

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Modellering en scenarioanalyse

Definitief

Provincie Gelderland

Grontmij Nederland bv
Houten, 25 mei 2009

Verantwoording

Titel : Hydrologisch onderzoek de Zumpe
Subtitel : Modelling en scenarioanalyse
Projectnummer : 258828
Referentienummer : 13/99090833/MKr
Revisie : Definitief
Datum : 25 mei 2009

Auteur(s) : drs. M. Kramer, ir. P.E. Dik, Dr. A.J.M. Jansen (Coöperatie Unie van Bosgroepen u.a.)

E-mail adres : mark.kramer@grontmij.nl

Gecontroleerd door : drs. P.N.M. Schipper

Paraaf gecontroleerd :

Goedgekeurd door : drs. M.P. Hartog

Paraaf goedgekeurd :

Contact : De Molen 48
3994 DB Houten
Postbus 119
3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
midwest@grontmij.nl
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

| | | |
|-------|--|----|
| | Het hydro-ecologisch functioneren van de Zumpe (synthese)..... | 5 |
| 1 | Inleiding..... | 28 |
| 1.1 | Algemeen..... | 28 |
| 1.2 | Doelstelling..... | 28 |
| 1.3 | Uitwerking..... | 28 |
| 1.4 | Rapportage en leeswijzer..... | 29 |
| 2 | Modellering..... | 30 |
| 2.1 | Beschrijving AMIGO..... | 30 |
| 2.1.1 | Inleiding..... | 30 |
| 2.1.2 | Beschrijving watersysteem AMIGO..... | 30 |
| 2.1.3 | Calibratieresultaat AMIGO..... | 32 |
| 2.2 | Aanpassingen AMIGO..... | 32 |
| 2.2.1 | Modelgebied..... | 32 |
| 2.2.2 | Aanpassingen watersysteem..... | 33 |
| 2.3 | Calibratie..... | 36 |
| 2.3.1 | Inleiding..... | 36 |
| 2.3.2 | Meetgegevens..... | 36 |
| 2.3.3 | Calibratieresultaat..... | 38 |
| 2.3.4 | Gevoeligheidsanalyse..... | 40 |
| 2.4 | Evaluatie..... | 40 |
| 3 | Huidige situatie..... | 42 |
| 3.1 | Algemeen..... | 42 |
| 3.2 | Natuur..... | 42 |
| 3.3 | Watersysteem..... | 43 |
| 3.3.1 | GxG..... | 44 |
| 3.3.2 | Isohypsens..... | 44 |
| 3.3.3 | Kwel en infiltratie..... | 45 |
| 3.3.4 | Waterbalans..... | 45 |
| 3.4 | Doelrealisaties..... | 48 |
| 3.4.1 | Landbouw..... | 48 |
| 3.4.2 | Natuur..... | 48 |
| 3.5 | Hydrologische systeemanalyse..... | 49 |
| 4 | Scenario analyse..... | 53 |
| 4.1 | Inleiding..... | 53 |
| 4.2 | Watersysteem rond 1900..... | 53 |
| 4.2.1 | Wijzigingen in model..... | 53 |
| 4.2.2 | GxG..... | 54 |
| 4.2.3 | Isohypsens..... | 54 |
| 4.2.4 | Kwel en infiltratie..... | 55 |
| 4.2.5 | Waterbalans..... | 55 |
| 4.2.6 | Effecten hydrologisch systeem..... | 56 |
| 4.3 | Scenario minimaal afvoeren..... | 58 |
| 4.3.1 | Wijzigingen in model..... | 58 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.3.2 | GxG..... | 60 |
| 4.3.3 | Isohypsens..... | 61 |
| 4.3.4 | Kwel en infiltratie..... | 61 |
| 4.3.5 | Waterbalans..... | 61 |
| 4.3.6 | Effecten hydrologisch systeem..... | 63 |
| 4.3.7 | Effecten doelrealisaties landbouw..... | 65 |
| 5 | Conclusies..... | 66 |

| | |
|-----------|-----------------------------|
| Bijlage 1 | Calibratieresultaat |
| Bijlage 2 | Beschrijving werkscenario's |
| Bijlage 3 | Kaarten |

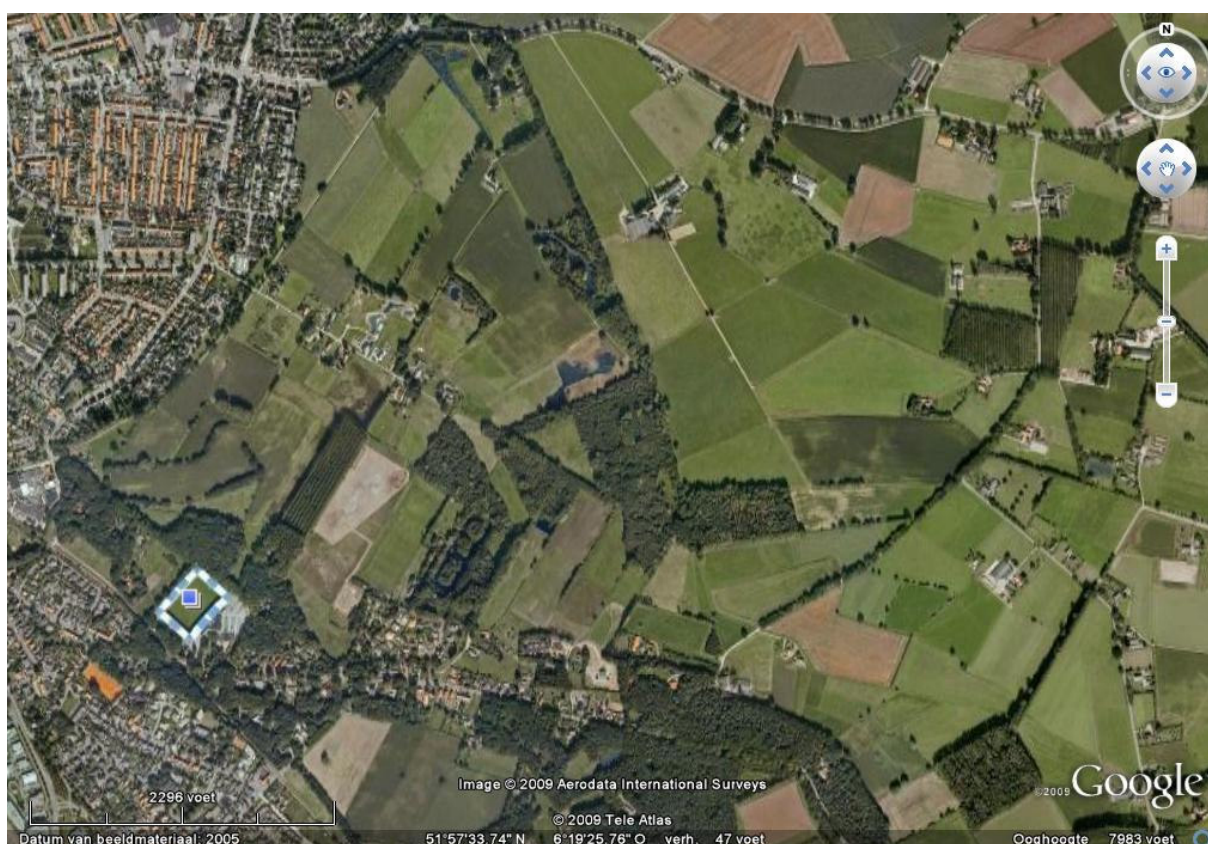
Het hydro-ecologisch functioneren van de Zumpe (synthese)

Opgesteld door: dhr. A.J.M. Jansen (Unie van Bosgroepen)
Met medewerking van dhr. W.A.J. Klutman (Arcadis)
dhr. Th.G. Giesen (Giesen & Geurts)
dhr. M. Kramer (Grontmij)

1 Inleiding

1.1 Ligging

De Zumpe ligt in de gemeente Doetinchem (zie figuur 1). Het is een afwisselend en nat gebied, waarvan de kern bestaat uit natte bossen en enkele graslanden (de Zumpe in strikte zin). De Zumpe in strikte zin is een beschermd natuurmonument in het kader van de Natuurbeschermingswet en is omgeven door een kleinschalig landschap van (voormalige) akkers en door de moderne landbouw intensief gebruikte graslanden. Langs de bossen van de Zumpe loopt de Beneden-Slinge. Het gebied ten westen hiervan wordt Groenendaal genoemd. Eerdere plannen tot bebouwing van dit gebied zijn niet uitgevoerd, waarna het door de gemeente Doetinchem is ingericht als groenzone. Het gebied wordt tegenwoordig ook wel Ruige Horst genoemd, na een hooggelegen akker tussen de Vijverlaan en de voormalige spoorlijn naar Zelhem. Ook Groenendaal of de Ruige Horst worden tegenwoordig wel tot de Zumpe gerekend. In ieder geval bestaat er een duidelijke samenhang tussen deze gebieden en de Zumpe in strikte zin, niet alleen in landschappelijk opzicht maar ook via het grond- en oppervlaktewater.



Figuur 1 Ligging van de Zumpe (centraal in de foto) aan de oostzijde van Doetinchem

1.2 Standplaatscondities

De Zumpe is al meer dan een eeuw lang bekend vanwege zijn grote rijkdom aan planten en dieren. De bestaansbasis voor deze rijkdom en de gemeenschappen waarin planten en dieren samenleven is de niet-levende (abiotische) natuur: het klimaat, het water en de bodem. Elke vegetatie is afhankelijk van de abiotische omstandigheden (condities) die op zijn standplaats heersen. Elke plek in het landschap heeft zijn specifieke combinatie van standplaatscondities en zal daarom begroeid raken met de combinatie van plantensoorten – de specifieke vegetatie of plantengemeenschap – die daaraan het best is aangepast. Veranderen of verdwijnen deze condities dan zal de vegetatie veranderen.

Voor planten van natte groeiplaatsen zijn drie standplaatscondities van cruciaal belang:

1. het verloop van de grondwaterstand gedurende het jaar, waarbij het dan niet alleen gaat om de hoogte van de grondwaterstand, maar vooral om hoe lang deze (hoge) grondwaterstanden optreden;
2. de zuurgraad en de verzadiging met basen van de bodem die worden bepaald door de chemische samenstelling van het grond- en/of oppervlaktewater;
3. en de beschikbaarheid van voedingsstoffen (vooral stikstof, fosfaat en kalium) in de bodem.

De Zumpe kent een grote variatie in watersysteem en bodemsamenstelling. Deze variatie wordt gestuurd door de diepe ondergrond, die in belangrijke mate is gevormd tijdens de laatste ijstijden. Ook het reliëf is van cruciaal belang voor de ecologische verscheidenheid. Geringe hoogteverschillen zorgen voor verandering in de combinatie van standplaatscondities. Omdat het hoogteverloop in het zandlandschap geleidelijk is, zullen de standplaatscondities ook geleidelijk veranderen met dat hoogteverloop. Daarop reageert de vegetatie. Zulke geleidelijke overgangen van hoog naar laag, met hun geleidelijke veranderingen in vegetatie en milieuomstandigheden, noemen we "gradiënten". Gradiënten zijn zeer rijk aan planten- en diersoorten. Langs deze gradiënten veranderen de standplaatscondities weliswaar geleidelijk, waardoor er over korte afstand voor heel verschillende planten- en diersoorten en plantengemeenschappen gunstige omstandigheden ontstaan.

De drijvende kracht achter deze verschillen is het watersysteem. Verschillen in standen, kwaliteit en stroming van het grond- en oppervlaktewater zorgen op de standplaats van de plant voor verschillende omstandigheden, in hoe nat (het grondwaterregime), hoe zuur (zuurgraad) en hoe voedselrijk (nutriëntenbeschikbaarheid) de bodem is.

Wat betreft het grondwaterregime is het voor plantengemeenschappen van natte standplaatsen bepalend of grondwater dat afkomstig is vanuit de diepte aan maaiveld uittreedt (kwel) of dat juist regenwater in de bodem sijpelt (inzijging). Het grondwater dat uittreedt nabij maaiveld, in de wortelzone van vegetatie, kan heel verschillend van samenstelling zijn; de zuurgraad kan variëren van licht zuur tot kalkrijk. Welk type grondwater uittreedt op een plaats is afhankelijk van de hoeveelheid kalk en basische kationen die het grondwater is tegengekomen op zijn tocht door de bodem. Naast de zuurgraad is ook de ijzerrijkdom van het grondwater van belang. IJzerrijk grondwater is in staat de voedingsstof fosfaat te binden waardoor voedselarme standplaatsen ontstaan. Zulke voedselarme standplaatsen zijn rijk aan planten- en diersoorten; van voedselrijke omstandigheden profiteren slechts enkele, hoogopschietende plantensoorten en een beperkt aantal diersoorten. Ook het verloop van de grondwaterstand bepaalt mede de beschikbaarheid van voedingsstoffen. Wanneer langdurig natte omstandigheden heersen is er nauwelijks nitraat beschikbaar; nitraat wordt dan omgezet in stikstofgas dat naar de atmosfeer uitwijkt (denitrificatie). Zulke natte omstandigheden heersen van nature gedurende de winter en het voorjaar; vanaf het late voorjaar daalt de grondwaterstand geleidelijk en valt de bodem droog. In van nature natte gebieden als de Zumpe zakt de grondwaterstand in de natte delen niet dieper weg dan 50 à 80 centimeter beneden het maaiveld, waarbij in de aller natste delen de grondwaterstand zich nabij het maaiveld bevindt. Bij zo'n grondwaterregime – 's winters zeer nat en vanaf het late voorjaar geleidelijk droogvallend - is ijzer in staat fosfaat te binden waardoor het niet beschikbaar is voor de plantengroei en voedselarme omstandigheden gehandhaafd blijven. Blijven de waterstanden ook in de zomer boven maaiveld, dan is ijzer niet in staat fosfaat te binden en ontstaan zeer voedselrijke omstandigheden.

1.3 Vraagstelling

Voor het behoud en het herstel van de grote verscheidenheid in planten en dieren in de Zumpe is het noodzakelijk te begrijpen hoe het (grond)watersysteem in het reservaat en zijn omgeving functioneert en via de bodem de standplaatscondities van planten en dieren bepaalt. We zullen ons daarin dan ook verder moeten verdiepen, niet alleen aan het oppervlak en in het heden, maar ook op grotere diepte en in het (verre) verleden. De centrale vraag is dan ook: wat zijn de processen in de waterhuishouding die de standplaatscondities van de vegetatie bepalen?

2 Vegetatie

2.1 *Vegetatie in begin twintigste eeuw*

Op basis van historische data (begin van de twintigste eeuw) van de plantengroei reconstrueerden Jansen et al. (1997) de vroegere vegetatie. Zij stelden vast dat er in de Zumpe een gradiënt met plantengemeenschappen ontwikkeld was, waarin naast zeer basenminnende ook meer zuurminnende plantengemeenschappen voorkwamen. De kern van de Zumpe bestond uit zogenaamde Blauwgraslanden, Dotterbloemhooilanden en kalkmoerassen (mesotrofe Kleinezeggenmoerassen), alle gemeenschappen van zeer basenrijke omstandigheden. Dit zijn gemeenschappen met een hoge natuurwetenschappelijke waarde. Het gebied moet zeer nat zijn geweest, veel natter dan tegenwoordig, niet alleen omdat deze plantengemeenschappen voorkwamen, maar ook omdat zeer veel water- en moerasplanten voorkwamen. Ook deze plantensoorten waren overwegend kenmerkend voor basenrijke tot zeer basenrijke omstandigheden. De toen aanwezige meer zuurminnende plantensoorten en –gemeenschappen zijn kenmerkend voor zwak gebufferde omstandigheden d.w.z. dat lage concentraties basische ionen in staat zijn de pH te bufferen boven 5. Tot de soorten van deze condities behoorden er enkele tot de Oeverkruid-klasse. Verder kwam enig Elzenbroek voor in de Zumpe, maar een groot deel van het gebied bestond nog uit hooilanden en moerassen.

2.2 *Vegetatie aan het einde van de twintigste eeuw*

In de jaren 1960 was de waterhuishouding van de Zumpe en zijn omgeving sterk veranderd. Door het graven en verdiepen van sloten, door het verdiepen van de Beneden-Slinge, door het omkeren van de afvoerrichting van het oppervlaktewater – waarvoor een gemaal werd gebouwd - waren de waterstanden ten opzichte van het begin van de twintigste eeuw fors gedaald. De meeste van de soorten van de Blauwgraslanden, Dotterbloemhooilanden en kalkmoerassen waren in de jaren 1970 dan ook verdwenen. Soorten van de Oeverkruid-klasse waren geheel verdwenen. Van de vroegere soortenrijke hooilanden resteerde één klein, niet meer gemaaid perceel, terwijl de andere in gebruik waren genomen voor de landbouw. Het grootste deel van de Zumpe bestond uit Elzenbroekbossen en populierenaanplanten, waarin nog diverse soorten van (zeer) basenrijke omstandigheden voorkwamen. Een steeds groter deel van de broekbossen raakte echter verdroogd: Braam, Grote brandnetel, Hennegras, Rietgras en andere soorten van zeer voedselrijke omstandigheden gingen de vegetatie bepalen dankzij het verhoogde aanbod van voedingsstoffen onder invloed van een versterkte mineralisatie van de organische stof in de bovenste laag van de bodem. Alleen in de natste delen kwamen nog goed ontwikkelde Elzenbroekbossen voor. In de jaren negentig van de vorige eeuw werd het beheer van de Zumpe weer geïntensiveerd. Zo werd een deel van de Elzenbroeken weer als hakhout beheerd en verschenen tijdelijk weer pioniers zoals Bruin cypergras in 1999. In het kader van de toenmalige Regeling Integraal Waterbeheer (Regiwa) werden antiverdrogingsmaatregelen genomen zoals het verwijderen van het gemaal, het dempen van een deel van de verbindingssloot tussen Beneden-Slinge en Zompesloot, en gedeeltelijk herstel van de vroegere afvoerrichting van het oppervlaktewater richting Doetinchem. Aan de Vossenstraat werd een nieuw gemaaltje gebouwd waarmee water naar de Beneden-Slinge kon worden gevoerd, alleen op veel grotere afstand van de Zumpe dan voorheen. Zo werd getracht een deel van de verdroging van de Zumpe te herstellen. Rond deze tijd begon de gemeente Doetinchem ook met de inrichting van Groendaal als “groen” gebied; in het begin van de nieuwe eeuw werden de voormalige landbouwgronden rond de sportvelden van hun voedselrijke top laag ontdaan en werd een fijnschalig reliëf aangebracht. Ter plaatse van het voormalige gemaal en het gedempte deel van de Verbindingssloot werd eveneens de voedselrijke top laag verwijderd. Zo ontstond aan de westzijde van de Zumpe een steeds grotere extensief beheerde eenheid van niet meer bemeste gronden.

2.3 *Huidige vegetatie*

Giesen & Geurts (2009) inventariseerden de tegenwoordige vegetatie van de Zumpe, onder meer om de effectiviteit van de genomen antiverdrogingsmaatregelen vast te stellen. Zij concluderen dat in de Zumpe zelf over het algemeen meer plaatsen basenrijke omstandigheden zijn ontstaan, er minder regenwater stagneert en het grondwater wat schoner is geworden. De vegetatie heeft hier echter nog niet duidelijk op gereageerd. Wel is de verspreiding en de bedekking van soorten die basenrijke kwel indiceren toegenomen.

De Beneden-Slinge en de Verbindingsloot draineren minder sterk. In het centrale deel van de Zumpe rond de oorsprong van de Zompesloot is de kwel van basenrijk grondwater het sterkst. Rond de sportvelden zijn diverse soorten gevonden van de Oeverkruid-klasse die kwel van zwak gebufferd grondwater indiceren. Die laatste ontwikkeling is verheugend aangezien deze soorten al decennialang uit de Zumpe waren verdwenen. De maatregelen in waterhuishouding en inrichting hebben geleid tot gedeeltelijk herstel van de oorspronkelijke gradiënt van licht zuur naar zeer basenrijk. De meeste soorten van het vroegere Blauwgrasland, Dotterbloemhoiland en kalkmoeras zijn echter nog niet teruggekeerd. Dat hangt gedeeltelijk samen met het feit dat op hun vroegere standplaatsen Elzenbroekbossen tot ontwikkeling zijn gekomen en dat een deel van de kenmerkende soorten geen langlevende zaden bezit. De vraag is echter of de voor deze soorten en hun gemeenschappen noodzakelijke standplaatscondities in voldoende mate zijn hersteld? Verder dringt zich de vraag op waarom veel soorten van (zeer) basenrijke condities zich in de Elzenbroeken van de Zumpe hebben weten te handhaven, ondanks de ernstige verdroging in de tweede helft van de twintigste eeuw? Andere, vergelijkbaar ontwaterde broekbossen kenden een veel soortenarmere vegetatie, die in veel hogere mate dan de Zumpe werd gedomineerd door hoogopschietende, hoogproductieve soorten. Blijkbaar zijn er in de Zumpe specifieke omstandigheden die een verdere, sterkere verarming van de vegetatie hebben doen tegengaan. Deze blijken, zoals we hieronder zullen uitwerken, samen te hangen met de opbouw van de ondergrond.

Soorten met een duidelijke indicatiewaarde voor de basenrijkdom van bodem en (grond)water zijn in drie groepen ingedeeld – basenarm, basenrijk en intermediair – waarvan door Giesen & Geurts verspreidingspatronen zijn vervaardigd (tabel 1; figuren 2 t/m 4). Van deze groepen van soorten is tevens het relatieve aandeel per inventarisatievlak bepaald (figuur 5) waarmee een indruk ontstaat van de overheersende basentoestand per inventarisatievlak. Er is een duidelijke zonering zichtbaar:

1. de kern van de Zumpe (de broekbossen), het bos direct ten oosten van de Beneden-Slinge en de diepe ontwateringsmiddelen (Beneden-Slinge, Zompesloot en sloot aan zuidzijde) zijn gekenmerkt door soorten van (zeer) basenrijke omstandigheden;
2. ten zuiden en oosten van de broekbossen bevindt zich een zone waarin soorten van basenarme omstandigheden overheersen;
3. Tussen beide zones in ligt een smalle zone waarin vooral soorten voorkomen die kenmerkend zijn voor een intermediaire de basentoestand d.w.z. een basentoestand die zich bevindt tussen basenarme en (zeer) basenrijke omstandigheden.

Tabel 1 **Indicatiewaarden van plantensoorten voor de basentoestand van hun standplaats (kranswieren zijn vermeld met hun wetenschappelijke namen)**

| basenarm-matig basenrijk | matig basenrijk-basenrijk | basenrijk |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Kleine zonnedauw | Waterviolier | Bittere veldkers |
| Waterpunge | Stijve moerasweegbree | Bosbies |
| Veelstengelige waterbies | Ongelijkbladig fonteinkruid | Kleine valeriaan |
| Waterpostelein | | Klein fonteinkruid |
| Moerashertshooi | | Rosig fonteinkruid |
| Pilvaren | | Rode waterereprijs |
| Vlottende bies | | <i>Chara vulgaris</i> |
| Veldrus | | <i>Chara globularis</i> |
| Zwarte zegge | | Gewone dotterbloem |
| <i>Nitella translucens</i> | | Kleine egelskop |
| | | Grote boterbloem |
| | | Holpijp |
| | | <i>Nitella capillaris</i> |
| | | <i>Nitella flexilis</i> |

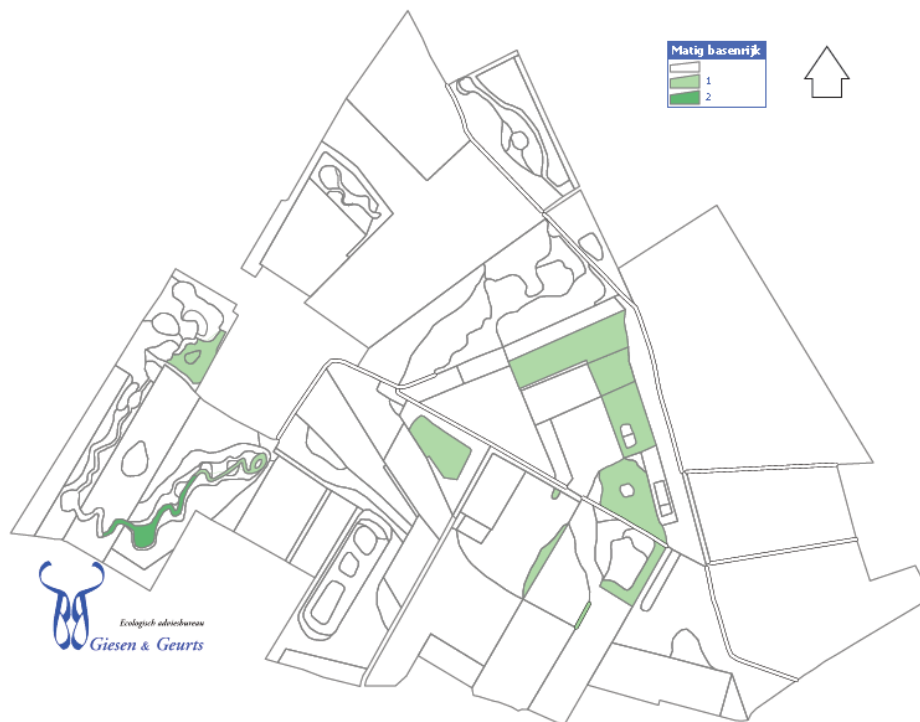
De processen die deze duidelijke zonering bepalen zullen worden achterhaald met behulp van een hydro-ecologische systeemanalyse. Wanneer deze processen bekend zijn, kan ook worden begrepen wat de gevolgen zijn van het vroegere menselijke ingrijpen op de standplaatscondities en daarmee de vegetatie en op welke wijze de standplaatscondities weer hersteld kunnen worden zodanig dat (een deel van) de vroegere, veel hogere soortenrijkdom van de Zumpe weer kan terugkeren.



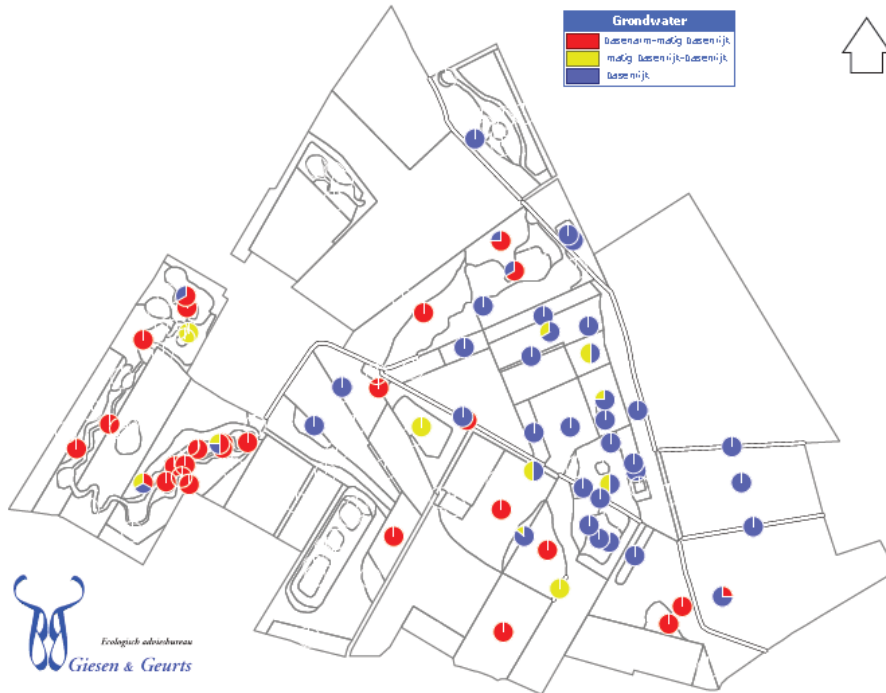
Figuur 2 *Voorkomen van soorten van basenarme, zwak gebufferde omstandigheden. Hoe groener, hoe hoger het aandeel soorten van zulke omstandigheden*



Figuur 3 *Voorkomen van soorten van basenrijke omstandigheden. Hoe groener, hoe hoger het aandeel soorten van zulke omstandigheden*



Figuur 4 *Voorkomen van soorten van intermediaire (matig basenrijke) omstandigheden. Hoe groener, hoe hoger het aandeel soorten van zulke omstandigheden*



Figuur 5 Relatieve aandeel van plantensoorten van de drie onderscheiden klassen van baserijkdom (basenarm, intermediair en baserijk) per inventarisatievlak

3 Opbouw van de ondergrond

3.1 Beknopte geologische geschiedenis

De Zumpe ligt ter plaatse van een van oorsprong vlechtende rivierstelsel van de Rijn, waarin gedurende de laatste ijstijd (Weichselien) rivierzanden zijn afgezet. In het Laat-Weichselien bij het geleidelijk warmer worden van het klimaat werd dit stelsel verlaten en verplaatste de Rijn zich naar het tegenwoordige dal van de Oude IJssel. Tijdens een koudere periode (het Allerød) werd vanuit het toenmalige, nauwelijks begroeide Rijndal, onder invloed van overwegend zuidwesten winden grote hoeveelheden zand in de richting het vlechtende stelsel geblazen, waar ze ter plekke van de natste delen een groot rivierduincomplex vormden. Dit complex aan de noordoostzijde van Oude IJssel strekt zich in Nederland uit van Gendringen tot aan Drempt; op deze hoogte zijn talloze nederzettingen ontstaan (figuur 6).

In de Achterhoek stroomt het grond- en oppervlaktewater grofweg van het oosten naar het westen. Door de vorming van het rivierduincomplex werd de afvoer van grond- en oppervlaktewater gehinderd en ontstond ten noordoosten van het rivierduincomplex in het voormalige vlechtende stelsel een uitgestrekt moeras. Onder geleidelijk hogere temperaturen, werd de afvoer van water in het voormalige vlechtende stelsel meer geleidelijk en kon klei en/of leem worden afgezet, vooral daar waar brede vlakten in het voormalige vlechtende stelsel waren ontstaan. In deze kleien zijn zoetwaterslakken gevonden (Giesen, 1981), wat aangeeft dat jaarrond zeer natte, kalkrijke omstandigheden optraden. In de vroegere geulen van het vlechtende rivierstelsel trad vanaf het Laat-Weichselien (circa 8000 voor Chr.) veenvorming op in open water. Deze geulen raakten geleidelijk opgevuld met veen, maar er bleef her en der open water bestaan; bodemkundig is er dan sprake van broekveen waarbij zich in open water plaatselijk begroeiingen van waterplanten konden handhaven (zie ook Giesen, 1979).

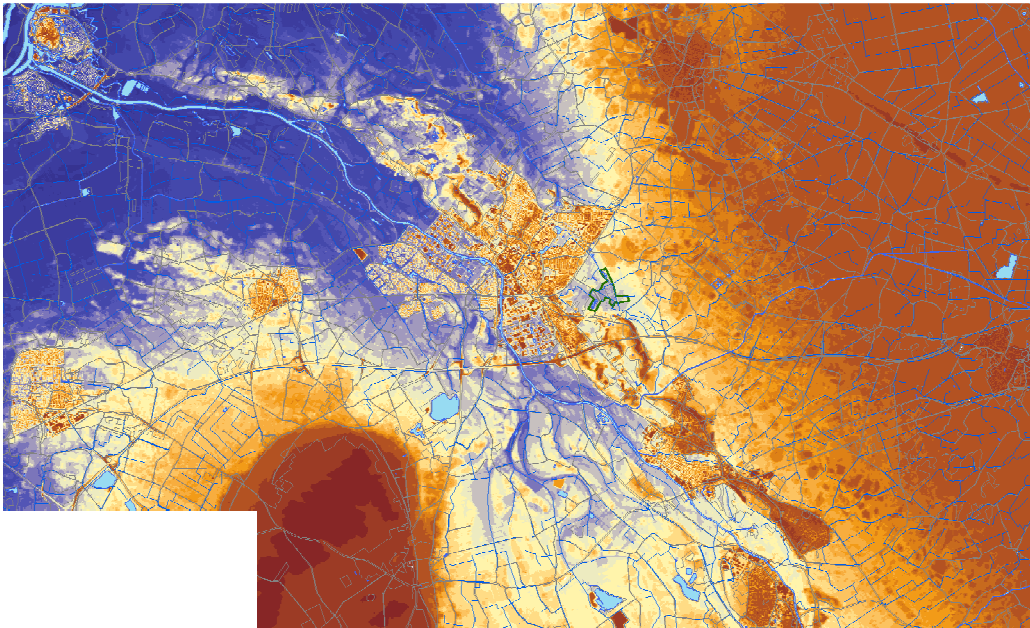
De middeleeuwse mens heeft in deze voormalige geulen beken aangelegd. Eén daarvan is de Beneden-Slinge, die ter plaatse van het huidige stadspark tussen de wijken Rozengarde en Overstegen een haakse bocht naar het zuiden maakt en dan richting de oude kern van Doetinchem stroomt. Zo kon de Beneden-Slinge vroeger de stadgrachten voeden. Iets ten noorden van deze plaats bevindt zich het begin van de Zelhemse Beek die door het vervolg van het vroegere vlechtende rivierstelsel stroomt en daarmee een meer natuurlijke voortzetting is van de Beneden-Slinge. Hoe diep de Beneden-Slinge was rond het begin van de twintigste eeuw weten we niet, maar we mogen gevoeglijk aannemen dat ze veel ondieper was dan de huidige loop. Vermoedelijk is ze tussen de 50 en 75 cm diep geweest.

3.2 Opbouw van de ondiepe ondergrond

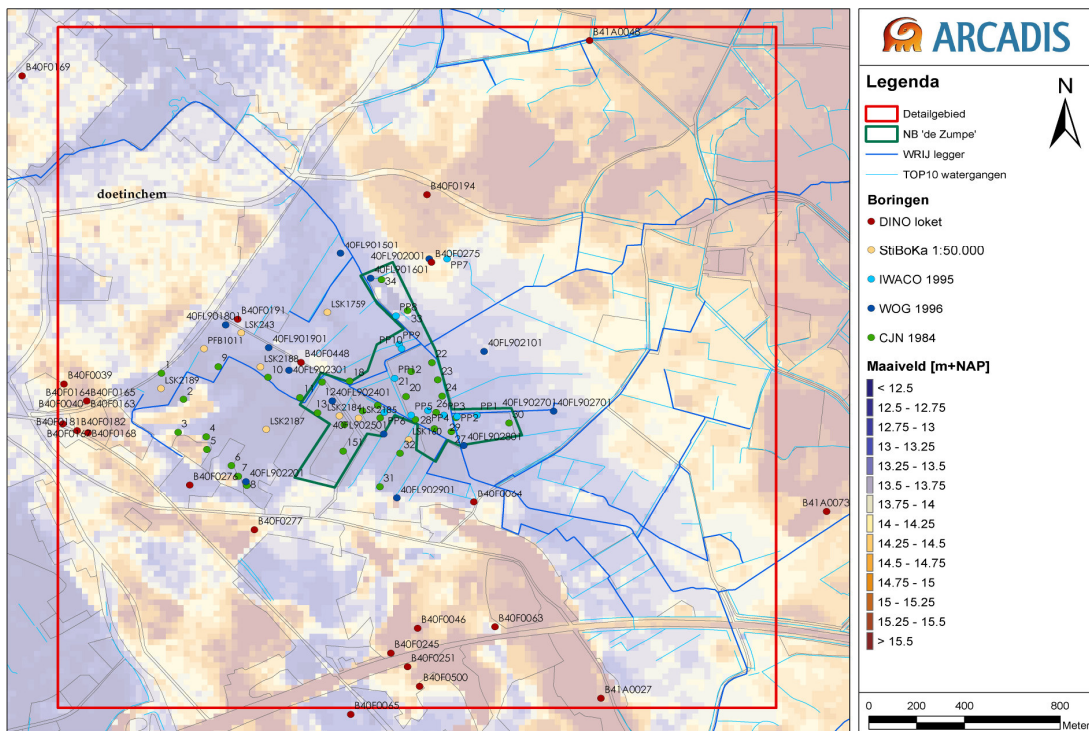
Door Arcadis (2009) is in samenwerking met de Unie van Bosgroepen de opbouw van de ondergrond van de Zumpe in beeld gebracht. Daartoe is een groot aantal grondboringen verzameld (figuur 7) die in een driedimensionaal model zijn gebracht (figuren 8 t/m 10). Voor een toelichting op de gebruikte methode zie Arcadis (2009).

Uit de figuren 8 en 9 blijkt het volgende:

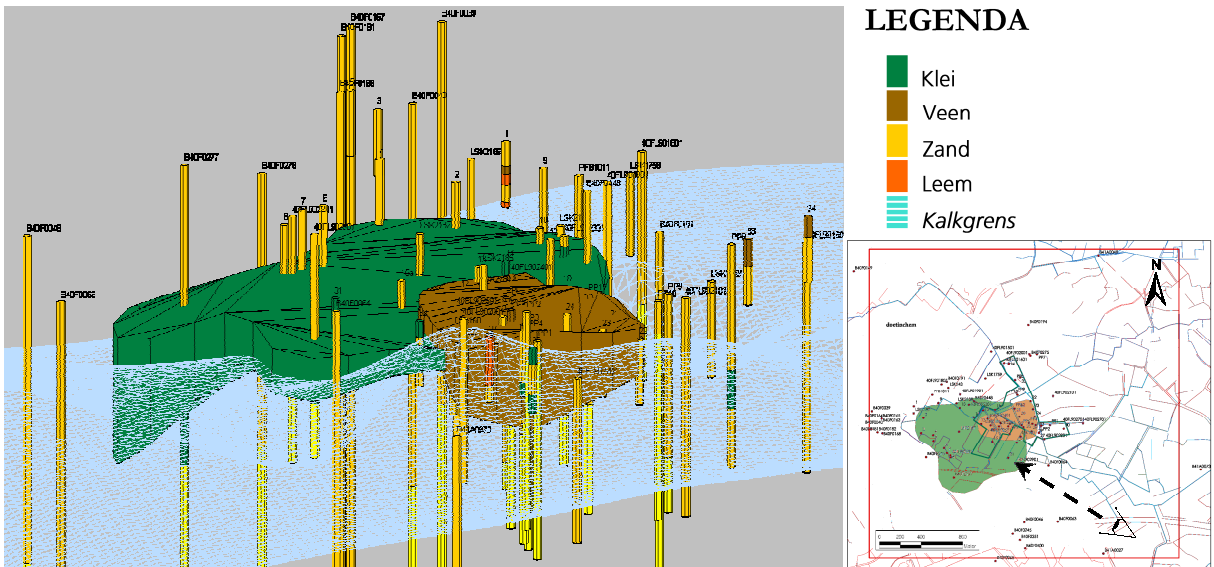
1. De Zumpe in stricte zin – het deel met de broekbossen – ligt in een geul die opgevuld is geraakt met veen (zie ook Giesen 1979 & 1981). Een deel van dat veen is verdwenen door ontginning (bijvoorbeeld de vroegere kanovijver en bij de aanleg van rabattenstelsels) en door ontwatering, waarbij het langzaam is afgebroken. Tot ver in de twintigste eeuw moet zich over een grotere oppervlakte veen aan of nabij maaiveld hebben bevonden zoals verspreide veenresten, vooral nog voorkomend ten noorden van de broekbossen, laten zien;
2. Het veen wigt tongvormig uit over een laag klei; aan de zuidwestzijde direct langs het rivierduin, is deze laag het dikst. Hier, aan de voet van het rivierduin, lag in de kom een geul die bij overstromingen geleidelijk opgevuld raakte. Ter hoogte van de broekbossen aan de westzijde van de Zumpe is deze laag dunner;
3. In de ondergrond zijn kalkrijke zanden aanwezig. Deze zanden zijn door de oer-Rijn als een min of meer vlakke deken afgezet; de hoogteligging van de bovenzijde van deze zanden is thans echter zeer onregelmatig. Onder het dikste deel van het kleipakket tegen het rivierduin ligt de bovenzijde van deze kalkrijke zanden aanzienlijk dieper, en is goed zichtbaar als een “deuk”, terwijl aan de oostzijde van de broekbossen van de Zumpe een verhoging van de kalkgrens zichtbaar is, als een “bult”. Nabij het rivierduin is blijkbaar uitloging van de kalkrijke zanden opgetreden, terwijl aan de oostzijde van de Zumpe de kalkgrens omhoog is verplaatst. Dat is in zodanige mate gebeurd, dat het veen in de Zumpe kalkrijk van samenstelling is;
4. Daar waar het veen tongvormig uitwigt in en over de kleilaag, bevindt zich in de ondergrond een verhoging, vermoedelijk een oeverwal of stroomrug uit het vlechtende rivierstelsel. In figuur 10 is deze rug zichtbaar als niet-ingekleurde lens tussen kalkrijk zand (geel) en klei (groen). Deze verhoging bestaat uit fijne zanden. Ten westen hiervan in de kom met geul aan de voet van het rivierduin bevindt zich een dikke kleilens.



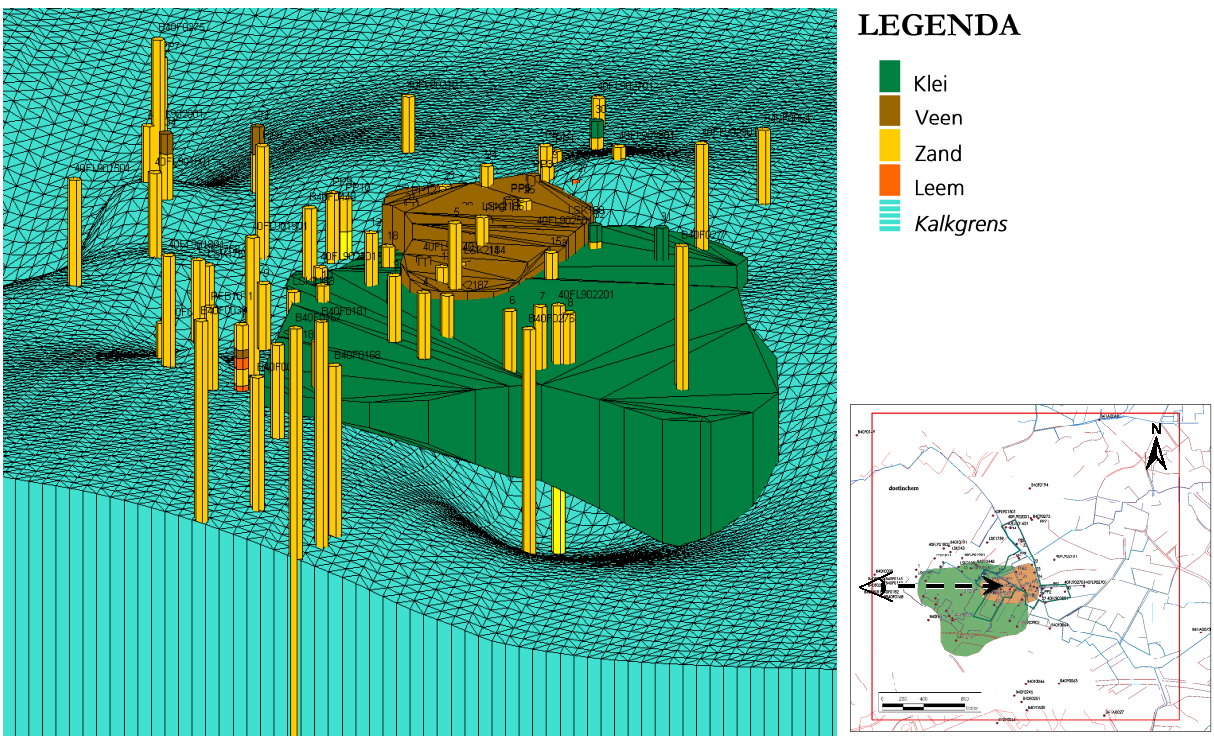
Figuur 6 Hoogtekaart op regionale schaal met ligging van de Zumpe (groen omlijnd) in een komvormige vlakte in het voormalige vlechtende rivierstel van de Rijn ten noordoosten van het rivierduin. Vooral ten zuiden en noordwesten van Doetinchem zijn geulen van het vlechtende rivierstelsel goed zichtbaar. Hoe bruinroder de kleur, hoe hoger het maaiveld ligt; blauwe kleuren geven de laagste delen weer en geeltinten de gebieden met een intermediaire hoogteligging.



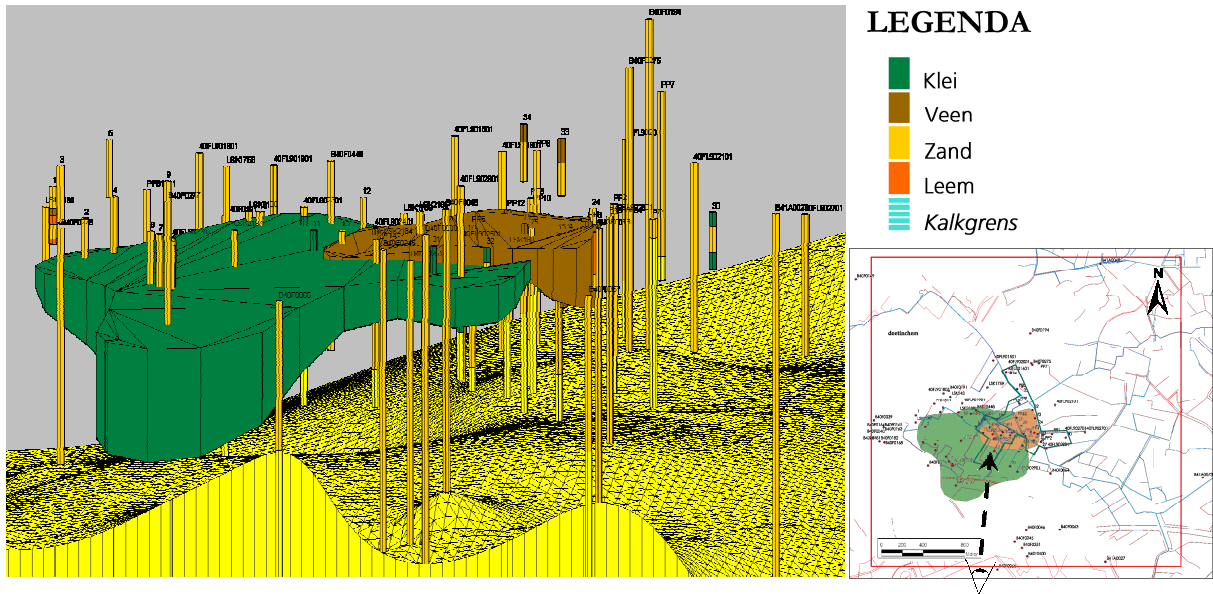
Figuur 7 De grondboringen uit verschillende bronnen zoals gebruikt voor het vervaardigen van het driedimensionale model (figuren 8 t/m 10). De ondergrond bestaat uit het Actueel Hoogtemodel Nederland (AHN).



Figuur 8 Opbouw van de ondergrond van de Zumpe, bekeken vanuit het zuidoosten. Het voorkomen van veen is vermoedelijk nog uitgebreider geweest. De met veen opgevulde geul langs de Beneden Slinge (zie Giesen 1979 en 1981) ontbreekt bijvoorbeeld.

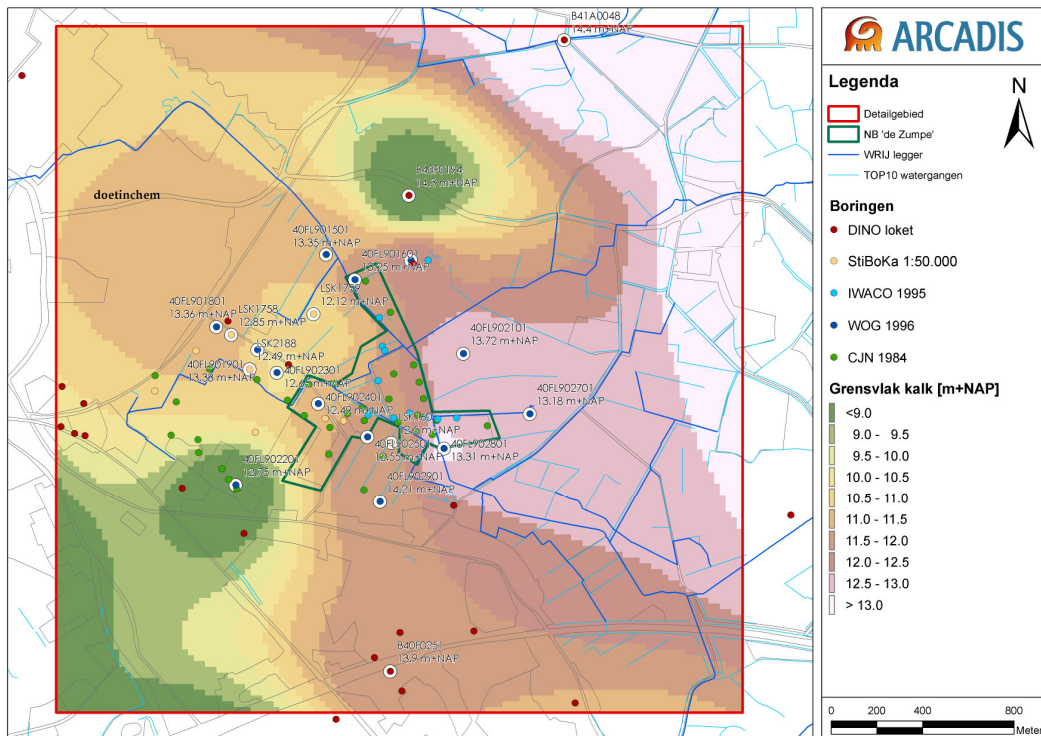


Figuur 9 Opbouw van de ondergrond van de Zumpe, bekeken vanuit het westen.

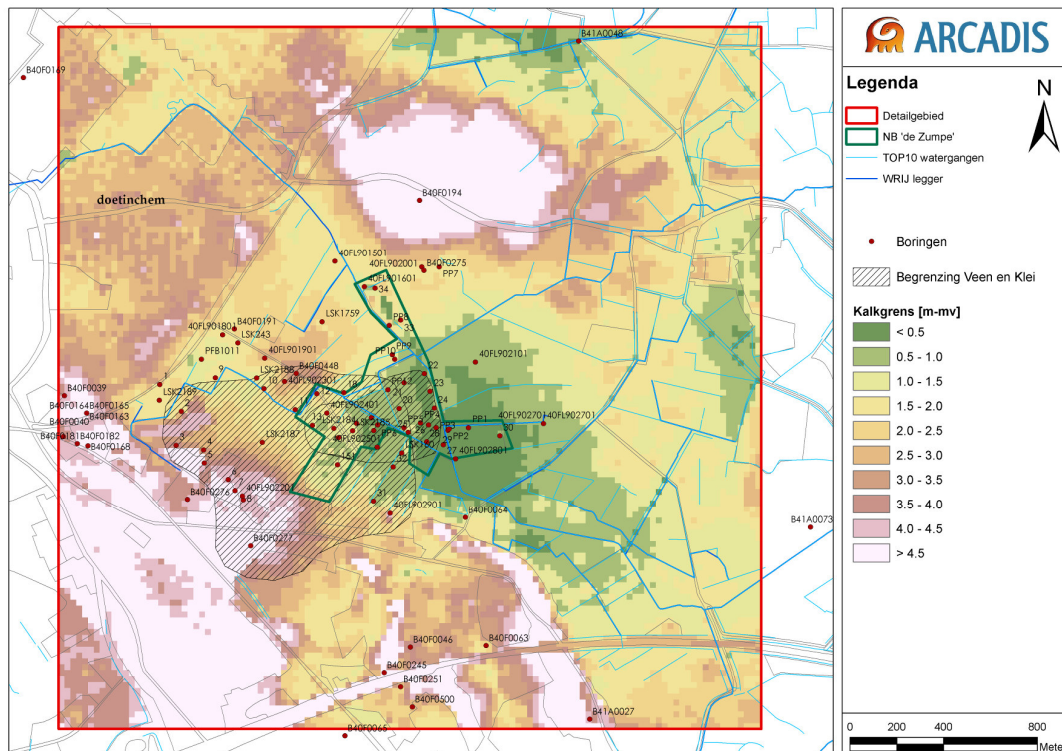


Figuur 10 Opbouw van de ondergrond van de Zumpe, bekeken vanuit het zuiden.

Samenvattend blijkt uit de opbouw van de ondiepe ondergrond dat de Zumpe in een met veen opgevulde geul ligt met aan de onderzijde van een kleilens een duidelijk herkenbare verhoging (oeverwal of stroomrug). Op geringe diepte bevindt zich in grovere rivierzanden kalk. De bovenzijde van deze rivierzanden helt ter plaatse van de Zumpe van oost (hoger) naar west (lager). De ondiepe veenbodems aan de oostzijde van de Zumpe zijn kalkrijk.



Figuur 11 Ligging van de bovenzijde (grensvlak) van de kalkrijke zanden in meters ten opzichte van N.A.P. De wit omcirkelde boringen zijn gebruikt voor het vervaardigen van de kalkdieptekaarten.



Figuur 12 Ligging van de bovenzijde (grensvlak) van de kalkrijke zanden in meters ten opzichte van maaiveld.

De figuren 11 (in meters t.o.v. N.A.P.) en 12 (in meters t.o.v. maaiveld) geven een gedetailleerd beeld van de bovenzijde van de kalkgrens, zoals die werd afgeleid uit de beschikbare boringen. Ten zuiden en ten noorden van de Zumpe zijn in figuur 11 twee groene “ogen” zichtbaar. Hier bevindt de kalk zich meters dieper dan in de omgeving. Deze ogen zijn gecorreleerd met de hoogste delen van het landschap. Hier treedt inzijging op van zuur regenwater waardoor ontkalking heeft plaatsgevonden. Ter plekke van het zuidelijke oog bevindt zich de dikke kleilens, waar een deel van het inzijgende water vanuit het hooggelegen rivierduin wordt gedwongen onder door te gaan stromen. Zo kon daar op grotere diepte uitloging optreden (de “deuk” in de figuren 8 en 9). Aan de oostzijde van de broekbossen van de Zumpe bevindt de kalkgrens zich daarentegen op veel grotere hoogte (dichter bij maaiveld), om daarna in westelijke richting geleidelijk af te nemen. De ondiepe kalkgrens aan de oostzijde van de Zumpe kan verklaard worden uit basenrijke regionale kwel. Het betreft hier water dat in de omgeving van Slangenburch is geïnfiltrerd en in de ondergrond verzadigd is geraakt met kalk.

Wanneer de ligging van de bovenzijde van kalk in meters ten opzichte van N.A.P. (figuur 11) wordt gecombineerd met de hoogteligging van het maaiveld ten opzichte van N.A.P. (figuur 7), ontstaat een beeld van de ligging van de bovenzijde van de kalkhoudende afzettingen ten opzichte van maaiveld (figuur 12). De hoge ligging van de kalkgrens en de lage ligging van het maaiveld in de Zumpe hebben er toe geleid dat er zich binnen een halve meter beneden maaiveld kalk bevindt in de Zumpe, evenals in de zone direct ten oosten van de Beneden-Slinge. Deze donkergroene vlek uit figuur 11 is in figuur 9 helder zichtbaar als “bult” in de bovenzijde van de kalkrijke zanden. Uit figuur 11 blijkt tevens dat de bovenzijde van de kalkrijke afzettingen afhelt van oost naar west oftewel er is een gradiënt ontwikkeld van ondiepe kalkrijke bodems direct ten oosten van de Zumpe en in de Zumpe zelf naar diepe ontkalkte bodems aan de (zuid)westzijde ter hoogte van het rivierduin.

4 Sturende processen in de waterhuishouding

4.1 Belangrijkste uitkomsten van eerdere studies

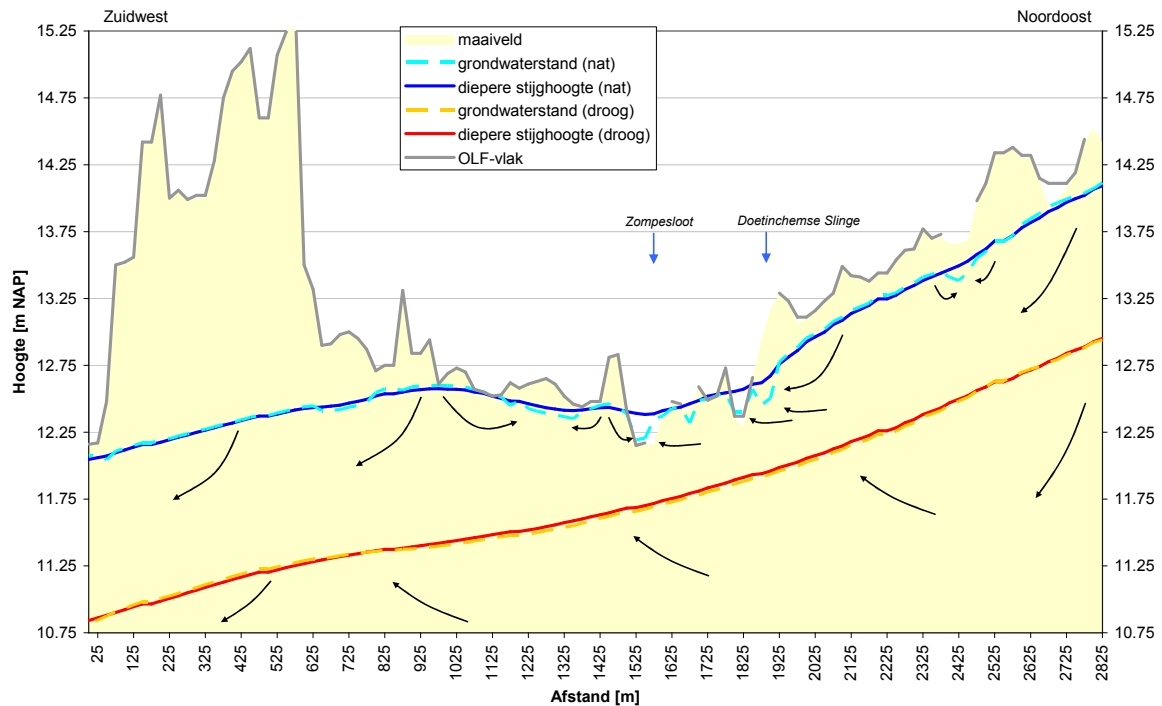
Door Iwaco (1995) en Jansen et al. (1997) zijn studies naar de waterhuishouding uitgevoerd, waarbij tevens zogenaamde hydrologische modellen werden vervaardigd. De belangrijkste uitkomsten van deze studies zijn:

- Het basenrijke water dat in de Zumpe uittreedt (kwel) is ingezegen in de Slangenburg, circa 2 kilometer ten noordoosten van de Zumpe. De stromingsrichting van dit “regionale” grondwater is noordoost-zuidwest;
- Vanuit het rivierduin stroomt in het natte seizoen grondwater in noordelijke richting. Dit systeem bouwt zich op in de winter door opbolling van de grondwaterstand in de rug en zakt uit in de loop van het voorjaar. In het droge seizoen functioneert dit systeem niet, het is derhalve een lokaal en tijdelijk systeem;
- In het natte seizoen zijn ook in dekzandruggen en –koppen zoals die van de Vossenstraat, van de Ruige horst en in de Zumpe lokale, tijdelijke grondwatersystemen actief. Water uit deze ruggen en koppen stroomt zijdelings en oppervlakkig af naar de lagere delen en stagneert daar samen met neerslagwater en uitgetreden grondwater;
- De Zumpe is verdroogd. De periode met hoge grondwaterstanden is korter geworden en de zomergrondwaterstanden zijn aanzienlijk, plaatselijk zelfs met vele decimeters, verlaagd;
- De Zumpe is in de winter niet langer een kwelgebied, waar grondwater aan maaiveld uittreedt, maar een inzigtgebied geworden. In het natte seizoen stroomt water vanuit de Zumpe naar de diepe watergangen met lage waterpeilen zoals Beneden-Slinge, Verbindingsloot en Zompesloot. Er ontwikkelt zich in die periode een lens van zuur neerslagwater. In de zomer neemt het verschil in waterstanden tussen Zumpe en deze watergangen af. Dan zakken de standen in de watergangen mee met het niveau van het regionale grondwater totdat ze droogvallen. Alleen de laagste delen van de Zumpe zullen dan via capillaire opstijging nog basenrijk grondwater ontvangen in de wortelzone;
- Hoewel inzigt optreedt in de Zumpe, wordt in de laagste delen van de Zumpe op geringe diepte onder maaiveld toch (zeer) basenrijk grondwater aangetroffen. Iwaco (1995) en Jansen et al. (1997) vermoeden dat dit te danken is aan nalevering van basen uit de kalkhoudende leem- en rivierafzettingen;
- De chemische samenstelling van het grondwater is beïnvloed door de hoge mestgiften uit de landbouw in het intrekgebied van het grondwater van de Zumpe. Deze beïnvloeding uit zich onder andere in verhoogde sulfaat- en chloridegehalten van het grondwater.

4.2 Uitkomsten hydrologische modelstudie 2008-2009

Door Grontmij is in opdracht van de provincie Gelderland met het AMIGO grondwatermodel opnieuw aan dit gebied gerekend. De uitkomsten van dit model stemmen overeen met die van de eerdere modelstudies. Ook na het nemen van antiverdrogingsmaatregelen in de jaren negentig van de vorige eeuw is de Zumpe een inzigtgebied gebleven. De maatregelen zijn blijkbaar onvoldoende geweest om over grotere oppervlakte weer kwel van grondwater naar maaiveld te doen ontstaan. Ook uit de vegetatieanalyse van Giesen & Geurts (2009) blijkt dat de diepe watergangen nog steeds in hoge mate basenrijk grondwater aantrekken. Plaatselijk lijken de omstandigheden wat gunstiger te zijn geworden, vooral ter hoogte van de gedempte Verbindingsloot en het verwijderde gemaal. Maar over het geheel is de waterhuishouding van de Zumpe nog steeds niet op orde en is het beschermde natuurmonument nog steeds verdroogd.

In onderstaande dwarsdoorsnede (figuur 13; Grontmij, 2009) is het huidige hydrologische functioneren nog eens samengevat. In de winter is de grondwaterstand hoger dan de diepe stijghoogte. Alleen in de diepe watergangen geldt het omgekeerd: zij draineren het grondwater en verhinderen dat het grondwater via kwel uitteedt in het maaiveld van de broekbossen en graslanden in de Zumpe. De diepe watergangen snijden het vroegere kwelgebied van de Zumpe bovendien in “mootjes” waardoor diverse kleine, lokale watersysteempjes ontstaan. In de zomer dalen de grondwaterstanden en de stijghoogte, waarbij de diepe stijghoogte een fractie hoger is dan de grondwaterstand.



Figuur 13 Huidige functioneren van het watersysteem in de Zumpe en omgeving. Bron: Grontmij (2009).

4.3 Hydro-ecologische systeemanalyse

De uitgevoerde studies in combinatie met het onderzoek naar de opbouw van de ondergrond hebben geleid tot een beter en gemeenschappelijk begrip van het functioneren van de waterhuishouding van de Zumpe. In figuur 12 is dat schematisch weergegeven.

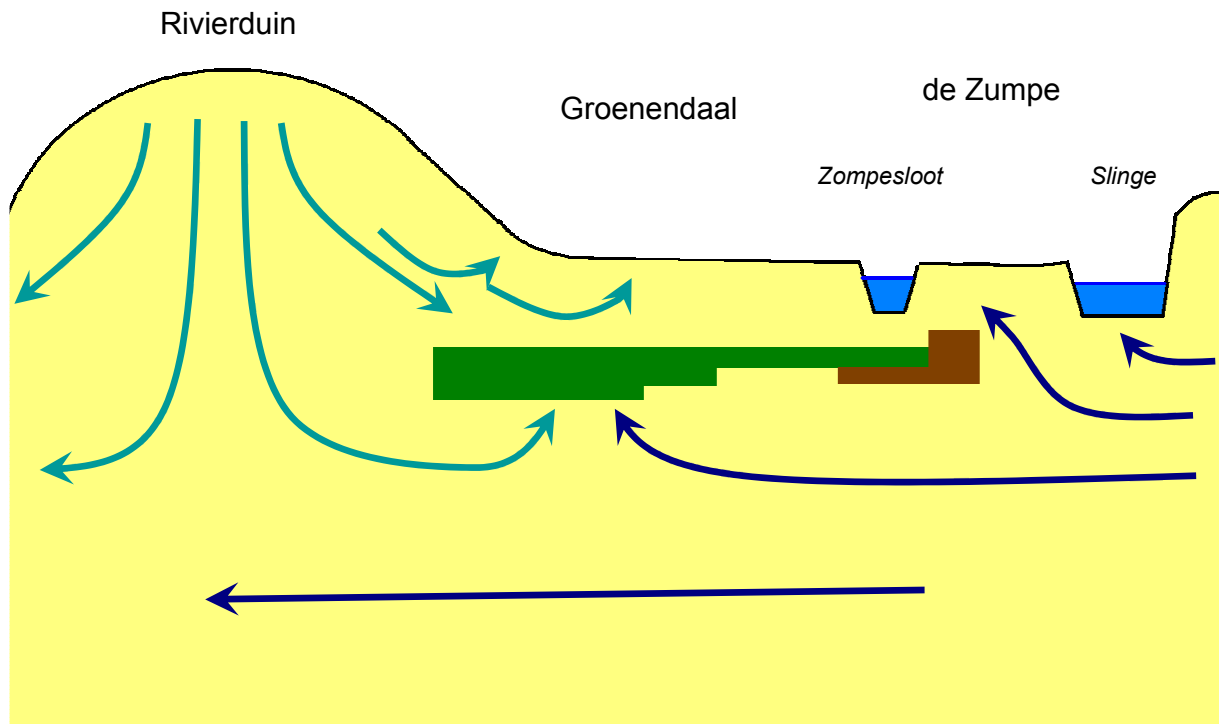
Vanuit het noordoosten stroomt grondwater naar de Zumpe; dit grondwater is zeer baserijk. Het doorstroomt grove, kalkrijke rivierzanden. Ter hoogte van de oostzijde van de Zumpe stroomt dit water van oudsher richting het maaiveld: door de aanwezigheid van de dikke kleilaag en fijnzandige afzettingen van een voormalige stroomrug/oeverwal in het westen wordt het goeddoorlatende watervoerend pakket dunner, waarbij de Zumpe met naaste omgeving bovendien het laagste punt is in de ruimere omgeving. Door deze combinatie van oorzaken treedt van oudsher baserijk grondwater met een hoge intensiteit uit in de Zumpe. De middeleeuwse ontginners hebben precies op de knik in de helling (figuur 13) de Beneden-Slinge gegraven. Zo konden landbouwgronden worden gewonnen en waren de Doetinchemse stadsgrachten verzekerd van een permanente stroom (basen- en ijzerrijk grond)water. De “bult” ten oosten van de Zumpe in de bovengrens van de kalkrijke afzettingen geeft aan dat op deze locatie zeer langdurig een sterke opwaartse stroom van met kalk verzadigd grondwater is opgetreden. Samen met de beperkte afvoer vanuit de Zumpe – het gebied ligt in een kom – zorgde deze sterke kwel van baserijk en met kalk verzadigd grondwater voor zeer natte en baserijke omstandigheden en konden de daarvan afhankelijke Elzenbroeken en kalkmoerassen zich ontwikkelen.

Door ontginning en lichte ontwatering ontstonden vanuit deze begroeiingen hooilanden met Dotterbloemhooilanden (op lemige veengronden) en Blauwgraslanden (minerale beekerdgronden), plantengemeenschappen die afhankelijk zijn van natte, (zeer) basenrijke en matig voedselrijke omstandigheden.

In Groenendaal, aan de westzijde van de Zumpe, kon dit basenrijke grondwater het maaiveld niet bereiken. Voor zover het al opwaarts wilde stromen werd het tegengehouden door de dikke kleilaag. Bovendien was gedurende de winter het lokale systeem in het rivierduin actief. Door de hoogte van dit duin en de afwezigheid van ontwateringsmiddelen kon een sterke opbolling ontstaan en een sterke, zijwaartse grondwaterstroom optreden. Het rivierduin bestaat uit kalkloze, uitgeloopte afzettingen. Het grondwater in dit lokale systeem is dan ook basenarm en zwak gebufferd. Een deel van dit jonge en basenarme grondwater stroomde over de kleilaag richting de Zumpe en stagneerde op de laagste plekken in Groenendaal. Na het verwijderen van de voedselrijke toplaag in 2007 zijn daar diverse soorten van basenarme, zwak gebufferde omstandigheden teruggekeerd. In de overgangszone van de kwel- en de stagnatiezone van het lokale rivierduinsysteem en het kwelgebied van het grotere grondwatersysteem mengden het basenarme en zeer basenrijke/kalkhoudende water en kon een smalle zone met een intermediaire basentoestand tot ontwikkeling komen. Deze zone is nog steeds goed herkenbaar aan de Elzenbroeken met Stijve zegge als dominante soort in de kruidlaag.

Een ander deel van het zure, lokale grondwater zeeg in tot onder de dikke kleilaag en loogde daar de kalkrijke zanden uit, waardoor naar verloop van tijd de “deuk” in de bovengrens van de kalkrijke afzettingen kon ontstaan. Bijzonder is dat deze lokale grondwaterstroom zich deels tegen de richting in beweegt van het grotere, regionale systeem. Dat hangt samen met grootte van het rivierduin en het ontbreken van ontwateringsmiddelen waardoor het lokale watersysteem in de winter voldoende tegendruk kan leveren. Ergens halverwege het rivierduin en de Zumpe moet in het watervoerend pakket onder de kleilaag – daar waar de licht- en donkerblauwe pijl elkaar naderen in figuur 14 - een zone liggen waar gedurende kortere of langere tijd in het natte seizoen geen horizontale stroming van grondwater optreedt. Daardoor is er een extra, derde aanleiding voor het basenrijke grondwater om aan de oostzijde van de Zumpe opwaarts te stromen en als kwel aan maaiveld uit te treden. Al met al kon door de activiteiten van beide watersystemen zich een zeer gradiëntrijke situatie ontwikkelen van matig zuur (in het westen, Groenendaal) naar kalkrijk (in het oosten, de Zumpe in strikte zin), waarbij de pH zich bewoog tussen 4,5 en 7.

Dankzij de kalkvoorraad in de bodem, die was ontstaan door de aanvoer van zeer basenrijk en kalkhoudend grondwater in het verleden, konden zich onder verslechterende en vervolgens zelfs ronduit ongunstige omstandigheden d.w.z. ondanks de sterke ontwatering en het optreden van inzigging, toch bijzondere basenminnende soorten en plantengemeenschappen handhaven over relatief grote oppervlakten, zij het dat deze plantengemeenschappen waren aangetast en niet meer optimaal waren ontwikkeld.



Figuur 14 Schematische weergave van het functioneren van de waterhuishouding van de Zumpe en omgeving in een natte periode. In groen klei, in bruin veen. Pijlen geven de stroomrichting van het grondwater; in donkerblauw van het grote grondwatersysteem, in lichtblauw van het lokale rivierduinsysteem.

Dat is in de eerste plaats te danken aan het in oplossing gaan van nog aanwezige kalk in de ondiepe (veen)ondergrond tijdens het inzijgen van zuur regenwater. Het inzijgen is echter een langzaam proces dankzij de weerstand die het lemige veen en de onderliggende kleilaag bieden. Daardoor blijven 's winters en in het vroege voorjaar de waterstanden betrekkelijk lang hoog, waardoor het adsorptiecomplex van de bodem de tijd krijgt aangevuld met te worden met de basen die zijn opgelost uit de kalk die zich nog in het veen bevindt. Dat zorgt voor een hoge basenrijkdom in het wortelmilieu van de vegetatie, ondanks het optreden van inzijging van zuur regenwater. Ten tweede zorgt de zeer geringe overdruk van het diepe grondwater in de zomer dat via capillaire opstijging vanuit het basenrijke grondwater basenrijk bodemvocht de wortelzone van de vegetatie kan bereiken waardoor het adsorptiecomplex van de wortelzone eveneens wordt aangevuld met basen.

Over de loop van een heel jaar beschouwd is de Zumpe echter een inzijggebied. Er treedt daarom al met al netto uitspoeling op van basen uit de kalk waardoor de bovenzijde van de kalkgrens dieper komt te liggen. Op den duur, zonder het nemen van maatregelen die het inzijgen van neerslagwater tegengaan, zal de Zumpe integraal verzuren. De bijzondere soorten van basenrijke omstandigheden zullen verdwijnen en de Elzenbroeken zullen overgaan in eentonige, soortenarme door Hennegrass gedomineerde begroeiingen.

5 Herstelmaatregelen en randvoorwaarden bij aanleg van de randweg

5.1 Herstel is mogelijk, noodzakelijke maatregelen

Door Grontmij (2009) zijn enkele scenario's doorgerekend. Eén daarvan is het zogenaamde minimaal afvoeren scenario waarin:

1. De Beneden-Slinge over het tracé tussen de stuw Ellegoorsestraat en de stuw Wiltinkbrug is verondiept tot 0,55 m beneden het huidige maaiveld ;
2. De Zompesloot is verwijderd uit het model en het gemaal bij de Vossenstraat is gestopt. In de praktijk betekent het dat deze sloot wordt gedempt en het gemaal verwijderd;
3. De detailontwatering in de Zumpe en rond de Zompesloot is verwijderd. In de praktijk betekent het dat deze slootjes en greppels worden gedempt. De detailontwatering ten oosten van Beneden-Slinge is in het model gehandhaafd;
4. Er van wordt uitgegaan dat bij een minimale hoogte van NAP +12,60 m afvoer over maaiveld gaat plaatsvinden. Uit een analyse van de maaiveldhoogte blijkt bij dat niveau circa 50.000 m³ water geborgen te kunnen worden tussen het maaiveld en het afvoerniveau van N.A.P. +12,60 m. Dit betreft een maximale potentiële hoeveelheid, ervan uitgaande dat er zich geen water boven maaiveld bevindt.

Wanneer deze maatregelen zouden worden uitgevoerd ontstaan weer de condities voor herstel van goed ontwikkelde plantengemeenschappen van natte en basenrijke condities in een groot deel van het gebied. In een groot deel van het gebied stijgt de grondwaterstand, niet alleen in de winter en het voorjaar (het natte seizoen), maar ook in de zomer (het droge seizoen).

Volgens Grontmij (2009) stijgt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG of wintergrondwaterstand) in de Zumpe met circa 0,10 tot lokaal met 0,40 m. De grootste effecten worden verwacht rond de Zompesloot en het gebied ten zuiden daarvan. Tot op een afstand van meer dan 500 m zijn uitstralingseffecten van minimaal 0,05 m te verwachten. Bij dit scenario reikt de GHG in een groot deel van de Zumpe tot boven maaiveld zoals dat ook het geval was in de periode voor de grote ingrepen in de waterhuishouding. In dit scenario komt de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) in de kern van de Zumpe over grote oppervlakten aan of boven maaiveld voor. Dat betekent dat de periode met hoge grondwaterstanden langer zal worden. Dat heeft gevolgen voor de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG of zomergrondwaterstanden). Ook deze stijgt, zij het minder ver dan de GHG en GVG, met circa 0,05 tot 0,20 m (en ter plaatse van de te dempen Zompesloot met maximaal 0,40 m!). In de omgeving van de Zumpe bedraagt de stijging circa 0,05 tot 0,10 m. De GLG zal zich bij uitvoering van dit scenario over een grote oppervlakte bevinden op circa 0,25 tot 0,80 m beneden maaiveld, waardoor ook in de zomer geschikte condities voor herstel van goed ontwikkelde plantengemeenschappen van natte en basenrijke omstandigheden aanwezig zullen zijn.

Niet alleen het grondwaterregime, maar ook de kwaliteit van het ondiepe grondwater in de wortelzone van de vegetatie zullen veranderen door de te nemen maatregelen. Door Grontmij (2009) wordt in een groot deel van de Zumpe voor een langjarig gemiddelde situatie kwel berekend, vooral als gevolg van het dempen van de Zompesloot en het verondiepen van de Beneden-Slinge. Beide watergangen hebben een drainerende werking. Wanneer ze gedempt respectievelijk verondiept worden vangen ze minder basenrijk grondwater af, dat elders in de Zumpe aan maaiveld zal uit treden, niet alleen meer via capillaire nalevering zoals nu in de zomer het geval is, maar ook onder waterverzadigde omstandigheden in de winter.

Bij een dergelijk grondwaterregime zal in winter opnieuw toevoer van ijzerrijk grondwater optreden en vanaf het latere voorjaar geleidelijke droogval van de bodem. Terwijl nu fosfaat vrijkomt door de afbraak van veen, zal dan weer fosfaat worden vastgelegd en de beschikbaarheid van fosfaat voor de vegetatie gelimiteerd zijn. Daardoor zullen de nu nog veel voorkomende hoogopschietende en hoogproductieve soorten van voedselrijke omstandigheden worden teruggedrongen. Tegelijkertijd zullen ook zuurminnende soorten worden teruggedrongen en kunnen soorten van meer basenrijke omstandigheden zich uitbreiden.

Op de laaggelegen plaatsen waar een mengsel stagneert van regenwater met basenrijk en basenarm grondwater zullen soorten van zwak gebufferde condities zich opnieuw vestigen of uitbreiden zoals Bruin cypergras, Stijve moerasweegbree en Waterviolier. Ten slotte zullen zich onder invloed van de maatregelen van het scenario de oorspronkelijke zuur-basengradiënten herstellen doordat de aanvoer van grondwater uit het rivierduinsysteem en het diepere grondwatersysteem beide weer beter zullen gaan functioneren.

5.2 *Randvoorwaarden bij de aanleg van de oostelijke randweg*

De gemeente Doetinchem is met een milieueffectrapportage begonnen voor de aanleg van de oostelijke randweg. Uitgangspunt daarbij is dat de omstandigheden voor de Zumpe niet mogen verslechteren en bij voorkeur dienen te verbeteren. In de vorige paragraaf is beschreven hoe de omstandigheden aanzienlijk kunnen worden verbeterd. Om aantasting van het watersysteem te voorkomen, ook wanneer de in de vorige paragraaf beschreven hydrologische herstelmaatregelen zijn uitgevoerd, gelden de volgende randvoorwaarden bij de aanleg van de weg:

- De motor van het systeem dient in tact te worden gehouden d.w.z. de waterspiegel in het rivierduin moet in het winterseizoen hoog kunnen opbollen. Dat betekent dat de randweg geïsoleerd in het rivierduin dient te worden aangelegd. Om het niveau van de opbolling beter te leren kennen is het noodzakelijk peilbuizen te plaatsen nabij de mogelijke locatie(s) voor een ongelijkvloerse kruising met de spoorbaan;
- Dat de randweg geen drainerende werking op het gebied mag hebben i.c. er dienen geen diepe bermsloten langs de weg te worden aangelegd die de grondwaterstanden verlagen en kwel van grondwater afvangen
- Drainage door de randweg kan worden voorkomen door deze verhoogd aan te leggen op een dam daar waar deze laagten kruist. Door de aanleg op een dam wordt het vasthouden en bergen van water versterkt in plaats van het te draineren en af te voeren;
- De aanleg van een randweg benedenstrooms van de Zumpe (dus aan de westzijde van de Zumpe) heeft vanuit het hydro-ecologisch functioneren de voorkeur.

5.3 *Stimulans voor Waterbeheer 21e eeuw*

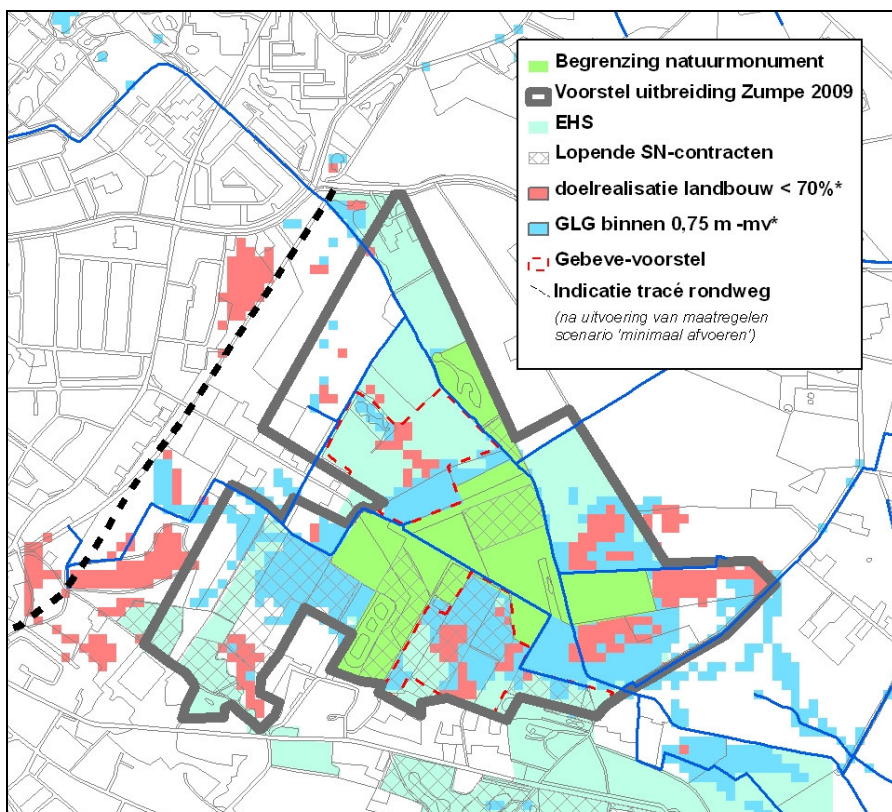
Bij herstel van de waterhuishouding van de Zumpe volgens de bovengenoemde maatregelen ontstaat tegelijkertijd een groot aaneengesloten gebied waar water kan worden vastgehouden en geborgen. Dit past perfect bij de principes van het Waterbeheer 21e eeuw - vasthouden, bergen en dan pas afvoeren - zoals dat door de Nederlandse waterschappen, waaronder waterschap Rijn en IJssel, wordt uitgevoerd.

Ondanks de vergrote berging die ontstaat bij het herstel van de waterhuishouding kan extra afvoer vanuit het gebied optreden bij piekneerslagen indien de bergingscapaciteit al grotendeels is gevuld. Om dat te voorkomen is het noodzakelijk de afvoer via Beneden-Slinge te optimaliseren bij langdurig natte perioden met piekneerslagen.

Om dat – en om herstel van de waterhuishouding voor de natuur te kunnen realiseren – is het noodzakelijk nog enkele gronden te verwerven. Deze gronden kunnen net als Groenendaal multifunctioneel worden ingericht: naast een functie voor waterbeheer en natuurherstel zijn ze toegankelijk voor wandelaars. Zo wordt de recreatieve druk op de kern van de Zumpe bovendien verder verminderd.

5.4 Aanpassing begrenzing beschermd natuurmonument

Om de natuurwaarden van de Zumpe definitief veilig te stellen en te herstellen is aanpassen van de begrenzing van het beschermd natuurmonument in het kader van de natuurbeschermingswet noodzakelijk (figuur 15). Voor het herstel van de relatie met het rivierduinsysteem is een ruimere begrenzing van de west- en zuidzijde noodzakelijk waarmee de oorspronkelijke zeer soortenrijke en waardevolle gradiënten van basenarm naar zeer baserijk beschermd kunnen worden. Aan de oostzijde is heroverweging van de begrenzing noodzakelijk om de verondieping van de Beneden-Slinge mogelijk te kunnen maken. Deze verondieping is noodzakelijk om de huidige drainage van veel te grote hoeveelheden baserijk grondwater – een levensvoorwaarde voor behoud van de Zumpe op de langere termijn - aanzienlijk te verminderen. De aanwezige gronden hebben bovendien een hoge potentie voor natuurherstel wanneer de voedselrijke toplaag oppervlakkig wordt verwijderd en de aanwezige sloten worden verondiept of verduikerd: de intensiteit van opkwellend basen- en ijzerrijk grondwater is er hoog, vergelijkbaar met de locatie ter hoogte van het voormalige gemaal. Voor een uitgebreide motivatie zie bijlage 1 (van deze samenvatting).



Figuur 15 Voorstel begrenzing beschermd natuurmonument de Zumpe.

Geraadpleegde literatuur

Arcadis, 2009. Detaillering van de geohydrologie in "de Zumpe". Onderdeel van de m.e.r Oostelijke Randweg Doetinchem. Arcadis, Apeldoorn.

Giesen Th.G., 1979. Palynologisch onderzoek van een profiel bij Hummelo en een geologische verkenning van het verwilderde riviersysteem in het Oude IJsseldal. Doctoraalonderzoek afd. biogeologie, KUN, Nijmegen.

Giesen Th.G., 1981. De geologische geschiedenis van de 'Zompe'. *Naturea*78, 3 (885):62-67.

Giesen & Geurts, 2009 (concept). Onderzoek naar effecten van hydrologische veranderingen in de Zumpe. Vegetatie, humusprofiel en grondwaterkwaliteit. Giesen & Geurts, Uift.

Iwaco, 1995. Regiwa-project de Zumpe. Eindrapportage. Rapport 333.0220. Iwaco, vestiging zuid, 's-Hertogenbosch.

Jansen, A.J.M., W.H.G.J. Athmer & W.J.M.K. Senden, 1997. Bestrijding verdroging beschermd natuurmonument de Zumpe. Projectbeschrijving. Rapport KOA 97.173, Kiwa, Nieuwegein.

Grontmij, 2009 (concept). Hydrologisch onderzoek de Zumpe. Modelling en scenarioanalyse.

Bijlage 1: Voorstel uitbreiding beschermd natuurmonument de Zumpe.

Inleiding

Op verzoek van de provincie Gelderland en de gemeente Doetinchem is door Grontmij en de Unie van Bosgroepen een voorstel opgesteld voor de uitbreiding van het natuurmonument de Zumpe. Het voorstel is gebaseerd op de recente inzichten in de bodemopbouw, hydrologisch functioneren, waterkwaliteit en de ecologische potenties in de Zumpe en de omgeving. Het voorstel geeft aan welke begrenzing noodzakelijk is voor het behoud en herstel van een robuust beschermd natuurmonument. Deze begrenzing ligt in geen enkel plan vast.

Het voorstel voor uitbreiding is weergegeven in figuur 1. Onderstaand is een nadere onderbouwing op het voorstel gegeven.

Kenmerken voorstel

Op basis van het voorstel ontstaat een stevig en robuust beschermd natuurmonument waarbij een scheiding is gecreëerd tussen hogere en lagere gronden. Anti-verdrogingsmaatregelen kunnen hiermee aanzienlijk eenvoudiger uitgevoerd worden. Daarom zijn ook de delen die grotendeels al waren aangewezen als EHS opgenomen. Het gebied rond de Ruige Horst kan voor publiek toegankelijk worden gemaakt. Voor de gemeente Doetinchem blijft de mogelijkheid bestaan de oostelijke randweg aan te leggen op zodanige wijze dat:

- geen negatieve effecten op de waterhuishouding van de Zumpe optreden;
- de N-toevoer naar de bodem en het grondwater aanzienlijk zal dalen (door uitstoot van NOx door verkeer zal de stikstofdepositie mogelijk toenemen, door het aan de westzijde aankopen, inrichten en vernatten als natuurgebied zal de N-toevoer naar de bodem en grondwater echter aanzienlijk dalen).

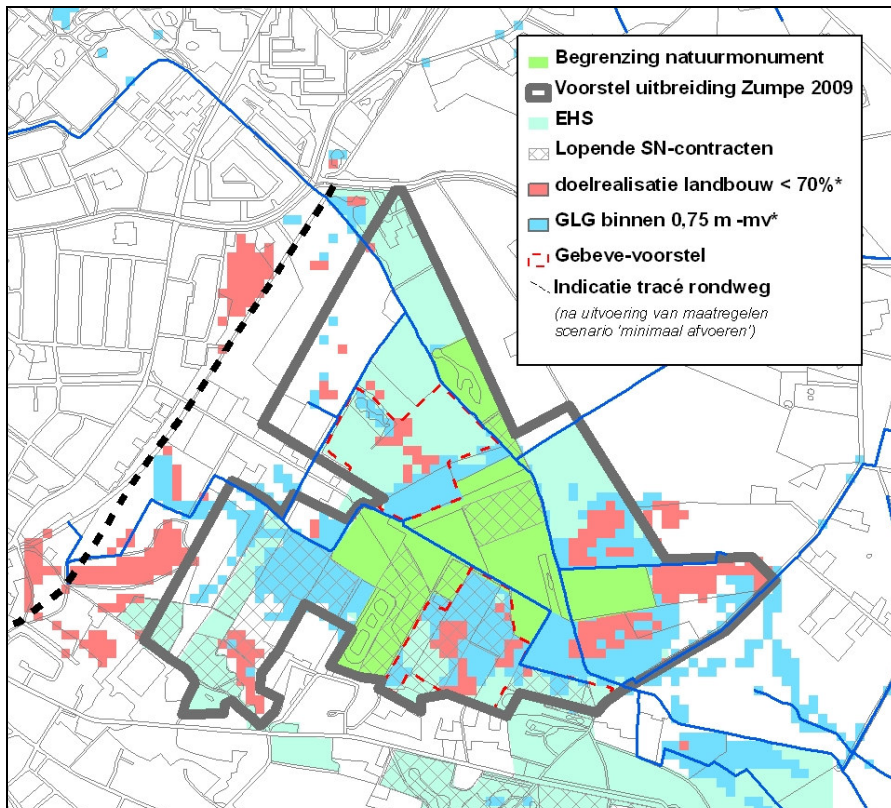
Verder wordt aanbevolen de strook tussen de toekomstige randweg en de beoogde westgrens van het beschermd natuurmonument net als de overige delen van de Ruige Horst-Groenendaal in te richten als een multifunctioneel gebied voor retentie en berging van water, natuur en recreatie.

Onderbouwing voorstel

Het voorstel voor uitbreiding (figuur 1) is op basis van de volgende gegevens tot stand gekomen:

1. Uitgangspunt is het huidige natuurmonument (met fel groen aangegeven in figuur 1)
2. Als referentiekader is daarnaast gekeken naar de volgende gegevens (zijn ook opgenomen in figuur 1):
 - a. EHS (uit streekplanherziening, na commentaar (2008))
 - b. Percelen met lopende SN-contracten
 - c. Gebeve-voorstel (eerder voorstel voor uitbreiding van het natuurmonument)
3. Met het grondwatermodel zijn de effecten van het scenario 'minimaal afvoeren' berekend. Op basis van dit scenario zijn gebieden onderscheiden waar na uitvoering van de maatregelen sprake is:
 - a. van een GLG binnen 0,75 m –mv. Deze gebieden bieden goede mogelijkheden voor herstel van waardevolle grondwaterafhankelijke natuur (deze gebieden zijn met blauw aangegeven in figuur 1).
 - b. en als gevolg daarvan van een doelrealisatie voor de landbouw lager dan 70%. Vooral als gevolg van toename van de natschade is landbouw op deze gronden economisch minder rendabel (deze gebieden zijn met rood aangegeven in figuur 1)
4. Bij het voorstel voor uitbreiding is het uittreden van kwel (zowel wat betreft intensiteit als kwaliteit) meer dan voorheen leidend geweest. Het grondwater treedt volgens het uitgevoerde onderzoek vooral direct ten oosten van de Doetinchemse Slinge uit;
5. In het westelijk deel, rondom Groenendaal-de Ruige Horst, zijn verschillende gronden reeds door de gemeente aangekocht (gronden zijn geschikt voor combinaties van natuurontwikkeling, waterberging en recreatie);

6. Opheffen verbindingssloot tussen het huidige gemaal en de Doetinchemse Slinge en herstel tot een grondwatergevoede vochtige tot natte laagte?
7. Voor watergangen ten oosten van de Doetinchemse Slinge geldt voor het voorstel dat deze deels gedempt of beduikerd kunnen worden.



Figuur 1 Voorstel uitbreiding Natuurmonument de Zumpe

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De Zumpe is een Beschermd Natuurmonument ter grootte van ruim 23 ha, direct ten oosten van Doetinchem, bestaande uit (elzen)broekbos, graslanden, moerasjes en open water. Het gebied geniet bescherming in het kader van de Natuurbeschermingswet. Eind 2007 is een beheervisie voor dit gebied gereed gekomen, waarin onder andere het (verdere) herstel van het hydrologische systeem aan de orde komt, met als doel verbetering van de condities voor met name elzenbroekbos en blauwgrasland.

1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is:

- Inzicht geven in de maatregelen die leiden tot een maximaal natuurresultaat (OGOR) binnen de huidige mogelijkheden van het natuurbeleid en de ruimtelijke ontwikkelingen voorzien door de gemeente;
- Komen tot een door waterschap, gemeente en provincie gedragen hydrologisch rekenmodel waarmee in de komende jaren effecten van activiteiten in de gemeente kunnen worden doorgerekend.

1.3 Uitwerking

De werkwijze bouwt voort op het "Hydrologisch onderzoek en systeemanalyse, natuurterrein de Zumpe" (Grontmij, 2006) en het GGOR-modelinstrumentarium, dat is ontwikkeld voor het waterschap Rijn en IJssel, de Provincie Gelderland en het Waterbedrijf Vitens (TNO et al., 2008).

Een belangrijke inbreng hebben de betrokken instanties bij het goedkeuren van het model voor het bepalen van de effecten van verschillende inrichtingsmaatregelen.

Voor de natuur in de Zumpe zijn de grondwaterstanden en de kwaliteit van het kwelwater van belang. Daarom zal bij de beschrijving van de huidige situatie aandacht worden besteed aan GxG en kwel voor zowel een zomer- als wintersituatie. Onmisbaar hierbij is de inbreng van gebiedskennis van betrokken partijen. Op basis van het ontstane inzicht in het watersysteem wordt in de begeleidingsgroep een aantal verkennende maatregelen opgesteld, waarvan met behulp van het modelinstrumentarium effecten worden bepaald. Dit geeft inzicht in de kansrijkheid van deze maatregelen en de effecten op de omgeving (landbouw, stedelijk gebied). Samen met de begeleidingsgroep is vervolgens een tweetal scenario's opgesteld, waarvoor de effecten bepaald worden. Het betreft de volgende twee scenario's:

1. Watersysteem rond het jaar 1900
2. Scenario minimaal afvoeren

Stroombaanberekeningen

Een belangrijk onderdeel van de hydrologische systeemanalyse is de herkomst van het water dat in de Zumpe opkwelt. Om de herkomst van het water te herleiden, zouden stroombaanberekeningen worden uitgevoerd. Bij uitvoering van de studie is het niet mogelijk gebleken om, met de op dat moment beschikbare versie van het iMOD-instrumentarium, stroombaanberekeningen uit te voeren in gebieden waar sprake is van anisotropie. Ter plaatse van de Zumpe bevinden zich lagen in de ondergrond waar sprake is van anisotropie. Derhalve zijn in het kader van deze studie geen stroombaanberekeningen uitgevoerd.

In en rond de Zumpe zijn in de periode najaar 2008 / voorjaar 2009 verschillende studies min of meer gelijktijdig uitgevoerd. Het betreft de volgende onderzoeken:

- Onderzoek naar effecten van hydrologische veranderingen in de Zumpe Vegetatie (humus-profiel en grondwaterkwaliteit), uitgevoerd door Giessen en Geurts in opdracht van Provincie Gelderland;
- MER Oostelijke Randweg Doetinchem, uitgevoerd door Arcadis in opdracht van gemeente Doetinchem;
- Voorliggende studie.

Op initiatief van de gemeente Doetinchem en de Provincie Gelderland is door dhr. A.J.M. Jansen (thans werkzaam bij Coöperatie Unie van Bosgroepen u.a.) een samenvattende ecohydrologische systeemanalyse geschreven die gebaseerd is op bovengenoemde studies en de persoonlijke kennis van dhr. A.J.M. Jansen van het ecohydrologisch systeem van de Zumpe. Deze ecohydrologische systeemanalyse is integraal opgenomen in de rapportages van bovengenoemde studies.

1.4 Rapportage en leeswijzer

In eerdere rapporten is het studiegebied en de omgeving gedetailleerd beschreven. Ook is daarbij aandacht geschonken aan de modellering van het grondwatersysteem. Voorliggend rapport richt zich voornamelijk op een beschrijving van de actuele situatie aan de hand van modelresultaten en het inzichtelijk maken van effecten van maatregelen. Voor meer (technische) achtergrondinformatie wordt verwezen naar één van de volgende rapporten:

- Grondwatermodellering pompstation De Pol. Grontmij, 2006;
- Natuurterrein de Zumpe, Hydrologisch onderzoek en systeemanalyse. Grontmij, 2006;
- AMIGO, Actueel Model Instrumentarium Gelderland Oost. Deltares, Alterra, Tauw en Royal Haskoning, 2008.

In hoofdstuk 2 is een korte beschrijving opgenomen van het modelinstrumentarium AMIGO en de aanpassingen die hierin zijn gedaan voor de modellering van het watersysteem van de Zumpe en omgeving. In dit hoofdstuk wordt ook een beschrijving gegeven van de betrouwbaarheid en bruikbaarheid van het model voor berekeningen in de Zumpe en omgeving. Mede op basis van de resultaten van de modellering wordt in hoofdstuk 3 een beschrijving gegeven van de huidige situatie in de Zumpe. Hoofdstuk 4 bevat een beschrijving van de doorgerekende scenario's en de effecten van de scenario's op het watersysteem.

In hoofdstuk 5 zijn de conclusies van het onderzoek samengevat en worden aanbevelingen voor het vervolg gedaan.

2 Modelling

2.1 Beschrijving AMIGO

2.1.1 Inleiding

In het kader van voorliggende studie zijn modelberekeningen uitgevoerd met het modelinstrumentarium AMIGO (Actueel Model Instrument Gelderland Oost). AMIGO is voor het beheergebied van het Waterschap Rijn en IJssel ontwikkeld in opdracht van waterschap Rijn en IJssel, provincie Gelderland en het Waterbedrijf Vitens door Deltares, Alterra, Tauw en Royal Haskoning. AMIGO bestaat uit een toepassingsomgeving iMOD en een grondwatermodel database. Alle basisinformatie van het model is bijeengebracht in de database. De database heeft een hoge resolutie in de ruimte (25x25 m) en in de tijd (dag). Het grondwatermodel van AMIGO is gebaseerd op MODFLOW en gekoppeld aan het onverzadigde zone model CAPSIM.

De bodemopbouw is in AMIGO geschematiseerd tot een model met 12 lagen, gebaseerd op onder andere REGIS II gegevens en resultaten uit lokale studies. AMIGO rekent de periode 1 april 1996 – 1 april 2004 niet-stationair door in eenheden van één dag.

2.1.2 Beschrijving watersysteem AMIGO

Voor de waterlopen (zowel de leggerwatergangen als de TOP10waterlopen) in het modelgebied is aangegeven of deze watervoerend zijn en continu kunnen infiltreren of dat deze (tijdelijk) droogvallen en alleen draineren. Voor de infiltrerende watergangen geldt dat deze ook kunnen draineren, drainerende watergangen kunnen niet infiltreren. Voor infiltrerende watergangen wordt een waterpeil, bodemhoogte, conductance en infiltratiefactor opgegeven. Voor drainerende watergangen wordt de bodemhoogte en een conductance opgegeven. In figuur 2.1 is aangegeven welke watergangen in AMIGO kunnen infiltreren en welke watergangen draineren.

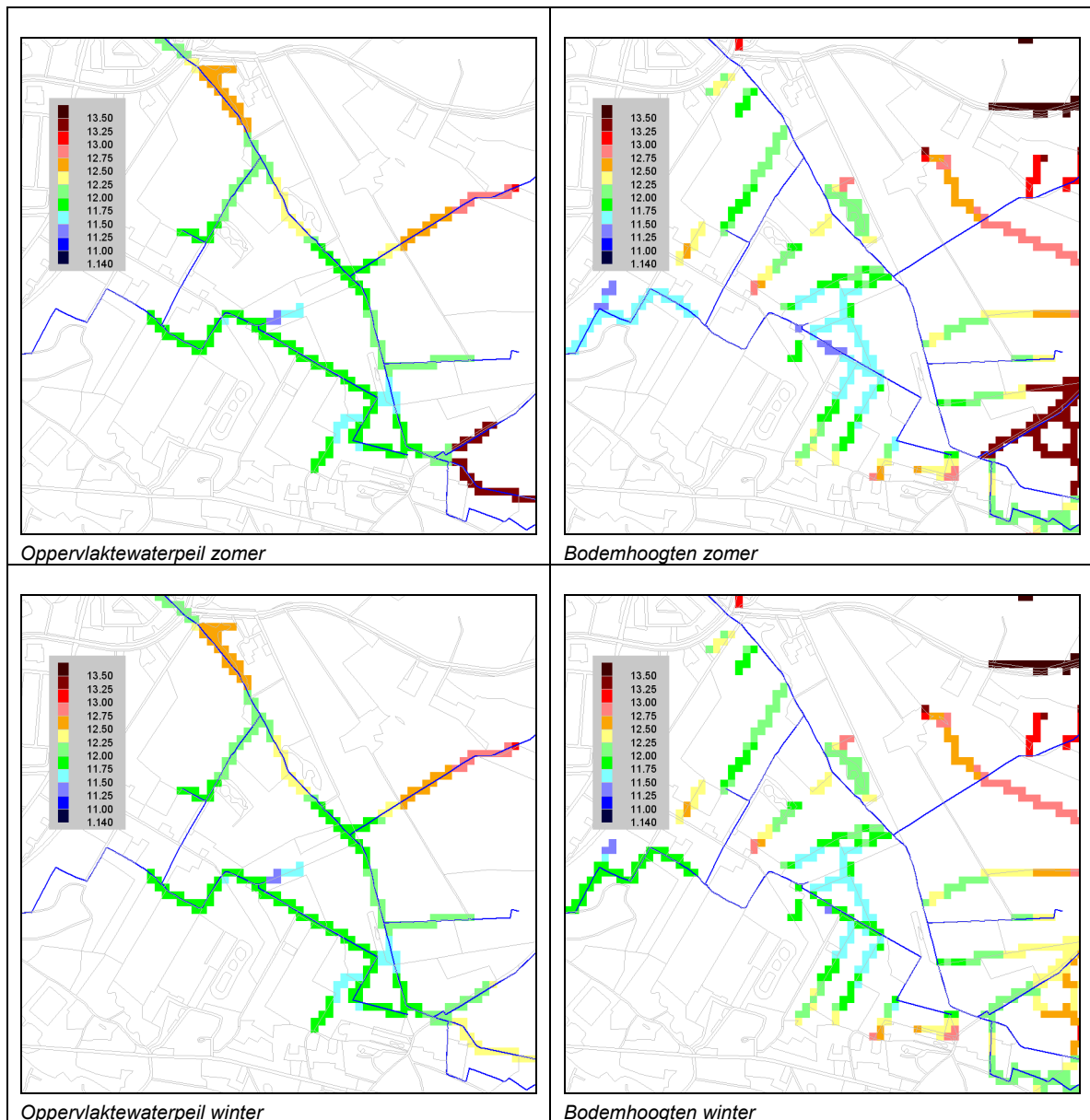
In figuur 2.2 zijn de waterpeilen (voor de infiltrerende watergangen) en de bodemhoogten (voor de drainerende watergangen) weergegeven. Voor de toekenning van de waterpeilen is in AMIGO gebruik gemaakt van een combinatie van stuwgegevens uit de legger (zomer- en winterpeilen) en gefilterde peilen uit het AHN-hoogtebestand.

Voor de bodemhoogten is gebruik gemaakt van het gefilterde AHN en kennistabellen van TOP10-watergangen. De bodemdiepte wordt geschat op 108 en 180 cm -mv. Voor de tertiaire watergangen is een bodemdiepte van 84 cm -mv aangehouden.

Als in een drainerende watergang een stuw staat, dan is de overlaathoogte van die stuw de drainagebasis (bodemhoogte van de drainerende watergang). Pas als verder bovenstrooms van de betreffende stuw de bodemhoogte van de watergang gelijk of hoger is dan de stuwhoogte, moet weer worden uitgegaan van de bodemhoogte van de watergang.



Figuur 2.1 Schematisering watersysteem Zumppe en omgeving in AMIGO (situatie 1996 – 2004)



Figuur 2.2 Oppervlaktewaterpeilen en bodemhoogten (hoofd)waterlopen Zumpe en omgeving in AMIGO (situatie 1996 – 2004)

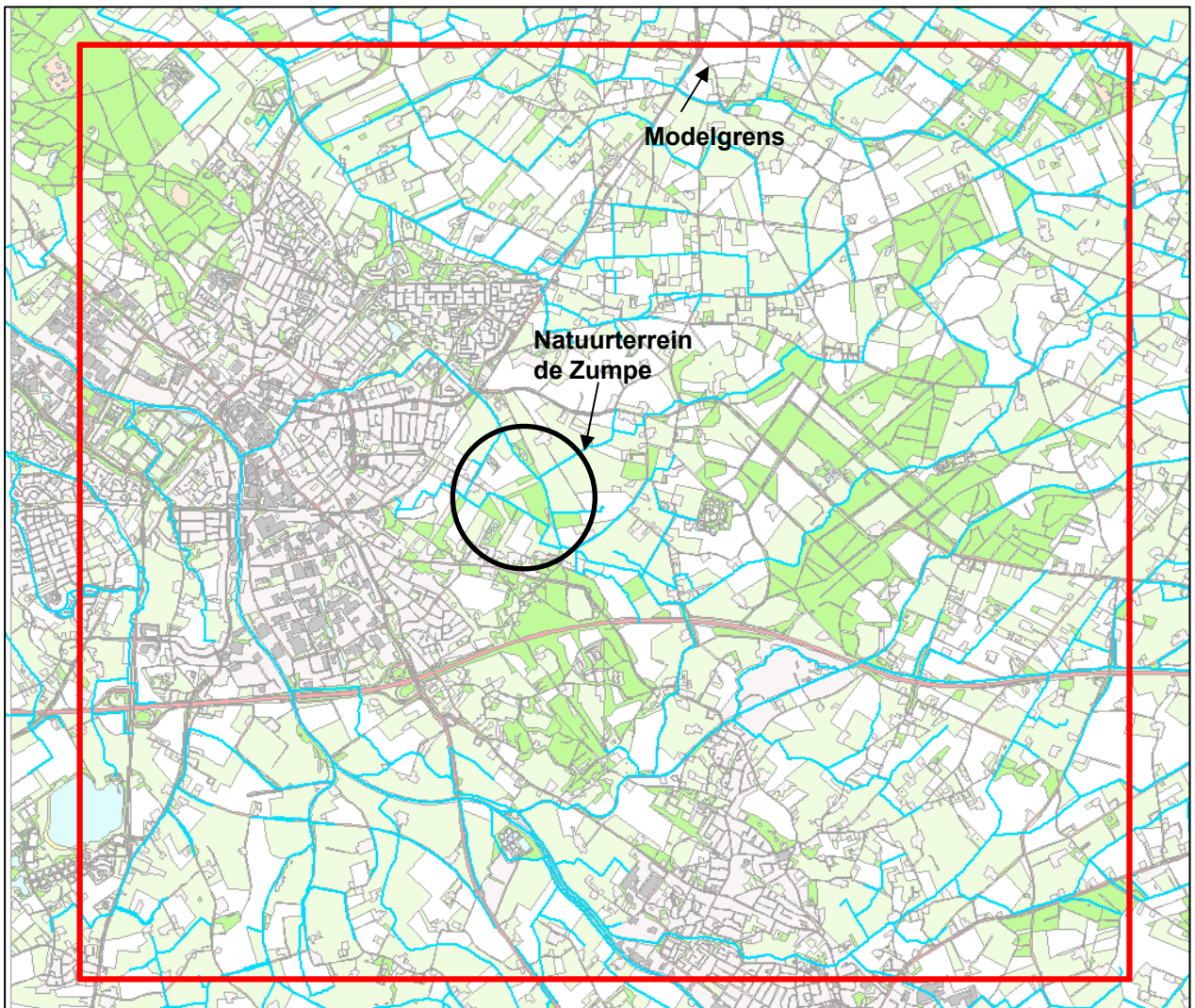
2.1.3 Calibratieresultaat AMIGO

Het model is niet-stationair gecalibreerd op grondwaterstanden. Het model berekent de GHG gemiddeld nauwkeuriger dan de GLG. Gemiddeld over het gehele modelgebied wordt de GHG te laag berekend (ten opzichte van NAP) en de GLG te hoog. Rond de Zumpe worden zowel de GHG als de GLG te hoog (te nat) berekend.

2.2 Aanpassingen AMIGO

2.2.1 Modelgebied

Rekentechnisch is het (nog) niet mogelijk om het hele AMIGO-model op hoge resolutie (25 m) door te rekenen. Daarom is voor de modelberekeningen in en rond de Zumpe een uitsnede uit AMIGO gemaakt. In figuur 2.3 is de uitsnede weergegeven.



Figuur 2.3 Modeluitsnede

De uitsnede beslaat een gebied van 8 bij 9 km. Bij de keuze van de modeluitsnede is rekening gehouden met:

- Scenarioberekeningen in de Zumpe (locatie maatregelen vallen in modeluitsnede)
- Inrichtingsvarianten oostelijke randweg Doetinchem (valt binnen modeluitsnede)
- Uitvoeren stroombaanberekeningen (intrekgebied valt binnen modeluitsnede)

2.2.2 Aanpassingen watersysteem

Het watersysteem zoals dat gemodelleerd is in AMIGO is vergeleken met de actuele situatie. Hieruit is gebleken dat het watersysteem in en rond de Zumpe niet helemaal juist wordt gemodelleerd in AMIGO. Hiertoe is het gemodelleerde watersysteem op de volgende punten aangepast:

- 1) Toevoegen anti-verdrogingsmaatregelen
- 2) Correcties peilen en bodemhoogten binnen de Zumpe
- 3) Aanpassing peilen omgeving van de Zumpe

Ad 1)

In 2002 zijn anti-verdrogingsmaatregelen in de Zumpe uitgevoerd. Het betreft onder andere het dempen van de watergang tussen de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge, het aanleggen van poelen en het instellen van een hoger maalpeil. Het maalpeil is vastgesteld op NAP +11,90 m (zomer en winter). De aangelegde poelen zijn geïsoleerd aangelegd. Vanuit deze poelen vindt in principe geen afvoer plaats. Daarom zijn deze poelen niet in het model opgenomen.

Ad 2)

In AMIGO zit een aantal onjuistheden in de toegekende waterpeilen en bodemhoogten. Zo is bijvoorbeeld in stroomafwaartse richting van de Doetinchemse Slinge zichtbaar dat het waterpeil afwisselend stijgt en daalt (zie figuur 2.2). Dit is het gevolg van de toekenning van de waterpeilen aan de hand van de maaiveldhoogten. Dit is aangepast naar een waterpeil dat stroomafwaarts afneemt.

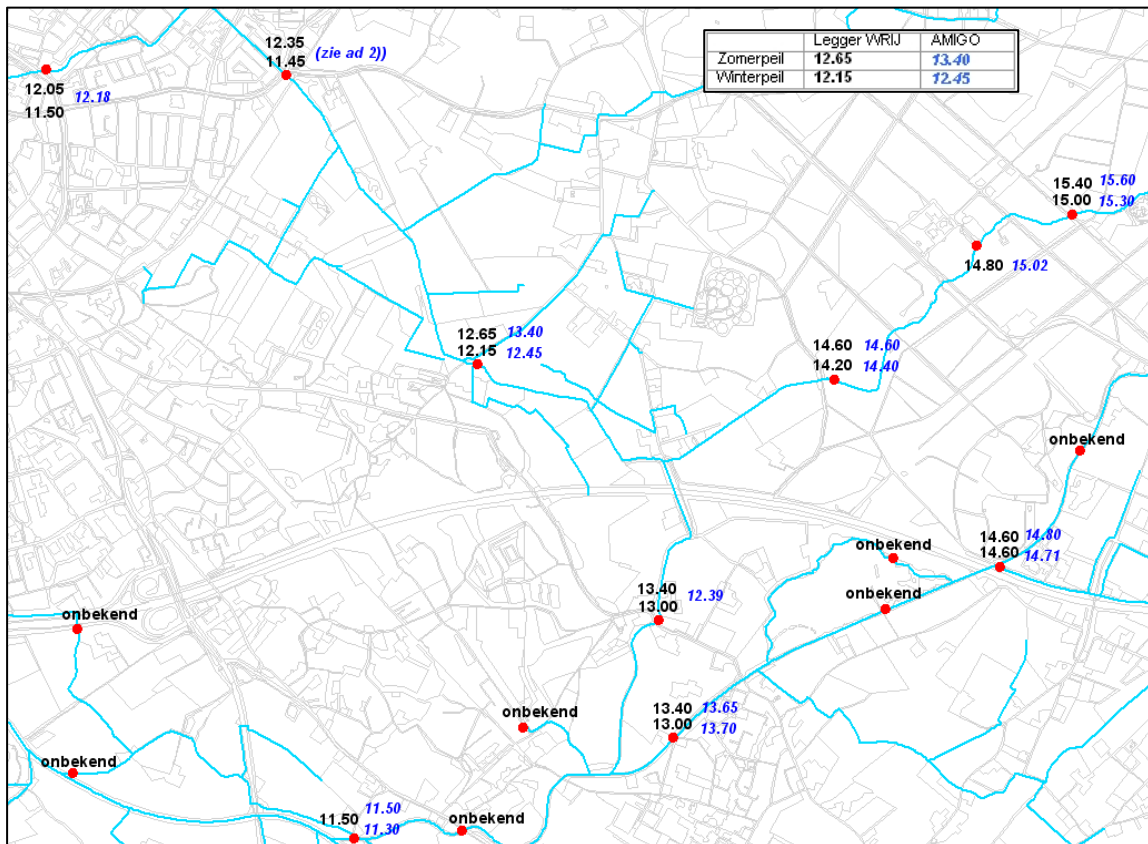
Verder is de Zompesloot in AMIGO zowel 's zomers als 's winters infiltrerend. In werkelijkheid valt de Zompesloot 's zomers droog, waardoor deze dan alleen nog kan draineren.

Ad 3)

Uit analyse van het calibratieresultaat van het AMIGO-model is gebleken dat gemiddeld over het gehele modelgebied een te hoge GLG (te natte situatie) wordt berekend. Naar aanleiding hiervan is nog eens kritisch gekeken naar de waterpeilen van de infiltrerende watergangen in AMIGO. Deze waterpeilen zijn vergeleken met de door Waterschap Rijn en IJssel aangeleverde stuwpeilen (zie figuur 2.5).

Uit figuur 2.5 blijkt dat in veel gevallen in AMIGO een hoger waterpeil is opgenomen dan het stuwpeil volgens de legger in het betreffende waterloop-tracé. Ter plaatse van de stuw in de Doetinchemse Slinge, direct bovenstrooms van de Zumpe bedraagt het verschil voor het zomerpeil 0,75 m! De in figuur 2.5 weergegeven waterlopen betreffen infiltrerende watergangen. Wanneer een te hoog peil is aangenomen, infiltreert te veel water vanuit de watergangen en worden te hoge grondwaterstanden berekend.

Aanpassing van alle waterpeilen in AMIGO valt buiten het kader van dit onderzoek. Om lokaal ter plaatse van de Zumpe betere modelresultaten te verkrijgen zijn wel de peilen in de Doetinchemse Slinge aangepast naar de stuwpeilen uit de legger.



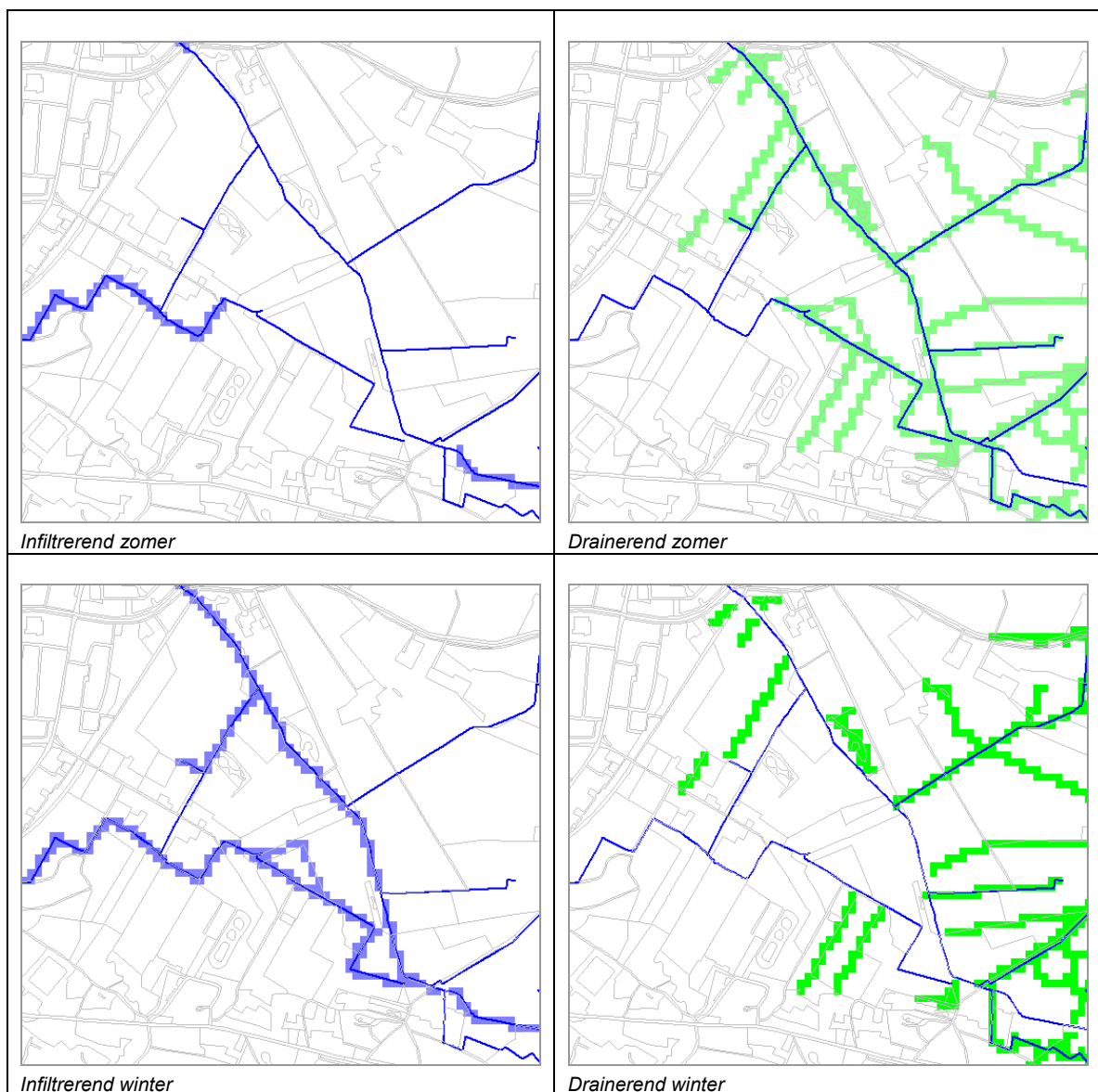
Figuur 2.5 Vergelijking leggergegevens WRIJ met modelinvoer AMIGO

Verder is na overleg met Waterschap Rijn en IJssel gebleken dat de peilen in de Doetinchemse Slinge in figuur 2.5 niet de juiste peilen zijn. De juiste peilen zijn opgenomen in het peilenboek van waterschap Rijn en IJssel. Voor de drie stuwen in en rond de Zumpe zijn de juiste stuwpeilen voor de huidige situatie:

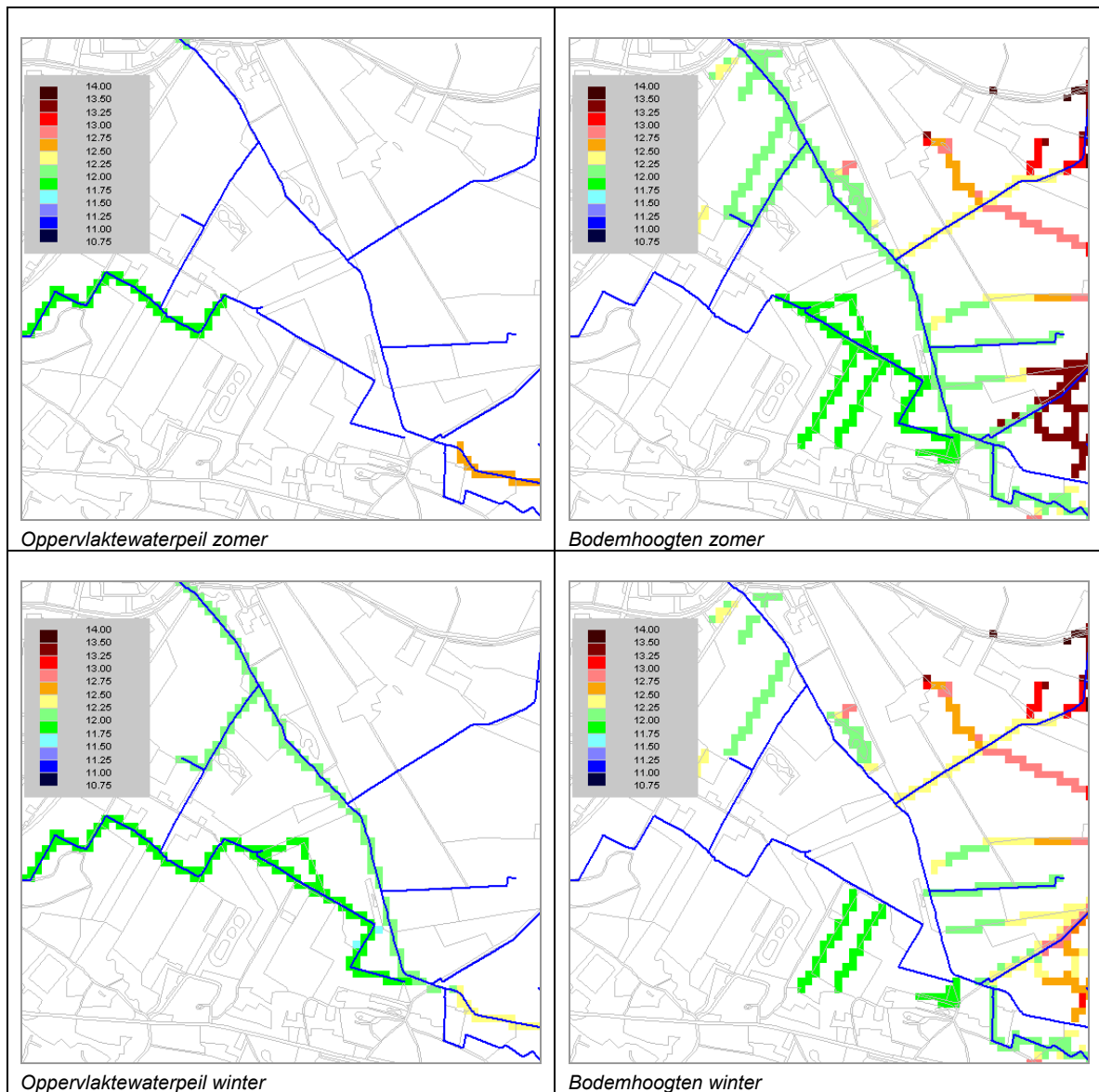
- schotbalkstuw vijver Slingevliet: Vast peil NAP +12,05 m
- stuw Wiltinksbrug: winterpeil NAP +12,05 m; zomerpeil NAP +12,25 m
- stuw Ellegoorsestraat: winterpeil NAP +12,45 m; zomerpeil NAP +12,65 m

Tot slot is door het Waterschap Rijn en IJssel aangegeven dat in de zomerperiode de Doetinchemse Slinge meestal niet op peil kan worden gehouden en dat er geen sprake is van afvoer. Voor de Doetinchemse Slinge is er dan ook vanuit gegaan dat deze in de zomerperiode alleen draineert.

Het resultaat van bovengenoemde aanpassingen is weergegeven in figuur 2.6 en 2.7. In deze figuren is de actuele situatie van het watersysteem zoals dat geldt sinds 2002 (na uitvoering van anti-verdrogingsmaatregelen) weergegeven.



Figuur 2.6 Schematisering watersysteem Zumpe en omgeving (vanaf 2002)



Figuur 2.7 Oppervlaktewaterpeilen en bodemhoogten (hoofd)waterlopen Zumppe en omgeving (vanaf 2002)

2.3 Calibratie

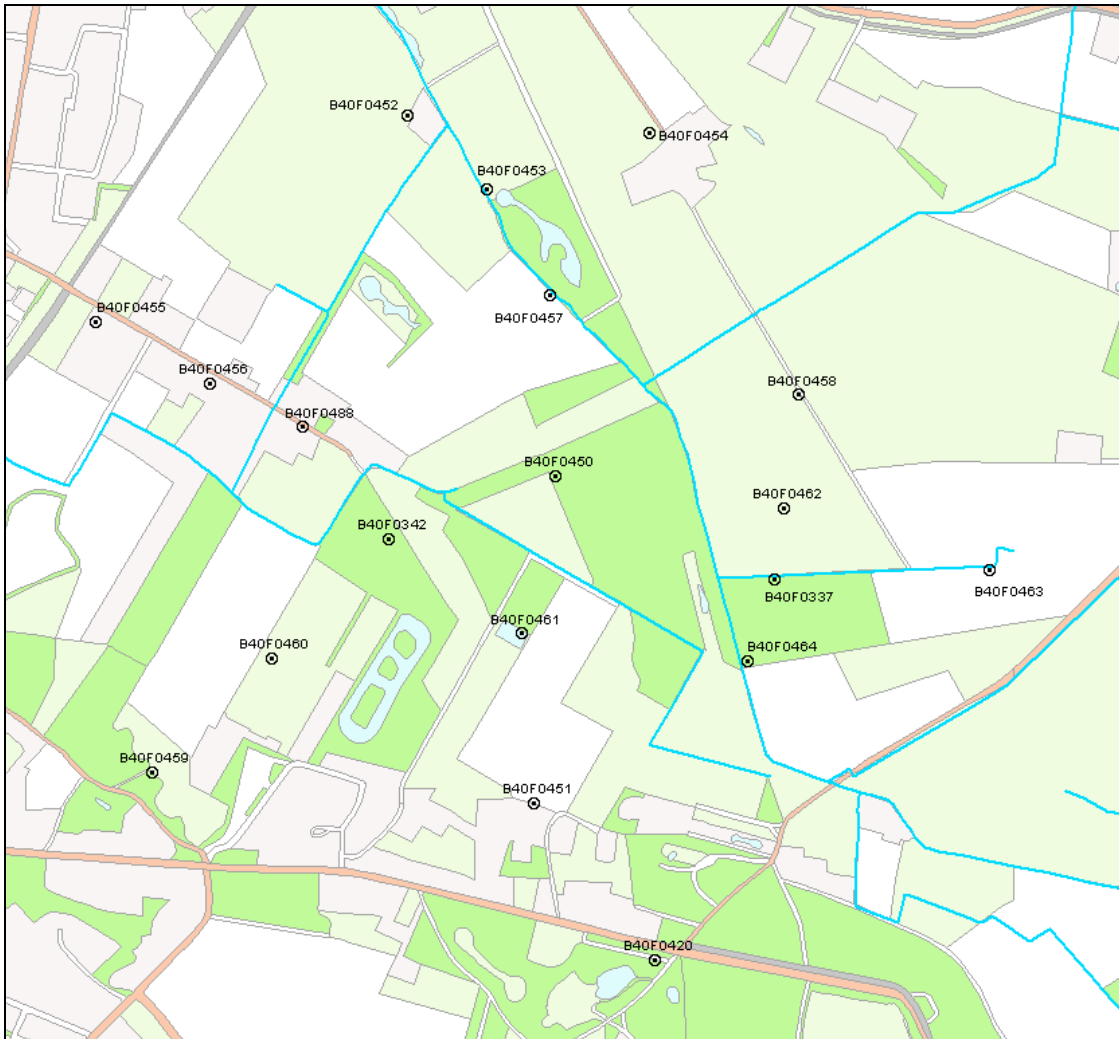
2.3.1 Inleiding

Voor het beoordelen van het model (calibratie) is de periode 1 januari 1994 – 31 december 2004 doorgerekend. Daarbij is van het volgende uitgegaan:

- Invoergegevens AMIGO;
- Vanaf start berekening (1 januari 1994) is uitgegaan van de waterpeilen zoals genoemd onder ad 3) in paragraaf 2.2.2;
- Vanaf 1 april 2002 is uitgegaan van het aangepaste watersysteem zoals genoemd onder ad 1) en ad 2) in paragraaf 2.2.2.

2.3.2 Meetgegevens

In de Zumppe en de directe omgeving bevinden zich peilbuizen van Staatsbosbeheer. Door het Waterschap Rijn en IJssel zijn tot november 2007 grondwaterstanden in deze peilbuizen opgenomen. In figuur 2.8 is de ligging van de peilbuizen weergegeven. In tabel 2.1 zijn enkele karakteristieken van deze peilbuizen samengevat.



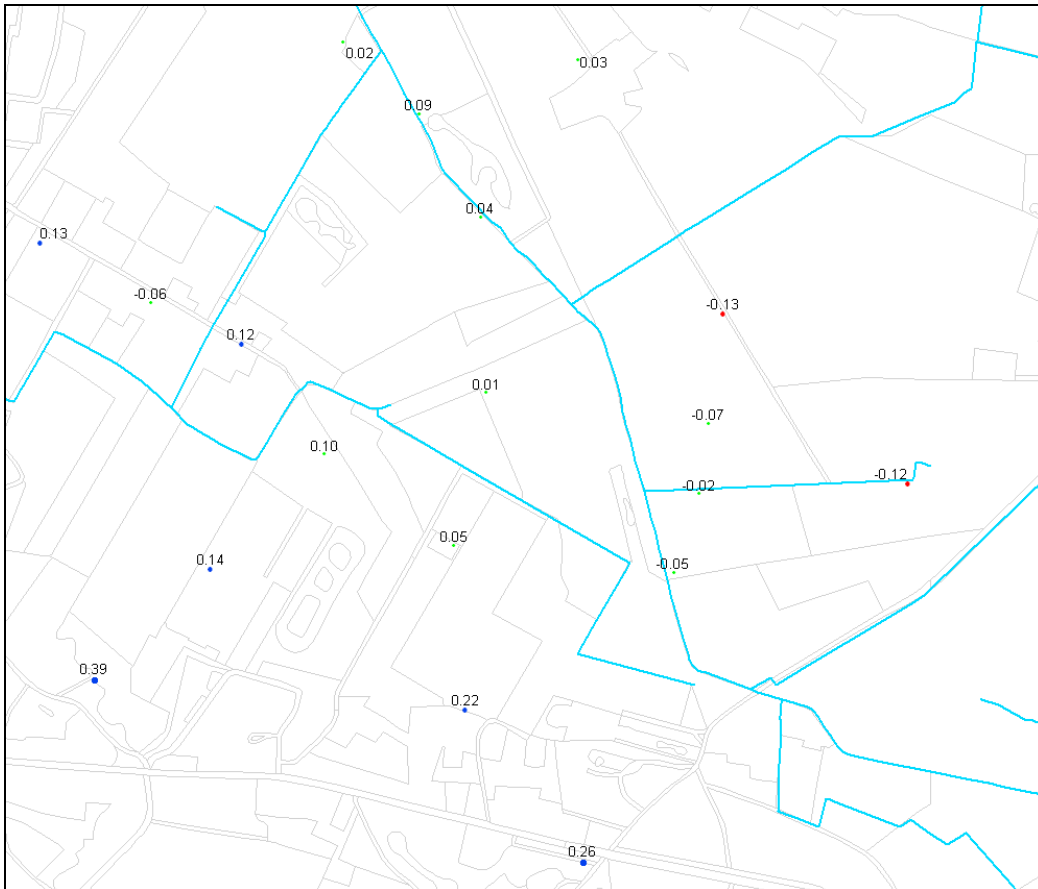
Figuur 2.8 Locatie peilbuizen SBB in de Zumpe en omgeving

Tabel 2.1 Karakteristieken peilbuizen SBB

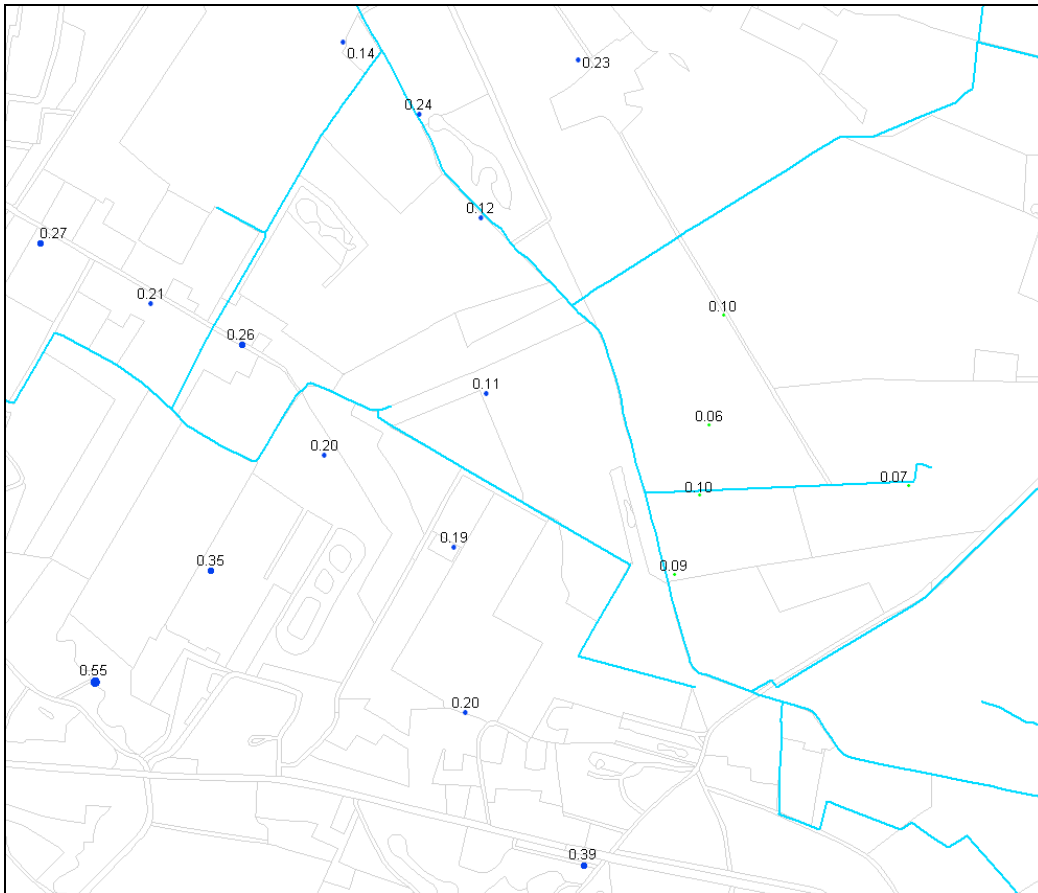
| TNO-naam | HYMOS-naam | Maaiveldhoogte | | GHG | GLG | | |
|----------|------------|----------------|-------------------------|-------|---------|---------|---------|
| | | [m NAP] | Bovenkant PB [m NAP] | | [m -mv] | [m NAP] | [m -mv] |
| B40F0420 | 40FL0077 | 13.60 | 14.29 | 1.15 | 12.45 | 1.87 | 11.73 |
| B40F0451 | 40FL9012 | 12.27 | 12.77 | -0.05 | 12.32 | 0.46 | 11.81 |
| B40F0450 | 40FL9011 | 12.40 | 12.93 | 0.02 | 12.38 | 0.52 | 11.88 |
| B40F0454 | 40FL9017 | 14.41 | 14.31 | 1.40 | 13.01 | 2.18 | 12.23 |
| B40F0457 | 40FL9020 | 13.45 | 13.84 | 0.86 | 12.59 | 1.41 | 12.04 |
| B40F0461 | 40FL9025 | 12.55 | 12.85 | 0.25 | 12.30 | 0.82 | 11.73 |
| B40F0463 | 40FL9027 | 13.18 | 13.51 | 0.02 | 13.16 | 0.68 | 12.50 |
| B40F0342 | 40FP9024 | 12.49 | 12.46 | 0.25 | 12.24 | 0.72 | 11.77 |
| B40F0460 | 40FL9023 | 12.65 | 12.56 | 0.46 | 12.19 | 1.22 | 11.43 |
| B40F0459 | 40FL9022 | 12.75 | 12.66 | 0.77 | 11.98 | 1.58 | 11.17 |
| B40F0453 | 40FL9016 | 13.35 | 13.24 | 0.79 | 12.56 | 1.41 | 11.94 |
| B40F0452 | 40FL9015 | 13.25 | 13.80 | 0.65 | 12.60 | 1.27 | 11.98 |
| B40F0464 | 40FL9028 | 13.31 | 13.69 | 0.76 | 12.55 | 1.26 | 12.05 |
| B40F0455 | 40FL9018 | 13.36 | 13.26 | 1.19 | 12.17 | 1.96 | 11.40 |
| B40F0456 | 40FL9019 | 13.33 | 13.22 | 0.90 | 12.43 | 1.72 | 11.61 |
| B40F0458 | 40FL9021 | 13.72 | 13.62 | 0.73 | 12.99 | 1.44 | 12.28 |
| B40F0462 | 40FL9026 | 12.95 | 13.47 | 0.17 | 12.78 | 0.74 | 12.21 |
| B40F0337 | 40FP9005 | 12.94 | 13.45 | 0.30 | 12.64 | 0.82 | 12.12 |
| B40F0488 | 40FL9006 | 13.56 | 13.46 | 1.28 | 12.28 | 1.91 | 11.65 |

2.3.3 Calibratieresultaat

In figuur 2.9 en 2.10 is het calibratieresultaat ruimtelijk weergegeven. Het betreft de verschillen tussen de gemeten en berekende GHG (figuur 2.9) en GLG (figuur 2.10).



Figuur 2.9 *Vershil gemeten en berekende GHG (1 april 1996 – 1 april 2004). Blauwe bollen: te nat berekend, rode bollen: te droog berekend, groene bollen: verschil kleiner dan 0,10 m.*



Figuur 2.10 *Verskil gemeten en berekende GLG (1 april 1996 – 1 april 2004). Blauwe bollen: te nat berekend, rode bollen: te droog berekend, groene bollen: verschil kleiner dan 0,10 m.*

Uit de figuren 2.9 en 2.10 blijkt dat de GLG in en rond de Zumpe gemiddeld circa 0,05 tot 0,20 m te nat wordt berekend. Voor de GHG zijn de verschillen tussen de metingen en berekening gemiddeld enkele centimeters. De verschillen tussen de metingen en de berekening zijn beperkt in de Zumpe zelf. In de omgeving en met name in zuidelijke richting nemen de verschillen tussen metingen en de berekening toe (tot circa 0,40 á 0,50 m).

Voor de verschillende peilbuizen zijn de tijd-stijghoogte grafieken weergegeven in bijlage 1. In deze figuren zijn de gemeten grondwaterstanden, de met het oorspronkelijke AMIGO-model berekende grondwaterstanden en de berekende grondwaterstanden na aanpassing van het watersysteem in het model ("Grontmij 2008") weergegeven. In tabel 2.2 zijn de gegevens voor de verschillende peilbuizen samengevat.

Tabel 2.2 Samenvatting calibratieresultaat

| TNO-naam | Gemiddelde afwijking [m] | RMSE [m] | Afwijking GHG [m] | Afwijking GLG [m] |
|-----------|-----------------------------|-------------|----------------------|----------------------|
| B40F0420 | 0.33 | 0.35 | 0.26 | 0.39 |
| B40F0451 | 0.16 | 0.18 | 0.22 | 0.20 |
| B40F0450 | 0.03 | 0.10 | 0.01 | 0.11 |
| B40F0454 | 0.10 | 0.16 | 0.03 | 0.23 |
| B40F0457 | 0.06 | 0.12 | 0.04 | 0.12 |
| B40F0461 | 0.10 | 0.16 | 0.05 | 0.19 |
| B40F0463 | -0.04 | 0.13 | -0.12 | 0.07 |
| B40F0342 | 0.12 | 0.17 | 0.10 | 0.20 |
| B40F0460 | 0.25 | 0.28 | 0.14 | 0.35 |
| B40F0459 | 0.49 | 0.51 | 0.39 | 0.55 |
| B40F0453 | 0.14 | 0.19 | 0.09 | 0.24 |
| B40F0452 | 0.06 | 0.16 | 0.02 | 0.14 |
| B40F0464 | -0.01 | 0.10 | -0.05 | 0.09 |
| B40F0455 | 0.20 | 0.28 | 0.13 | 0.27 |
| B40F0456 | 0.05 | 0.16 | -0.06 | 0.21 |
| B40F0458 | -0.03 | 0.14 | -0.13 | 0.10 |
| B40F0462 | -0.02 | 0.11 | -0.07 | 0.06 |
| B40F0337 | 0.01 | 0.10 | -0.02 | 0.10 |
| B40F0488 | 0.17 | 0.21 | 0.12 | 0.26 |
| GEMIDDELD | 0.11 | 0.19 | 0.06 | 0.20 |

2.3.4 Gevoeligheidsanalyse

Uit eerder onderzoek (Grontmij, 2006) is gebleken dat er onduidelijkheid bestaat over het al dan niet aanwezig zijn van een slecht doorlatende laag in de diepere ondergrond. Het betreft scheidende laag 1 B die op een diepte van circa 30 m –mv ligt. Het betreft bekkenklei afzettingen van de formatie van Drenthe die lokaal voorkomen. Om de gevoeligheid van de modelresultaten voor de aanwezigheid van deze scheidende laag in beeld te brengen is de weerstand van de scheidende laag (in AMIGO betreft het het slecht doorlatende deel van modellaag 8) met factor 0,25 te vermenigvuldigen.

De aanpassing van de weerstand van scheidende laag 1B in het model heeft op de berekende grondwaterstanden in de Zumpe een effect van maximaal 0,01 tot 0,02 m. Gesteld kan worden dat dit verwaarloosbaar klein is en dat het al dan niet aanwezig zijn van de slecht doorlatende afzettingen geen invloed heeft op de berekeningsresultaten (noch op de waterstanden noch op de stroombanen).

2.4 Evaluatie

Bij de modellering van het grondwatersysteem van de Zumpe en omgeving wordt gebruik gemaakt van AMIGO. AMIGO is een regionaal gecalibreerd grondwatermodel. Uit de resultaten van AMIGO blijkt dat de GHG gemiddeld te droog wordt berekend en de GLG gemiddeld te nat. Met name rond de Zumpe worden te hoge grondwaterstanden berekend.

In het kader van voorliggend onderzoek is in detail gekeken naar de modellering van het oppervlaktewatersysteem in de Zumpe. Voor een deel is daarbij ook het watersysteem in de omgeving van de Zumpe meegenomen. De aanpassingen van de modellering van het watersysteem hebben geleid tot betere modelresultaten in de Zumpe en de omgeving. De GLG wordt echter nog steeds te nat berekend, met in de omgeving van de Zumpe afwijkingen tot circa 0,40 á 0,50 m. Deze afwijkingen zijn een (regionaal) gegeven, met lokale aanpassingen in en rond de Zumpe zijn deze niet te verhelpen. Het regionale calibratieresultaat vormt in deze zin een randvoorwaarde voor de lokale modellering. Verbetering is alleen mogelijk door het hele model verder te calibreren, maar dat valt buiten het doel van voorliggende studie.

Met AMIGO worden, regionaal gezien, te hoge grondwaterstanden berekend. Bij de analyse van de verschillen tussen gemeten en berekende grondwaterstanden is gebleken dat dit ook het geval is in de omgeving van de Zumpe en dan met name aan de zuidkant van de Zumpe. Hiervoor zijn drie mogelijke oorzaken gevonden:

1. Modellering oppervlaktewatersysteem

Bij de modellering van het watersysteem is het uitgangspunt de methode die MODFLOW hanteert: een vast peil en een bodemweerstand. Op basis van deze twee parameters wordt de uitwisseling met het grondwater bepaald. In AMIGO is daarbij voor de zomer- en wintersituatie een apart peil opgegeven. Daarnaast is tevens onderscheid gemaakt in drainerende en infiltrerende watergangen. Ook deze eigenschappen kunnen wisselen tussen de zomer- en wintersituatie.

Nadeel van deze aanpak is dat gedurende een half jaar een vast peil gehanteerd wordt en dat geen waterpeil wordt berekend. In de Zumpe en omgeving komen, net als in een groter deel van Oost-Nederland, waterlopen voor die tijdelijk droog vallen. Dit is een dynamisch proces dat in de tijd en in ruimte varieert.

Betere modelresultaten kunnen worden verkregen door gebruik te maken van een model voor het oppervlaktewatersysteem (bijvoorbeeld SOBEK-CF of SIMRES), gekoppeld aan AMIGO.

2. Invoergegevens waterpeilen en bodemhoogten

Voor de invoer van gegevens van het watersysteem is bij de opzet van AMIGO gekozen voor een regionale aanpak. Waterpeilen en bodemhoogten zijn daarbij grotendeels aan het maaiveld 'gehangen'. Voor infiltrerende watergangen rond de Zumpe is gebleken dat de in AMIGO gehanteerde waterpeilen tot circa 0,75 m hoger zijn dan de stuwpeilen in de legger. Lokale aanpassing van de waterpeilen heeft geleid tot verbeteringen van maximaal circa 0,06 m. Waarschijnlijk dat regionale aanpassing van de waterpeilen tot grotere verbetering leidt.

3. Aanname verdamping bosgebieden

Het lijkt erop dat met name in de bosgebieden te hoge grondwaterstanden worden berekend (zoals bijvoorbeeld ten zuiden van de Zumpe). Mogelijk dat hier de verdamping wordt onderschat en dat daardoor de grondwateraanvulling te groot is. Voor de verdamping van naald- en loofbos is een vaste factor ten opzichte van de verdamping van gras aangehouden. Voor naaldbos een factor van 1,2 maal de referentieverdamping en voor loofbos een factor van 1,05. Deze factoren zijn in AMIGO constant over het gehele jaar.

Gezien het calibratieresultaat binnen de Zumpe en de directe omgeving wordt het model echter voldoende betrouwbaar geacht voor het bepalen van de effecten op de grondwaterstanden en stijghoogten van te nemen maatregelen in en rond de Zumpe. Kwantitatieve effecten kunnen voldoende nauwkeurig in beeld worden gebracht. Dit wordt bevestigd door de resultaten van de ecohydrologische systeemanalyse (zie samenvatting aan het begin van dit rapport).

3 Huidige situatie

3.1 Algemeen

De huidige situatie ten aanzien van het grondwatersysteem bepaalt de randvoorwaarden voor de natuur. In dit hoofdstuk wordt de huidige situatie in kwantitatieve zin beschreven (grondwaterkwaliteit vormt geen onderdeel van dit onderzoek).

Onderstaand wordt eerst een overzicht gegeven van het streefbeeld voor de natuur. Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande literatuur. Vervolgens wordt de huidige situatie beschreven aan de hand van de berekende GxG's en kwel- en infiltratieflux.

Karakteristieken grondwatersysteem

GxG

De langjarig gemiddelde grondwatersituatie kan beschreven worden aan de hand van de GxG's. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de GHG, GVG en GLG. De GHG is de gemiddeld hoogste grondwaterstand. Deze wordt bepaald door (uitgaande van een (gemeten of berekende) reeks met twee waarnemingen per maand) het gemiddelde te nemen van de drie hoogste waarnemingen per jaar, gemiddeld over een periode van minimaal acht jaar. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) wordt op gelijke wijze bepaald, alleen uitgaande van de drie laagste metingen per jaar. De gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) is gelijk aan de grondwaterstand op 1 april, gemiddeld over een periode van acht jaar.

Uit bovenstaande definities volgt dat de GHG circa 40 dagen per jaar wordt overschreden en de GLG gemiddeld 40 dagen per jaar onderschreden. De GVG lijkt meestal sterk op de GHG.

Kwel en infiltratie

Op verschillende kaarten in bijlage 3 zijn de berekende kwel en infiltratiefluxen weergegeven. Het betreft hierbij de flux over de onderzijde van de eerste (bovenste) modellaag. Het kan voorkomen dat met het model kwel (over de onderzijde van de eerste laag) wordt berekend maar dat deze kwel (als gevolg van lage grondwaterstanden) niet in de wortelzone terechtkomt. Gemiddeld genomen geldt dat grondwater tot een diepte van circa 0,75 m –mv, als gevolg van capillaire opstijging, in de wortels van de vegetatie terecht kan komen. De kaarten met de kwel en infiltratiefluxen moeten dan ook bekeken worden in combinatie met de kaarten van de GxG's om vast te kunnen stellen of de berekende kwel ook daadwerkelijk in de wortelzone terechtkomt.

De geschiktheid van het gebied van de verschillende functies wordt beschreven in termen van doelrealisaties. De doelrealisatie van de omliggende landbouwgebieden is gekwantificeerd met behulp van het Waterlood-instrumentarium. Voor de natuur wordt kwalitatief beschreven in hoeverre de huidige situatie voldoet aan het streefbeeld.

Kaarten van de berekeningsresultaten zijn opgenomen in bijlage 3.

3.2 Natuur

De Zumpe is een complex van natte bossen, moeras en graslanden. Door Jansen e.a. (1997) is een streefbeeld voor de natuur in de Zumpe opgesteld. Onderstaand (tabel 3.1) is een samenvatting gegeven van het streefbeeld (zie ook Grontmij, 2006).

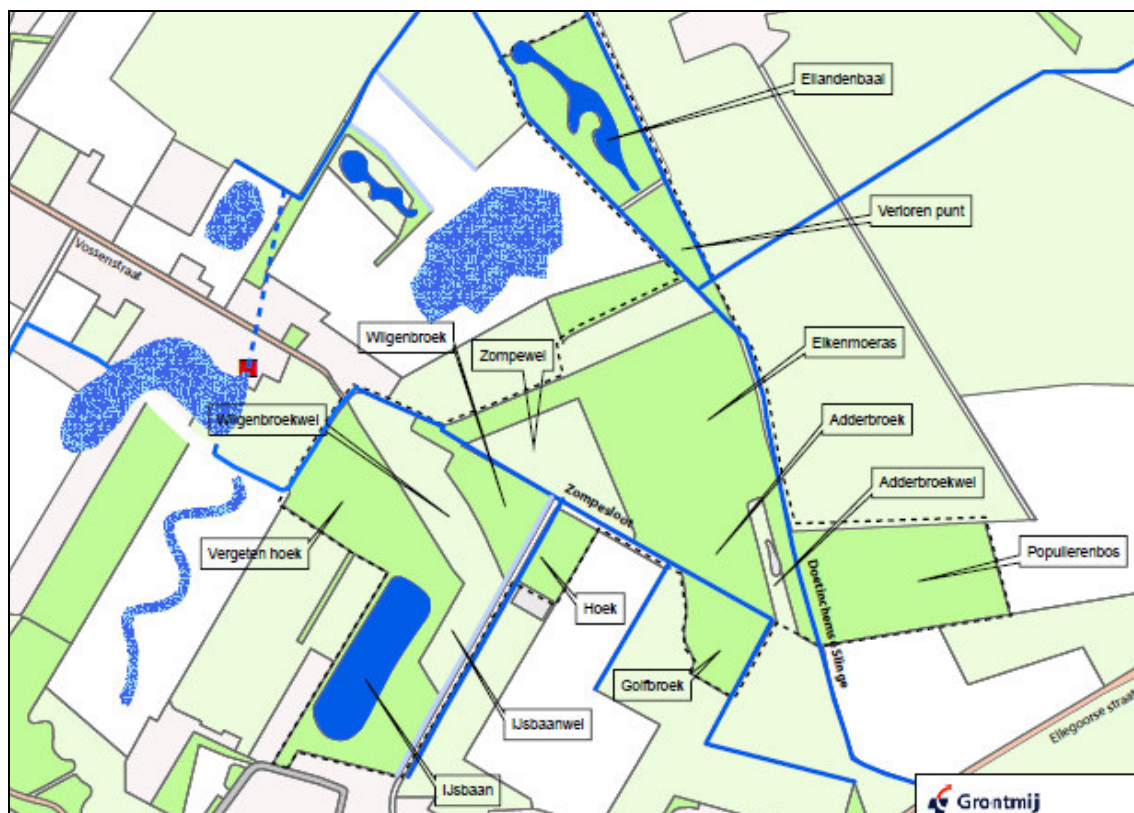
Tabel 3.1 **Natuurstreefbeeld voor de Zumpe met bijbehorende gewenste grondwaterstanden**
(naar Jansen e.a., 1997)

| Vegetatie | Natuurdoeltype/vegetatietype | GVG | GLG |
|------------|--|------------|------------|
| | | [cm -mv] | [cm -mv] |
| Bos | Elzenzegge-Elzenbroek | -40 tot 25 | < 70 |
| | Veldkers-Elzenbroek | | 5 tot 30 |
| | Moeraszegge-Elzenbroek | | 30 tot 60 |
| | Vogelkers-Essenbos | 0 tot 80 | 80 tot 130 |
| | Elzen-Eikenbos | | |
| Graslanden | Associatie van gewone engelwortel en Moeraszegge | 10 tot 45 | 13 tot 120 |
| Moeras | Riet-associatie | -300 tot 0 | < 50 |
| | Oeverzegge-associatie | -60 tot 20 | < 60 |
| | Blaaszegge-associatie | -40 tot 5 | < 60 |
| Ruigte | Associatie van gewone engelwortel en Moeraszegge | 10 tot 45 | 13 tot 120 |
| | Kamgrasweide, associatie van moerasrolklaver | 15 tot 55 | |
| | Vogelkers-Essenbos | 0 tot 80 | |
| | Elzenzegge-Elzenbos | -40 tot 25 | |
| | Moerasspirea-associatie | -10 tot 40 | |

3.3 Watersysteem

Het model is gecalibreerd voor de periode 1994-2004 met daarin vanaf 2002 de anti-verdrogingsmaatregelen (en correcties in de invoer van het watersysteem) opgenomen (zie hoofdstuk 2). De resultaten van de scenario's (hoofdstuk 4) zijn vergeleken met de huidige situatie. Als *huidige situatie* is de *gehele* modelperiode van 1994 tot 2004 *inclusief* de anti-verdrogingsmaatregelen (en correcties in de invoer van het watersysteem) doorgerekend.

Voor de beschrijving van de huidige situatie wordt mede gebruikt gemaakt van onderstaande indeling in deelgebieden (figuur 3.1):



Figuur 3.1 **Deelgebieden natuurterrein de Zumpe (uit: Grontmij, 2006)**

3.3.1 GxG

De GHG (bijlage 3, kaart 1) bevindt zich in een groot deel van de Zumpe nabij maaiveld. Lokaal, rond het Eikenmoeras, Adderbroek, Golfbroek en het Wilgenbroek komt de GHG boven maaiveld. In de Zompewei, een deel van het Eikenmoeras en in de Vergeten Hoek komt de GHG binnen 0,10 m –mv voor. De Wilgenbroekwei en de IJsbaanwei komen als duidelijk drogere gebieden naar voren. De GHG bevindt zich hier op een niveau van circa 0,25 tot 0,50 m –mv.

In het landbouwgebied ten zuiden van de Zompesloot komt de GHG gemiddeld tussen circa 0,10 en 0,50 m –mv voor. Hierbij wordt opgemerkt dat in dit gebied de GHG circa 0,10 tot 0,20 m te hoog wordt berekend. In het landbouwgebied ten noordwesten van de Zompewei bevindt de GHG zich op circa 0,25 tot 0,50 m –mv. Lokaal komen diepere grondwaterstanden voor (GHG op circa 0,50 tot 0,75 m). Ten oosten van de Doetinchemse Slinge bevindt de GHG zich in het zuidelijk deel (ter hoogte van het Eikenmoeras en het Populierenbos) op circa 0,20 tot 0,30 m –mv. Het noordelijke deel (tegenover de Eilandenbaai) is droger, hier bevindt de GHG zich op circa 0,70 tot 0,90 m –mv.

Het beeld van de GVG (bijlage 3, kaart 2) komt overeen met dat van de GHG, de natste plekken bevinden zich rond het Eikenmoeras, Adderbroek, Golfbroek en de Wilgenbroekwei. In het studiegebied bevindt de GVG zich gemiddeld circa 0,10 tot 0,20 m lager dan de GHG.

De GLG (bijlage 3, kaart 3) bevindt zich rond het Eikenmoeras en de Zompewei op circa 0,25 tot 0,50 m –mv. In de overige delen van het natuurterrein bevindt de GLG zich op circa 0,50 tot 0,75 m –mv of dieper.

In het landbouwgebied ten zuiden van de Zumpe bevindt de GLG zich op circa 0,50 tot 0,75 m –mv. Ten oosten van de Doetinchemse Slinge bevindt de GLG zich op circa 0,50 tot 1,00 m –mv (zuidelijk deel) en op meer dan 1,00 m –mv (noordelijk deel). Ten noordwesten van de Zompewei bevindt de GLG zich op circa 1,00 m –mv.

Het verschil tussen de GHG en de GLG is een maat voor de gemiddelde jaarlijkse dynamiek van de grondwaterstand. In een groot deel van de Zumpe bedraagt de gemiddelde jaarlijkse dynamiek in de grondwaterstand maximaal circa 0,25 m. Dit is met name het geval rond de watergangen in en rond de Zumpe (Zompesloot en Doetinchemse Slinge). De dynamiek neemt toe in de richting van de infiltrerende gebieden (zoals bijvoorbeeld ter plaatse van het ten zuiden van de Zumpe gelegen rivierduin). Lokaal bedraagt het verschil tussen de GLG en de GHG hier meer dan 1,0 m.

3.3.2 Isohypsens

Op de kaarten 4a, 4b en 4c (bijlage 3) zijn de grondwater-isohypsens weergegeven. Tevens is, op basis van deze isohypsens, een indicatie voor de grondwaterstromingsrichting gegeven. In kaart 4a is de *langjarig gemiddelde* grondwaterstand weergegeven. Relatief hoge grondwaterstanden komen aan de (zuid)oostzijde van de Zumpe voor, lage grondwaterstanden ten westen van de Zumpe. Regionaal gezien is er sprake van een westelijk gerichte grondwaterstroming. Ter plaatse van de Zumpe bedraagt de langjarig gemiddelde grondwaterstand circa NAP +12,0 á +12,3 m. Uit kaart 4a blijkt dat de watergangen in en rond de Zumpe een overwegend drainerend effect hebben. Dit geldt in mindere mate voor de meest westelijke tak van de Zompesloot en de verbindingssloot tussen de persleiding en de Doetinchemse Slinge.

In een natte periode (kaart 4b, waarbij is uitgegaan van de grondwaterstanden van 28 februari 2002) blijkt dat het drainerende effect van de watergangen in en rond de Zumpe sterker is. Gebieden waar duidelijk hogere grondwaterstanden (ten opzichte van NAP) voorkomen zijn het in het zuiden gelegen rivierduin en de hoger gelegen rug rond de Vossenstraat. In een natte periode kan water, lokaal, vanuit zuidelijke richting (vanaf de rivierduin) richting de gebieden rond de Zompesloot stromen. Opgemerkt wordt dat dit een tijdelijke situatie betreft. In een drogere periode (zie kaart 4c) is, ook ter plaatse van de rivierduin, de grondwaterstroming weer westelijk gericht. De grondwaterstand in de Zumpe bevindt zich in een natte periode rond NAP +12,3 á +12,6 m.

In kaart 4c zijn de grondwaterstanden in een droge periode weergegeven (waarbij is uitgegaan van de grondwaterstanden op 28 augustus 2003). Uit kaart 4c blijkt dat geen duidelijk effect van de watergangen op het isohypsenpatroon zichtbaar is. De drainerende of infiltrerende werking van watergangen is zichtbaar in een droge periode beperkt. In droge perioden is sprake van een westelijk gerichte grondwaterstroming.

3.3.3 Kwel en infiltratie

Uit de kwel- en infiltratiekaart (kaart 5a) blijkt dat in de Zumpe voor een langjarig gemiddelde situatie voornamelijk een infiltratiesituatie wordt berekend. Alleen ter plaatse van de watergangen treedt kwel op. Gemiddeld genomen hebben de waterlopen een drainerende werking, zoals ook uit het isohypsenpatroon (kaart 4a) bleek.

Ten aanzien van de kwel en infiltratie is ook gekeken naar een droge en een natte situatie. Als representatief voor een droge situatie is uitgegaan van de berekende kwel en infiltratie van 28 augustus 2003, voor een natte periode is uitgegaan van 28 februari 2002.

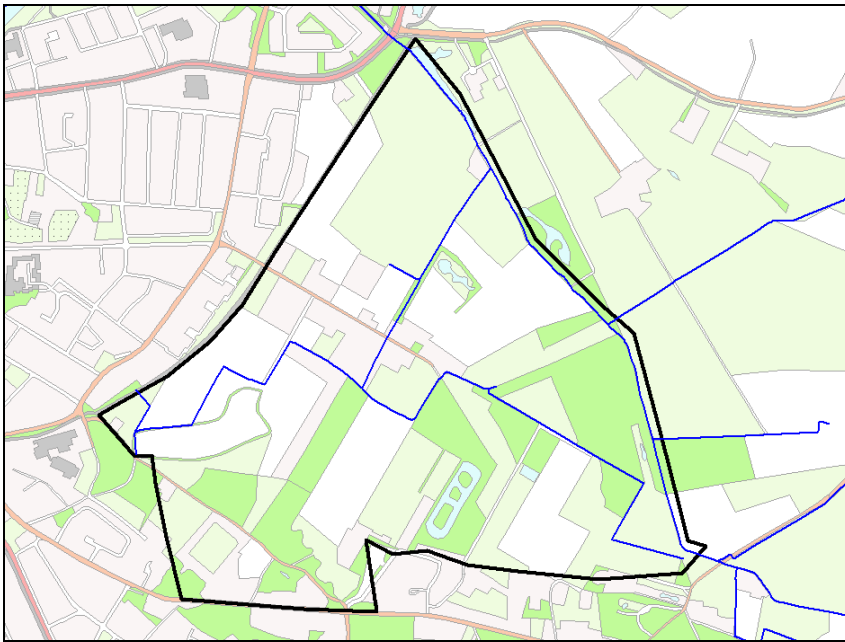
Bij natte omstandigheden (kaart 5b) komen de patronen in de kwel- en infiltratiefluxen en de isohypsen (kaart 4b) duidelijk met elkaar overeen. Op de hoger gelegen delen, waar sprake is van hoge grondwaterstanden (ten opzichte van NAP, rond de rivierduin en het gebied rond de Vossenstraat), is sprake van een infiltratiesituatie. Ter plaatse van de lager gelegen delen, met name rond de watergangen (Zompesloot en de Doetinchemse Slinge) treedt kwel op.

Bij droge omstandigheden (kaart 5c) is in de Zumpe en de omgeving sprake van een kwelsituatie. In droge perioden treedt alleen ter plaatse van de permanent watervoerende watergangen infiltratie op. Gezien de grondwaterstandsdiepte in droge perioden (zie kaart 3, berekende GLG) wordt verwacht dat de kwel in de Zumpe niet altijd tot in de wortelzone komt.

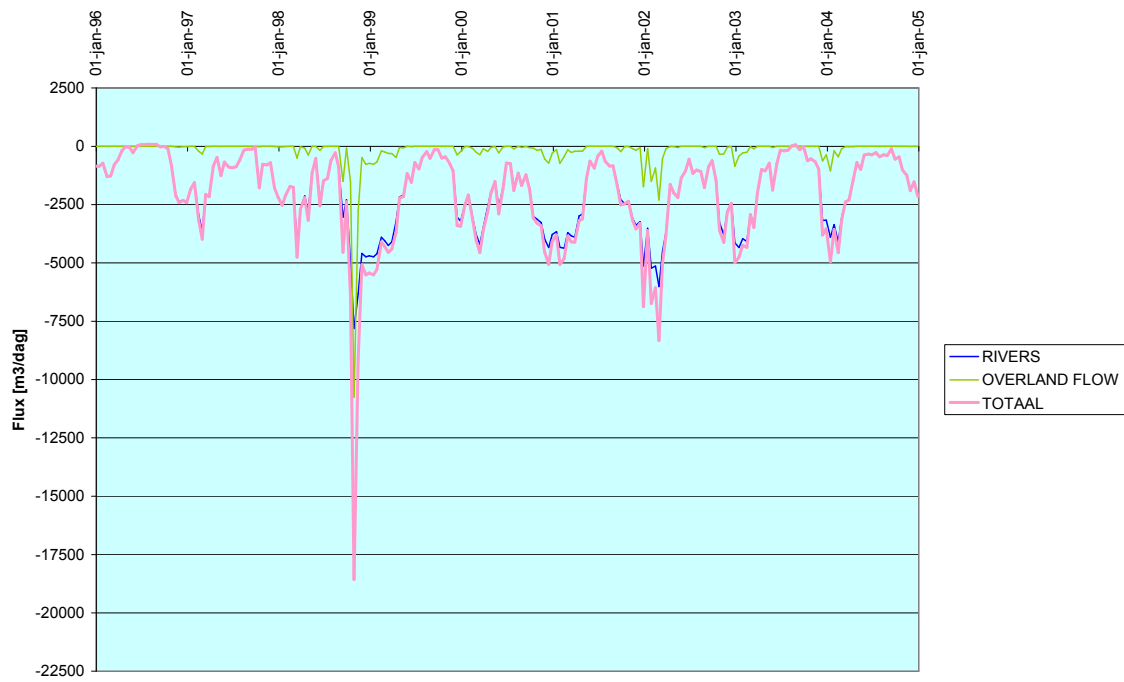
3.3.4 Waterbalans

Door analyse van de waterbalans wordt inzicht verkregen in de hoeveelheid water die uit het gebied wordt afgevoerd. In het model wordt water uit de Zumpe afgevoerd via het maaiveld of via de waterlopen (drainage is in het model niet aanwezig in de Zumpe en de omgeving). In figuur 3.2 is het gebied weergegeven waarvoor een waterbalans is opgesteld. Het gebied is circa 122 ha groot.

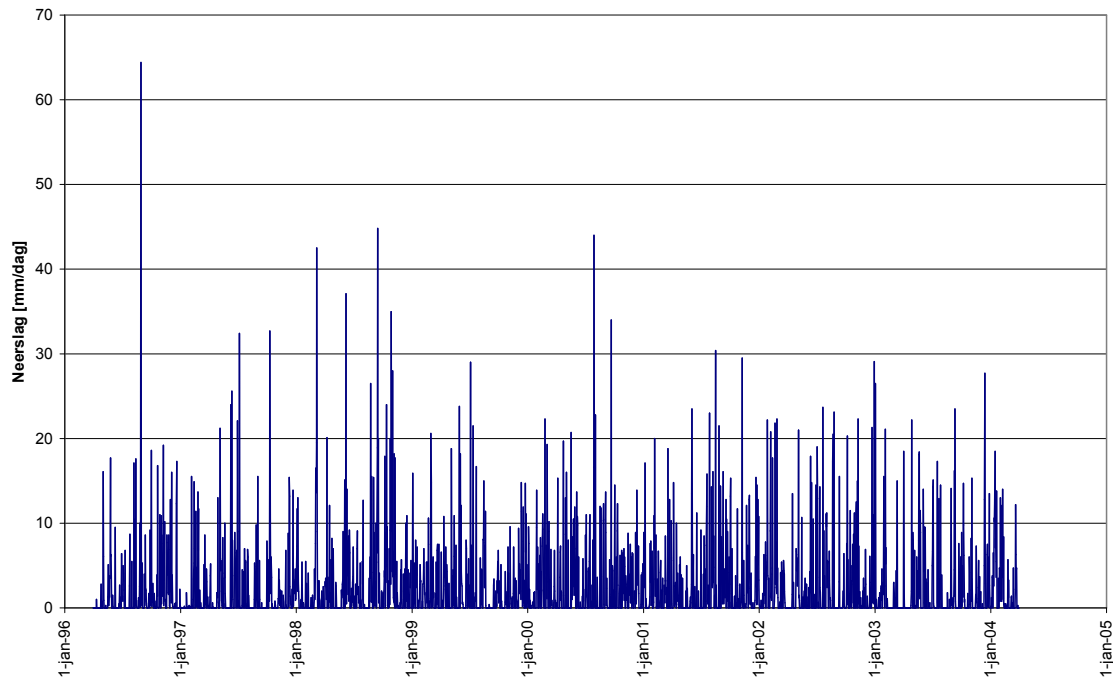
In figuur 3.3 is het verloop van de afvoer naar het oppervlaktewatersysteem ("rivers") en de maaiveld drainage ("overland flow") weergegeven. In figuur 3.4 is de hoeveelheid neerslag die aan het model is toegekend, weergegeven. In tabel 3.2 is de gebiedsafvoer per jaar (in mm) weergegeven.



Figuur 3.2 Gebied waarvoor waterbalans is opgesteld



Figuur 3.3 Berekende afvoer



Figuur 3.4 Gebruikte neerslagreeks

Tabel 3.2 Jaarlijkse gebiedsafvoer (huidige situatie)

| Jaar | Afvoer [mm] <i>rivers</i> | Afvoer [mm] <i>overland flow</i> | Afvoer [mm] <i>totaal</i> | Aandeel [%] <i>overland flow in totale afvoer</i> |
|------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| 1996 | -196 | -1 | -197 | 1% |
| 1997 | -362 | -8 | -370 | 2% |
| 1998 | -833 | -247 | -1080 | 23% |
| 1999 | -597 | -46 | -642 | 7% |
| 2000 | -747 | -45 | -792 | 6% |
| 2001 | -735 | -59 | -794 | 7% |
| 2002 | -761 | -90 | -850 | 11% |
| 2003 | -445 | -27 | -471 | 6% |
| 2004 | -419 | -23 | -442 | 5% |
| <i>gemiddeld</i> | <i>-566</i> | <i>-61</i> | <i>-626</i> | <i>10%</i> |

Uit figuur 3.3 blijkt dat de maximale afvoer uit het gebied (binnen de gemodelleerde periode) circa $18.500 \text{ m}^3/\text{dag}$ bedraagt (dit komt ongeveer overeen met $15 \text{ mm}/\text{dag}$). Van de maximale afvoer van $18.500 \text{ m}^3/\text{dag}$ wordt circa $11.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ via het maaiveld afgevoerd (circa 60% van de totale afvoer). De maximale afvoer wordt berekend op 28 oktober 1998. Uit figuur 3.4 blijkt dat op 28 oktober 1998 circa 35 mm neerslag is gevallen. Hoewel op 28 oktober 1998 wel de hoogste gebiedsafvoer wordt berekend, is dit niet de meest extreme neerslaghoeveelheid in de gemodelleerde periode (er komen in de meetreeks neerslagpieken voor van meer dan $40 \text{ mm}/\text{dag}$). Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor de afvoer uit het gebied niet alleen de neerslaghoeveelheid op een bepaald moment belangrijk is, maar ook de hoeveelheid neerslag die ervoor is gevallen. Dit bepaalt in welke mate de beschikbare berging is opgevuld en hoe snel en hoeveel afvoer plaatsvindt.

Uit tabel 3.2 blijkt dat de afvoer van water uit de Zumpe voornamelijk via oppervlaktewater (Zompesloot en de Doetinchemse Slinge) plaatsvindt. Over een langjarige periode gezien is het aandeel van de afvoer over maaiveld beperkt tot circa 10%. Over de jaren heen varieert het aandeel van overland flow in de totale afvoer tussen 1% en 23% (1998).

3.4 Doelrealisaties

3.4.1 Landbouw

De doelrealisatie geeft de geschiktheid van het gebied voor een bepaalde functie weer in een percentage ten opzichte van de optimale situatie. Voor landbouw wordt de doelrealisatie bepaald aan de hand van de natschade en de droogschade. De natschade en de droogschade samen vormen de totale schade. De doelrealisatie is gelijk aan 100% min de totale schade.

Voor het onderscheiden van de landbouwgebieden is gebruik gemaakt van het LGN4-bestand. Voor een aantal percelen in en rondom de Zumpe zijn SN-contracten opgesteld (particulier natuurbeheer). Deze gebieden staan in het LGN4-bestand nog wel geassocieerd als landbouwgebieden. Voor deze gebieden is ook de doelrealisatie voor de landbouwkundige functie bepaald. Op de kaarten (kaart 6, 7 en 8) zijn de percelen met lopende SN-contracten met een raster weergegeven.

Uit de modelberekeningen blijkt dat in de landbouwgebieden direct rond de Zumpe gelegen vrijwel geen sprake is van droogschade (bijlage 3, kaart 6). Alleen voor de landbouwgebieden direct grenzend aan oostzijde van Doetinchem en het landbouwgebied ten noordoosten van de Zumpe wordt droogschade berekend (van circa 10 tot 30%). Bij de berekende droogschade wordt het volgende opgemerkt:

- het effect van beregening is in de Waterlood-berekeningen niet meegenomen. Indien een gebied gevoelig is voor droogschade zal in de praktijk beregening plaatsvinden, waardoor tot circa 80% van de droogschade teniet wordt gedaan (in het landbouwgebied dat direct ten oosten van Doetinchem ligt is ook in het AMIGO-model geen beregening opgenomen, in het gebied ten noordoosten van de Zumpe is in AMIGO wel beregening meegenomen);
- in de landbouwgebieden wordt met het model een GLG berekend die circa 0,05 tot 0,40 m natter is dan uit de meetgegevens blijkt. Hierdoor kan in de praktijk in meer gebieden sprake zijn van droogschade dan uit de kaart blijkt.

In de landbouwgebieden direct rond de Zumpe blijkt lokaal wel sprake te zijn van natschade (kaart 7). Met name de gebieden ten zuiden van de Zompesloot, de Zompewei en het landbouwgebied rond het Populierenbos blijken gevoelig voor natschade. De berekende natschade bedraagt in deze gebieden circa 15 tot 30%, lokaal oplopend tot boven 40%. Opgemerkt wordt dat voor het landbouwgebied ten zuiden van de Zompesloot SN-contracten zijn opgesteld.

Voor de landbouwgebieden rond de Zumpe wordt een doelrealisatie berekend die veelal meer dan 90% bedraagt. Lokaal (rond het Populierenbos, de Zompewei en ten zuiden van de Zompesloot) worden doelrealisaties gehaald van circa 70 tot 90% of minder. Dit wordt vooral veroorzaakt door de natschade.

3.4.2 Natuur

De GVG komt in de Zumpe, met uitzondering van de plassen, poelen en watergangen, nergens boven maaiveld voor. Hierdoor zijn er minder gunstige condities voor de echt natte vegetatietypen zoals de verschillende Zegge-associaties (Elzenzegge, Oeverzegge en Blaaszegge). Voor de overige vegetatietypen lijkt geen knelpunt te bestaan ten aanzien van de GVG. Voor bovengenoemde Zegge-associaties geldt dat ook de gewenste GLG niet wordt gehaald. In het grootste deel van de Zumpe bevindt de GLG zich op meer dan 0,50 tot 0,60 m –mv. Ook voor Veldkers-Elzenbroek is de GLG te laag en zijn de hydrologische omstandigheden niet gunstig.

Voor de overige vegetatietypen (zie tabel 3.1) lijken binnen de Zumpe gunstige hydrologische randvoorwaarden te bestaan.

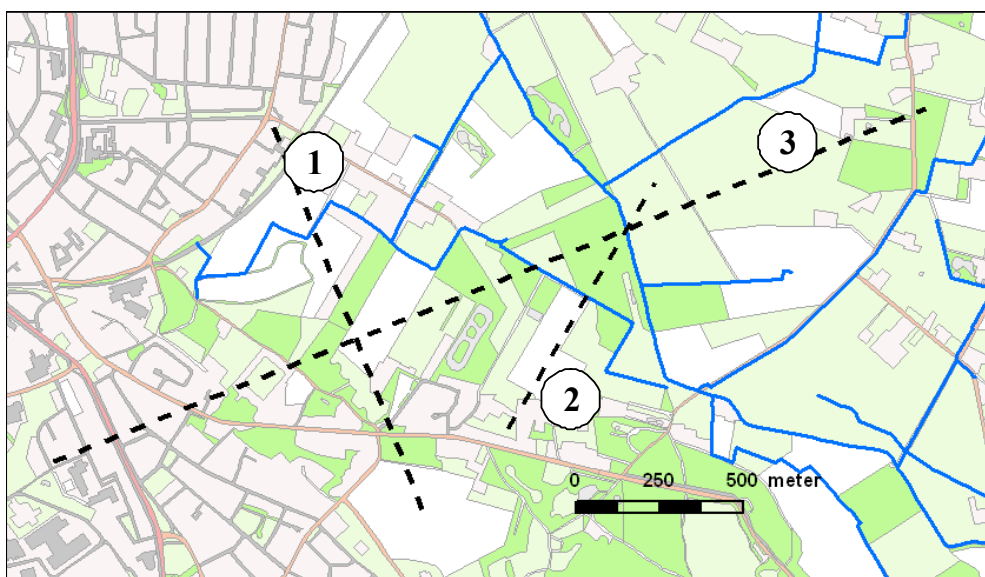
3.5 Hydrologische systeemanalyse

Het functioneren van het hydrologisch systeem van de Zumpe en omgeving is samengevat in een drietal representatieve dwarsdoorsnedes. De ligging van de dwarsdoorsnedes is weergegeven in figuur 3.5. De dwarsdoorsnedes zijn weergegeven in figuur 3.6.

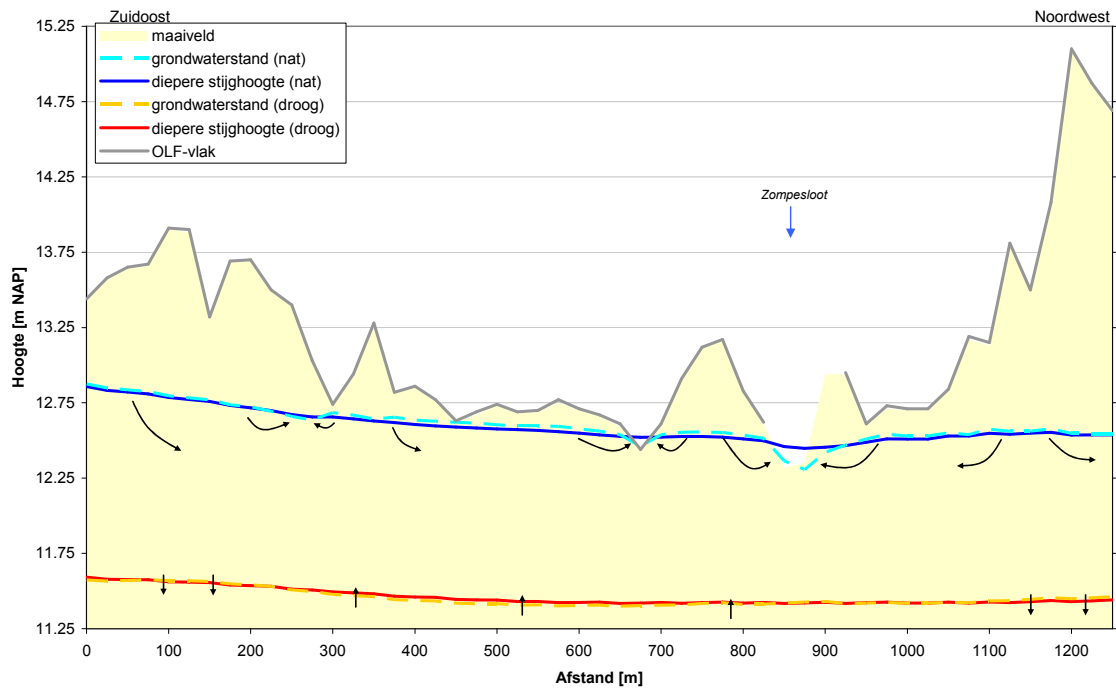
Toelichting gegevens dwarsprofielen

In de dwarsprofielen is een groot aantal gegevens opgenomen. Bovendien kunnen op basis van de dwarsprofielen verschillende gegevens over het functioneren van het systeem worden afgeleid. Onderstaand is een korte beschrijving opgenomen van de gegevens die in de dwarsprofielen zijn opgenomen en van de gegevens die op basis van het getoonde afgeleid kunnen worden.:

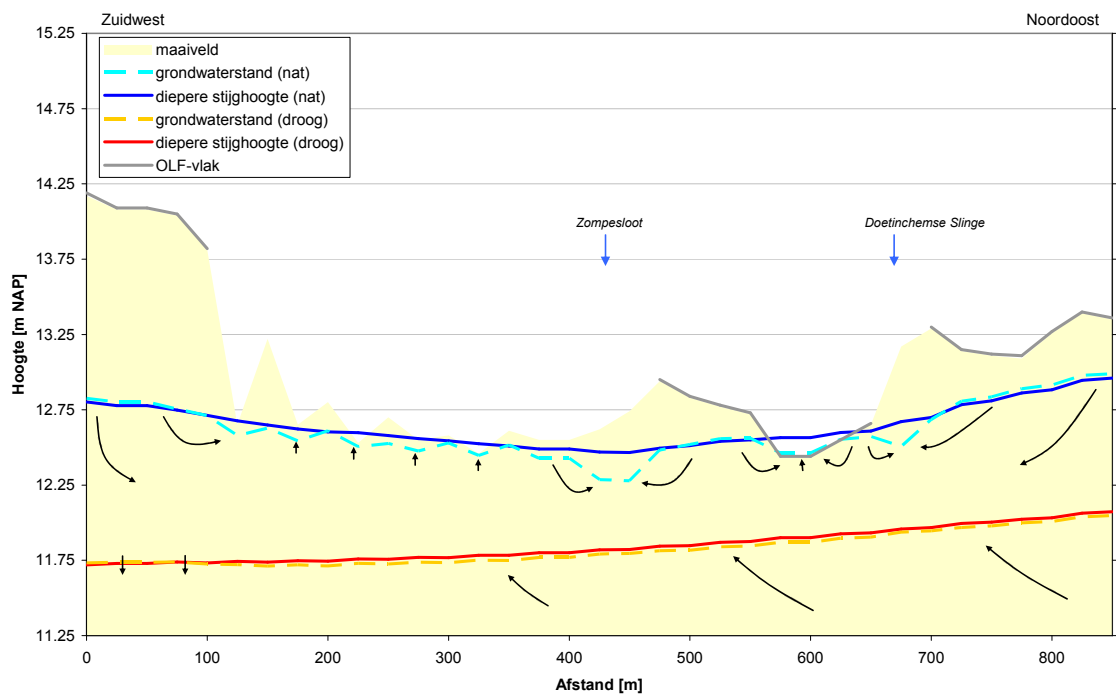
- Maaiveldverloop:
de ondergrond, inclusief het verloop van de maaiveldhoogte is als een licht geel gekleurd vlak weergegeven.
- Overland Flow-vlak (OLF-vlak)
In het model wordt naast het maaiveld een vlak opgegeven waarmee de oppervlakkige afstroming wordt berekend (OLF-vlak). Het OLF-vlak hoeft niet gelijk te zijn aan het maaiveld. In de scenario's is het OLF-vlak aangepast (Nb.: ter plaatse van de watergangen is in het model geen OLF-vlak gedefinieerd).
- Grondwaterstanden:
In de dwarsdoorsnedes zijn de grondwaterstanden voor een droge (28 augustus 2003) en een natte periode (28 februari 2002) weergegeven. De grondwaterstand bij een droge periode is weergegeven met een oranje gestreepte lijn, de bijbehorende diepere stijghoogte is weergegeven met een doorgetrokken rode lijn. De grondwaterstand bij een natte periode is weergegeven met een licht blauw gestreepte lijn. De bijbehorende diepere stijghoogte is weergegeven met een donkerblauwe lijn.
- Dynamiek grondwaterstanden:
Op basis van het verschil tussen de oranje en licht blauwe gestreepte lijnen wordt inzicht verkregen in de dynamiek van de grondwaterstand (verschil tussen de grondwaterstand in een droge periode en de grondwaterstand in een natte periode).
- Kwel- en infiltratie:
Op basis van het verschil tussen de grondwaterstand en de diepere stijghoogte wordt inzicht verkregen in de locaties waar kwel optreedt en waar infiltratie plaatsvindt. In de dwarsdoorsnedes wordt dus inzicht verkregen in de kwel en infiltratiepatronen bij een natte situatie (verschil tussen de licht blauwe en de donkerblauwe lijn) en bij een droge situatie (verschil tussen de oranje en de rode lijn).
- Grondwaterstromingssystemen
Op basis van bovenstaande gegevens en de gebiedsdekkende kaarten (zie bijlage) is indicatief de grondwaterstroming in de profielen weergegeven (er zijn geen stroombaanberekeningen uitgevoerd). In een aantal gevallen bevindt het profiel zich loodrecht op de overwegende grondwaterstromingsrichting. In die gevallen kan alleen de grondwaterstroming als verticale pijl worden weergegeven.



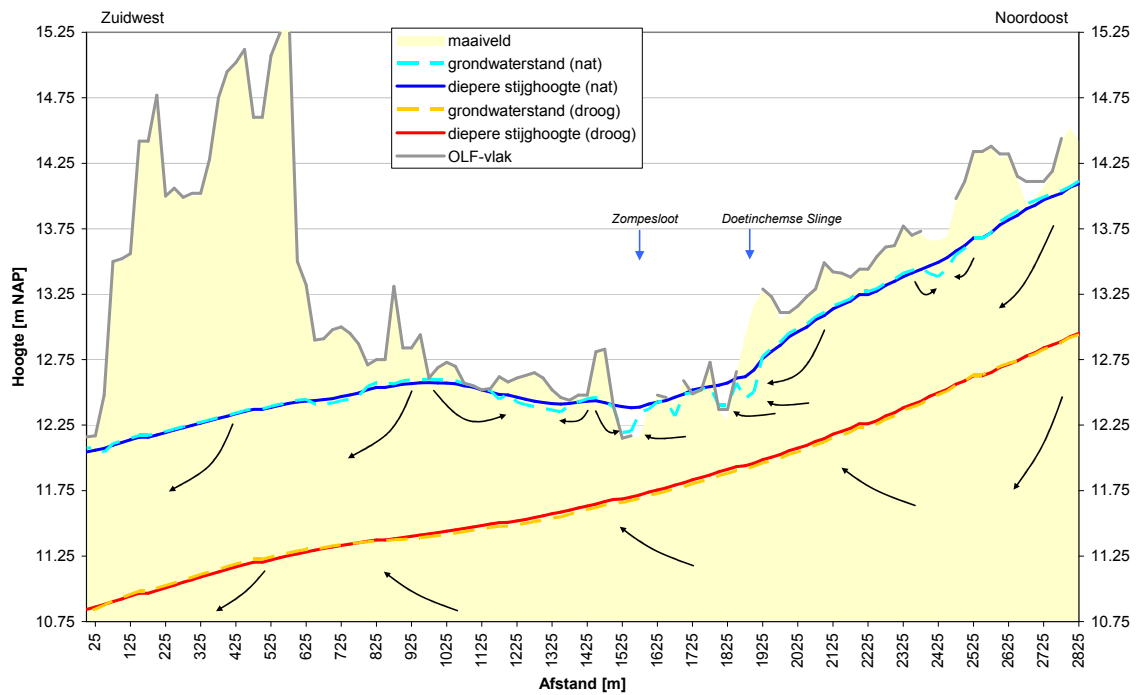
Figuur 3.5 Ligging dwarsdoorsnedes



Figuur 3.6a Dwarsdoorsnede 1 (huidige situatie)



Figuur 3.6b Dwarsdoorsnede 2 (huidige situatie)



Figuur 3.6c Dwarsdoorsnede 3 (huidige situatie)

Profiel 1

Uit het profiel blijkt dat het maaiveld in de Zumpe op korte afstand relatief sterk varieert (tot circa 0,50 m hoogteverschil). De hogere delen fungeren als (lokale) infiltratiegebiedjes, in de lagere delen wordt het water, in natte perioden, afgevoerd. Ten noordwesten van de Zompesloot loopt de maaiveldhoogte snel op (in het stedelijk gebied van Doetinchem). Ter plaatse van de rivierduin ten zuiden van de Zumpe vindt infiltratie plaats. Ook aan de oostzijde van Groenendaal vindt infiltratie plaats. In natte perioden wordt het geïnfiltreerde water door terreinlaagtes tussen de rivierduin en de Zompesloot afgevoerd. Ook de Zompesloot heeft in natte perioden een sterk drainerende werking. In natte perioden bevindt de grondwaterstand zich rond de Zompesloot op circa 0,10 m –mv.

In droge perioden is de regionale grondwaterstroming overwegend zuidwestelijk gericht. Profiel 1 bevindt zich dan loodrecht op de overheersende grondwaterstroming. Ter plaatse van de hogere terreindelen (rivierduin en in het stedelijk gebied van Doetinchem) is in droge perioden ook sprake van infiltratie. In de lager gelegen delen vindt als gevolg van capillaire opstijging een overwegend omhoog gerichte grondwaterstroming plaats. Uit profiel 1 blijkt ook dat de grondwaterstand de bodem van de waterlopen in de Zumpe (Zompesloot en Doetinchemse Slinge) niet meer snijdt; de grondwaterstand bevindt zich dan onder de bodemhoogte van de waterlopen.

Uit profiel 1 blijkt dat de dynamiek in de grondwaterstanden groter is op de hoger gelegen terreindelen. In de lagere delen (Zumpe) worden de hoogste grondwaterstanden afgetopt door de ontwateringsmiddelen (maaiveld en watergangen) en is de dynamiek kleiner.

Profiel 2

In profiel 2 komt ook de ten zuiden van de Zumpe gelegen rivierduin duidelijk naar voren. Vanaf de rivierduin volgt het profiel min of meer een perceelssloot tot aan de Zompesloot. Ter plaatse van de rivierduin vindt infiltratie plaats. In natte perioden wordt in de lagere delen water via het maaiveld afgevoerd. Uit het profiel blijkt ook duidelijk dat de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge draineren. In de Zumpe, tussen de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge, vindt in natte perioden infiltratie van regenwater plaats. Dit water komt in het oostelijk deel van het Eikenmoeras aan het maaiveld (en wordt hier in het model water afgevoerd).

Ook vindt afvoer van water plaats door de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge. Ten oosten van de Doetinchemse Slinge vindt infiltratie van water plaats. Een deel van dit water kwelt in de Doetinchemse Slinge op.

Profiel 3

Uit profiel 3 komt duidelijk het regionale verloop van de maaiveldhoogte naar voren: een afnemende maaiveldhoogte in (zuid)westelijke richting. Het gebied ten oosten van de Doetinchemse Slinge fungeert als infiltratiegebied. De Doetinchemse Slinge en de Zompesloot hebben in natte perioden een sterk drainerende werking. In de Zumpe bevinden zich gebiedjes waar lokaal sprake is van infiltratie en waar lokaal water, via maaiveld, wordt afgevoerd. Ten zuidwesten van de Zompesloot loopt de maaiveldhoogte in de richting van de rivierduin weer op. Ter plaatse van de rivierduin vindt infiltratie plaats.

4 Scenario analyse

4.1 Inleiding

Op basis van de analyse van de huidige situatie en de wensbeelden voor de natuur is een lijst gemaakt met kansrijke maatregelen en maatregelen die effecten hebben op de hydrologie van de Zumpe en de omgeving. Deze maatregelen zijn in werkscenario's doorgerekend. Een werkscenario bestaat daarbij uit een enkelvoudige maatregel die separaat wordt doorgerekend. Mede op basis van de resultaten uit de werkscenario's zijn twee scenario's vastgesteld, die uit een combinatie van maatregelen bestaan.

Een beschrijving van de werkscenario's en de effecten van de enkelvoudige maatregelen zijn opgenomen in bijlage 2. In overleg met de Provincie Gelderland is besloten om de kaarten van de werkscenario's niet in dit rapport toe te voegen.

De twee doorgerekende scenario's zijn:

1. Watersysteem rond 1900
2. Minimaal afvoeren

Onderstaand wordt, per scenario, een korte beschrijving gegeven van de gehanteerde uitgangspunten en vervolgens worden de resultaten van de berekeningen besproken. Bij de scenario-berekeningen hoort een aantal kaarten. De kaarten zijn opgenomen in bijlage 3.

4.2 Watersysteem rond 1900

4.2.1 Wijzigingen in model

Voor de modellering van het watersysteem rond 1900 (referentiesituatie) is de modelinvoer op een aantal plaatsen gewijzigd. In tabel 4.1 zijn de wijzigingen opgenomen.

Tabel 4.1 **Aanpassingen modelinvoer scenario 'Watersysteem rond 1900'**

| Onderdeel | Aanpassing |
|-------------------------------|---|
| Doetinchemse Slinge | Stuwen verwijderd Bodemhoogte = drainagebasis = 0,75 m beneden huidig maaiveld |
| Zompesloot | Aanpassen loop (eigen afvoer naar Oude IJssel) Bodemhoogte = drainagebasis = 0,75 m beneden huidig maaiveld |
| Overige hoofdwatgangen | Kunstwerken verwijderd Bodemhoogte = drainagebasis = 0,75 m beneden huidig maaiveld |
| Peilregime Oude IJssel | Waterpeil ter hoogte van Doetinchem aangepast naar NAP +9,24 m |
| Detailontwatering en drainage | Alles verwijderd uit het model |
| Maaiveldhoogte | Om afvoer van water via maaiveld te beperken wordt gerekend met een nieuw Surface Overland Flow (SOF)-vlak (0,15 m hoger dan bestaand SOF-vlak) Voor berekening onverzadigde zone en GxG's wordt gebruik gemaakt van huidige maaiveldhoogten |
| Landgebruik en klimatologie | Landgebruik stedelijk gebied Doetinchem is aangepast naar grasland Geen aanpassingen klimaatreeksen |
| Grondwateronttrekkingen | Alle onttrekkingen zijn uit het model verwijderd |

4.2.2 GxG

Op kaart 9a is de GHG in de referentiesituatie weergegeven. Op kaart 9b is het verschil tussen de referentie situatie en de huidige situatie weergegeven. In de Zumpe bevindt de GHG zich in de referentie situatie circa 0,10 tot 0,20 cm hoger (natter) dan in de huidige situatie. In de omgeving van de Zumpe loopt het verschil op tot circa 0,30 á 0,40 m -mv. De relatief beperkte effecten in de Zumpe komen door de drainerende werking van de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge en door afvoer via het maaiveld. Uit kaart 9a blijkt ook dat in de referentie situatie de GHG in een groot deel van de Zumpe aan of boven maaiveld voorkomt.

Het verschil in de GVG (kaart 10b) tussen de referentie situatie en de huidige situatie is vergelijkbaar met dat van de GHG. Voor de GVG zijn de verschillen alleen iets kleiner. In de referentie situatie komt de GVG (kaart 10a) op verschillende plaatsen in de Zumpe aan of boven maaiveld voor (in het Eikenmoeras, het Wilgenbroek, het Adderbroek, rond de IJsbaan/Vergeten Hoek en aan de noordzijde van de Zompewei).

Uit kaart 11b blijkt dat het verschil in GLG tussen de huidige situatie en de referentie situatie, in vergelijking met de GHG en GVG, zeer beperkt is. Dit is ook logisch omdat in de Zumpe sprake is van een drainerende situatie, met in droge perioden droogvallende watgangen. Ingrepen in het watersysteem hebben dan vooral effect op de hoogste grondwaterstanden.

Het verschil in GLG bedraagt ter plaatse van de Zumpe circa 0,05 tot 0,10 m. In de omgeving van de Zumpe bedraagt het verschil circa 0,10 tot 0,20 m. De GLG bevindt zich in de referentie situatie (kaart 11a) in de Zumpe op circa 0,25 tot 0,50 m -mv, tot 0,50 á 1,00 m -mv.

4.2.3 Isohypsen

Op de kaarten 12 zijn de grondwater-isohypsen voor de referentiesituatie weergegeven. Op kaart 12a is de langjarig gemiddelde grondwaterstand weergegeven. Ook in de referentiesituatie is sprake van een westelijk gerichte grondwaterstroming. Ter plaatse van de Zumpe bedraagt de langjarig gemiddelde grondwaterstand circa NAP +12,2 á +12,5 m. In de referentiesituatie is ervan uitgegaan dat de Doetinchemse Slinge en de Zompesloot minder diep zijn dan in de huidige situatie. Toch blijkt uit kaart 12a de sterk drainerende werking van deze waterlopen.

In een natte periode (kaart 12b) blijkt dat, ook in de referentiesituatie, het drainerende effect van de watergangen in en rond de Zumpesloot nog sterker is. In een natte periode kan water in een lang gerekte zone vanuit zuidelijke richting (vanaf de rivierduin), tijdelijk, richting de gebieden rond de Zumpesloot stromen.

In kaart 12c zijn de grondwaterstanden in een droge periode weergegeven. Uit kaart 12c blijkt dat de watergangen (en dan met name de Zumpesloot) ook in droge perioden nog een drainerende werking hebben. De grondwaterstand in een droge periode is hoog genoeg om de bodem van de watergangen aan te snijden. In droge perioden is sprake van een westelijk gerichte grondwaterstroming.

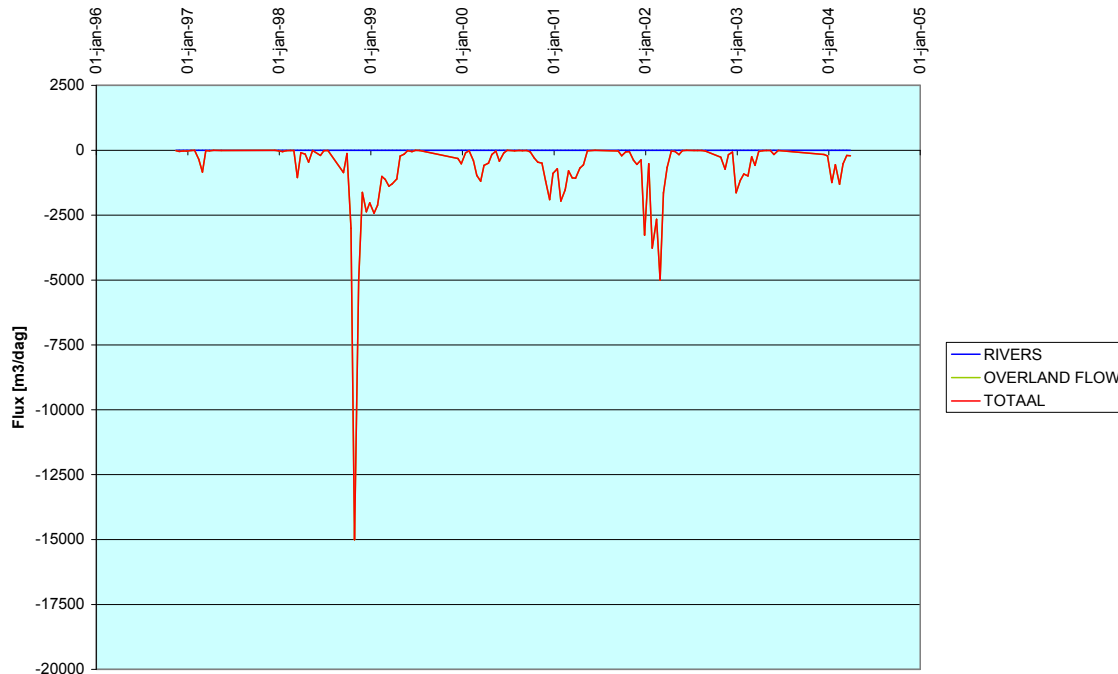
4.2.4 Kwel en infiltratie

Uit de kwel- en infiltratiekaart (kaart 13a) blijkt dat in de Zumpesloot voor de referentiesituatie, langjarig gemiddeld, een infiltratiesituatie wordt berekend. Het beeld van de kwel en infiltratie komt daarmee in grote lijnen overeen met dat van de huidige situatie. In vergelijking met de huidige situatie treedt in de referentiesituatie wel meer kwel op in het Eikenmoeras en het Adderbroek. Ook rond de watergangen en in het Wilgenbroek wordt kwel berekend. Dit komt omdat ter plaatse van de watergangen (Zumpesloot en Doetinchemse Slinge), door de hogere bodemhoogte, minder kwel wordt aangetrokken.

Bij natte omstandigheden (kaart 13b) komen de patronen in de kwel- en infiltratiefluxen voor de referentiesituatie ook grotendeels overeen met de huidige situatie. Dit geldt ook voor droge omstandigheden (kaart 13c).

4.2.5 Waterbalans

In figuur 4.1 is de berekende afvoer uit de Zumpesloot voor de referentiesituatie weergegeven. In tabel 4.2 is de jaarlijkse gebiedsafvoer weergegeven.



Figuur 4.1

Berekende afvoer

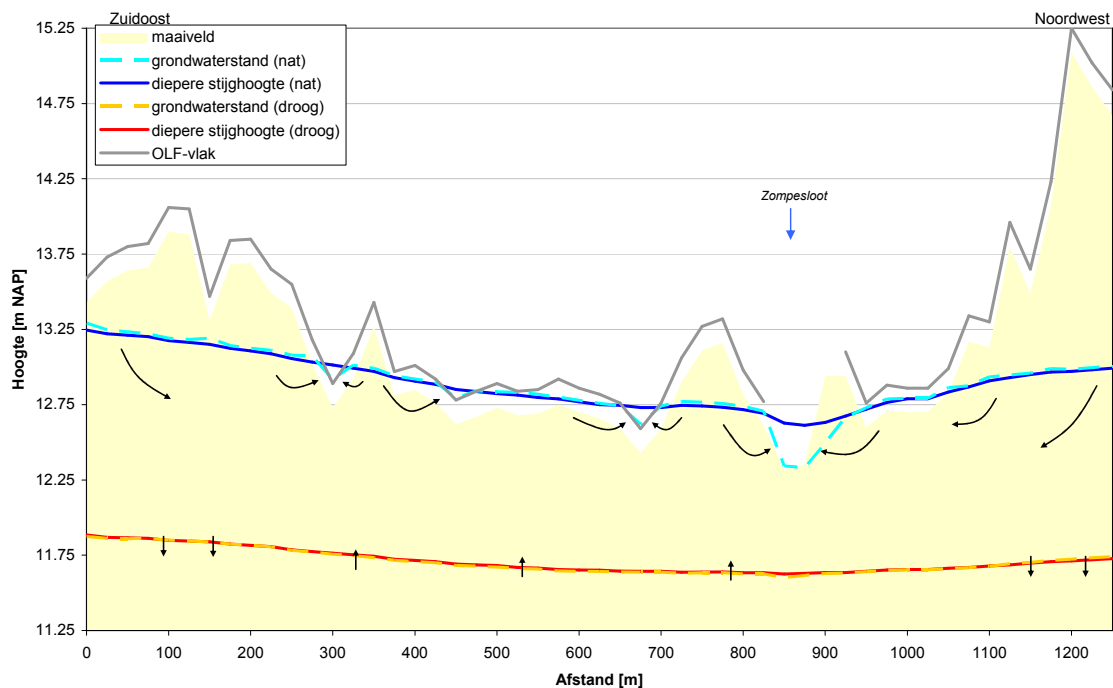
Tabel 4.2 Jaarlijkse gebiedsafvoer (watersysteem 1900)

| Jaar | Afvoer [mm] rivers | Afvoer [mm] overland flow | Afvoer [mm] totaal | Aandeel [%] overland flow in totale afvoer |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|--|
| 1996 | -346 | -1 | -347 | 0% |
| 1997 | -571 | -16 | -587 | 3% |
| 1998 | -994 | -399 | -1393 | 29% |
| 1999 | -855 | -146 | -1001 | 15% |
| 2000 | -1010 | -123 | -1133 | 11% |
| 2001 | -979 | -166 | -1145 | 15% |
| 2002 | -982 | -217 | -1200 | 18% |
| 2003 | -698 | -56 | -754 | 7% |
| 2004 | -690 | -52 | -742 | 7% |
| <i>gemiddeld</i> | <i>-791</i> | <i>-131</i> | <i>-922</i> | <i>14%</i> |
| <i>gemiddeld (huidige situatie)</i> | <i>-566</i> | <i>-61</i> | <i>-626</i> | <i>10%</i> |

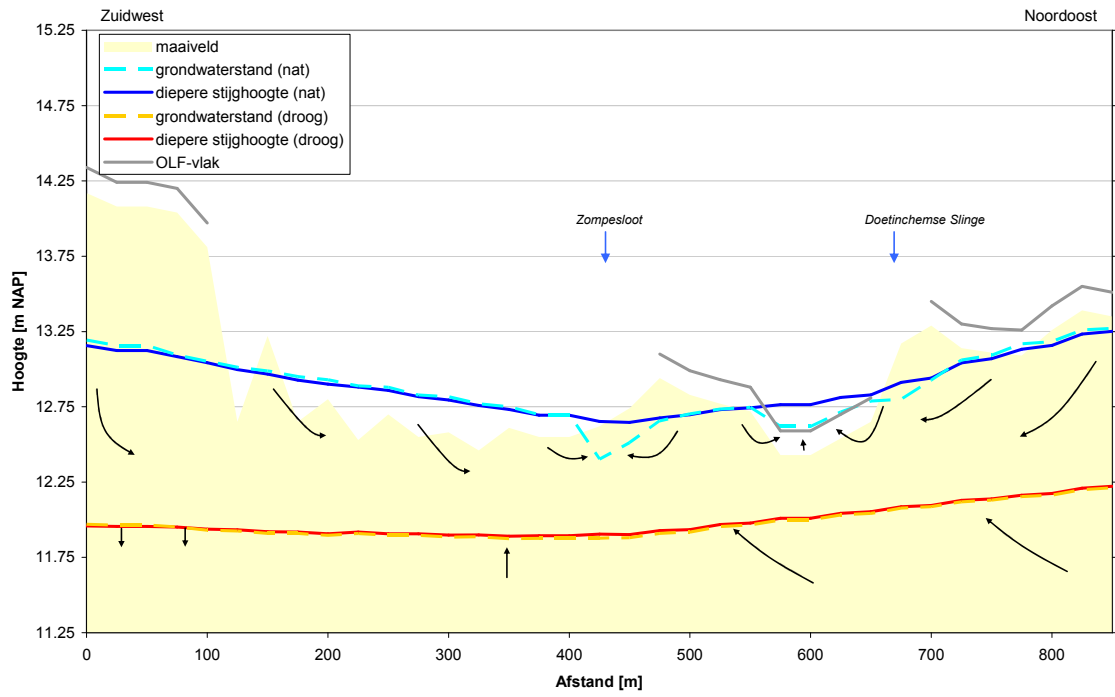
Uit figuur 4.1 blijkt dat de maximale afvoer in de referentie situatie hoger is dan in de huidige situatie (respectievelijk circa 21.500 m³/dag en circa 18.500 m³/dag). Ook uit tabel 4.2 blijkt dat de jaarlijkse afvoer hoger is voor de referentiesituatie, in vergelijking met de huidige situatie. Zowel de afvoer via de watergangen als via het maaiveld is hoger. Blijkbaar is de berging in het systeem (zowel in de bodem als op het maaiveld) in de referentiesituatie veelal gevuld. Bij neerslaggebeurtenissen kan het water daarom niet meer geborgen worden en vindt afvoer plaats. De gebiedsafvoer is in de referentiesituatie gemiddeld circa 50% hoger dan in de huidige situatie.

4.2.6 Effecten hydrologisch systeem

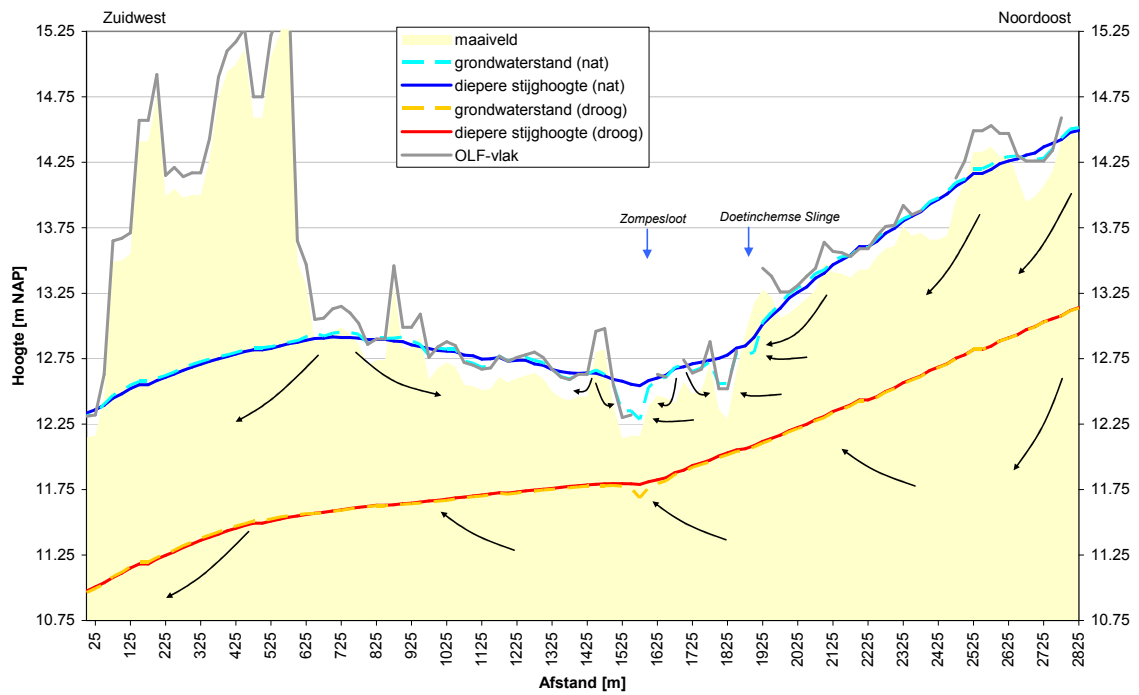
Het functioneren van het hydrologisch systeem van de Zumpe en omgeving in de referentie situatie is samengevat in een drietal dwarsdoorsnedes. De ligging van de dwarsdoorsnedes is weergegeven in figuur 3.5. De dwarsdoorsnedes voor de referentiesituatie zijn weergegeven in figuur 4.2.



Figuur 4.2a Dwarsdoorsnede 1 (referentie situatie)



Figuur 4.2b Dwarsdoorsnede 2 (referentie situatie)



Figuur 4.2c Dwarsdoorsnede 3 (referentie situatie)

Profiel 1

Uit het profiel blijkt duidelijk dat voor de referentiesituatie hogere grondwaterstanden en –stijghoogten worden berekend dan voor de huidige situatie (vergelijk figuur 4.2a met figuur 3.6a). De grondwaterstand in natte perioden snijdt nu op meer plaatsen het overland-flow vlak aan (hier vindt dus oppervlakkige afvoer plaats). In deze gebieden (met name het gebied rond Groenendaal) wordt water afgevoerd. Uit figuur 4.2a blijkt ook de sterk drainerende werking van de Zompesloot. Verder blijkt aan de noordwestzijde van het profiel (ter hoogte van het stedelijk gebied van Doetinchem) dat de lokale waterscheiding verder westelijk ligt in de referentie situatie (in een groter gebied vindt een oostelijk, naar de Zumpe, gerichte grondwaterstroming plaats).

In droge perioden zijn de verschillen tussen de referentiesituatie en de huidige situatie beperkt. Wel blijkt uit figuur 4.2a dat de Zompesloot ook in droge perioden een drainerende werking heeft ('klein knikje' in de berekende grondwaterstand).

Profiel 2

Ook uit profiel 2 blijken de duidelijke hogere grondwaterstanden en –stijghoogten in de referentie situatie. In het gebied ten zuid(west)en van de Zompesloot vindt infiltratie plaats. De Zompesloot heeft een sterk drainerende werking. De drainerende werking van de Doetinchemse Slinge is ten opzichte van de huidige situatie beperkter.

In droge perioden zijn de verschillen tussen de referentiesituatie en de huidige situatie beperkt. In en rond de Zumpe is sprake van regionale kwel (die gezien de grondwaterstanden veelal niet in de wortelzone terechtkomt). Ter plaatse van de rivierduin vindt in de referentie situatie, ook in droge perioden, infiltratie plaats.

Profiel 3

De hogere grondwaterstanden en –stijghoogten in de referentiesituatie komen ook in profiel 3 duidelijk naar voren. Ten oosten van de Doetinchemse Slinge snijdt de grondwaterstand het overland-flow vlak op een groot aantal plaatsen. Uit dit profiel komt de drainerende werking van de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge duidelijk naar voren.

Ook ten zuidwesten van de Zompesloot (het gebied rond de IJsbaan / Vergeten Hoek) snijdt de grondwaterstand op veel plaatsen het overland-flow vlak.

De drainerende werking van de Zompesloot in droge perioden (in de referentiesituatie) komt ook duidelijk naar voren in figuur 4.2c.

4.3 Scenario minimaal afvoeren

4.3.1 Wijzigingen in model

Voor het scenario 'minimaal afvoeren' is de modelinvoer op een aantal plaatsen gewijzigd. In tabel 4.3 zijn de wijzigingen opgenomen.

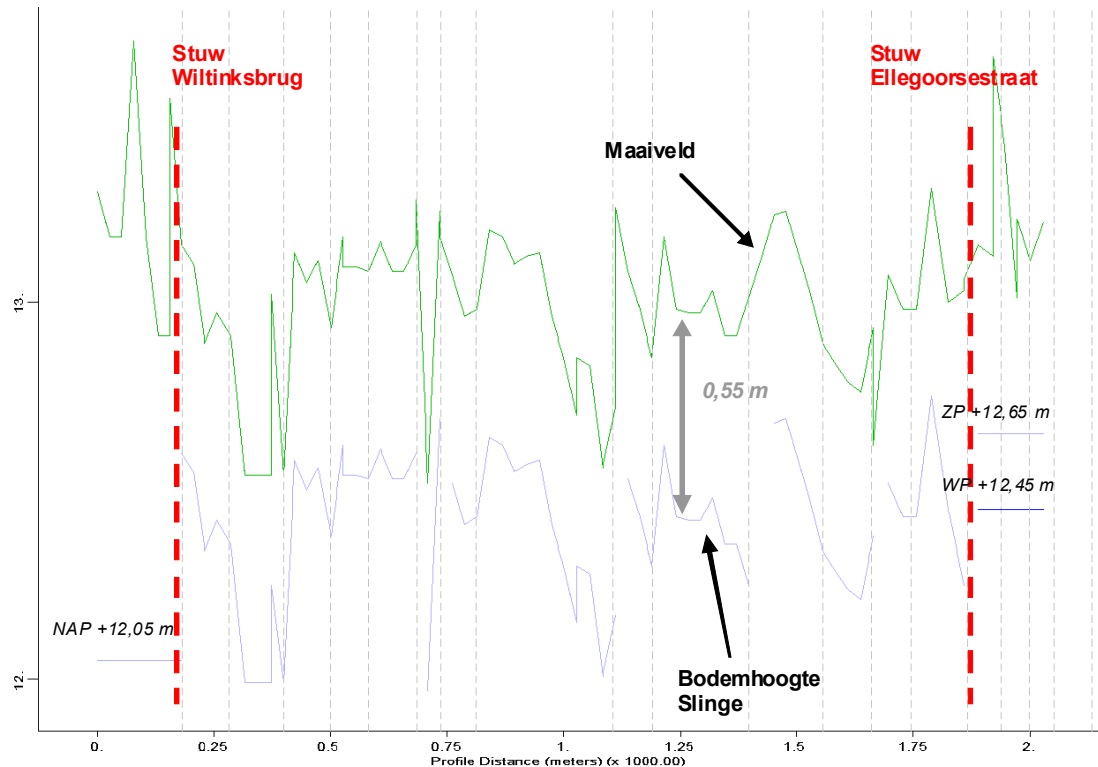
Tabel 4.3 **Aanpassingen modelinvoer scenario 'Minimaal afvoeren'**

| Onderdeel | Aanpassing |
|---------------------------------|---|
| Doetinchemse Slinge (zie kader) | Tracé tussen stuw Ellegoorsestraat en stuw Wiltinkbrug: Bodemhoogte = drainagebasis = 0,55 m beneden huidig maaiveld |
| Peilregime Oude IJssel | Geen aanpassingen |
| Zompesloot | Verwijderd uit model |
| Detailontwatering | Detailontwatering in de Zumpe en rond de Zompesloot verwijderd Handhaven detailontwatering ten oosten van Doetinchemse Slinge |
| Maaiveldhoogte | Het SOF-vlak heeft in de Zumpe een minimale hoogte van NAP +12,60 m (afvoer over maaiveld vindt pas plaats als de grondwaterstand boven dit niveau stijgt)* |
| Landgebruik en klimatologie | Geen aanpassingen |
| Grondwateronttrekkingen | Geen aanpassingen |

** Uit analyse van de maaiveldhoogte blijkt bij dit niveau dat circa 50.000 m³ water geborgen kan worden tussen het maaiveld en het afvoer-niveau (NAP +12,60 m). Dit betreft een maximale potentiële hoeveelheid, ervan uitgaande dat er zich geen water boven maaiveld bevindt.*

Verhoging bodemhoogte Slinge

In het scenario minimaal afvoeren is voor de bodemhoogte van de Doetinchemse Slinge, tussen stuw Ellegoorsestraat en stuw Wiltinksbrug uitgegaan van een bodemdiepte van 0,55 m –mv. De bodemhoogte van de Doetinchemse Slinge is hiermee dus afhankelijk van de bodemhoogte die in het modelinstrumentarium (AMIGO) is opgenomen. In onderstaand figuur is een lengteprofiel van de nieuwe bodemhoogte van de Doetinchemse Slinge opgenomen.



Uit bovenstaand figuur blijkt dat de maaiveldhoogte tussen stuw Wiltinksbrug en stuw Ellegoorsestraat ruimtelijk varieert tussen circa NAP +12,50 tot +13,15 m. De bodemhoogte van de Doetinchemse Slinge varieert daarmee in het scenario minimaal afvoeren tussen circa NAP 11,95 m en 12,60 m. De bodemhoogte is daarbij op een aantal locaties in het profiel hoger dan het bovenstroomse winterpeil (NAP +12,45 m). Hierdoor raakt de stuw Ellegoorsestraat in de winter 'verdrongen' en ontstaat bovenstrooms van stuw Ellegoorsestraat extra opstuwing van water. Deze extra opstuwing bovenstrooms van stuw Ellegoorsestraat is niet meegenomen in de modellering.

De nieuwe bodemhoogte van de Doetinchemse Slinge bij het scenario minimaal afvoeren heeft ook gevolgen voor de drainagebasis van de watergangen die vanuit oostelijke richting op de Doetinchemse Slinge afwateren. De verhoging van de drainagebasis van deze watergangen is wel meegenomen in de modellering.

4.3.2 GxG

Op kaart 14a is de GHG bij het scenario minimaal afvoeren weergegeven. Op kaart 14b is het effect op de GHG ten opzichte van de huidige situatie weergegeven. Als gevolg van de maatregelen van het minimaal afvoeren scenario stijgt de GHG in de Zumpe met circa 0,10 tot lokaal met 0,40 m. De grootste effecten worden verwacht rond de Zompesloot en in de er ten zuiden van gelegen gebieden (Elzenwallen, IJsbaan en Vergeten Hoek). Tot op een afstand van meer dan 500 m zijn uitstralingsaffecten van minimaal 0,05 m te verwachten. Bij het scenario minimaal afvoeren reikt de GHG in een groot deel van de Zumpe tot boven maaiveld (vergelijkbaar met de referentiesituatie).

Het effect op de GVG (kaart 15b) is wat patronen betreft vergelijkbaar met dat van de GHG. Voor de GVG zijn de verschillen alleen iets kleiner. Bij het scenario minimaal afvoeren komt de GVG (kaart 15a) op verschillende plaatsen in de Zumpe aan of boven maaiveld voor (in het Eikenmoeras, het Wilgenbroek, het Adderbroek, rond de IJsbahn/Vergeeten Hoek en rond de Zompewei). Aan de oostzijde van het Eikenmoeras treedt in een kleiner gebied water aan maaiveld uit dan in de referentiesituatie. In de overige hierboven genoemde gebieden treedt over een groter oppervlak water aan maaiveld uit dan in de referentiesituatie.

Uit kaart 16b blijkt dat het effect op de GLG, in vergelijking met de GHG en GVG, zeer beperkt is. Het verschil in GLG bedraagt ter plaatse van de Zumpe circa 0,05 tot 0,20 m (lokaal ter plaatse van de te dempen Zompesloot maximaal 0,40 m). In de omgeving van de Zumpe bedraagt het verschil circa 0,05 tot 0,10 m. De GLG bevindt zich in bij het minimaal afvoeren scenario (kaart 16a) op circa 0,25 tot 0,50 m -mv, tot 0,50 á 1,00 m -mv.

4.3.3 Isohypsens

Op de kaarten 17 zijn de grondwater-isohypsens voor het minimaal afvoeren scenario weergegeven. Op kaart 17a is de langjarig gemiddelde grondwaterstand weergegeven. Ten opzichte van de huidige situatie valt met name het ontbreken van de drainerende werking van de Zompesloot op. Hierdoor is de grondwaterstroming ter plaatse van de rivierduin meer westelijk (in plaats van noordwestelijk) gericht. Ter plaatse van de Zumpe bedraagt de langjarig gemiddelde grondwaterstand circa NAP +12,3 á +12,5 m.

Het effect van het dempen van de Zompesloot is ook goed zichtbaar in een natte periode (kaart 17b). De grondwaterstand rond het Eikenmoeras, Zompewei, Wilgenbroek, Vergeeten Hoek en Groenendaal wordt 'afgetopt' door afvoer via het maaiveld. In natte perioden bevindt de grondwaterstand hier zich op circa NAP +12,60 m (hoogte OLF-vlak). Vanuit de omliggende hoger gelegen gebieden (de rivierduin en de hoger gelegen rug rond de Vossenstraat) vindt grondwaterstroming naar deze laagtes plaats. De IJsbahnwei komt hier ook als hoger gelegen deel naar voren.

In kaart 17c zijn de grondwaterstanden in een droge periode weergegeven. In droge perioden is sprake van een westelijk gerichte grondwaterstroming. Er is geen effect van de Doetinchemse Slinge op het isohypsenpatroon zichtbaar.

4.3.4 Kwel en infiltratie

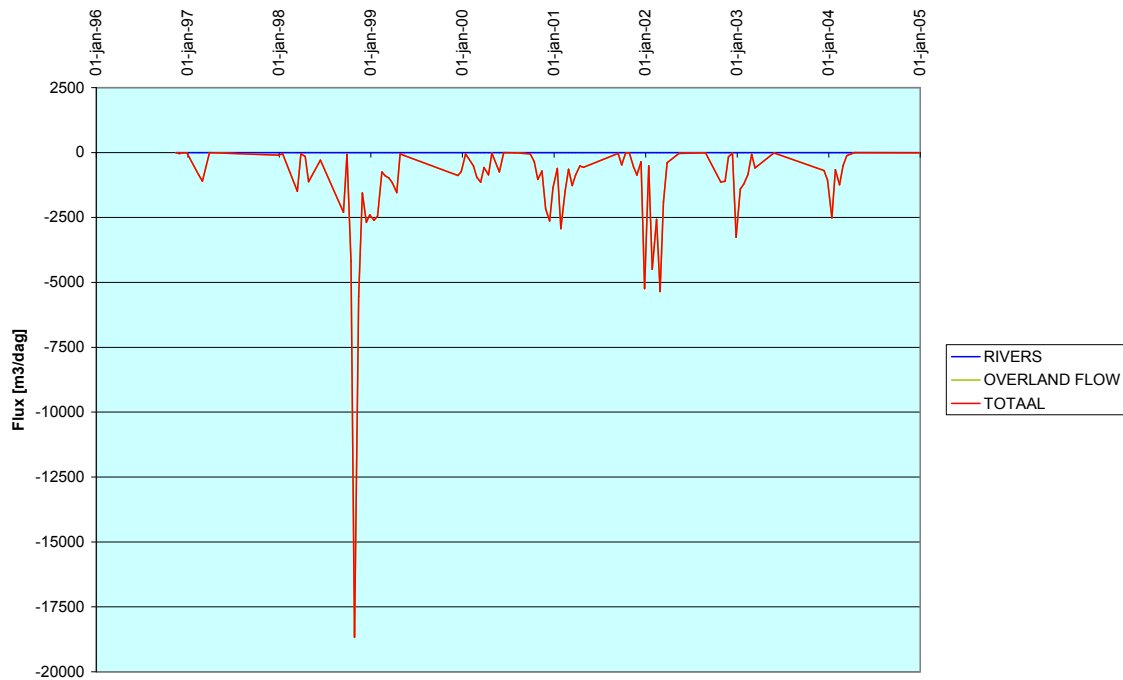
Voor het minimaal afvoeren scenario wordt in een groot deel van de Zumpe voor een langjarig gemiddelde situatie kwel berekend (kaart 18a). Kwel wordt berekend voor een groot deel van het Eikenmoeras, Zompewei, Adderbroek, Wilgenbroek, Elzenwallen en Golfbroek. De kwel in deze gebieden is het gevolg van het dempen van de Zompesloot. De Zompesloot heeft een drainerende werking, wanneer deze gedempt wordt, treedt de kwel op andere plaatsen uit. De Doetinchemse Slinge en de watergangen ten oosten ervan voeren, in een langjarig gemiddelde situatie, water af.

Ook in natte perioden (kaart 18b) is bij het minimaal afvoeren scenario sprake van meer kwel in delen van het Eikenmoeras, Zompewei, Adderbroek, Wilgenbroek, Elzenwallen en Golfbroek.

Bij droge omstandigheden (kaart 18c) is ook bij het minimaal afvoeren scenario in de Zumpe en de omgeving sprake van een (regionale) kwelsituatie.

4.3.5 Waterbalans

In figuur 4.3 is de berekende afvoer uit de Zumpe voor het minimaal afvoeren scenario weergegeven. In tabel 4.4 is de jaarlijkse gebiedsafvoer voor het scenario weergegeven.



Figuur 4.3 Berekende afvoer

Tabel 4.4 Jaarlijkse gebiedsafvoer (scenario minimaal afvoeren)

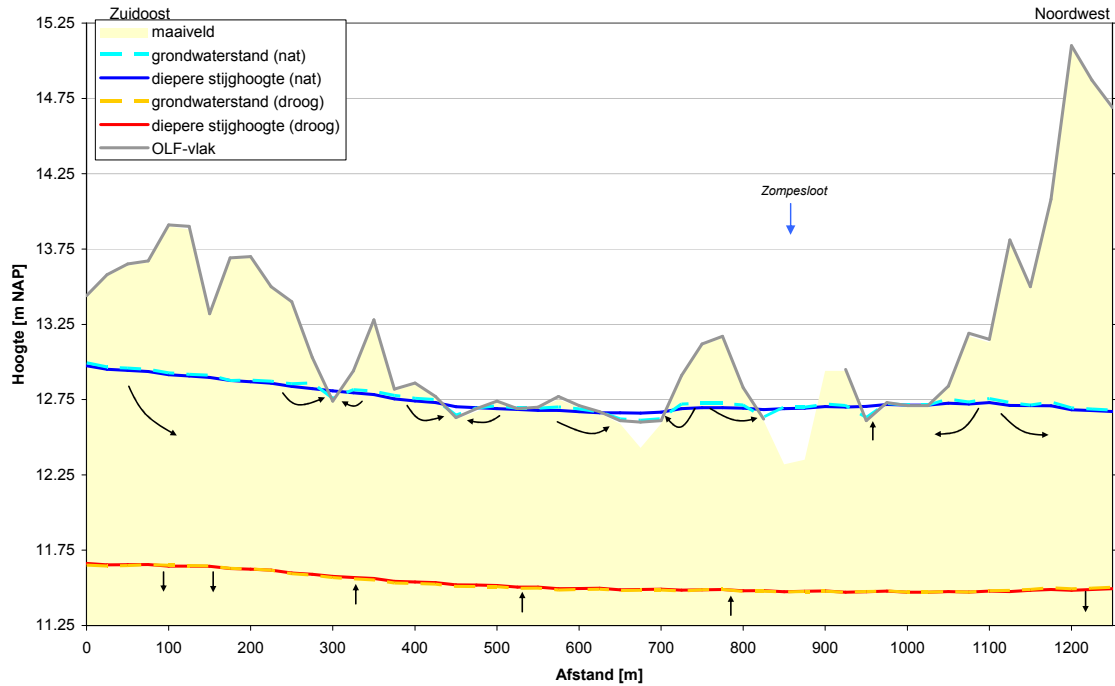
| Jaar | Afvoer [mm] <i>rivers</i> | Afvoer [mm] <i>overland flow</i> | Afvoer [mm] <i>totaal</i> | Aandeel [%] <i>overland flow</i> <i>in totale afvoer</i> |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--|
| 1996 | -48 | -1 | -49 | 2% |
| 1997 | -100 | -26 | -126 | 20% |
| 1998 | -270 | -504 | -775 | 65% |
| 1999 | -184 | -151 | -335 | 45% |
| 2000 | -240 | -164 | -405 | 41% |
| 2001 | -236 | -204 | -441 | 46% |
| 2002 | -244 | -261 | -504 | 52% |
| 2003 | -131 | -73 | -205 | 36% |
| 2004 | -118 | -64 | -182 | 35% |
| <i>gemiddeld</i> | <i>-175</i> | <i>-161</i> | <i>-336</i> | <i>48%</i> |
| <i>gemiddeld (huidige situatie)</i> | <i>-566</i> | <i>-61</i> | <i>-626</i> | <i>10%</i> |

Uit tabel 4.4 blijkt dat de jaarlijkse afvoer lager is dan in de huidige situatie. Langjarig gemiddelde is de afvoer voor het minimaal afvoeren scenario circa 45% lager dan in de huidige situatie. Uit tabel 4.4 blijkt dat het aandeel van de overland flow in de totale afvoer sterk toeneemt in het scenario. De afvoer via maaiveld is ongeveer gelijk aan de afvoer via de waterlopen (in het scenario alleen nog de Doetinchemse Slinge, de Zompesloot is gedempt).

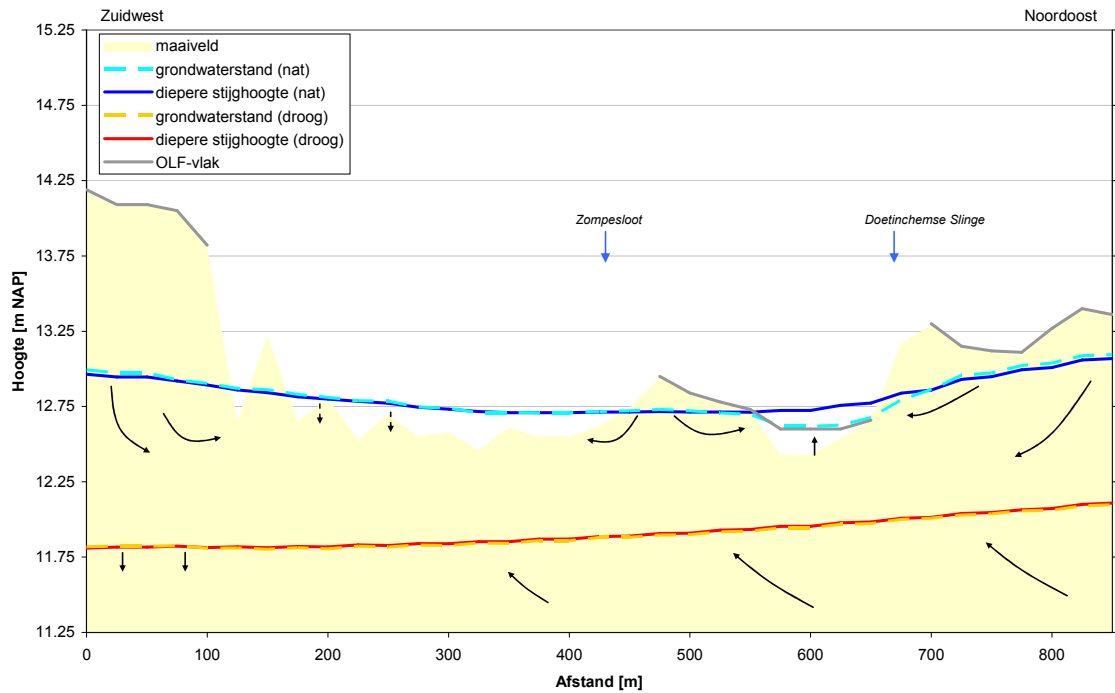
Uit figuur 4.3 blijkt dat de maximale afvoer bij het minimaal afvoeren scenario hoger is dan in de huidige situatie (respectievelijk circa 21.500 m³/dag en circa 18.500 m³/dag). Hieruit blijkt dat bij extreme neerslaggebeurtenissen de voorgeschiedenis een belangrijke rol speelt. Hoewel de langjarig gemiddelde afvoer uit het gebied afneemt ten opzichte van de huidige situatie, kan de afvoer bij specifieke neerslaggebeurtenissen hoger zijn dan in de huidige situatie. Voor min of meer extreme neerslaggebeurtenissen speelt dan de voorgeschiedenis een grote rol. In het minimaal afvoeren scenario kan weliswaar meer water aan maaiveld geborgen worden, maar als deze berging bij aanvang van een neerslaggebeurtenis al (deels) gevuld is, wordt een groot deel van de neerslag direct afgevoerd.

4.3.6 Effecten hydrologisch systeem

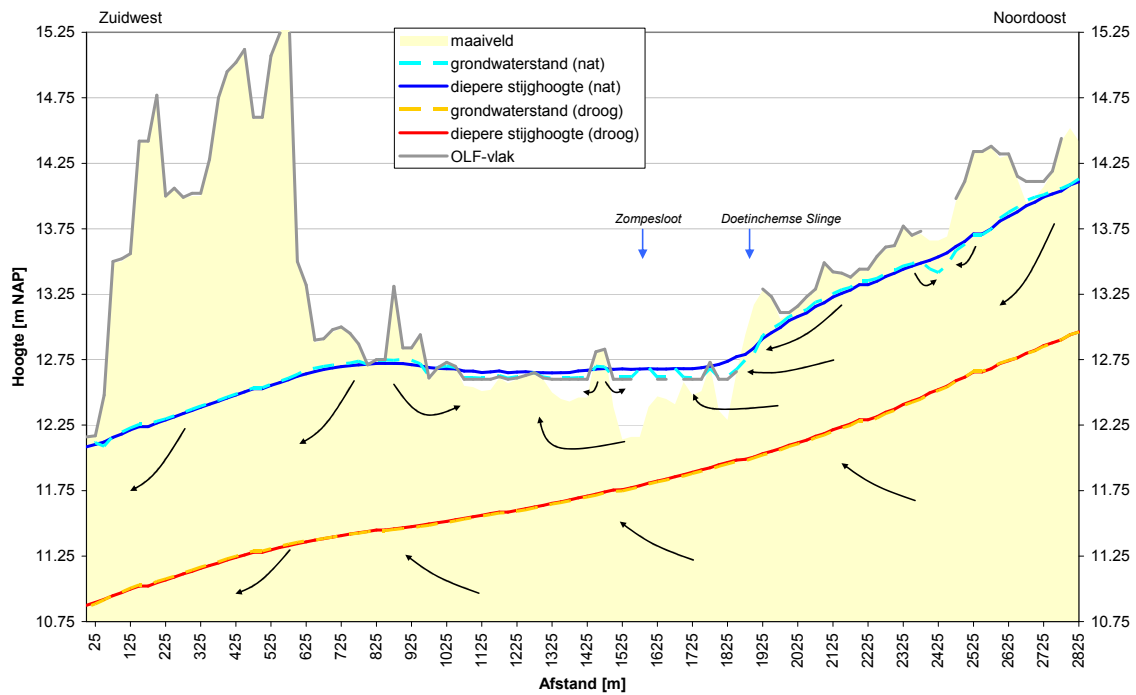
Het functioneren van het hydrologisch systeem van de Zumpe en omgeving voor het minimaal afvoeren scenario is samengevat in een drietal dwarsdoorsnedes. De ligging van de dwarsdoorsnedes is weergegeven in figuur 3.5. De dwarsdoorsnedes voor het minimaal afvoeren scenario zijn weergegeven in figuur 4.4.



Figuur 4.4a Dwarsdoorsnede 1 (scenario minimaal afvoeren)



Figuur 4.4b Dwarsdoorsnede 2 (scenario minimaal afvoeren)



Figuur 4.4c Dwarsdoorsnede 3 (scenario minimaal afvoeren)

Profiel 1

Uit het profiel blijkt dat door de maatregelen van het minimaal afvoeren scenario de grondwaterstanden en –stijghoogten stijgen (vergelijk figuur 4.4a met figuur 3.6a). De grondwaterstand in natte perioden snijdt nu op verschillende plaatsen het overland-flow vlak aan (hier vindt dus oppervlakkige afvoer plaats). In deze gebieden (met name het gebied rond Groenendaal, maar ook het gebied ten noordwesten van de huidige Zompesloot) wordt water afgevoerd. Uit figuur 4.4a blijkt ook het effect van het dempen van de Zompesloot. Hier kan in natte perioden infiltratie optreden.

In droge perioden zijn de verschillen tussen het minimaal afvoeren scenario en de huidige situatie beperkt.

Profiel 2

Ook uit profiel 2 blijken de duidelijke hogere grondwaterstanden en –stijghoogten voor het minimaal afvoeren scenario. In het gebied ten zuid(west)en van de Zompesloot vindt infiltratie plaats. Ook ter plaatse van de (in het scenario gedempte) Zompesloot vindt infiltratie plaats. De Zompesloot heeft een sterk drainerende werking. De drainerende werking van de Doetinchemse Slinge is ten opzichte van de huidige situatie beperkter.

In droge perioden zijn de verschillen tussen het minimaal afvoeren scenario en de huidige situatie beperkt. Wel is duidelijk zichtbaar dat het verschil tussen de diepere stijghoogte (rode lijn) en de freatische grondwaterstand (gestreepte oranje lijn) kleiner is in het minimaal afvoeren scenario. Dit betekent dat de (regionale) kwel in de droge perioden zal afnemen.

Profiel 3

De hogere grondwaterstanden en –stijghoogten in de referentiesituatie komen ook in profiel 3 duidelijk naar voren. In natte perioden wordt water in veel gebieden in de Zumppe via het maaiveld afgevoerd. Plaatsen met een iets hoger maaiveld fungeren als lokale infiltratiegebiedjes.

In droge perioden neemt de regionale kwel in het minimaal afvoeren scenario af.

4.3.7 Effecten doelrealisaties landbouw

Als gevolg van de maatregelen van het scenario minimaal afvoeren neemt de droogschade in een aantal landbouwgebieden rond de Zumppe af (zie bijlage 3 kaart 19). Het betreft landbouwpercelen rond de Vossenstraat en in Groenendaal.

De effecten op de natschade (bijlage 3, kaart 20) zijn groter. Als gevolg van de maatregelen zal de natschade op een aantal locaties rond de Zumppe toenemen met lokaal circa 20 tot 50%. De grootste effecten worden verwacht in de landbouwgebieden ten noorden van de Buizerdwei, rond het Populierenbos en in gebieden ten (noord)westen van Groenendaal. In de gebieden ten zuiden van de Zompesloot neemt de natschade ook toe. Het betreft hier grotendeel gronden met lopende SN-contracten.

Op kaart 21 (bijlage 3) is de totale doelrealisatie met de maatregelen van het scenario minimaal afvoeren weergegeven. Als gevolg van de maatregelen neemt de doelrealisatie van de landbouwgebieden rond het Populierenbos af tot lokaal circa 25 tot 50%. De lage doelrealisatie wordt hier vooral bepaald door de toename van de natschade. Als gevolg van de toename in de natschade neemt de doelrealisatie in het landbouwgebied ten noorden van de Buizerdwei af tot circa 50 tot 70%.

5 Conclusies

Om inzicht te krijgen in de maatregelen die leiden tot een maximaal natuurresultaat voor de Zumpe, binnen de huidige mogelijkheden van het natuurbeleid en de ruimtelijke ontwikkelingen voorzien door de gemeente is een hydrologisch model opgesteld. De basis van het model is het regionale modelinstrumentarium AMIGO (Actueel Model Instrument Gelderland Oost). De modelinvoer is lokaal aangepast met actuele gegevens en de anti-verdrogingsmaatregelen van 2002 zijn in het model ingevoerd. Met deze gegevens is de huidige hydrologische situatie in de Zumpe en omgeving vastgelegd.

Ten aanzien van het opgestelde hydrologische model worden de volgende opmerkingen gemaakt:

- De huidige situatie zoals deze op basis van de modelresultaten kan worden beschreven, sluit aan bij de beschikbare gegevens van bodemopbouw, vegetatie en waterkwaliteit. Hiermee is een door de gemeente Doetinchem, Provincie Gelderland en Waterschap Rijn en IJssel gedragen model beschikbaar, waarmee effecten van ingrepen kunnen worden doorerekend.
- In en rond de Zumpe sluit het model goed aan bij gemeten grondwaterstanden. Bij de systeemanalyse is tevens gebleken dat het model goed aansluit bij wat op basis van ecologie en waterkwaliteitspatronen verwacht wordt. Hiermee is het model goed bruikbaar om effecten van ingrepen in en rond de Zumpe betrouwbaar in beeld te brengen.
- Ten aanzien van het gebruikte regionale model en de gebruikte modelcode (iMODFLOW) worden de volgende voorstellen voor verbeteringen gedaan:
 - Oppervlaktewaterpeilen worden opgegeven en niet berekend (eventueel kunnen wel aparte zomer- en winterpeilen worden opgegeven). Voor de modellering van het watersysteem in en rond de Zumpe levert dit beperkingen op omdat hier watergangen liggen die tijdelijk (in de zomer) kunnen droogvallen. Omdat de oppervlaktewaterpeilen niet worden berekend kan ook het effect van peilveranderingen op bovenstroomse delen niet goed inzichtelijk worden gemaakt.
 - Het toekennen van bodemhoogten en waterpeilen is in AMIGO gedaan aan de hand van het maaiveldhoogteverloop. Bij een controle van het ingevoerde waterpeil op een aantal locaties in het model, bleek dat de gehanteerde peilen tot circa 0,75 m hoger zijn dan de stuwpeilen in de legger. Lokaal zijn de stuwpeilen in het model aangepast, een regionale aanpassing leidt mogelijk tot betere modelresultaten.
 - In de ondiepe ondergrond van de Zumpe en omgeving komen lokaal klei- en veenlagen voor. Door het regionale karakter van AMIGO zijn deze laagjes niet in het model opgenomen. Lokaal hebben deze storende laagjes grote invloed op het ontstaan van regenwaterlenzen en de mate waarin kwel doordringt tot in de wortelzone. Door bij de interpretatie van de modelresultaten tevens gebiedskennis van bodem, vegetatie en waterkwaliteit te betrekken, is echter wel een betrouwbare inschatting van de effecten mogelijk gebleken.

De Zumpe wordt gekenmerkt door de relatief lage ligging ten opzichte van de omgeving. Hierdoor is in de Zumpe gemiddeld sprake van een kwelsituatie. De meeste kwel komt in de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge terecht. Lokaal is ook in andere delen van de Zumpe sprake van kwel. Niet alle kwel komt ook daadwerkelijk in de wortelzone terecht. In droge perioden zijn de grondwaterstanden hiervoor te laag. In natte perioden komt de grondwaterstand lokaal aan maaiveld voor. In drogere perioden zakt de grondwaterstand tot circa 0,50 á 1,00 m –mv uit. Een groot deel van de kwel die in de Zumpe uittreedt, is geïnfiltreerd in het gebied tussen de Zumpe en Slangenburg. In de Zompesloot en in het gebied ten zuiden ervan treedt lokaal kwel op. De kwaliteit van dit kwelwater wordt mede beïnvloed door de ten zuiden van de Zumpe gelegen rivierduin. Dit zuidelijke systeem werkt alleen in natte omstandigheden in winter en voorjaar. Het wateroverschot in de Zumpe wordt voor circa 90% door de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge afgevoerd.

Ter plaatse van de hogere landbouwgronden in de omgeving van de Zumpe is lokaal sprake van droogschade. In de direct nabij de Zumpe gelegen lagere landbouwgronden is lokaal sprake van natschade. Voor een deel treedt deze natschade op bij percelen waar sprake is van particulier natuurbeheer (lopende SN-contracten). Voor deze percelen is er dus geen sprake meer van natschade, maar van goede omstandigheden voor natuurontwikkeling.

Nadat met het model de huidige situatie in de Zumpe en omgeving is beschreven, zijn twee scenarioberekeningen uitgevoerd. Het betreft de volgende twee scenario's:

- Watersysteem rond 1900
- Scenario minimaal afvoeren

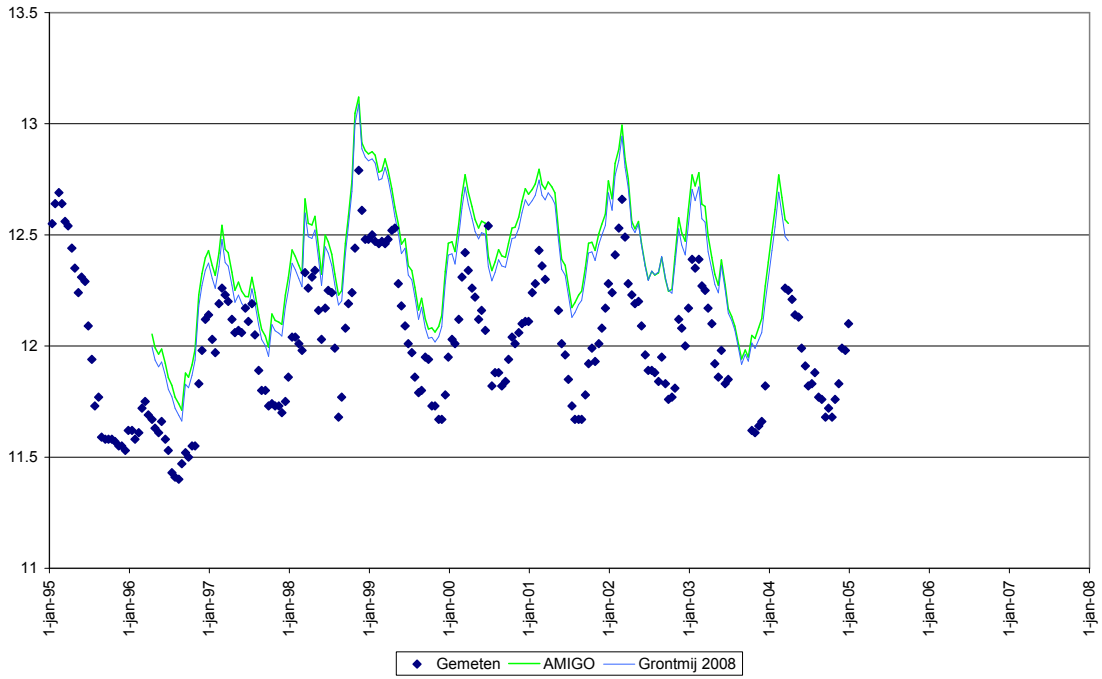
Uit de modellering is gebleken dat rond 1900 de grondwaterstand, regionaal gezien, circa 0,10 tot 0,40 m hoger was. De drainerende werking van de Zompesloot en de Doetinchemse Slinge was minder dan in de huidige situatie. Hierdoor was op meer plaatsen in de Zumpe sprake van kwel. In natte perioden kwam de grondwaterstand in een groot deel van de Zumpe aan maaiveld voor. In droge periodes bevond de grondwaterstand zich op circa 0,25 tot 0,50 m –mv. In natte perioden trok de Zompesloot meer kwel aan vanuit zuidelijke richting (vanaf de rivierduin) dan in de huidige situatie. Rond 1900 was de Zumpe zo nat dat de berging (in de bodem en op maaiveld) gedurende langere periodes voor een groot deel gevuld is. Hierdoor vond rond 1900 meer afvoer vanuit de Zumpe plaats dan in de huidige situatie.

Met de maatregelen uit het scenario minimaal afvoeren wordt ter plaatse van de Zumpe een vernatting van circa 0,10 tot 0,40 m bereikt. In natte perioden komt de grondwaterstand in een groot deel van de Zumpe aan maaiveld voor. In drogere perioden zakt de grondwaterstand tot circa 0,25 tot 0,75 m –mv uit. De Zompesloot (is in het scenario gedempt) en de Doetinchemse Slinge (is verondiept) trekken minder kwel aan, waardoor op verschillende plekken in de Zumpe sprake is van een kwelsituatie. De gemiddelde jaarlijkse afvoer neemt met circa 50% af ten opzichte van de huidige situatie. Bij extreme neerslaggebeurtenissen kan de gebiedsafvoer ten opzichte van de huidige situatie toenemen. Dit is dan afhankelijk van de voorgeschiedenis en in hoeverre de beschikbare berging reeds gevuld is.

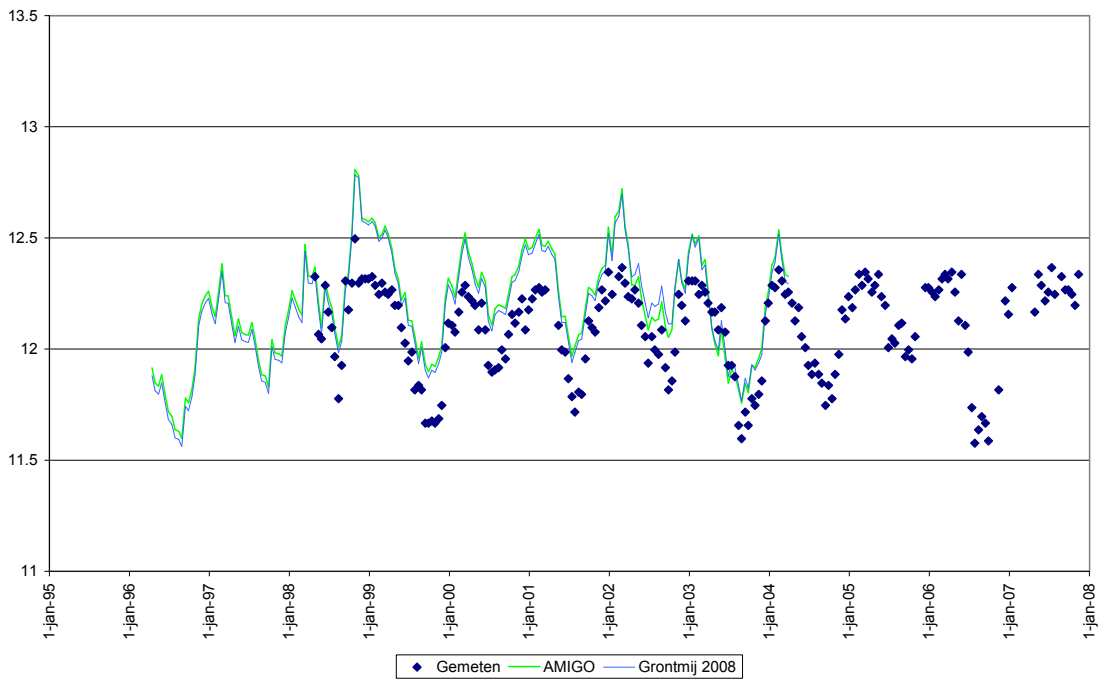
Als gevolg van het scenario minimaal afvoeren neemt de droogschade in een aantal omliggende landbouwgebieden enigszins af. De natschade neemt lokaal sterk toe, voor een deel ter plaatse van percelen met lopende SN-contracten.

Bijlage 1

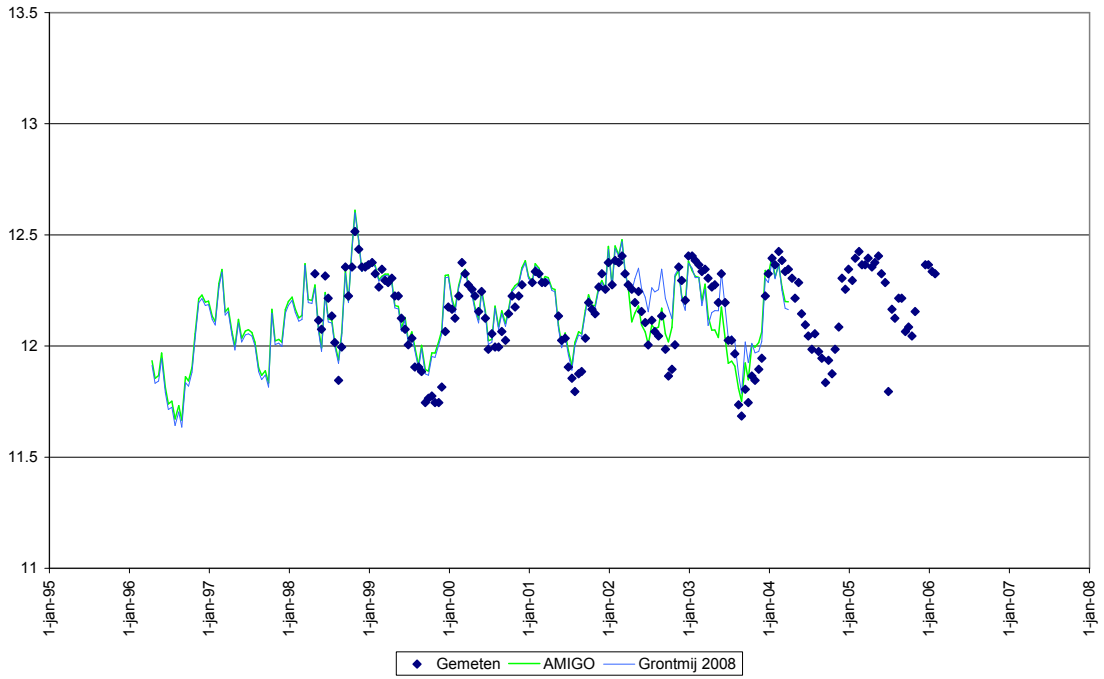
Calibratieresultaten



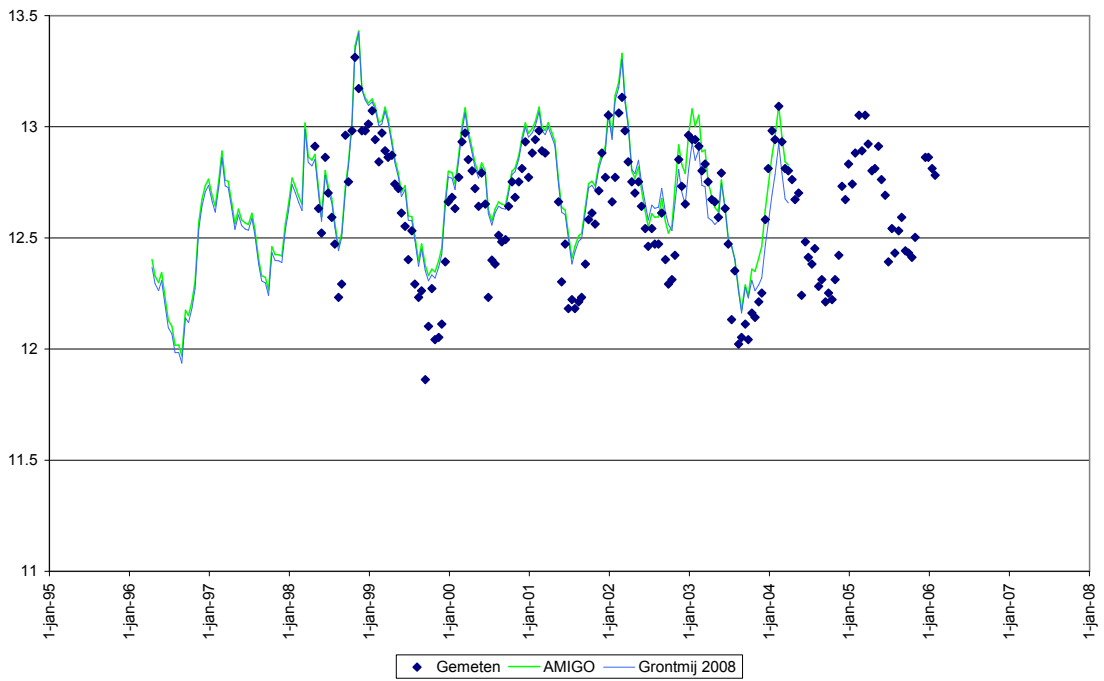
Figuur B1a Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0420



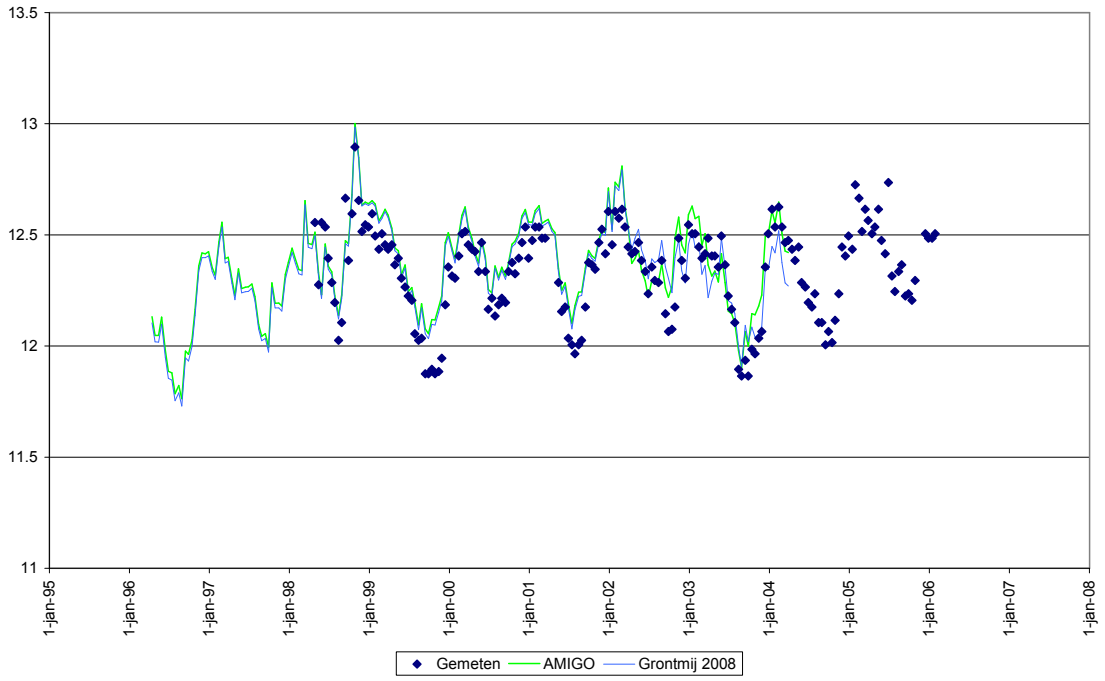
Figuur B1b Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0451



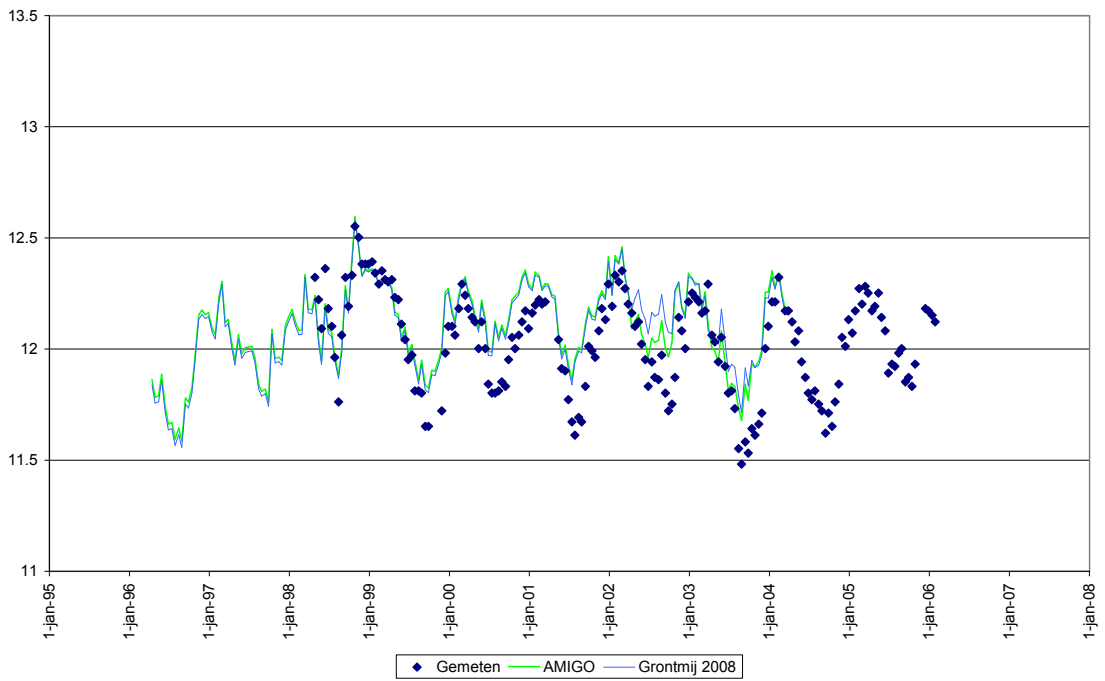
Figuur B1c Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0450



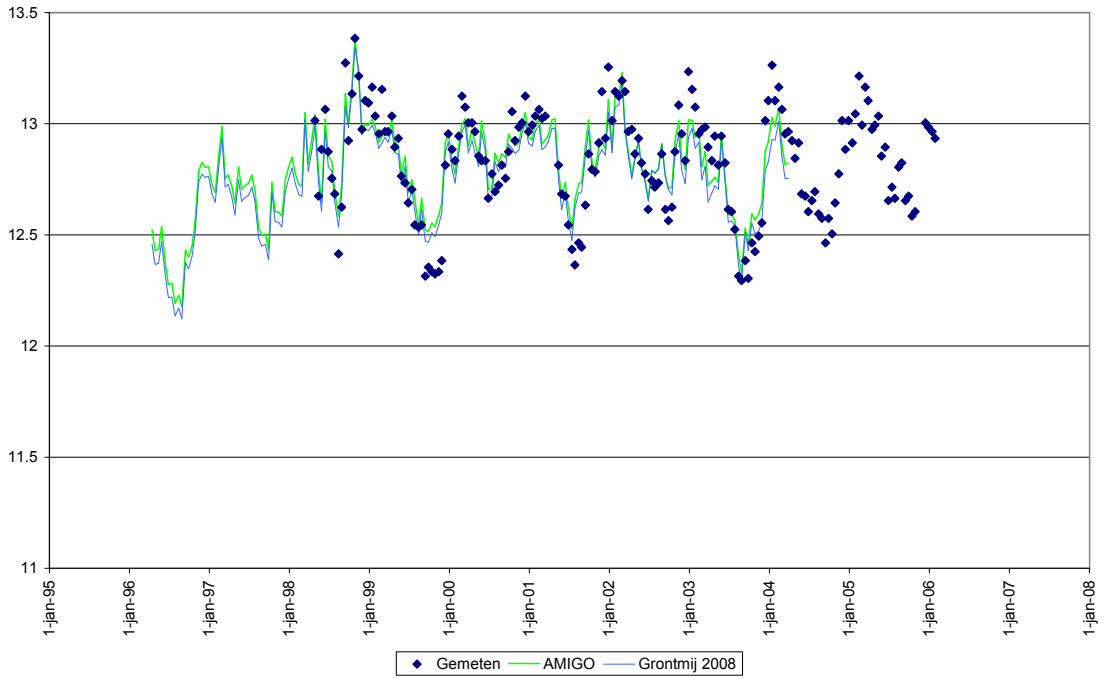
Figuur B1d Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0454



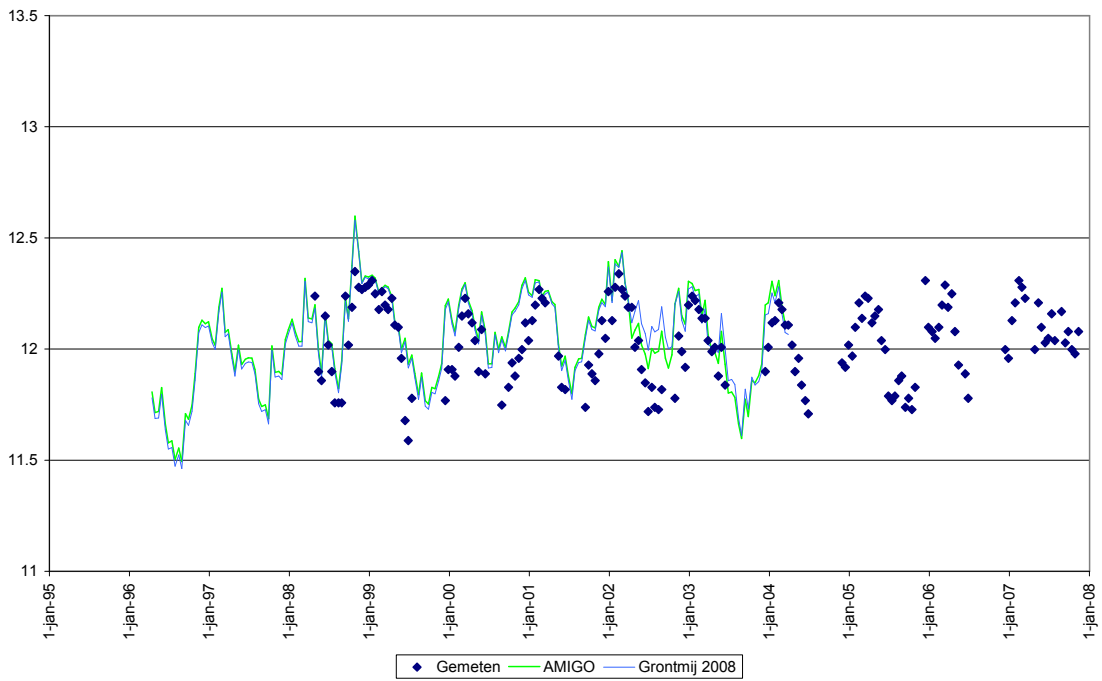
Figuur B1e Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0457



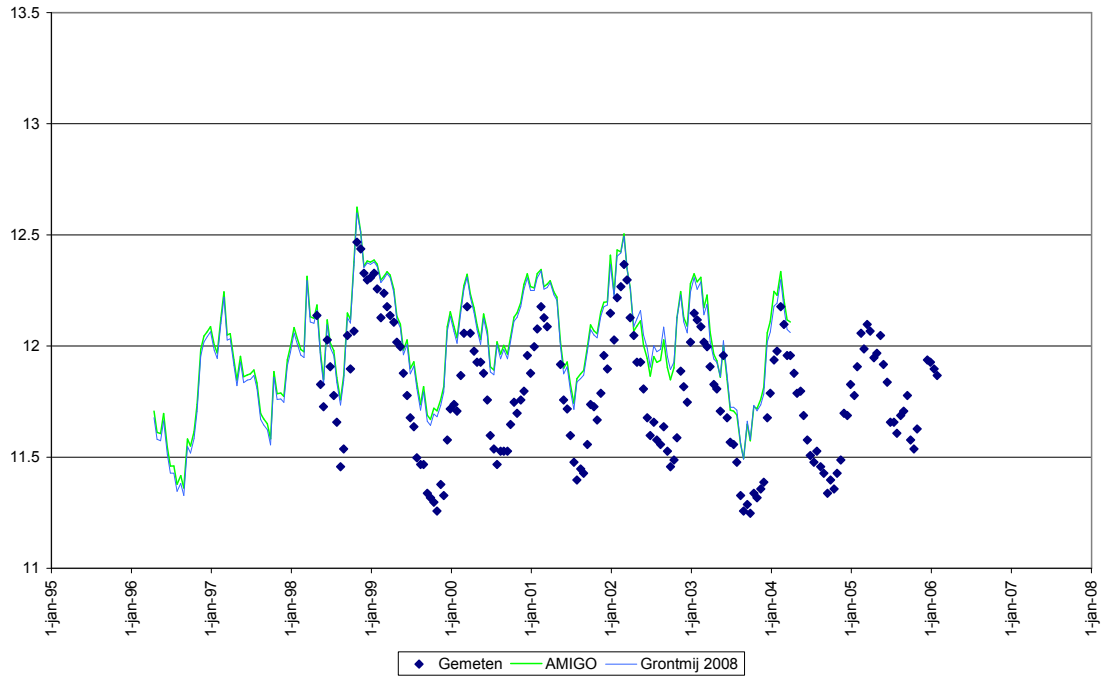
Figuur B1f Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0461



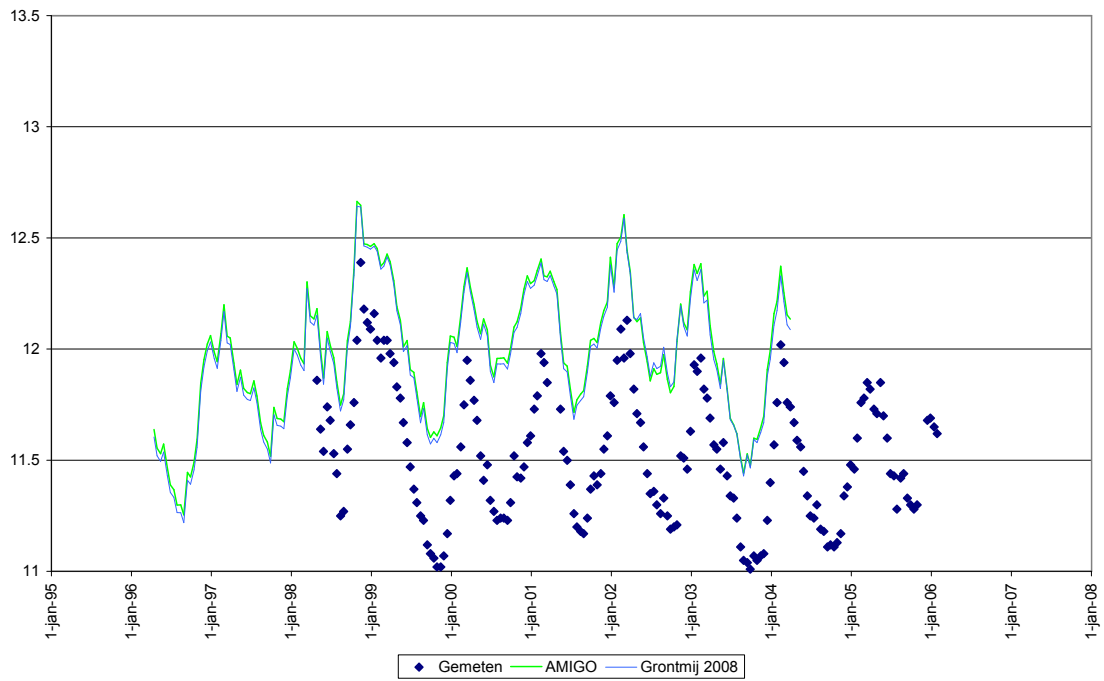
Figuur B1g Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0463



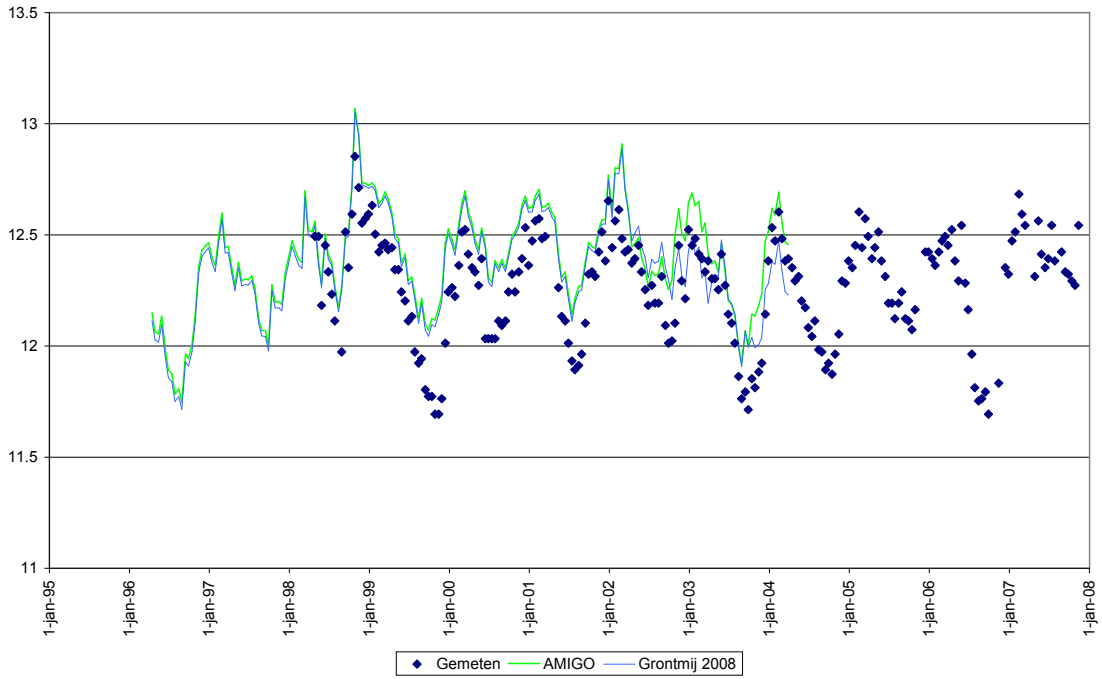
Figuur B1h Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0342



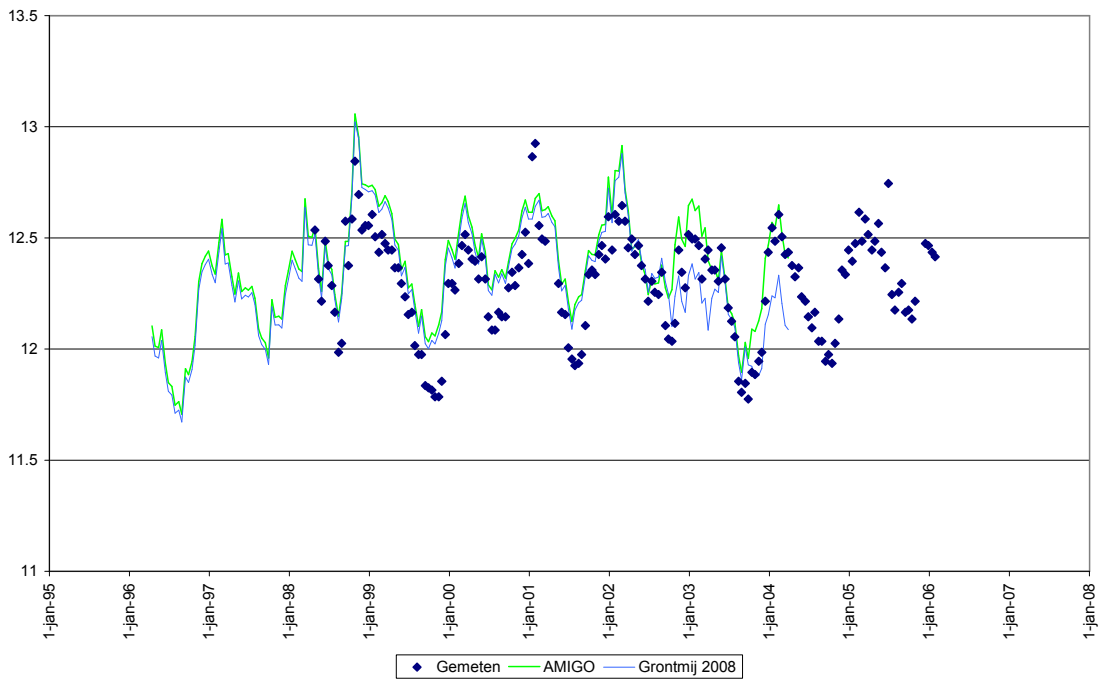
Figuur B1i Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0460



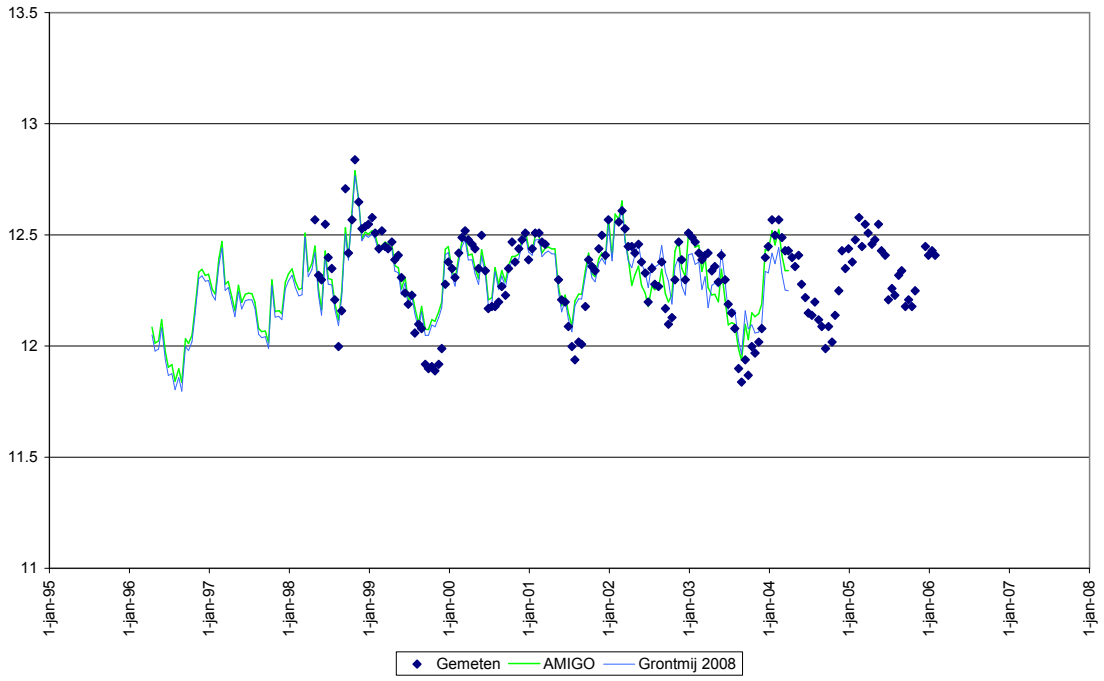
Figuur B1j Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0459



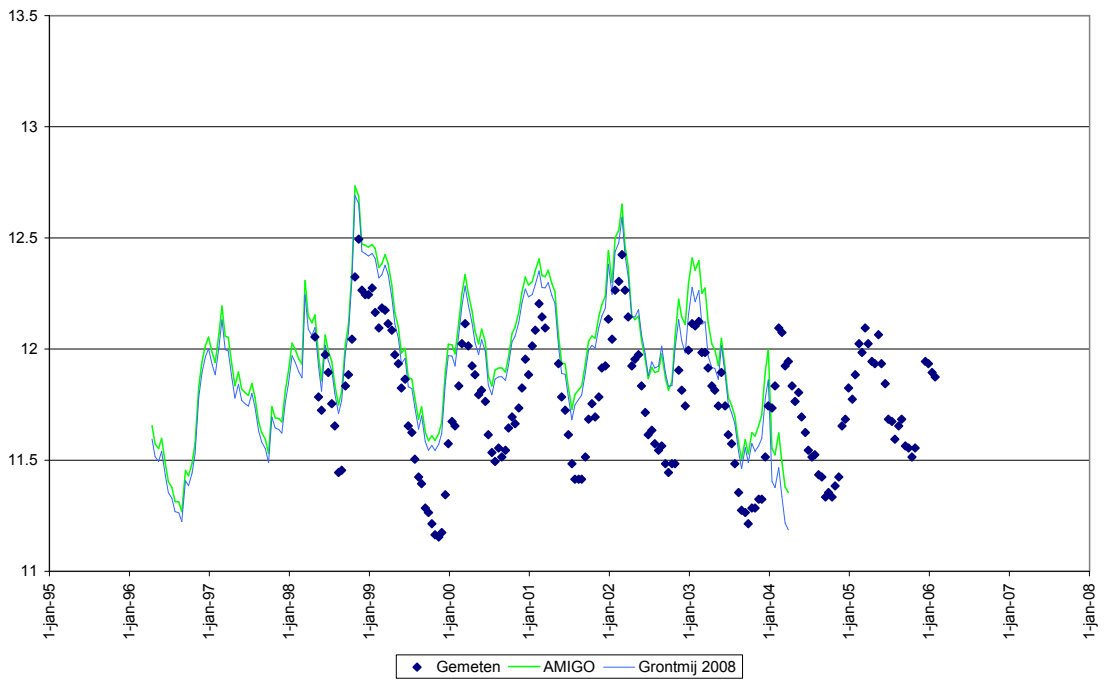
Figuur B1k Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0453



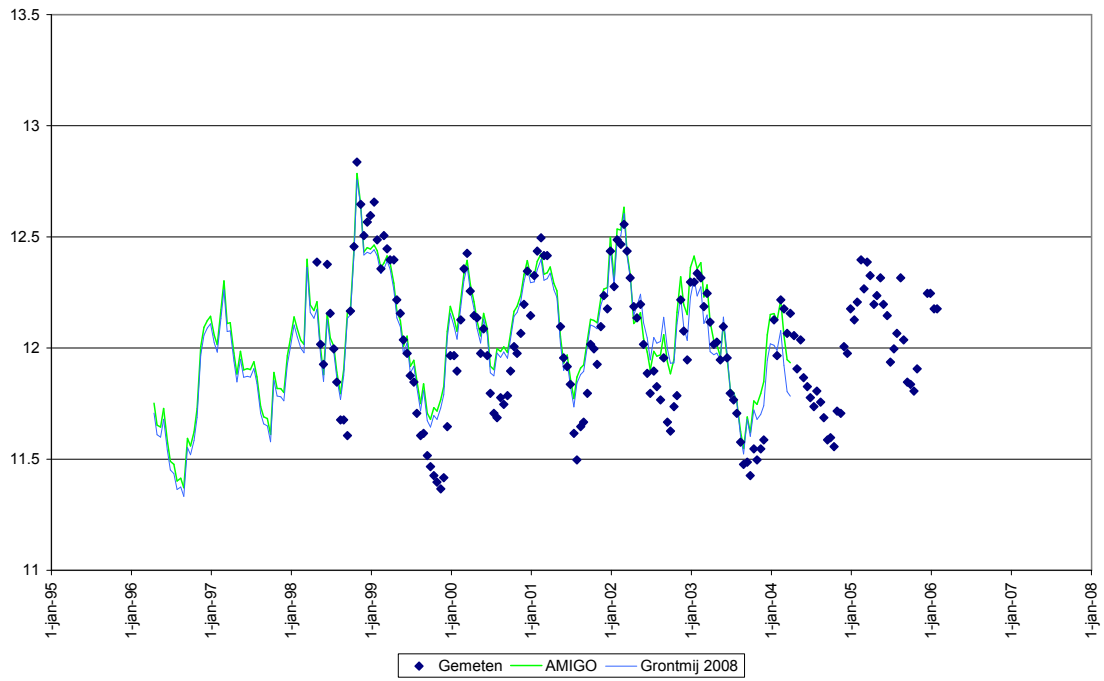
Figuur B1l Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0452



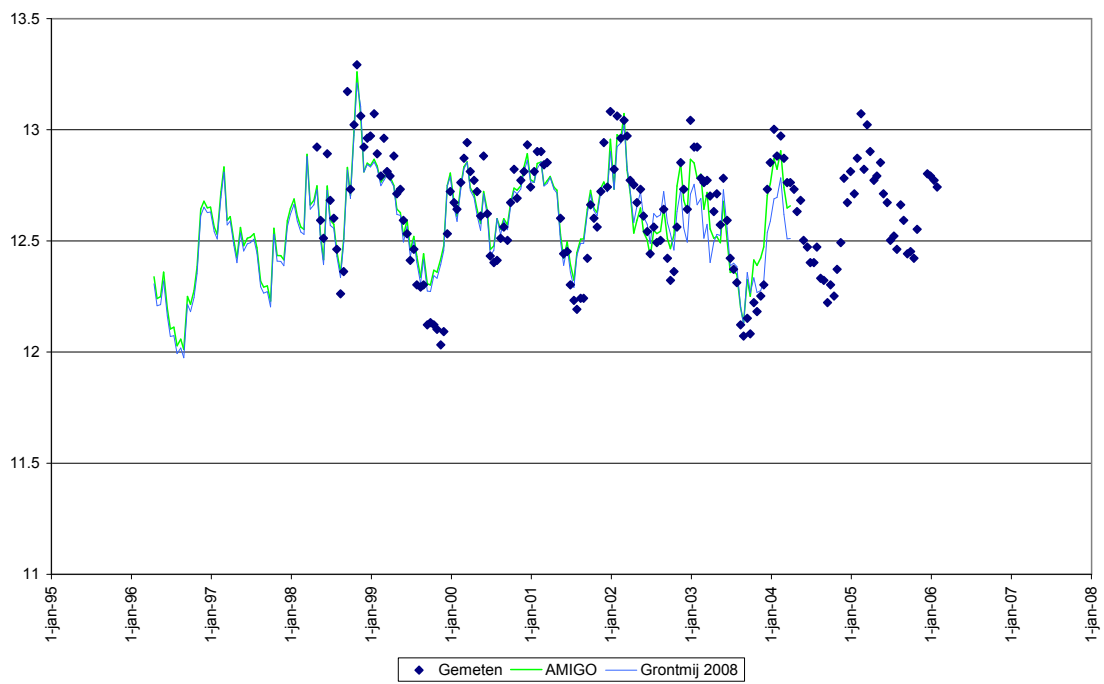
Figuur B1m Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0464



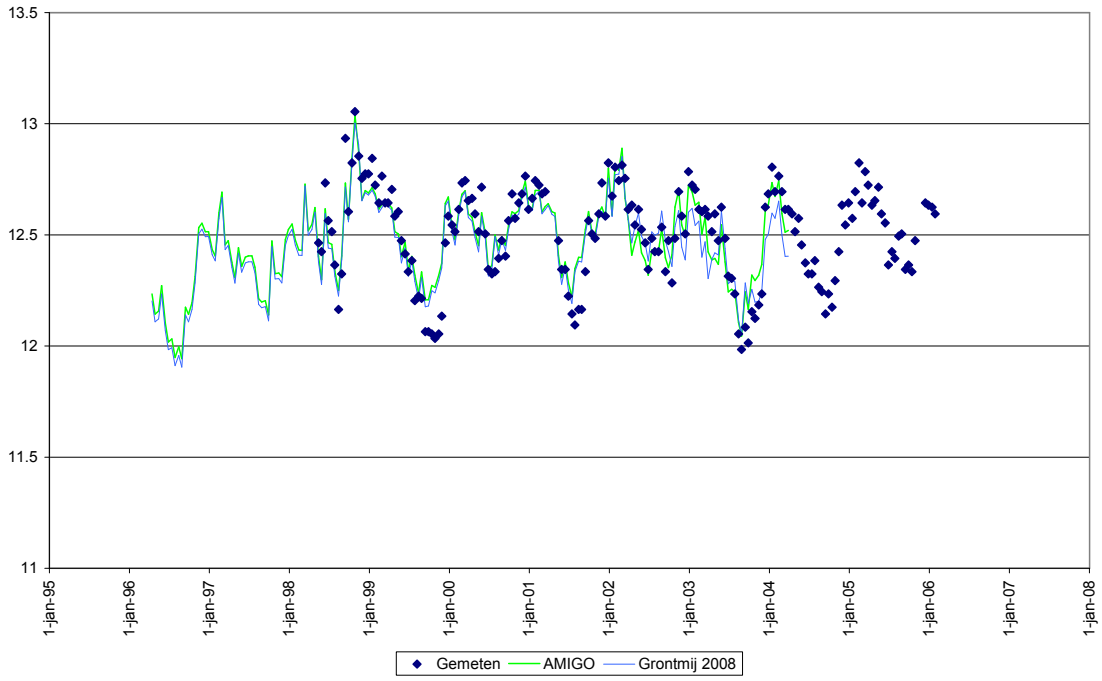
Figuur B1n Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0455



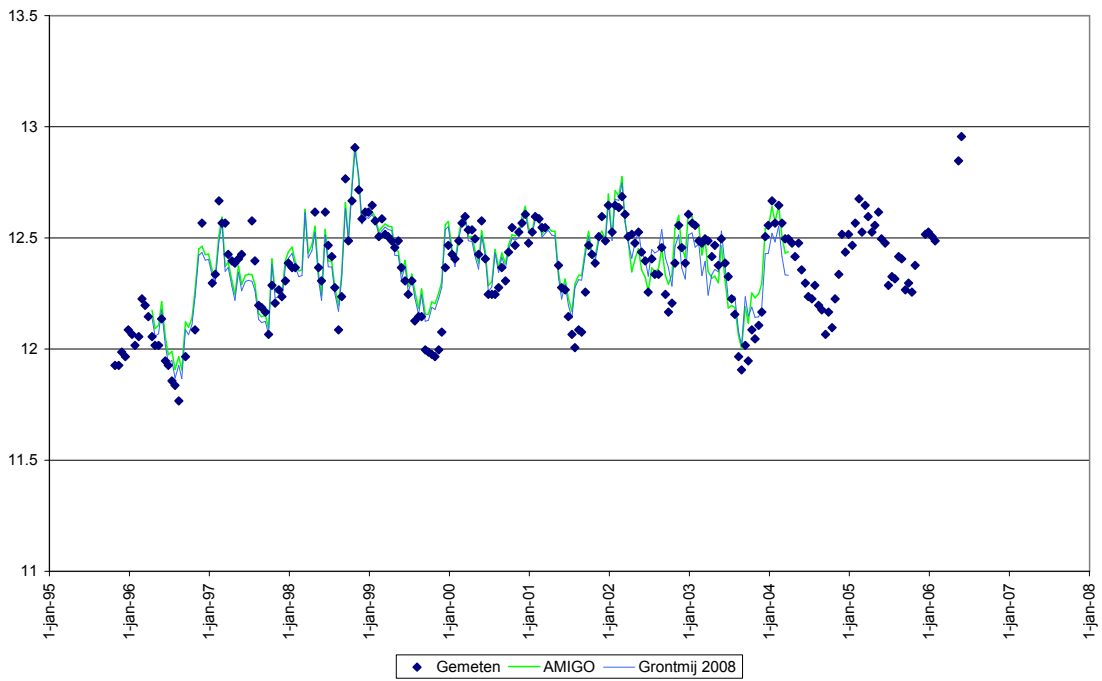
Figuur B1o Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0456



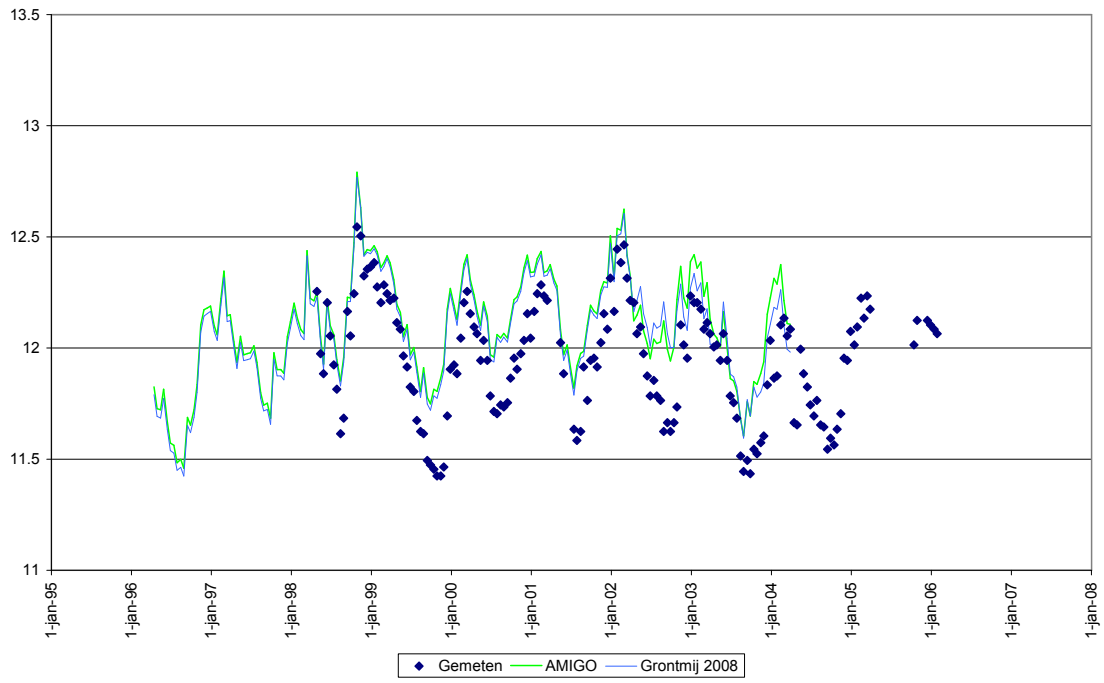
Figuur B1p Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0458



Figuur B1q Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0462



Figuur B1r Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0337



Figuur B1s Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B40F0488

Bijlage 2

Werkscenario's

Inleiding

In het kader van het hydrologisch vervolgonderzoek voor de Zumpe is een hydrologisch model opgezet. Met het model kunnen effecten van maatregelen op het grondwatersysteem inzichtelijk gemaakt worden. Om te komen tot een set maatregelen die tot een maximaal natuurresultaat leiden, wordt de volgende methodiek gevolgd:

- Eerst worden werkscenario's doorgerekend. De werkscenario's bestaan uit enkelvoudige maatregelen die separaat worden doorgerekend.
- Vervolgens worden inrichtingsscenario's doorgerekend. De inrichtingsscenario's bestaan uit combinaties van maatregelen, die samengesteld worden op basis van de inzichten die de enkelvoudige maatregelen hebben opgeleverd.

Deze bijlage beschrijft de werkscenario's en de effecten ervan op het grondwatersysteem.

De volgende werkscenario's zijn doorgerekend:

- 1.) Verhogen bodemhoogte Doetinchemse Slinge
- 2.) Dempden bovenstroomse delen Zompesloot
- 3.) Verhogen bodemhoogte Zompesloot
- 4.) Aanleggen verdiepte bermsloten oostelijke randweg
- 5.) Verhogen waterpeil Doetinchemse Slinge met 0,30 m
- 6.) Verhogen waterpeil Zompesloot met 0,30 m

Onderstaand wordt per werkscenario een gedetailleerde beschrijving gegeven van de betreffende maatregel, wordt aangegeven hoe de maatregel in het model is verwerkt en worden de effecten op het grondwatersysteem beschreven. De effecten zijn gepresenteerd voor de grondwaterstanden (GVG en GLG) en de isohypsen die een indruk geven van de stromingsrichting van het grondwater.

Kaartmateriaal werkscenario's

De effecten van de verschillende werkscenario's zijn op kaarten gepresenteerd. In overleg met de opdrachtgever is besloten om deze kaarten niet aan voorliggende rapportage toe te voegen (levert min of meer een verdubbelingen van het aantal kaarten in het rapport op). De kaarten zijn wel opgenomen in de (op zichzelf staande) notitie van de werkscenario's. Onderstaande tekst is afkomstig uit deze notitie, zodat er in de tekst nog wel verwijzingen staan naar de verschillende kaarten.

Werkscenario 1

Verhogen bodemhoogte Doetinchemse Slinge

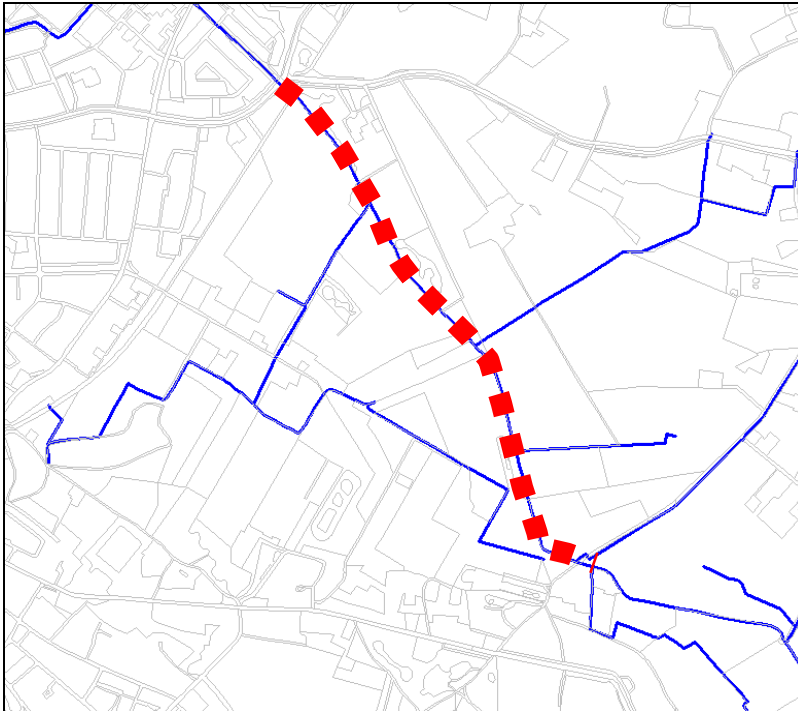
Doel en omschrijving

Doel van deze maatregel is om GVG / GLG ter plaatse van natuurterrein de Zumpe te verhogen (GVG / GLG ondieper ten opzichte van maaiveld). Van belang hierbij is tot op welke afstand vanaf de Doetinchemse Slinge effecten te verwachten zijn van deze maatregel. Dit enerzijds om een inschatting te kunnen maken van het gebied waar de randvoorwaarden voor natuur verbeteren, anderzijds om de effecten in het omliggende landbouwgebied in beeld te brengen.

Implementatie maatregel in model

In figuur 1.1 is aangegeven voor welk deel van de Doetinchemse Slinge de verhoging van de bodemhoogte in het model als mogelijke maatregel is doorgerekend. Voor het gearceerde deel is de bodemhoogte met 0,30 m verhoogd (dit is de maximaal haalbare verhoging omdat anders het bovenstroomse deel droogvalt).

In het werkscenario is geen rekening gehouden met (een mogelijk noodzakelijke) aanpassing van de bodemhoogte van de zijwatergangen van de Doetinchemse Slinge.



Figuur 1.1: Traject waar bodemhoogte Doetinchemse Slinge wordt verhoogd (werkscenario 1)

Verschilkaarten GLG en GVG

Uit kaart 4 blijkt dat het verhogen van de bodemhoogte op de GVG een maximaal effect heeft van circa 0,10 á 0,20 m. De uitstralingseffecten zijn beperkt, een effect van 0,05 m wordt op maximaal 100 á 150 m van de Doetinchemse Slinge verwacht.

Het effect van de bodemverhoging op de GLG (kaart 5) is nabij de Doetinchemse Slinge groter dan op de GVG. Het maximale effect op de GLG bedraagt 0,20 á 0,30 m. De uitstraling van het effect is echter beperkter dan op de GVG.

Verloop isohypsen

In kaart 6 is het isohypsenpatroon voor werkscenario 1 weergegeven. Als gevolg van de bodemverhoging in de Doetinchemse Slinge nemen de grondwaterstanden rond de Doetinchemse Slinge toe. Lokaal treden kleine veranderingen op in het stromingspatroon. Met name in het noordelijk deel van de Doetinchemse Slinge waar de bodemverhoging is doorgevoerd neemt de drainerende werking van de Doetinchemse Slinge af. Omdat de drainerende werking van de Doetinchemse Slinge afneemt, neemt de drainerende werking van de landbouwsloten ten oosten van de Doetinchemse Slinge toe. Dit is met name zichtbaar voor de landbouwsloot ten zuiden van de Eilandenbaai.

Globale beschrijving effecten op doelrealisatie natuur

Als gevolg van de bodemverhoging van de Doetinchemse Slinge treedt, lokaal, vernatting op. Het verhogen van de bodemhoogte heeft met name een uitstralingseffect op de GVG (een drainerende watergang heeft met name effect in nattere perioden, wanneer sprake is van hogere grondwaterstanden). Uit analyse van de huidige hydrologische randvoorwaarden voor de natuur (zie concept rapportage) blijkt dat de gewenste GVG voor de verschillende natuurdoeltypen in de Zumpe grotendeels gehaald wordt. Probleem voor de natuurdoeltypen is dat met name de gewenste GLG veelal niet gehaald wordt. Het effect van de bodemverhoging op de GLG is echter weer beperkt.

Verwacht wordt dat de doelrealisatie natuur slechts lokaal en dan beperkt zal toenemen als gevolg van een bodemverhoging in de Doetinchemse Slinge.

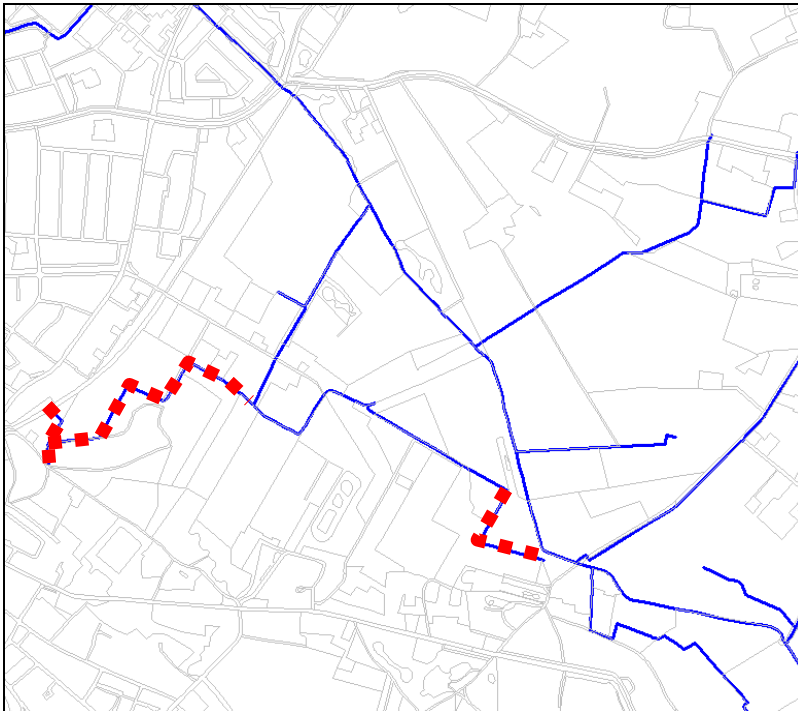
Werkscenario 2 Dempen bovenstroomse delen Zompesloot

Doel en omschrijving

Doel van deze maatregel is om GVG / GLG in de zuidelijke delen van de Zumpe te verhogen. Hierdoor ontstaan mogelijk betere randvoorwaarden voor de aanwezige natuurdoeltypen. Van belang hierbij is welk effect optreedt binnen het natuurterrein de Zumpe en wat de eventuele effecten in omliggende landbouwgebieden zijn.

Implementatie maatregel in model

In onderstaand figuur 2.1 is aangegeven welk deel van de Zompesloot als mogelijke maatregel in het model is gedempt.



Figuur 2.1: trajecten waar Zompesloot wordt gedempt (werkscenario 2)

Verschilkaarten GLG en GVG

Het dempen van bovenstroomse delen van de Zompesloot heeft lokaal een maximaal effect van circa 0,30 m op de GVG (kaart 7). De effecten (vernatting) zijn het grootst voor de meest oostelijk gelegen tak. Deze heeft ook de sterkste drainerende werking. Een effect van 0,05 m op de GVG wordt verwacht op een afstand van maximaal circa 200 á 250 m.

Het effect van het dempen van delen van de Zompesloot op de GLG (kaart 8) is kleiner dan op de GVG. Ter plaatse van de westelijke tak zijn de effecten van het dempen op de GLG verwaarloosbaar klein. Hieruit blijkt dat dit deel van de Zompesloot vrijwel niet draineert bij GLG omstandigheden. Ter plaatse van de oostelijke tak wordt bij het dempen ervan een maximaal effect van circa 0,10 á 0,20 m op de GLG verwacht. Op circa 100 m afstand van het te dempen deel wordt een effect van maximaal 0,05 m verwacht.

Verloop isohypsen

Uit kaart 9 blijkt dat het dempen van delen van de Zompesloot lokale effecten heeft op het grondwaterstromingspatroon. De drainerende werking van de oostelijke tak verdwijnt wanneer deze gedempt wordt. Ter plaatse van de westelijke tak zijn de effecten op het gemiddelde isohypsenpatroon verwaarloosbaar.

Globale beschrijving effecten op doelrealisatie natuur

Net als voor werkscenario 1 geldt dat ook voor werkscenario 2 de effecten op de GLG beperkt zijn. Elke vernatting is echter goed voor de aanwezige natuurdoeltypen en lokaal zullen de doelrealisaties toenemen.

Werkscenario 3 **Verhogen bodemhoogte Zompesloot**

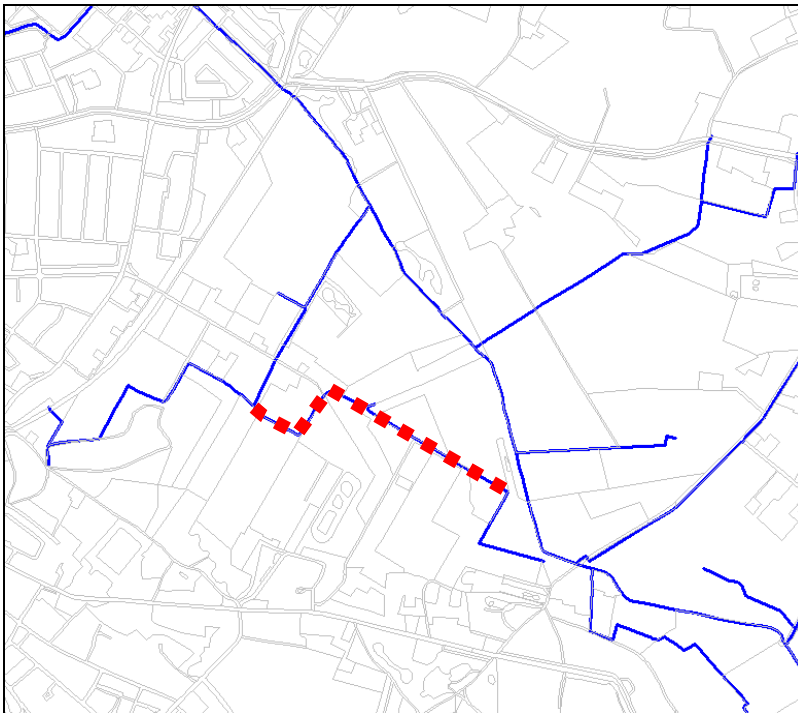
Doel en omschrijving

Doel van deze maatregel is om GVG / GLG in het zuidelijk deel van natuurterrein de Zumpe te verhogen (GVG / GLG ondieper ten opzichte van maaiveld). Van belang hierbij is tot op welke afstand vanaf de Zompesloot effecten te verwachten zijn van deze maatregel. Dit enerzijds om een inschatting te kunnen maken van het gebied waar de randvoorwaarden voor natuur verbeteren, anderzijds om de effecten in het omliggende landbouwgebied in beeld te brengen.

Implementatie maatregel in model

In figuur 3.1 is aangegeven voor welk deel van de Zompesloot de verhoging van de bodemhoogte in het model als mogelijke maatregel is doorgerekend. Voor het gearceerde deel is de bodemhoogte verhoogd tot NAP +11,80. Dit omdat het maalpeil NAP +11,90 m bedraagt en er bij een bodemhoogte van NAP +11,80 dus niets veranderd aan de drainagebasis van de watergangen uit het landbouwgebied ten zuiden van de Zumpe.

De afwatering van het landbouwgebied dient gewaarborgd te blijven en het profiel dient voldoende doorstroomoppervlak te hebben. Indien wordt besloten om de bodemhoogte van de Zompesloot te verhogen, dan zal dit aspect nader onderzocht moeten worden.



Figuur 3.1: Traject waar bodemhoogte Zompesloot wordt verhoogd (werkscenario 3)

Effecten

De effecten van het verhogen van de bodemhoogten in de Zompesloot zijn verwaarloosbaar. Na analyse van het grondwatersysteem is hiervoor de volgende verklaring gevonden: De Zompesloot is een overwegend drainerende watergang (zie effect Zompesloot op het isohypsenpatroon, figuur 3). De drainagebasis wordt bepaald door het maalpeil van het benedenstrooms gelegen gemaaltje. Dit maalpeil bedraagt NAP +11,90 m. Omdat dit maalpeil niet verandert bij een verhoging van de bodemhoogte treden geen effecten op (er treedt alleen tijdelijk een effect op in die gevallen dat de grondwaterstand tot beneden de bodemhoogte uitzakt). Er zijn dus geen effecten zichtbaar op de kaarten 10 en 11.

Werkscenario 4 Deels verdiepte aanleg oostelijke randweg

Doel en omschrijving

Doel van deze maatregel is om de effecten van de aan te leggen oostelijke randweg bij Doetinchem op grondwaterstanden nabij de Zumpe inzichtelijk te maken. Om gevoel te krijgen voor het mogelijke invloedsgebied van de randweg is deze maatregel aan de werkscenario's toegevoegd. Op dit moment bestaat er nog geen voorkeur voor enig inrichtingsscenario ten aanzien van de randweg.

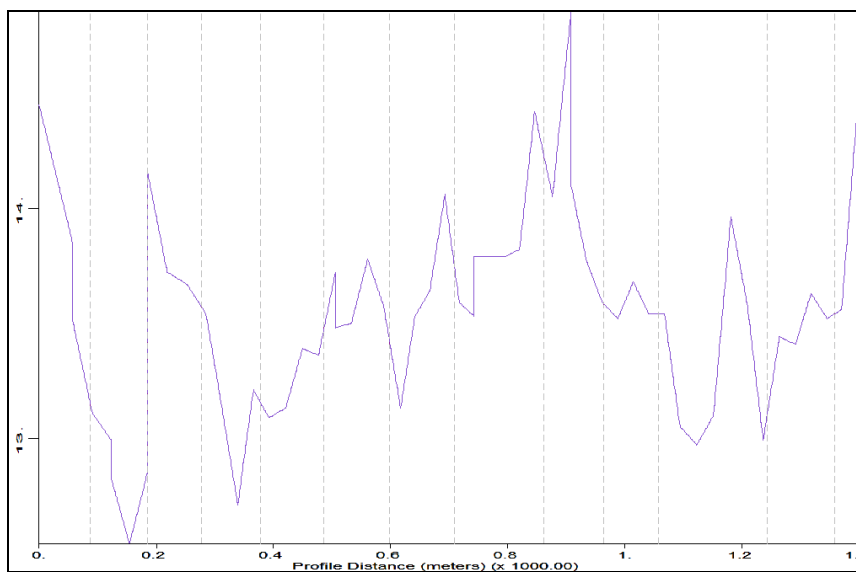
MER Oostelijke randweg Doetinchem

Voor de oostelijke randweg wordt op dit moment een MER-studie uitgevoerd. In deze MER-studie wordt vooralsnog een aantal verschillende inrichtingsvarianten aangehouden. Deze varianten hebben vooral betrekking op de lengte van de randweg. De verschillende varianten zijn hydrologisch gezien niet onderscheidend. Gezien de ligging nabij de Zumpe is de hydrologisch meest ingrijpende wijze van inrichting deels onder maaiveld, waarbij sprake is van onderbemalen berm sloten. Deze berm sloten hebben dan mogelijk een verdrogende invloed op de grondwaterstanden in de Zumpe. Eventuele compenserende maatregelen (infiltratieveld, natuurcompensatie: meanderingen) worden vooralsnog buiten beschouwing gelaten, vanwege het beginstadium waarin het MER zich nu bevindt en de onduidelijkheden over de verschillende varianten.

Mogelijk worden tijdens de aanleg van de randweg bemalingen uitgevoerd om ook de eventueel verdiepte delen te kunnen aanleggen. De bemalingen hebben mogelijk invloed op de Zumpe. Omdat hier echter sprake is van tijdelijke effecten, worden de bemalingen niet meegenomen in de werk- en inrichtingsscenario's.

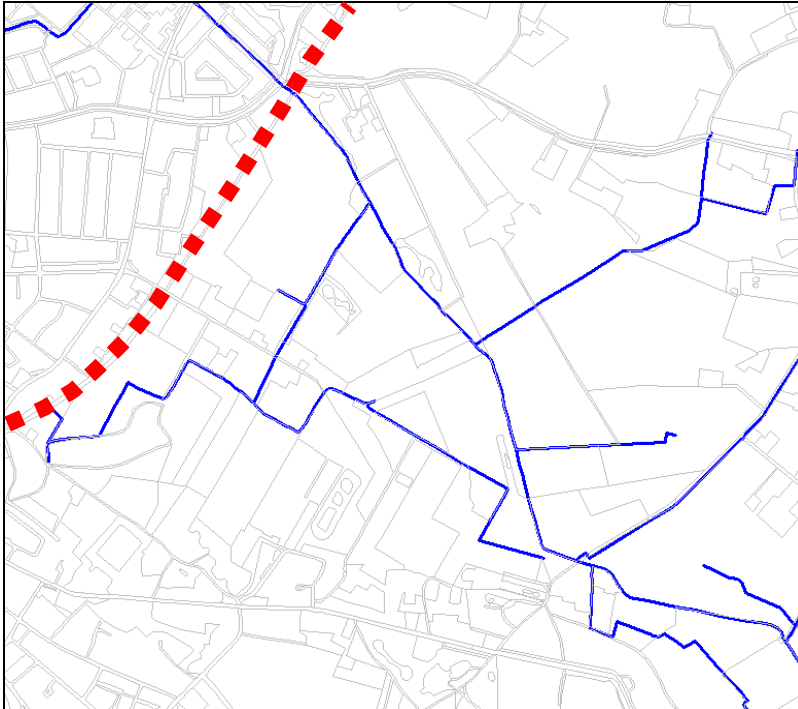
Implementatie maatregel in model

In figuur 4.1 is een lengteprofiel van de maaiveldhoogten weergegeven over een deel van het traject van de randweg (zie ligging lengteprofiel in figuur 4.2).



Figuur 4.1: Lengteprofiel maaiveldhoogten traject oostelijke randweg (zuid-noord)

Uit figuur 4.1 blijkt dat de minimale maaiveldhoogte ter plaatse van het traject circa NAP +13,00 m bedraagt. Als werkscenario wordt ervan uitgegaan dat de randweg verdiepte wordt aangelegd en dat langs de weg een berm-sloot wordt aangelegd. In het werkscenario is ervan uitgegaan dat de bodemdiepte van de berm-sloot 1,80 m beneden huidig maaiveld bedraagt (bodemhoogte van NAP +11,20 m) en dat de berm-sloot op dit niveau afwatert (middels een onderbemaling). In onderstaand figuur is aangegeven over welk traject is uitgegaan van een berm-sloot langs de randweg als mogelijke maatregel.



Figuur 4.2: traject waar een bemalen berm-sloot langs de randweg wordt aangelegd (werkscenario 4)

Verschilkaarten GLG en GVG

Het aanleggen van een bemalen berm-sloot langs de randweg heeft een verdrogend effect op de grondwaterstanden in de omgeving. Het effect van een berm-sloot met een bodemdiepte van 1,80 m op de GVG (kaart 13) bedraagt lokaal meer dan 1,0 m. Tot op een afstand van circa 600 m wordt een effect van meer dan 0,05 m verwacht.

Het effect op de GLG (kaart 14) bedraagt maximaal circa 0,60 á 0,70 m. De uitstralingseffecten zijn vergelijkbaar met de GVG.

Als gevolg van het aanleggen van een diepe bemalen berm-sloot langs de randweg wordt in het westelijke deel van de Zumpe een verlaging van de grondwaterstand verwacht.

Verloop isohypsen

Uit het isohypsenpatroon (kaart 15) blijkt dat een bemalen berm-sloot langs de randweg een sterk drainerend effect op de grondwaterstanden in de omgeving heeft.

Globale beschrijving effecten op doelrealisatie natuur

Een diepe bemalen berm-sloot langs de randweg leidt tot een verlaging van de grondwaterstanden in het westelijk deel van de Zumpe. Gezien de natuurwaarden in de Zumpe is dit een niet wenselijk effect.

Werkscenario 5 Verhogen waterpeil Doetinchemse Slinge met 0,30 m

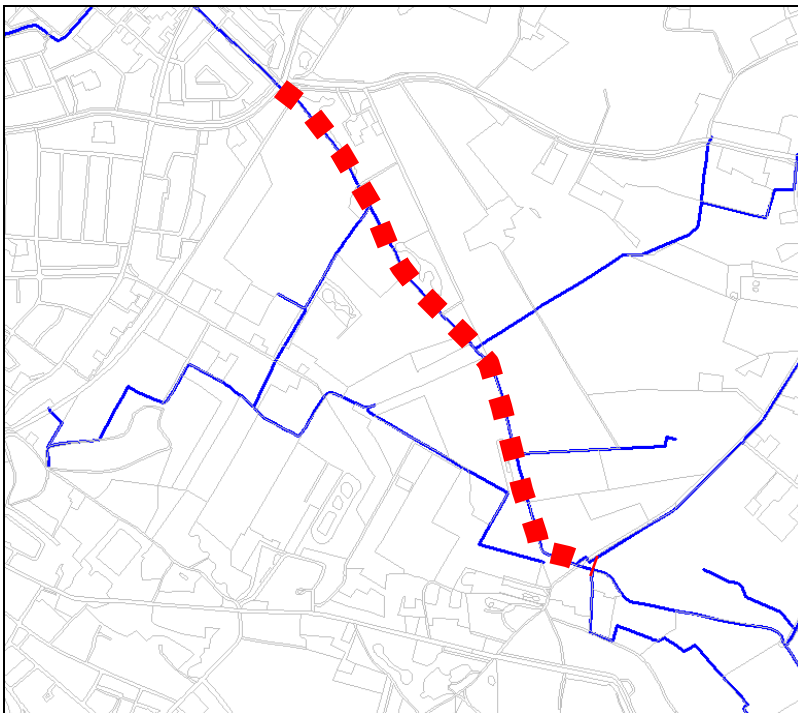
Doel en omschrijving

Doel van deze maatregel is om GVG / GLG ter plaatse van natuurterrein de Zumpe te verhogen (GVG / GLG ondieper ten opzichte van maaiveld). Van belang hierbij is tot op welke afstand vanaf de Doetinchemse Slinge effecten te verwachten zijn van deze maatregel. Dit enerzijds om een inschatting te kunnen maken van het gebied waar de randvoorwaarden voor natuur verbeteren, anderzijds om de effecten in het omliggende landbouwgebied in beeld te brengen.

Implementatie maatregel in model

In figuur 5.1 is aangegeven voor welk deel van de Doetinchemse Slinge de verhoging van het waterpeil in het model als mogelijke maatregel is doorgerekend. Voor het gearceerde deel is het waterpeil met 0,30 m verhoogd.

In het werkscenario is ook rekening gehouden met een verhoging van de drainagebasis van de watergangen in het landbouwgebied ten oosten van de Doetinchemse Slinge.



Figuur 5.1: Traject waar waterpeil Doetinchemse Slinge wordt verhoogd (werkscenario 5)

Verschilkaarten GLG en GVG

Uit kaart 16 blijkt dat het verhogen van het waterpeil op de GVG een maximaal effect heeft van circa 0,10 á 0,20 m. Tot op een afstand van 600 m wordt een effect verwacht van maximaal 0,05 m. Uit figuur 16 blijkt ook dat het effect van de verhoging van het waterpeil doorwerkt in de zijwatergangen van de Doetinchemse Slinge. Ter plaatse van de Zumpe is het berekende effect beperkt. Door de aanwezige watergangen in de Zumpe en de drainerende werking van het maaiveld is de drainageweerstand in de Zumpe laag; wat de beperkte effecten aldaar verklaart.

Het effect van verhoging van het waterpeil in de Doetinchemse Slinge op de GLG (kaart 17) is kleiner dan op de GVG. Het effect op de GLG bedraagt maximaal 0,10 m.

Verloop isohypsen

In kaart 18 is het isohypsenpatroon voor werkscenario 5 weergegeven. Bij de kaart wordt opgemerkt dat ten opzichte van de huidige situatie (kaart 3) nog een aanpassing van de waterpeilen in de Doetinchemse Slinge heeft plaatsgevonden (zie kader). Om een juiste inschatting te krijgen van de effecten van een peilverhoging op de grondwaterstanden is ervoor gekozen om deze wijzigingen door te voeren, alvorens werkscenario 5 door te rekenen.

Aanpassingen watersysteem

Naar aanleiding van conceptresultaten (van de werkscenario's 1 tot en met 4) is overleg geweest met Waterschap Rijn en IJssel. Gebleken is dat de waterpeilen in de huidige situatie niet juist in het model zijn opgenomen. Voordat werkscenario 5 en 6 zijn doorgerekend is dit eerst aangepast. Voor de verschillende stuwen in de Doetinchemse Slinge wordt voor de huidige situatie uitgegaan van de volgende peilen:

- schotbalkstuw vijver Slingevliet: Vast peil NAP +12,05 m
- stuw Wiltinksbrug: winterpeil NAP +12,05 m; zomerpeil NAP +12,25 m
- stuw Ellegoorsestraat: winterpeil NAP +12,45 m; zomerpeil NAP +12,65 m

Als gevolg van de verhoging van het waterpeil in de Doetinchemse Slinge nemen de grondwaterstanden rond de Doetinchemse Slinge toe. Door de verhoging van het waterpeil neemt de drainerende werking van de Doetinchemse Slinge af. Dit is met name zichtbaar ter hoogte van de Eilandenbaai.

Globale beschrijving effecten op doelrealisatie natuur

Als gevolg van de verhoging van het waterpeil in de Doetinchemse Slinge treedt, lokaal, vernatting op. Het verhogen van het waterpeil heeft met name een uitstralingseffect op de GVG (een drainerende watergang heeft met name effect in nattere perioden, wanneer sprake is van hoge grondwaterstanden). Uit analyse van de huidige hydrologische randvoorwaarden voor de natuur (zie concept rapportage) blijkt dat de gewenste GVG voor de verschillende natuurdoeltypen in de Zumpe grotendeels gehaald wordt. Probleem voor de natuurdoeltypen is dat met name de gewenste GLG veelal niet gehaald wordt. Het effect van de bodemverhoging op de GLG is echter weer beperkt.

Verwacht wordt dat de doelrealisatie natuur slechts lokaal in een strook langs de Doetinchemse Slinge en dan beperkt zal toenemen als gevolg van de verhoging van het waterpeil in de Doetinchemse Slinge.

Globale beschrijving effecten op doelrealisatie landbouw

Rond de Doetinchemse Slinge bevinden zich landbouwgebieden waar, lokaal, sprake is van natschade. Eén deel waar sprake is van natschade bevindt zich rond het Populierenbos. Een ander deel betreft de omgeving van de verbindingssloot van de persleiding, waar lokaal sprake is van beperkte natschade. In beide gebieden zal als gevolg van het opzetten van het peil in de Doetinchemse Slinge de natschade toenemen. In het gebied rond de verbindingssloot worden daarbij grotere effecten verwacht dan rond het Populierenbos.

In de omgeving van de Doetinchemse Slinge is lokaal sprake van droogschade. Het betreft met name het landbouwgebied ten noordoosten van de Eilandbaai. Als gevolg van het opzetten van het peil in de Doetinchemse Slinge wordt verwacht dat de droogschade, beperkt, afneemt.

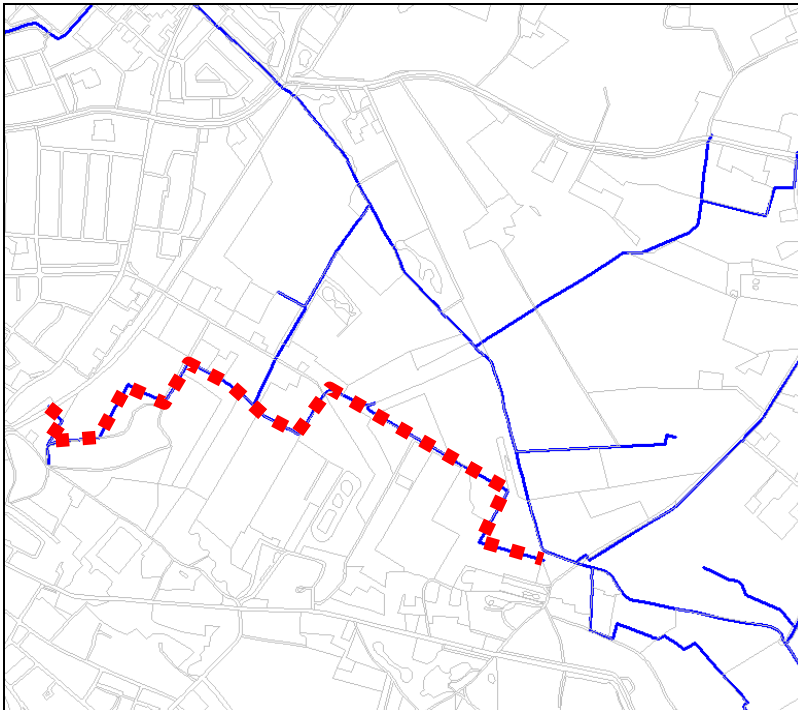
Werkscenario 6 Verhogen waterpeil Zompesloot met 0,30 m

Doel en omschrijving

Doel van deze maatregel is om GVG / GLG in het zuidelijk deel van natuurterrein de Zumpe te verhogen (GVG / GLG ondieper ten opzichte van maaiveld). Van belang hierbij is tot op welke afstand vanaf de Zompesloot effecten te verwachten zijn van deze maatregel. Dit enerzijds om een inschatting te kunnen maken van het gebied waar de randvoorwaarden voor natuur verbeteren, anderzijds om de effecten in het omliggende landbouwgebied in beeld te brengen.

Implementatie maatregel in model

In figuur 6.1 is aangegeven voor welk deel van de Zompesloot de verhoging van het waterpeil in het model als mogelijke maatregel is doorgerekend. Voor het gearceerde deel is het waterpeil verhoogd tot NAP +12,20 m (verhoging van 0,30 m). Door de verhoging van het waterpeil stijgt ook de drainagebasis van de watergangen in het landbouwgebied ten zuiden van de Zompesloot en van de watergang rond de Zompewei. Hiermee is rekening gehouden bij de berekening.



Figuur 6.1: Traject waar waterpeil Zompesloot wordt verhoogd (werkscenario 6)

Verschilkaarten GLG en GVG

Uit kaart 19 blijkt dat het verhogen van het waterpeil op de GVG een maximaal effect heeft van circa 0,10 á 0,20 m. Tot op een afstand van circa 250 m wordt een effect verwacht van maximaal 0,05 m. Uit figuur 19 blijkt ook dat het effect van de verhoging van het waterpeil doorwerkt in de zijwatergangen van de Zompesloot (zie watergangen ten zuiden van de Zompesloot en de watergang rond de Zompewei).

Het effect van verhoging van het waterpeil in de Doetinchemse Slinge op de GLG (kaart 20) is kleiner dan op de GVG. Het effect op de GLG bedraagt, buiten de directe invloed van de Zompesloot maximaal 0,10 m.

Verloop isohypsen

In kaart 21 is het isohypsenpatroon voor werkscenario 6 weergegeven. Bij de kaart wordt opgemerkt dat ten opzichte van de huidige situatie (kaart 3) nog een aanpassing van de waterpeilen in de Doetinchemse Slinge heeft plaatsgevonden (zie kader). Om een juiste inschatting te krijgen van de effecten van een peilverhoging op de grondwaterstanden is ervoor gekozen om deze wijzigingen door te voeren, alvorens werkscenario 6 door te rekenen.

Aanpassingen watersysteem

Naar aanleiding van conceptresultaten (van de werkscenario's 1 tot en met 4) is overleg geweest met Waterschap Rijn en IJssel. Gebleken is dat de waterpeilen in de huidige situatie niet juist in het model zijn opgenomen. Voordat werkscenario 5 en 6 zijn doorgerekend is dit eerst aangepast. Voor de verschillende stuwen in de Doetinchemse Slinge wordt voor de huidige situatie uitgegaan van de volgende peilen:

- schotbalkstuw vijver Slingevliet: Vast peil NAP +12,05 m
- stuw Wiltinksbrug: winterpeil NAP +12,05 m; zomerpeil NAP +12,25 m
- stuw Ellegoorsestraat: winterpeil NAP +12,45 m; zomerpeil NAP +12,65 m

Als gevolg van de verhoging van het waterpeil in de Zompesloot nemen de grondwaterstanden rond de Zompesloot toe. Door de verhoging van het waterpeil neemt de drainerende werking van de Zompesloot af. Dit is met name zichtbaar in het gebied tussen de IJsbaan en de Zompewei.

Globale beschrijving effecten op doelrealisatie natuur

Als gevolg van de verhoging van het waterpeil in de Zompesloot treedt, lokaal, vernatting op. Het verhogen van het waterpeil heeft met name een uitstralingseffect op de GVG (een drainerende watergang heeft met name effect in nattere perioden, wanneer sprake is van hogere grondwaterstanden). Uit analyse van de huidige hydrologische randvoorwaarden voor de natuur (zie concept rapportage) blijkt dat de gewenste GVG voor de verschillende natuurdoeltypen in de Zumpe grotendeels gehaald wordt. Probleem voor de natuurdoeltypen is dat met name de gewenste GLG veelal niet gehaald wordt. Het effect van de bodemverhoging op de GLG is maximaal circa 0,05 tot 0,10 m.

Verwacht wordt dat de doelrealisatie natuur lokaal in een strook langs de Zompesloot zal toenemen als gevolg van de verhoging van het waterpeil in de Zompesloot.

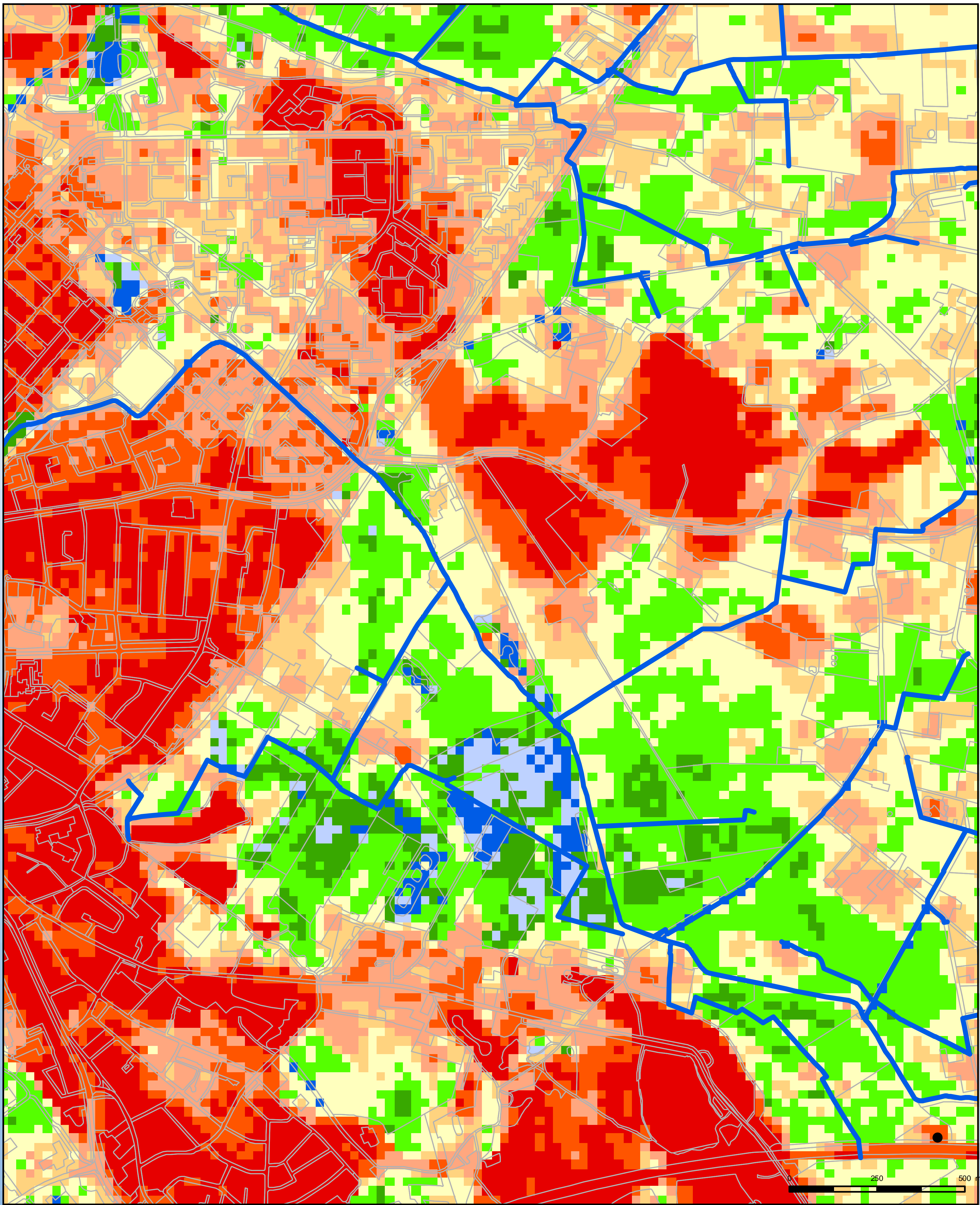
Globale beschrijving effecten op doelrealisatie landbouw

In de omgeving van de Zompesloot bevinden zich landbouwgronden waar in de huidige situatie met name sprake is van natschade. Als gevolg van een peilopzet in de Zompesloot zal de natschade in deze gebieden toenemen.

Bijlage 3

Kaartmateriaal

| | |
|-----------|--|
| Kaart 1 | Berekende GHG huidige situatie |
| Kaart 2 | Berekende GVG huidige situatie |
| Kaart 3 | Berekende GLG huidige situatie |
| Kaart 4a | Isohypsenpatroon langjarig gemiddelde situatie |
| Kaart 4b | Isohypsenpatroon natte periode (28 februari 2002) |
| Kaart 4c | Isohypsenpatroon droge periode (28 augustus 2003) |
| Kaart 5a | Langjarig gemiddelde kwel- en infiltratieflux |
| Kaart 5b | Kwel- en infiltratieflux natte periode (28 februari 2002) |
| Kaart 5c | Kwel- en infiltratieflux droge periode (28 augustus 2003) |
| Kaart 6 | Droogschade landbouw huidige situatie |
| Kaart 7 | Natschade landbouw huidige situatie |
| Kaart 8 | Doelrealisatie landbouw huidige situatie |
| | |
| Kaart 9a | GHG watersysteem 1900 |
| Kaart 9b | Effect GHG watersysteem 1900 |
| Kaart 10a | GVG watersysteem 1900 |
| Kaart 10b | Effect GVG watersysteem 1900 |
| Kaart 11a | GLG watersysteem 1900 |
| Kaart 11b | Effect GLG watersysteem 1900 |
| Kaart 12a | Isohypsenpatroon langjarig gemiddelde situatie, watersysteem 1900 |
| Kaart 12b | Isohypsenpatroon natte periode, watersysteem 1900 |
| Kaart 12c | Isohypsenpatroon droge periode, watersysteem 1900 |
| Kaart 13a | Langjarig gemiddelde kwel- en infiltratieflux, watersysteem 1900 |
| Kaart 13b | Kwel- en infiltratieflux natte periode, watersysteem 1900 |
| Kaart 13c | Kwel- en infiltratieflux droge periode, watersysteem 1900 |
| | |
| Kaart 14a | GHG scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 14b | Effect GHG scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 15a | GVG scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 15b | Effect GVG scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 16a | GLG scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 16b | Effect GLG scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 17a | Isohypsenpatroon langjarig gemiddelde situatie, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 17b | Isohypsenpatroon natte periode, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 17c | Isohypsenpatroon droge periode, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 18a | Langjarig gemiddelde kwel- en infiltratieflux, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 18b | Kwel- en infiltratieflux natte periode, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 18c | Kwel- en infiltratieflux droge periode, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 19 | Effect op droogschade landbouw, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 20 | Effect op natschade landbouw, scenario minimaal afvoeren |
| Kaart 21 | Doelrealisatie landbouw, scenario minimaal afvoeren |



Legenda

GHG [m -mv]

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Kaart 1 Berekende GHG (huidig)

Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

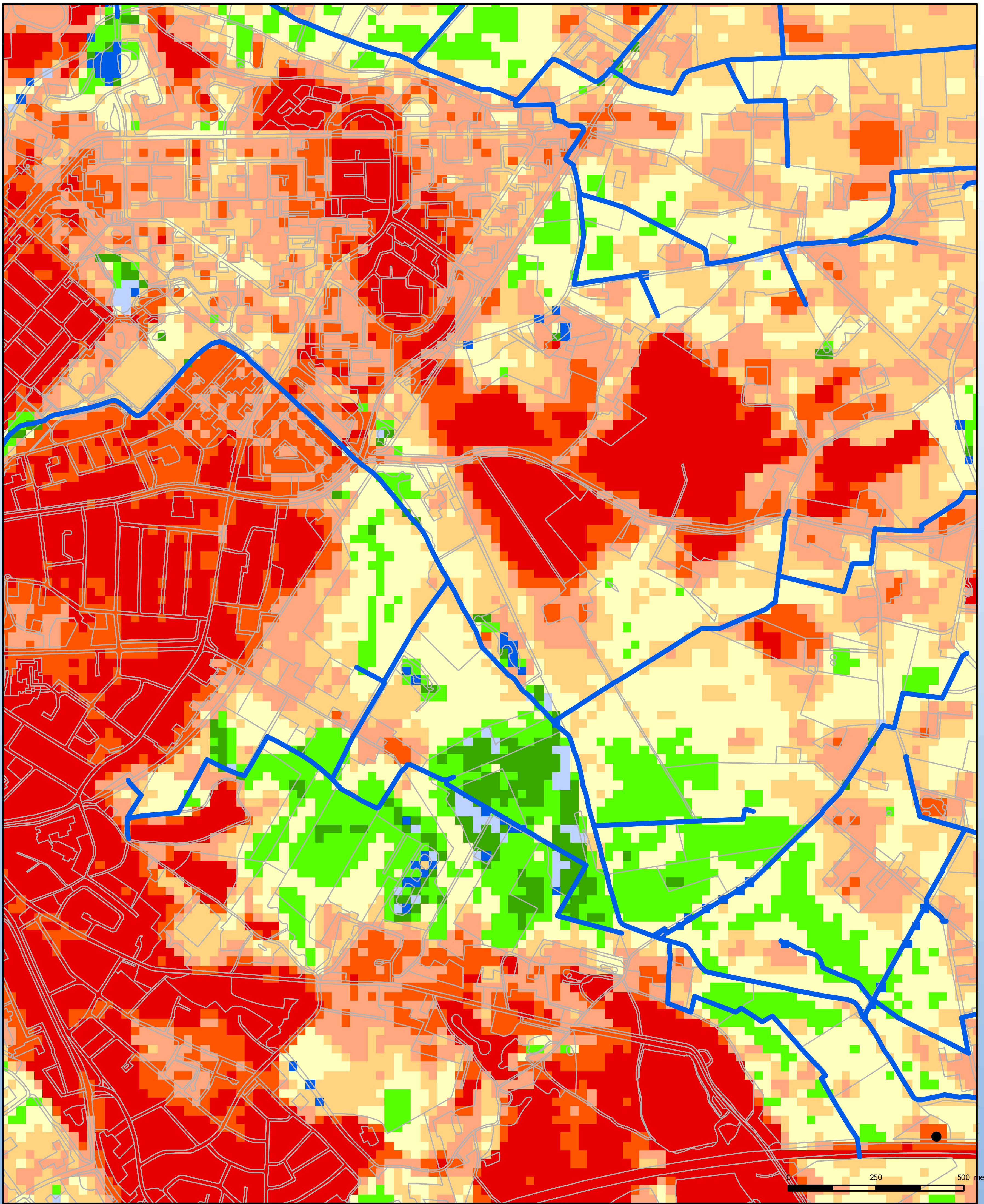


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GVG [m -mv]

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Kaart 2 Berekende GVG (huidig)

Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

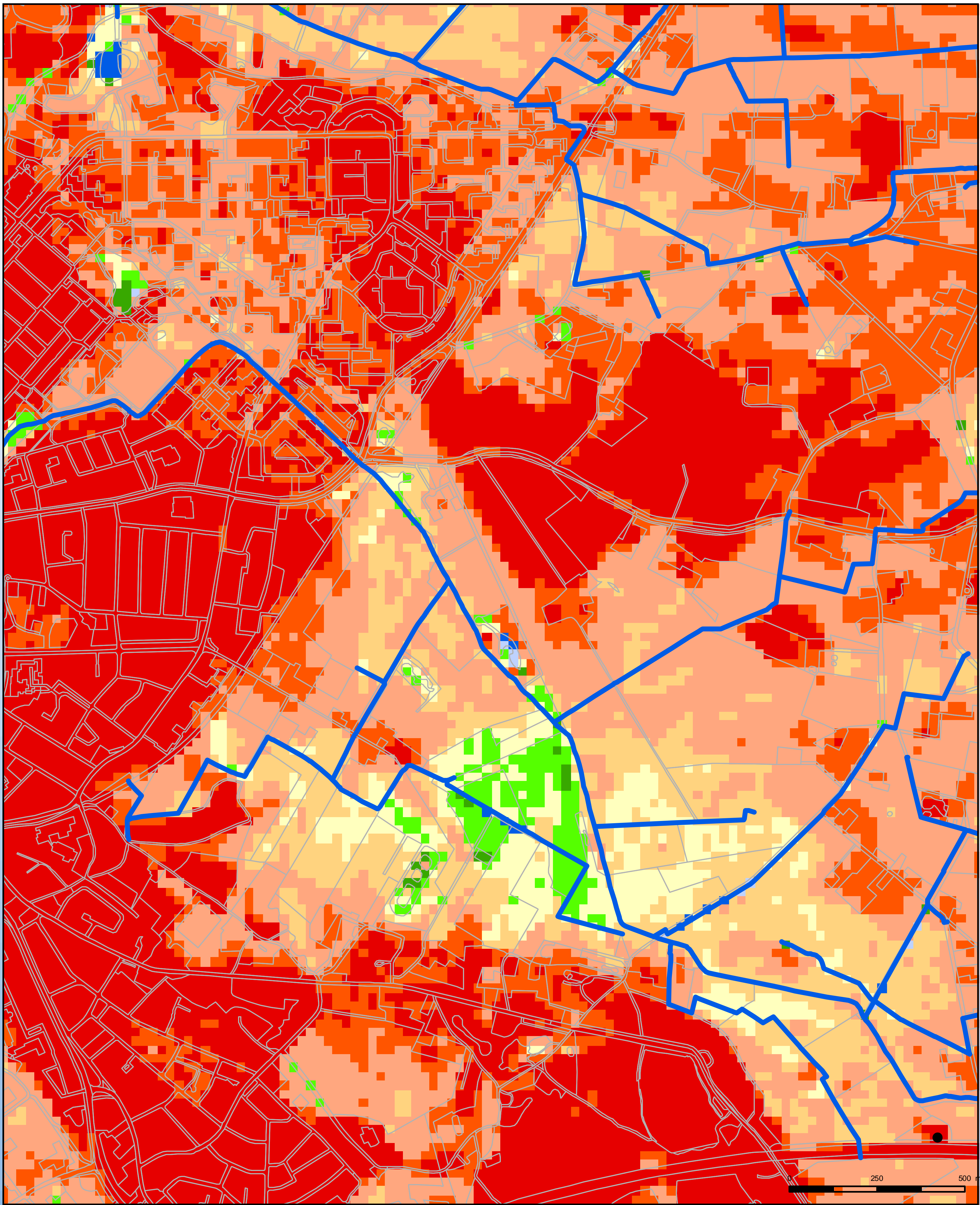


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GLG [m -mv]

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Kaart 3 Berekende GLG (huidig)

Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

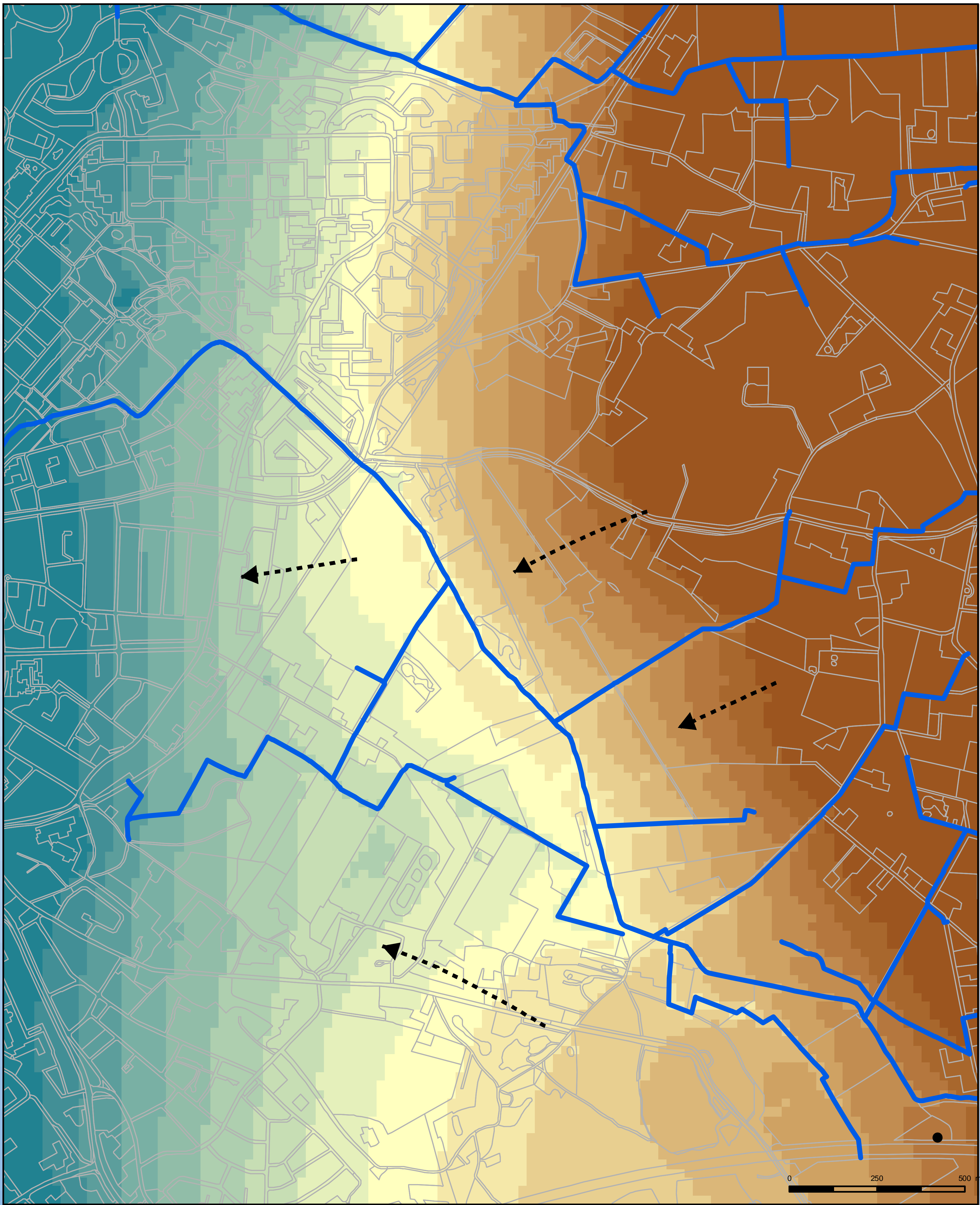


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|-------------|
| < 11.5 m NAP | 12.2 - 12.3 |
| 11.5 - 11.6 | 12.3 - 12.4 |
| 11.6 - 11.7 | 12.4 - 12.5 |
| 11.7 - 11.8 | 12.5 - 12.6 |
| 11.8 - 11.9 | 12.6 - 12.7 |
| 11.9 - 12 | 12.7 - 12.8 |
| 12 - 12.1 | 12.8 - 12.9 |
| 12.1 - 12.2 | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

- - - ► indicatie grondwaterstroming

Kaart 4a Langjarig gemiddelde grondwaterstand (huidig)

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

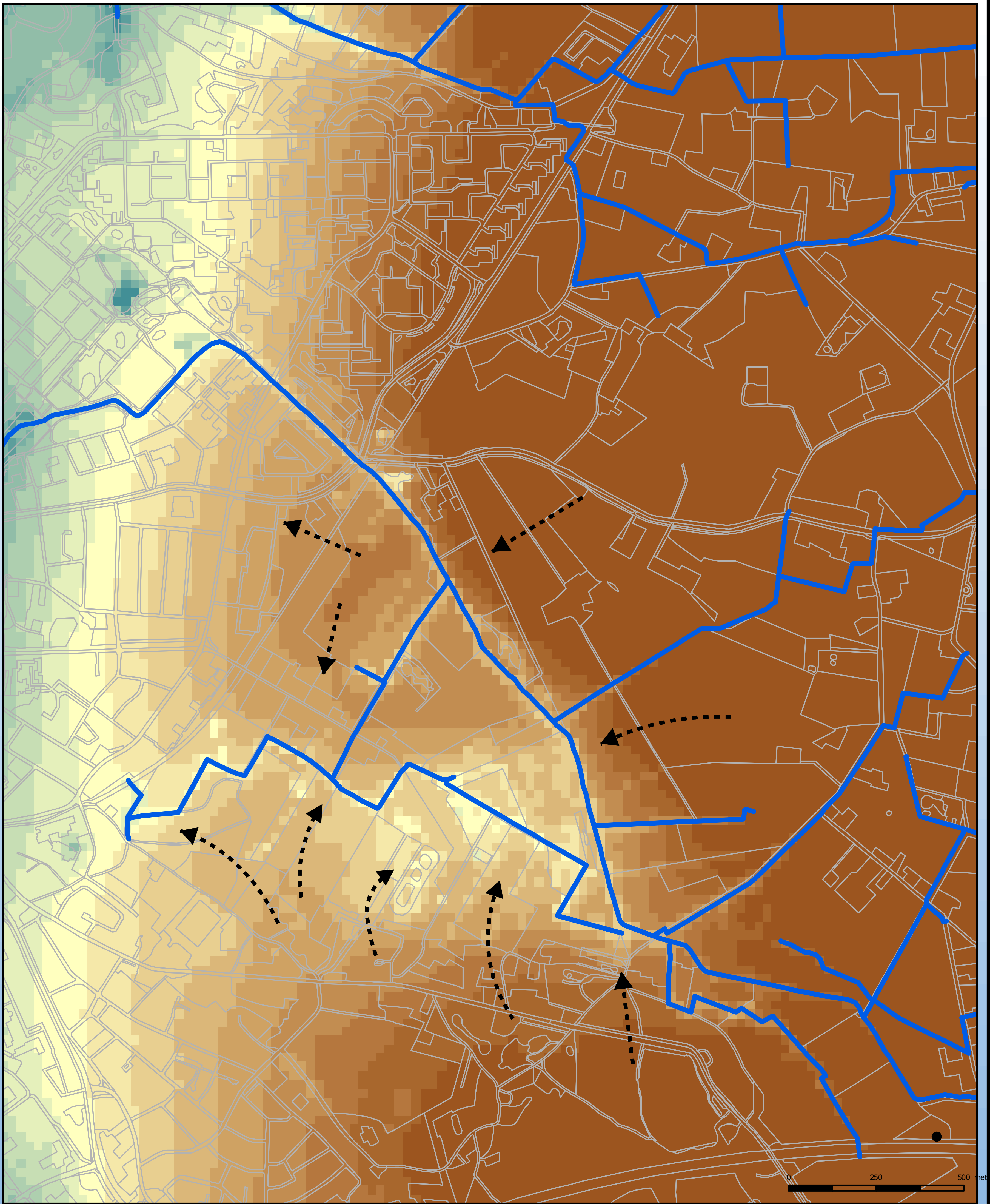


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| | |
|------------------------|-------------|
| Grondwaterstand | 12.2 - 12.3 |
| < 11.5 m NAP | 12.3 - 12.4 |
| 11.5 - 11.6 | 12.4 - 12.5 |
| 11.6 - 11.7 | 12.5 - 12.6 |
| 11.7 - 11.8 | 12.6 - 12.7 |
| 11.8 - 11.9 | 12.7 - 12.8 |
| 11.9 - 12 | 12.8 - 12.9 |
| 12 - 12.1 | 12.9 - 13 |
| 12.1 - 12.2 | > 13 m NAP |

- - - ► indicatie grondwaterstroming

Kaart 4b Grondwaterstand natte periode (huidig)

Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

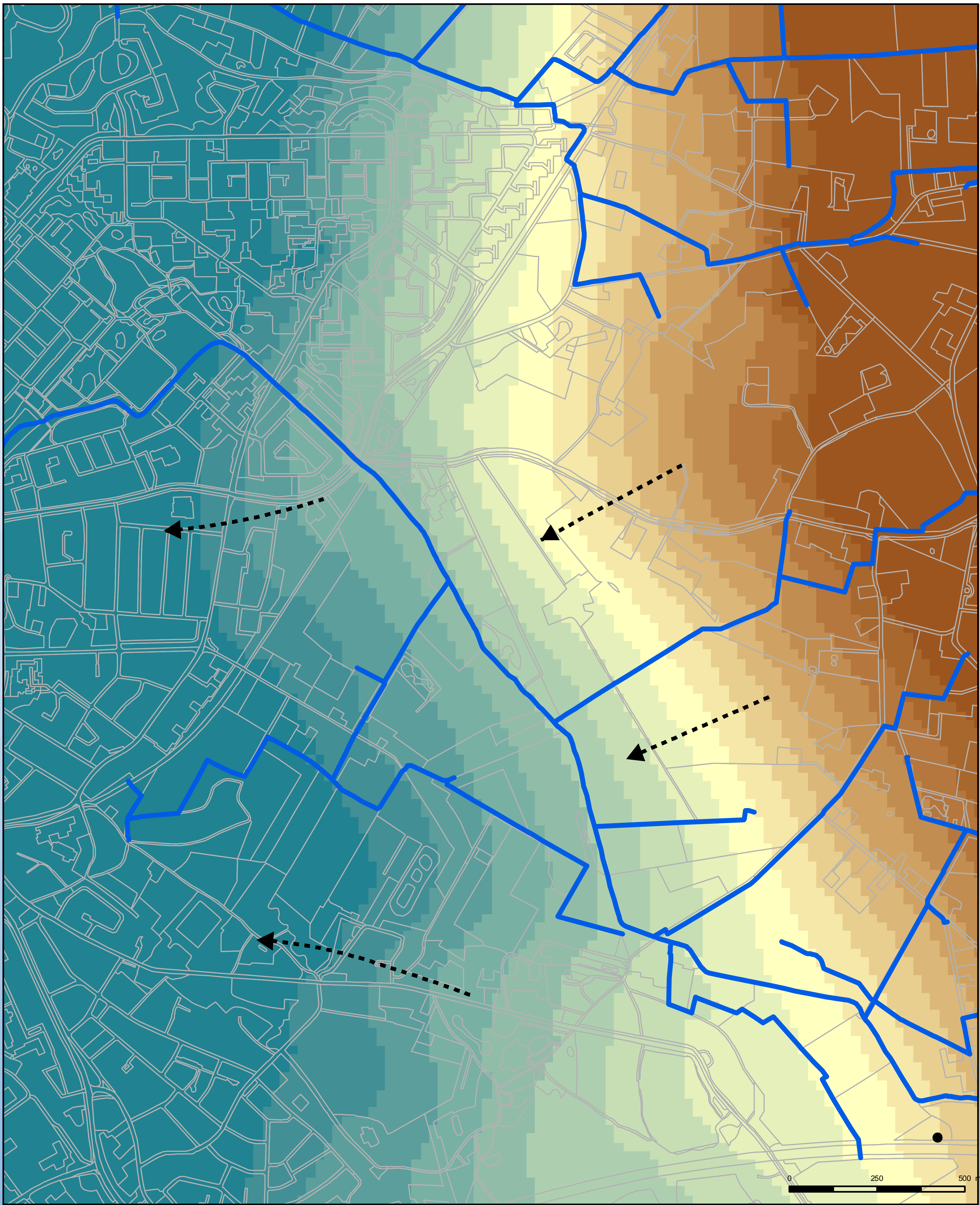


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|--------------|
| | < 11.5 m NAP |
| | 11.5 - 11.6 |
| | 11.6 - 11.7 |
| | 11.7 - 11.8 |
| | 11.8 - 11.9 |
| | 11.9 - 12 |
| | 12 - 12.1 |
| | 12.1 - 12.2 |
| | 12.2 - 12.3 |
| | 12.3 - 12.4 |
| | 12.4 - 12.5 |
| | 12.5 - 12.6 |
| | 12.6 - 12.7 |
| | 12.7 - 12.8 |
| | 12.8 - 12.9 |
| | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

---▶ indicatie grondwaterstroming

Kaart 4c Grondwaterstand droge periode (huidig)

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

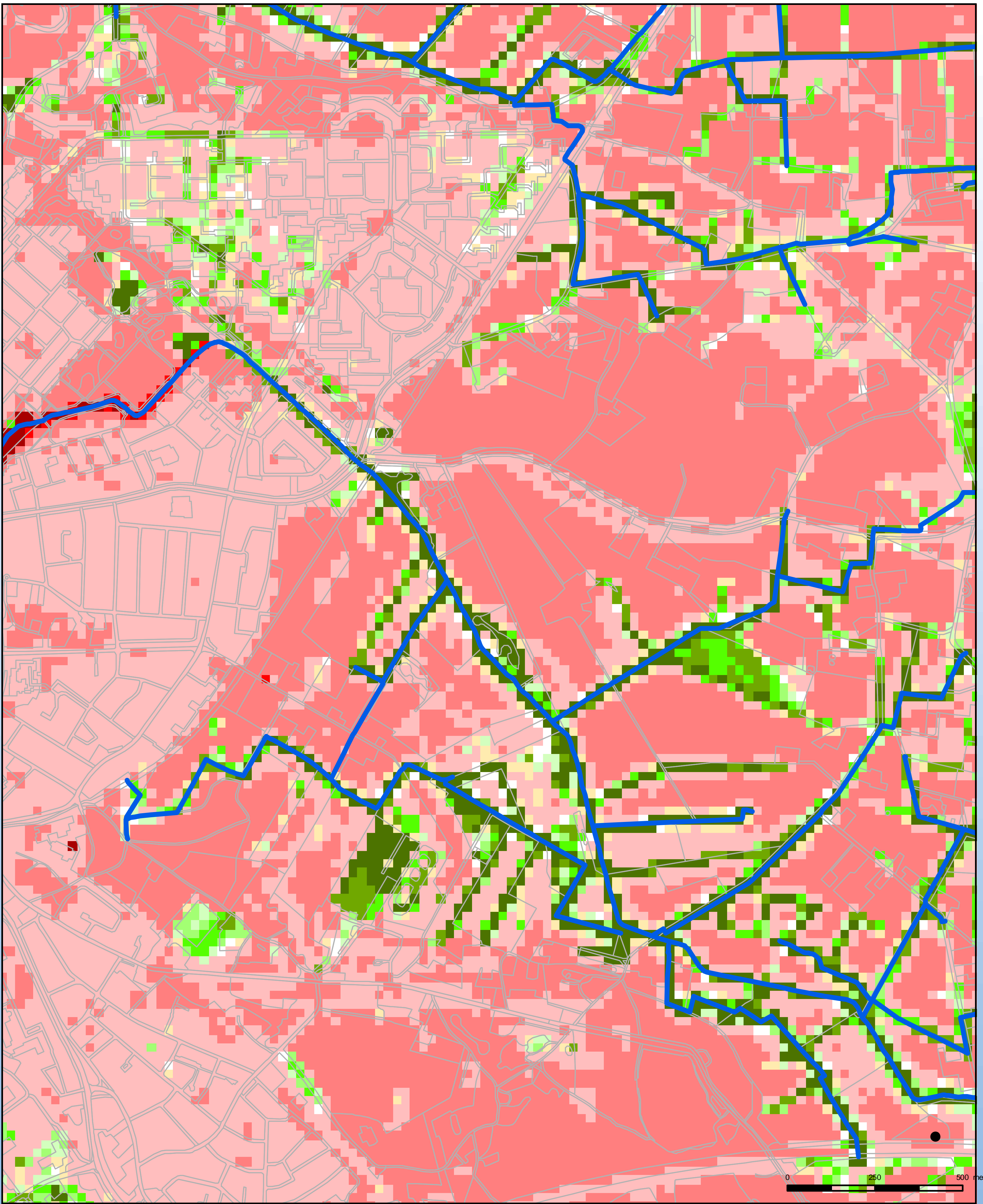


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Kwelflux [mm/dag]

- < -2 mm/dag (infiltratie)
- 2 - -1
- 1 - -0.5
- 0.5 - -0.2
- 0.2 - -0.05
- 0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 mm/dag (kwel)

Kaart 5a Langjarig gemiddelde kwelflux (huidig)

Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

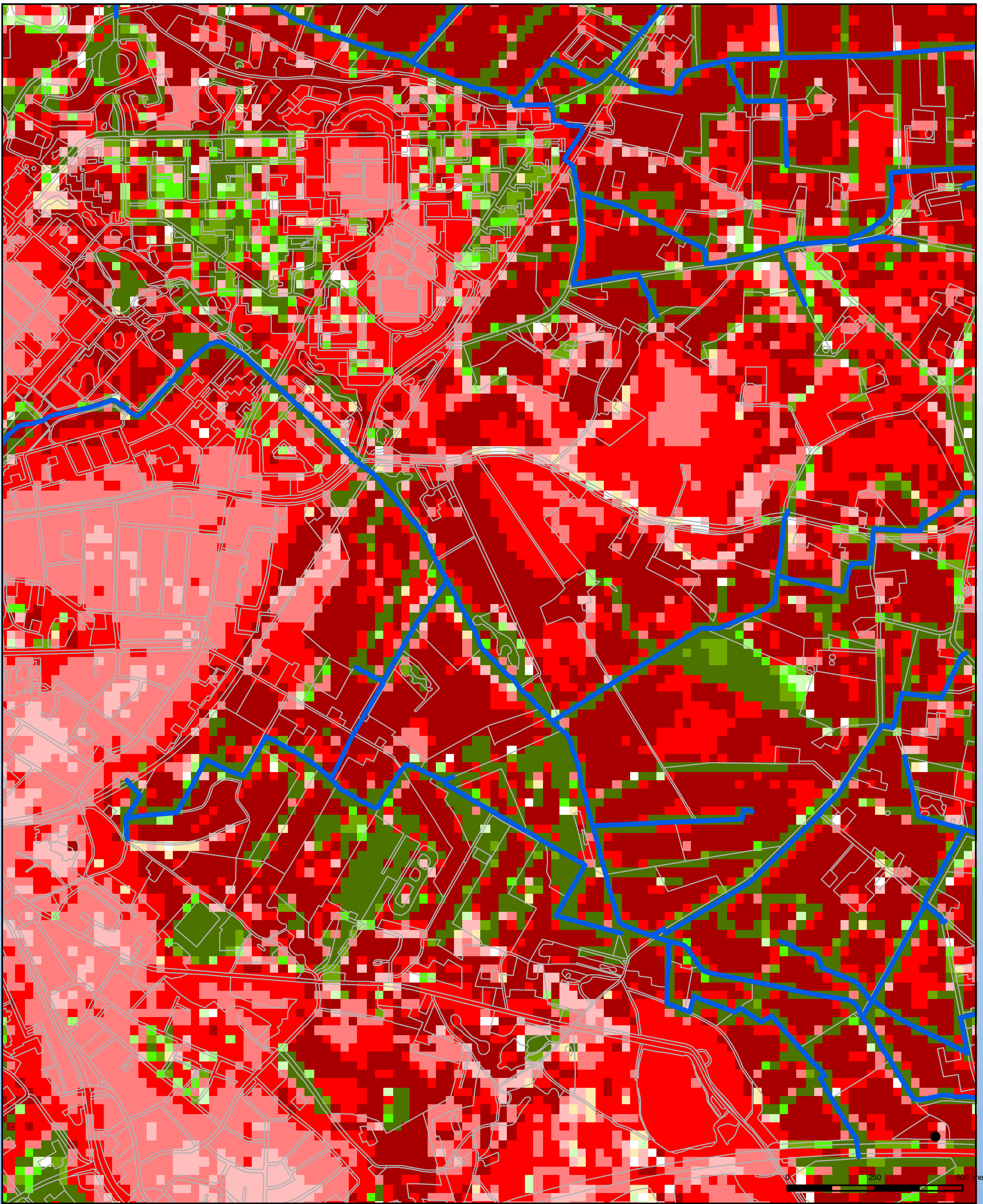


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



| Legenda | |
|-------------------|---------------------------|
| Kwelflux [mm/dag] | |
| | < -2 mm/dag (infiltratie) |
| | -2 - -1 |
| | -1 - -0.5 |
| | -0.5 - -0.2 |
| | -0.2 - -0.05 |
| | -0.05 - 0.05 |
| | 0.05 - 0.2 |
| | 0.2 - 0.5 |
| | 0.5 - 1 |
| | 1 - 2 |
| | > 2 mm/dag (kwel) |

Kaart 5b Kwelflux natte periode (huidig)
 Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

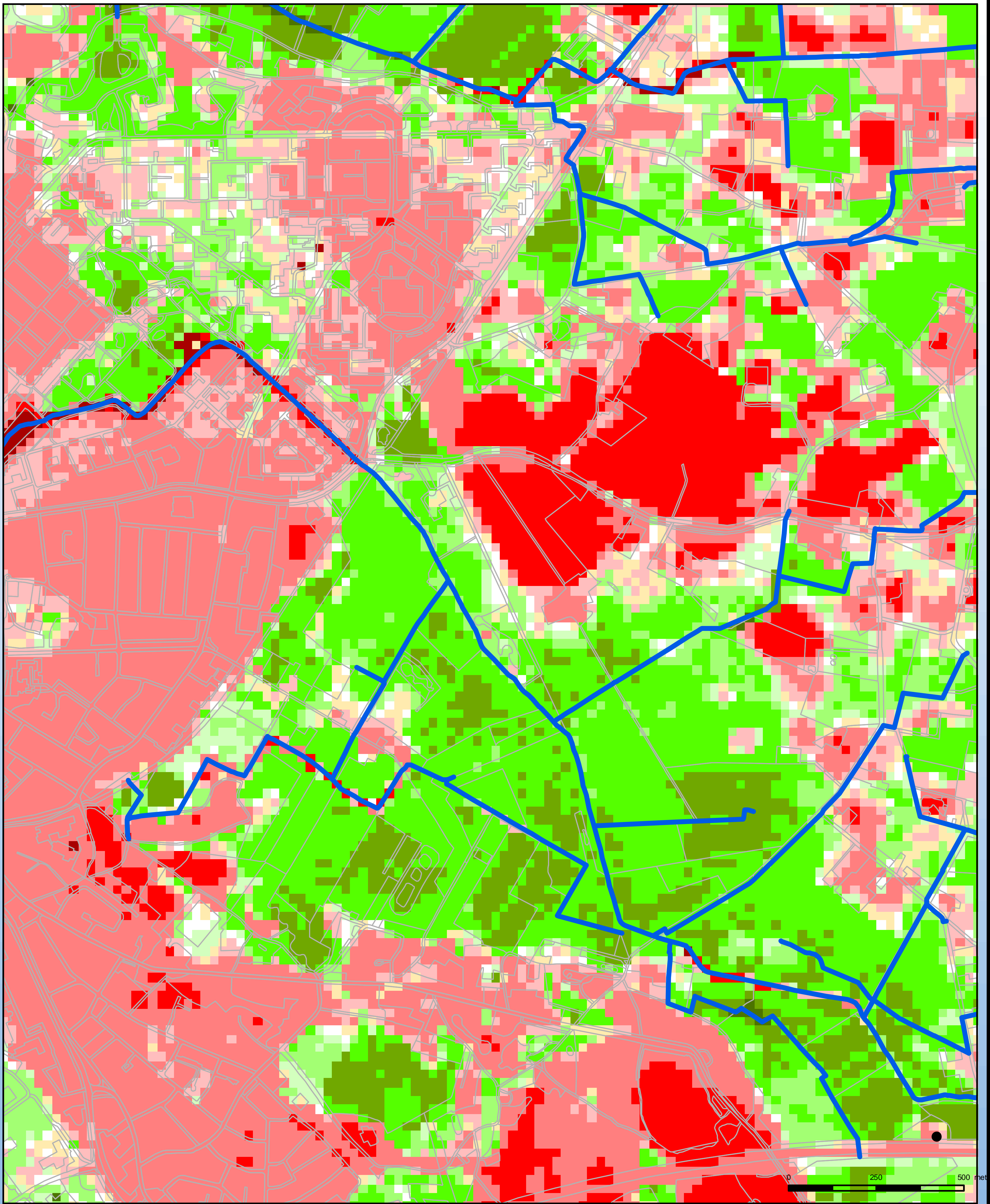
Datum : 18 februari 2009
 Get: MKr - Gec: PD
 Status: **DEFINITIEF**

Grontmij

Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P



Legenda

| Kwelflux [mm/dag] | |
|---|---------------------------|
| ■ | < -2 mm/dag (infiltratie) |
| ■ | -2 - -1 |
| ■ | -1 - -0.5 |
| ■ | -0.5 - -0.2 |
| ■ | -0.2 - -0.05 |
| ■ | -0.05 - 0.05 |
| ■ | 0.05 - 0.2 |
| ■ | 0.2 - 0.5 |
| ■ | 0.5 - 1 |
| ■ | 1 - 2 |
| ■ | > 2 mm/dag (kwel) |

Kaart 5c Kwelflux droge periode (huidig)
Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

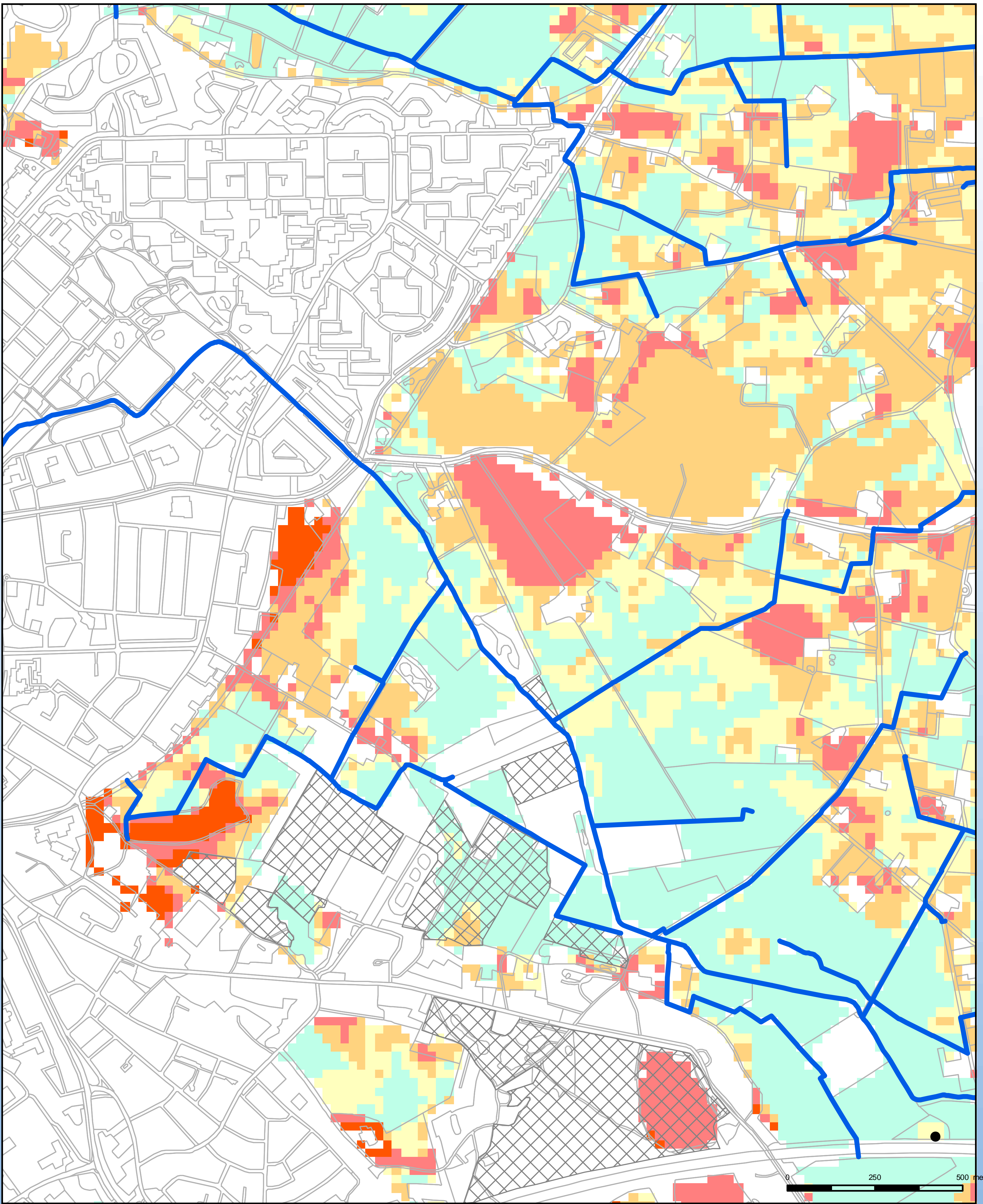


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Droogschade [%]

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 100
- Particulier natuurbeheer (SN-contracten)

Kaart 6 Droogschade landbouw
 Hydrologisch onderzoek de Zumpes

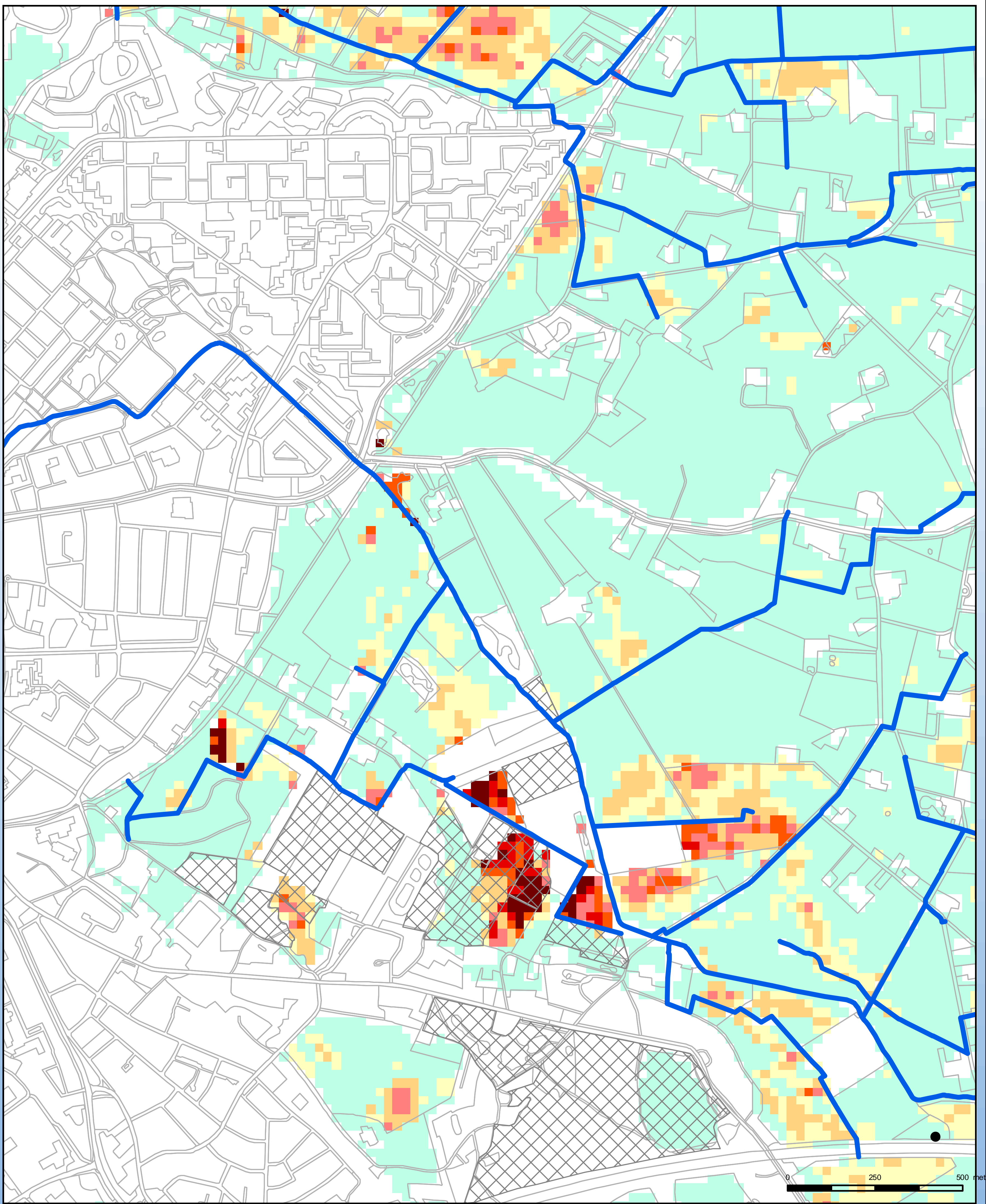
Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 5 maart 2009
 Get: MKr - Gec: PD
 Status: **DEFINITIEF**

Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P



Legenda

Natschade [%]

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50
- 50 - 100

Particulier natuurbeheer (SN-contracten)

Kaart 7 Natschade landbouw

Hydrologisch onderzoek de Zumpes

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 5 maart 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

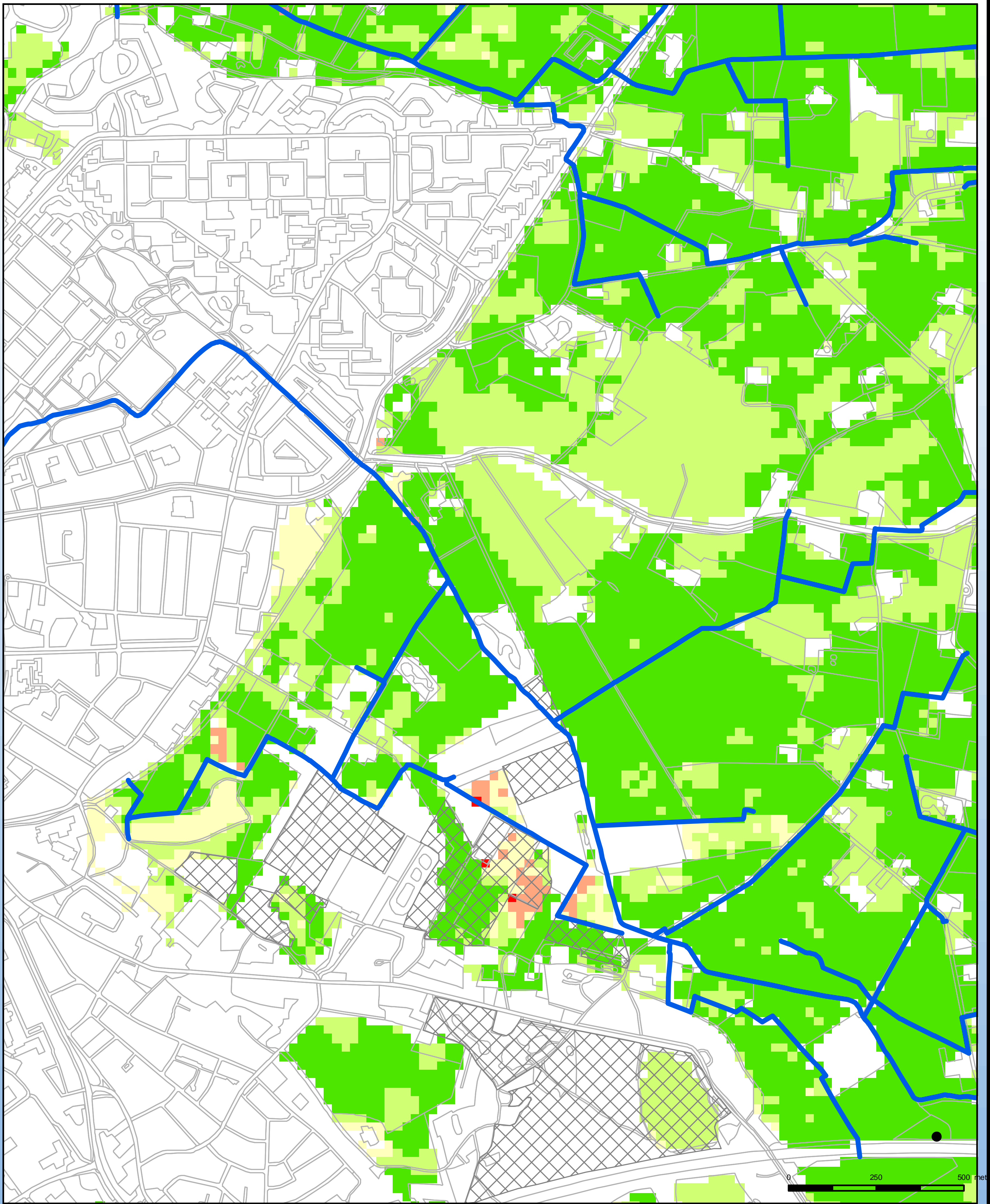


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Doelrealisatie [%]

- 0 - 25
- 25 - 50
- 50 - 70
- 70 - 85
- 85 - 100
- Particulier natuurbeheer (SN-contracten)

Kaart 8 Doelrealisatie landbouw

Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 5 maart 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

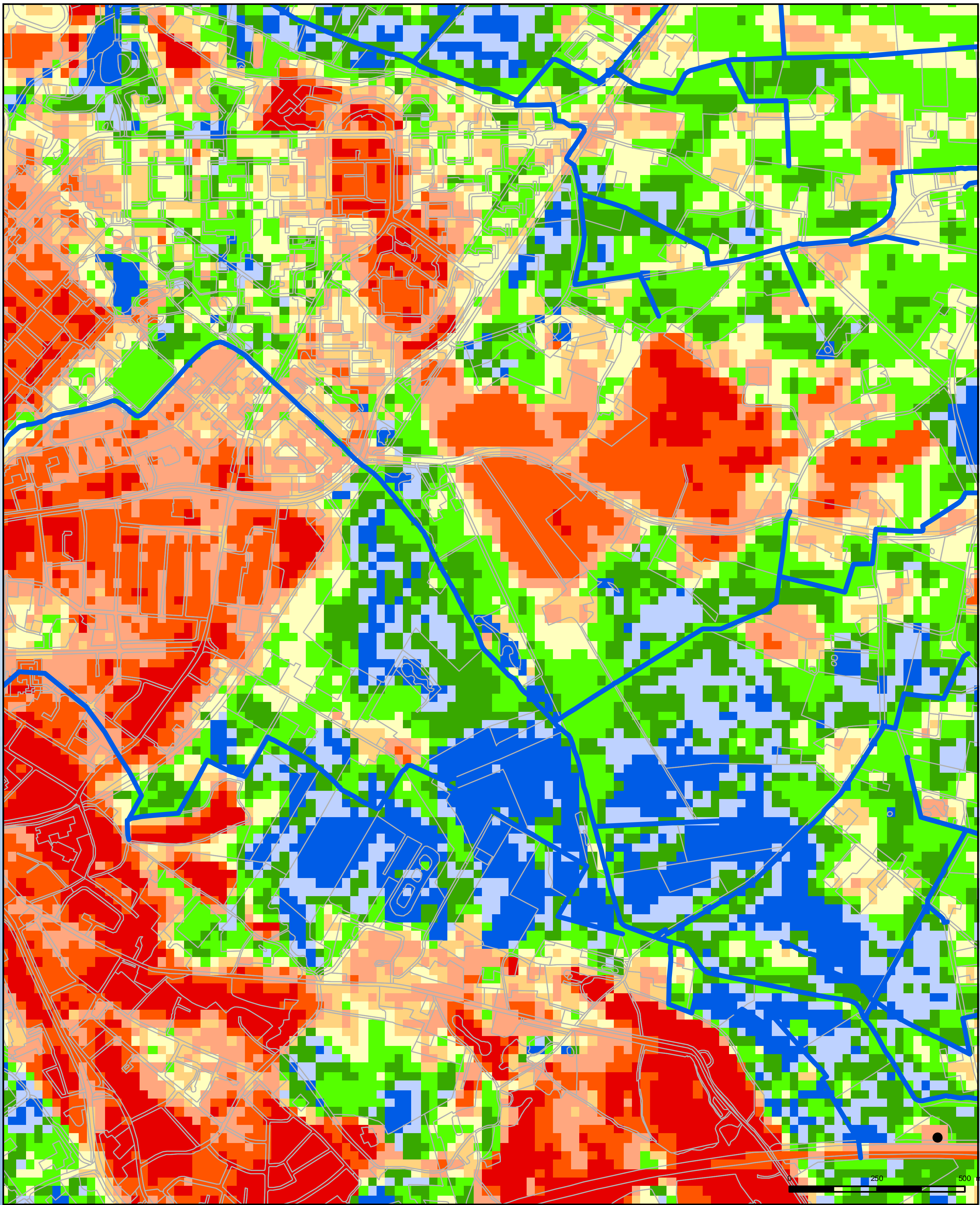


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GHG

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Watersysteem rond 1900
Kaart 9a GHG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

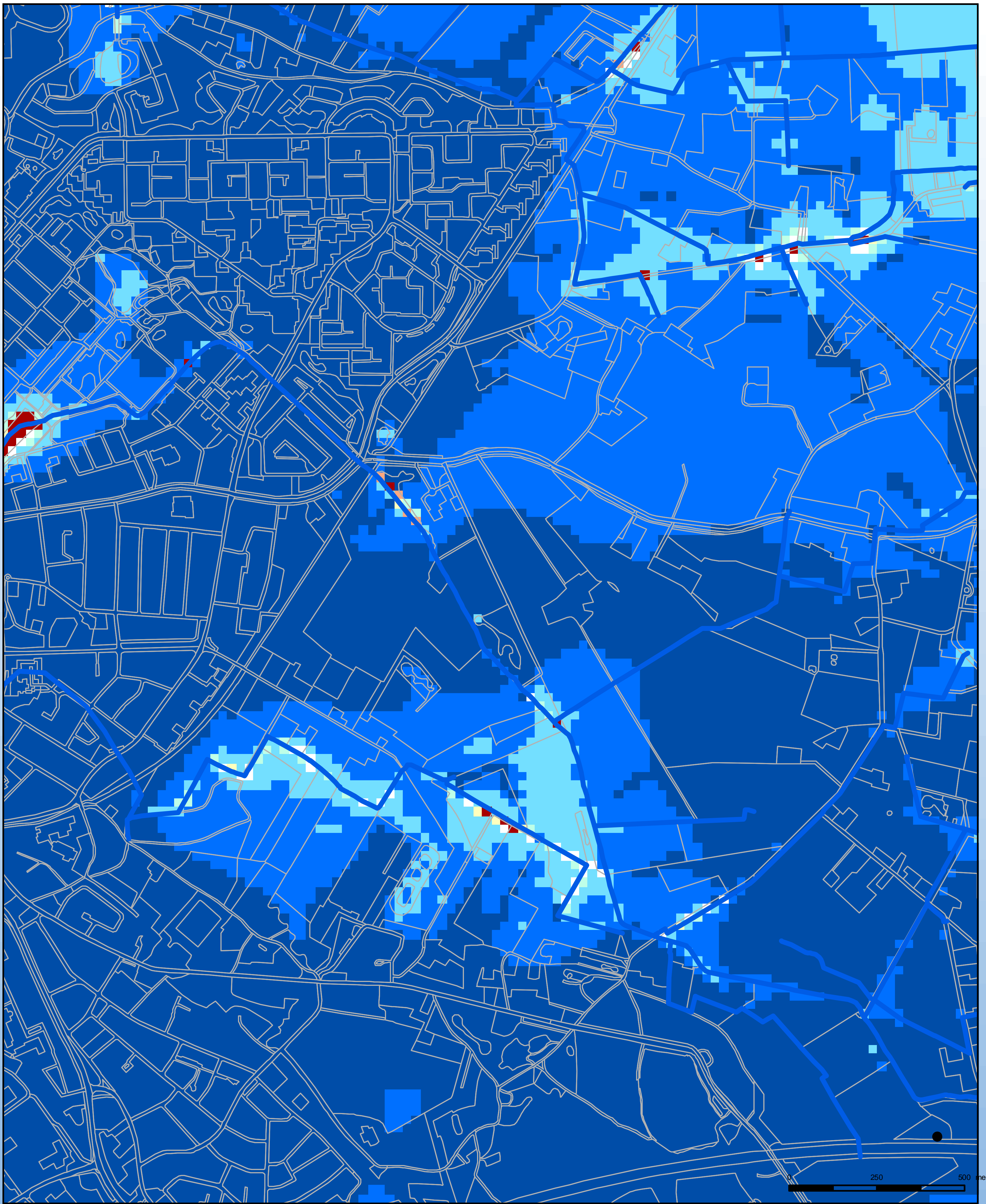


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect GHG

- 0,30 - 0,40 m (droger)
- 0,20 - 0,30
- 0,10 - 0,20
- 0,05 - 0,10
- effect < 0,05 m
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40 m (natter)

Watersysteem rond 1900
Kaart 9b Effect GHG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

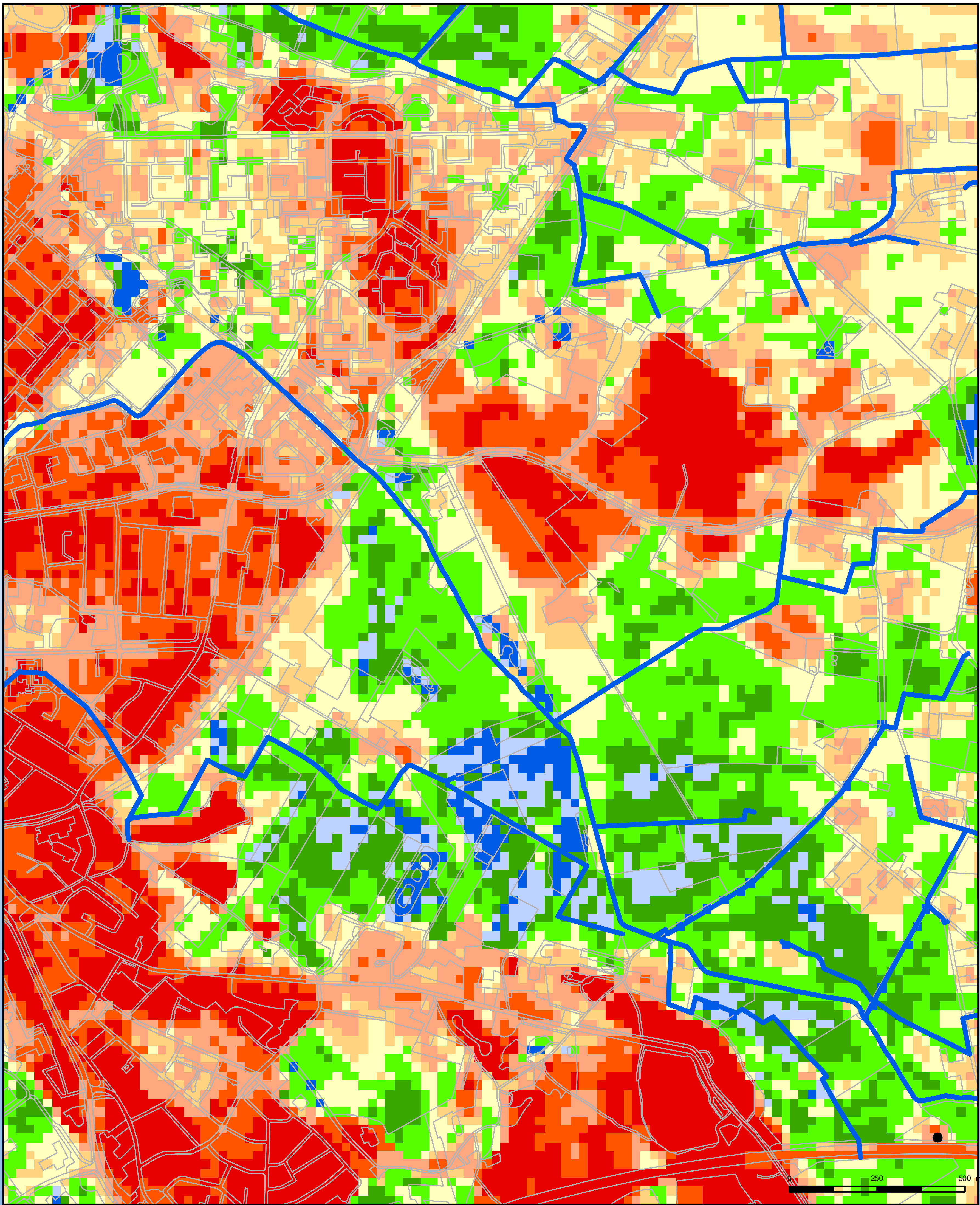


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GVG

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Watersysteem rond 1900

Kaart 10a GVG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

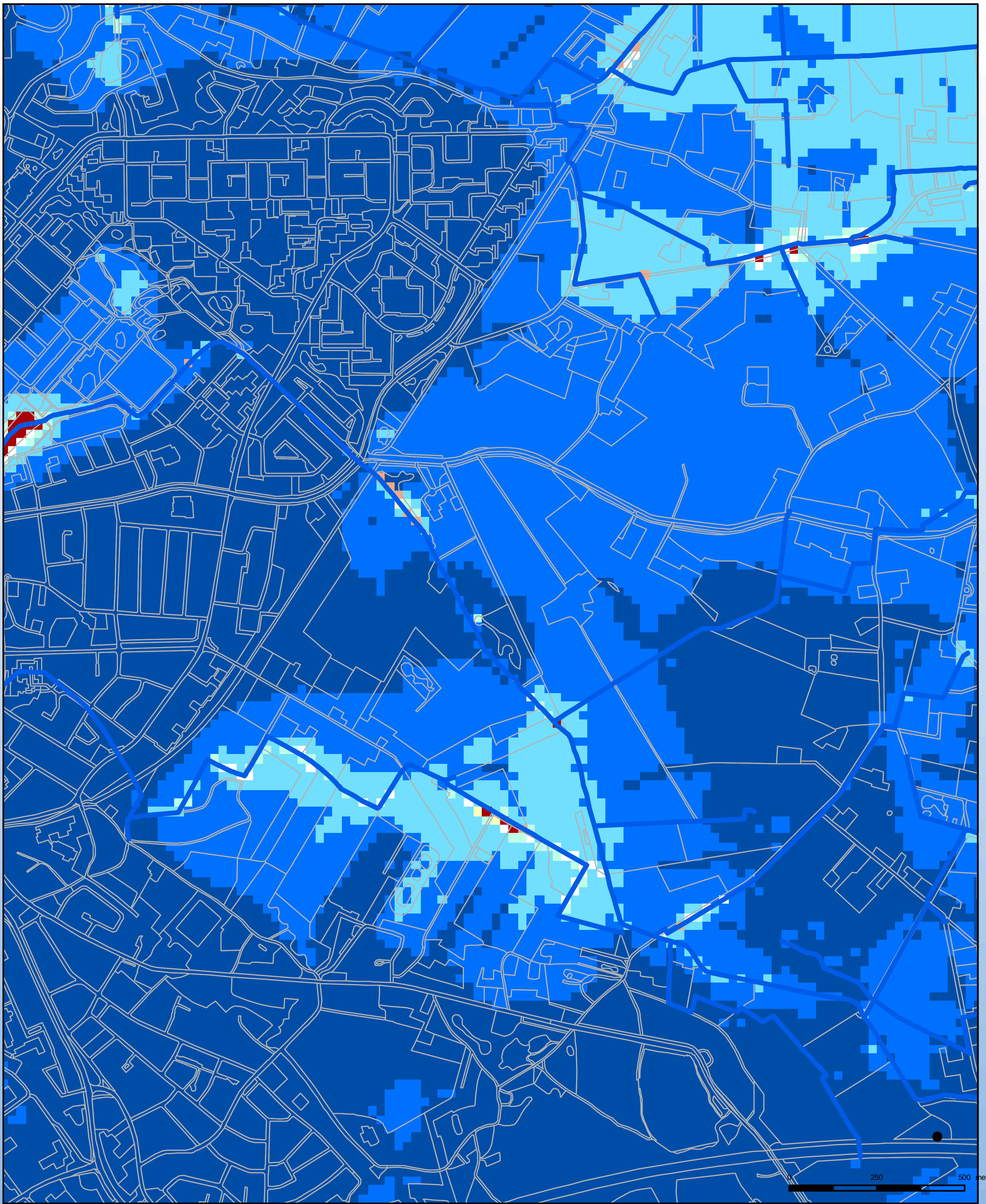


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect GVG

- 0,30 - 0,40 m (droger)
- 0,20 - 0,30
- 0,10 - 0,20
- 0,05 - 0,10
- effect < 0,05 m
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40 m (natter)

Watersysteem rond 1900

Kaart 10b Effect GVG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

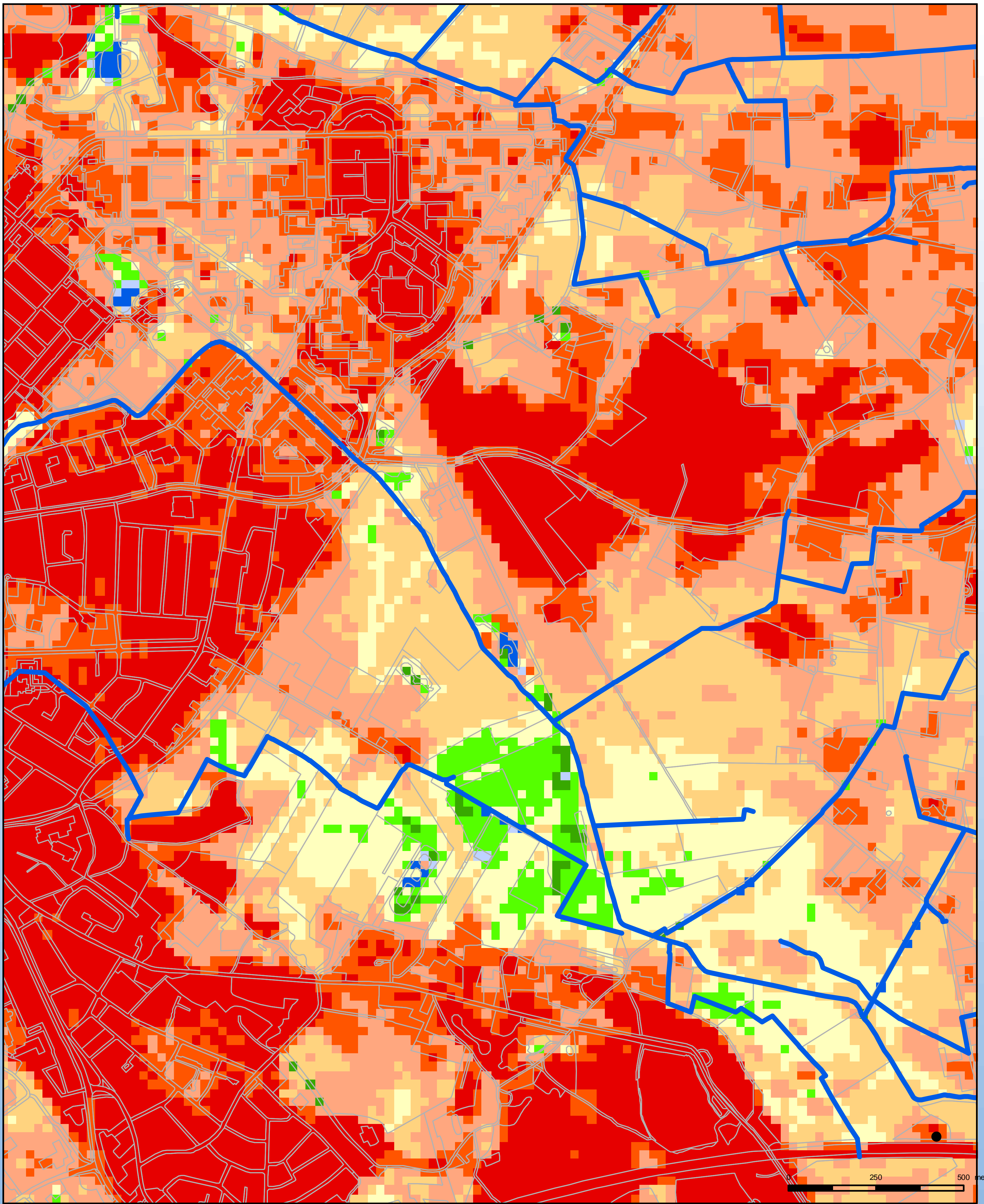


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GLG

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Watersysteem rond 1900

Kaart 11a GLG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Oprichtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

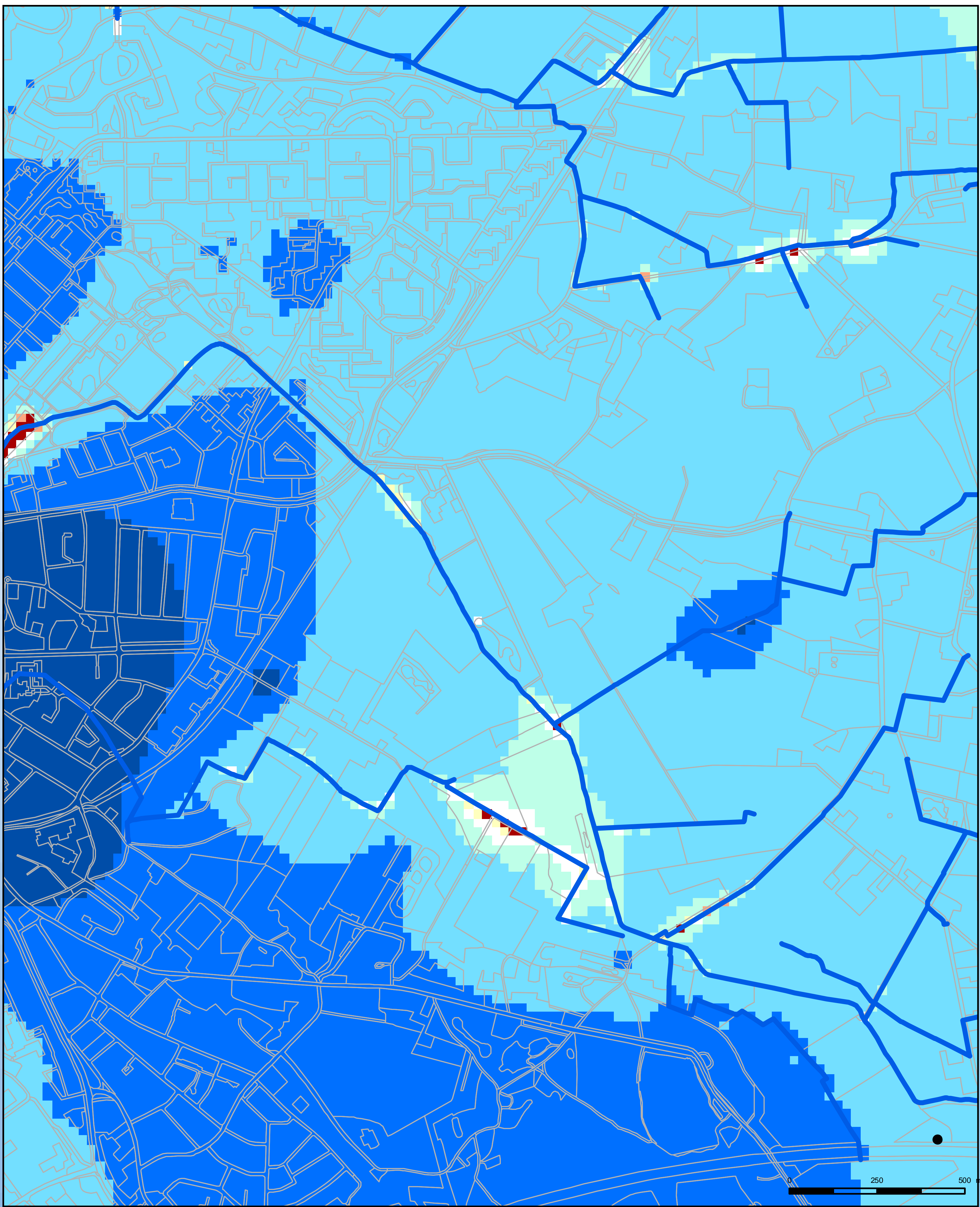


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect GLG

- 0,30 - 0,40 m (droger)
- 0,20 - 0,30
- 0,10 - 0,20
- 0,05 - 0,10
- effect < 0,05 m
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40 m (natter)

Watersysteem rond 1900
Kaart 11b Effect GLG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

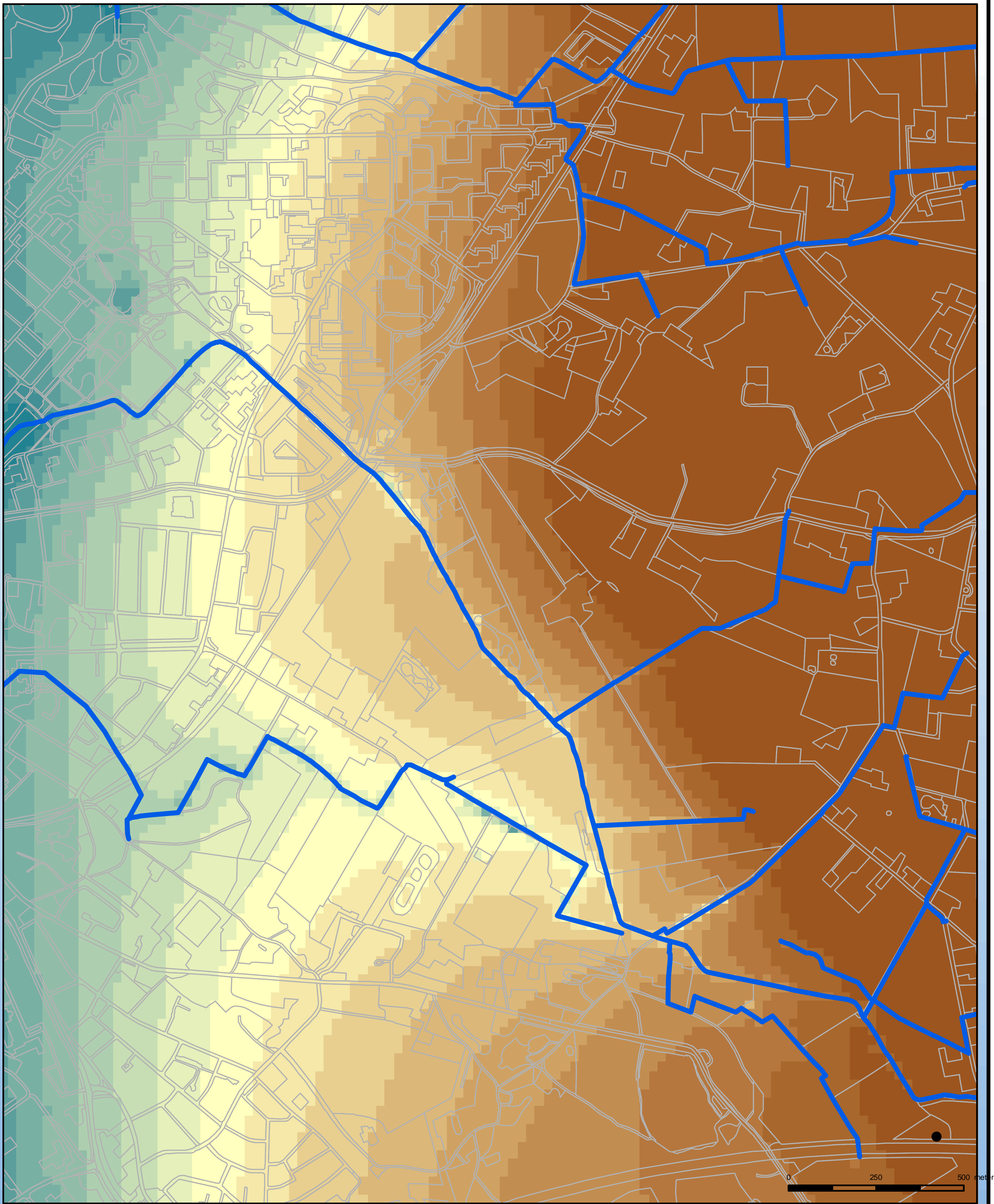


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|--------------|
| | < 11.5 m NAP |
| | 11.5 - 11.6 |
| | 11.6 - 11.7 |
| | 11.7 - 11.8 |
| | 11.8 - 11.9 |
| | 11.9 - 12 |
| | 12 - 12.1 |
| | 12.1 - 12.2 |
| | 12.2 - 12.3 |
| | 12.3 - 12.4 |
| | 12.4 - 12.5 |
| | 12.5 - 12.6 |
| | 12.6 - 12.7 |
| | 12.7 - 12.8 |
| | 12.8 - 12.9 |
| | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

Watersysteem rond 1900
Kaart 12a Langjarig gem. grondwaterstand

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

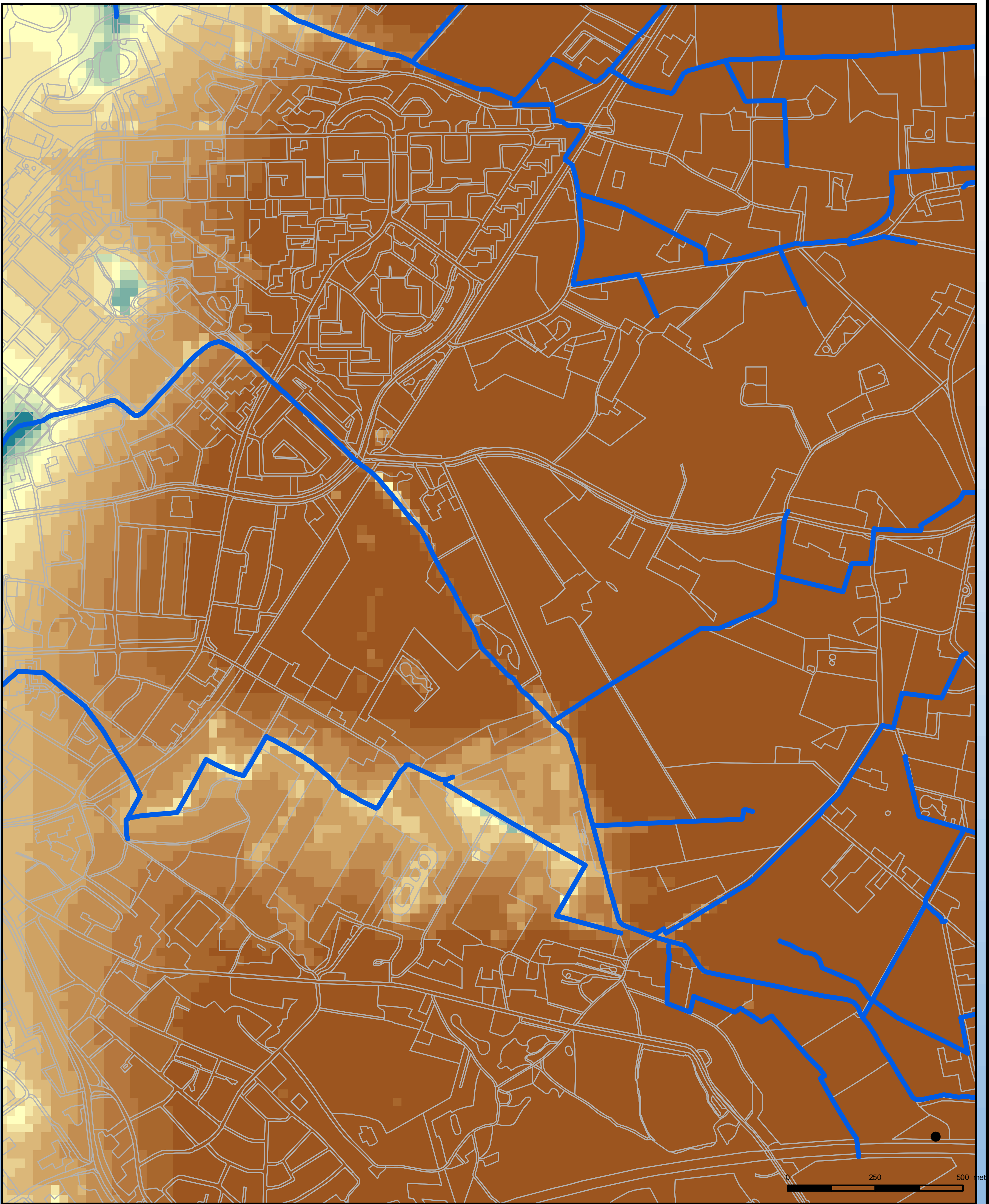


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|--------------|
| | < 11.5 m NAP |
| | 11.5 - 11.6 |
| | 11.6 - 11.7 |
| | 11.7 - 11.8 |
| | 11.8 - 11.9 |
| | 11.9 - 12 |
| | 12 - 12.1 |
| | 12.1 - 12.2 |
| | 12.2 - 12.3 |
| | 12.3 - 12.4 |
| | 12.4 - 12.5 |
| | 12.5 - 12.6 |
| | 12.6 - 12.7 |
| | 12.7 - 12.8 |
| | 12.8 - 12.9 |
| | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

Watersysteem rond 1900
Kaart 12b Grondwaterstand natte periode

Hydrologisch onderzoek de Zumppe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

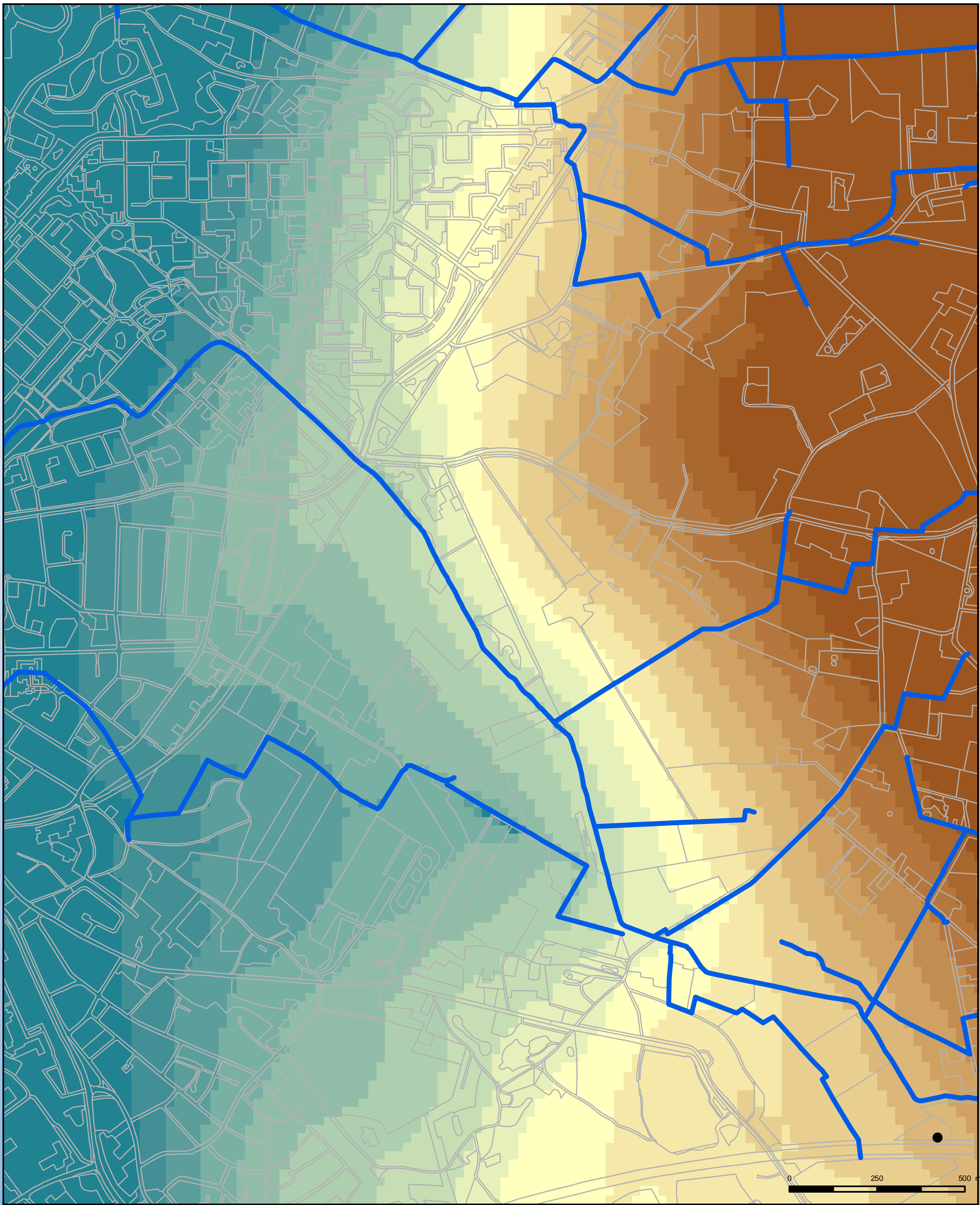


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|--------------|
| | < 11.5 m NAP |
| | 11.5 - 11.6 |
| | 11.6 - 11.7 |
| | 11.7 - 11.8 |
| | 11.8 - 11.9 |
| | 11.9 - 12 |
| | 12 - 12.1 |
| | 12.1 - 12.2 |
| | 12.2 - 12.3 |
| | 12.3 - 12.4 |
| | 12.4 - 12.5 |
| | 12.5 - 12.6 |
| | 12.6 - 12.7 |
| | 12.7 - 12.8 |
| | 12.8 - 12.9 |
| | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

Watersysteem rond 1900
Kaart 12c Grondwaterstand droge periode

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

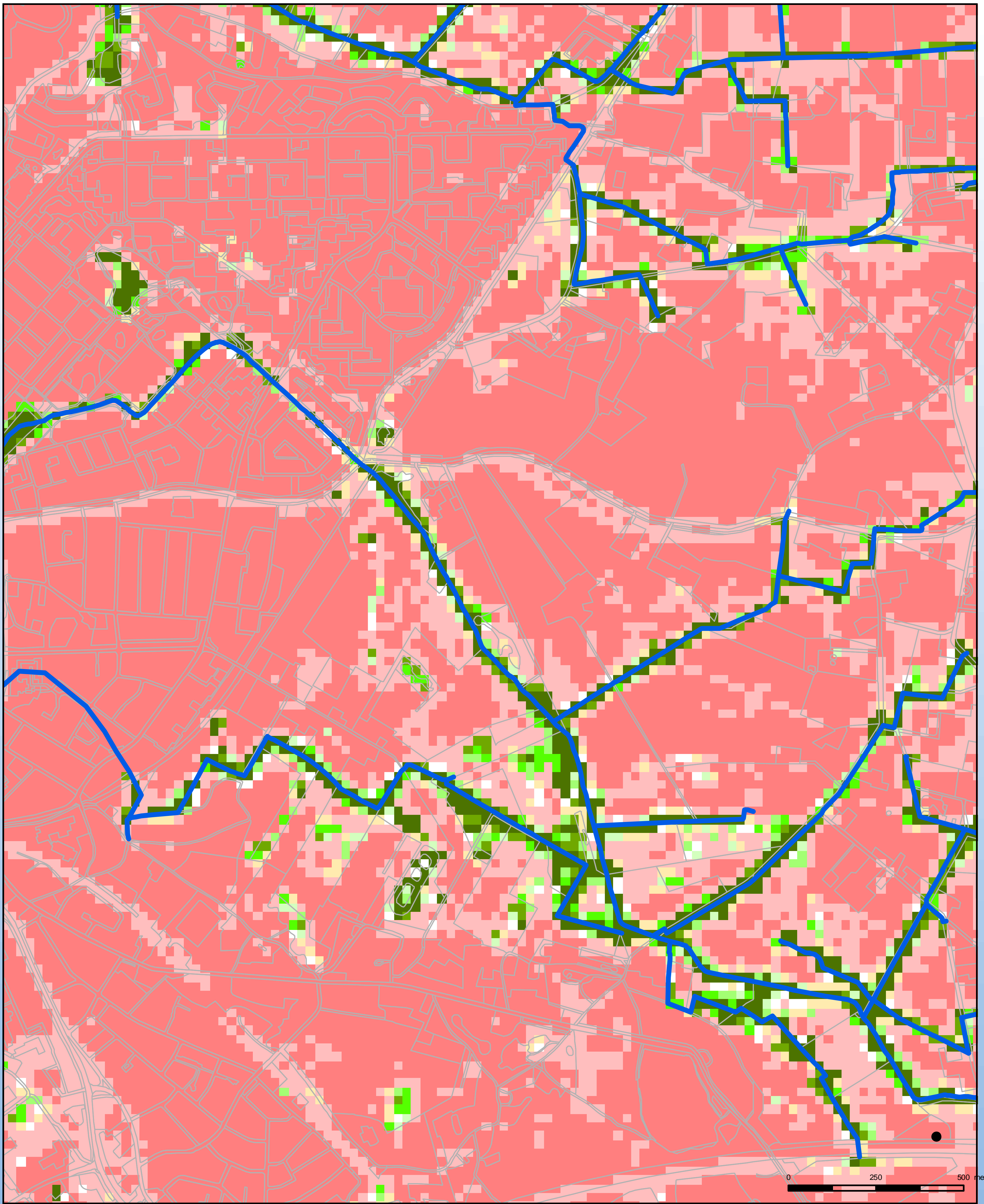


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Kwelflux [mm/dag] | |
|--|---------------------------|
| ■ | < -2 mm/dag (infiltratie) |
| ■ | -2 - -1 |
| ■ | -1 - -0.5 |
| ■ | -0.5 - -0.2 |
| ■ | -0.2 - -0.05 |
| ■ | -0.05 - 0.05 |
| ■ | 0.05 - 0.2 |
| ■ | 0.2 - 0.5 |
| ■ | 0.5 - 1 |
| ■ | 1 - 2 |
| ■ | > 2 mm/dag (kwel) |

Watersysteem rond 1900
Kaart 13a Langjarig gemiddelde kwelflux

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

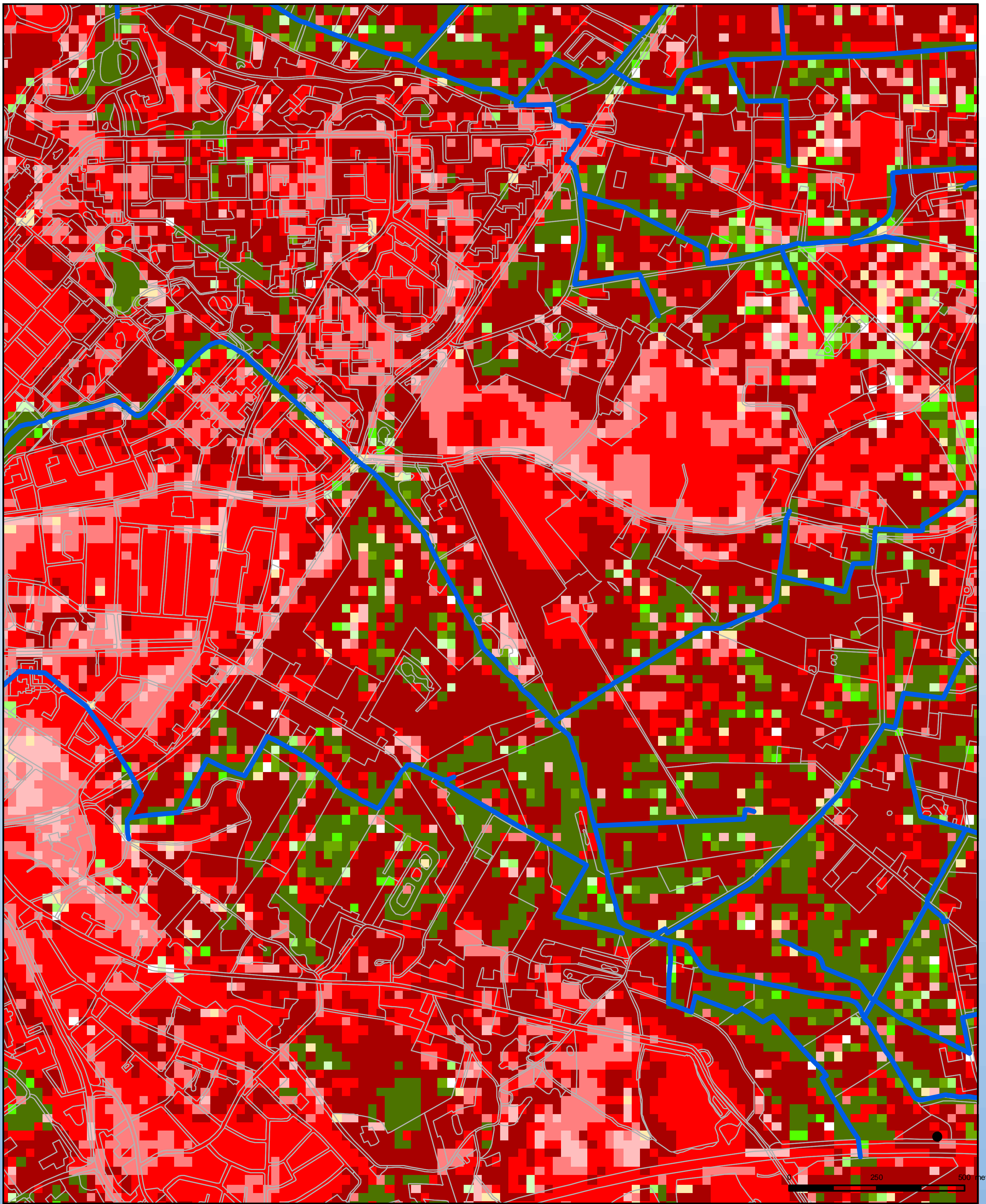


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Kwelflux [mm/dag]

- < -2 mm/dag (infiltratie)
- 2 - -1
- 1 - -0.5
- 0.5 - -0.2
- 0.2 - -0.05
- 0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 mm/dag (kwel)

Watersysteem rond 1900
Kaart 13b Kwelflux natte periode

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

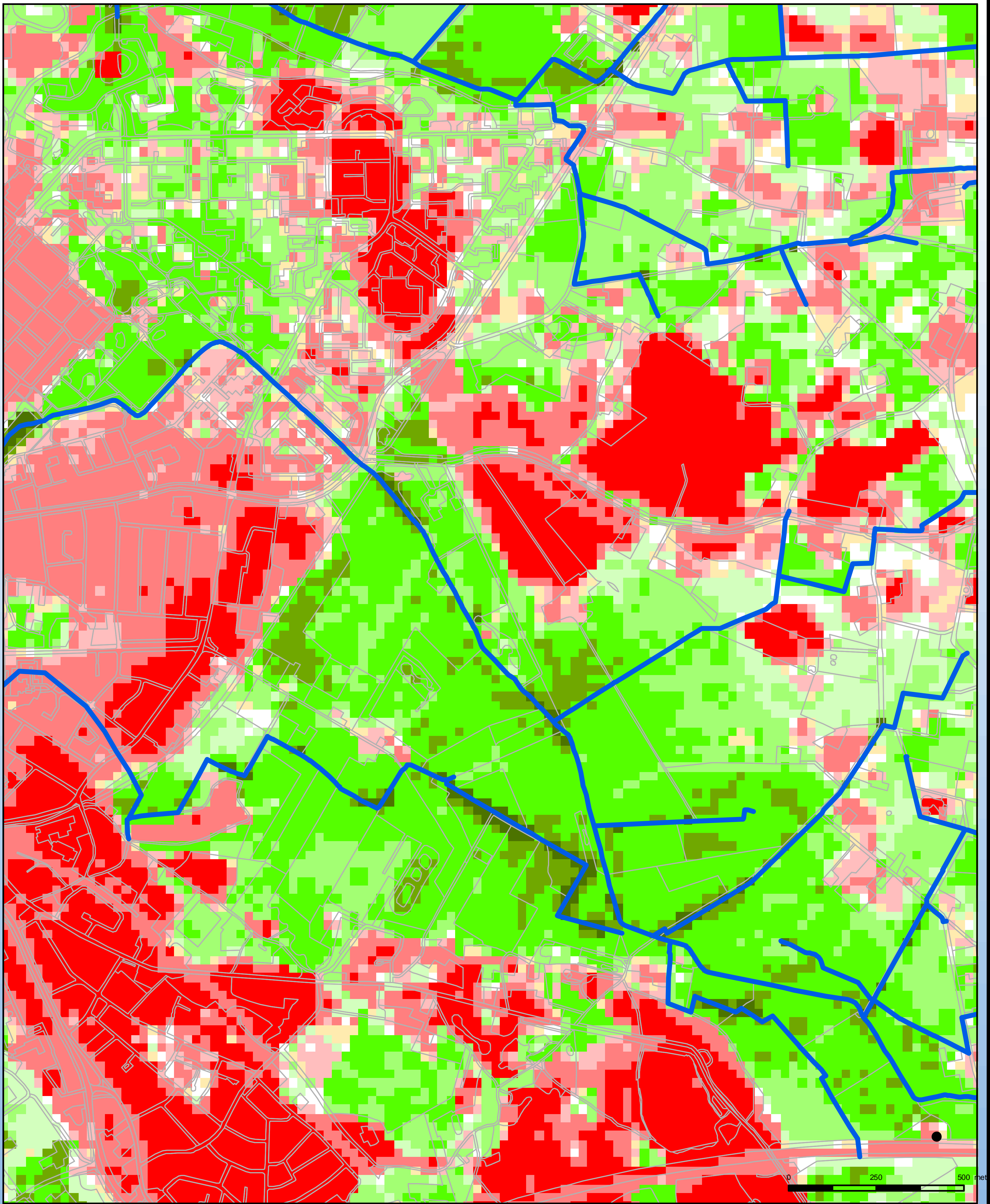


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Kwelflux [mm/dag]

- < -2 mm/dag (infiltratie)
- 2 - -1
- 1 - -0.5
- 0.5 - -0.2
- 0.2 - -0.05
- 0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 mm/dag (kwel)

Watersysteem rond 1900
Kaart 13c Kwelflux droge periode

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

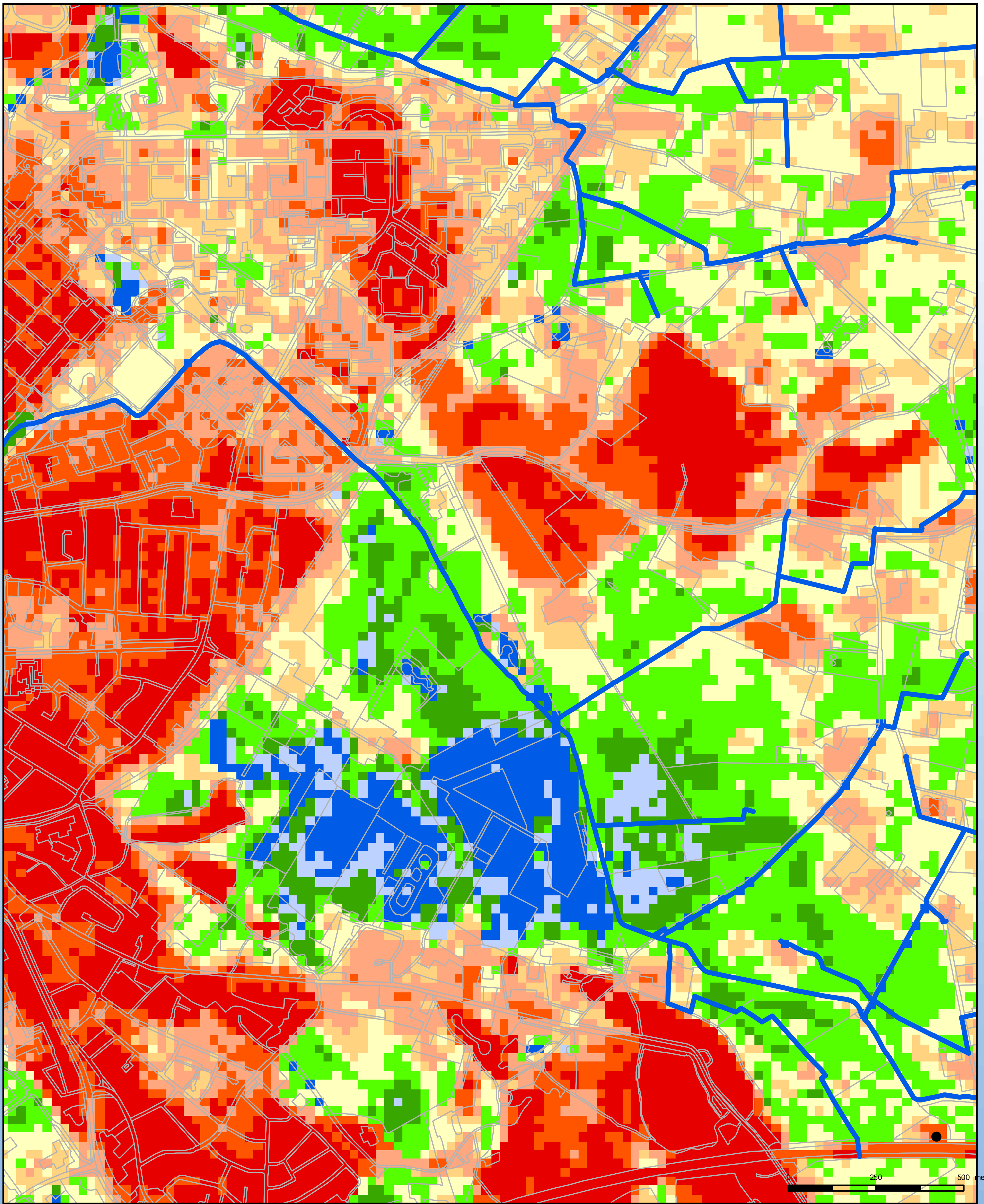


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GHG

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 14a GHG

Hydrologisch onderzoek de Zume

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

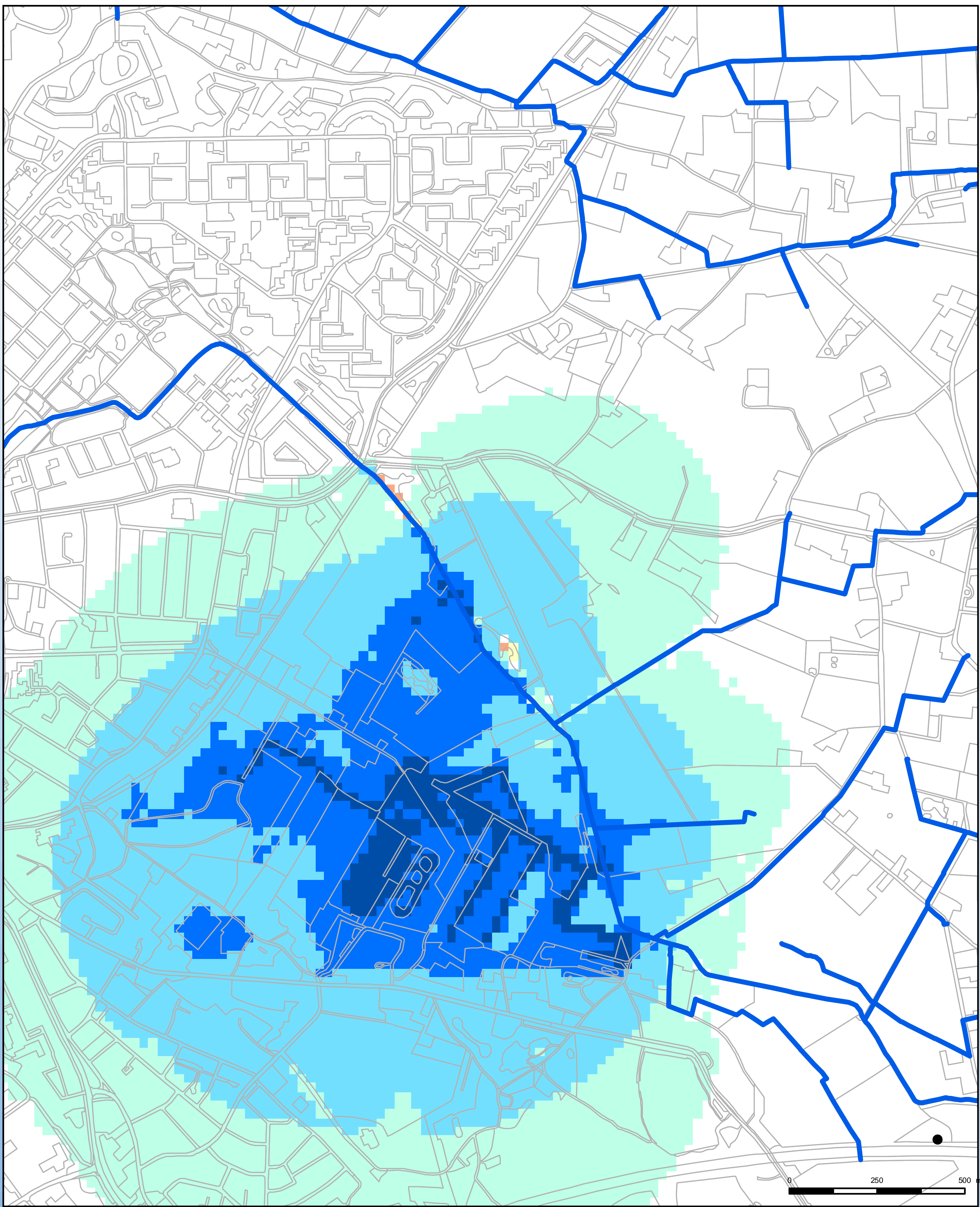


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect GHG

- 0,30 - 0,40 m (droger)
- 0,20 - 0,30
- 0,10 - 0,20
- 0,05 - 0,10
- effect < 0,05 m
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40 m (natter)

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 14b Effect GHG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

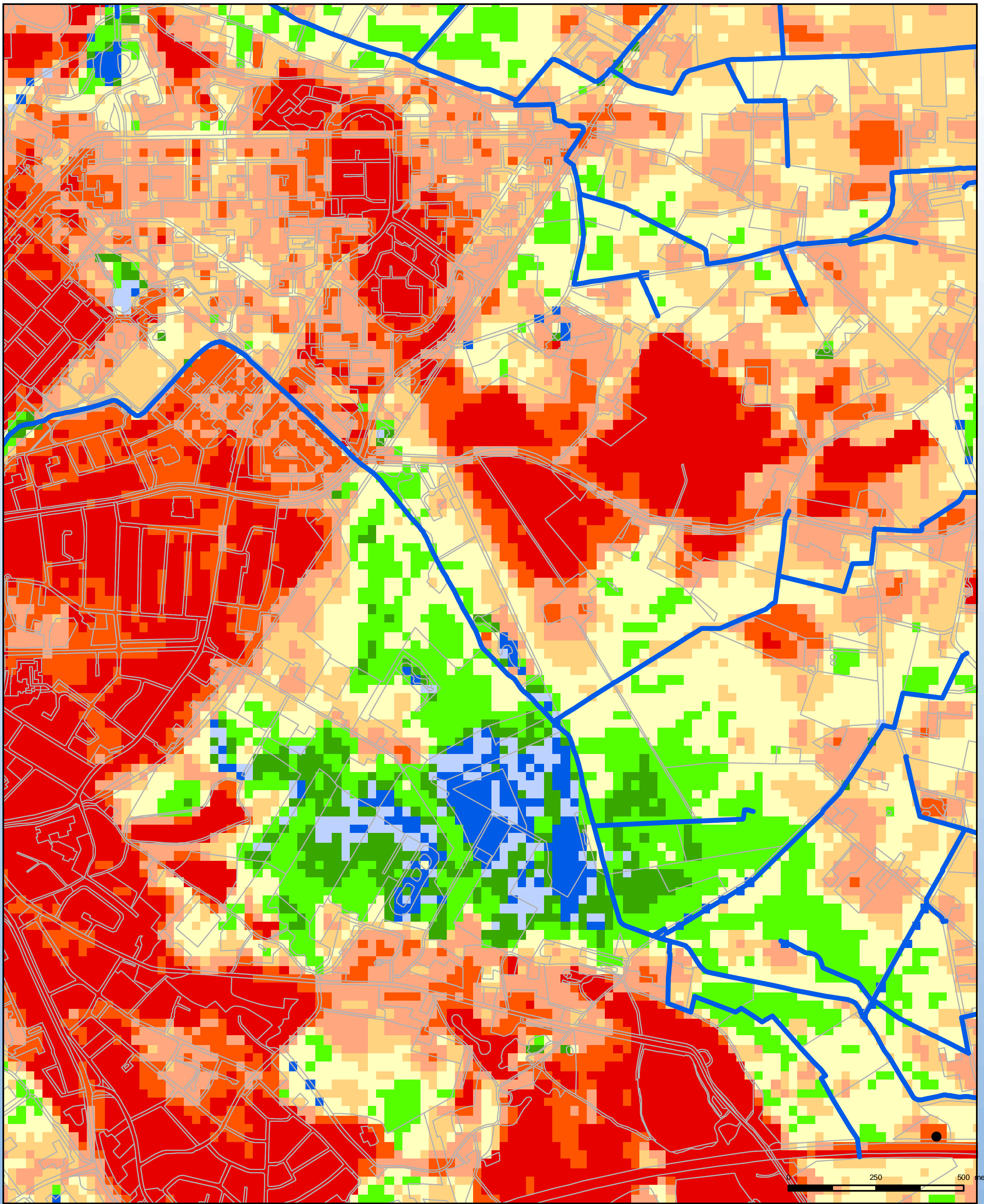


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GVG

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 15a GVG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

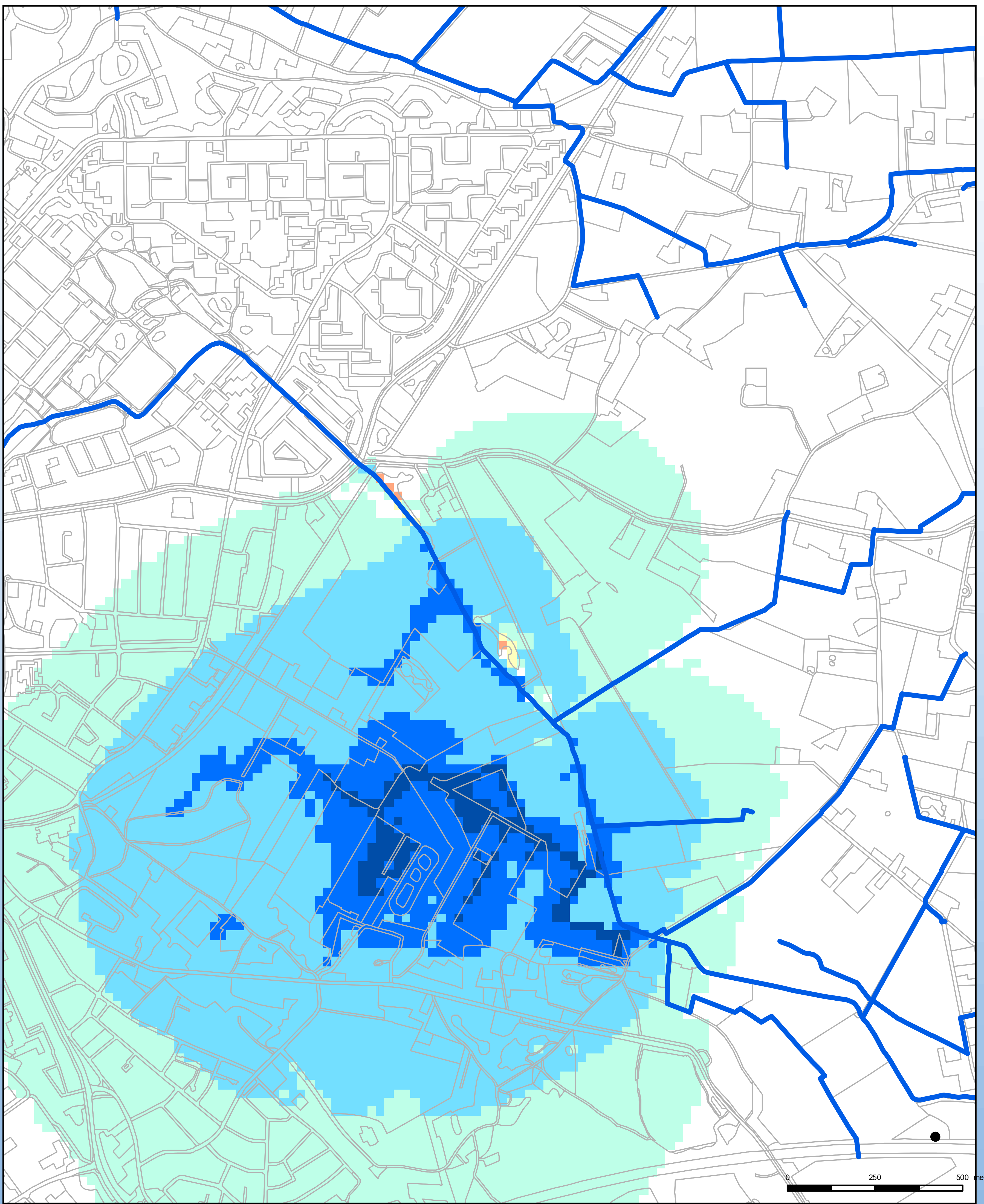


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect GVG

- 0,30 - 0,40 m (droger)
- 0,20 - 0,30
- 0,10 - 0,20
- 0,05 - 0,10
- effect < 0,05 m
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40 m (natter)

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 15b Effect GVG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

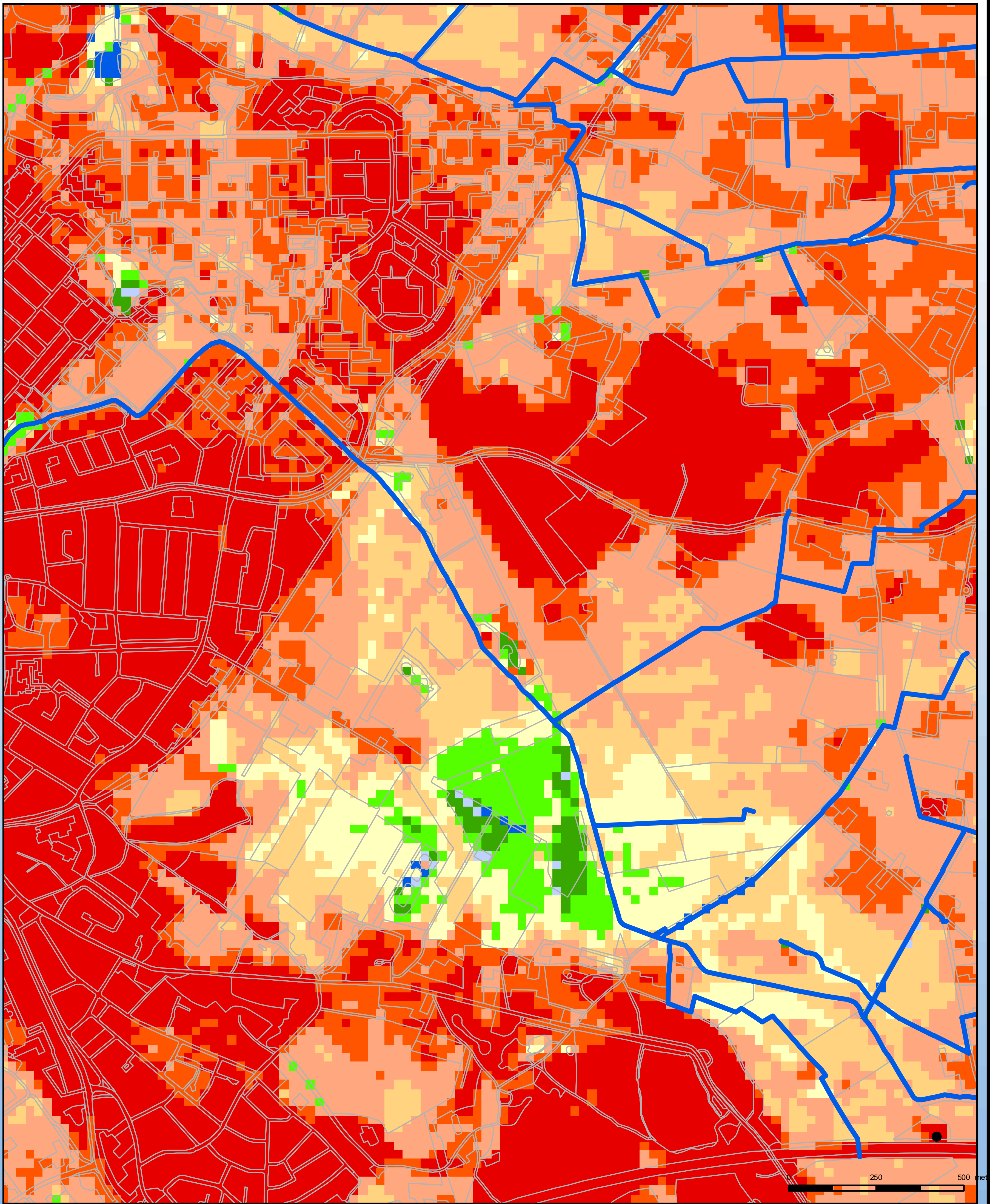


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

GLG

- boven maaiveld
- 0.00 - 0.10
- 0.10 - 0.25
- 0.25 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- > 2.00 m beneden maaiveld

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 16a GLG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

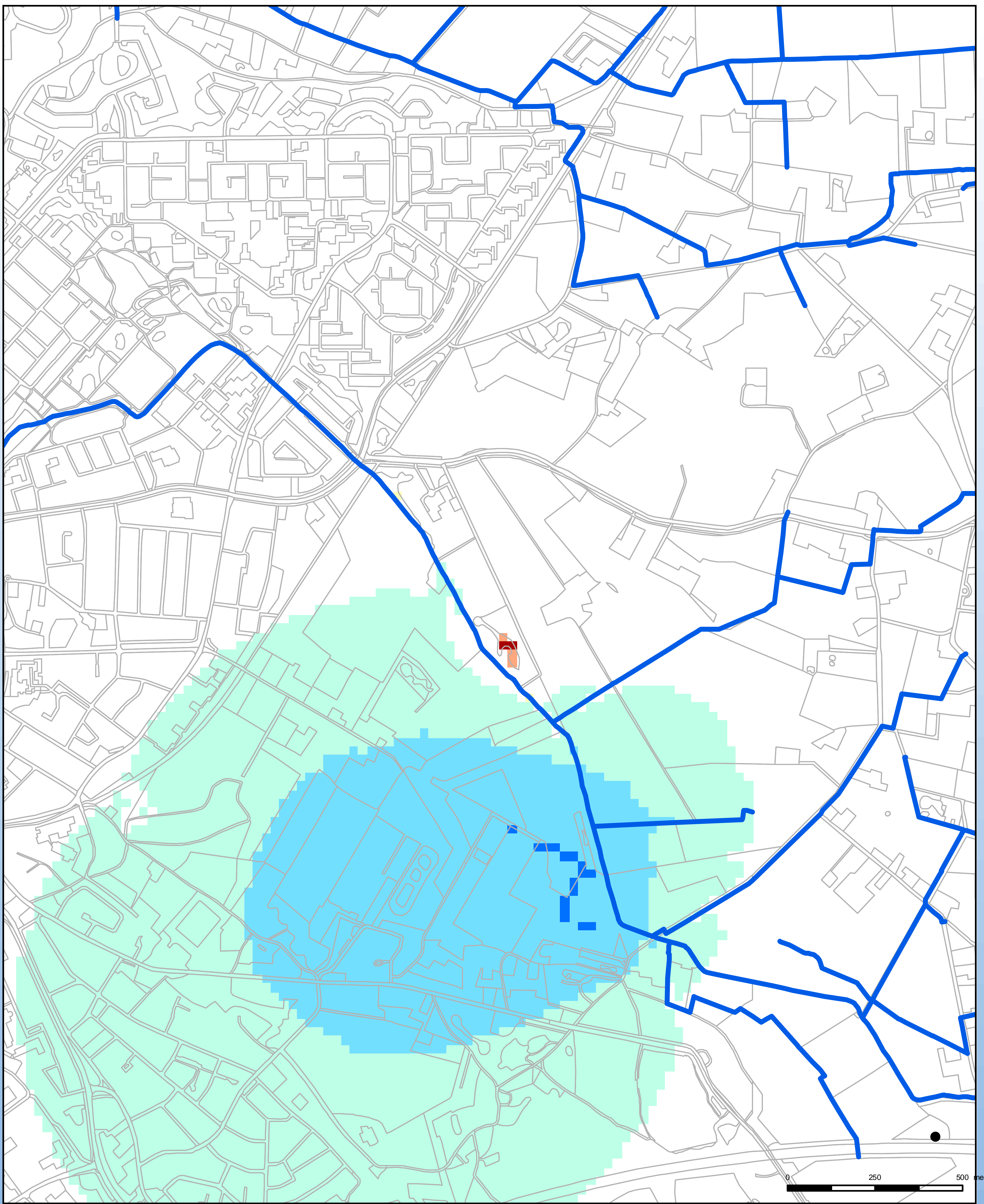


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect GLG

- 0,30 - 0,40 m (droger)
- 0,20 - 0,30
- 0,10 - 0,20
- 0,05 - 0,10
- effect < 0,05 m
- 0,05 - 0,10
- 0,10 - 0,20
- 0,20 - 0,30
- 0,30 - 0,40 m (natter)

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 16b Effect GLG

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

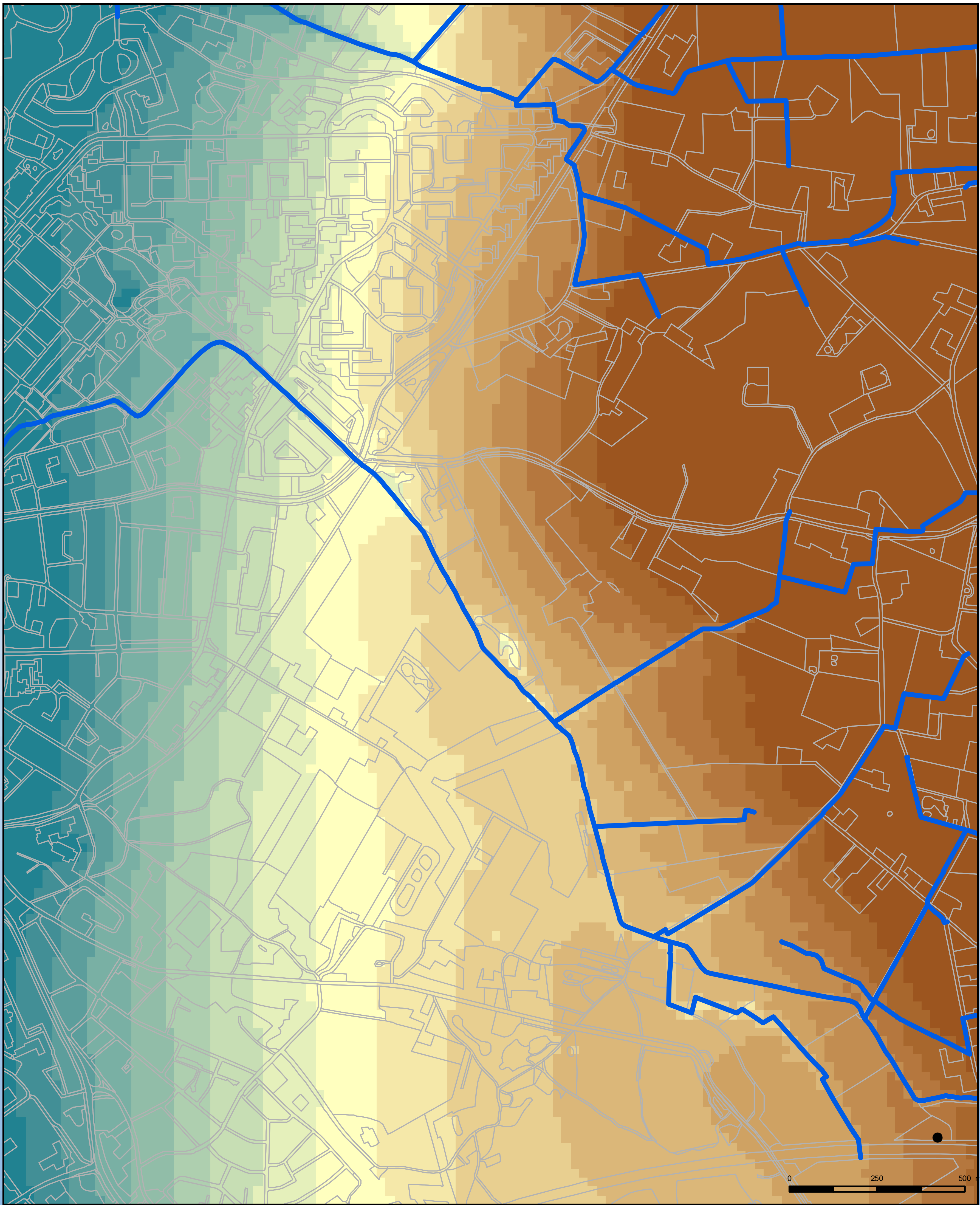


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|--------------|
| | < 11.5 m NAP |
| | 11.5 - 11.6 |
| | 11.6 - 11.7 |
| | 11.7 - 11.8 |
| | 11.8 - 11.9 |
| | 11.9 - 12 |
| | 12 - 12.1 |
| | 12.1 - 12.2 |
| | 12.2 - 12.3 |
| | 12.3 - 12.4 |
| | 12.4 - 12.5 |
| | 12.5 - 12.6 |
| | 12.6 - 12.7 |
| | 12.7 - 12.8 |
| | 12.8 - 12.9 |
| | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 17a Langjarig gem. grondwaterstand

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

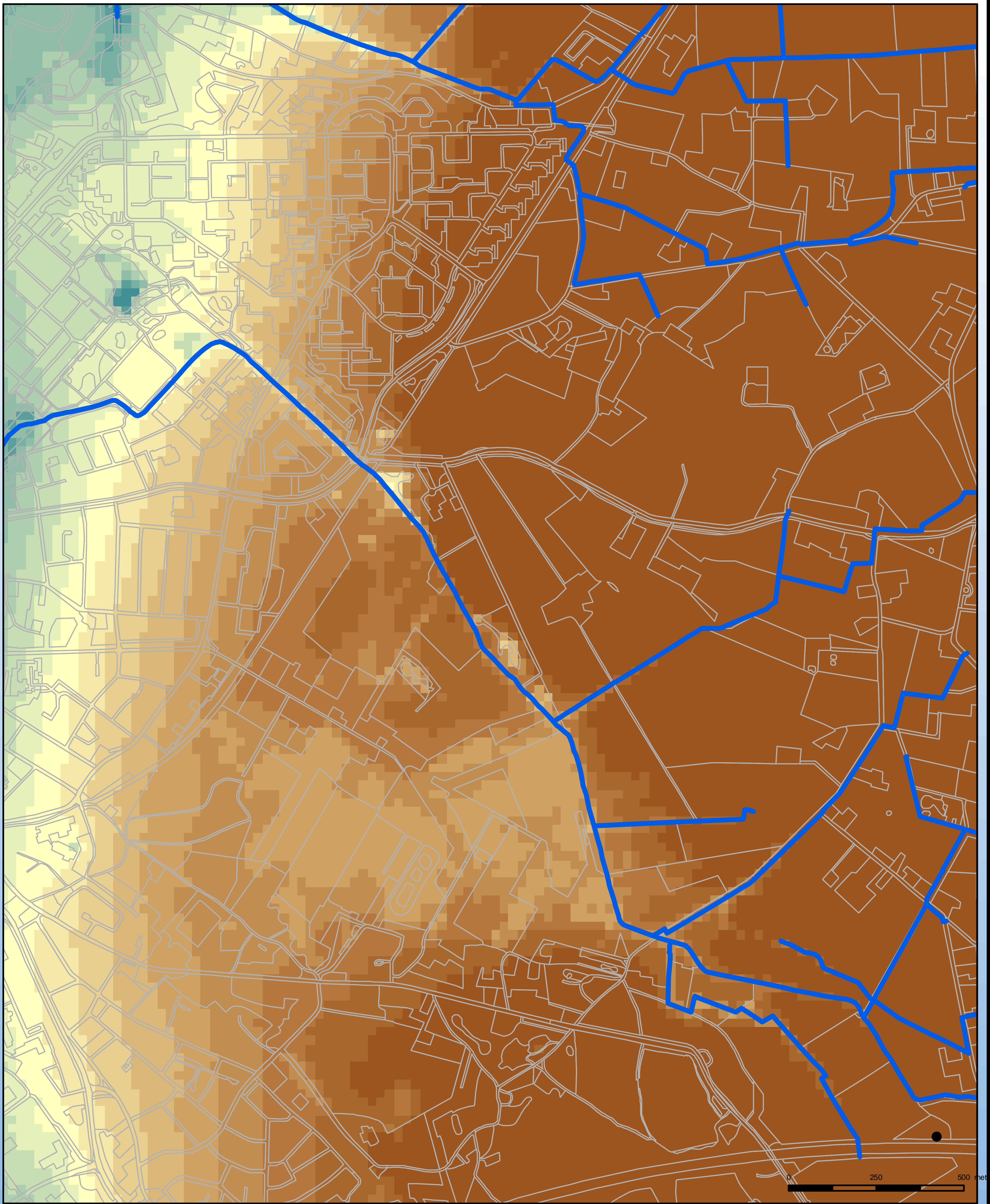


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|--------------|
| | < 11.5 m NAP |
| | 11.5 - 11.6 |
| | 11.6 - 11.7 |
| | 11.7 - 11.8 |
| | 11.8 - 11.9 |
| | 11.9 - 12 |
| | 12 - 12.1 |
| | 12.1 - 12.2 |
| | 12.2 - 12.3 |
| | 12.3 - 12.4 |
| | 12.4 - 12.5 |
| | 12.5 - 12.6 |
| | 12.6 - 12.7 |
| | 12.7 - 12.8 |
| | 12.8 - 12.9 |
| | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 17b Grondwaterstand natte periode

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

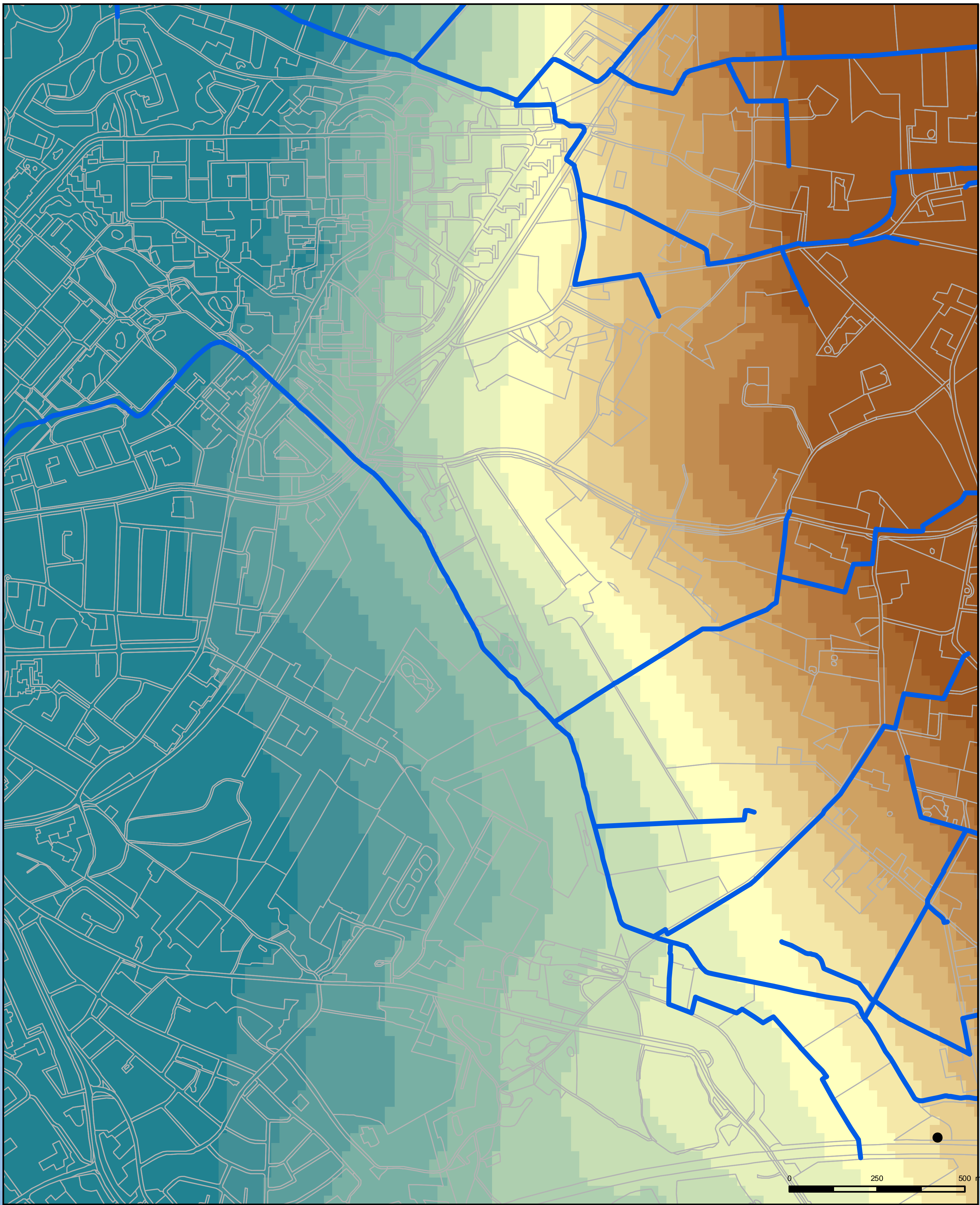


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

| Grondwaterstand | |
|-----------------|--------------|
| | < 11.5 m NAP |
| | 11.5 - 11.6 |
| | 11.6 - 11.7 |
| | 11.7 - 11.8 |
| | 11.8 - 11.9 |
| | 11.9 - 12 |
| | 12 - 12.1 |
| | 12.1 - 12.2 |
| | 12.2 - 12.3 |
| | 12.3 - 12.4 |
| | 12.4 - 12.5 |
| | 12.5 - 12.6 |
| | 12.6 - 12.7 |
| | 12.7 - 12.8 |
| | 12.8 - 12.9 |
| | 12.9 - 13 |
| | > 13 m NAP |

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 17c Grondwaterstand droge periode

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

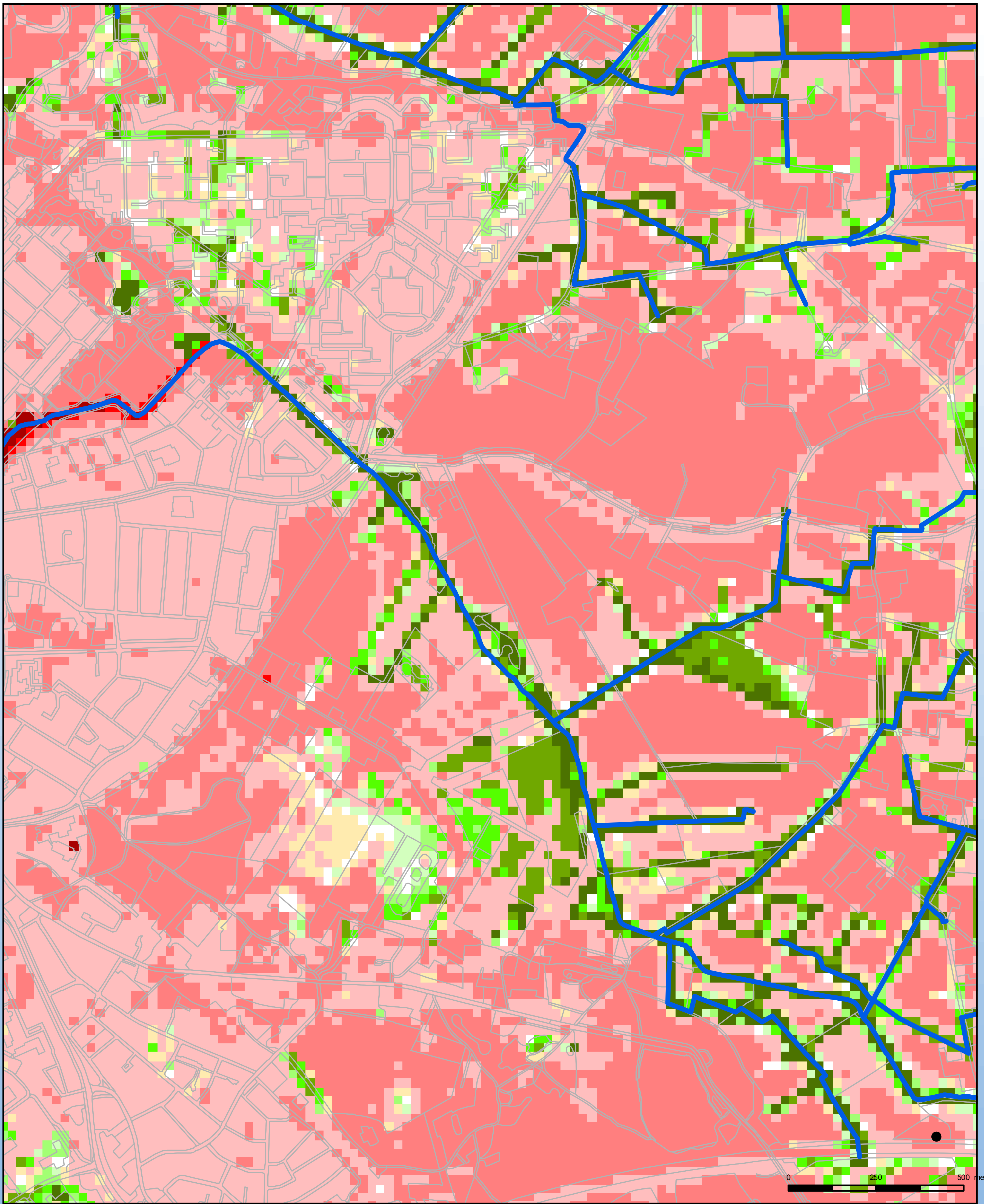


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Kwelflux [mm/dag]

- < -2 mm/dag (infiltratie)
- 2 - -1
- 1 - -0.5
- 0.5 - -0.2
- 0.2 - -0.05
- 0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 mm/dag (kwel)

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 18a Langjarig gemiddelde kwelflux

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

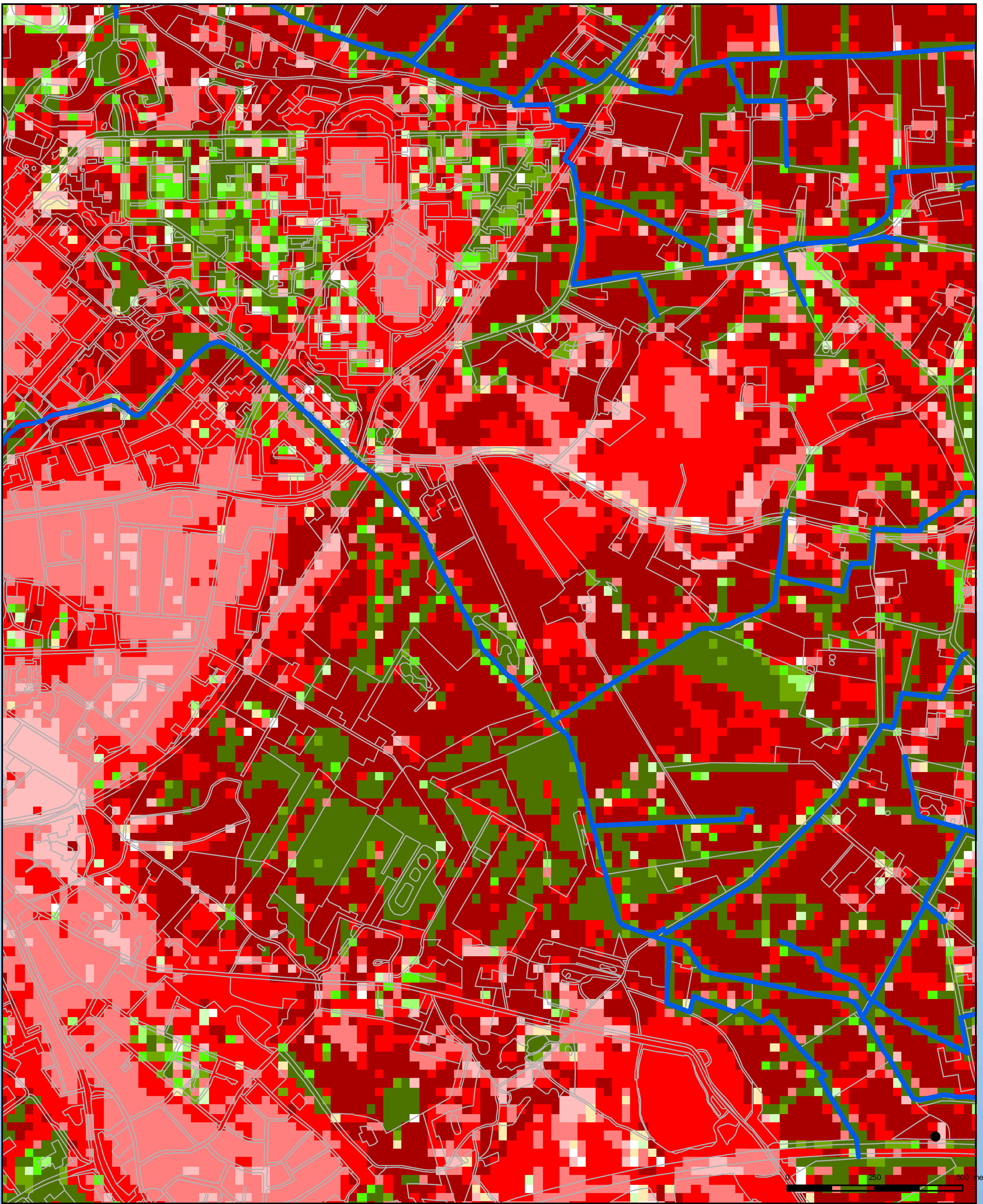


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



| Legenda | |
|---|---------------------------|
| Kwelflux [mm/dag] | |
| ■ | < -2 mm/dag (infiltratie) |
| ■ | -2 - -1 |
| ■ | -1 - -0.5 |
| ■ | -0.5 - -0.2 |
| ■ | -0.2 - -0.05 |
| ■ | -0.05 - 0.05 |
| ■ | 0.05 - 0.2 |
| ■ | 0.2 - 0.5 |
| ■ | 0.5 - 1 |
| ■ | 1 - 2 |
| ■ | > 2 mm/dag (kwel) |

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 18b Kwelflux natte periode

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

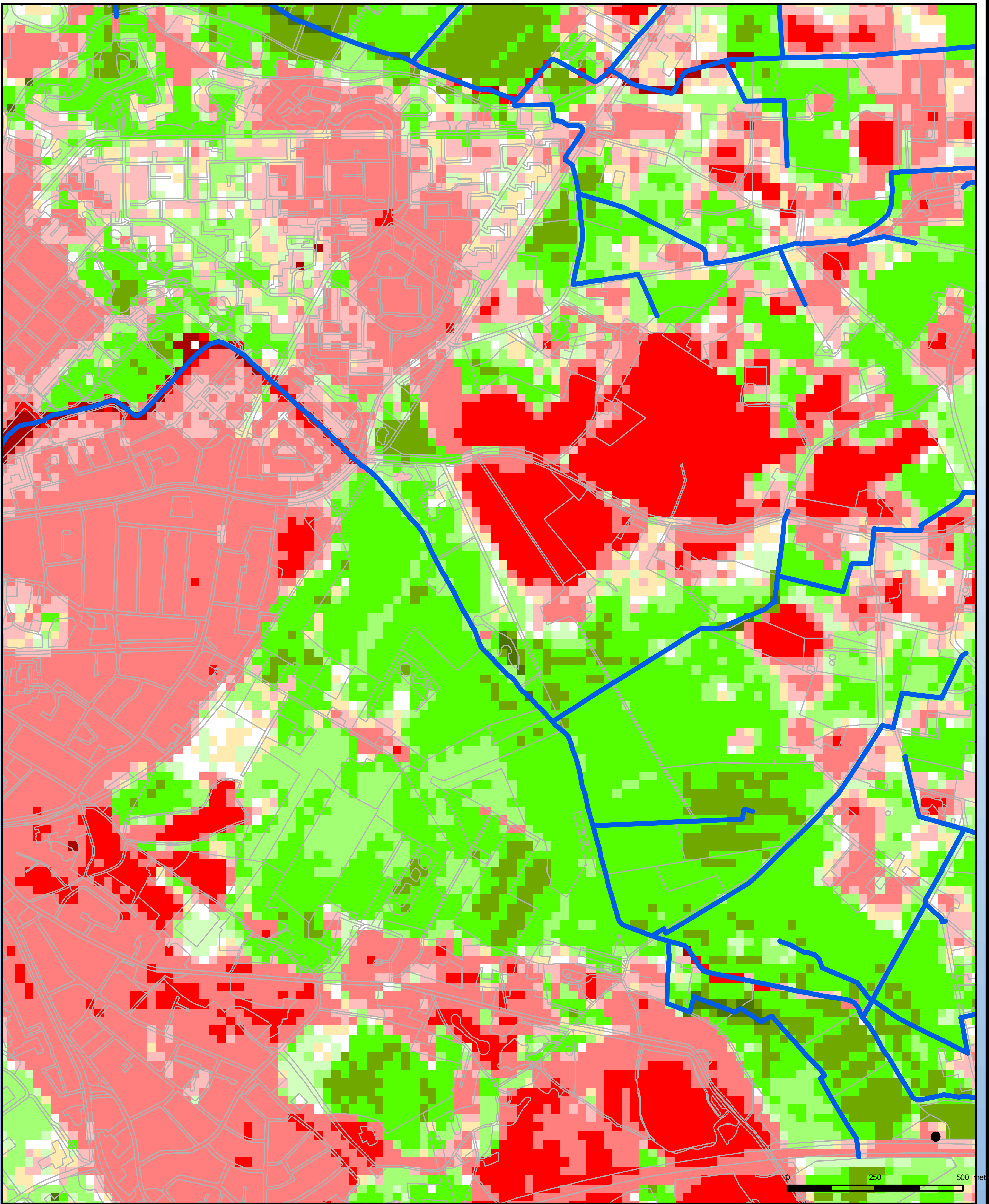
Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009
 Get: MKr - Gec: PD
 Status: **DEFINITIEF**

Grontmij
 Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P



Legenda

Kwelflux [mm/dag]

- < -2 mm/dag (infiltratie)
- 2 - -1
- 1 - -0.5
- 0.5 - -0.2
- 0.2 - -0.05
- 0.05 - 0.05
- 0.05 - 0.2
- 0.2 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- > 2 mm/dag (kwel)

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 18c Kwelflux droge periode

Hydrologisch onderzoek de Zumpe

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 18 februari 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

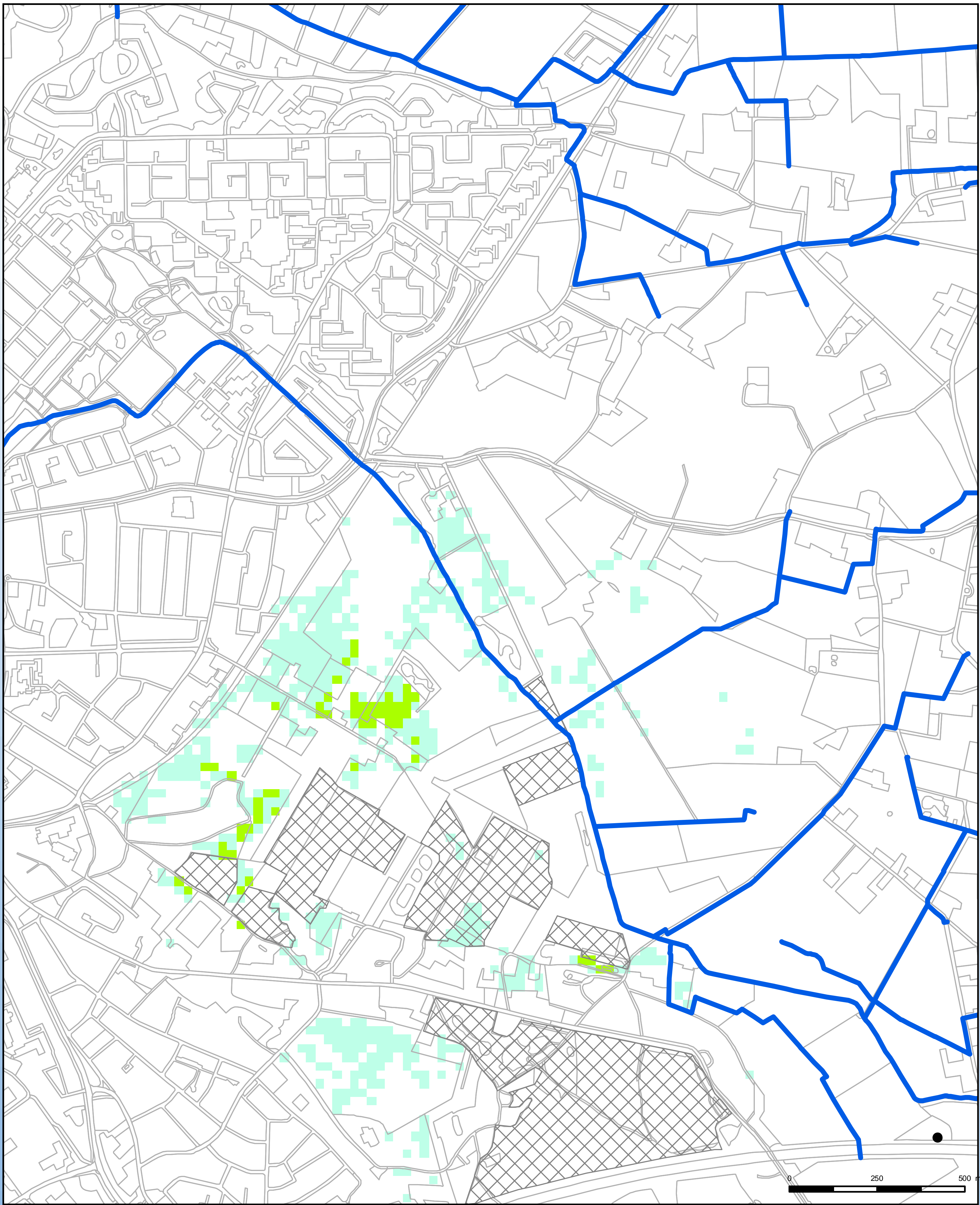


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect droogschade

- >50% (afname schade)
- 20 - 50%
- 10 - 20%
- 5 - 10%
- 2 - 5%
- effect < 2%
- 2 - 5%
- 5 - 10%
- 10 - 20%
- 20 - 50%
- >50% (toename schade)
- Particulier natuurbeheer (SN-contracten)

Scenario 'minimaal afvoeren'
 Kaart 19 Effect op droogschade landbouw
 Hydrologisch onderzoek de Zume

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 5 maart 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

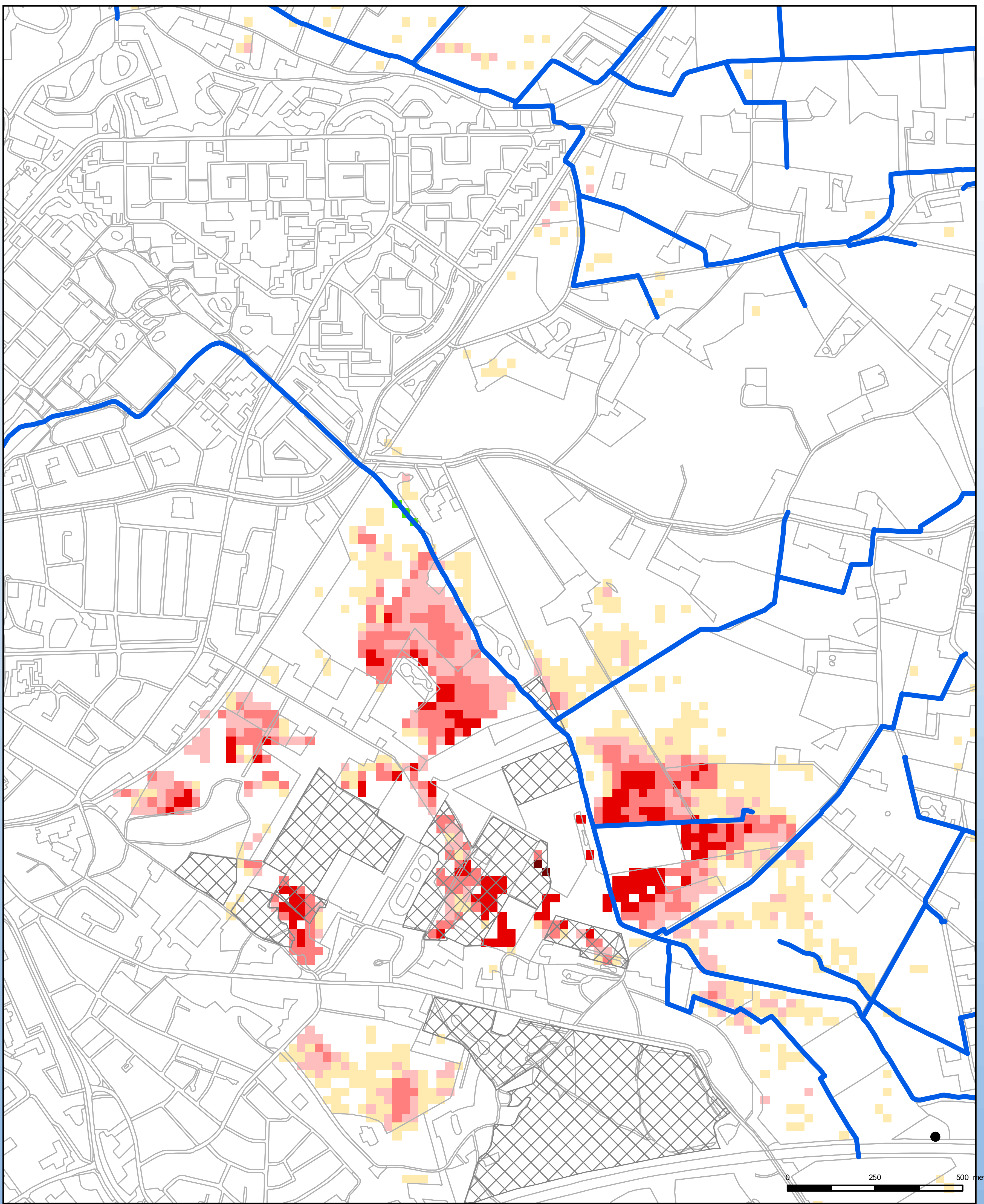


Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Effect natschade

- >50% (afname schade)
- 20 - 50%
- 10 - 20%
- 5 - 10%
- 2 - 5%
- effect < 2%
- 2 - 5%
- 5 - 10%
- 10 - 20%
- 20 - 50%
- >50% (toename schade)
- Particulier natuurbeheer (SN-contracten)

Scenario 'minimaal afvoeren'
Kaart 20 Effect op natschade landbouw

Hydrologisch onderzoek de Zume

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 5 maart 2009

Get: MKr - Gec: PD

Status: **DEFINITIEF**

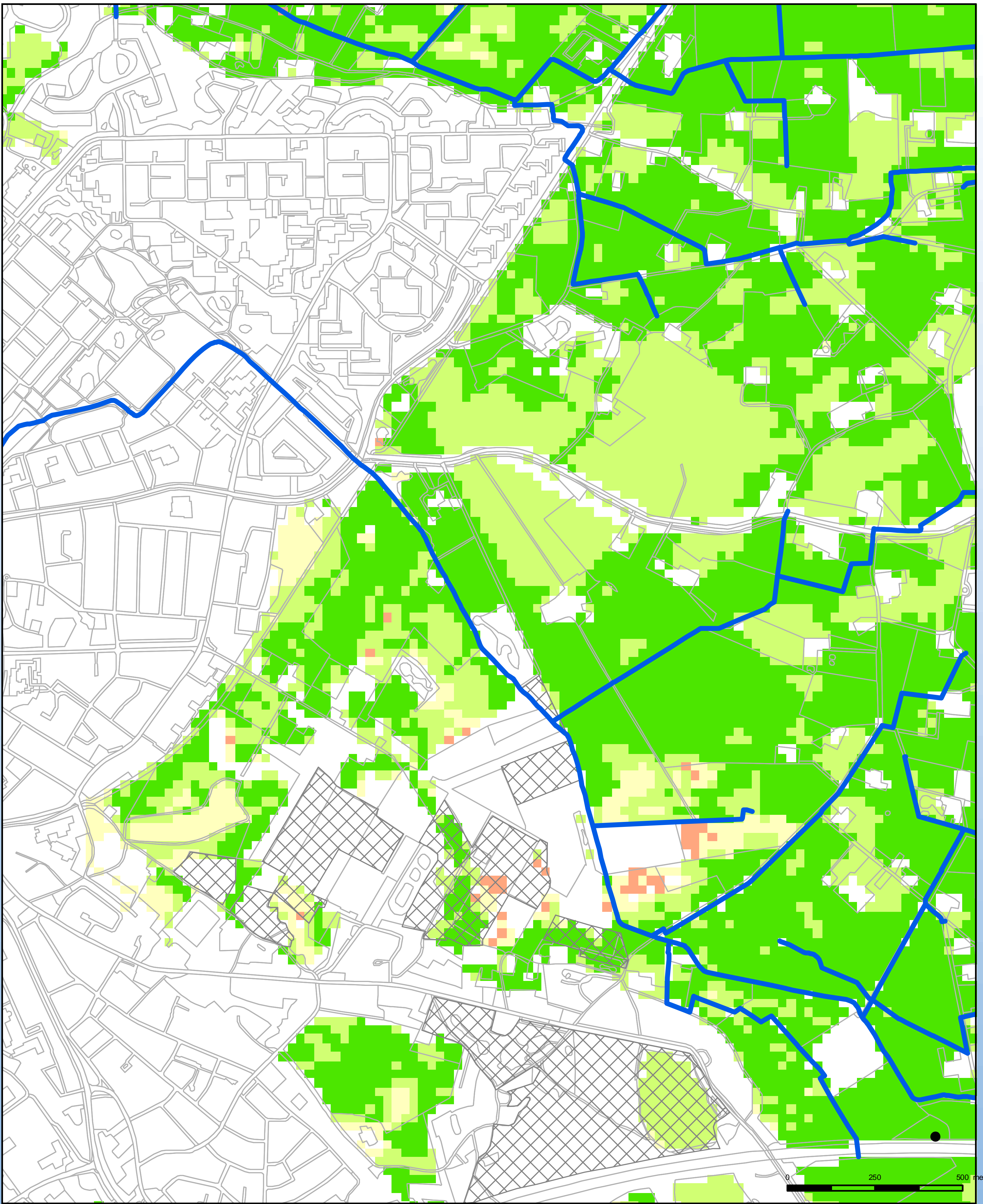


Grontmij Nederland bv
P Postbus 119 3990 DC Houten
T +31 30 634 47 00
F +31 30 637 94 15
W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P

© Grontmij Nederland bv Alle rechten voorbehouden



Legenda

Doelrealisatie [%]

- 0 - 25
- 25 - 50
- 50 - 70
- 70 - 85
- 85 - 100
- Particulier natuurbeheer (SN-contracten)

Scenario 'minimaal afvoeren'
 Kaart 21 Doelrealisatie landbouw
 Hydrologisch onderzoek de Zume

Opdrachtgever: Provincie Gelderland

Datum : 5 maart 2009
 Get: MKr - Gec: PD
 Status: **DEFINITIEF**

Grontmij
 Grontmij Nederland bv
 P Postbus 119 3990 DC Houten
 T +31 30 634 47 00
 F +31 30 637 94 15
 W www.grontmij.com

© Auteurs- en databankrechten: Topografische Dienst Kadaster, 2004

A4P