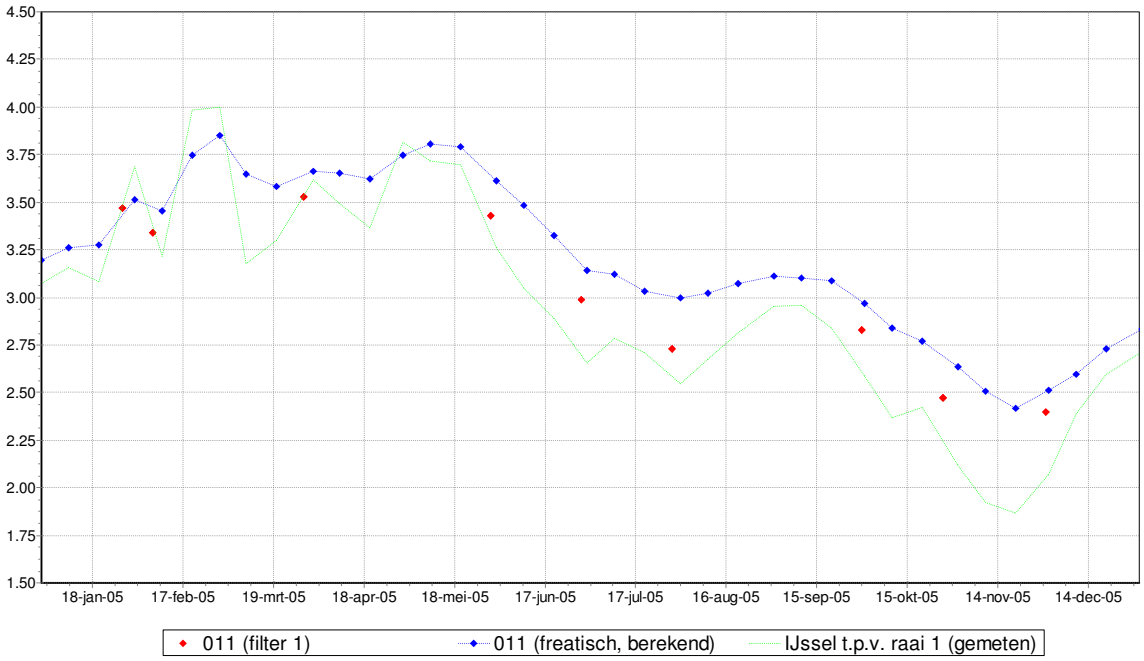

4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
23-feb-04
23-apr-04
22-jun-04
21-aug-04
20-okt-04
19-dec-04
17-feb-05
18-apr-05
17-jun-05
16-aug-05
15-okt-05
14-dec-05
B27G0228 (filter 2)
B27G0228 aquifer 3 (berekend)

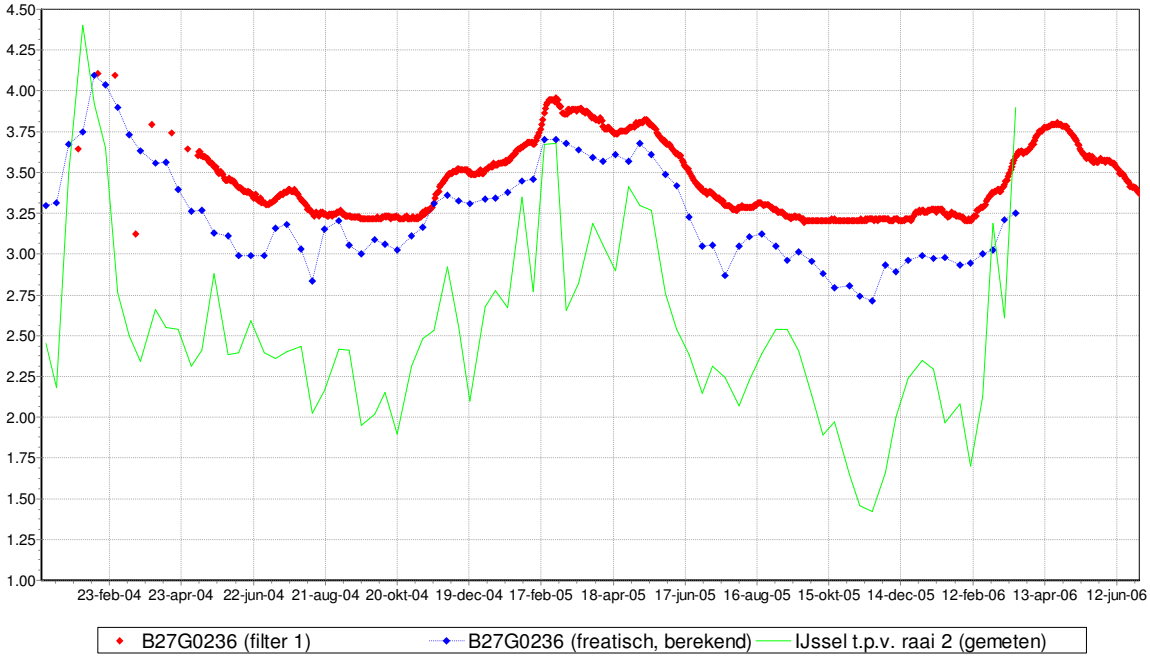

4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
24-mrt-04
22-jun-04
20-sep-04
19-dec-04
19-mrt-05
17-jun-05
15-sep-05
14-dec-05
14-mrt-06
12-jun-06
10-sep-06
9-dec-06
9-mrt-07
B27G0236 (filter 3)
B27G0236 aquifer 3 (berekend)

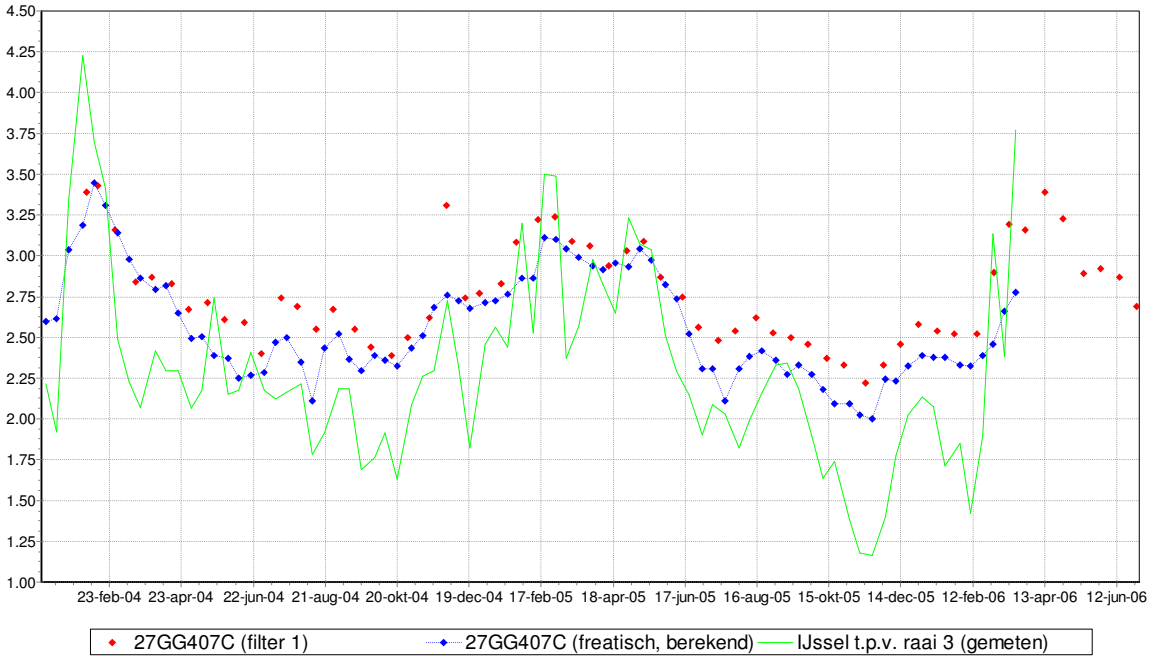

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
B33E0102 (filter 1)
B33E0102 aquifer 3 (berekend)

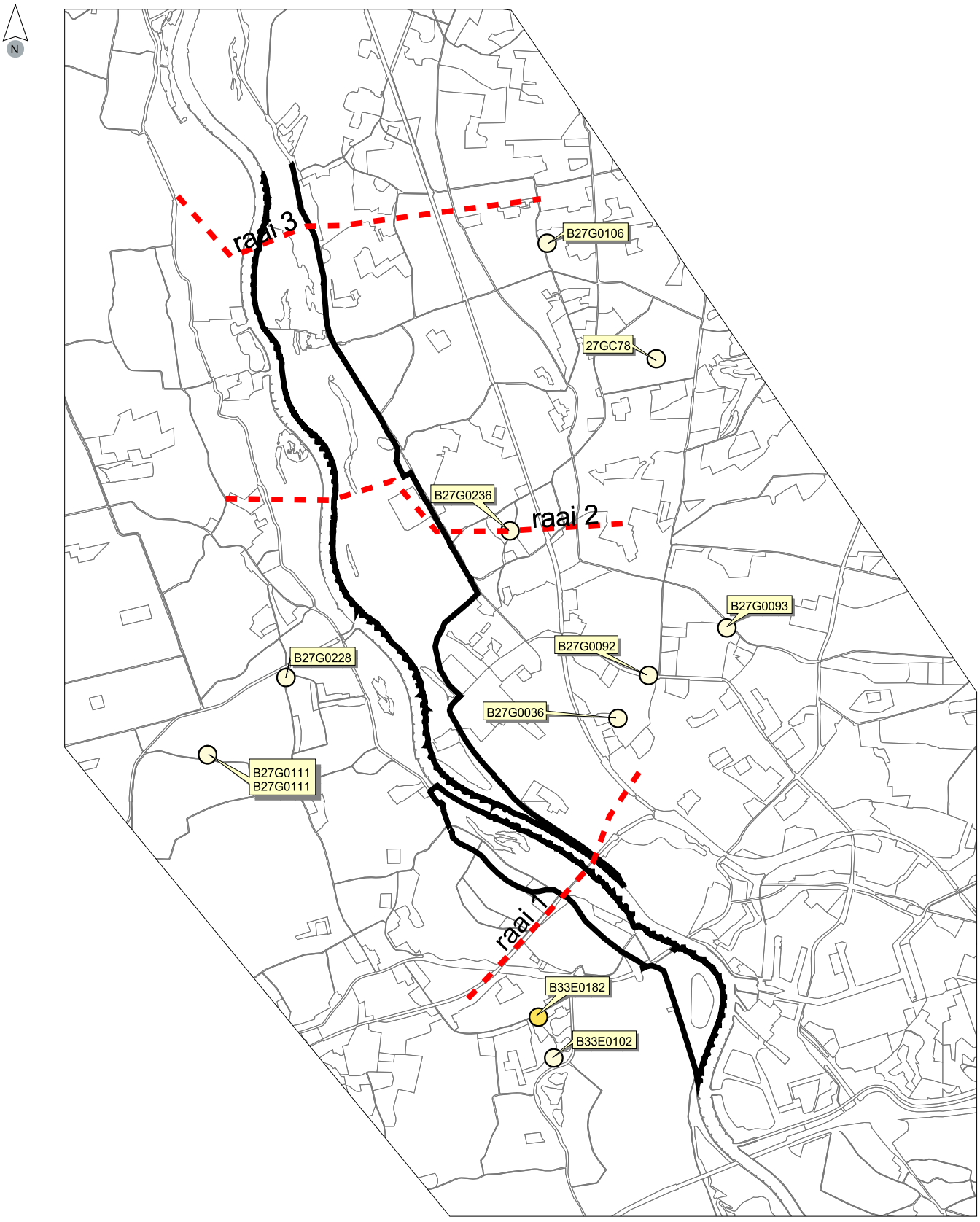

4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
23-feb-04
23-apr-04
22-jun-04
21-aug-04
20-okt-04
19-dec-04
17-feb-05
18-apr-05
17-jun-05
16-aug-05
15-okt-05
14-dec-05
B33E0182 (filter 1)
B33E0182 aquifer 3 (berekend)

Tijdstijghoogtelijnen IJssel


4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
18-jan-05
17-feb-05
19-mrt-05
18-apr-05
18-mei-05
17-jun-05
17-jul-05
16-aug-05
15-sep-05
15-okt-05
14-nov-05
14-dec-05
011 (filter 1)
011 (freatisch, berekend)
IJssel t.p.v. raai 1 (gemeten)


4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
1.25
1.00
23-feb-04
23-apr-04
22-jun-04
21-aug-04
20-okt-04
19-dec-04
17-feb-05
18-apr-05
17-jun-05
16-aug-05
15-okt-05
14-dec-05
12-feb-06
13-apr-06
12-jun-06
B27G0236 (filter 1)
B27G0236 (freatisch, berekend)
IJssel t.p.v. raai 2 (gemeten)


4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
1.25
1.00
23-feb-04
23-apr-04
22-jun-04
21-aug-04
20-okt-04
19-dec-04
17-feb-05
18-apr-05
17-jun-05
16-aug-05
15-okt-05
14-dec-05
12-feb-06
13-apr-06
12-jun-06
27GG407C (filter 1)
27GG407C (freatisch, berekend)
IJssel t.p.v. raai 3 (gemeten)



0 1000 Meters

Titel: Peilbuislokaties	Datum: 19-10-2007	Schaal: 1:50000
Project: Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)	Figuur: X.X	
Opdrachtgever: Provincie Overijssel & Gemeente Deventer	ROYAL HASKONING HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING	

D:\Projects\9S9215\Technical_Data\GIS\MXD\9s9215.apr 0000MAC004 KVV

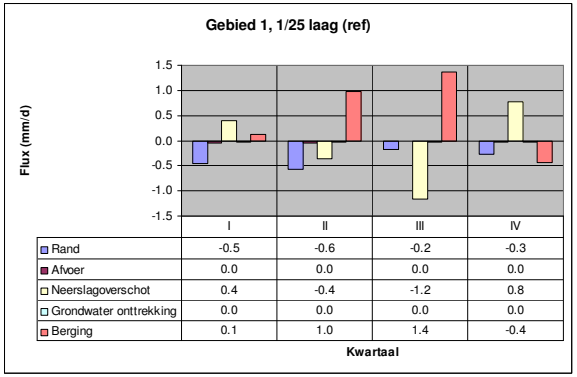
A COMPANY OF

ROYAL HASKONING

Bijlage 3
Waterbalansen gebieden 1-8

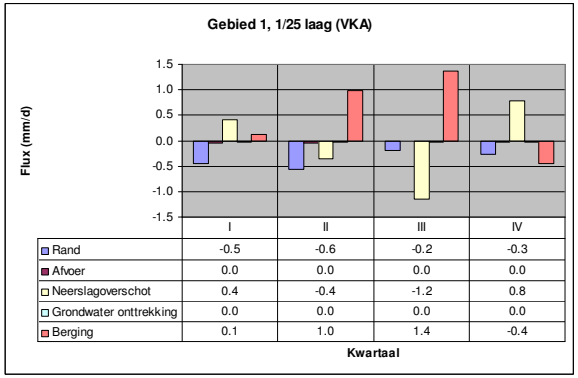
De kwartalen zoals weergegeven in de waterbalansen zijn werkelijke kwartalen, terwijl het rekenjaar een gebroken jaar is. De chronologische volgorde van de kwartalen is dus III - IV - I - II, en niet I - II - III - IV.

Gebied 1, 1/25 laag (ref)



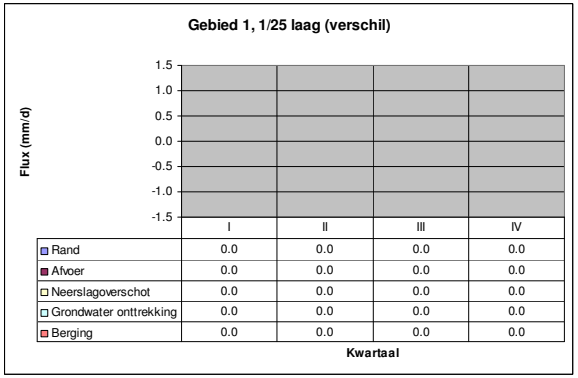
	I	II	III	IV
Rand	-0.5	-0.6	-0.2	-0.3
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.4	-0.4	-1.2	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.1	1.0	1.4	-0.4

Gebied 1, 1/25 laag (VKA)



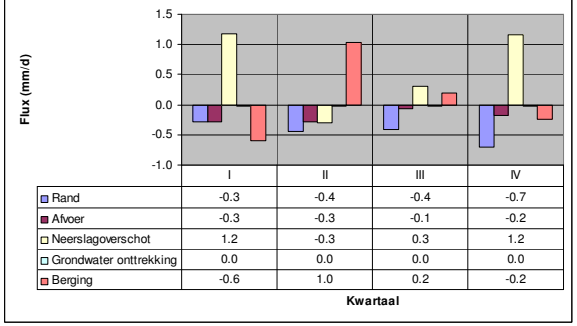
	I	II	III	IV
Rand	-0.5	-0.6	-0.2	-0.3
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.4	-0.4	-1.2	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.1	1.0	1.4	-0.4

Gebied 1, 1/25 laag (verschil)



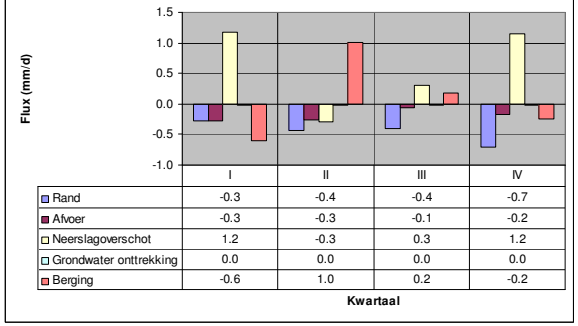
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 1, gemiddeld (ref)



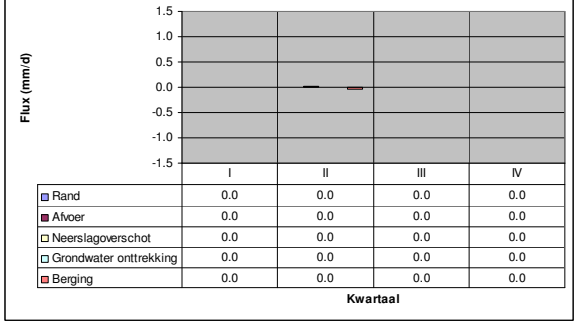
	I	II	III	IV
Rand	-0.3	-0.4	-0.4	-0.7
Afvoer	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2
Neerslagoverschot	1.2	-0.3	0.3	1.2
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.6	1.0	0.2	-0.2

Gebied 1, gemiddeld (VKA)



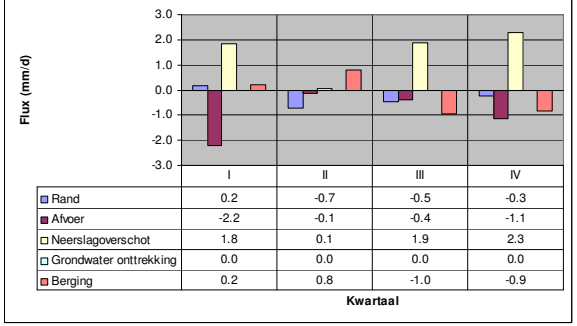
	I	II	III	IV
Rand	-0.3	-0.4	-0.4	-0.7
Afvoer	-0.3	-0.3	-0.1	-0.2
Neerslagoverschot	1.2	-0.3	0.3	1.2
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.6	1.0	0.2	-0.2

Gebied 1, gemiddeld (verschil)



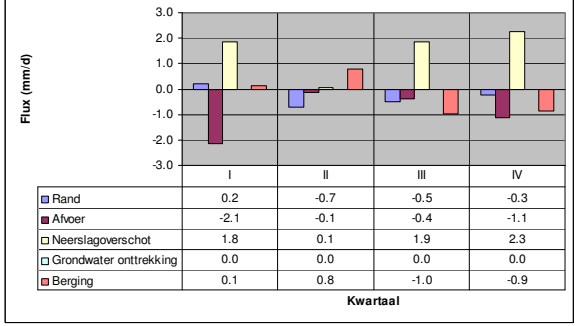
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 1, hoog (ref)



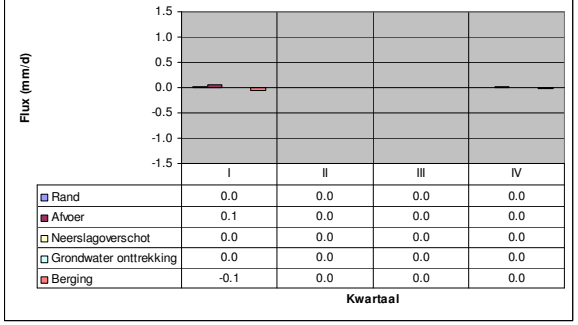
	I	II	III	IV
Rand	0.2	-0.7	-0.5	-0.3
Afvoer	-2.2	-0.1	-0.4	-1.1
Neerslagoverschot	1.8	0.1	1.9	2.3
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.2	0.8	-1.0	-0.9

Gebied 1, hoog (VKA)



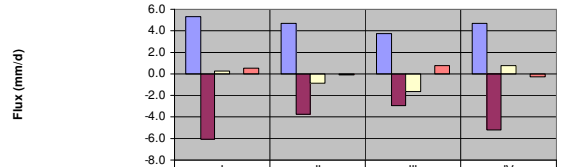
	I	II	III	IV
Rand	0.2	-0.7	-0.5	-0.3
Afvoer	-2.1	-0.1	-0.4	-1.1
Neerslagoverschot	1.8	0.1	1.9	2.3
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.1	0.8	-1.0	-0.9

Gebied 1, hoog (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.1	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.0	0.0	0.0

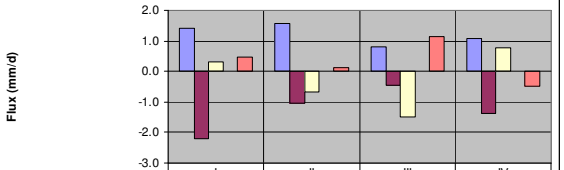
Gebied 2, 1/25 laag (ref)



	I	II	III	IV
Rand	5.3	4.7	3.8	4.7
Afvoer	-6.1	-3.7	-3.0	-5.2
Neerslagoverschot	0.3	-0.9	-1.6	0.7
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.5	-0.1	0.8	-0.2

Kwartaal

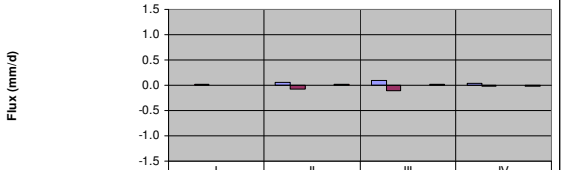
Gebied 2, 1/25 laag (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	1.4	1.6	0.8	1.1
Afvoer	-2.2	-1.0	-0.4	-1.4
Neerslagoverschot	0.3	-0.7	-1.5	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.5	0.1	1.1	-0.5

Kwartaal

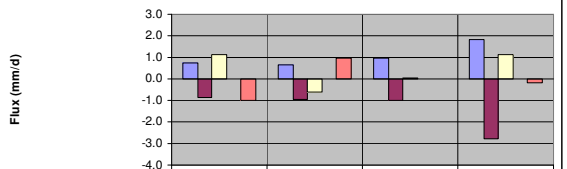
Gebied 2, 1/25 laag (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.1	0.1	0.0
Afvoer	0.0	-0.1	-0.1	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Kwartaal

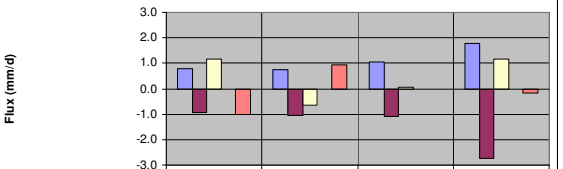
Gebied 2, gemiddeld (ref)



	I	II	III	IV
Rand	0.7	0.7	1.0	1.8
Afvoer	-0.9	-1.0	-1.0	-2.8
Neerslagoverschot	1.1	-0.6	0.0	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-1.0	0.9	0.0	-0.2

Kwartaal

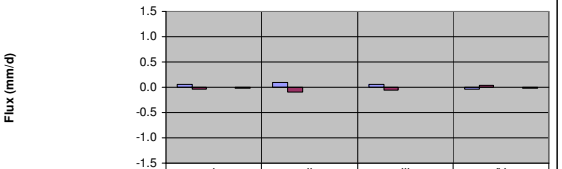
Gebied 2, gemiddeld (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	0.8	0.8	1.0	1.8
Afvoer	-0.9	-1.1	-1.1	-2.8
Neerslagoverschot	1.1	-0.6	0.0	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-1.0	0.9	0.0	-0.2

Kwartaal

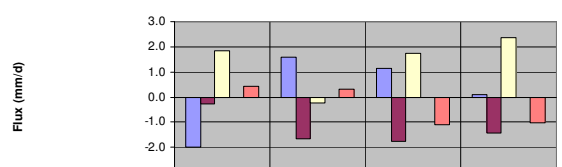
Gebied 2, gemiddeld (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.1	0.1	0.1	0.0
Afvoer	0.0	-0.1	-0.1	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Kwartaal

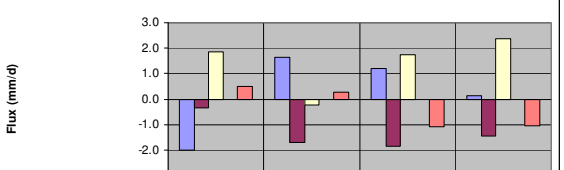
Gebied 2, hoog (ref)



	I	II	III	IV
Rand	-2.0	1.6	1.1	0.1
Afvoer	-0.3	-1.7	-1.8	-1.4
Neerslagoverschot	1.9	-0.2	1.7	2.4
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.4	0.3	-1.1	-1.0

Kwartaal

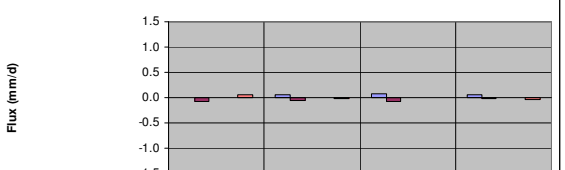
Gebied 2, hoog (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	-2.0	1.6	1.2	0.1
Afvoer	-0.3	-1.7	-1.9	-1.4
Neerslagoverschot	1.9	-0.2	1.7	2.4
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.5	0.3	-1.1	-1.1

Kwartaal

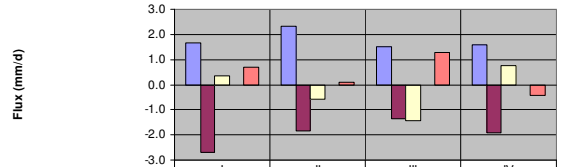
Gebied 2, hoog (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.1	0.1	0.1
Afvoer	-0.1	0.0	-0.1	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.1	0.0	0.0	0.0

Kwartaal

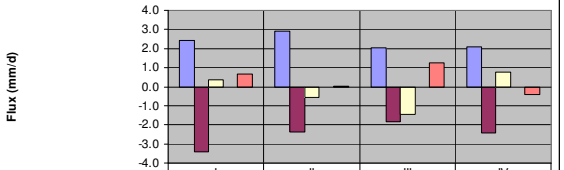
Gebied 3, 1/25 laag (ref)



	I	II	III	IV
Rand	1.6	2.3	1.5	1.6
Afvoer	-2.7	-1.9	-1.4	-1.9
Neerslagoverschot	0.4	-0.6	-1.4	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.7	0.1	1.3	-0.4

Kwartaal

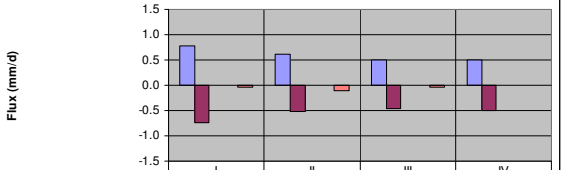
Gebied 3, 1/25 laag (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	2.4	2.9	2.0	2.1
Afvoer	-3.4	-2.4	-1.8	-2.4
Neerslagoverschot	0.4	-0.6	-1.4	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.7	0.0	1.2	-0.4

Kwartaal

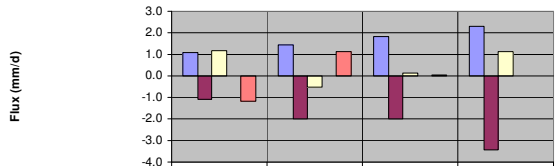
Gebied 3, 1/25 laag (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.8	0.6	0.5	0.5
Afvoer	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	-0.1	0.0	0.0

Kwartaal

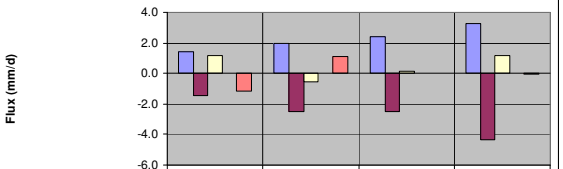
Gebied 3, gemiddeld (ref)



	I	II	III	IV
Rand	1.1	1.4	1.8	2.3
Afvoer	-1.1	-2.0	-2.0	-3.5
Neerslagoverschot	1.2	-0.5	0.1	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-1.2	1.1	0.1	0.0

Kwartaal

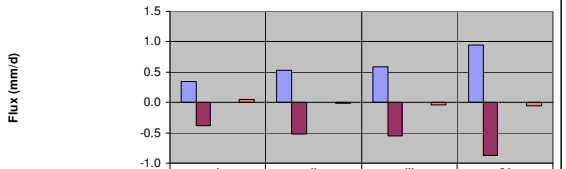
Gebied 3, gemiddeld (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	1.4	1.9	2.4	3.2
Afvoer	-1.5	-2.5	-2.5	-4.3
Neerslagoverschot	1.2	-0.5	0.1	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-1.1	1.1	0.0	0.0

Kwartaal

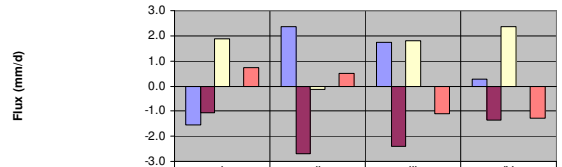
Gebied 3, gemiddeld (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.3	0.5	0.6	0.9
Afvoer	-0.4	-0.5	-0.5	-0.9
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	-0.1

Kwartaal

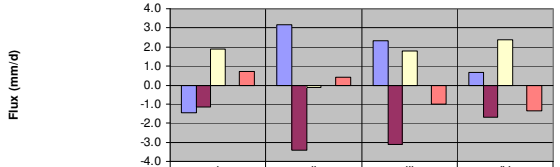
Gebied 3, hoog (ref)



	I	II	III	IV
Rand	-1.6	2.4	1.7	0.3
Afvoer	-1.0	-2.7	-2.4	-1.4
Neerslagoverschot	1.9	-0.1	1.8	2.4
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.7	0.5	-1.1	-1.3

Kwartaal

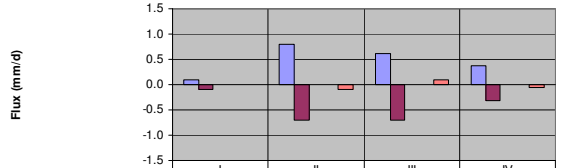
Gebied 3, hoog (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	-1.5	3.1	2.3	0.7
Afvoer	-1.1	-3.4	-3.1	-1.7
Neerslagoverschot	1.9	-0.1	1.8	2.4
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.7	0.4	-1.0	-1.4

Kwartaal

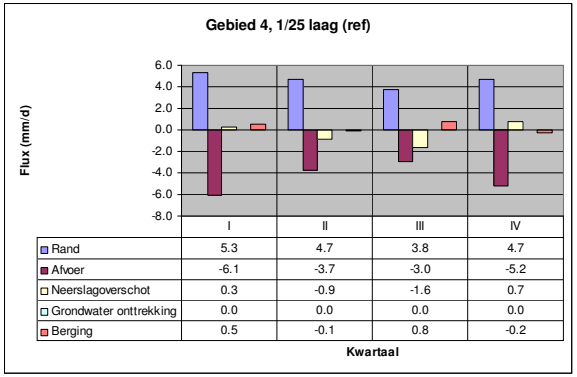
Gebied 3, hoog (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.1	0.8	0.6	0.4
Afvoer	-0.1	-0.7	-0.7	-0.3
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	-0.1	0.1	-0.1

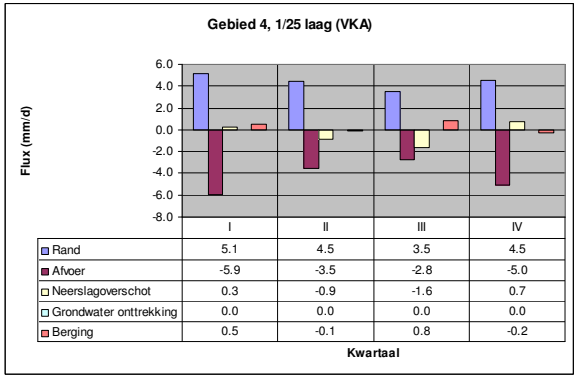
Kwartaal

Gebied 4, 1/25 laag (ref)



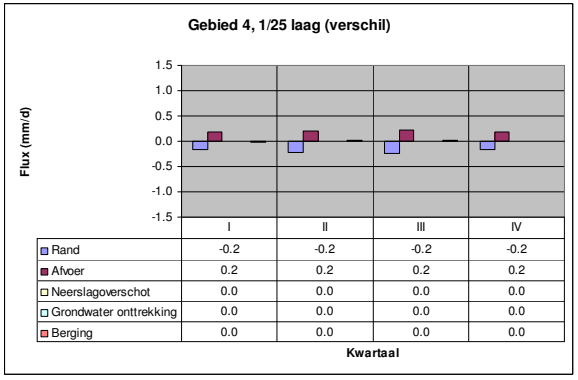
	I	II	III	IV
Rand	5.3	4.7	3.8	4.7
Afvoer	-6.1	-3.7	-3.0	-5.2
Neerslagoverschot	0.3	-0.9	-1.6	0.7
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.5	-0.1	0.8	-0.2

Gebied 4, 1/25 laag (VKA)



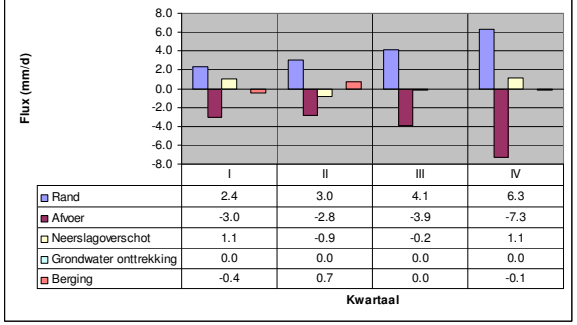
	I	II	III	IV
Rand	5.1	4.5	3.5	4.5
Afvoer	-5.9	-3.5	-2.8	-5.0
Neerslagoverschot	0.3	-0.9	-1.6	0.7
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.5	-0.1	0.8	-0.2

Gebied 4, 1/25 laag (verschil)



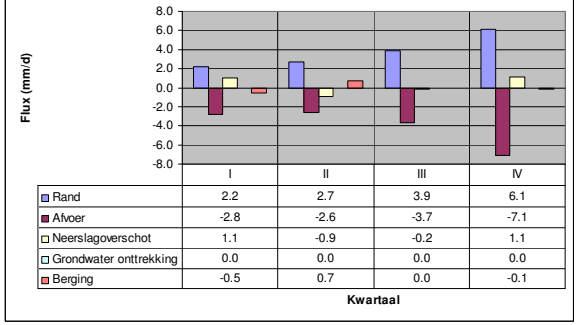
	I	II	III	IV
Rand	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Afvoer	0.2	0.2	0.2	0.2
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 4, gemiddeld (ref)



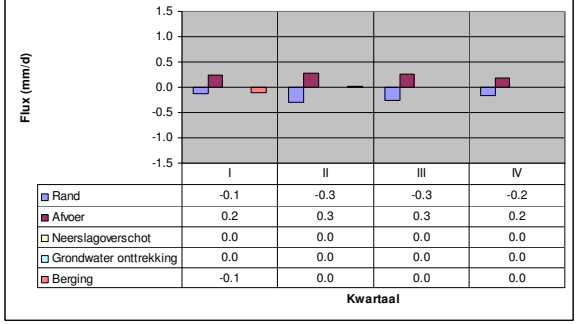
	I	II	III	IV
Rand	2.4	3.0	4.1	6.3
Afvoer	-3.0	-2.8	-3.9	-7.3
Neerslagoverschot	1.1	-0.9	-0.2	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.4	0.7	0.0	-0.1

Gebied 4, gemiddeld (VKA)



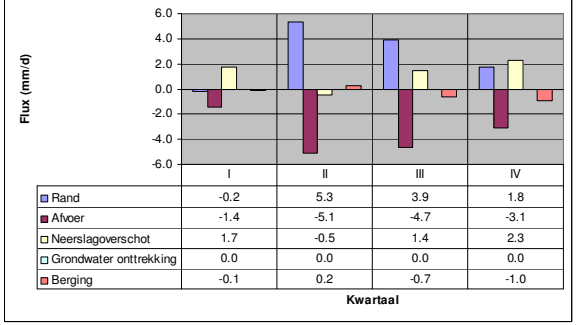
	I	II	III	IV
Rand	2.2	2.7	3.9	6.1
Afvoer	-2.8	-2.6	-3.7	-7.1
Neerslagoverschot	1.1	-0.9	-0.2	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.5	0.7	0.0	-0.1

Gebied 4, gemiddeld (verschil)



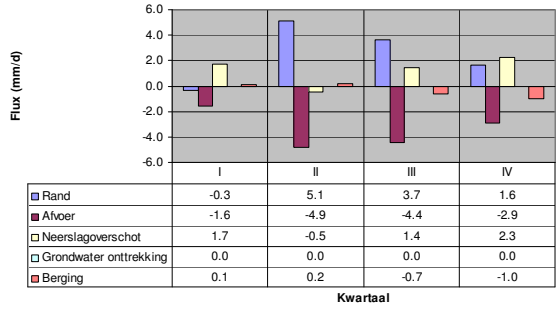
	I	II	III	IV
Rand	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2
Afvoer	0.2	0.3	0.3	0.2
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.0	0.0	0.0

Gebied 4, hoog (ref)



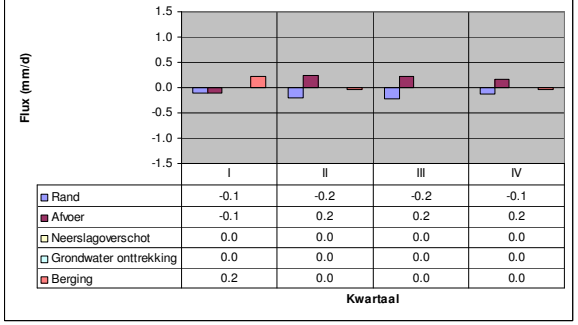
	I	II	III	IV
Rand	-0.2	5.3	3.9	1.8
Afvoer	-1.4	-5.1	-4.7	-3.1
Neerslagoverschot	1.7	-0.5	1.4	2.3
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.2	-0.7	-1.0

Gebied 4, hoog (VKA)



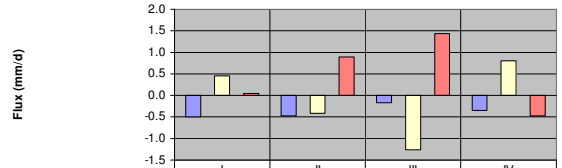
	I	II	III	IV
Rand	-0.3	5.1	3.7	1.6
Afvoer	-1.6	-4.9	-4.4	-2.9
Neerslagoverschot	1.7	-0.5	1.4	2.3
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.1	0.2	-0.7	-1.0

Gebied 4, hoog (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1
Afvoer	-0.1	0.2	0.2	0.2
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.2	0.0	0.0	0.0

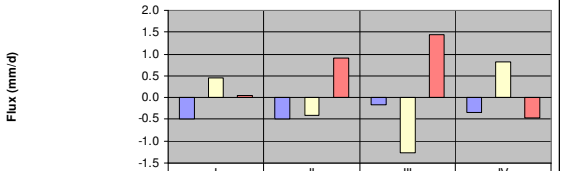
Gebied 5, 1/25 laag (ref)



	I	II	III	IV
Rand	-0.5	-0.5	-0.2	-0.3
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.5	-0.4	-1.3	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.9	1.4	-0.5

Kwartaal

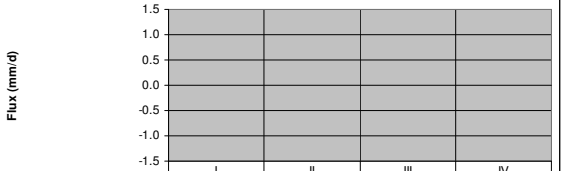
Gebied 5, 1/25 laag (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	-0.5	-0.5	-0.2	-0.3
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.5	-0.4	-1.3	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.9	1.4	-0.5

Kwartaal

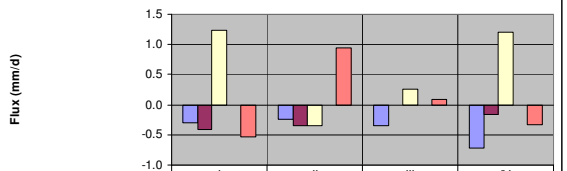
Gebied 5, 1/25 laag (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Kwartaal

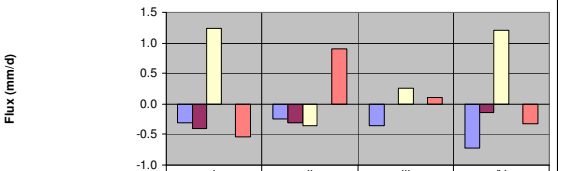
Gebied 5, gemiddeld (ref)



	I	II	III	IV
Rand	-0.3	-0.2	-0.4	-0.7
Afvoer	-0.4	-0.3	0.0	-0.2
Neerslagoverschot	1.2	-0.3	0.3	1.2
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.5	0.9	0.1	-0.3

Kwartaal

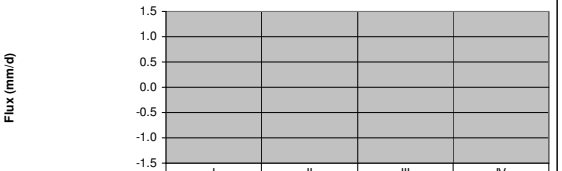
Gebied 5, gemiddeld (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	-0.3	-0.2	-0.4	-0.7
Afvoer	-0.4	-0.3	0.0	-0.1
Neerslagoverschot	1.2	-0.3	0.3	1.2
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.5	0.9	0.1	-0.3

Kwartaal

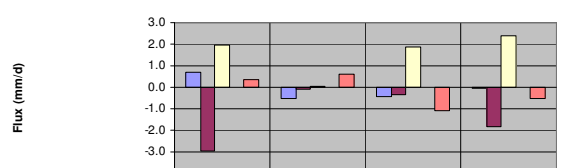
Gebied 5, gemiddeld (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Kwartaal

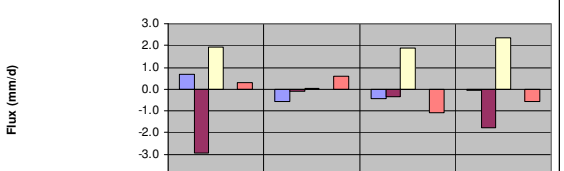
Gebied 5, hoog (ref)



	I	II	III	IV
Rand	0.7	-0.5	-0.4	-0.1
Afvoer	-3.0	-0.1	-0.4	-1.8
Neerslagoverschot	1.9	0.0	1.9	2.4
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.3	0.6	-1.1	-0.5

Kwartaal

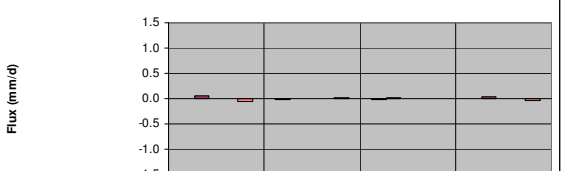
Gebied 5, hoog (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	0.7	-0.5	-0.5	-0.1
Afvoer	-2.9	-0.1	-0.3	-1.8
Neerslagoverschot	1.9	0.0	1.9	2.4
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.3	0.6	-1.1	-0.5

Kwartaal

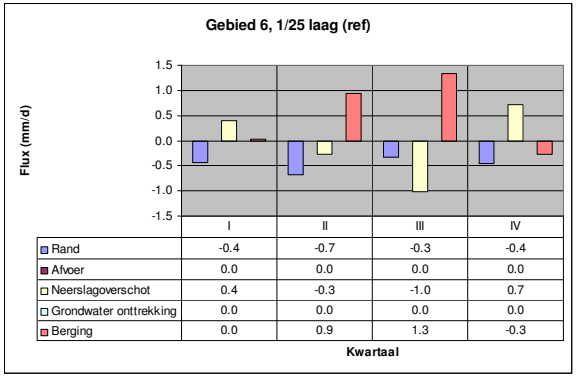
Gebied 5, hoog (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.1	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.0	0.0	0.0

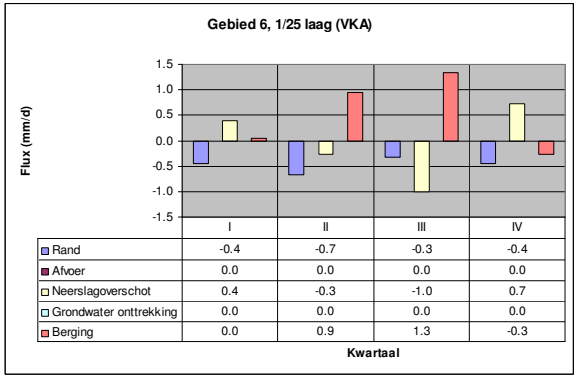
Kwartaal

Gebied 6, 1/25 laag (ref)



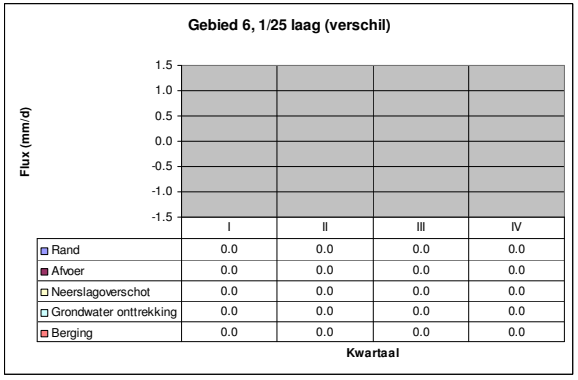
	I	II	III	IV
Rand	-0.4	-0.7	-0.3	-0.4
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.4	-0.3	-1.0	0.7
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.9	1.3	-0.3

Gebied 6, 1/25 laag (VKA)



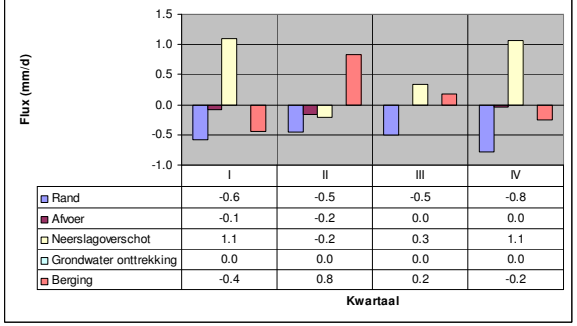
	I	II	III	IV
Rand	-0.4	-0.7	-0.3	-0.4
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.4	-0.3	-1.0	0.7
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.9	1.3	-0.3

Gebied 6, 1/25 laag (verschil)



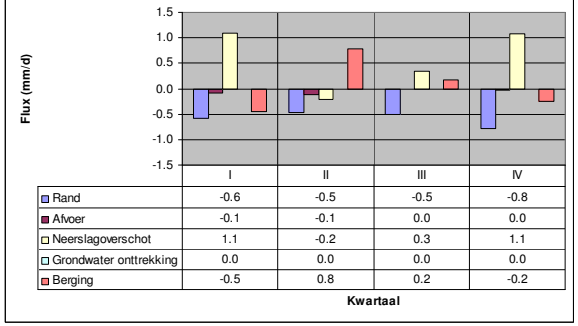
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 6, gemiddeld (ref)



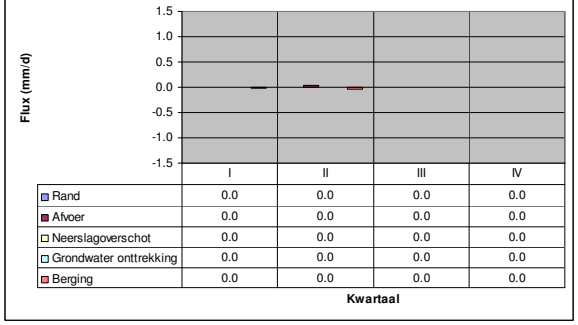
	I	II	III	IV
Rand	-0.6	-0.5	-0.5	-0.8
Afvoer	-0.1	-0.2	0.0	0.0
Neerslagoverschot	1.1	-0.2	0.3	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.4	0.8	0.2	-0.2

Gebied 6, gemiddeld (VKA)



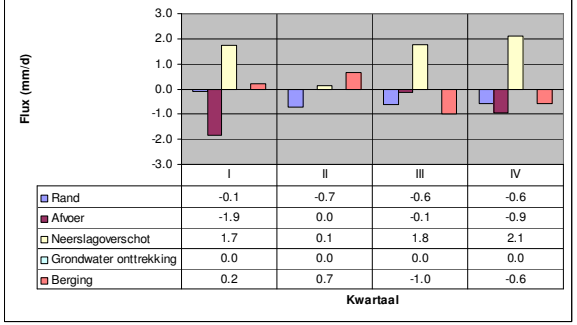
	I	II	III	IV
Rand	-0.6	-0.5	-0.5	-0.8
Afvoer	-0.1	-0.1	0.0	0.0
Neerslagoverschot	1.1	-0.2	0.3	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.5	0.8	0.2	-0.2

Gebied 6, gemiddeld (verschil)



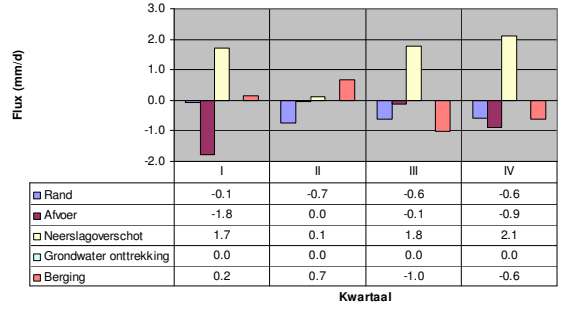
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 6, hoog (ref)



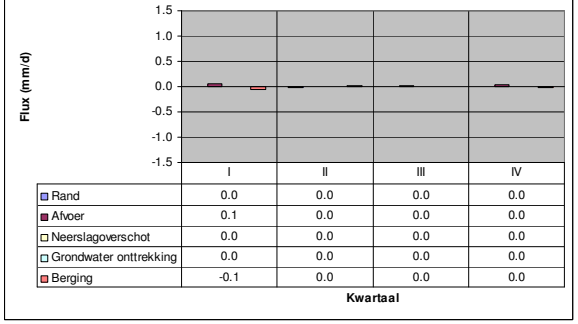
	I	II	III	IV
Rand	-0.1	-0.7	-0.6	-0.6
Afvoer	-1.9	0.0	-0.1	-0.9
Neerslagoverschot	1.7	0.1	1.8	2.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.2	0.7	-1.0	-0.6

Gebied 6, hoog (VKA)



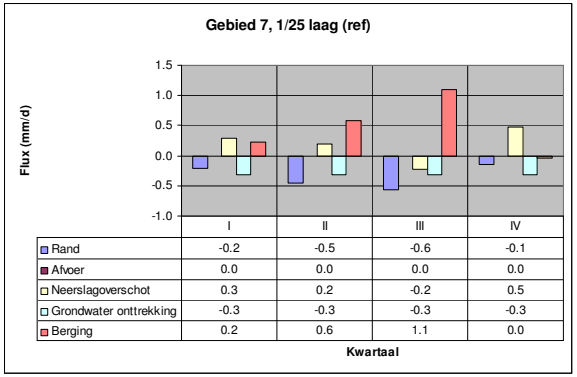
	I	II	III	IV
Rand	-0.1	-0.7	-0.6	-0.6
Afvoer	-1.8	0.0	-0.1	-0.9
Neerslagoverschot	1.7	0.1	1.8	2.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.2	0.7	-1.0	-0.6

Gebied 6, hoog (verschil)



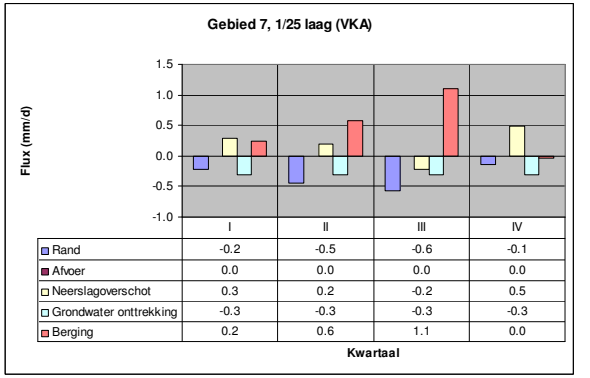
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.1	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.0	0.0	0.0

Gebied 7, 1/25 laag (ref)



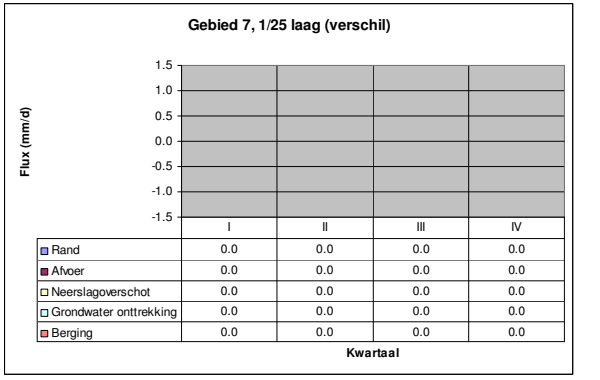
	I	II	III	IV
Rand	-0.2	-0.5	-0.6	-0.1
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.3	0.2	-0.2	0.5
Grondwater onttrekking	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Berging	0.2	0.6	1.1	0.0

Gebied 7, 1/25 laag (VKA)



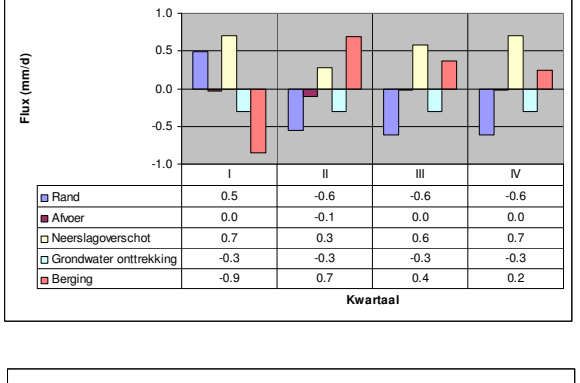
	I	II	III	IV
Rand	-0.2	-0.5	-0.6	-0.1
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.3	0.2	-0.2	0.5
Grondwater onttrekking	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Berging	0.2	0.6	1.1	0.0

Gebied 7, 1/25 laag (verschil)



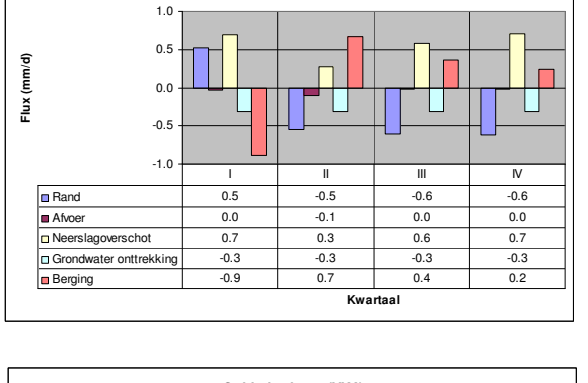
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 7, gemiddeld (ref)



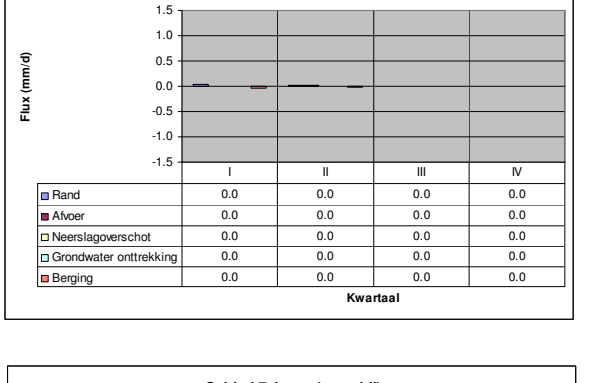
	I	II	III	IV
Rand	0.5	-0.6	-0.6	-0.6
Afvoer	0.0	-0.1	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.7	0.3	0.6	0.7
Grondwater onttrekking	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Berging	-0.9	0.7	0.4	0.2

Gebied 7, gemiddeld (VKA)



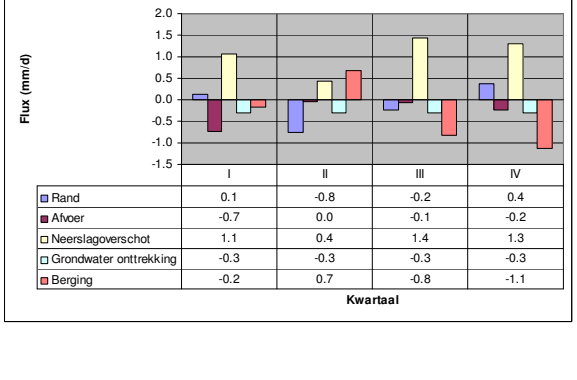
	I	II	III	IV
Rand	0.5	-0.5	-0.6	-0.6
Afvoer	0.0	-0.1	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.7	0.3	0.6	0.7
Grondwater onttrekking	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Berging	-0.9	0.7	0.4	0.2

Gebied 7, gemiddeld (verschil)



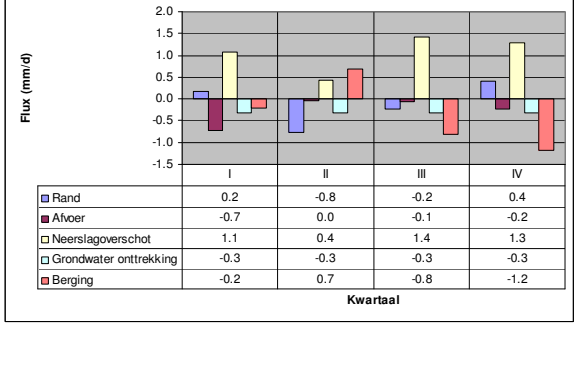
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 7, hoog (ref)



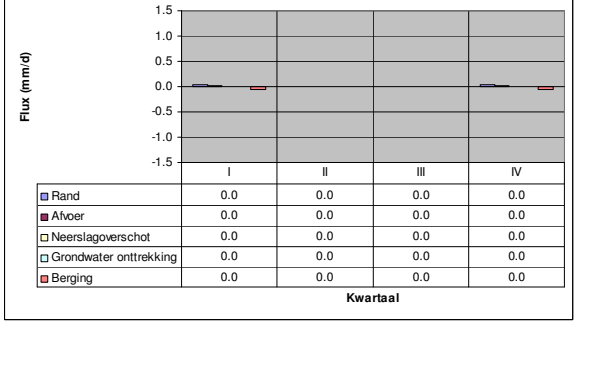
	I	II	III	IV
Rand	0.1	-0.8	-0.2	0.4
Afvoer	-0.7	0.0	-0.1	-0.2
Neerslagoverschot	1.1	0.4	1.4	1.3
Grondwater onttrekking	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Berging	-0.2	0.7	-0.8	-1.1

Gebied 7, hoog (VKA)



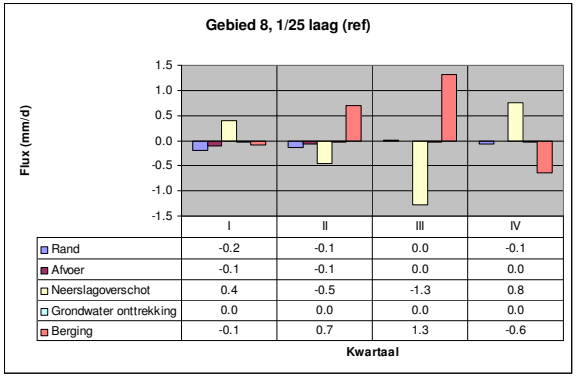
	I	II	III	IV
Rand	0.2	-0.8	-0.2	0.4
Afvoer	-0.7	0.0	-0.1	-0.2
Neerslagoverschot	1.1	0.4	1.4	1.3
Grondwater onttrekking	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
Berging	-0.2	0.7	-0.8	-1.2

Gebied 7, hoog (verschil)



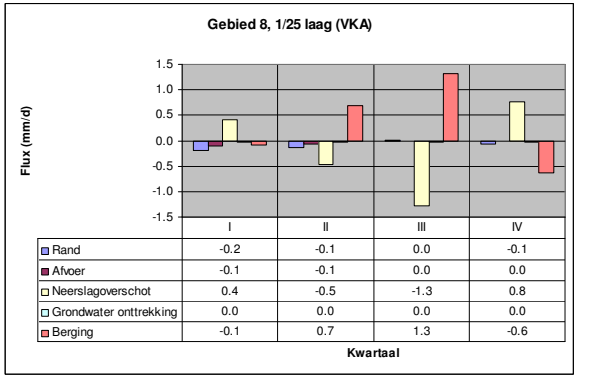
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 8, 1/25 laag (ref)



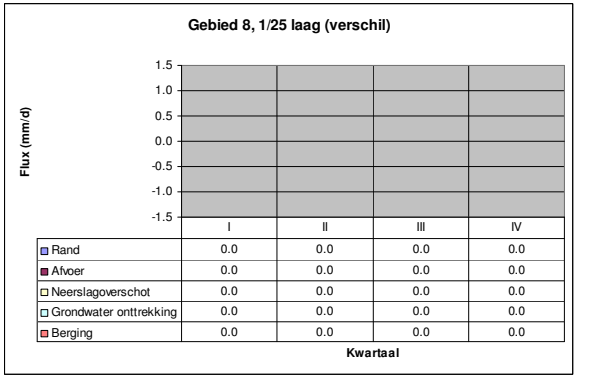
	I	II	III	IV
Rand	-0.2	-0.1	0.0	-0.1
Afvoer	-0.1	-0.1	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.4	-0.5	-1.3	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.7	1.3	-0.6

Gebied 8, 1/25 laag (VKA)



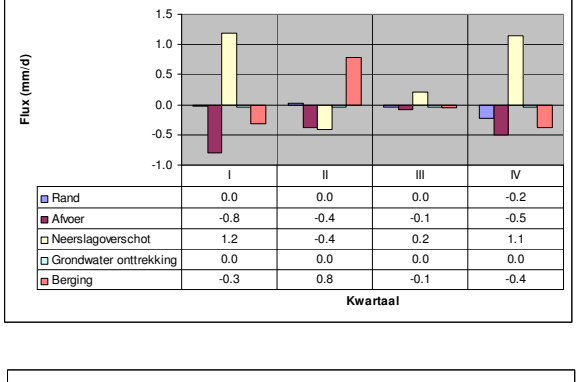
	I	II	III	IV
Rand	-0.2	-0.1	0.0	-0.1
Afvoer	-0.1	-0.1	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.4	-0.5	-1.3	0.8
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.7	1.3	-0.6

Gebied 8, 1/25 laag (verschil)



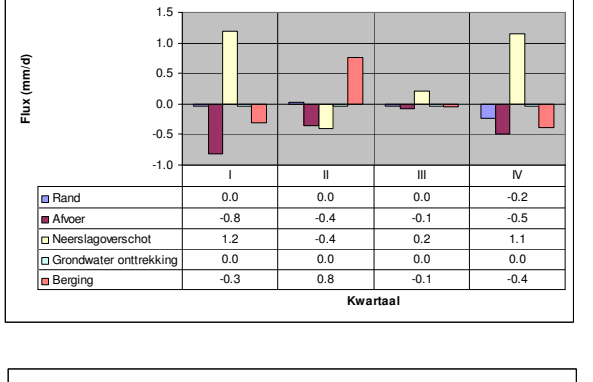
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 8, gemiddeld (ref)



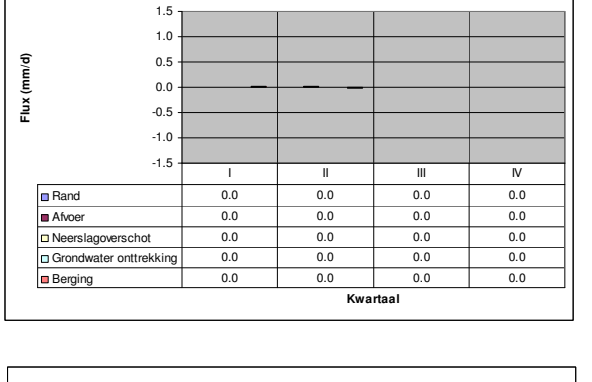
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	-0.2
Afvoer	-0.8	-0.4	-0.1	-0.5
Neerslagoverschot	1.2	-0.4	0.2	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.3	0.8	-0.1	-0.4

Gebied 8, gemiddeld (VKA)



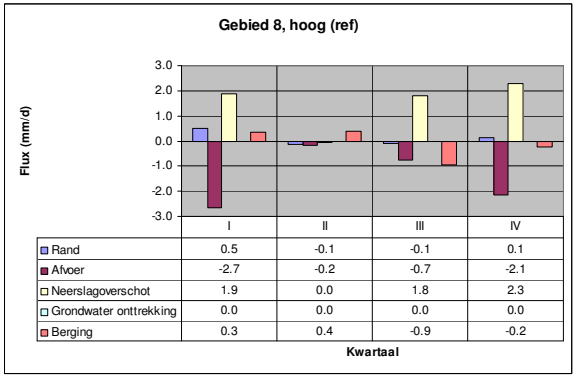
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	-0.2
Afvoer	-0.8	-0.4	-0.1	-0.5
Neerslagoverschot	1.2	-0.4	0.2	1.1
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.3	0.8	-0.1	-0.4

Gebied 8, gemiddeld (verschil)



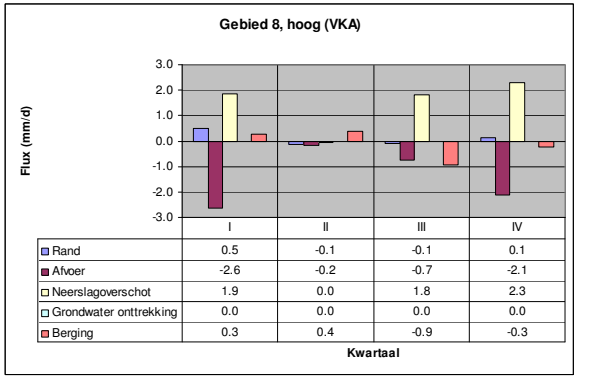
	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.0	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.0	0.0	0.0	0.0

Gebied 8, hoog (ref)



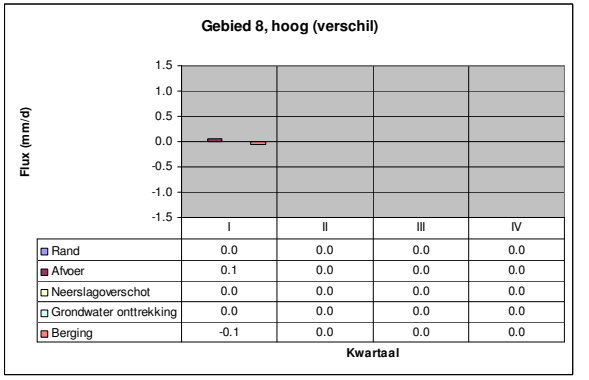
	I	II	III	IV
Rand	0.5	-0.1	-0.1	0.1
Afvoer	-2.7	-0.2	-0.7	-2.1
Neerslagoverschot	1.9	0.0	1.8	2.3
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.3	0.4	-0.9	-0.2

Gebied 8, hoog (VKA)



	I	II	III	IV
Rand	0.5	-0.1	-0.1	0.1
Afvoer	-2.6	-0.2	-0.7	-2.1
Neerslagoverschot	1.9	0.0	1.8	2.3
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	0.3	0.4	-0.9	-0.3

Gebied 8, hoog (verschil)



	I	II	III	IV
Rand	0.0	0.0	0.0	0.0
Afvoer	0.1	0.0	0.0	0.0
Neerslagoverschot	0.0	0.0	0.0	0.0
Grondwater onttrekking	0.0	0.0	0.0	0.0
Berging	-0.1	0.0	0.0	0.0

A COMPANY OF

ROYAL HASKONING

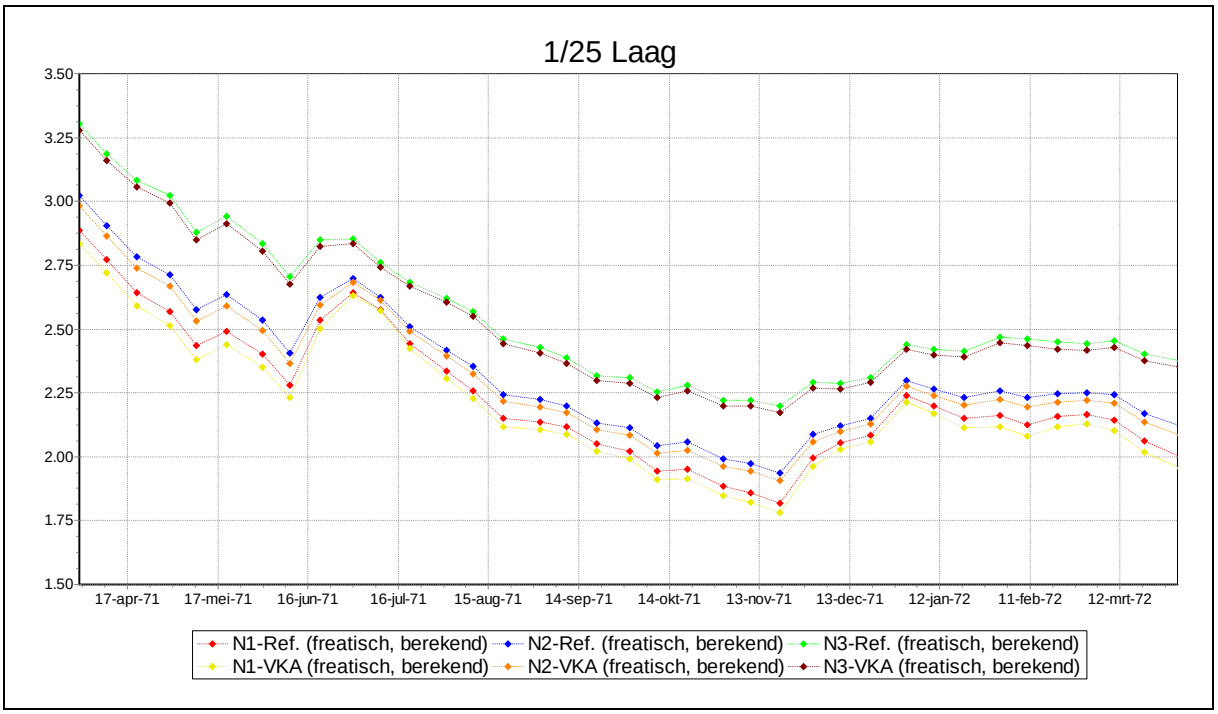
Bijlage 4
Tijdstijghoogtelijnen

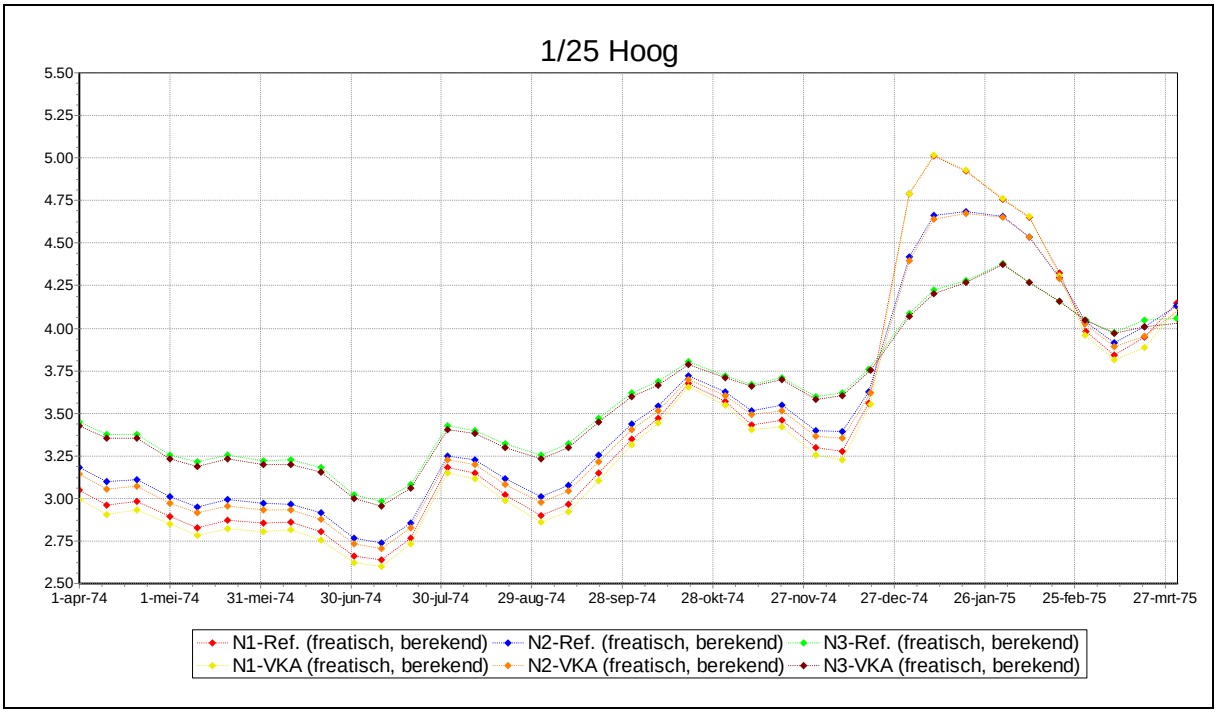
De lokaties van de punten waarvoor in deze bijlage een berekende tijdstijghoogtelijn is opgenomen, zijn weergegeven in figuur V1.

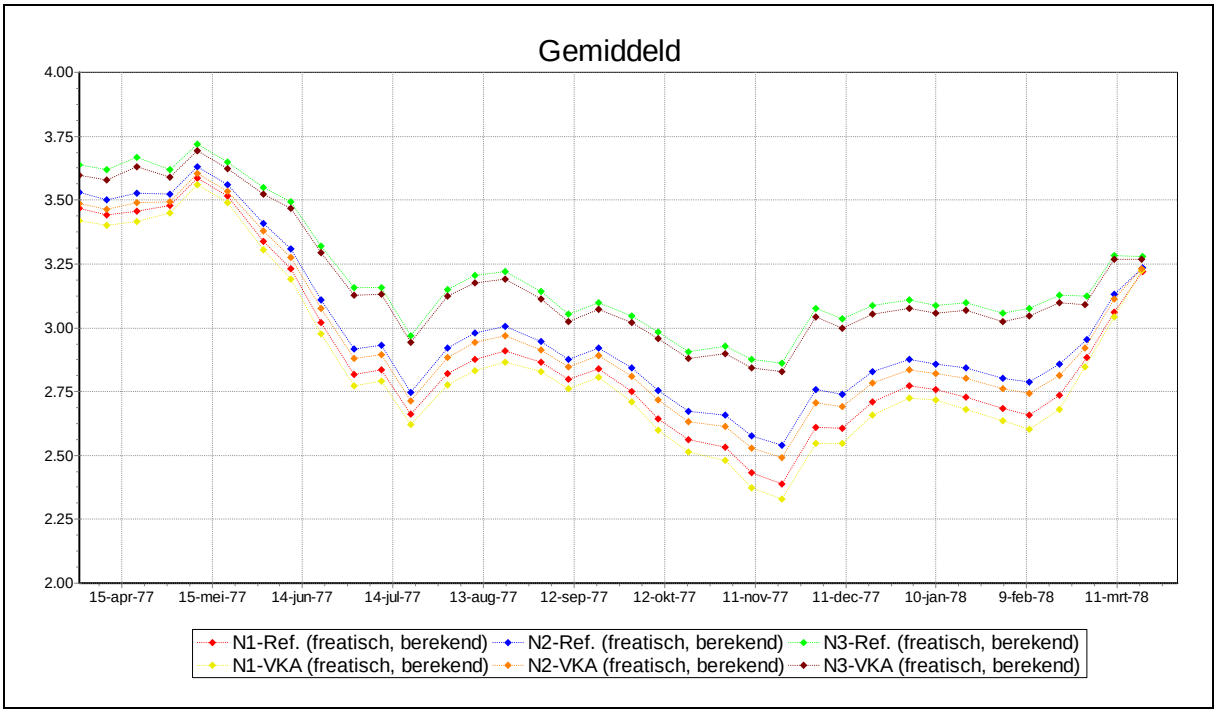
Opmerking:

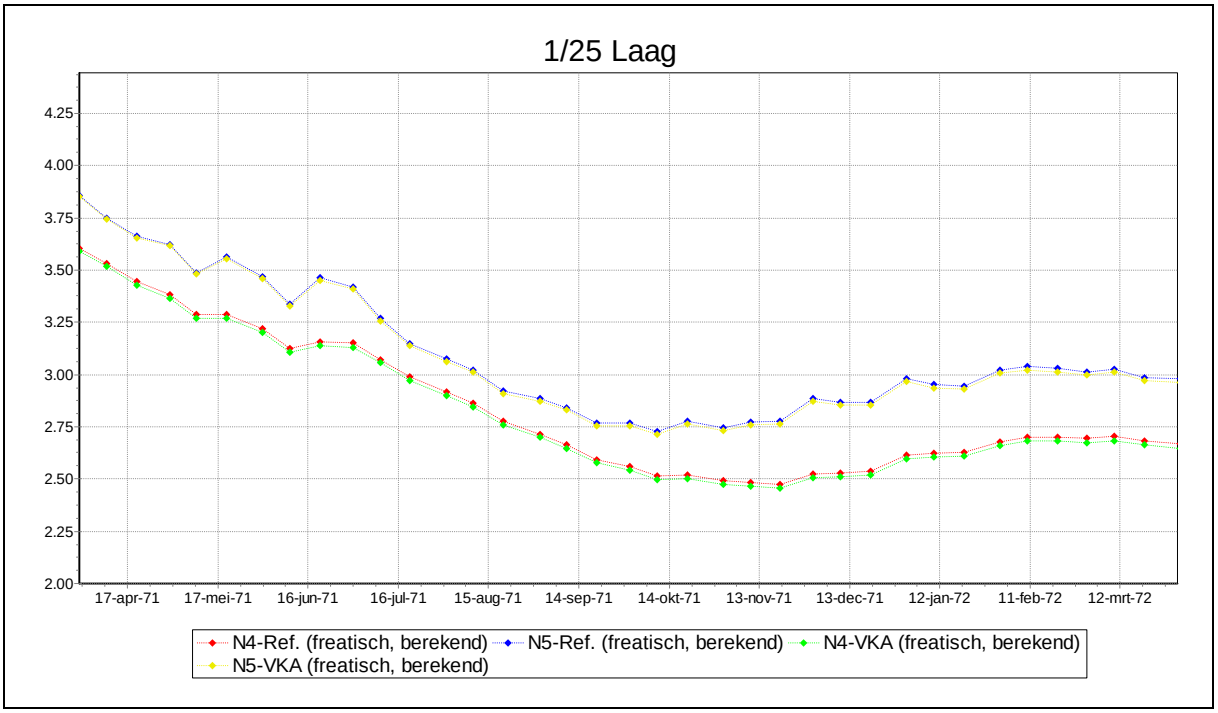
- Gemiddeld jaar = 1 april 1977 t/m 31 mei 1978.
- 1/25 Hoog jaar = 1 april 1993 t/m 31 mei 1994 (tijdas van de grafieken is niet korrekt weergegeven. Deze dienen met 19 jaar te worden verhoogd).
- 1/25 Laag jaar = 1 april 1971 t/m 31 mei 1972.

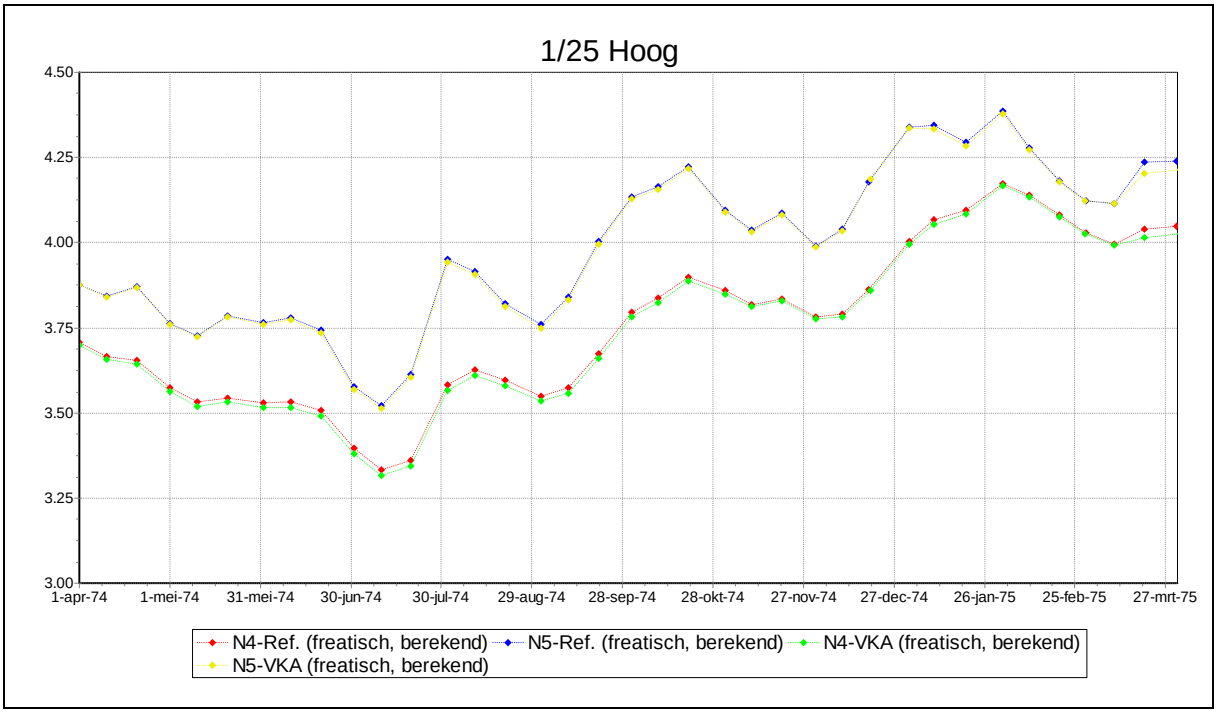
De stijghoogten zijn weergegeven in meters ten opzichte van NAP.

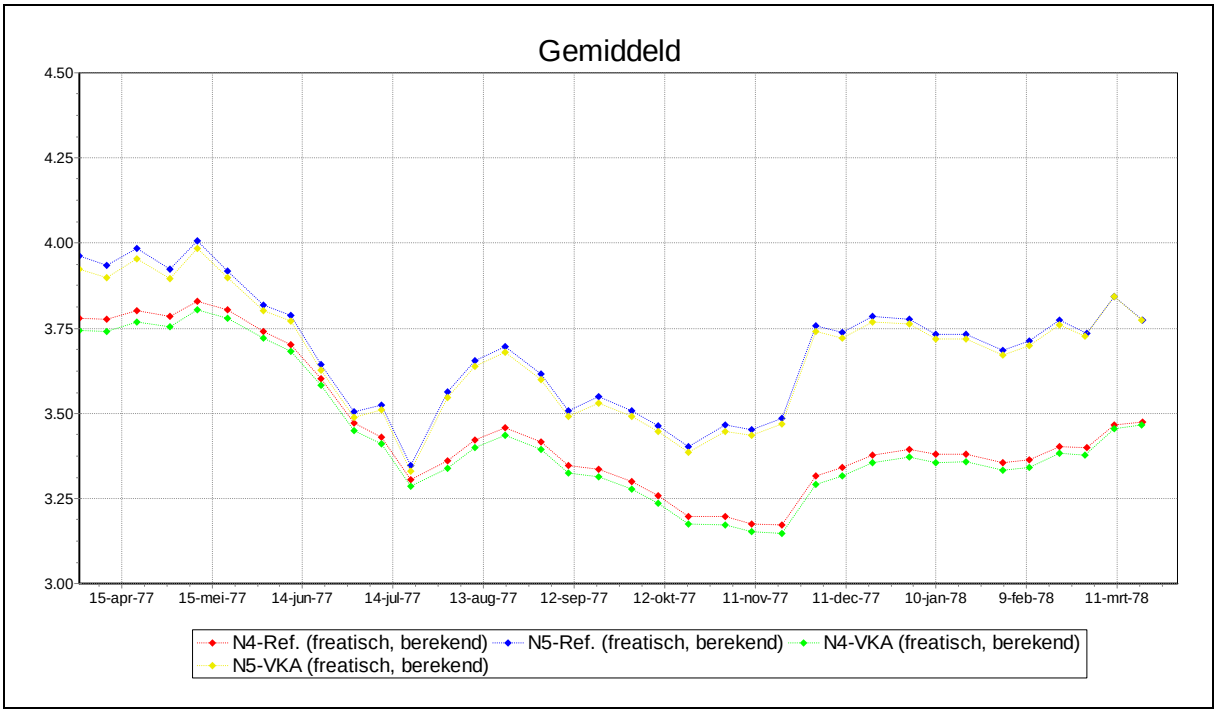


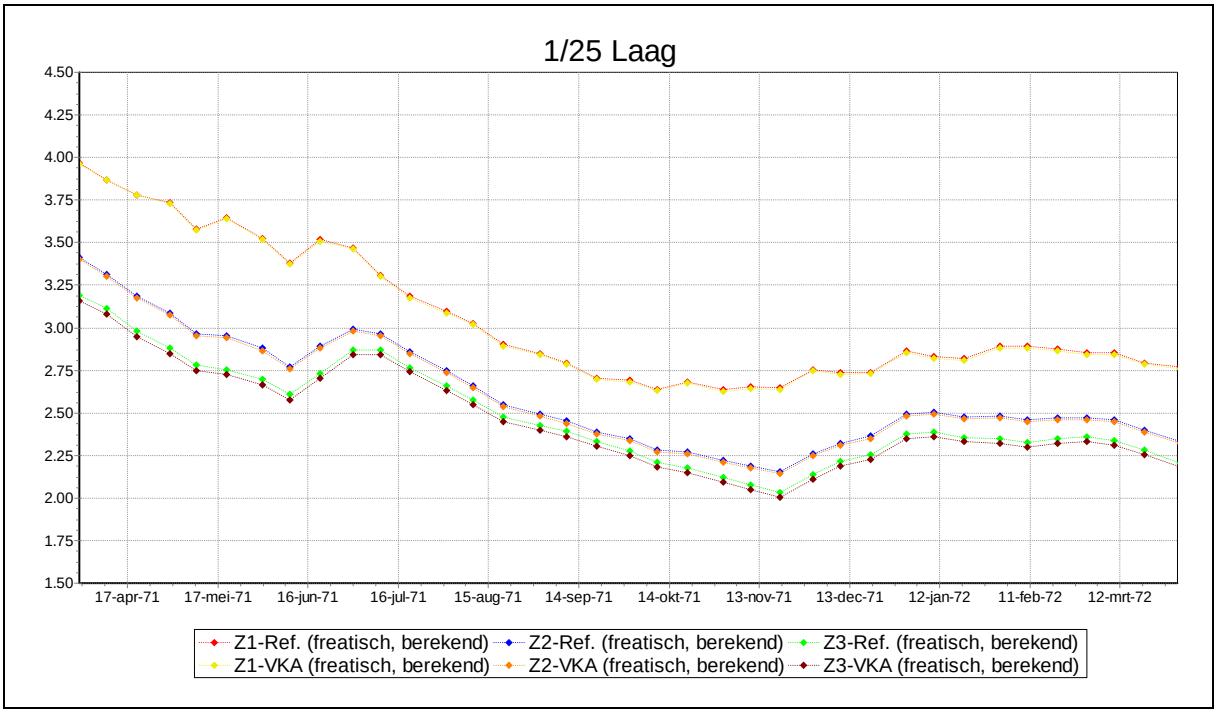

1/25 Hoog
5.50
5.25
5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
1-apr-74
1-mei-74
31-mei-74
30-jun-74
30-jul-74
29-aug-74
28-sep-74
28-okt-74
27-nov-74
27-dec-74
26-jan-75
25-feb-75
27-mrt-75
N1-Ref. (freatisch, berekend)
N2-Ref. (freatisch, berekend)
N3-Ref. (freatisch, berekend)
N1-VKA (freatisch, berekend)
N2-VKA (freatisch, berekend)
N3-VKA (freatisch, berekend)

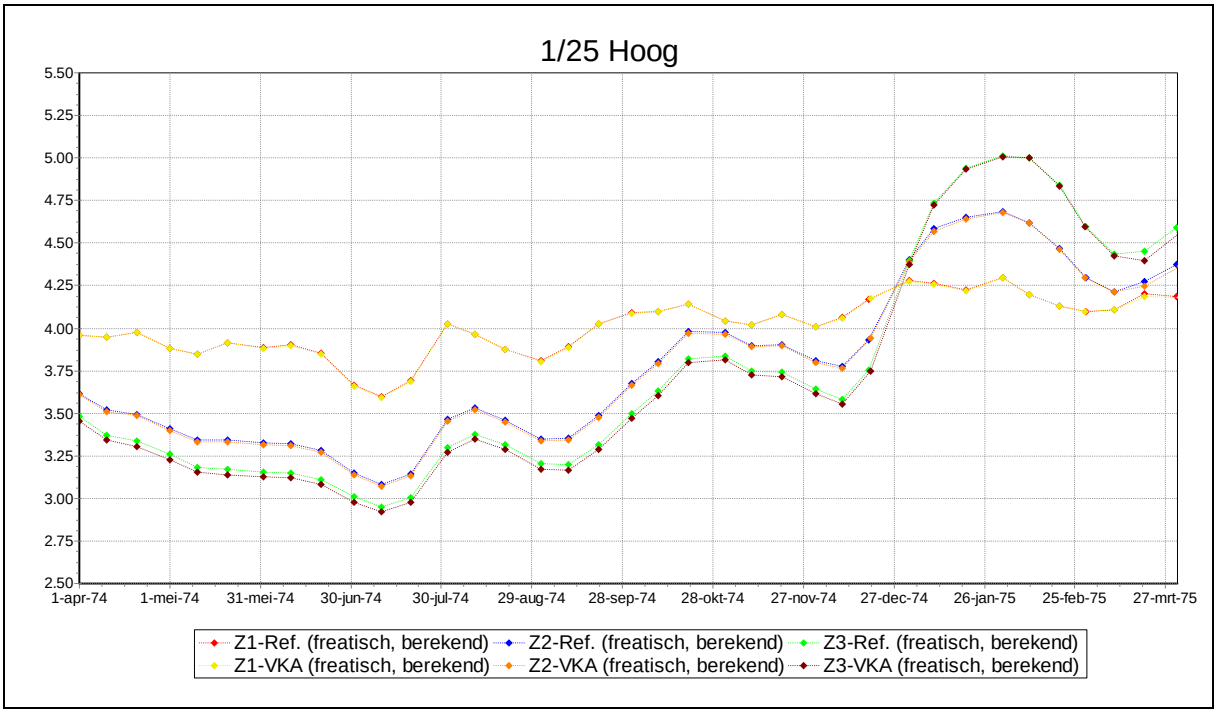

Gemiddeld
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
15-apr-77
15-mei-77
14-jun-77
14-jul-77
13-aug-77
12-sep-77
12-okt-77
11-nov-77
11-dec-77
10-jan-78
9-feb-78
11-mrt-78
N1-Ref. (freatisch, berekend)
N2-Ref. (freatisch, berekend)
N3-Ref. (freatisch, berekend)
N1-VKA (freatisch, berekend)
N2-VKA (freatisch, berekend)
N3-VKA (freatisch, berekend)

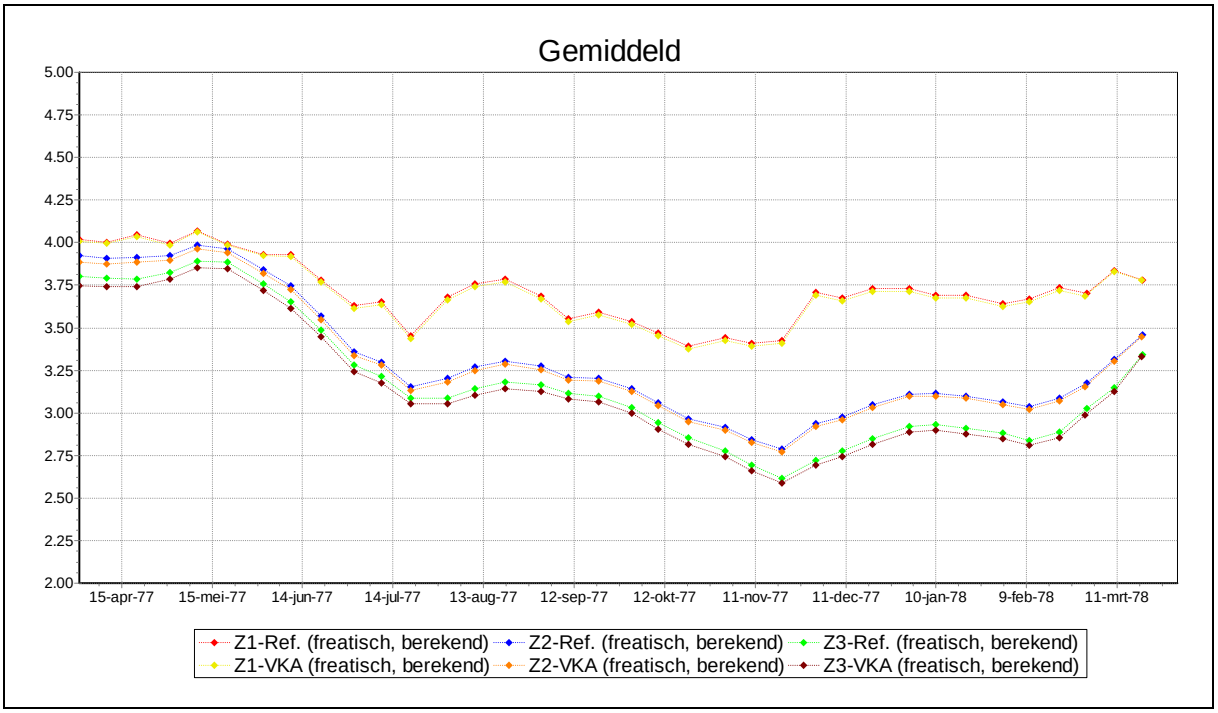

1/25 Laag
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
17-apr-71
17-mei-71
16-jun-71
16-jul-71
15-aug-71
14-sep-71
14-okt-71
13-nov-71
13-dec-71
12-jan-72
11-feb-72
12-mrt-72
N4-Ref. (freatisch, berekend)
N5-Ref. (freatisch, berekend)
N4-VKA (freatisch, berekend)
N5-VKA (freatisch, berekend)

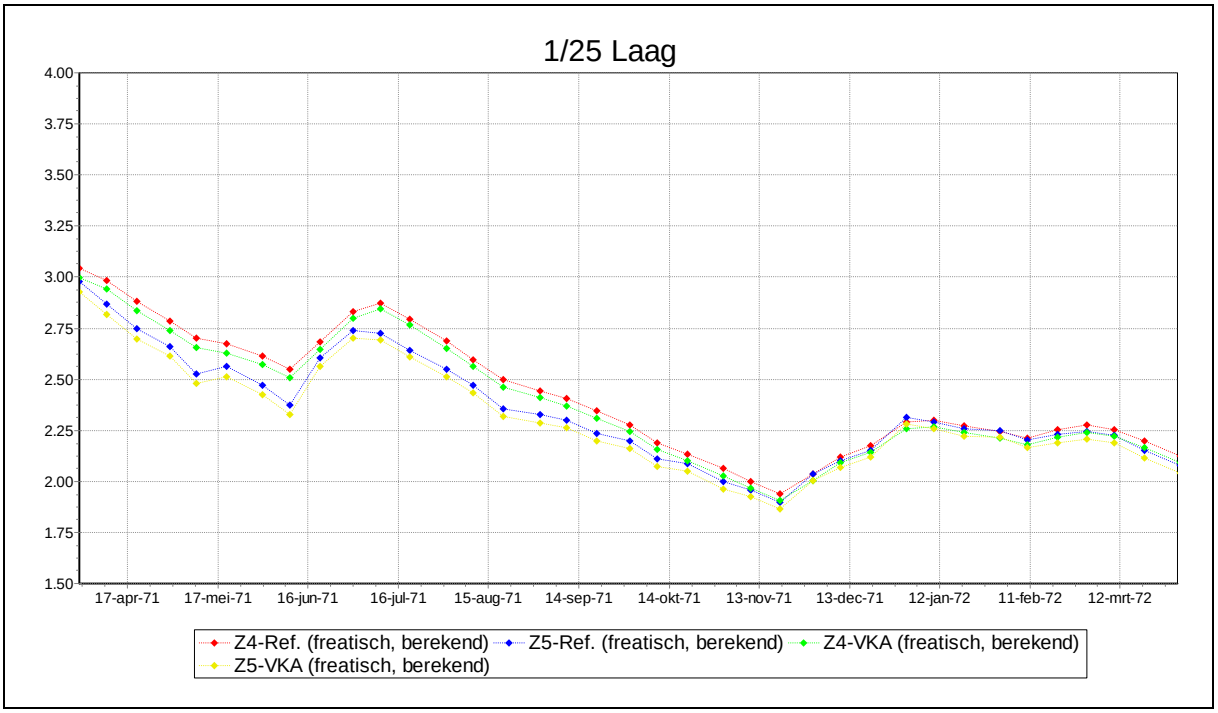

1/25 Hoog
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
1-apr-74
1-mei-74
31-mei-74
30-jun-74
30-jul-74
29-aug-74
28-sep-74
28-okt-74
27-nov-74
27-dec-74
26-jan-75
25-feb-75
27-mrt-75
N4-Ref. (freatisch, berekend)
N5-Ref. (freatisch, berekend)
N4-VKA (freatisch, berekend)
N5-VKA (freatisch, berekend)

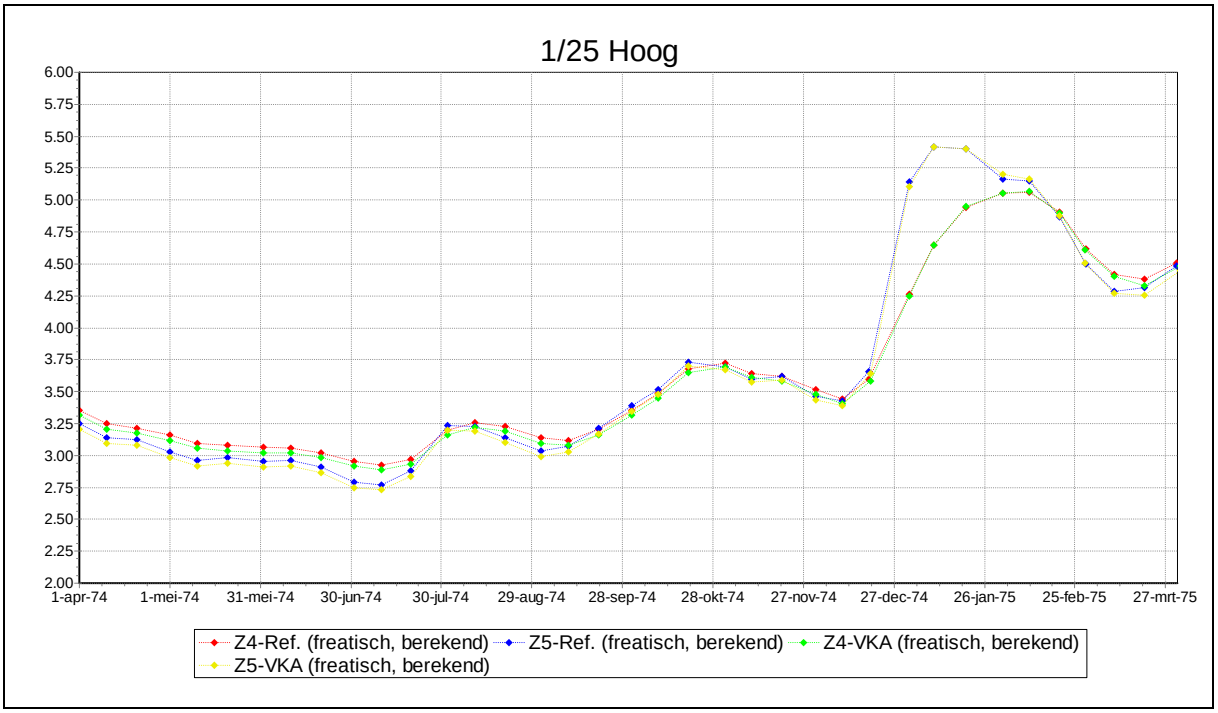

Gemiddeld
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
15-apr-77
15-mei-77
14-jun-77
14-jul-77
13-aug-77
12-sep-77
12-okt-77
11-nov-77
11-dec-77
10-jan-78
9-feb-78
11-mrt-78
N4-Ref. (freatisch, berekend)
N5-Ref. (freatisch, berekend)
N4-VKA (freatisch, berekend)
N5-VKA (freatisch, berekend)

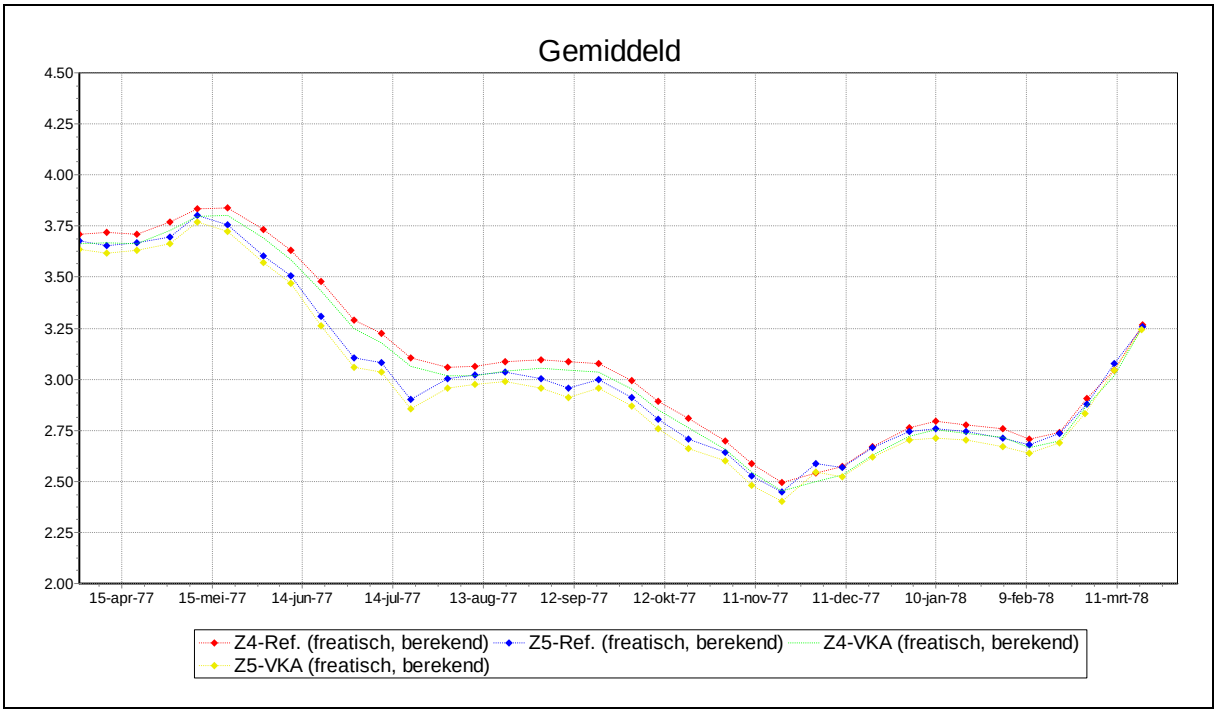

1/25 Laag
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
17-apr-71
17-mei-71
16-jun-71
16-jul-71
15-aug-71
14-sep-71
14-okt-71
13-nov-71
13-dec-71
12-jan-72
11-feb-72
12-mrt-72
Z1-Ref. (freatisch, berekend)
Z2-Ref. (freatisch, berekend)
Z3-Ref. (freatisch, berekend)
Z1-VKA (freatisch, berekend)
Z2-VKA (freatisch, berekend)
Z3-VKA (freatisch, berekend)


1/25 Hoog
5.50
5.25
5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
1-apr-74
1-mei-74
31-mei-74
30-jun-74
30-jul-74
29-aug-74
28-sep-74
28-okt-74
27-nov-74
27-dec-74
26-jan-75
25-feb-75
27-mrt-75
Z1-Ref. (freatisch, berekend)
Z2-Ref. (freatisch, berekend)
Z3-Ref. (freatisch, berekend)
Z1-VKA (freatisch, berekend)
Z2-VKA (freatisch, berekend)
Z3-VKA (freatisch, berekend)


Gemiddeld
5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
15-apr-77
15-mei-77
14-jun-77
14-jul-77
13-aug-77
12-sep-77
12-okt-77
11-nov-77
11-dec-77
10-jan-78
9-feb-78
11-mrt-78
Z1-Ref. (freatisch, berekend)
Z2-Ref. (freatisch, berekend)
Z3-Ref. (freatisch, berekend)
Z1-VKA (freatisch, berekend)
Z2-VKA (freatisch, berekend)
Z3-VKA (freatisch, berekend)


1/25 Laag
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1.75
1.50
17-apr-71
17-mei-71
16-jun-71
16-jul-71
15-aug-71
14-sep-71
14-okt-71
13-nov-71
13-dec-71
12-jan-72
11-feb-72
12-mrt-72
Z4-Ref. (freatisch, berekend)
Z5-Ref. (freatisch, berekend)
Z4-VKA (freatisch, berekend)
Z5-VKA (freatisch, berekend)


1/25 Hoog
6.00
5.75
5.50
5.25
5.00
4.75
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
1-apr-74
1-mei-74
31-mei-74
30-jun-74
30-jul-74
29-aug-74
28-sep-74
28-okt-74
27-nov-74
27-dec-74
26-jan-75
25-feb-75
27-mrt-75
Z4-Ref. (freatisch, berekend)
Z5-Ref. (freatisch, berekend)
Z4-VKA (freatisch, berekend)
Z5-VKA (freatisch, berekend)

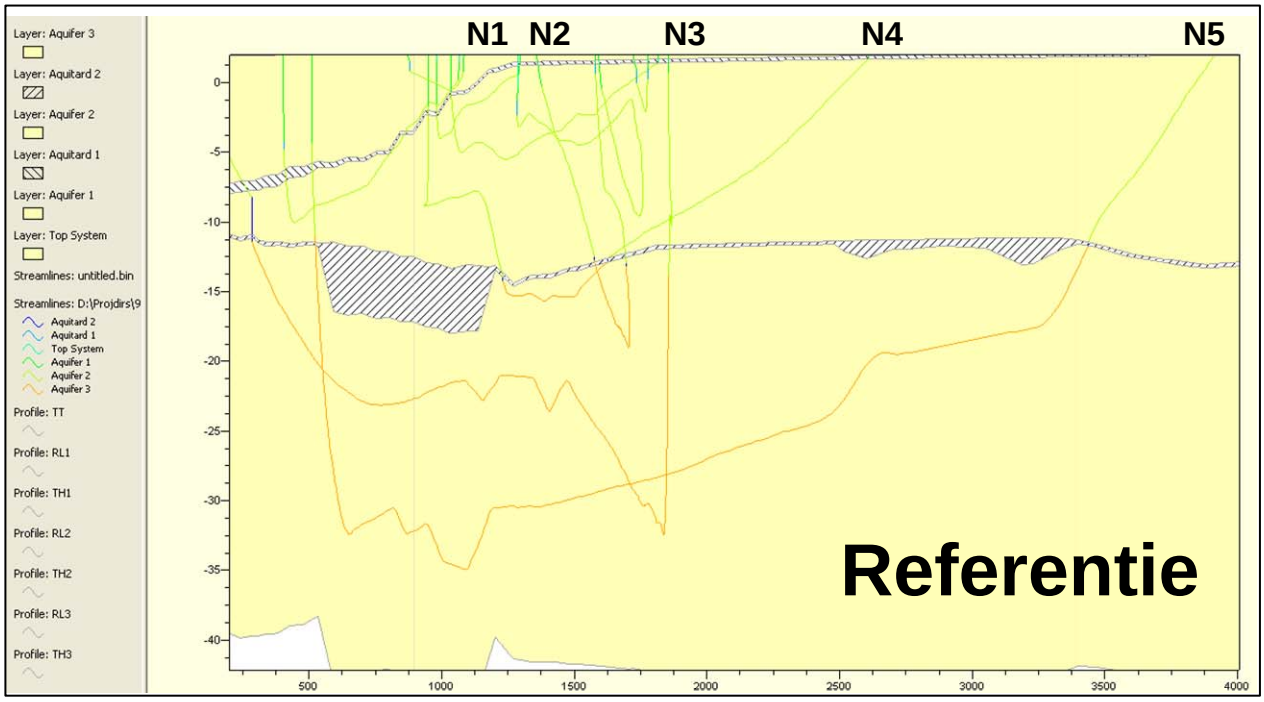

Gemiddeld
4.50
4.25
4.00
3.75
3.50
3.25
3.00
2.75
2.50
2.25
2.00
15-apr-77
15-mei-77
14-jun-77
14-jul-77
13-aug-77
12-sep-77
12-okt-77
11-nov-77
11-dec-77
10-jan-78
9-feb-78
11-mrt-78
Z4-Ref. (freatisch, berekend)
Z5-Ref. (freatisch, berekend)
Z4-VKA (freatisch, berekend)
Z5-VKA (freatisch, berekend)

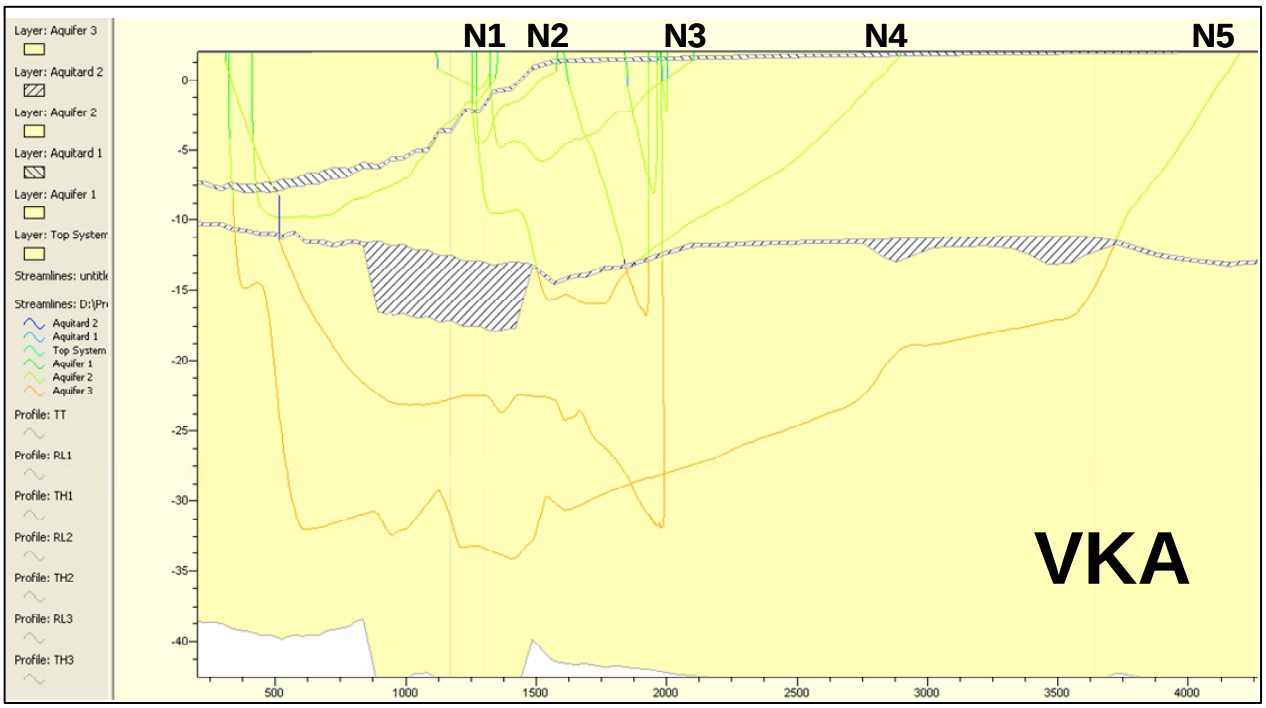
A COMPANY OF

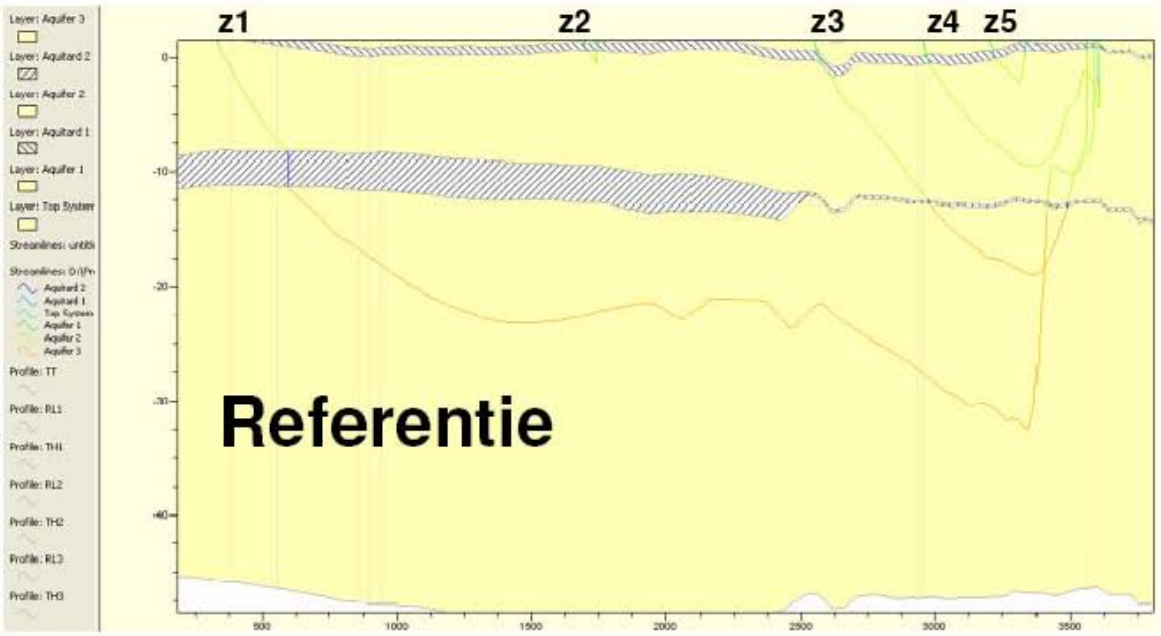
ROYAL HASKONING

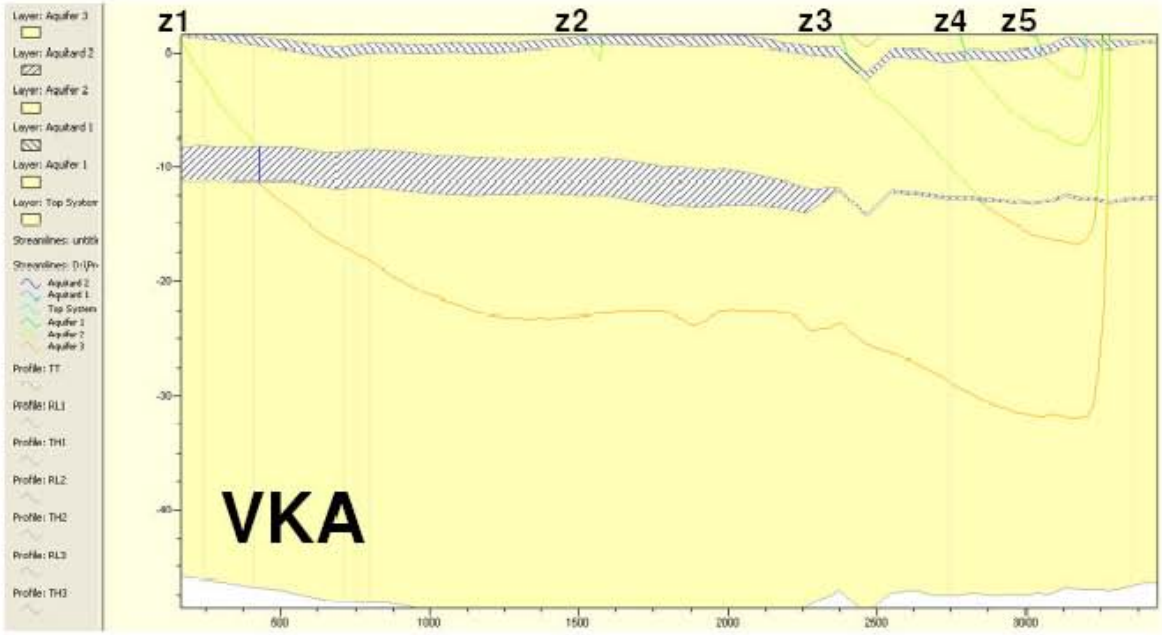
Bijlage 5
Stroombanen

De lokaties van de punten waarvoor in deze bijlage de stroombanen worden weergegeven, zijn weergegeven in figuur V1.

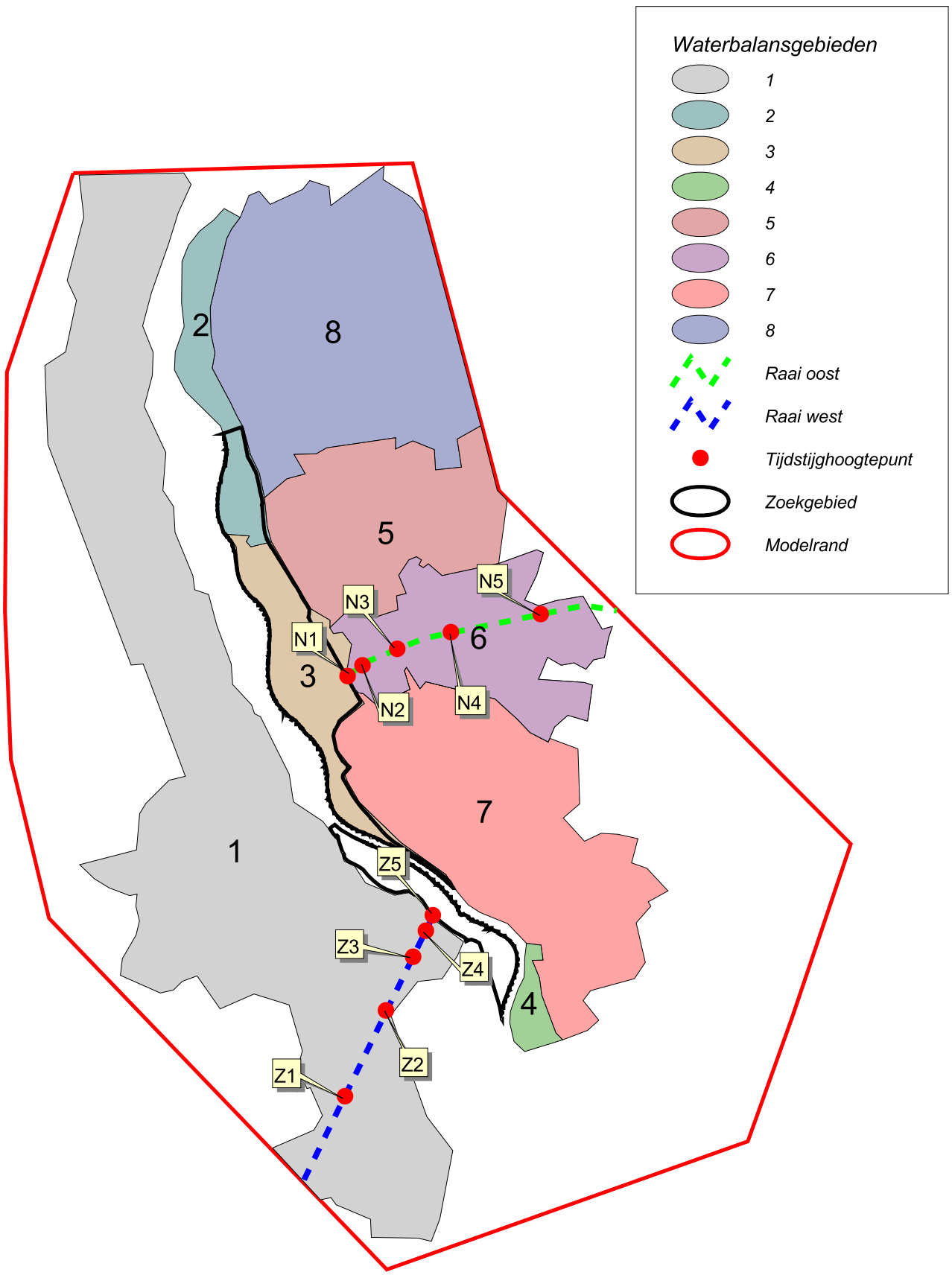





z1
z2
z3
z4
z5
Referentie


z1
z2
z3
z4
z5
VKA

Figuren



Titel:
Waterbalansgebieden en dwarsraaien

Datum:
04-12-2008

Schaal:
1:80000

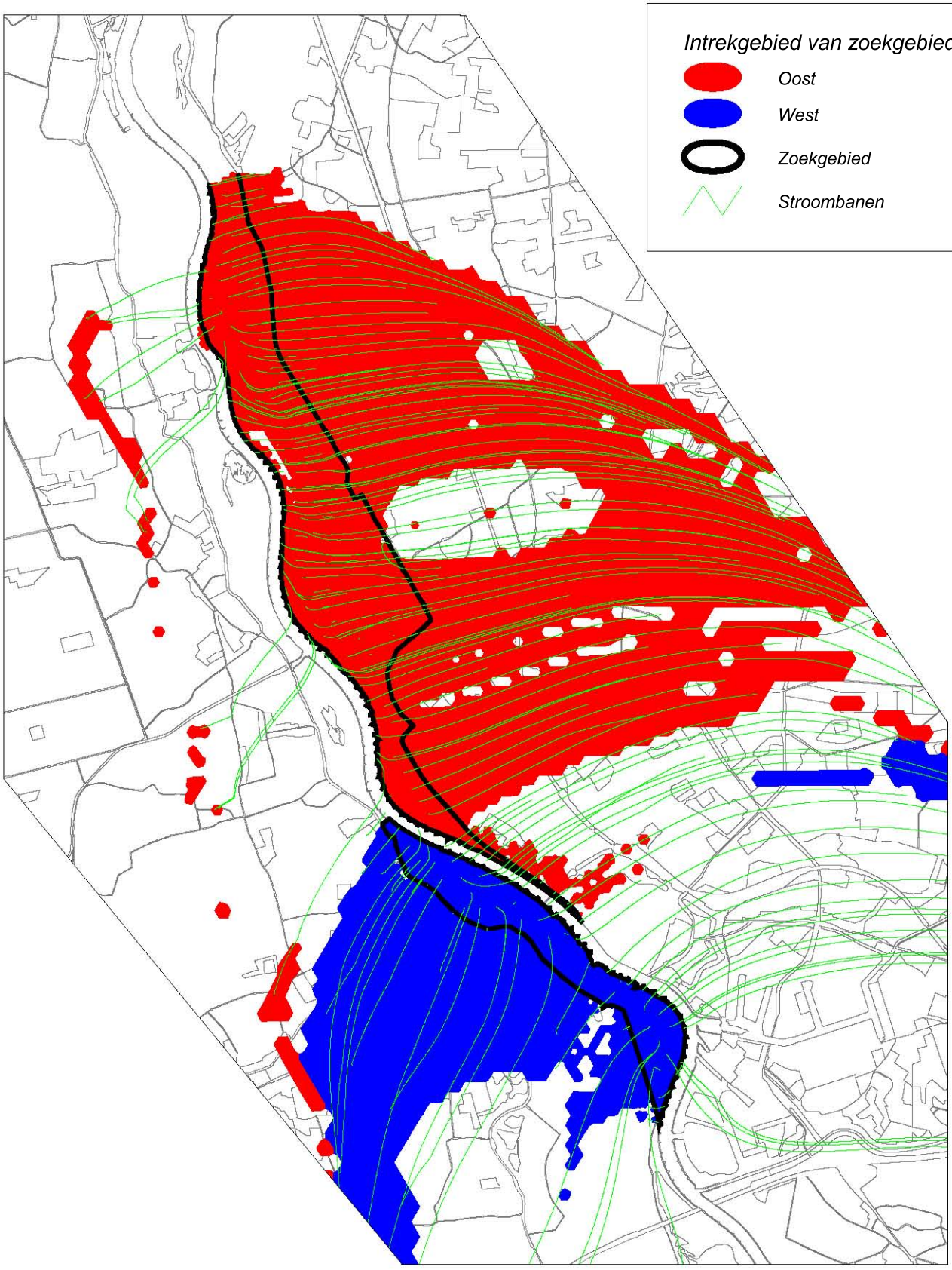
Figuur:
V1

Project:
Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

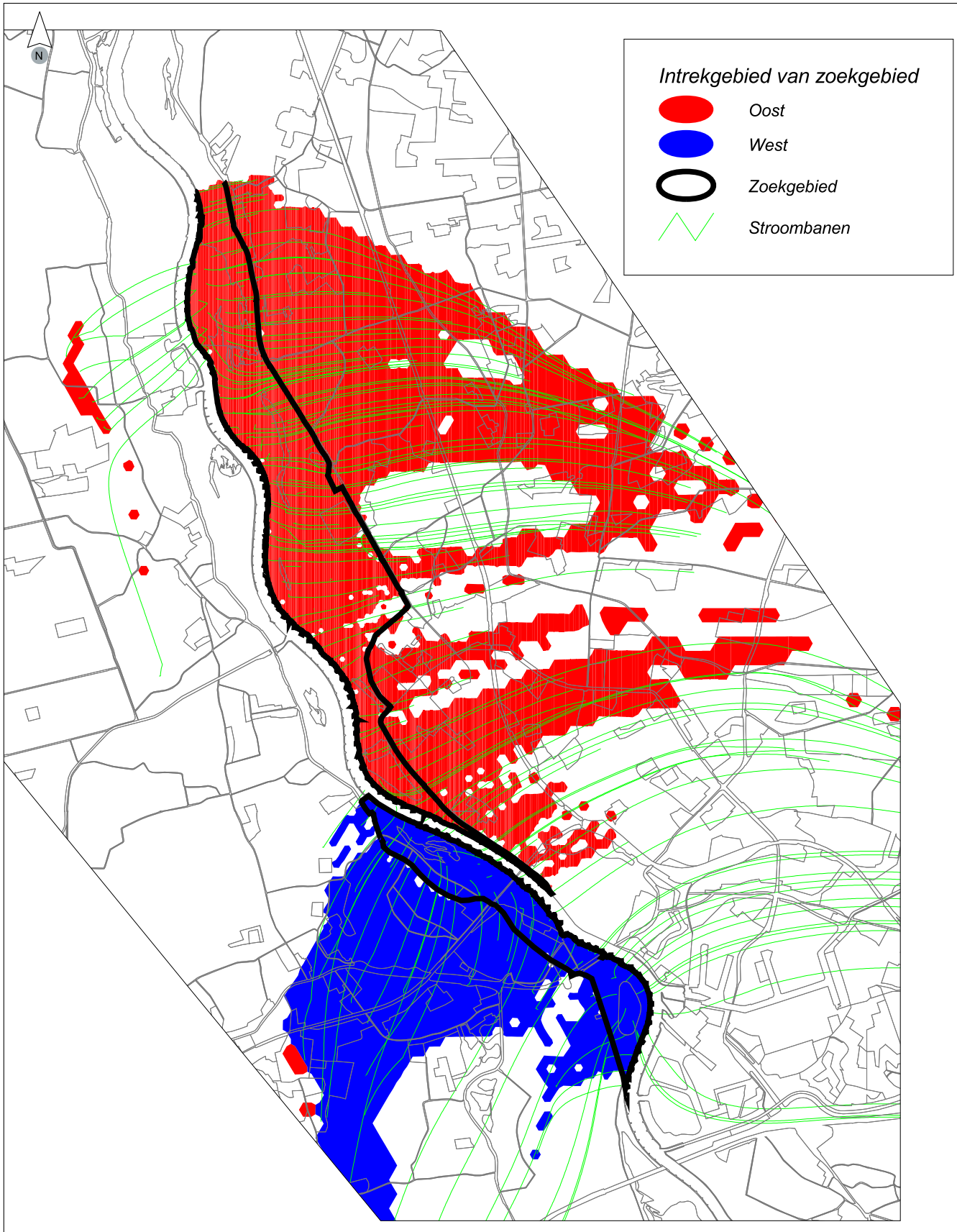
D:\Projdirs\9S9215\Technisch_Data\Gis\AVPROJ\9s9215.apr 00000A0J051 KVJ



0 1000 Meters

Titel: Intrekgebied (VKA)	Datum: 19-12-2008	Schaal: 1:50000
	Figuur: V3	
Project: Geohydrologisch onderzoek 'Ruimte voor de rivier' (Deventer)		
Opdrachtgever: Provincie Overijssel & Gemeente Deventer	ROYAL HASKONING HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF royal haskoning	

D:\Projdirs\9382\15\Technical_Data\GisAVPRO\9382215.apr 00000A0-053 KVI



Titel:
Intrekgebied (referentie situatie)

Datum:
19-12-2008

Schaal:
1:50000

Figuur:
V2

Project:
Geohydrologisch onderzoek
'Ruimte voor de rivier' (Deventer)

Opdrachtgever:
Provincie Overijssel & Gemeente Deventer

ROYAL HASKONING
HASKONING NEDERLAND B.V. IS A COMPANY OF ROYAL HASKONING

D:\Projdirs\9832151\Technical Data\GIs\AVPROJ\9832151.apr 00000AD052 KVV