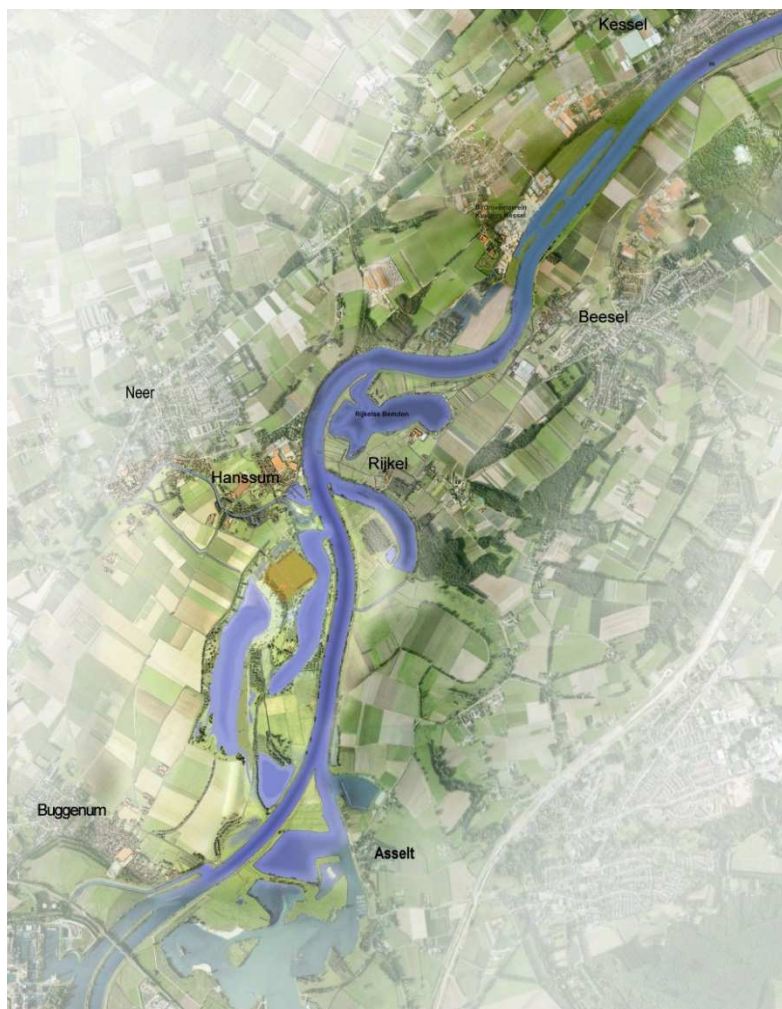


Integrale Gebiedsontwikkeling

Wijnaerden

Hydrologie

Opzet en ijking grondwatermodel





Hydrologisch onderzoek MER Wijnaerden

Deelrapport opzet en ijking grondwatermodel

projectnummer 203115.02
definitief revisie 00
14 november 2016

Hydrologisch onderzoek MER Wijnaerden

Deelrapport opzet en ijking grondwatermodel

projectnummer 203115.02

definitief revisie 00
14 november 2016

Auteurs

E. Zwier
J. van Roestel
M. Stark

Opdrachtgever

Zand- en grindbedrijf Kuypers BV
Postbus 7844
5995 ZG Kessel

datum vrijgave	beschrijving revisie 00	goedkeuring	vrijgave
	definitief	J. van Roestel	J. van der Meulen

Inhoudsopgave

Blz.

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doel van het onderzoek	1
1.2	Nulsituatie van de zandwinning	3
1.3	Opzet en ijking van het grondwatermodel	4
1.4	Opbouw van het rapport	5
2	Beschrijving van het gebied	6
2.1	Ligging en begrenzing	6
2.2	Geohydrologische opbouw	6
2.3	Geohydrologische parameters	10
2.4	Grondwaterstroming	10
2.5	Waterstaatkundige situatie	10
2.6	Landbouw- en natuurwaarden	11
3	Ontwikkeling van de zandwinning en de grondwaterstanden	12
3.1	Ontwikkeling van de zandwinning	12
3.2	Het verloop van de grondwaterstanden	12
3.3	Tijdreeksanalyse van peilbuis D0185	15
4	Opzet en ijking Groundwater Vistas	17
4.1	Geschiedenis	17
4.2	Werkwijze ijking Groundwater Vistas	17
4.3	Resultaten ijking zonder zandwinning	18
4.4	Voortschrijdende invloed van de ontgroning en ijking tot 2009	20
4.4.1	Verloop van de grondwaterstanden tot 2009	20
4.4.2	Vergelijking gemeten daling en berekende daling tot 2009	22
4.5	Resultaten ijking periode 2012-2015	24
5	Opzet en ijking IBRAHYM	26
5.1	Grondwatermodel IBRAHYM	26
5.2	Ijking van IBRAHYM V2	27
5.3	Toetsing ijking middels dynamische modelberekening	29
5.4	Verschilberekening ijkperiode 2012-2015 en nulsituatie	40
5.5	Vergelijking rekenresultaten IBRAHYM en Groundwater Vistas	46
6	Conclusies	47

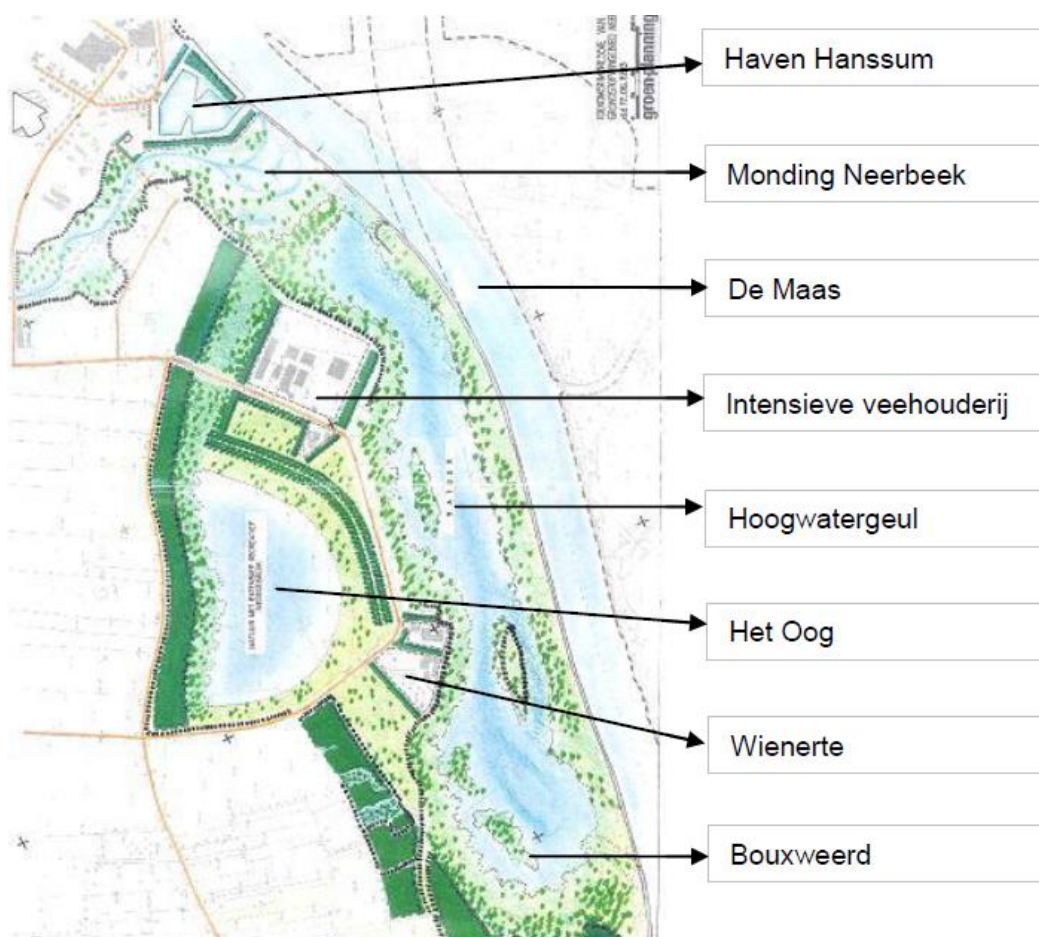
Bijlage 1 Geohydrologische parameters volgens REGIS versie II.1

1 Inleiding

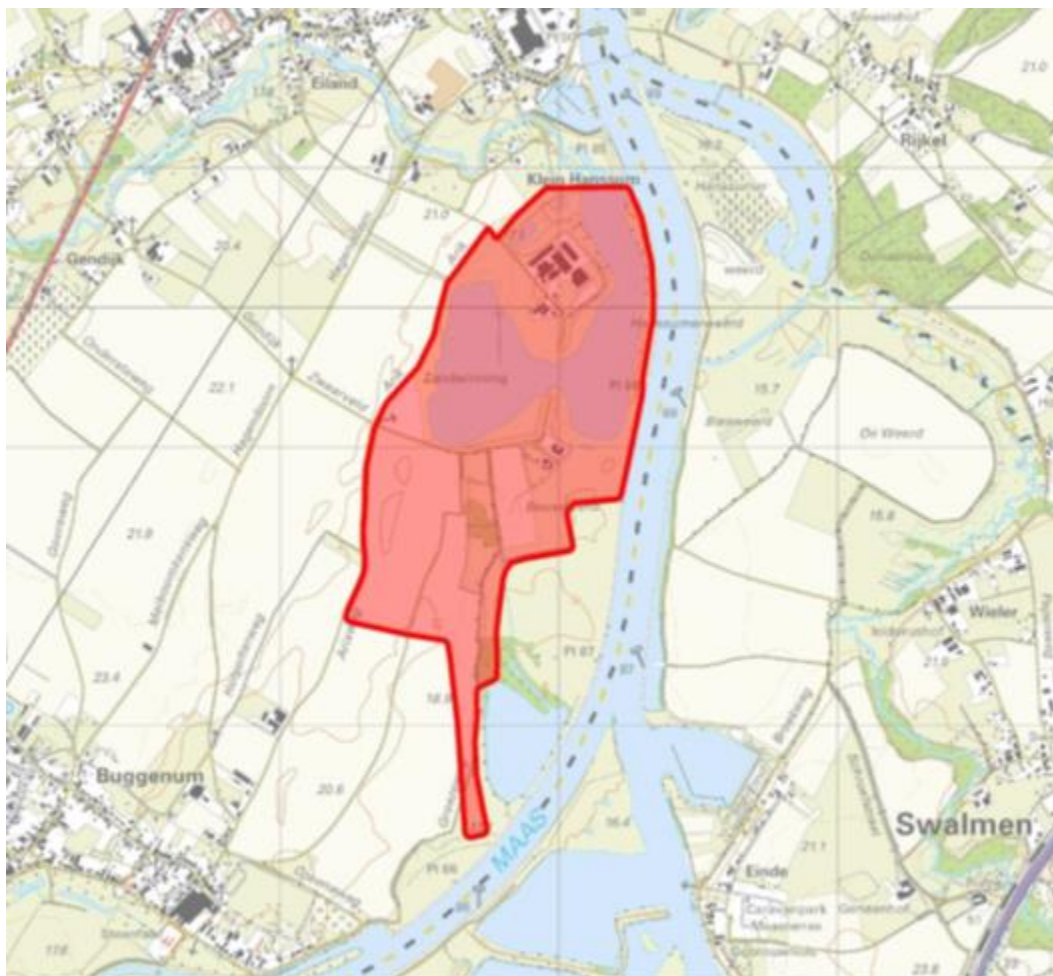
1.1 Aanleiding en doel van het onderzoek

In opdracht van Zand- en grindbedrijf Kuypers BV (in het vervolg Kuypers Kessel genoemd) heeft Antea Group het deelonderzoek hydrologie uitgevoerd in het kader van de MER Wijnaerden. De MER Wijnaerden betreft een uitbreiding van een bestaande reeds vergunde zandwinning, liggend ten zuiden van de plaats Neer nabij de Maas, in de gemeente Leudal.

De zandwinning is in 1997 door Kuypers Kessel aangevangen en was aanvankelijk enkel bedoeld voor de delfstoffenwinning (zie figuur 1.1). Het had geen doelstelling in het kader van de hoogwaterbescherming, in tegenstelling tot andere rivierverruimingsprojecten langs de Maas, en is een volledig particulier initiatief. Gelet op de nieuwe eisen en beleidsambities ten aanzien van hoogwaterbescherming (meer 'ruimte voor de rivier'), is het initiatief ontstaan om ten zuiden van de bestaande locatie een groter gebied te ontwikkelen, waarbij het oorspronkelijke inrichtingsplan met de werkgroep Wijnaerden wordt doorontwikkeld tot een volledig nieuw plan. De begrenzing van dit nieuwe plangebied is in figuur 1.2 aangegeven.



Figuur 1.1. De visie uit 1993 op de ontwikkeling van het gebied



Figuur 1.2. Begrenzing van het plangebied. Aan de noordkant ligt de haven van Hanssum, aan de zuidkant ligt tussen de rode uitloper van het plangebied en de Maas de plas Bouxweerd, afgesloten van de Maas.

Tussen de haven van Hanssum en het gebied Bouxweerd gaat een totale gebiedstransformatie plaatsvinden waarbij de bestaande intensieve veehouderij wordt gesaneerd. Dit leidt uiteindelijk tot de integrale gebiedsontwikkeling Wijnaerden. Naast rivierverruiming in het kader van hoogwaterbescherming, komt er ook ruimte vrij voor andere ontwikkelingen, waaronder natuurontwikkelingen en rode ontwikkelingen. Daarnaast kunnen dankzij dit project middelen worden gegenereerd ten behoeve van onder andere een opwaardering en kwaliteitsimpuls van het Maasfront en de jachthaven Neer-Hanssum.

In het kader van de MER Wijnaerden worden verschillende deelonderzoeken uitgevoerd. Het deelonderzoek hydrologie dient als basis voor de aanvraag van diverse vergunningen en ontheffingen (ondermeer bestemmingsplan, Ontgrondingsvergunning etc.) en bestaat uit twee deelrapporten. Het voorliggende rapport betreft het eerste deelrapport: opzet en ijking grondwatermodel. In het afzonderlijke tweede deelrapport worden de rekenresultaten van de varianten en de vaststelling van de effecten gepresenteerd. Als referentie voor de vaststelling van de effecten dienen de berekeningen voor de nulsituatie. De nulsituatie betreft de situatie waarin de tot nu toe verleende vergunningen zijn afgerond en wordt hierna toegelicht.

1.2 Nulsituatie van de zandwinning

De nulsituatie is de situatie van het plangebied bij het nulalternatief volgens het MER (dit is na afronding van de huidige vergunningen). Deze situatie wordt toegelicht aan de hand van figuur 1.3. De plas aan de noordwestkant is het Oog. Het Oog is ontgrond in open verbinding met de Maas (via de nevengeul) maar in de vergunde eindsituatie is deze verbinding afgesloten. De plas aan de noordoostkant is de nevengeul, die aan de noordkant in open verbinding met de Maas staat. Deze nevengeul staat aan de zuidkant op zijn beurt in open verbinding met het gebied van de afrondingsvergunning, waarvan de begrenzing rood is gearceerd.

De naamgeving zoals hiervoor omschreven, waarbij onderscheid wordt gemaakt in het Oog, de nevengeul en de afrondingsvergunning, wordt ook in het vervolg van het rapport gehanteerd.



Figuur 1.3. Nulsituatie van het plangebied, waarbij onderscheid wordt gemaakt in de gebiedsdelen het Oog (de plas noordwestelijk), de nevengeul (de plas noordoostelijk) en de afrondingsvergunning (rood gearceerd) aan de zuidkant. De afrondingsvergunning staat in de nulsituatie in open verbinding met de nevengeul. De verbinding tussen afrondingsvergunning en nevengeul is in donkerder blauw aangegeven. Op zijn beurt staat de nevengeul aan de noordkant (boven de tekening) in open verbinding met de Maas.

Momenteel vindt zandwinning in de afrondingsvergunning plaats. Na afronding van deze zandwinning is de nulsituatie bereikt. Met betrekking tot de diepte van de zandwinning in de verschillende deelgebieden geldt het volgende:

- De hoogteligging van het maaiveld ligt in de orde van grootte van NAP +18 m à NAP +20 m.

- Het Oog en de afrondingsvergunning zijn/worden tot NAP -11,60 m ontgrond, waarna de bodem en taluds zijn/worden afgedekt met een laag slecht doorlatend materiaal.
- De nevengeul is tot NAP +6.40 m ontgrond, waarna afdekking van de bodem en taluds met slecht doorlatend materiaal heeft plaatsgevonden.

1.3 Opzet en ijking van het grondwatermodel

In dit deelrapport van het hydrologisch deelonderzoek worden de opzet en ijking van het grondwatermodel gepresenteerd. Twee grondwatermodellen worden hierin gepresenteerd. Het eerste grondwatermodel is Groundwater Vistas dat tot nu toe als stationair model de basis is geweest voor alle verleende vergunningen. Met dit bestaande grondwatermodel zijn in het deelrapport inrichtingsalternatieven ook de verschillende MER varianten afgewogen. Met Groundwater Vistas worden stationaire berekeningen uitgevoerd. Daarnaast heeft een dynamische toetsing van de rekenresultaten plaatsgevonden met het grondwatermodel IBRAHYM, dat ten behoeve van deze aanvullende berekeningen nader is geijkt. Met IBRAHYM V2 (versie 2) zijn zowel de nulsituatie (in dit rapport) als het planvoornemen (in deelrapport 2) doorgerekend.

De reden dat beide modellen zijn gebruikt is dat Groundwater Vistas in het verleden zeer uitgebreid is geijkt. De ijking wordt in deze rapportage gepresenteerd. Met Groundwater Vistas wordt een continuïteit in de berekeningen van de effecten in het verleden en heden gehanteerd. IBRAHYM is een vrij recent model dat veel uitgebreider van opzet is, in die zin dat veel modellagen en cellen van 25 m bij 25 m in de berekeningen worden gehanteerd. De toepassing van IBRAHYM heeft als voordeel dat hiermee eenvoudiger dynamisch kan worden gerekend. Vanuit de beschikbare gegevens van de bodemopbouw volgens Regis zijn meerdere modelinterpretaties mogelijk. Door de inrichting en mitigerende maatregelen af te stemmen op het model dat de effecten het grootst berekent wordt een 'worst-case' benadering toegepast, zodat de werkelijk optredende hydrologische effecten qua inrichting en maatregelen straks ook daadwerkelijk worden gemitigeerd.

Bij de opzet en ijking van de grondwatermodellen in dit deelrapport en de berekening van de varianten met verschillende wijzen van inrichting en mitigerende maatregelen in het tweede deelrapport, staan de hydrologische effecten op het Natura 2000-gebied Leudal centraal. De effecten ten aanzien van de overige belangen zijn veel minder van belang omdat de grondwaterstanden diep zijn en de landbouw en de bebouwing in de wijde omgeving geen nadelige effecten ondervinden van een eventuele grondwaterdaling. Dit wordt bevestigd door de monitoring van en ervaring met de verlagingen die bij de eerdere zandwinningen in het gebied zijn opgetreden. Deze verlagingen hebben een vergelijkbare omvang als de maximale verlagingen ten gevolge van de nu geplande zandwinning, als deze in open verbinding met de Maas zou worden uitgevoerd.

In combinatie met de opzet en ijking van de grondwatermodellen worden in dit deelrapport de volgende hydrologische situaties behandeld, waarbij wordt verwezen naar figuur 1.3 met toelichting:

- beschrijving / berekening voor de periode 2012-2015. Hierbij wordt ingegaan op de hydrologische situatie waarbij het Oog in open verbinding met de Maas wordt ontgrond en zijn maximale omvang heeft bereikt. Aan de afrondingsvergunning is nog niet begonnen. De hydrologische effecten zijn in deze situatie maximaal. Daarnaast wordt ingegaan op de situatie die aanwezig was voordat de ontgrondingswerkzaamheden waren begonnen. De ontwikkeling van de hydrologische situatie wordt onderzocht met een tijdreeksanalyse.

- beschrijving / berekening van het nulalternatief of de nulsituatie. Dit is de vergunde eindsituatie inclusief de autonome ontwikkelingen in het plangebied. Hieronder wordt verstaan: 1) de afronding van het Oog cf. eindplan (dus de opening tussen de geul en het Oog is dicht) 2) de realisatie van de afrondingsvergunning en 3) overige ontwikkelingen die van invloed kunnen zijn.

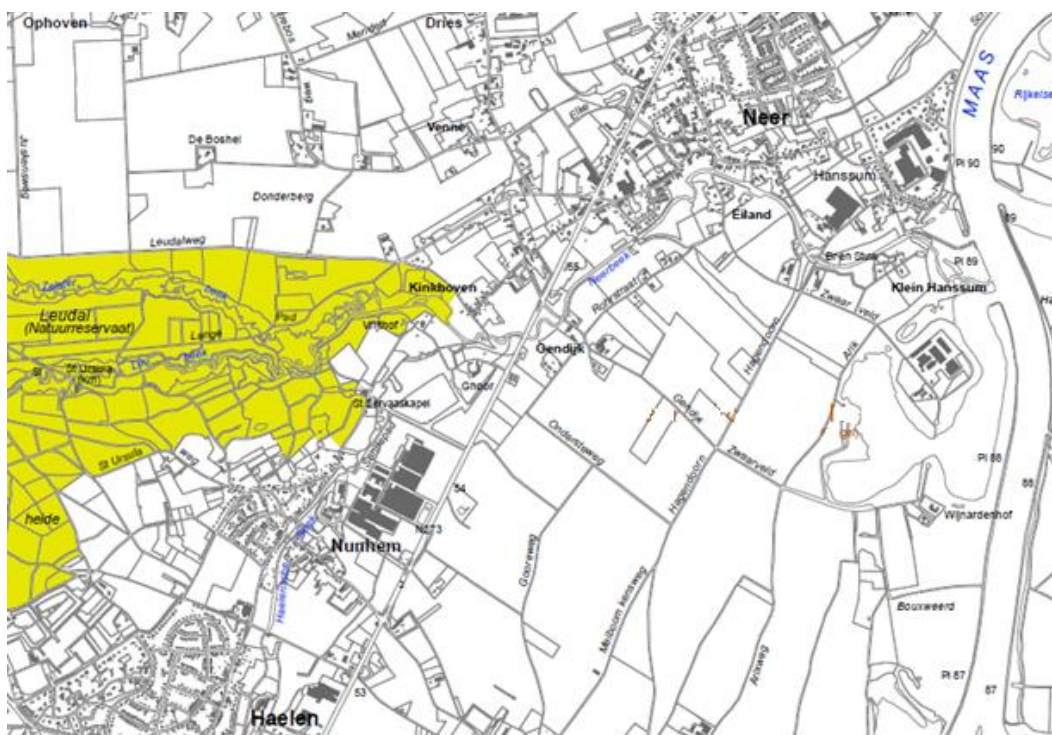
1.4 Opbouw van het rapport

In hoofdstuk 2 worden het plangebied en zijn omgeving beschreven. In hoofdstuk 3 komen de ontwikkeling van de zandwinning en de grondwaterstanden (middels een tijdreeksanalyse) aan de orde. Hoofdstuk 4 betreft de opzet en ijking van het stationaire grondwatermodel Groundwater Vistas. Hoofdstuk 5 betreft de opzet en ijking van het dynamische grondwatermodel IBRAHYM, waarbij een vergelijking met Groundwater Vistas wordt gemaakt. Tot slot volgen in hoofdstuk 6 de conclusies.

2 Beschrijving van het gebied

2.1 Ligging en begrenzing

De zandwinning Neer is gelegen in de gemeente Leudal, zuidelijk van het dorp Neer. In het noorden grenst het gebied aan Hanssum. In het oosten grenst het gebied aan de Maas. De zuidelijke begrenzing wordt gevormd door Bouxweerd en in het westen grenst het gebied aan de Arik weg (zie figuur 2.1). In de onderstaande figuur is tevens de begrenzing van het Natura 2000-gebied Leudal aangegeven.



Figuur 2.1. Ligging van de zandwinning Neer en het Natura 2000-gebied Leudal (geel ingekleurd).

2.2 Geohydrologische opbouw

De geologische opbouw en de geohydrologische schematisering zijn ontleend aan Regis, opgesteld in opdracht van de Provincie Limburg (versie maart 2008). De maaiveldhoogte in het modelgebied varieert van ca 15 m + N.A.P. aan de oostkant bij de Maas oplopend tot ca 30 m + N.A.P. bij het Leudal. De hydrogeologische en geohydrologische opbouw worden beschouwd in een dwarsprofiel van het Leudal aan de westkant, over de ontgroning Neer tot aan de overkant van de Maas (zie fig. 2.2).

In figuur 2.3 is de hydrogeologische beschrijving van het dwarsprofiel volgens figuur 2.2 gegeven. Duidelijk is het verschil tussen de Roerdalslenk aan de westkant en de Peelhorst aan de oostkant te zien. Aan de oostkant komt ondiep de Formatie van Breda met fijne zanden voor waarvan de doorlatendheid beperkt is. Deze Formatie is niet geschikt voor zandwinning. Het diepe deel van de ontgroning ligt dan ook in de Roerdalslenk. In het grondwatermodel zijn de lagen tot kik1 beschouwd. Hier ligt de bovenkant van de Kiezeloeliet formatie waarin veel kleilagen voorkomen en die voor dit onderzoek kan worden beschouwd als de hydrologische basis van het systeem.



Figuur 2.2. Ligging van dwarsprofielen fig. 2 en 3 en peilbuizen, van Kinkhoven in het Leudal (west) tot over de Maas (Bron: Dinoloket).

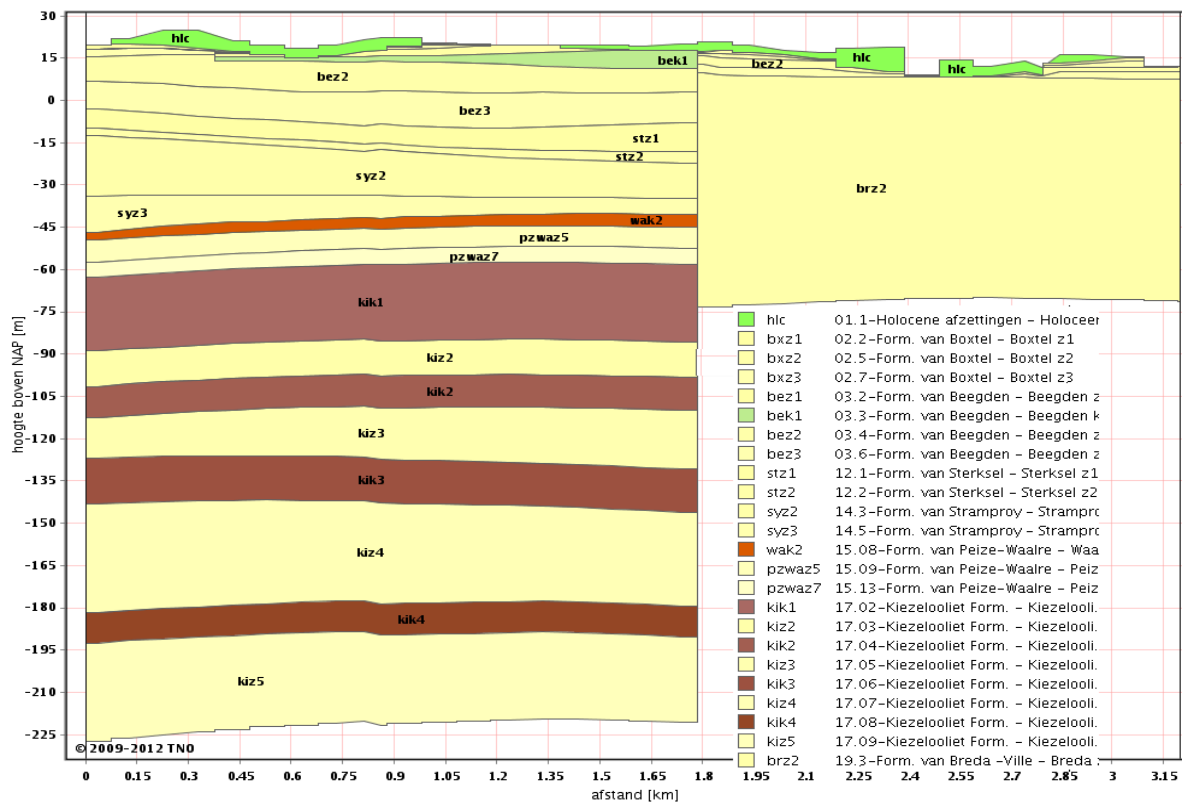
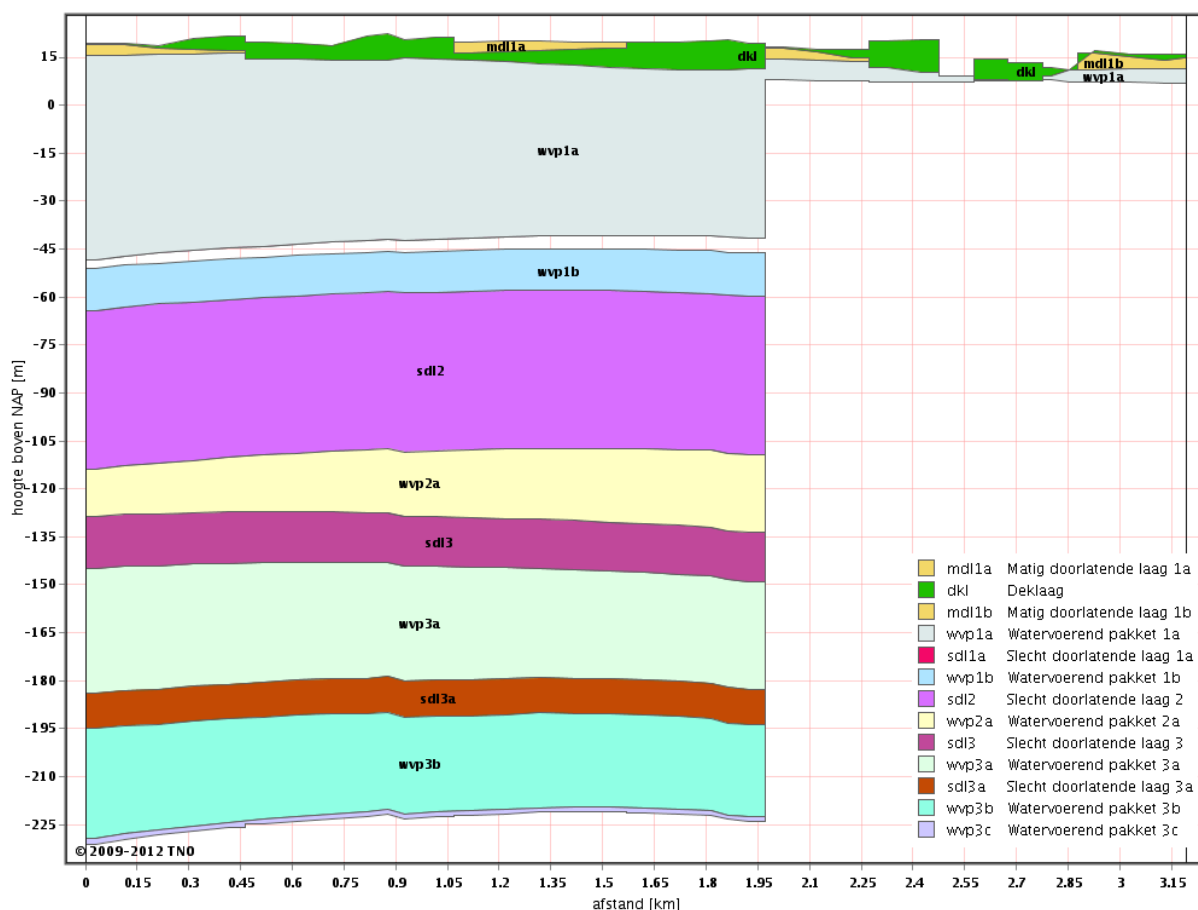


Fig.2.3. Hydrogeologische beschrijving van de bodemlagen in het gebied volgens het dwarsprofiel aangegeven in figuur 2.2 (Bron: Dinoloket).

Per laag is in Dinoloket een kD -waarde (m^2/dag) en k -waarde (m/dag) toegekend alsmede een standaardafwijking van de k -waarde. Aan weerstandbiedende lagen is een c -waarde (dagen) toegekend. In het model is de weerstand van de laag wak2 (Formatie van Peize-Waalre) meegenomen.

De klassenindeling van k -waarden en kD -waarden in de afzonderlijke lagen is vrij grof. Daarnaast is de standaardafwijking van de k -waarde van betekenis. Het is mogelijk om in een model de afzonderlijke lagen met k -waarden in te voeren (zoals in het grondwatermodel IBRAHYM). Het is echter ook mogelijk om kD -waarden van de verschillende lagen samen te vatten zodat onnauwkeurigheden worden uitgemiddeld (figuur 2.4). Daarnaast is de totale kD -waarde van met name het watervoerende pakket 1A (boven de laag wak2) groot, wat betekent dat afwijkingen van deze kD -waarden relatief weinig invloed hebben. In figuur 2.4 is de geohydrologische schematisatie gegeven.

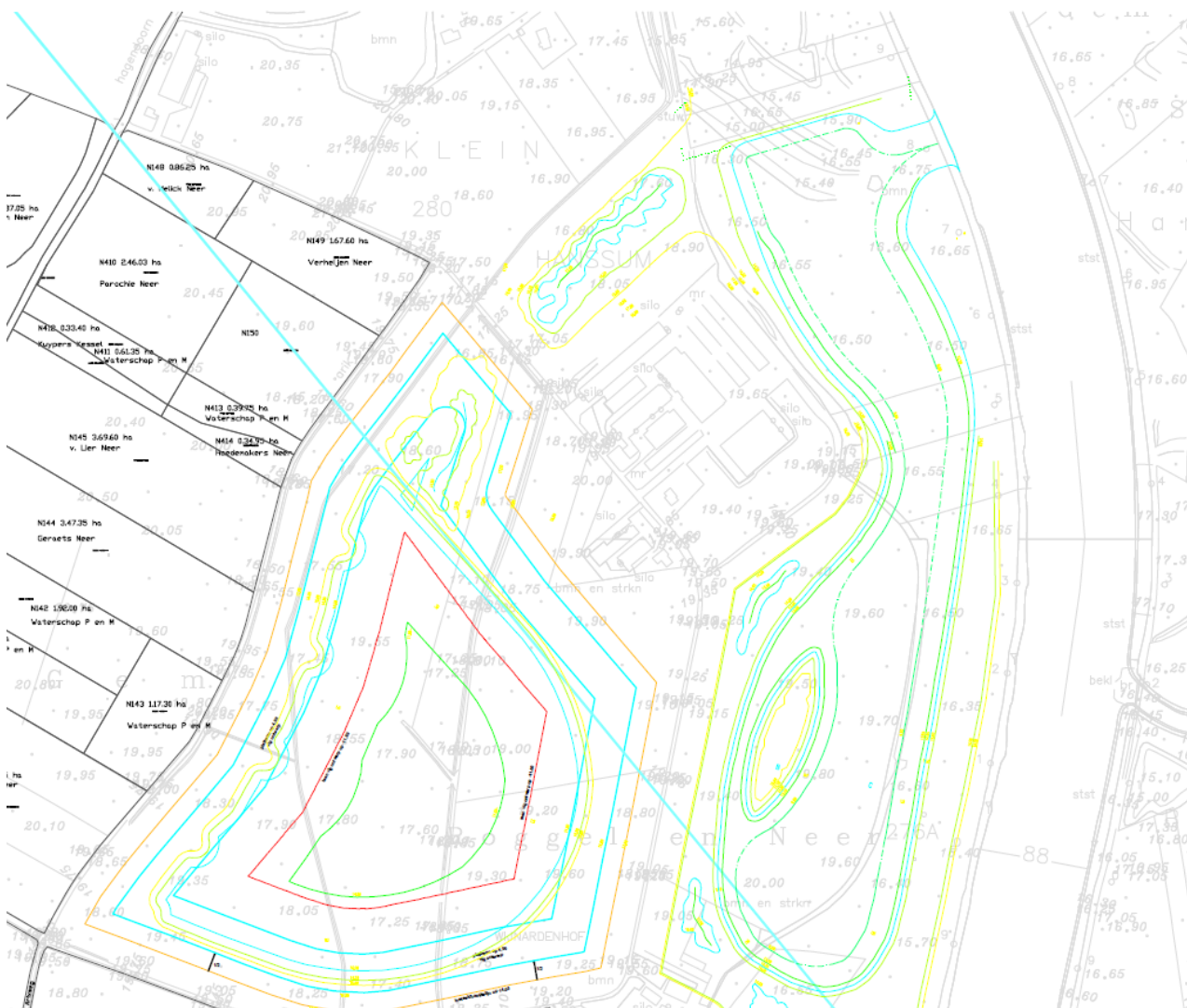


Figuur 2.4. Geohydrologische schematisatie van het gebied volgens het dwarsprofiel aangegeven in figuur 2.2 (Bron: Dinoloket).

In figuur 2.4 zijn de deklaag (mdl1a en dkl), het watervoerende pakket 1a (wvp1a), de slecht doorlatende scheidende laag (sdl1a) en het watervoerende pakket 1b (wvp1b) opgenomen. De parameters van deze lagen zijn als bijlage 1 toegevoegd. Het watervoerend vermogen van met name watervoerend pakket 1A is groot zoals hiervoor al aangegeven en ligt in de orde van grootte van 2.000-3.000 m^2/dag in de nabijheid van de zandwinning in de Roerdalslenk. Op de

Peelhorst is deze waarde veel kleiner (zie bijlage 1). Nvolgend is in figuur 2.5 de ligging van de grens tussen de Roerdalslenk en de Peelhorst aangegeven.

Te zien is dat het diepe gedeelte van de ontgroning in de Roerdalslenk ligt. Op de Peelhorst is namelijk maar tot een beperkte diepte geschikt zand te winnen. De ligging van de begrenzing tussen deze twee geologische deelgebieden komt overigens goed overeen met de ligging volgens de meest recent informatie in het hydrogeologische en geohydrologische model van de Provincie Limburg (2008).



Figuur 2.5. De ligging van de breuk tussen de Roerdalslenk en de Peelhorst is aangegeven als een blauwe lijn die van noordwest naar zuidoost over de tekening loopt.

Samengevat ziet de geohydrologische opbouw er als volgt uit:

1. De deklaag met freatisch grondwater.

Deze deklaag bevat dunne leem en klei-inschakelingen en behoort tot de Nuenengroep. Waar kleilagen in de deklaag voorkomen stagneert de verticale afvoer van neerslagwater het sterkst en kunnen hoge grondwaterstanden (schijngrondwaterstanden) voorkomen terwijl de waterstanden in het watervoerende pakket diep zijn. De dikte van de deklaag binnen het modelgebied varieert

tussen 3 en 15 m. In de deklaag vindt hoofdzakelijk verticale grondwaterstroming plaats naar het watervoerende pakket.

2. Het eerste en het tweede watervoerende pakket.

Deze watervoerende pakketten bestaan met name uit grindhoudend zand. De dikte van deze watervoerende pakketten is aan de zuidwestkant van de grindwinning sterk verschillend van de noordoostkant. Aan de zuidwestkant ligt de onderkant van deze pakketten op circa N.A.P. -90 m. Aan de noordoostkant is slechts één watervoerende pakket aanwezig met de onderkant op circa N.A.P. +6 m. De scheiding tussen deze twee eenheden wordt gevormd door de Peelrandbreuk. Deze vormt geen belemmering voor de grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket.

3. De formatie van Breda.

Onder de watervoerende pakketten ligt de formatie van Breda. Deze is als de basis van het geohydrologische systeem te beschouwen.

2.3 Geohydrologische parameters

De waarden van de geohydrologische parameters zijn overgenomen uit Regis van de Provincie Limburg en weergegeven in bijlage 1 van dit rapport.

De volgende tekeningen zijn in de bijlage opgenomen:

- deklaag: de kD -waarde (m^2/dag) van het zand in de deklaag en de weerstand van de deklaag, de C -waarde in dagen.
- watervoerend pakket 1A: hierop is de transmissiviteit (kD waarde) van het eerste watervoerende pakket 1A aangegeven.
- weerstand van de scheidende laag: deze weerstand (C -waarde in dagen) is alleen voor het gebied zuidwestelijk van de Peelrandbreuk van belang. De weerstand blijft voor het hydrologische invloedsgebied van de ontgroning vrij beperkt (tussen ca. 1 tot maximaal 500 dagen).
- watervoerend pakket 1B: alleen de transmissiviteit zuidwestelijk van de Peelrandbreuk is van belang en op de tekening aangegeven.

2.4 Grondwaterstroming

De stroomrichting van het grondwater in de watervoerende pakketten is in het algemeen naar het zuidoosten gericht (richting Maas).

De stroomrichting van het grondwater ter plaatse van de ontgroning is afhankelijk van het verhang van het grondwater. Voeding van het grondwater van boven vindt plaats via neerslag en eventueel infiltrerend oppervlaktewater. Drainage vindt met name plaats door de Maas.

In de deklaag vindt voornamelijk verticale stroming van grondwater plaats. Afhankelijk van de weerstand van de deklaag en de grootte van het neerslagoverschot kunnen de freatische grondwaterstanden hoger liggen dan de grondwaterstijghoogten in het eerste watervoerende pakket (schijngrondwaterstanden).

2.5 Waterstaatkundige situatie

Een aantal beken hebben invloed op het grondwaterstromingspatroon in het gebied. Zo zijn de Neerbeek, Haelense beek en de Tungelroyse beek in de grondwatermodellering opgenomen.

2.6 Landbouw- en natuurwaarden

In het landbouwgebied ten westen van de Maas, rondom de ontgrondingslocatie, zijn tot aan de Neerbeek geen voor grondwaterstandveranderingen gevoelige landbouwgronden aanwezig omdat de grondwaterstijghoogten in het watervoerende pakket diep beneden maaiveld liggen. De dichtstbijzijnde landbouwgronden die gevoelig zijn voor een daling van de grondwaterstand liggen ca. 1,5 km ten noorden van de Neerbeek, die van het Leudal naar de Maas stroomt en nabij de Maas de nevengeul van de zandwinning Neer aan de noordkant op enkele honderden meters afstand passeert.

Ten aanzien van de natuurwaarden is met name het gebied van het Leudal van belang (zie figuur 2.1). Het Leudal is door de Provincie Limburg aangewezen als prioritair natuurgebied met grondwaterafhankelijke natuurwaarden. Bovendien is het een Natura 2000-gebied.

Langs de Neerbeek liggen enkele kleine gebiedjes met natuurwaarden waarvan de hydrologische situatie in belangrijke mate wordt bepaald door schijngrondwaterspiegels en door het aanwezige oppervlaktewater in de nabijheid (langs de Neer). Bij beperkte verlagingen in het watervoerende pakket onder deze gebieden worden geen noemenswaardige gevolgen voor de ondiepe grondwaterstanden en de natuur verwacht. Verder zijn in het kader van de huidige ontgroning ook plannen ontwikkeld om natuurwaarden langs de Neer tot ontwikkeling te brengen.

3 Ontwikkeling van de zandwinning en de grondwaterstanden

3.1 Ontwikkeling van de zandwinning

In het verleden is ten behoeve van de ontgraving van de nevengeul en het Oog hydrologisch onderzoek uitgevoerd (Oranjewoud 1990, 1993), waarbij gebruik werd gemaakt van een MODFLOW-model. Het toen opgezette grondwatermodel is daarna, ten behoeve van de afrondingsvergunning (rapportage van januari 2013), geactualiseerd waarbij gebruik is gemaakt van Groundwater Vistas (overigens ook een op MODFLOW gebaseerd grondwatermodel).

In de zandwinning kunnen enkele tijdperioden worden onderscheiden:

- Tot medio 2004: zandwinning in de nevengeul, noordoostelijk van de Peelrandbreuk. De ligging van de breuk is aangegeven in figuur 2.5. De hydrologische effecten bleven beperkt. Enerzijds door de ligging nabij de Maas, waardoor geen grote insnijding in het isohypsenpatroon plaatsvond, anderzijds door de beperkte transmissiviteit van de Peelhorst afzettingen.
- Omstreeks eind 2004/begin 2005: de breuk tussen de Peelhorst en de Roerdalslank wordt gepasseerd. Er wordt een begin gemaakt met de zandwinning van het Oog. Tot en met 2006 neemt de begrenzing van de afruimlijn van de zandwinning en daarmee de grondwaterstandverlaging snel toe en is daarna tot 2009 redelijk constant (zie figuur 4.3 voor de afruimlijn in 2009 en paragraaf 3.2 voor de grondwaterstijghoogten). De dalingen van de grondwaterstijghoogten zijn aanzienlijk.
- Tussen 2009 en 2012 bereikt de zandwinning in het Oog qua oppervlakte zijn maximale omvang en daarmee is het maximale hydrologische effect bijna bereikt. Dit is terug te vinden in de monitoring van grondwaterstanden in de volgende paragraaf. Na 2012 vindt met name de verdieping plaats.
- In de tweede helft van 2015 is begonnen met de afsluiting van het Oog, dat tot dan toe in open verbinding stond met de Maas. De zandwinning is toen voortgezet in de nevengeul, overgaand in de huidige zandwinning ter plaatse van de afrondingsvergunning (deze staat in open verbinding met de nevengeul, die weer in open verbinding staat met de Maas).

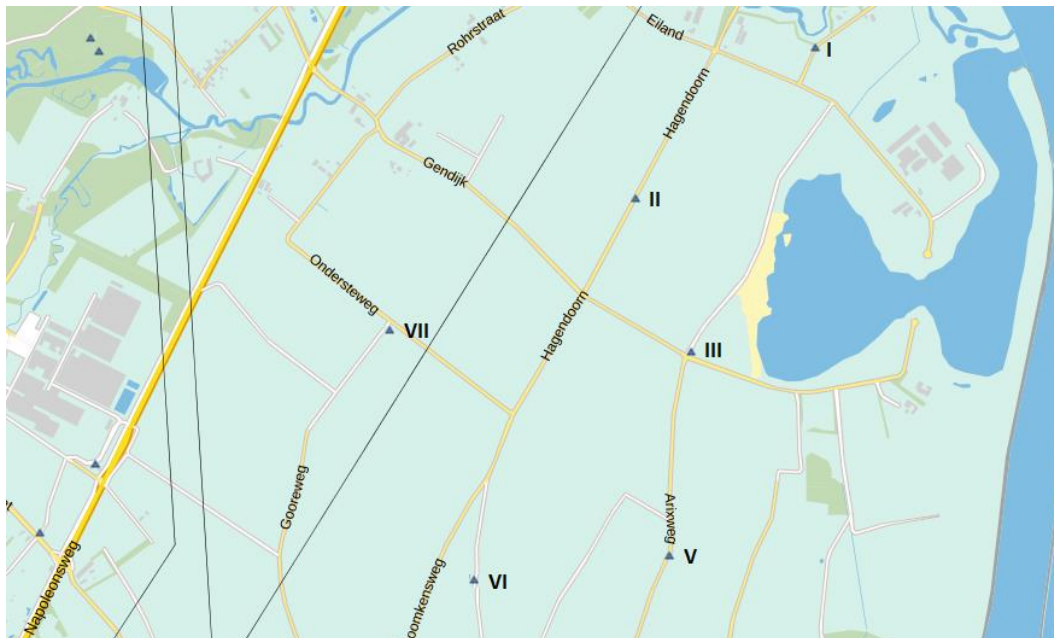
3.2 Het verloop van de grondwaterstanden

Het verloop van de grondwaterstanden in samenhang met de zandwinning wordt toegelicht aan de hand van het hydrologisch meetnet met peilbuizen in het gebied rondom de zandwinning (figuur 3.1).

De peilbuizen I t/m III worden sinds 2004 waargenomen. Peilbuis I ligt op de Peelhorst. Deze geologische formatie wordt van de Roerdalslank gescheiden door de Peelrandbreuk. (zie figuur 2.5). De nevengeul evenwijdig aan de Maas ligt vrijwel geheel op de Peelhorst. Hierin is tot een beperkte diepte gewonnen. In peilbuis I zijn door de ligging op de Peelhorst nauwelijks effecten van de zandwinning te herkennen.

Het Oog ligt hoofdzakelijk in de Roerdalslank. Hier staan ook de peilbuizen II en III die representatief zijn voor de effecten richting het Leudal. Hierin zijn de effecten van de

zandwinning vanaf het passeren van de Peelrandbreuk (eind 2004/begin 2005) wel duidelijk te herkennen.



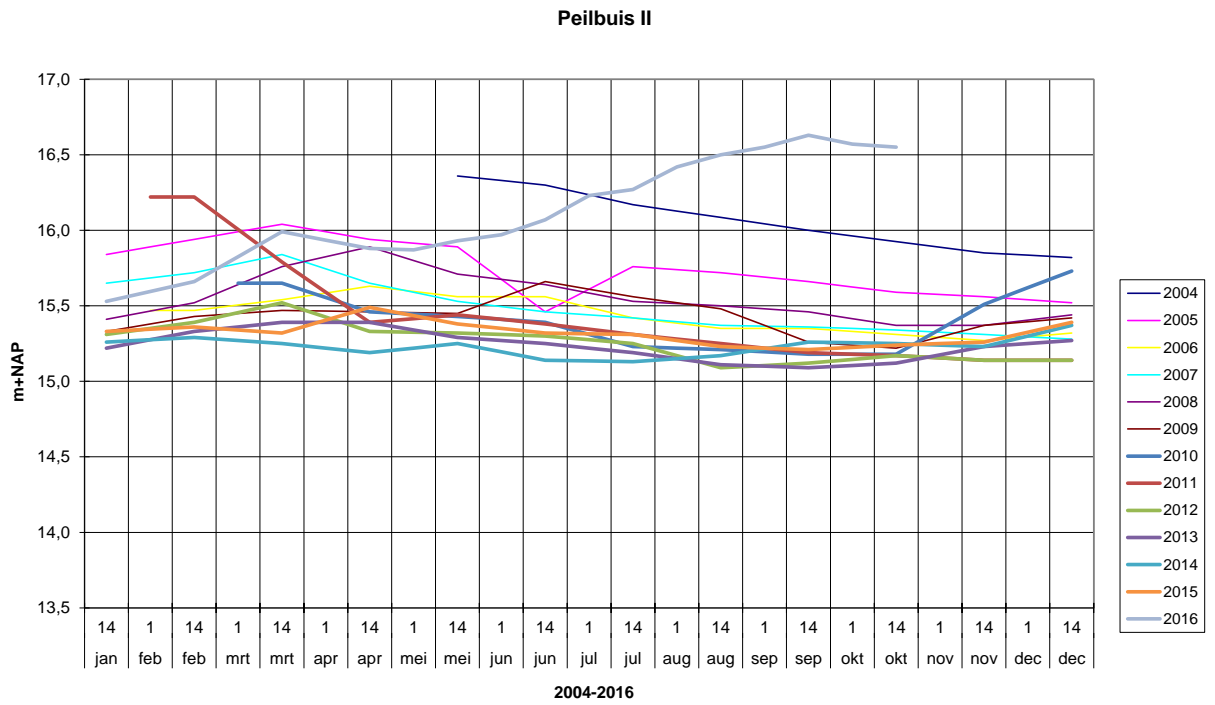
Figuur 3.1. Zandwinning Neer en 6 peilbuizen geplaatst door de opdrachtgever (nr. I, II, III, V, VI en VII). De peilbuizen I, II en III komen overeen met de peilbuizen B723, B724 en D2385 in figuur 4.1.

De peilbuizen V, VI en VII zijn geplaatst in juli 2014 en worden sinds 14 juli 2014 waargenomen. De waarnemingen van de grondwaterstanden in de peilbuizen II en III zijn het meest relevant voor de vaststelling van de hydrologische effecten richting het Leudal.

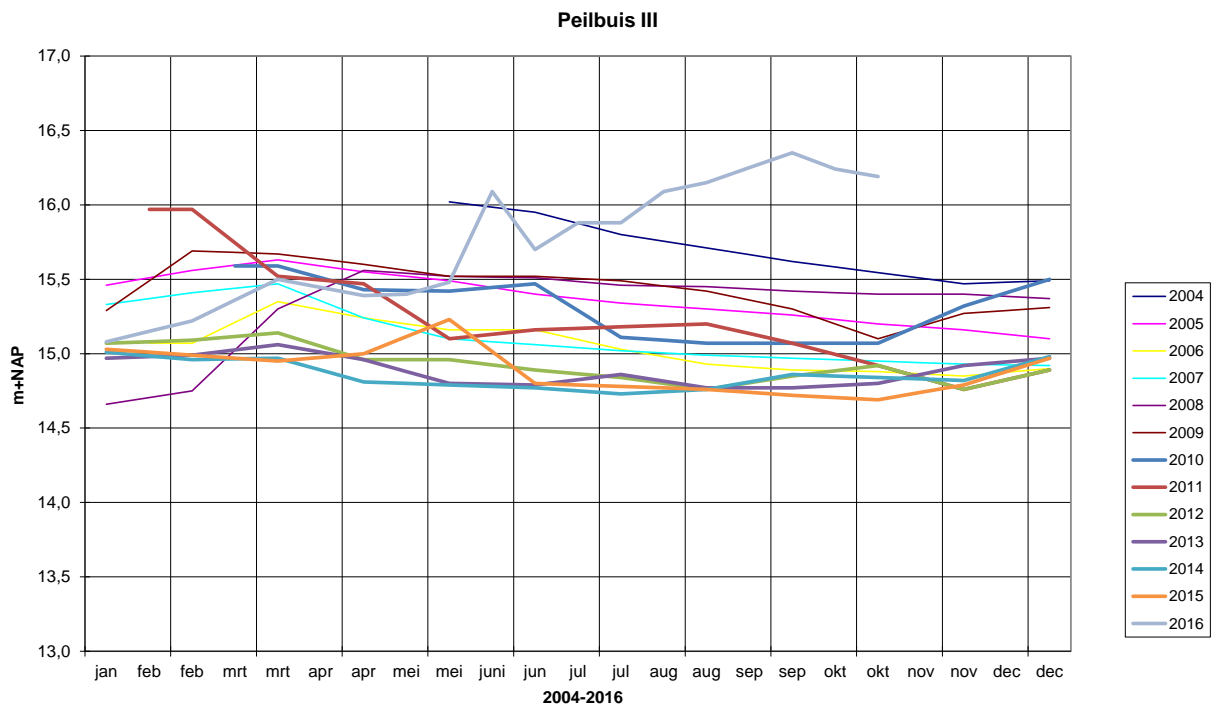
De grondwaterstanden in peilbuis II zijn weergegeven in figuur 3.2, in peilbuis III in figuur 3.3. In peilbuis II werd op 14 mei 2004 een grondwaterstand van NAP +16.36 m waargenomen. Voor de ijking is aangenomen is dat om en nabij de gemiddelde grondwaterstand is in de situatie dat in het geheel geen zandwinning zou hebben plaatsgevonden. In peilbuis III werd op 14 mei 2004 een grondwaterstand van NAP +16.02 m waargenomen. Voor de ijking is dat eveneens als de gemiddelde grondwaterstand genomen. Het is echter mogelijk dat de gemiddelde grondwaterstijghoogte voor aanvang van de zandwinning lager was. De ijkresultaten van figuur 4.1 geven hiervoor een aanwijzing.

Vanaf 2012 wordt het maximale hydrologische effect van de zandwinning bereikt. In peilbuis II wordt een laagste grondwaterstijghoogte van NAP +14.99 m waargenomen, in peilbuis III bedraagt de laagste waargenomen grondwaterstijghoogte NAP +14.29 m.

Eind 2015 is het Oog afgesloten van de Maas. Vanaf die tijd zijn de grondwaterstijghoogten in de peilbuizen II en III langzaam gaan stijgen. De grondwaterstijging is in juni 2016 versneld door de aanvoer van water met een vijzel uit de nevengeul naar het afgesloten Oog. Deze aanvoer is mede bedoeld om de effecten van de realisatie van de afrondingsvergunning te mitigeren. De wateraanvoer is heel effectief. De grondwaterstijghoogten hebben inmiddels een niveau bereikt dat hoger is dan ooit waargenomen in de peilbuizen II en III.



Figuur 3.2. Grondwaterstand waarnemingen in peilbuis II vanaf 14 mei 2004.



Figuur 3.3. Grondwaterstand waarnemingen in peilbuis III vanaf 14 mei 2004. De verticale lijnen geven de begrenzing van meetreeksen aan (waar gegevens ontbreken).

3.3 Tijdreeksanalyse van peilbuis D0185

Methode

Op de enige geschikte peilbuis D0185 (in figuur 4.1 aangeduid als D185) is een tijdreeksanalyse uitgevoerd met het programma Menyanthes, gebaseerd op de methode van de 'predefined response function'. Hierbij wordt de waargenomen grondwaterstandfluctuatie gemodelleerd als de som van een drainagebasis plus de effecten van een aantal stressfactoren op het grondwater systeem. Verder wordt de residu reeks gemodelleerd met een ruismodel. De residu reeks is het verschil tussen de waargenomen grondwaterstanden en de gesimuleerde grondwaterstanden op basis van de verklarende stressfactoren. Het ruis model gaat uit van een exponentieel verval van de residu als functie van de tijd. Bij deze methode is het uitgangspunt dat het systeem lineair reageert op de intensiteit van de stressfactoren.

In de analyse worden de volgende stressfactoren meegenomen als mogelijk verklarende variabelen:

- Neerslag
- Verdamping
- Maas peilen

Uit de beschikbare gegevens blijkt dat geen industriële grondwaterwinningen plaatsvinden in de omgeving van de peilbuislocatie. De onttrekkingen als gevolg van beregening worden geassimileerd als neerslag of verdamping. Hierdoor wordt de response functie van neerslag en verdamping licht vervormd. Omdat in deze studie het effect van zowel de neerslag als de verdamping worden weg gefilterd, zal deze vervorming de conclusie in principe niet beïnvloeden.

Naast deze stressfactoren kan nog een trend of een stap functie worden opgeteld, die overeenkomt met het begin van een bekende verandering in de waterhuishouding.

Resultaten

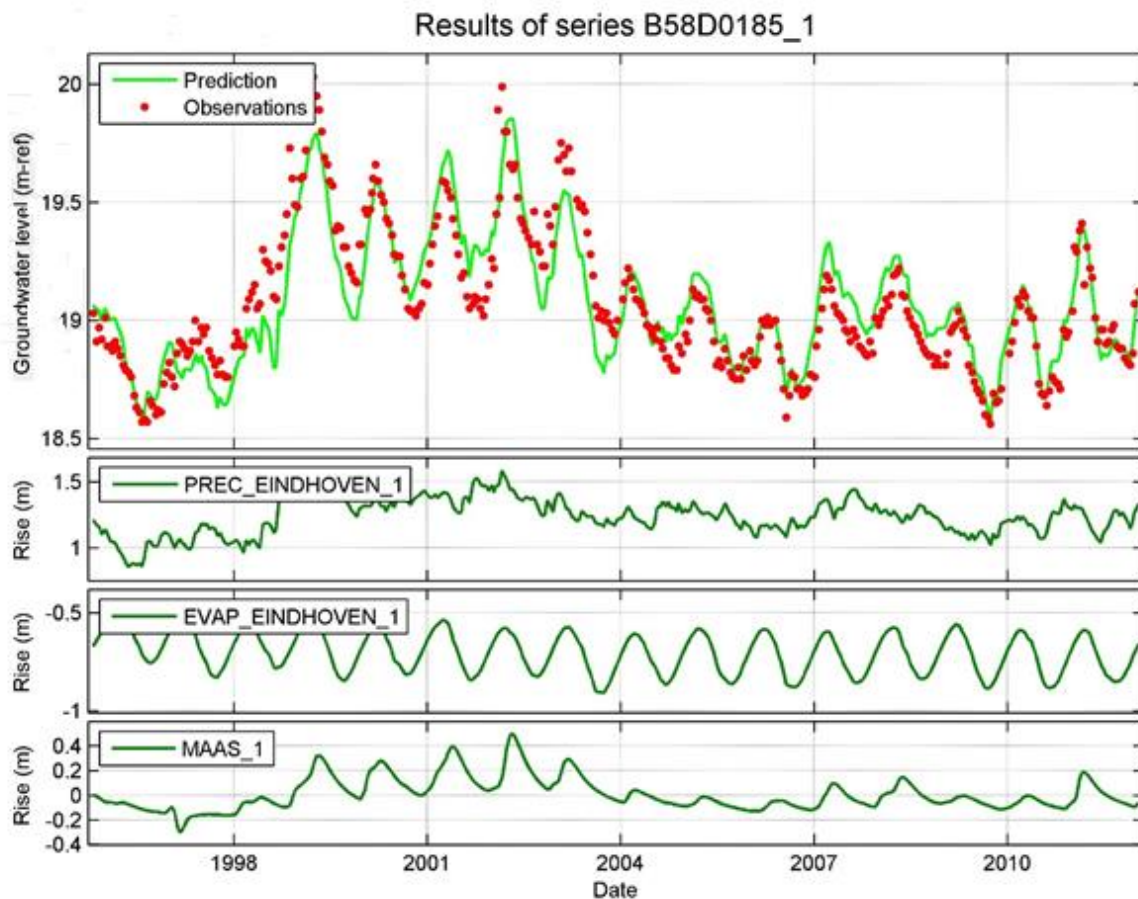
Het tijdreeksmodel is opgezet voor de jaren 1995 tot 2012 met als verklarende stressfactoren de neerslag, verdamping en fluctuatie van de Maas. Het tijdreeksmodel is weergegeven in figuur 1. De residu reeks wordt weergegeven in figuur 2.

De bovenste grafiek van figuur 1 toont de waargenomen grondwaterstanden (rode punten) en de gemodelleerde grondwaterstanden (licht groen lijn). De fit is goed, met een totaal verklaarde variantie van 82%. De grafieken onder de bovenste grafiek in figuur 1 zijn de bijdragen van respectievelijk neerslag, verdamping en de fluctuatie van het Maaspeil.

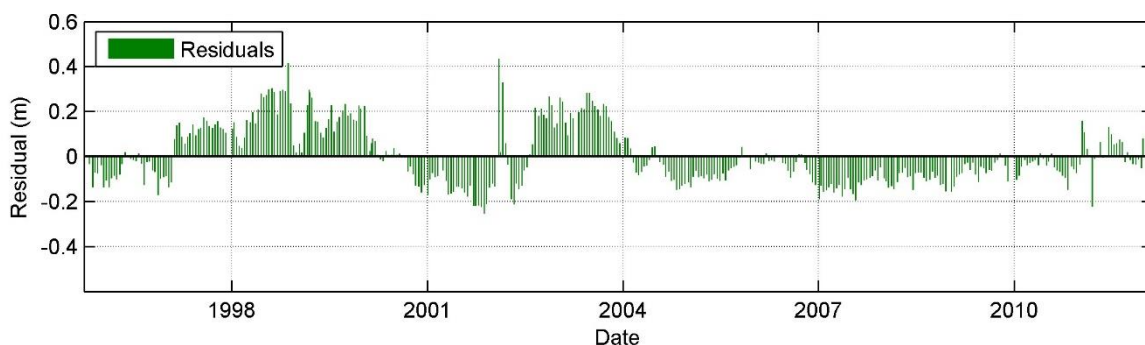
In de residue reeks is rond 2004 een staptrend te zien die als zodanig voor mei 2014 in het model is ingevoerd. Het model bepaalt zelf de staptrend op ca. 15 cm. Deze staptrend is echter niet toe te schrijven aan de ontgronding. Weliswaar vangt eind 2004/begin 2005 de zandwinning in de Roerdalslenk aan, maar de invloed hiervan wordt geleidelijk tot 2012 groter en leidt dus niet tot een staptrend. Een alternatieve verklaring is de verleende vergunning aan Nunhems zaden voor grotere grondwateronttrekkingen in deze periode. De dichtstbijzijnde putten zijn niet verwijderd van peilbuis D0185.

Als toets welke invloed de ontgronding zou kunnen hebben is voor de periode vanaf 2004 een afzonderlijk tijdreeksmodel opgezet. De verklaarde variantie blijft ongeveer hetzelfde als het model van figuur 1 (ook groter dan 80 %). Daarnaast is een trendlijn gefit die de geleidelijk invloed van de ontgronding zou moeten simuleren. Na optimalisatie van de model parameters blijkt de trendlijn statistisch niet significant te zijn. De standaardafwijking van de extra parameter (ca. 10 cm) ligt in dezelfde orde grootte als de verhoging die de trendlijn suggereert (minder dan 10 cm). Een verhoging van de trendlijn is bovendien in tegenstelling met een verlaging die we ten

gevolge van de ontgraving zouden mogen verwachten. Volgens de berekeningen in dit rapport (paragraaf 4.5 en 5.4) zou deze verlaging tussen 10 en 15 cm moeten liggen. Gezien de resultaten van de tijdreeksanalyse kan worden geconcludeerd dat de effecten van de ontgraving niet aangetoond kunnen worden in de fluctuatie van peilbuis B58D0185.



Figuur 1: Tijdreeksmodel van de grondwaterstijghegtefluctuatie in peilbuis B58D0185. De verklarende reeksen zijn neerslag, verdamping en peilfluctuatie Maas ten opzichte van het gemiddelde peil



Figuur 2: Residureeks: het verschil tussen de waargenomen grondwaterstijghegten en grondwater stijghegten gemodelleerd met de neerslag, verdamping en de fluctuatie van het Maaspeil.

4 Opzet en ijking Groundwater Vistas

4.1 Geschiedenis

In het verleden is al ten behoeve van de huidige vergunde ontgroning hydrologisch onderzoek uitgevoerd (Oranjewoud 1990, 1993). Het toen opgezette grondwatermodel is daarna, ten behoeve van de afrondingsvergunning (rapportage van januari 2013), geactualiseerd. Hiertoe is het grondwatermodel Groundwater Vistas gebruikt. Daarbij heeft overleg plaatsgevonden met het waterschap Peel en Maasvallei dat toen eveneens al werkte aan een grondwatermodel van het gebied (IBRAHYM). Hierbij zijn de grondwatermodellen vergeleken, wat heeft geleid tot een groter inzicht en een betere modellering van het gebied.

In het voorliggende MER onderzoek is aangesloten op de werkwijze van eerdere onderzoeken. Met Groundwater Vistas zijn de hydrologische effecten van de varianten stationair berekend voor een gemiddelde situatie. Dat wil zeggen voor gemiddelde hydrologische en meteorologische omstandigheden. Deze stationaire benadering is dynamisch getoetst met het grondwatermodel IBRAHYM. Dat wil zeggen dat met dit grondwatermodel de fluctuatie van de grondwaterstanden over een reeks van jaren wordt berekend. Met de dynamische berekening wordt getoetst of de stationaire berekeningen een voldoende representatief beeld geven van de effecten van de inrichtingsplan. Centraal staan daarbij de effecten van de zandwinning op de grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten in het Natura 2000-gebied Leudal. Hier mogen geen verlagingen optreden. In dat verband is het is van belang dat de stationaire berekeningen goed weergeven of er wel of niet verlagingen ter plaatse van het Natura 2000-gebied optreden.

4.2 Werkwijze ijking Groundwater Vistas

In 1991 heeft in opdracht van de Provincie Limburg een eerste berekening plaatsgevonden van de gevolgen van de geplande ontgroning Neer voor de grondwaterstanden. Er is toen een hydrologisch model in MODFLOW opgezet om de grondwaterstandwijzigingen te berekenen.

Ten behoeve van de aanvraag van een vergunning voor de huidige ontgroning heeft de opdrachtgever in 1993 een uitgebreider hydrologisch onderzoek laten verrichten waarin de geplande ontgroning nader in beeld werd gebracht. Van dit onderzoek is verslag gedaan in het 'Rapport hydrologische effectenstudie zand- en grindwinning te Neer, projectnr. 0589-48552, Oranjewoud juli 1993, Oosterhout'.

In beide voornoemde onderzoeken zijn de berekeningen uitgevoerd voor een gemiddelde situatie. Dat wil zeggen voor gemiddelde hydrologische en meteorologische omstandigheden. De ijking van het grondwatermodel heeft toen plaatsgevonden aan de hand van het isohypsenpatroon van 14 oktober 1983, welke is opgenomen in de bijlage 'Geohydrologische Inventarisatie Limburg' ten behoeve van het grondwaterplan van Limburg (Provincie Limburg, 1987).

Daarna zijn meer gegevens beschikbaar gekomen met betrekking tot de bodemopbouw en de grondwaterstanden in het gebied. Zo zijn de Regis gegevens (maart 2008) beschikbaar gekomen. Daarnaast zijn de peilbuisgegevens uit Dinoloket geïnventariseerd en er is nagegaan welke datum het meest geschikt is om het grondwatermodel op te ijken. Hierbij is tevens gebruik gemaakt van de grondwaterstanden in drie peilbuizen nabij het plangebied die zijn geplaatst en waargenomen door de opdrachtgever.

De modelaanpassing houdt in dat de transmissiviteiten (kD-waarden) en weerstanden (C-waarden) van alle bodemlagen zijn vervangen door de waarden in Regis. Verder zijn de oppervlaktewaterpeilen gecontroleerd en aangepast. De weerstanden voor toestroming van het grondwater naar de sloten, beken en de Maas zijn aangepast om het model kloppend te maken met de gemeten gemiddelde grondwaterstanden in het gebied.

Aan de hand van peilbuizen met lange meetreeksen is de gemiddelde grondwaterstand bepaald. Vervolgens is nagegaan voor welk jaar de meeste peilbuisgegevens beschikbaar zijn. Dit is van belang omdat sommige peilbuizen slechts enkele jaren zijn waargenomen. Vervolgens is nagegaan op welke datum de grondwaterstanden het beste overeenkomen met het gemiddelde van de langjarige meetreeksen. Deze datum is als uitgangspunt gekozen om de grondwaterstanden voor de modelijking te bepalen.

Het grondwatermodel met de ijking tot en met 2009, zoals alhier gepresenteerd in de paragrafen 4.3 en 4.4, is in 2010 met het Waterschap Peel en Maasvallei besproken, waarbij de ervaringen met de modellering van het gebied zijn uitgewisseld. Op basis hiervan is het grondwatermodel definitief gemaakt. In dit rapport is dit model in paragraaf 4.5 getoetst met gegevens van meer recente grondwaterstijghoogten en de zandwinning.

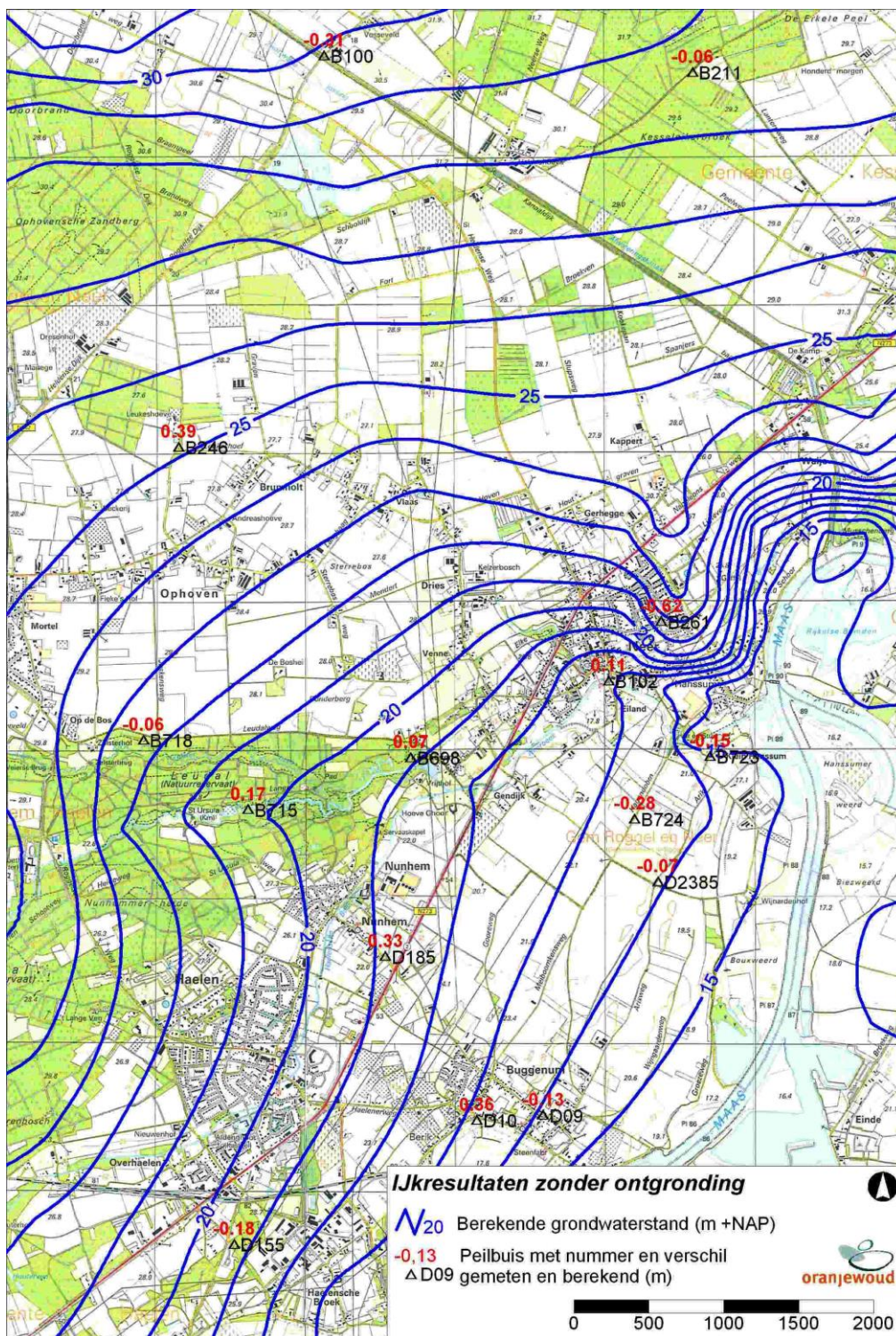
4.3 Resultaten ijking zonder zandwinning

De stationaire ijking van het grondwatermodel voor de situatie zonder zandwinning heeft plaatsgevonden aan de hand van gemeten gemiddelde grondwaterstanden vóór aanvang van de zandwinning. Aan de hand van verschillende peilbuizen die over een periode van minimaal 15 jaar voor aanvang van de ontgroning zijn waargenomen (peilbuizen D0009, D2374 en B0261) is de gemiddelde grondwaterstand vóór aanvang van de zandwinning bepaald. Deze gemiddelde grondwaterstand blijkt goed overeen te komen met de grondwaterstand op 28 oktober 1998. Deze datum is vervolgens gebruikt om de gemiddelde grondwaterstand voor de overige peilbuizen met een kortere waarnemingsperiode te bepalen. De volgende grondwaterstanden van 28 oktober 1998 zijn voor figuur 5 gebruikt: B100: 29.51; B211: 28.82; B246: 25.76; B261: 21.98; B102: 17.19; B698: 19.14; B715: 20.15; D185: 19.45; D0010: 17.05; D0009: 15.8; D158: 18.68.

Met de aanpassing van het model van 1993, door de Regis-bestanden van 2008 in te voeren, bleek het model al heel goed te kloppen voor de Roerdalslenk. Een belangrijke factor daarbij zijn de kD-waarden van de watervoerende pakketten 1a en 1b die in de Roerdalslenk hoog zijn. In wvp1a ligt deze in de orde van grootte van 2.000-3.000 m²/dag. In wvp 1b tussen ca. 500 en 1000 m²/dag (bijlage 1). Een mogelijke afwijking in de bepaling van de k-waarde en daarmee de kD-waarde heeft daardoor relatief weinig effect.

Anders is dit op de Peelhorst waar de kD-waarden veel kleiner zijn en bovendien lemlagen ondiep voorkomen die niet altijd in Regis zijn meegenomen. Met name ter plaatse van de bebouwde kom van Neer bleek de grondwaterstand in eerste instantie veel af te wijken en te laag te zijn. Dit kon worden verklaard door een raadpleging van aanvullende boringen in Dinoloket (voor Regis zijn niet alle boringen gebruikt). In deze boringen bleken slecht doorlatende lemlagen aanwezig. Deze zijn bij de ijking verwerkt.

Het resultaat van de ijking van Groundwater Vistas, voor de gemiddelde grondwaterstand vóór aanvang van de zandwinning, is opgenomen in figuur 4.1.



Figuur 4.1. IJKresultaten van het grondwatermodel zonder ontgonding. De filters van de peilbuizen staan in het eerste watervoerende pakket. De berekeningsresultaten zijn met isohypsen aangegeven. De afwijkingen berekend ten opzichte van gemeten zijn in rood aangegeven (negatief betekent de gemeten waarde is lager dan berekend met het grondwatermodel, positief is hoger dan berekend).

De drie peilbuizen van de opdrachtgever die rond de zandwinning liggen worden sinds 14 mei 2004 waargenomen, dus na 28 oktober 1998. De peilbuizen B724 en D2385 staan in de Roerdalslenk (figuren 3.2 en 3.3). De grondwaterstanden waren op 14 mei 2004 het hoogst en zijn in de ijking opgenomen: B723: 15.13; B724: 16.36; D2385: 16.02. Er vond toen nog geen zandwinning in de Roerdalslenk plaats. De gemiddelde grondwaterstand in de overige peilbuizen op 28 oktober 1998 was gemiddeld 13,3 cm hoger dan op 14 mei 2004. Daarom mogen we verwachten dat het geijkte grondwatermodel voor de drie peilbuizen van de opdrachtgever ongeveer 13 cm hogere grondwaterstanden berekent dan de grondwaterstand waargenomen in de drie peilbuizen op 14 mei 2004. Gemiddeld genomen over de drie peilbuizen zijn de berekende grondwaterstanden in figuur 5 ca. 17 cm hoger dan de gemeten grondwaterstanden op 14 mei 2004. Het model komt dus goed overeen met de grondwaterstanden in de drie peilbuizen als we corrigeren voor de lagere grondwaterstand in 2004. Het verschil van $(17-13=)$ 4 cm dat dan resteert is heel beperkt te noemen.

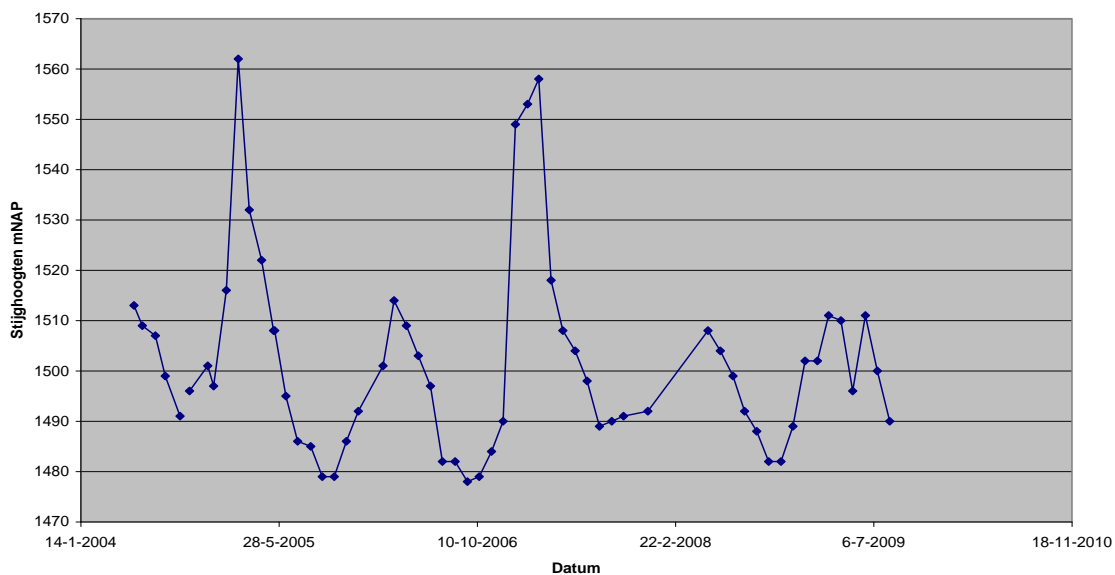
4.4 Voortschrijdende invloed van de ontgroning en ijking tot 2009

4.4.1 Verloop van de grondwaterstanden tot 2009

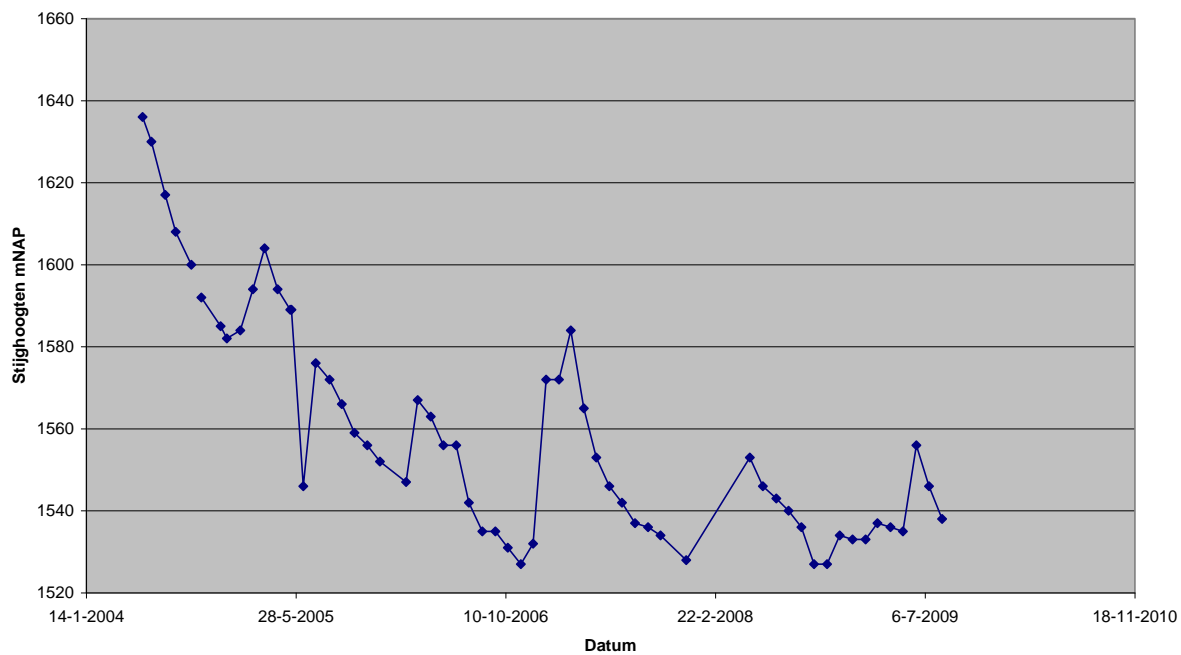
De voortschrijdende invloed van de ontgroning is te herkennen aan het verloop van de waargenomen grondwaterstanden in drie peilbuizen die door de opdrachtgever zijn geplaatst (B723, B724 en D2385, zie figuren 3.1 en 4.1 voor locatie). In figuur 4.2 is de daling tot en met 2009 aangegeven. Duidelijk is te zien dat de trend van de grondwaterstanden in peilbuis B0723 op de Peelhorst heel weinig verandert en de twee peilbuizen in de Roerdalslenk een veel grotere invloed vertonen van de zandwinning.

Vanaf september 2004 is de ontgroning van het Oog in de Roerdalslenk in gang gezet. De peilbuizen B0724 en D2385 geven aan hoe vanaf die periode de grondwaterstanden dalen tot in 2006 een evenwicht wordt bereikt waarbij de grondwaterstanden tot en met 2009 niet structureel dalen. In peilbuis 58D2385 stijgen de grondwaterstanden zelfs iets sinds 2006. De reden dat na 2006 de grondwaterstanden niet structureel dalen komt omdat toen over een groot gebied de deklaag was verwijderd en de zandwinning op een ondiep niveau in gang was gezet. Vanaf 2006 tot 2009 heeft alleen een verdieping van de plas plaatsgevonden waarbij de omvang en dus de hydrologische invloed niet of nauwelijks wijzigde. De stijging in 58D2385 kan worden toegeschreven aan de afwerking van de ontgroning waarbij taluds worden afgedekt en mors op de bodem van de plas komt te liggen.

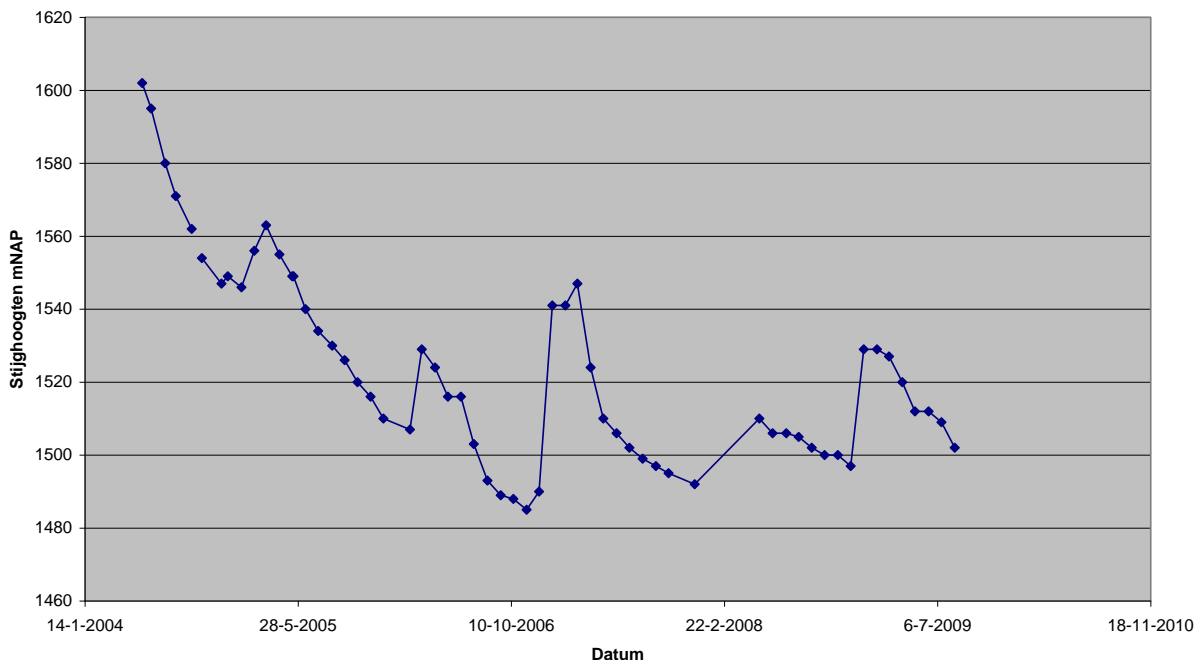
B0723



B0724



58D2385



Figuur 4.2. Het verloop van de grondwaterstanden tot en met 2009 in drie peilbuizen geplaatst en waargenomen door de opdrachtgever. Voor de locatie van de peilbuizen zie figuur 4.1.

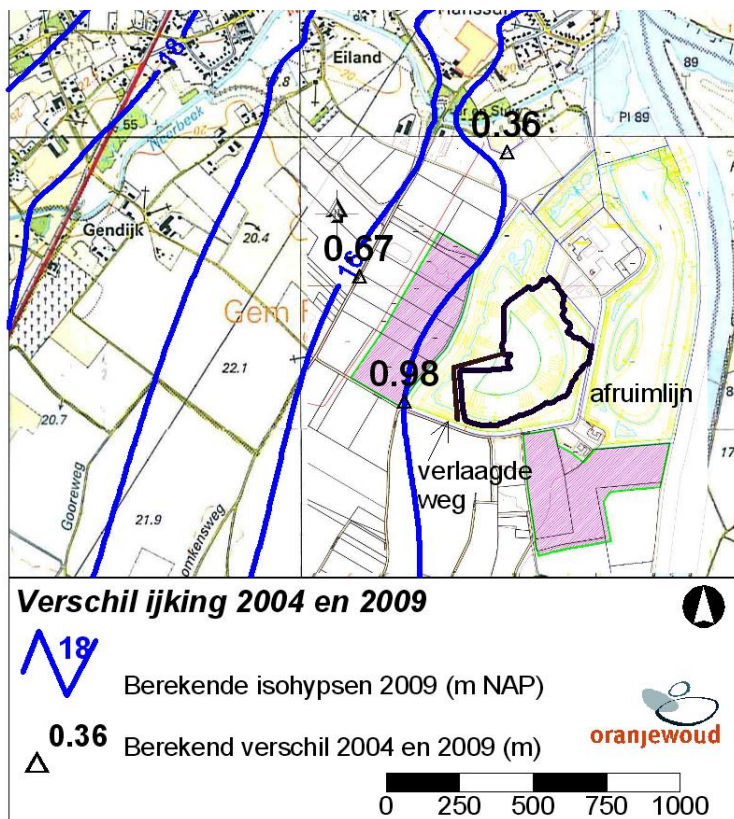
4.4.2 Vergelijking gemeten daling en berekende daling tot 2009

De daling in de drie peilbuizen van de opdrachtgever vanaf 2004 is bepaald door eerst de ongestoorde grondwaterstanden van mei tot en met augustus 2004 per peilbuis te middelen. Vervolgens zijn voor de jaren 2006 tot en met 2009 per peilbuis de grondwaterstanden van mei tot en met augustus eveneens gemiddeld en weergegeven in tabel 1. Door de grondwaterstanden in de tweede rij af te trekken van de eerste rij krijgen we de gemeten daling tot 2009 in rij 3. In de onderste rij staat de met het grondwatermodel berekende daling.

Grondwaterstanden	Peilbuis I/B723	Peilbuis II/B724	Peilbuis III/D2385
Gemiddeld mei-aug. '04	15,07	16,23	15,87
Gemiddeld mei-aug '06-'09	14,99	15,47	15,07
Vershil is daling (m)	0,08	0,76	0,80
Daling in model (m)	0,36	0,67	0,98

Tabel 4.1. Berekening gemeten daling van de grondwaterstanden als gevolg van de zandwinning sinds 2004. De daling van de grondwaterstanden volgens het grondwatermodel is vermeld in de onderste rij (I, II en III is de nummering van peilbuizen door de opdrachtgever (figuur 3.1).

Het verschil in de berekende en gemeten grondwaterstanden is tevens weergegeven op het isohypsenpatroon van de gemiddelde berekende grondwaterstanden in 2009 in figuur 4.3.



Figuur 4.3. Isohypsen 2009 (van NAP +15 tot NAP +19) en de peilbuizen rond de zandwinning waarbij de berekende daling van grondwaterstanden tussen 2004 en 2009 is aangegeven.

Uit tabel 4.1 volgt dat het verschil tussen de gemeten en de berekende daling het grootst is in peilbuis B723 (gemeten 0,08 m en berekend 0,36 m). Dat komt omdat deze peilbuis op de Peelhorst staat en de zandwinning aan de andere kant in de Roerdalslenk plaatsvindt. Op de Peelhorst is de geohydrologische opbouw heel onregelmatig. In de praktijk komen hier ondiep veel grotere weerstanden voor dan in Regis is opgenomen. Daardoor overdrijft het grondwatermodel de invloed van de ontgroning.

De twee peilbuizen in de Roerdalslenk geven beter kloppende verschillen te zien. Voor de zuidelijke peilbuis berekent het grondwatermodel een grotere daling dan wordt gemeten (0,98 m tegenover 0,80 m). In de westelijke peilbuis berekent het grondwatermodel een wat kleinere daling (0,67 m tegenover 0,76 m). Enige afwijking in de afmeting en afwerking van de zandwinning ten opzichte van werkelijkheid kan hierin een rol spelen. Gemiddeld genomen kan worden gesteld dat het grondwatermodel de hydrologische invloed niet te klein berekend.

Conclusies

- Ten aanzien van de geohydrologie is met name van belang dat de kD-waarden in de Roerdalslenk van de watervoerende pakketten 1a en 1b heel groot zijn. Het ijkresultaat van het grondwatermodel voor de situatie vóór aanvang van de ontgroning kan goed worden genoemd. Omdat bovendien de kD-waarden van de watervoerende pakketten hoog zijn in de Roerdalslenk heeft een eventuele plaatselijke afwijking in deze kD-waarde relatief weinig invloed. Op de Peelhorst zijn de kD-waarden veel kleiner en het model vertoont een afwijking in die zin dat de daling van de grondwaterstand op de Peelhorst groter wordt berekend dan de werkelijke daling (zie volgende punt van conclusies). Dit is geen bezwaar

want de grootte van de daling leidt niet tot de conclusie dat ongewenste effecten voor belangen optreden.

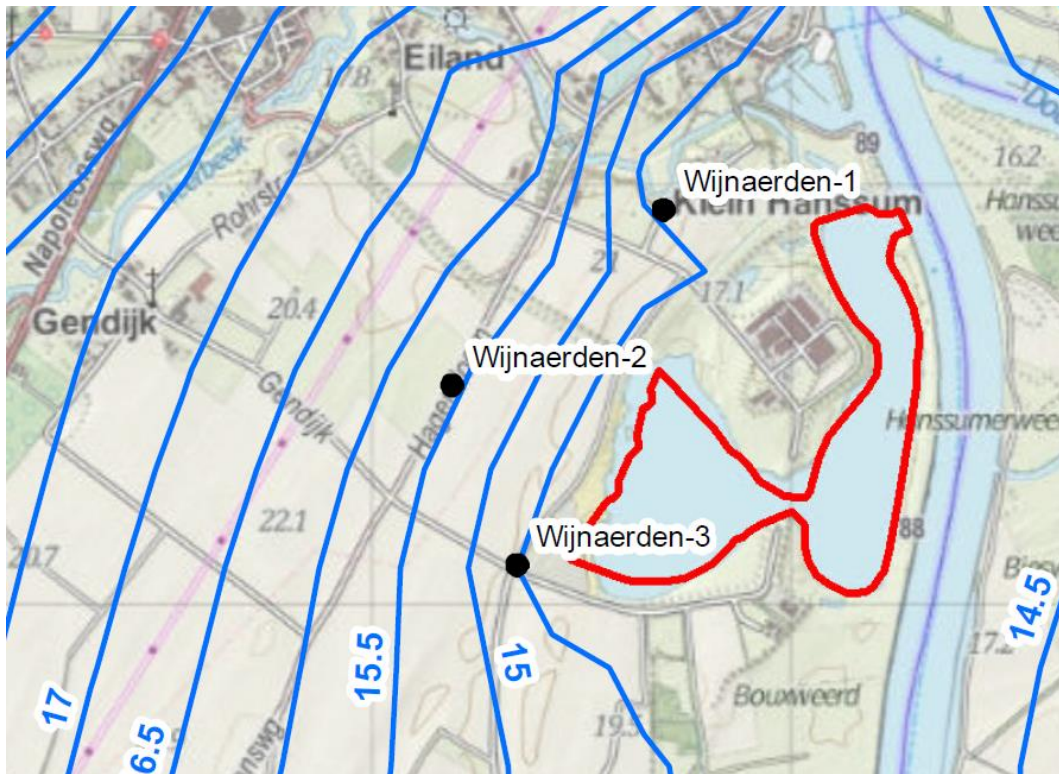
- Het grondwatermodel berekent voor de twee peilbuizen op de Roerdalslenk een daling van grondwaterstanden tussen 2004 en 2009 die redelijk overeenkomt met de gemeten waarden. Daarbij dient te worden bedacht dat een daling om verschillende redenen nooit precies kan worden gesimuleerd, zoals het precies inbrengen van de begrenzing van de ingreep met weerstanden van morslaag en taludafdekking.
- In peilbuis B724 is de daling 9 cm kleiner dan de gemeten daling van 76 cm. In peilbuis D2385 is de berekende daling 18 cm groter dan de gemeten daling van 80 cm. Tot slot wordt in de peilbuis B723 op de Peelhorst de daling 28 cm groter berekend dan de gemeten daling van 8 cm. De kleinere daling in B724 wordt ruimschoots gecompenseerd door de grotere daling in de peilbuizen aan weerszijden, waardoor de hydrologische invloed op grotere afstand, mede bepaald door interferentie van dalingen in aangrenzende richtingen, niet wordt onderschat.

4.5 Resultaten ijking periode 2012-2015

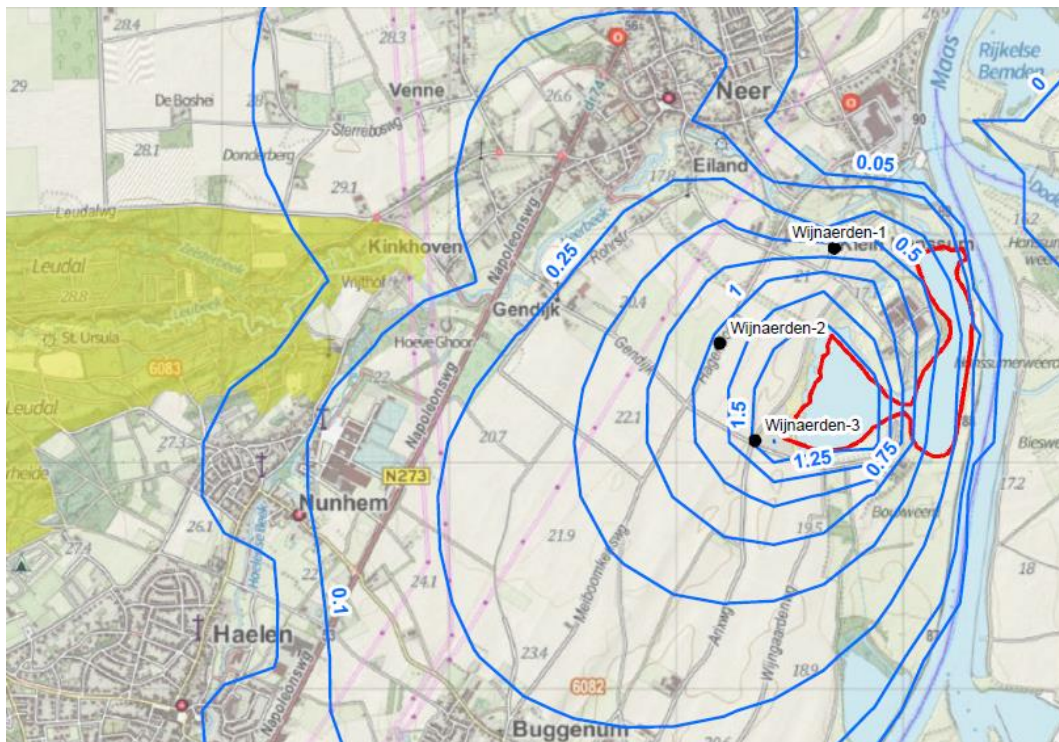
Een modelberekening is uitgevoerd voor de situatie waarbij het Oog nog in open verbinding met de Maas werd ontgrond en de hydrologische effecten hun maximale omvang hadden bereikt. Deze situatie is opgetreden in de jaren 2012-2015. De gemiddelde grondwaterstijghoogten berekend met het grondwatermodel voor deze periode zijn aangegeven in figuur 4.4. De dalingen van de grondwaterstijghoogten ten opzichte van de ijking in figuur 4.5 (situatie zonder zandwinning in het gebied) zijn aangegeven in figuur 4.5. Deze situatie komt voor wat betreft het Leudal qua stijghoogten overeen met de nulsituatie (waarbij de bestaande vergunningen zijn afgerond) en voor het overige gebied vrijwel overeen met de nulsituatie.

De berekende grondwaterstijghoogten in de peilbuizen II en III zijn wat hoger dan gemeten. Dit geldt zowel voor de periode 2012-2015 als voor de ijking van figuur 4.1. Van groter belang is dat het grondwatermodel de grondwaterstanddaling ten gevolge van de zandwinning goed berekent. Ter plaatse van peilbuis II wordt een daling van 1.04 m berekend, bij peilbuis III is dat 1.50 m. Opgeteld bij laagste waarnemingen van de peilbuizen II en III worden de grondwaterstijghoogten: in peilbuis II ($1.04+14.99=$) NAP +16.03 m; in peilbuis III ($1.5+14.29=$) NAP +15.79 m. Deze laatste grondwaterstijghoogten zijn berekend uitgaande van de laagste waargenomen grondwaterstijghoogten in de peilbuizen. De modelberekening heeft echter plaatsgevonden voor een gemiddelde jaarsituatie. Gaan we uit van een gemiddelde gemeten stijghoogte in de peilbuizen II en III voor de laatste jaren die ca. 15 cm hoger ligt, dan komen we uit op grondwaterstijghoogten van NAP +16.18 m (peilbuis II) en NAP +15.94 m (peilbuis III). Dit is dicht nabij de hoogste metingen in de figuren 3.2 en 3.3 en komt dus dicht bij de gemiddelde stijghoogte.

De conclusie van het voorgaande is dat het grondwatermodel de verlagingen ten gevolge van de zandwinning heel goed berekend. Derhalve mag worden verwacht dat de effecten van de ontgroning met dit model goed worden berekend.



Figuur 4.4. Berekende stijghoogten voor de maximale omvang van de zandwinning in het Oog, uitgaande van de gemiddelde jaarsituatie en het mediaanpeil van de Maas (NAP +14.15 m).



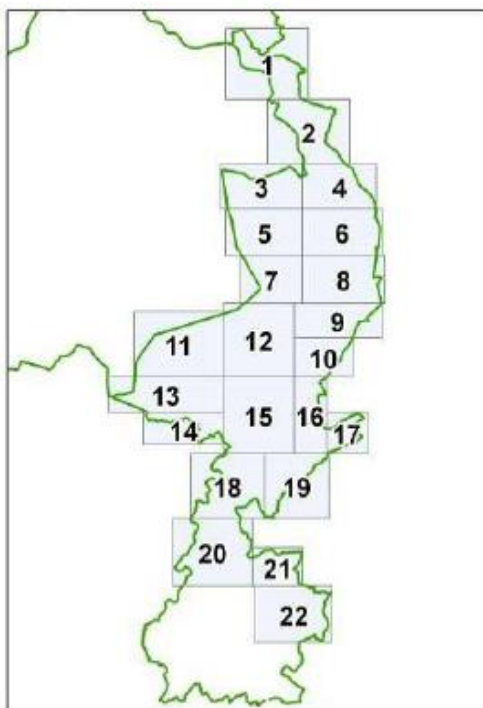
Figuur 4.5. Verschil in stijghoogte periode 2012-2015 (figuur 4.4) ten opzichte van de ijking van het grondwatermodel (figuur 4.1).

5 Opzet en ijking IBRAHYM

5.1 Grondwatermodel IBRAHYM

De toetsing van de modelresultaten van Groundwater Vistas vindt plaats met het provinciaal grondwatermodel IBRAHYM V2 (versie 2), daartoe in staat gesteld door het Waterschap Peel en Maasvallei. Het grondwatermodel IBRAHYM draait op een server van Deltares en vraagt bij gebruik om binnen het bestaande model op te geven met welk gebiedsdeel gewerkt gaat worden. Het grondwatermodel kent een stationaire versie en een dynamische versie die naast elkaar bestaan. Als de stationaire versie voldoet is het niet nodig om een dynamische versie te gebruiken. Hier zijn beide versies gebruikt om inzicht te geven in de hydrologische effecten van de zandwinning.

Het grondwatermodel IBRAHYM omvat de beheersgebieden van het waterschap Peel en Maasvallei en het waterschap Roer en Overmaas, dus geheel Limburg. Het grondwatermodel is aangemaakt met een resolutie van 25 meter. Om rekentechnische redenen (het doorrekenen van het gehele model op 25 meter schaal vergt ca. 40Gb aan geheugen) wordt een deelgebied van het totale model doorgerekend van 7 bij 10 km. Het model omvat het gebied van $x=192.000$ tot $x=199.000$ en $y=358.000$ tot $y=368.000$. Om dit deelmodel wordt een bufferzone gehanteerd van 2000 m. In de onderstaande figuur 5.1 is de provinciale begrenzing van IBRAHYM met een onderscheid in deelmodellen aangegeven. Met de celafmetingen van 25 m x 25 m is het mogelijk om maatregelen met voldoende detail in te voeren.



Figuur 5.1 Begrenzing IBRAHYM, waarbij deelgebieden zijn onderscheiden die voor provinciale berekeningen worden gehanteerd.

Het grondwatermodel IBRAHYM is bij Neer opgedeeld in 19 modellagen die horizontaal watervoerend lagen voorstellen. De bovenste 4 modellagen hebben betrekking op de deklaag die in de Roerdalslenk voor wat betreft het interessegebied (het zandwingsgebied en het aangrenzende gebied tot aan het Leudal) een laagdikte tussen 3 m en 15 m heeft. De laagdikten van de lagen 1 t/m 4 kunnen dus sterk variëren. Ter plaatse van de zandwinning bedraagt de laagdikte van de deklaag om en nabij 10 m.

De zandwinning in de Roerdalslenk tot NAP -11.6 m is opgenomen in de lagen 5 tot en met 7 van het grondwatermodel. Voor het doel van dit onderzoek kan als geohydrologische basis van het systeem de bovenkant van de Kiezeloooliet Formatie op ca. NAP -60 m worden aangehouden (figuur 2.3). De 19 modellagen in IBRAHYM beschrijven echter ook het dieper gelegen deel van het geohydrologische systeem, zoals aangegeven in figuur 2.3. Hoewel niet van wezenlijke betekenis voor het doel van dit onderzoek blijven deze modellagen wel gehandhaafd in het grondwatermodel.

De beschikbare versie IBRAHYM V2 is voor het interessegebied dynamisch geïkt. De ijking heeft echter op een zeer beperkt aantal meetreeksen van peilbuizen plaatsgevonden, omdat meetreeksen vanaf eind jaren negentig slechts zeer beperkt voorhanden zijn. Er is geen gebruik gemaakt van de peilbuizen van de opdrachtgever die sinds 2004 worden waargenomen. De meetgegevens van deze peilbuizen wijken sterk af van de resultaten van IBRAHYM V2. Derhalve heeft een aanzienlijke bijstelling van de ijking van IBRAHYM V2 plaatsgevonden. Deze wordt navolgend beschreven.

5.2 Ijking van IBRAHYM V2

Methode van ijking

Vanwege sterke afwijkingen van IBRAHYM V2 ten opzichte van de peilbuisgegevens van de opdrachtgever is het grondwatermodel met name voor het gebied rond de zandwinning en richting het natuurgebied Leudal opnieuw geïkt. De ijking van IBRAHYM V2 heeft stationair plaatsgevonden en is vervolgens dynamisch getoetst. Voor de stationaire ijking is uitgegaan van de situatie dat de zandwinning in het Oog in open verbinding met de Maas zijn maximale omvang had bereikt en met de afrondingsvergunning nog niet was begonnen. In deze periode, die ongeveer de jaren 2012 tot medio 2015 omvat, was de omvang van de zandwinning en daarmee de invloed op het hydrologische systeem vrijwel constant, zoals blijkt uit de peilbuisgegevens (figuren 3.2 en 3.3). De verdieping van de plas in het zeer goed doorlatende watervoerende pakket in deze periode had weinig invloed. Daarmee is een stationaire ijking voor de jaargemiddelde situatie voor deze periode heel goed mogelijk.

De dynamische toetsing van de stationaire ijking heeft plaatsgevonden voor de laatste periode dat gegevens voor de dynamische ijking in IBRAHYM V2 beschikbaar zijn, namelijk de periode 1 januari 2008 t/m 1 april 2012. Dit is voor en tijdens de periode dat de maximale omvang van de zandwinning in het Oog werd bereikt. In het grondwatermodel is voor deze periode gerekend met de maximale omvang van de zandwinning, zodat de modelresultaten en de metingen van de grondwaterstanden in peilbuizen gedurende deze periode naar elkaar toe convergeren (paragraaf 5.3).

Een dynamische berekening is gewenst als door het jaar heen de berekende maximale hydrologische invloed van de zandwinning afwijkt van de stationaire benadering waarbij de jaargemiddelde hydrologische invloed van de zandwinning wordt berekend. Dit wordt getoetst door dynamisch de verlagingen te berekenen voor de maximale omvang van de zandwinning (periode 2012-2015) met als referentie de nulsituatie, waarbij de zandwinnings in de nevengeul, het Oog en de afrondingsvergunning volgens de bestaande vergunningen zijn afgerond. De resultaten worden vergeleken met de stationaire benadering middels Groundwater Vistas.

Navolgend worden eerst in grote lijnen de aanpassingen van IBRAHYM V2 besproken. Vervolgens wordt in paragraaf 5.3 ingegaan op de dynamisch berekende stijghoogten op peilbuislocaties, waarbij de stationair berekende stijghoogten volgens Groundwater Vistas tevens worden vermeld. In paragraaf 5.4 worden verschilberekeningen uitgevoerd voor maximale omvang van

de zandwinning (periode 2012-2015) en de nulsituatie. Tot slot volgt in paragraaf 5.5 een vergelijking van de rekenresultaten van IBRAHYM en Groundwater Vistas.

Aanpassingen van IBRAHYM V2 in de stationaire ijking

In de bestaande dynamische ijking van IBRAHYM is uitgegaan van een hoge weerstand van de Peelrandbreuk, die de Roerdalslenk scheidt van de Peelhorst. Vanwege het beperkte aantal beschikbare en gebruikte meetreeksen van grondwaterstijghoogten was het mogelijk om tot een acceptabel ijkresultaat te komen.

De hoge weerstand van de Peelrandbreuk is echter in tegenspraak met inzichten die bijvoorbeeld al zijn weergegeven op de TNO grondwaterkaart van 1983, waarin geen weerstand ter plaatse van deze breuk is gesignaleerd. De Peelrandbreuk heeft een grote weerstand in Noord-Brabant maar ter plaatse van het plangebied is deze weerstand afwezig. Door de grote weerstand van de Peelrandbreuk in het modelgebied ter plaatse van het plangebied zijn de grondwaterstijghoogten in de Roerdalslenk in het bestaande IBRAHYM model veel hoger berekend dan volgt uit de stijghoogten waarnemingen van de opdrachtgever. Een ander voorbeeld is het gebied zuidelijk van de naam 'Eiland' (midden boven in figuur 4.3), zuidwestelijk van het punt waar de Peelrandbreukbreuk de Neerbeek passeert. Volgens het bestaande IBRAHYM model reiken de grondwaterstanden en stijghoogten bijna tot maaiveld, terwijl uit de grondwatertrappenkaart blijkt dat de grondwaterstanden hier niet boven 140 cm-mv komen.

De aanname van de aanwezigheid van een hoge weerstand van de breuk heeft geleid tot een berekening van k-waarden van bodemlagen met IPEST die afwijkt van de Regis waarden en aanzienlijk lager is. Een ander punt is dat de aanwezigheid en verspreiding van slecht doorlatende lagen in de ondergrond gebaseerd is op een zeer beperkt aantal boringen die op grote onderlinge afstand staan. De verspreiding in het model is een interpretatie die niet controleerbaar is aan de hand van ijkresultaten van het grondwatermodel, omdat hiervoor te weinig meetreeksen van peilbuizen beschikbaar zijn.

IBRAHYM is nader geijkt op basis van de meetgegevens van peilbuizen van de opdrachtgever, waarbij het zwaartepunt ligt op de omgeving van de zandwinning. In de omgeving van het Leudal heeft geen aanpassing van de doorlatendheden in de ondergrond plaatsgevonden. Er is vanuit gegaan dat de peilbuizen die in deze omgeving wel staan voldoende aanknopingspunt hebben geboden voor een verdedigbare interpretatie van de bodemopbouw in IBRAHYM. De peilbuizen die zijn gebruikt voor de dynamische ijking van IBRAHYM zijn vermeld in paragraaf 5.3. De weerstand van de Peelrandbreuk is uit het grondwatermodel verwijderd en de k-waarden van de watervoerende pakketten zijn verhoogd tot waarden die beter overeenkomen met Regis.

Een andere aanpassing in IBRAHYM is dat de invloed van de rivier de Maas op de grondwaterstijghoogten in de ondergrond ter plaatse is vergroot. In de aangeleverde modelversie wordt het drainerende effect nogal beperkt door de aanwezigheid van weerstand biedende lagen rondom de rivier, maar boringen en de peilbuiswaarnemingen wijzen uit dat de drainerende werking van de rivier hiervoor te groot is.

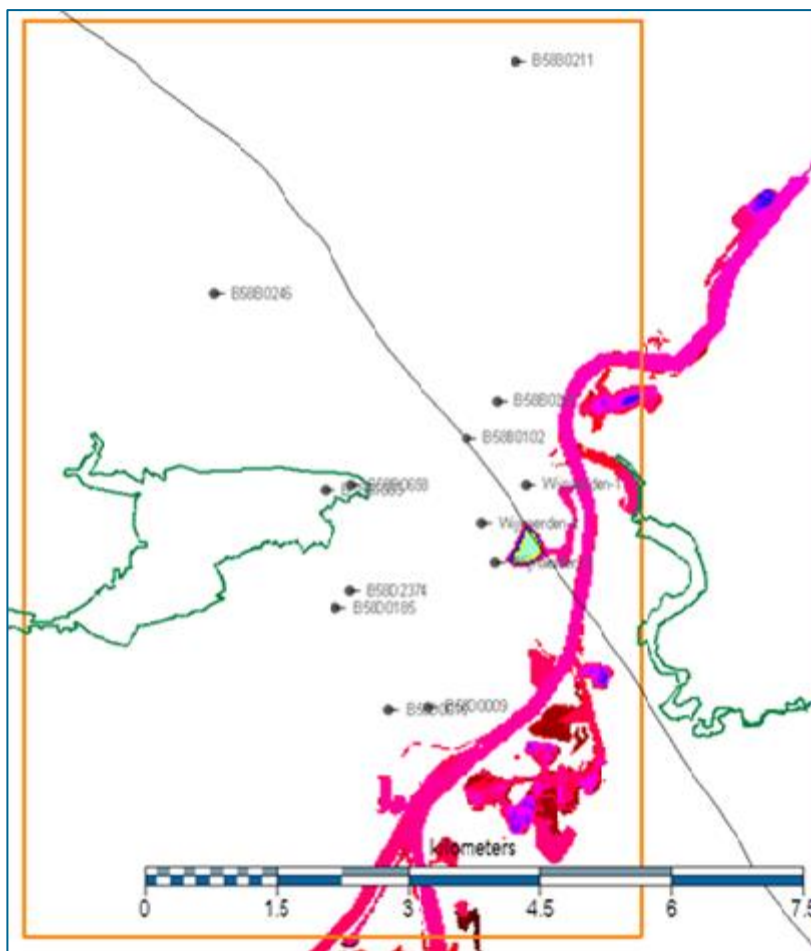
Het modelgebied ter plaatse van de Peelhorst, noordoostelijk van de Peelrandbreuk, is niet aangepast. Weliswaar komen in het bestaande IBRAHYM model in een peilbuis ter plaatse grote afwijkingen voor tussen berekende en gemeten grondwaterstanden, maar dit dient te worden toegeschreven aan grote variaties in de bodemopbouw die op korte onderlinge afstand (in verticale en horizontale richting) voorkomen. Metingen van de grondwaterstijghoogten in een peilfilter zijn puntmetingen die in dit geval weinig representatief zijn voor de verdere omgeving. Daarnaast staan niet de feitelijke grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten in de Peelhorst

centraal, maar zijn de verlagingen van de grondwaterstanden en grondwaterstijghoogten ter plaatse van het Leudal, dat in de Roerdalslenk ligt, van belang. Eventuele afwijkingen in de stijghoogten ten opzichte van de werkelijke situatie vallen tegen elkaar weg als het verschil tussen een variant en de referentie (de nulsituatie) voor een gelijkblijvende situatie op de Peelhorst wordt berekend. De doorlatendheid van de grondlagen ter plaatse van de Peelhorst is daarnaast laag en daarmee de invloed op de berekende verlagingen in het Leudal.

5.3 Toetsing ijking middels dynamische modelberekening

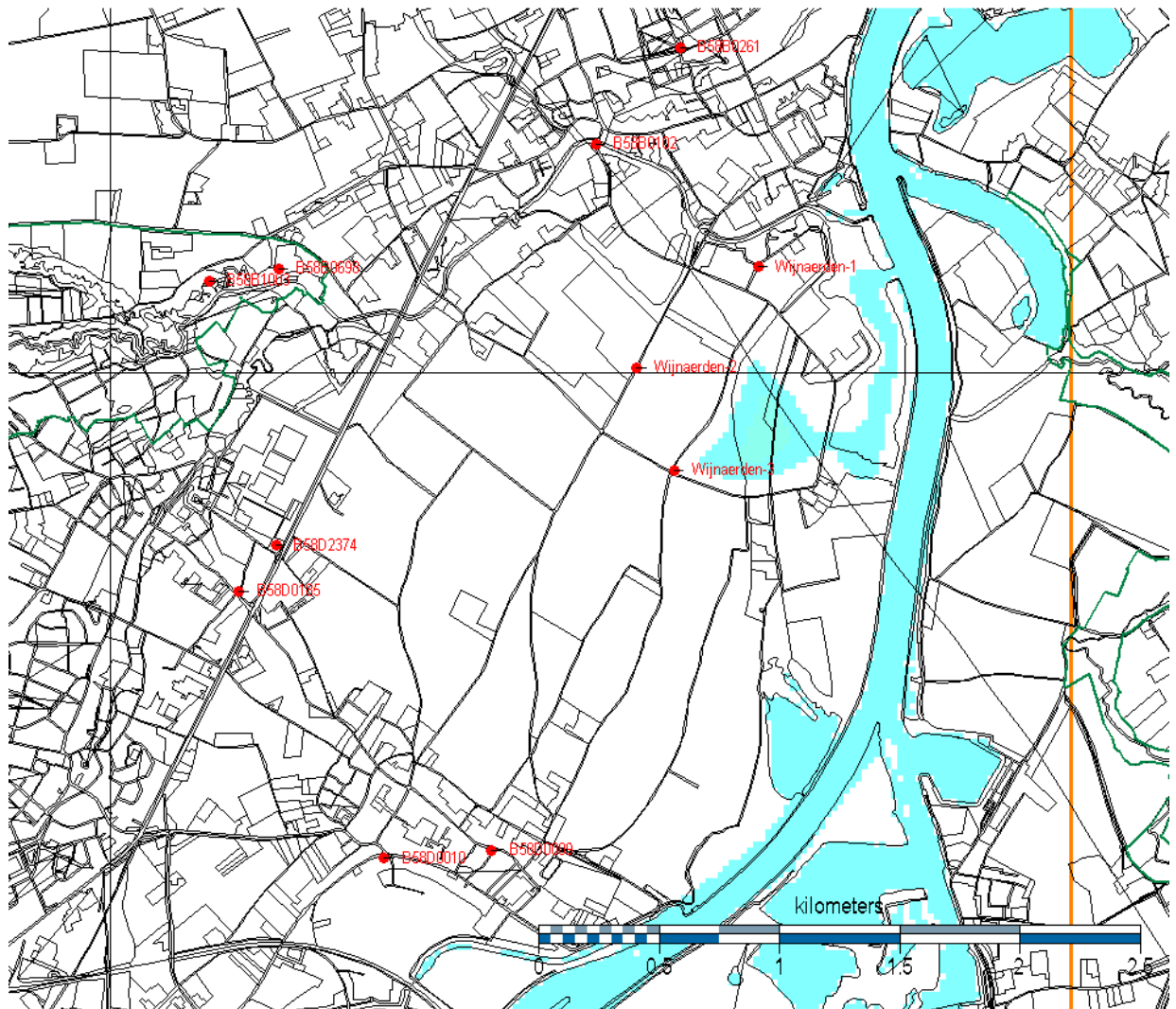
Overzicht peilbuizen

Een overzicht van het modelgebied met peilbuislocaties is gegeven in figuur 5.2.



Figuur 5.2. Overzicht van het modelgebied (binnen bruine grenslijn) met het Natura 2000-gebied Leudal (groene lijn), de Maas en een deel van de zandwinning met het Oog (groen). Daarnaast zijn peilbuislocaties aangegeven.

De resultaten van de dynamische toets van de ijking worden gepresenteerd voor een beperkter aantal peilbuizen die relevant zijn voor het interessegebied van de modelberekening (de zandwinning met het tussenliggende gebied tot aan het Leudal en de directe omgeving). Deze peilbuizen zijn opgenomen in figuur 5.3.



Figuur 5.3. Ligging peilbuizen (ingezoomd). De meeste peilbuizen zijn ook in figuur 4.1 aangegeven.

Tabel 5.1: Beschikbare peilbuizen met filter in wvp1

Naam	X-coörd.	Y-coörd.
Wijnaerden-1 (noordelijk zandwinning)	197696	362939
Wijnaerden-2 (westelijk zandwinning)	197193	362518
Wijnaerden-3 (bij het Oog)	197347	362092
B58B0102 (noordelijk langs Neerbeek)	197020	363450
B58B0261 (noordelijk in Neer)	197371	363851
B58B0698 (Leudal)	195700	362930
B58B1003 (Leudal)	195410	362880
B58B2374 (zuidwestelijk)	195690	361780
B58B0185 (zuidwestelijk)	195535	361590
B58D0009 (zuidelijk)	196587	360512

Naam	X-coörd.	Y-coörd.
B58D0010 (zuidelijk)	196140	360480

Voor de hier gepresenteerde peilbuizen zijn de dynamische ijkresultaten opgenomen in de volgende paragraaf. Naast een vergelijking van de dynamisch berekende en gemeten grondwaterstijghoogten zijn tevens de fluctuatie van het Maaspeil en de stationair berekende gemiddelde grondwaterstijghoogten volgens Groundwater Vistas aangegeven. Voor een overzicht van de gemiddelde stijghoogten in de vorm van isohypsen wordt verwezen naar figuur 4.1. Afwijkingen in IBRAHYM volgen uit de navolgend gepresenteerde dynamische rekenresultaten.

Vergelijking dynamisch berekende en gemeten grondwaterstijghoogten

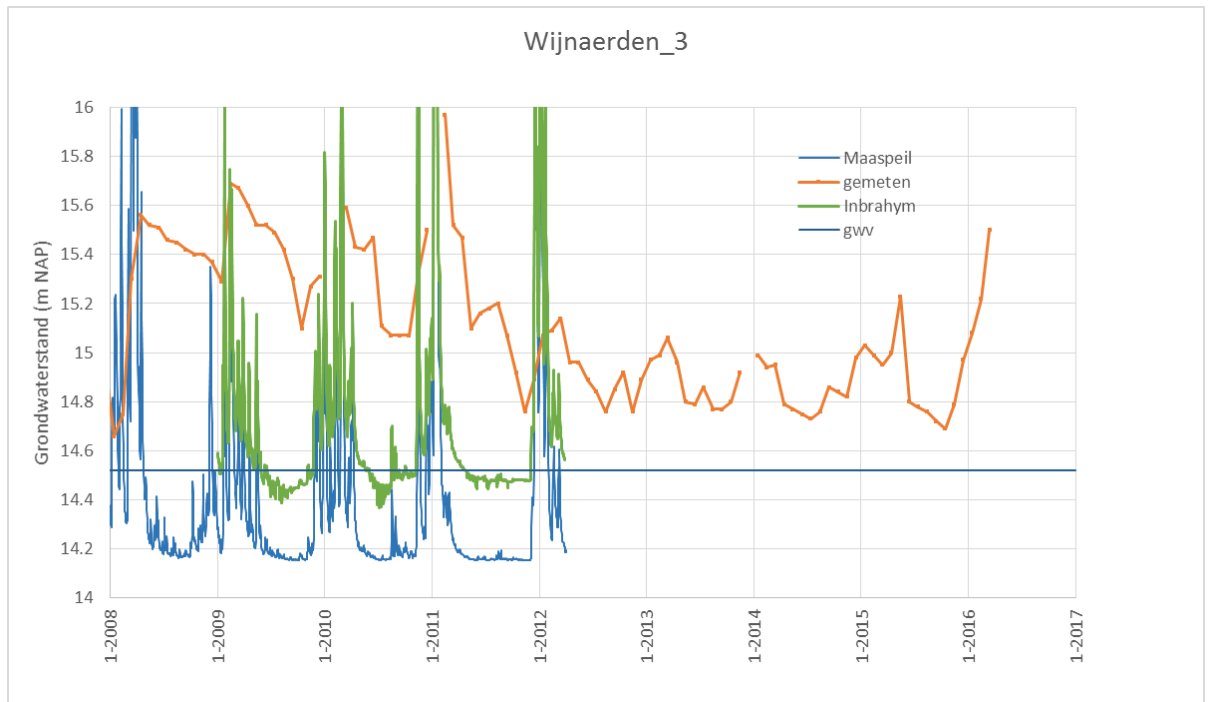
De ijking heeft plaatsgevonden voor de situatie dat de zandwinning in het Oog in open verbinding met de Maas zijn maximale omvang had bereikt en met de afrondingsvergunning nog niet was begonnen. Dit is de periode met het maximale effect van de zandwinning, dat ongeveer de jaren 2012 tot en met 2015 omvat. De dynamische berekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1 januari 2008 t/m 1 april 2012, dus voor en tijdens de periode dat de maximale omvang van de zandwinning werd bereikt. Daarbij is in het grondwatermodel de maximale omvang van de zandwinning ingevoerd, zodat de modelresultaten convergeren naar het gemeten grondwaterregime vanaf de tweede helft van 2011.

In de onderstaande grafieken zijn per peilbuis de gemeten grondwaterstanden (oranje) en de met IBRAHYM berekende dynamische grondwaterstanden (groen) weergegeven. Bij de peilbuizen op korte afstand van de Maas is ook het Maaspeil zoals opgenomen in het model weergegeven (blauw). Met een donkerblauwe lijn is het stationaire rekenresultaat van het Groundwater Vistas model aangeduid. De volgorde van de beschrijving van de resultaten per peilbuis is gegeven op basis van de afstand tot de ontgronding.

Per peilbuis is een toelichting op de resultaten opgenomen. In tabel zijn de gemeten en berekende gemiddelde grondwaterstand en standaardafwijking opgenomen. De standaardafwijking is het verschil tussen de gemiddelde grondwaterstand en de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) of de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). De dynamiek (verschil tussen GHG en GLG) is dus 2x de standaardafwijking. Strikt genomen zijn de termen GHG en GLG van toepassing op meetreeksen van 8 jaar in plaats van 4,5 jaar. Hier is de term bedoeld als een aanduiding voor de wijze waarop de dynamiek van de grondwaterfluctuatie inzichtelijk wordt gemaakt.

Wijnaerden_3

Peilbuis Wijnaerden_3 staat vlakbij de ontgronding. Uit de berekening lijkt eerst dat de berekende grondwaterstanden te laag liggen. Echter, de ontgronding is in de rekenperiode nog niet zover gevorderd als op dit moment het geval is. Pas vanaf het eind van 2011 is de huidige omvang bereikt. De gemeten grondwaterstanden liggen vanaf het eind van 2011 en in de jaren daarna in de 'range' die dynamisch is berekend. Daarbij is van belang dat de metingen 1x per maand worden verricht waardoor de grote fluctuaties bij hoge rivierpeilen niet naar voren komen. De dynamisch berekende grondwaterstanden in de zomerperioden liggen vanaf 2012 ruim 20 cm lager dan de gemeten waarden. De precieze begrenzing van de plas speelt hierbij een rol (de peilbuis staat heel dicht bij de plas). De gemiddelde gemeten grondwaterstanden vanaf 2012 liggen 1 cm lager dan de gemiddelde berekende grondwaterstanden.



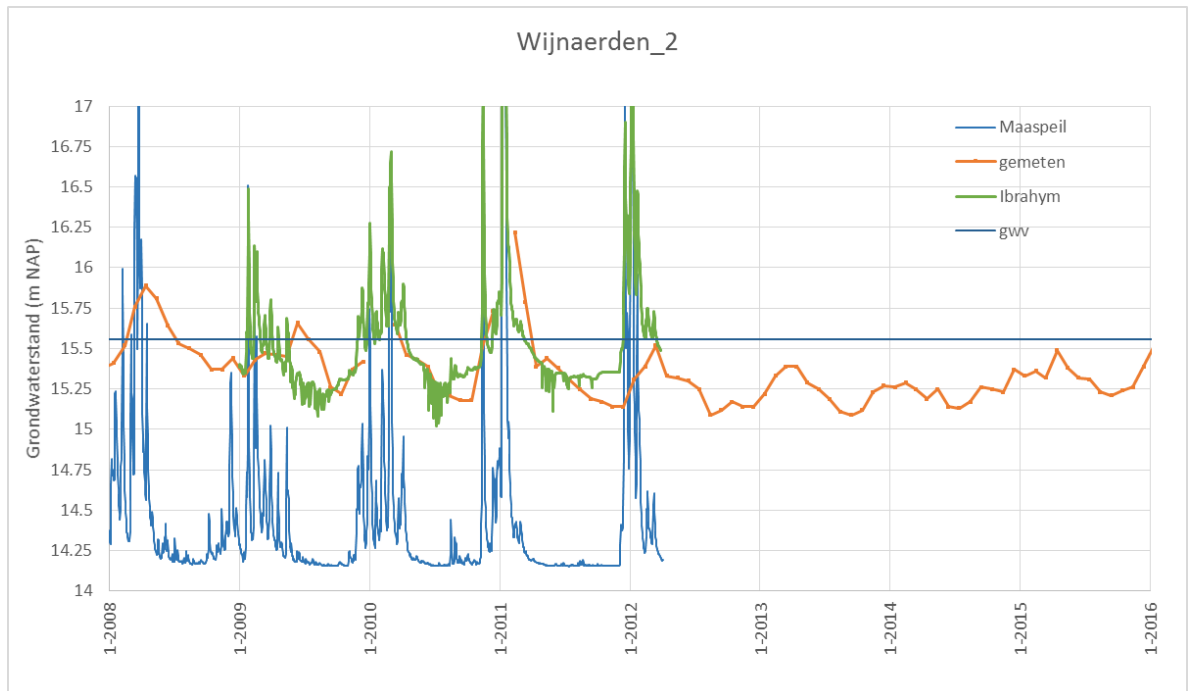
Wijnaerden_2

Deze peilbuis staat ongeveer 440 m ten westen van de ontgraving. De gemeten grondwaterstanden liggen ruim 1 m hoger dan het waterpeil in de plas. Zichtbaar is dat bij een hoog Maaspeil, ook de grondwaterstanden hoger komen te liggen. Omdat de peilbuismetingen slechts 1x per maand zijn, worden de pieken wel afgevlakt.

De berekende grondwaterstanden geven de fluctuatie over de tijd goed weer. De reactie op hoog water is sterker zichtbaar, doordat het model resultaten per dag levert. In de zomerperiode (vooral 2010) is zichtbaar dat er telkens kortdurende verlagingen van de grondwaterstand worden berekend, dit hangt samen met de berekening van de landbouw die in het model wordt gesimuleerd.

De dynamisch berekende grondwaterstanden liggen gemiddeld ongeveer 0,13 m hoger dan de gemeten resultaten. De berekende dynamiek (verschil tussen GHG en GLG) is bij de berekening ongeveer gelijk aan de gemeten dynamiek. De dynamisch berekende grondwaterstanden verschillen gemiddeld genomen weinig van de met Groundwater Vistas berekende grondwaterstanden.

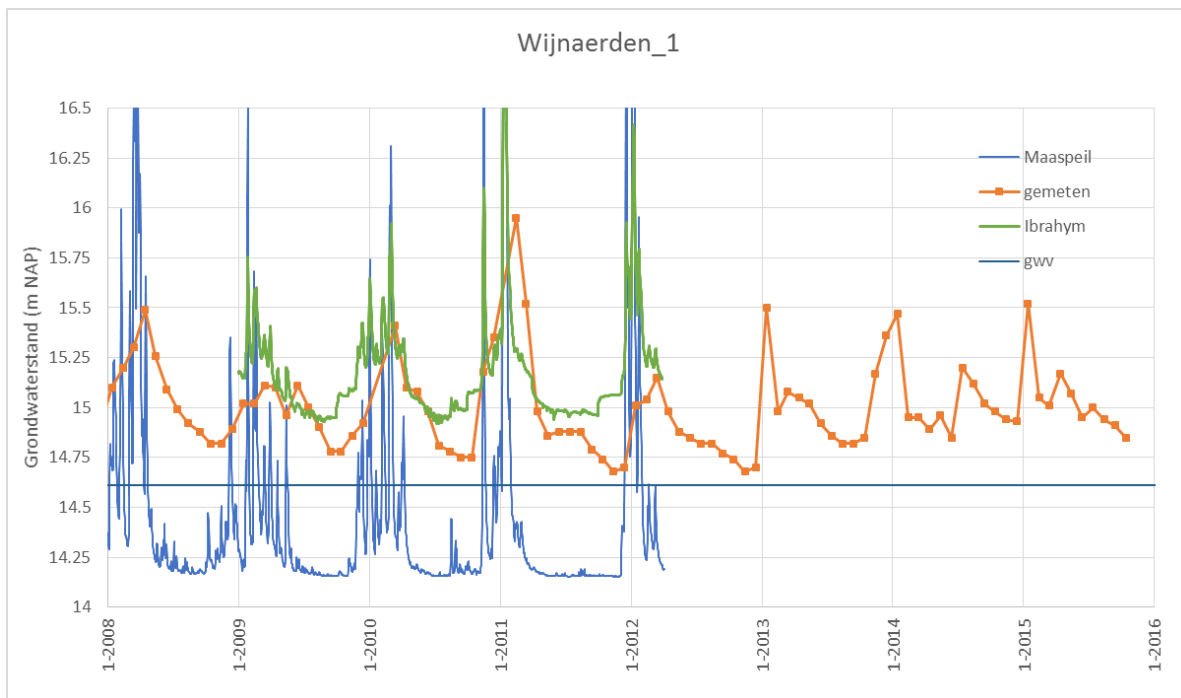
Van belang is om op te merken dat deze peilbuis het meest representatief is voor de effecten die richting het Leudal worden berekend. Gezien de goede overeenkomst tussen modelwaarden en de gemeten waarden mag men vertrouwen hebben in de effecten die richting het Leudal worden berekend.



Wijnaerden_1

Deze peilbuis ligt ca. 385 m noordelijk van de ontgroning. De peilbuis ligt aan de andere zijde van de breuk, op de Peelhorst. De ontgroning vindt hoofdzakelijk plaats in de Roerdalslenk. De dynamisch berekende grondwaterstanden liggen iets hoger dan de gemeten grondwaterstanden. De dynamiek wordt goed berekend. Bij deze peilbuis geldt dat de stationair met Groundwater Vistas berekende grondwaterstand iets lager lag dan de berekende waarden met IBRAHYM.

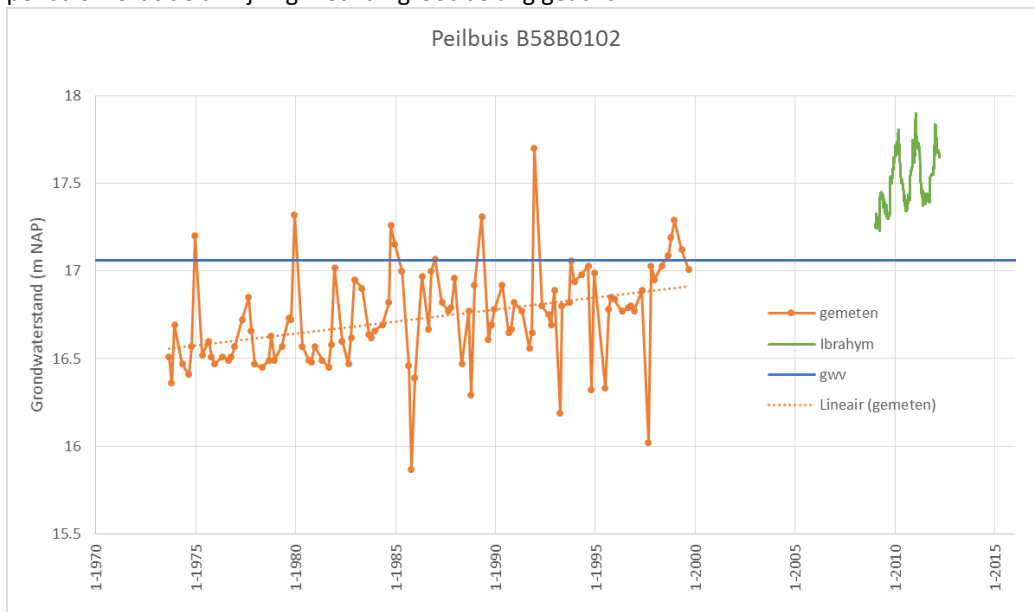
De gemeten grondwaterstanden liggen vanaf 2013 iets hoger dan in de eerdere periode. Dit hangt waarschijnlijk samen met de afwerking van de ondiepe plassen op de Peelhorst, die als bypass naar de Maas dienen en een landschappelijke waarde hebben.



B58B0102

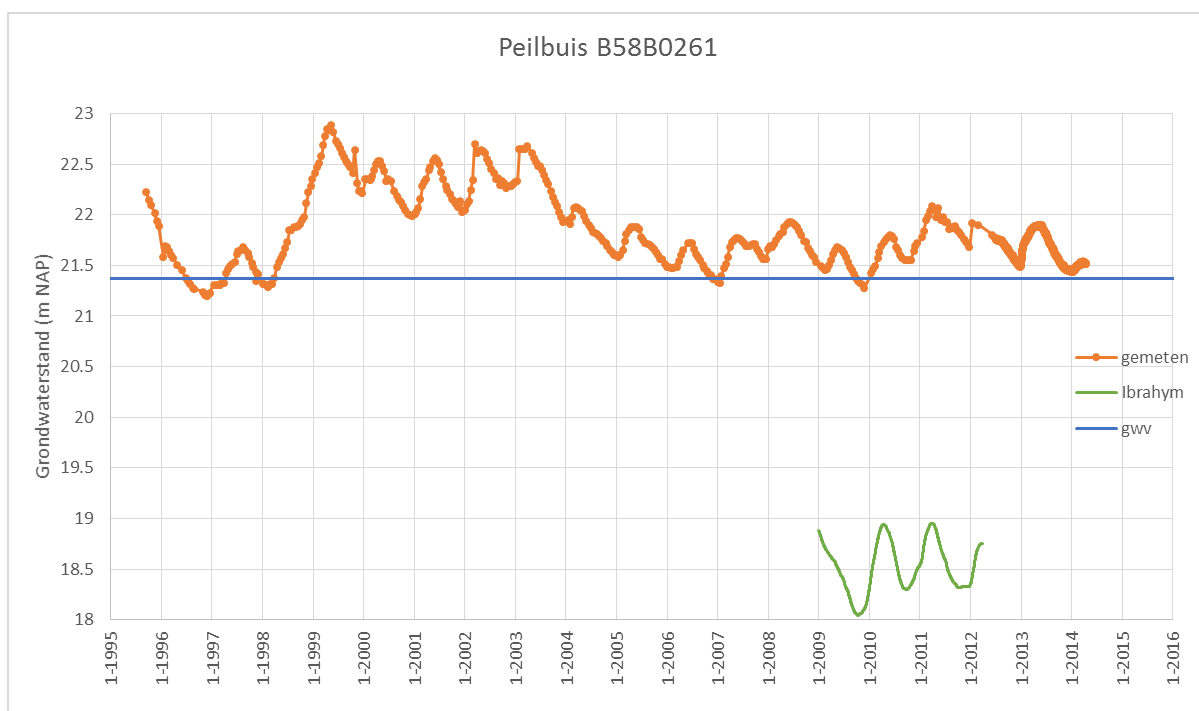
Deze peilbuis ligt dicht bij de Neerbeek en heeft alleen metingen van de periode 1974-2000. Uit de beschikbare metingen lijkt er sprake te zijn van een stijgende trend. De peilbuis ligt echter zowel in de Peelhorst als op korte afstand van de Neerbeek. De peilbuis is daarom niet representatief voor een groot gebied.

In het Ibrahym-model heeft de Neerbeek hier een waterpeil van ca. NAP +17,6 m. Het is dus niet vreemd dat de berekende grondwaterstanden hoger liggen dan de meetwaarden. Mogelijk is het waterpeil in de beek in de periode tot 2000 lager dan in het model is aangegeven, en is dit peil geleidelijk in de loop van de jaren verhoogd. Gezien de (niet-representatieve) ligging van de peilbuis wordt de afwijking niet van groot belang geacht.



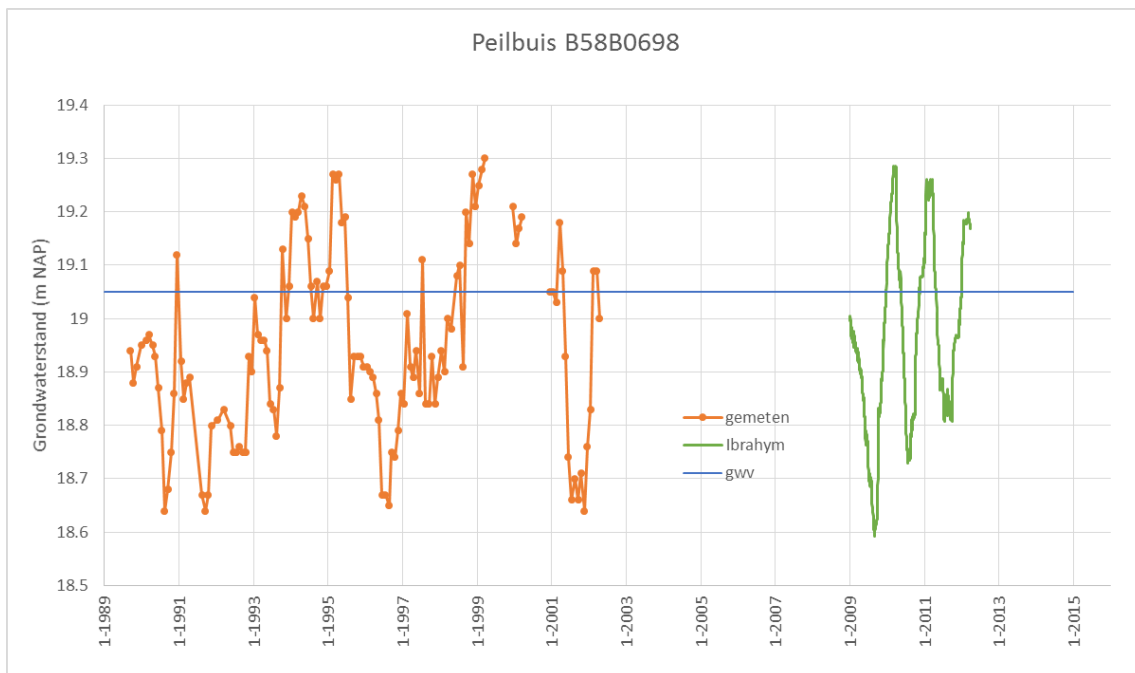
B58B0261

Ook deze peilbuis is op de Peelhorst gelegen. Daarnaast is er waarschijnlijk sprake van schijngrondwaterspiegels. De afstand van de peilbuis tot de Maas, waar het waterpeil in de orde van NAP +14,2 m ligt, bedraagt ca. 750 m. De grondwaterstand in de peilbuis ligt echter op NAP +21,76 m, dus ruim 7,5 m hoger, wat kan worden toegeschreven aan lokale slecht doorlatende lagen in de ondergrond. De berekende waarde is wellicht representatiever voor diepere grondlagen. Gezien de grote afstand tot de ontgroning en de ligging op de slecht doorlatende Peelhorst, aan de andere kant van de Neerbeek, wordt een nadere ijking als minder noodzakelijk gezien. Overigens is dit wel gebeurd in Groundwater Vistas waardoor deze stationaire stijghoogte beter overeenkomt.



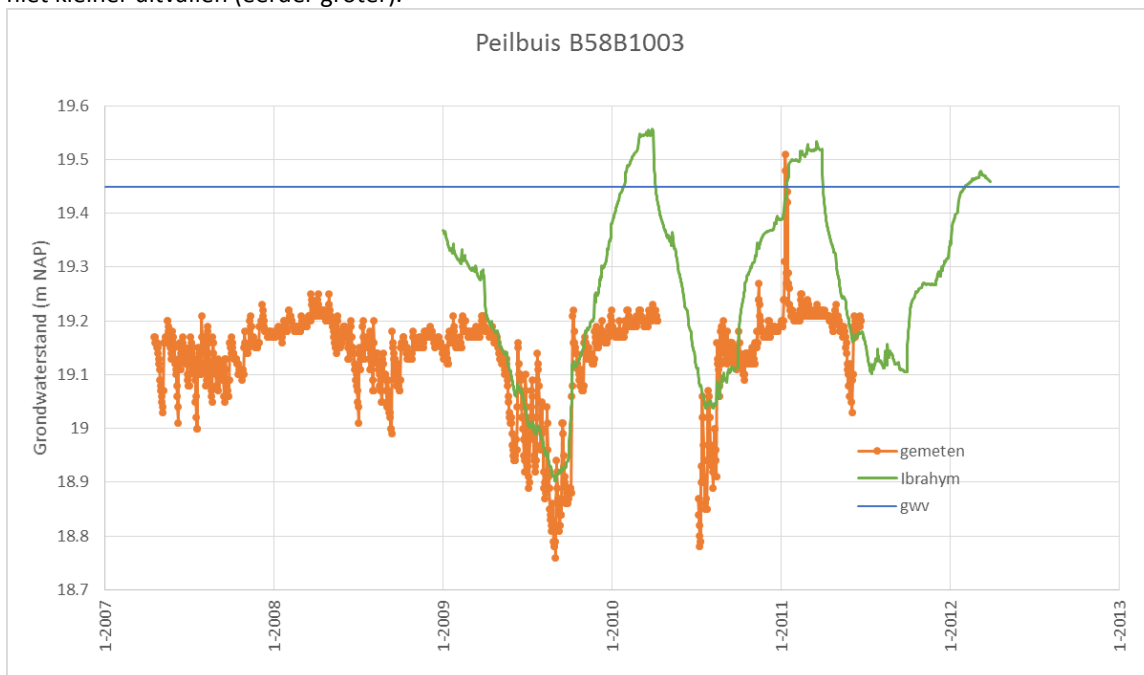
B58B0698

Deze peilbuis in het Leudal gelegen. De berekende grondwaterstanden liggen op hetzelfde niveau als de eerder gemeten waarden en ook de berekende dynamiek vertoont een goede overeenkomst met de meetwaarden.



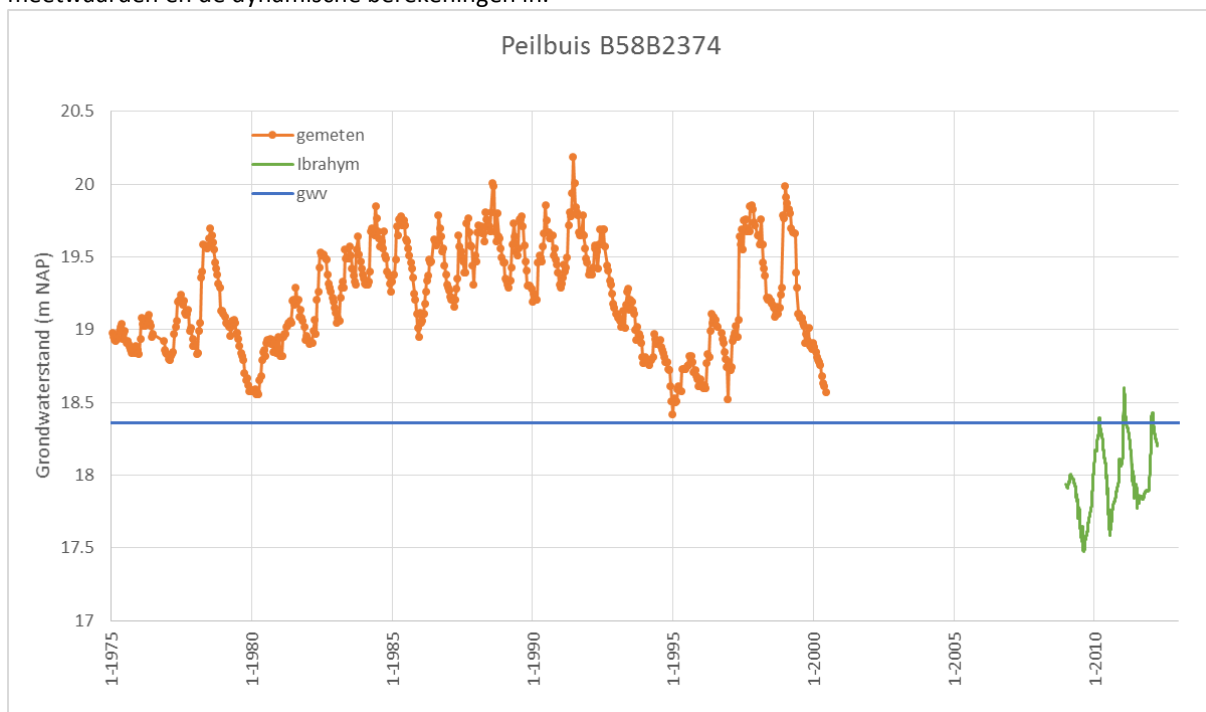
B58B1003

De berekende lage grondwaterstanden komen redelijk overeen met de meetwaarden maar de berekende hoge grondwaterstanden zijn in het model aanzienlijk hoger, wat samenhangt met de maaiveldhoogte ter plaatse. Volgens Dinoloket bedraagt de maaiveldhoogte NAP +19.21 m ter plaatse, waardoor bij hogere grondwaterstanden afstroming over maaiveld plaatsvindt. In het grondwatermodel is tevens afstroming over maaiveld opgenomen maar de afstroming begint hoger. Voor de effectberekeningen is dit weinig relevant omdat de berekende effecten daardoor niet kleiner uitvallen (eerder groter).



B58B2374

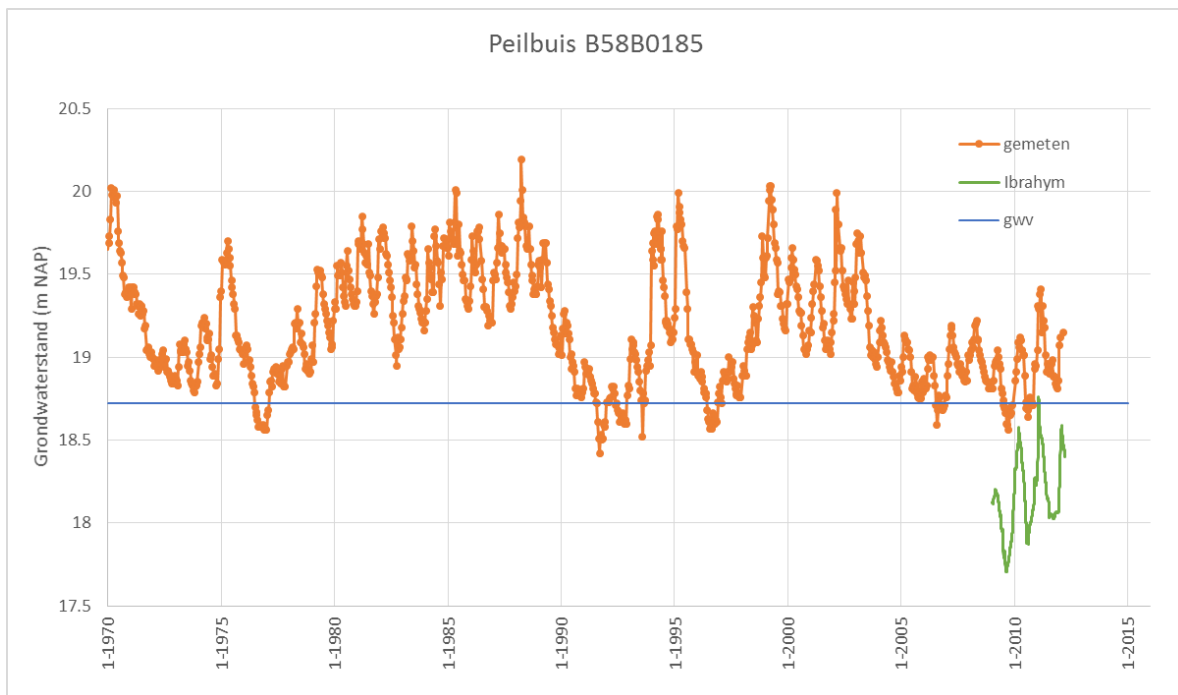
Evenals bij peilbuis B58D0185 worden de stijghoogten lager berekend dan waargenomen. De kortere termijn dynamiek van de berekening en de metingen heeft een redelijk goede overeenkomst. In een eerdere versie van IBRAHYM, met een oudere versie van Regis, kwamen berekende en gemeten waarden beter overeen. De transmissiviteit van het watervoerende pakket was kleiner en de extrapolatie van slecht doorlatende lagen in de ondergrond verschilde. De invloed van de zandwinning op de grondwaterstijghoogten onder het Leudal werd toen kleiner berekend. Dit impliceert de mogelijkheid dat de effecten van de zandwinning te groot worden berekend. Ook de tijdreeksanalyse van peilbuis B58B0185 wijst op deze mogelijkheid. Vanwege het ontbreken van voldoende gegevens wordt de huidige afwijking geaccepteerd, wat impliceert dat een 'worst-case' benadering wat betreft de hydrologische effecten berekening wordt gehanteerd. De stationaire berekeningen met Groundwater Vistas liggen tussen de meetwaarden en de dynamische berekeningen in.



B58B0185

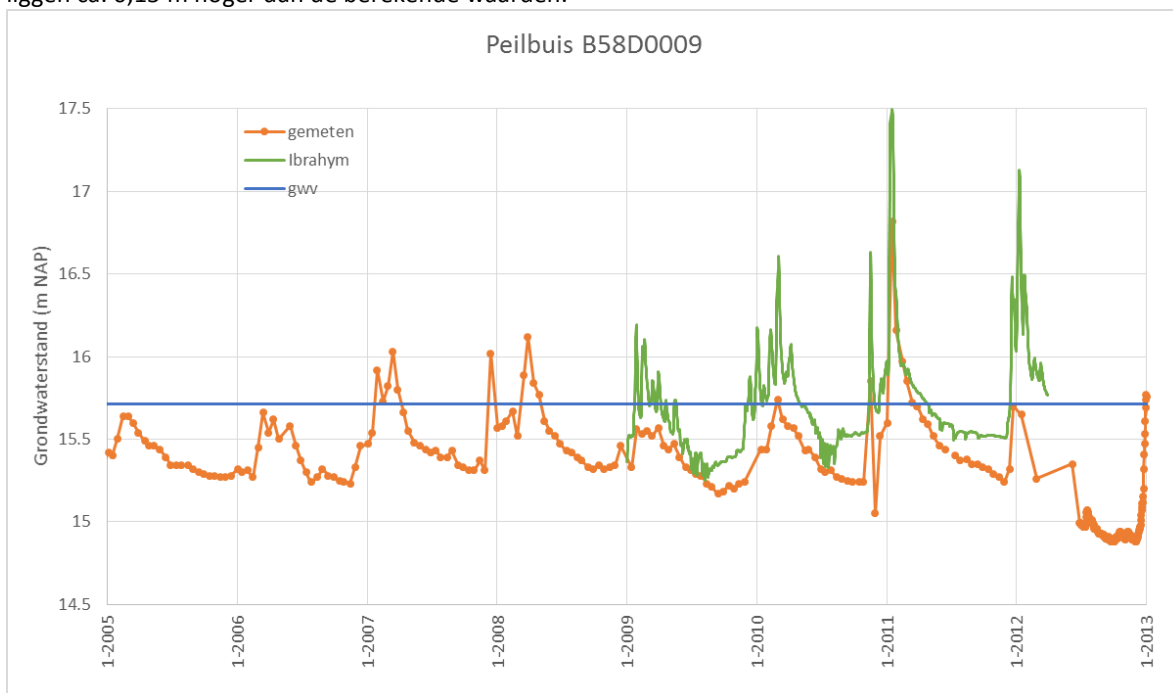
Deze peilbuis staat in dezelfde regio als B58B2374. Ook hier liggen de meetwaarden hoger dan de berekende waarden, al is dat in wat mindere mate. Vanaf 2004 blijven de gemeten grondwater stijghoogten relatief laag, wat wellicht kan worden toegeschreven aan de grotere grondwateronttrekking door Nunhems zaden. Mogelijk heeft de bypass Neer nog invloed. De oppervlaktewaterpeilen blijven bij hoge rivierwaterstanden minder hoog..

De overwegingen omtrent de geohydrologische opbouw bij de vorige peilbuis gelden hier ook, waarbij de tijdreeksanalyse van deze peilbuis de mogelijkheid openhoudt dat de werkelijke effecten kleiner zijn dan met het grondwatermodel wordt berekend. In die zin is van een 'worst-case' berekening van de hydrologische effecten sprake.



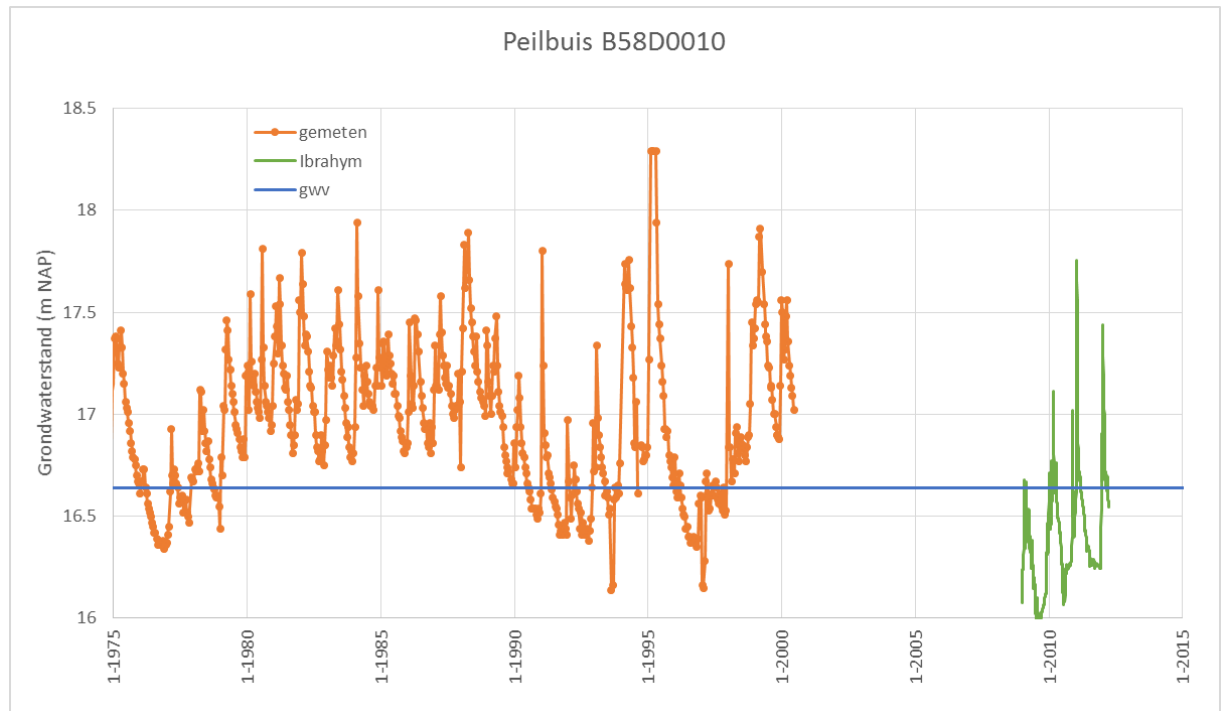
B58D0009

Bij deze peilbuis wordt een zeer goede overeenkomst bereikt tussen de waargenomen grondwaterstanden en de berekende grondwaterstanden. De fluctuatie vertoont overeenkomstige patronen, zie het dat ook hier de gemeten waarden een frequentie van 1x per 2 weken heeft en de berekende waarden een dagelijkse waarde geven. De berekende waarden liggen ca. 0,15 m hoger dan de berekende waarden.



B58D0010

Het beeld van de waarnemingen en de berekende grondwaterstanden heeft hier een grote overeenkomst. Ook de hoogte van de waarnemingen lijkt goed te zijn, hoewel dit door een verschil in de meetperiode niet volledig vast te stellen is.



Samenvatting

Over het algemeen zijn de verschillen tussen de gemeten grondwaterstanden en de berekende grondwaterstanden voldoende klein om te verwachten dat het model met voldoende nauwkeurigheid kan worden gebruikt. In zijn de resultaten samengevat.

Tabel 5.2: Vergelijking gemeten en berekende stijghoogten (wvp1)

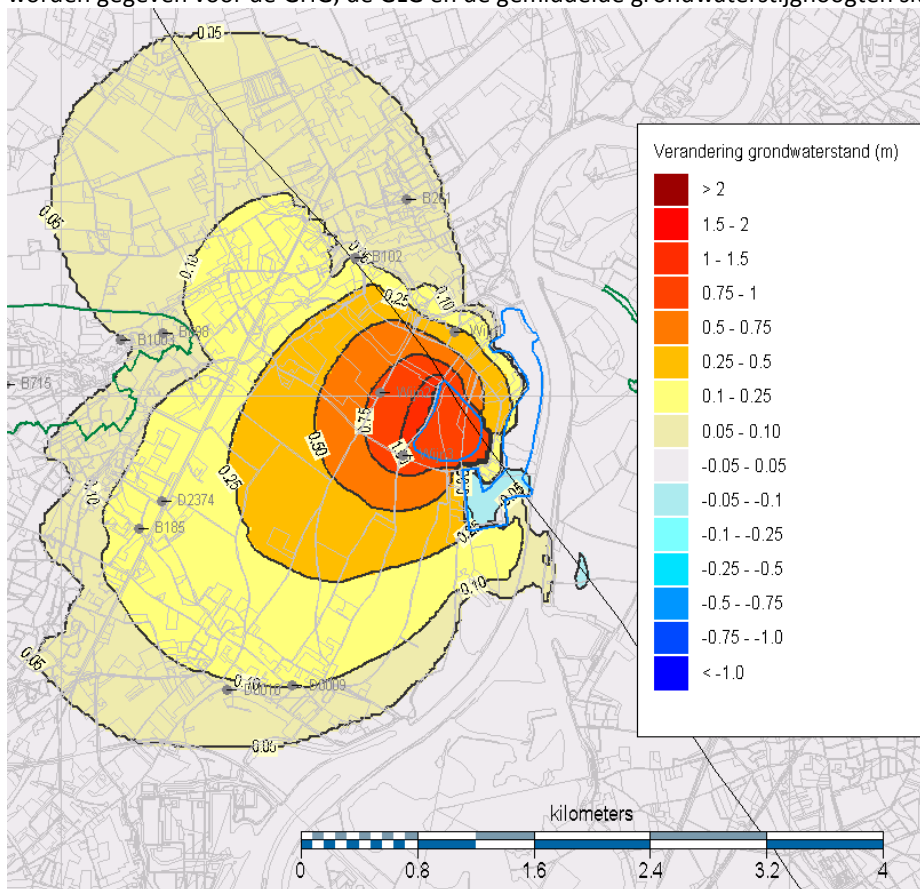
Naam	Gemeten		Berekend		Verskil		Toelichting
	gemid. (m NAP)	stdev. (m)	gemid. (m NAP)	stdev. (m)	gemid. (m NAP)	stdev. (m)	
Wijnaerden-1	15,01	0,22	15,17	0,26	0,16	0,04	Goed
Wijnaerden-2	15,40 ¹⁾	0,21 ¹⁾	15,53	0,38	0,13	0,17	Goed
Wijnaerden-3	14,91 ²⁾	0,16 ²⁾	14,73	0,51	-0,18	0,36	Goed, dynamiek iets te groot
B58B0102	16,73	0,28	17,51	0,15	0,78	-0,13	Berekend te hoog, dynamiek iets te klein
B58B0261	21,76	0,27	18,52	0,25	-3,24	-0,02	Berekend veel te laag, schijngrondwater
B58B0698	18,95	0,17	18,97	0,17	0,02	0,00	Goed

Naam	Gemeten		Berekend		Verschil		Toelichting
	gemid. (m NAP)	stdev. (m)	gemid. (m NAP)	stdev. (m)	gemid. (m NAP)	stdev. (m)	
B58B1003	19,14	0,09	19,26	0,17	0,12	0,08	Goed
B58B2374	19,22 ³⁾	0,36 ³⁾	17,98	0,24	-1,25	-0,12	Berekend veel te laag, storende leemlagen
B58B0185	19,39 ³⁾	0,36 ³⁾	18,17	0,24	-1,22	-0,12	Berekend veel te laag, storende leemlagen
B58D0009	15,55 ³⁾	0,49 ³⁾	15,71	0,32	0,15	-0,17	Goed, dynamiek iets te klein
B58D0010	16,96 ³⁾	0,37 ³⁾	16,41	0,28	-0,54	-0,08	Berekend iets te laag, dynamiek goed

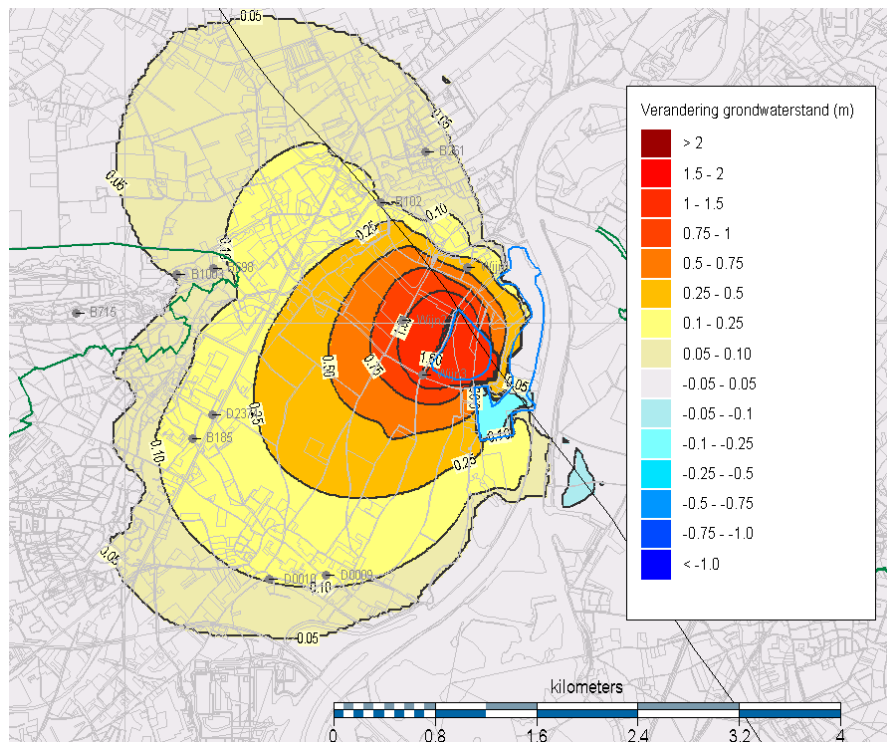
- 1) berekend vanaf 2006
- 2) berekend vanaf 2012 i.v.m. vorderen ontgronding
- 3) berekend vanaf 1975

5.4 Verschilberekening ijkperiode 2012-2015 en nulsituatie

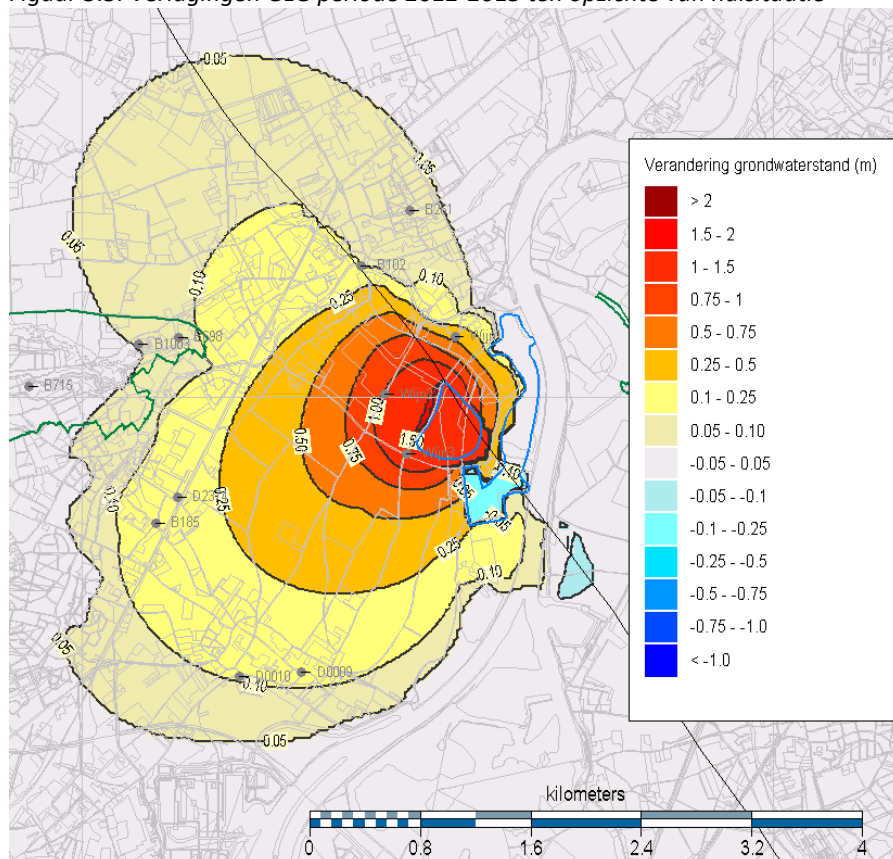
De dynamische verschilberekeningen tussen de ijsituatie (periode 2012-2015) en de nulsituatie worden gegeven voor de GHG, de GLG en de gemiddelde grondwaterstijghoogten situatie.



Figuur 5.4. Verlagenen GHG periode 2012-2015 ten opzichte van nulsituatie



Figuur 5.5. Verlagenen GLG periode 2012-2015 ten opzichte van nulsituatie



Figuur 5.6. Verlagenen gemiddelde stijghoogten periode 2012-2015 ten opzichte van nulsituatie

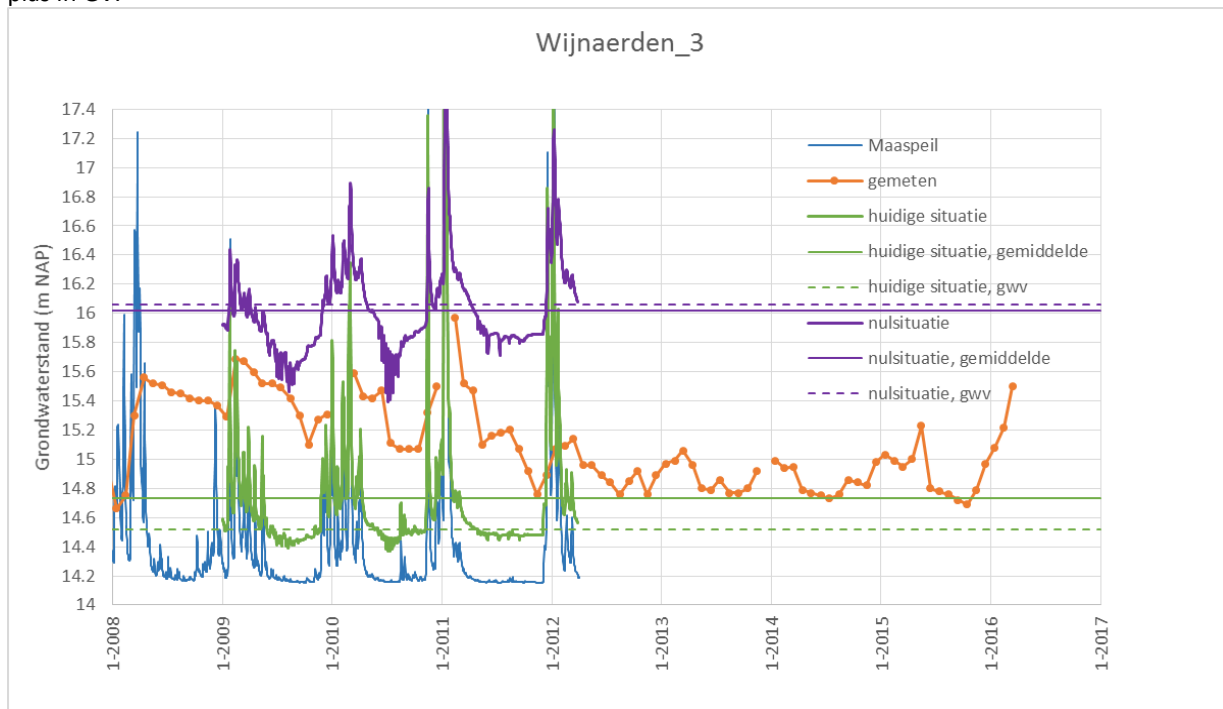
Uit de verschilberekeningen in de figuren 5.4 tot en met 5.6 komt naar voren dat de verlagingen van de GLG het grootste zijn en van de GHG het kleinste. De verlagingen van de gemiddelde grondwaterstijghoogten liggen hier tussenin. Daarbij dient te worden vermeld dat de verschillen op de grens van het Natura 2000-gebied klein zijn. Bij de GLG bedraagt de verlaging op de grens 11 à 12 cm, terwijl dit bij de GHG 10 cm is.

De nulsituatie is berekend voor de klimatologische omstandigheden en Maaspeilen van 2009 tot 2012. Als zodanig kan deze samen met de ijking voor dezelfde periode per peilbuis dynamisch worden weergegeven, waarbij ter vergelijking de resultaten met Groundwater Vistas zijn vermeld. De resultaten van de peilbuizen bij de zandwinning (Wijnaerden 1, 2 en 3), nabij het Leudal (B58B1003 en B58B0698) en ten westen van de ontgroning (B58B0185) zijn beschreven. In de onderstaande grafieken zijn per peilbuis de volgende resultaten gegeven:

- Maaspeil indien de locatie op korte afstand van de Maas gelegen is (blauwe lijn);
- Gemeten grondwaterstanden (dikke oranje lijn);
- Berekende dynamische grondwaterstanden in de periode 2012-2015 (dikke groene lijn);
- Berekende gemiddelde grondwaterstand in de periode 2012-2015 (dunne groene lijn);
- Berekende stationaire Groundwater Vistas grondwaterstand in de periode 2012-2015 (onderbroken groene lijn);
- Berekende dynamische grondwaterstanden in de nulsituatie (dikke paarse lijn);
- Berekende gemiddelde grondwaterstand in de nulsituatie (dunne paarse lijn);
- Berekende stationaire Groundwater Vistas grondwaterstand in de nulsituatie (onderbroken paarse lijn).

Wijnaerden_3

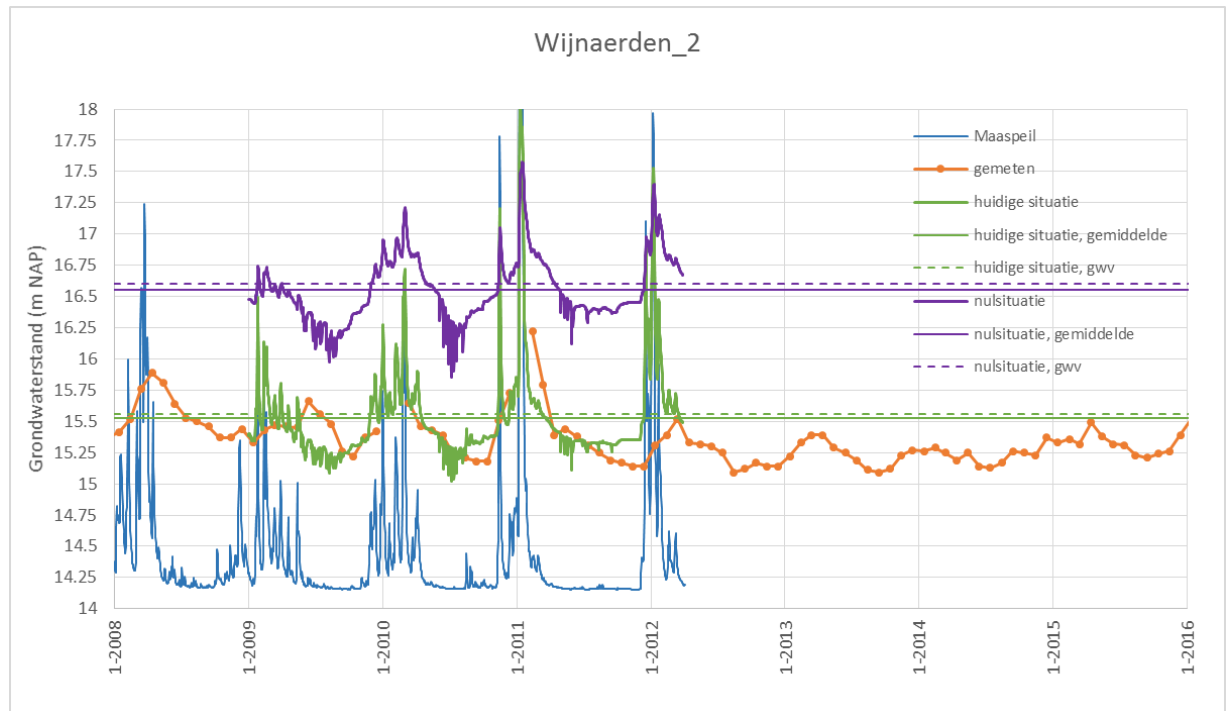
Peilbuis Wijnaerden_3 staat vlakbij de ontgroning. Uit de dynamische berekeningen blijkt dat de grondwaterstanden in de nulsituatie circa 1,29 m hoger liggen dan in de periode 2012-2015 (= huidig in figuur). De gemiddelde grondwaterstand komt in de dynamische berekening van de nulsituatie goed overeen met de Groundwater Vistas berekening. Het verschil met de periode 2012-2015 is bij Goundwater Vistas ca. 14 cm groter, door de iets afwijkende begrenzing van de plas in GV.



Wijnaerden_2

Deze peilbuis staat ongeveer 440 m ten westen van de ontgraving. De dynamisch berekende grondwaterstanden liggen gemiddeld ongeveer 1,03 m hoger in de nulsituatie dan in de periode 2012-2015 (= huidig in figuur) .

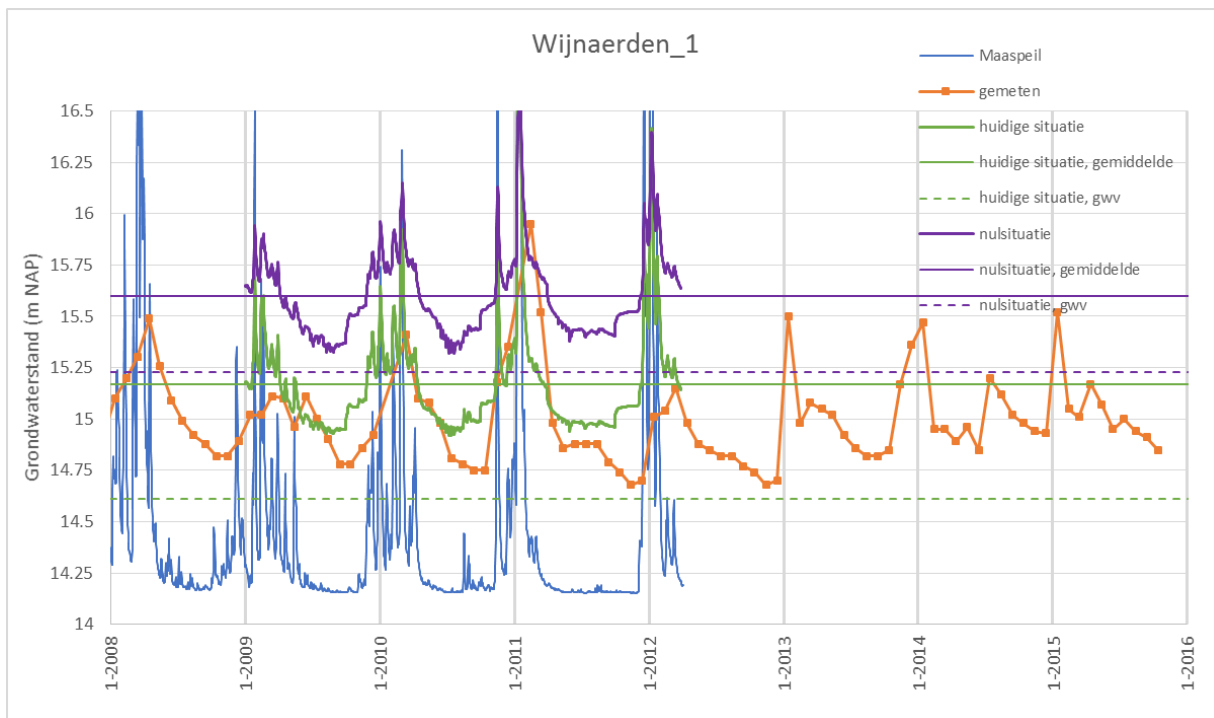
Het verschil met het Groundwater Vistas model is in zowel de periode 2012-2015 als de nulsituatie vrijwel nihil. Deze peilbuis is het meest representatief voor de effecten richting het Leudal.



Wijnaerden_1

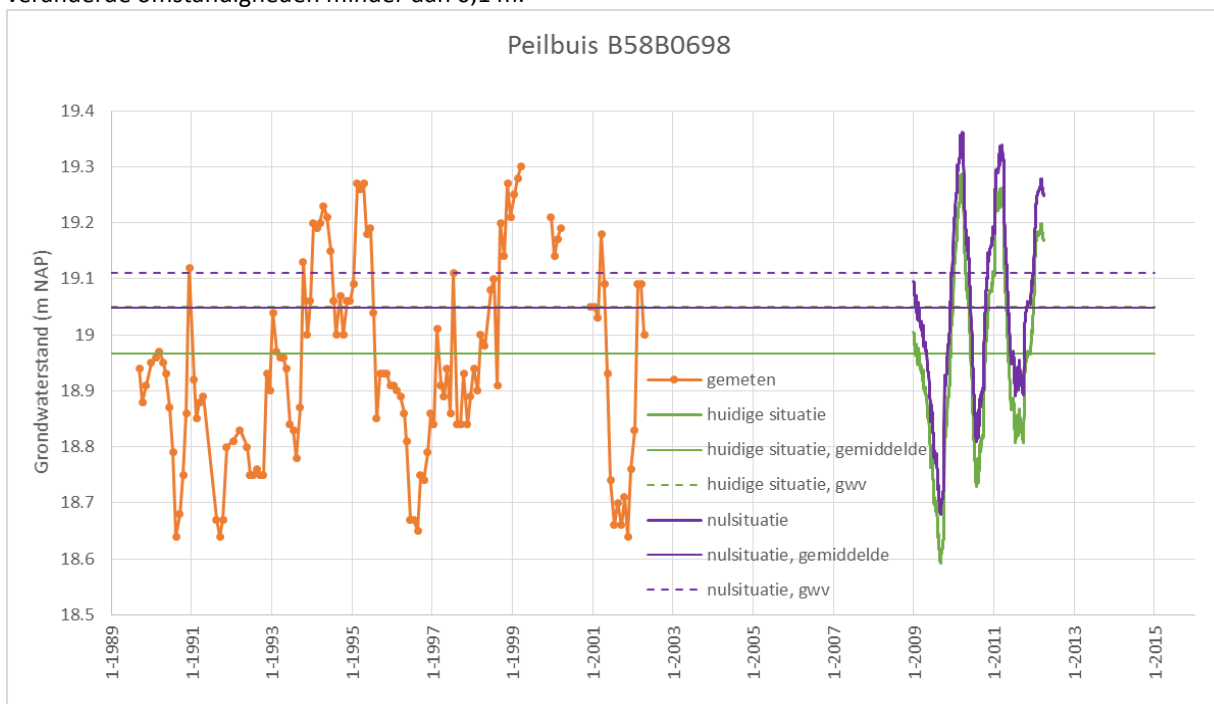
Deze peilbuis ligt ca. 385 m noordelijk van de ontgraving. De peilbuis ligt aan de andere zijde van de breuk, op de Peelhorst. De ontgraving vindt hoofdzakelijk plaats in de Roerdalslenk.

De berekende dynamische grondwaterstanden liggen in de nulsituatie circa 0,43 m hoger dan in de periode 2012-2015 (=huidig in figuur). Vergeleken met de gemeten grondwaterstanden is dit zelfs 0,59 m. Bij deze peilbuis is de stationair met Groundwater Vistas berekende grondwaterstand tevens hoger in de nulsituatie. Vanwege de ligging op de Peelhorst zijn de resultaten van deze peilbuis van minder betekenis.



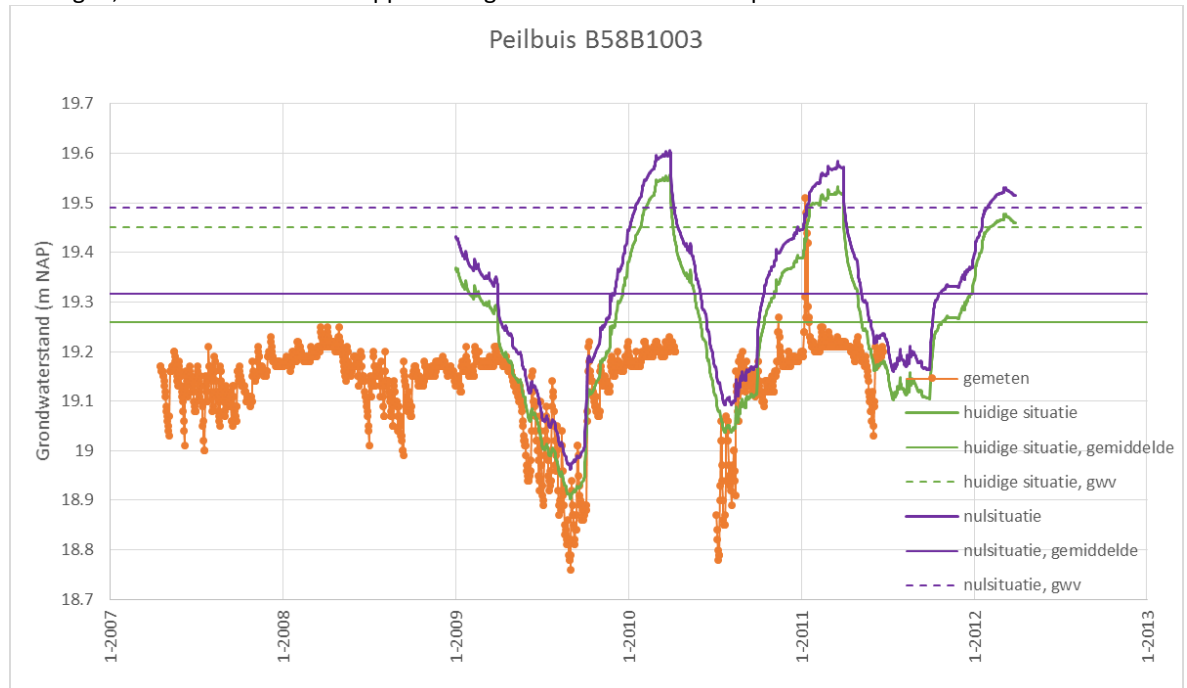
B58B0698

Deze peilbuis in het Leudal gelegen. De berekende grondwaterstanden liggen in beide situaties dichtbij elkaar. Het verschil is circa 0,08 m in de dynamische berekeningen en 0,06 m in de Groundwater Vistas berekeningen. De GV lijn huidig (=2012-2015) valt samen met de nulsituatie volgens IBRAHYM. Door de grote afstand tot de ontgronding is in deze peilbuis het effect van de veranderde omstandigheden minder dan 0,1 m.



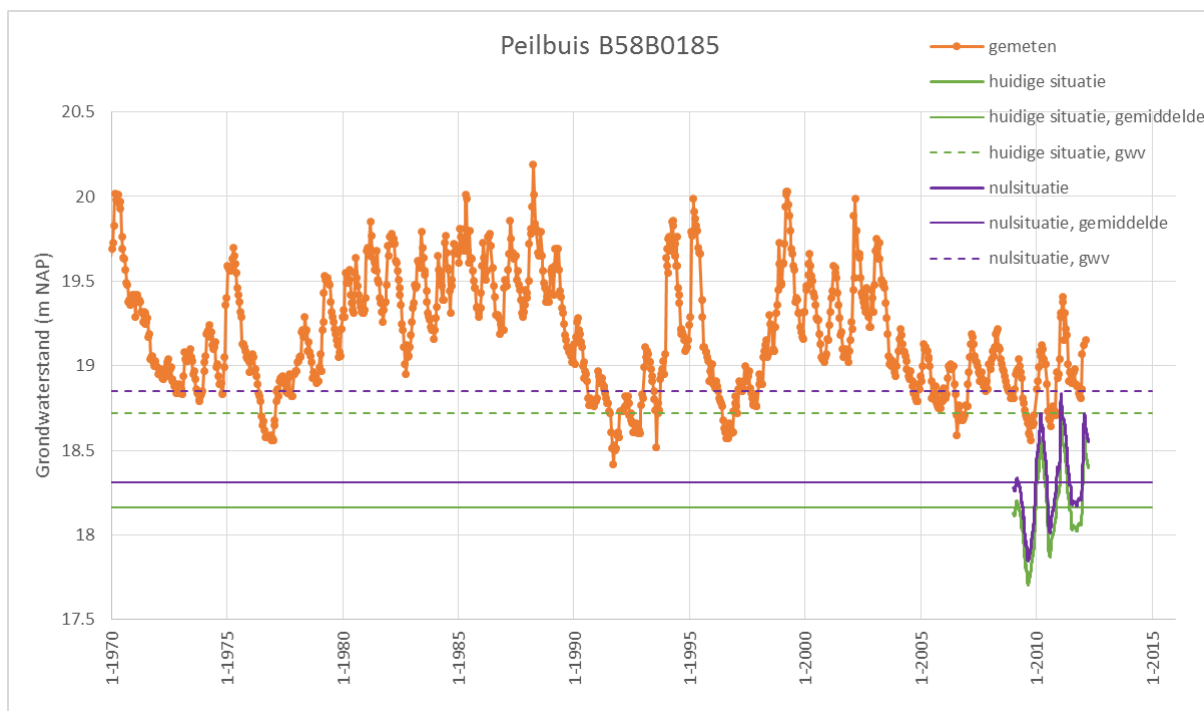
B58B1003

Deze peilbuis is in het Leudal gelegen en ligt zeer dicht bij een zijbeekje, die niet in het model is opgenomen. De berekende grondwaterstand is in de nulsituatie circa 0,04 tot 0,06 m hoger dan in de periode 2012-2015 (= huidige situatie in figuur). Door de grote afstand tot de ontgroning is in deze peilbuis het effect van de veranderde omstandigheden minder dan 0,1 m. Overigens zijn de effecten in werkelijkheid kleiner voor de hoge grondwaterstanden omdat, zoals blijkt uit de metingen, boven NAP +19.21 m oppervlakkige afvoer over maaiveld plaatsvindt.



B58B0185

Deze peilbuis ligt zuidelijk van de oostelijke begrenzing van het Natura 2000-gebied Leudal. De rekenresultaten met Groundwater Vistas en IBRAHYM komen in grote mate overeen, met name wat betreft de verschillen tussen de nulsituatie en 2012-2015. In de nulsituatie ligt de grondwaterstand circa 0,14 m hoger dan in de periode 2012-2015 (=huidig in figuur).



5.5 Vergelijking rekenresultaten IBRAHYM en Groundwater Vistas

In tabel 5.3 worden de rekenresultaten voor IBRAHYM (dynamisch gemiddeld) en Groundwater Vistas (stationair gemiddeld) vergeleken. De berekende verschillen vallen ter plaatse van de drie peilbuizen bij en in het Natura 2000-gebied Leudal kleiner uit dan respectievelijk 2 cm en 1 cm (de cijfers in de tabel zijn afgerond). Nemen we als criterium de maximale verlaging op de grens van het Natura 2000-gebied dan is deze in Groundwater Vistas iets kleiner dan 10 cm en in IBRAHYM iets groter dan 10 cm (totale verschil ca. 1 cm), waarbij het punt met de maximale verlaging bij Groundwater Vistas zuidelijker ligt dan bij IBRAHYM (vergelijk de figuren 4.5 en 5.6). De IBRAHYM en Groundwater Vistas berekeningen resulteren dus in een vrijwel gelijke maximale verlaging op de grens van het natuurgebied.

Tabel 5.3: Vergelijking berekende gemiddelde stijghoogten in de periode 2012-2015 en de nulsituatie (wvp1), dynamisch bepaald met IBRAHYM en stationair met Groundwater Vistas.

Naam	Periode 2012-2015		Nulsituatie		Verschil	
	Dynamisch	Groundwater Vistas	Dynamisch	Groundwater Vistas	Dynamisch	Groundwater Vistas
	(m NAP)	(m NAP)	(m NAP)	(m NAP)	(m)	(m)
Wijnaerden-3	14,73	14,52	16,02	16,06	1,29	1,54
Wijnaerden-2	15,53	15,56	16,56	16,60	1,03	1,04
Wijnaerden-1	15,17	14,61	15,60	15,23	0,43	0,62
B58B0698	18,97	19,05	19,05	19,11	0,08	0,06
B58B1003	19,26	19,45	19,32	19,49	0,06	0,04
B58B0185	18,17	18,72	18,31	18,85	0,14	0,13

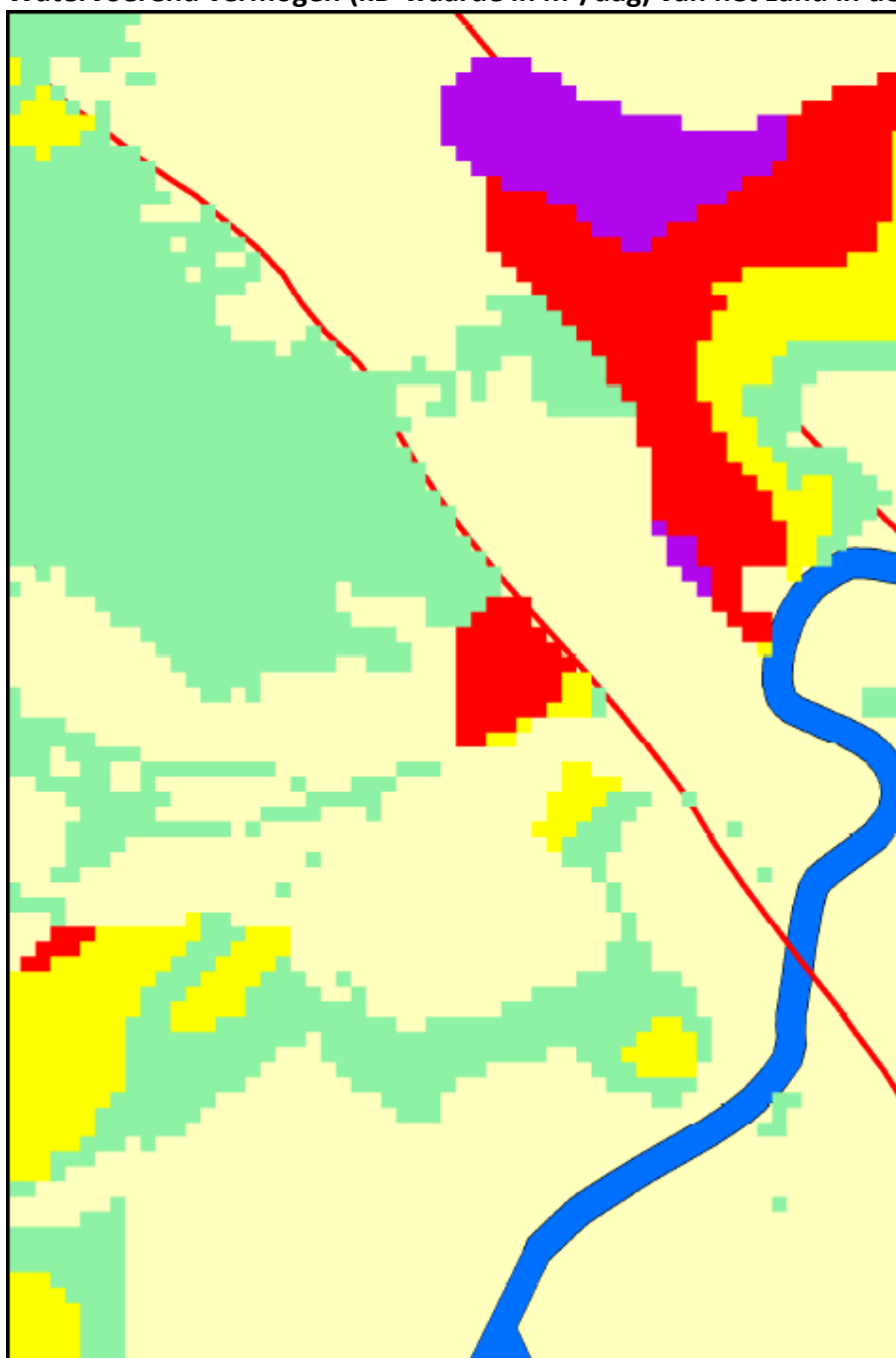
6 Conclusies






- In dit rapport zijn de opzet en ijking van de grondwatermodellen Groundwater Vistas (stationair) en IBRAHYM (dynamisch) gepresenteerd. Groundwater Vistas is in het verleden gebruikt om de hydrologische effecten van de zandwinning te berekenen en wordt ook nu toegepast om de varianten te vergelijken. Met IBRAHYM worden de modelresultaten dynamisch getoetst. Daarbij wordt nagegaan of met IBRAHYM dezelfde hydrologische effecten van de zandwinning worden berekend als met Groundwater Vistas.
- Groundwater Vistas is in het verleden al uitgebreid geijkt. Hiervan wordt in dit rapport verslag gedaan. Daarnaast zijn aanvullende berekeningen gedaan voor de periode 2012-2015. In deze periode werd het gebiedsdeel Oog in open verbinding met de Maas ontgrond en had het Oog zijn maximale omvang bereikt. Uit de peilbuisgegevens van de opdrachtgever blijkt dat toen de maximale verlagingen ten gevolge van de zandwinning zijn opgetreden. Inmiddels is het Oog afgesloten van de Maas, waardoor de verlagingen kleiner zijn. IBRAHYM is in het kader van dit onderzoek tevens dynamisch geijkt voor deze periode. De beschikbare versie IBRAHYM V2 is op een beperkt aantal peilbuizen geijkt die ver staan van de zandwinning. Het model is nu opnieuw geijkt waarbij gebruik is gemaakt van de peilbuisgegevens van de opdrachtgever. Dit heeft tot een aanzienlijke herziening van het model ter plaatse en in de omgeving van de zandwinning geleid.
- Beide modellen geven ijkresultaten die voldoen voor het doel van dit onderzoek, het vaststellen van verlagingen voor de verschillende varianten van de zandwinning, met name waar het gaat om de vaststelling van de effecten in het Natura 2000-gebied Leudal. De overige belangen (landbouw, bebouwing en overige natuur) zijn in dit verband minder relevant. Dit blijkt niet alleen uit de gebiedsopbouw maar in de praktijk ook uit de al opgetreden verlagingen in de periode 2012-2015. Deze hebben geen aanleiding gegeven tot een andere zienswijze.
- Met beide modellen is de verlaging in de periode 2012-2015 berekend met als referentie de nulsituatie. Dat is de eindsituatie waarbij de bestaande vergunningen zijn afgerond. IBRAHYM blijkt een iets grotere verlaging op de grens van het Natura 2000-gebied te berekenen voor de jaargemiddelde situatie. Het verschil is ca. 1 cm op een totale verlaging van ca. 10 cm. Deze jaargemiddelde verlaging wijkt weinig af van de dynamisch berekende verlaging bij de GLG die minder dan 1 cm groter is.
- Beide modellen interpreteren de geohydrologische opbouw op enigszins verschillende wijze. De overige beschikbare gegevens, zoals de tijdreeksanalyse van peilbuis B58B0185, laten niet toe om een uitspraak te doen welke modelinterpretatie juist is. Gezien de tijdreeksanalyse is het zelfs mogelijk dat beide grondwatermodellen de grondwatereffecten groter berekenen dan in werkelijkheid het geval is.
- Op basis van de hier gepresenteerde berekeningen zal voor het planvoornemen een ‘worst-case’ benadering worden toegepast. Het model dat de grootste verlagingen berekent (dat is de dynamische versie van IBRAHYM) bepaalt de inrichting en mitigerende maatregelen in de tijdelijke en de eindsituatie van de zandwinning. Voor een onderlinge vergelijking van de MER varianten voldoet de stationaire rekenwijze met Groundwater Vistas.

Bijlage 1

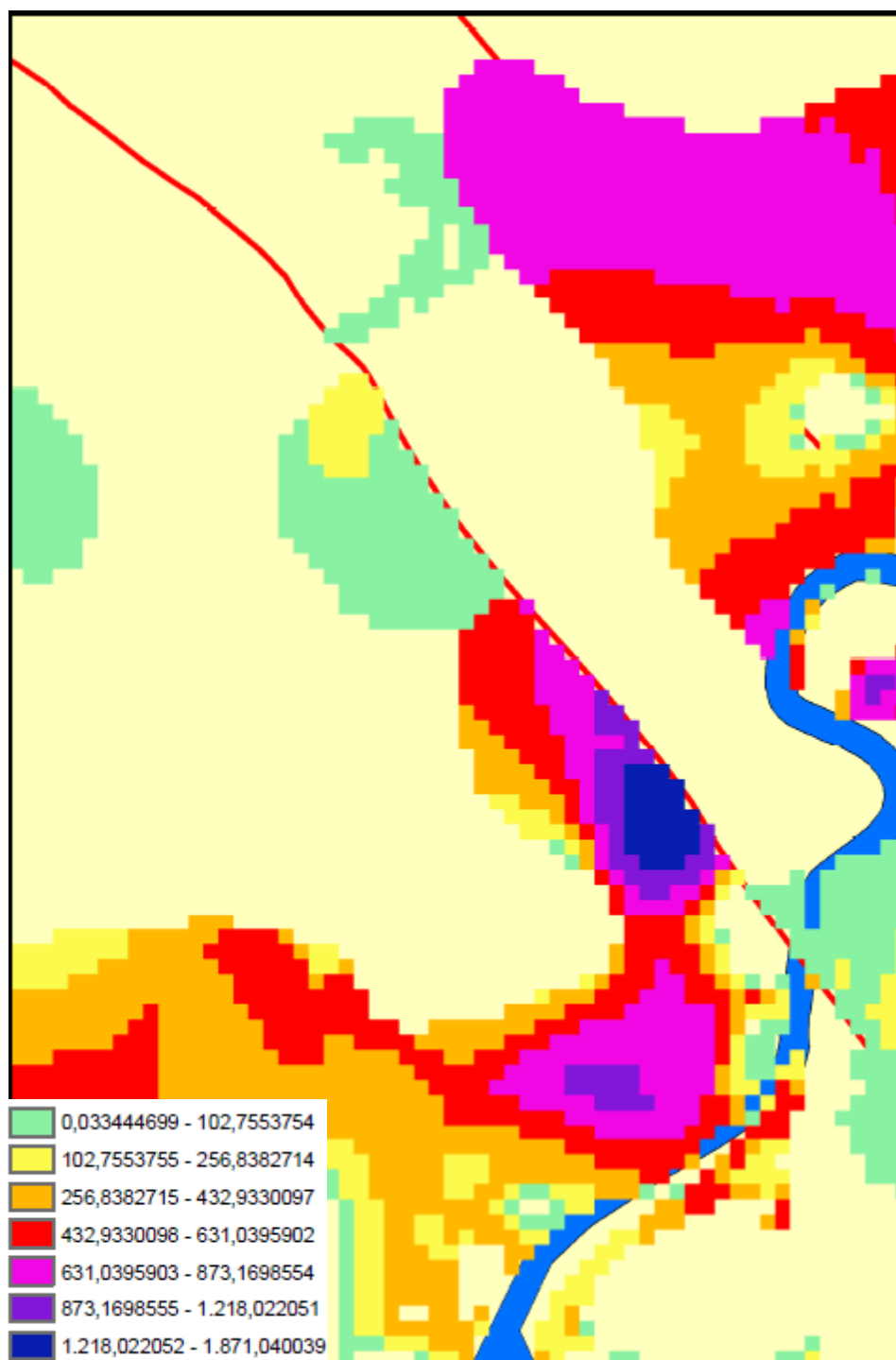
Bijlage 1 Geohydrologische parameters volgens REGIS versie II.1

Watervoerend vermogen (kD-waarde in m²/dag) van het zand in de deklaag

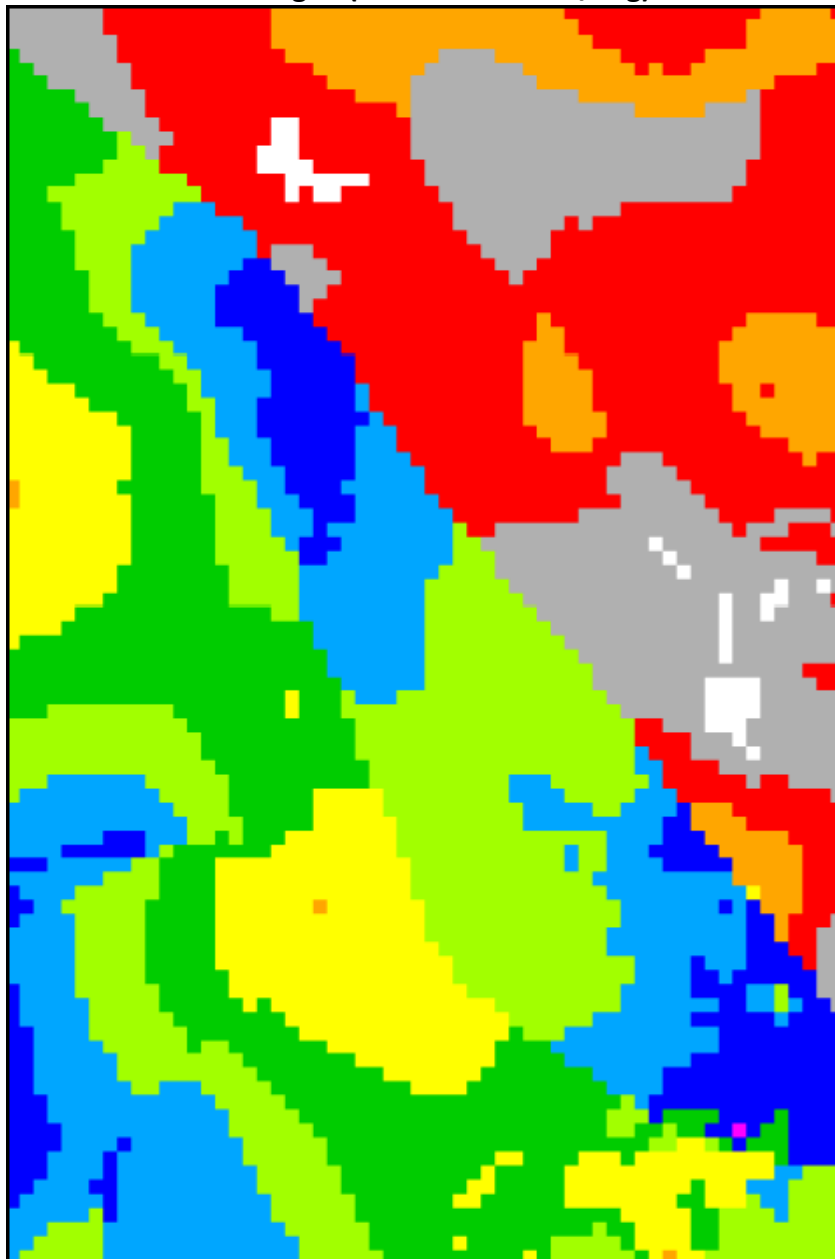


	0,00133031 - 63,17993026
	63,17993027 - 162,4605873
	162,4605874 - 303,860311
	303,8603111 - 487,3791013
	487,3791014 - 767,1700439

Weerstand (c-waarde in dagen) van de deklaag

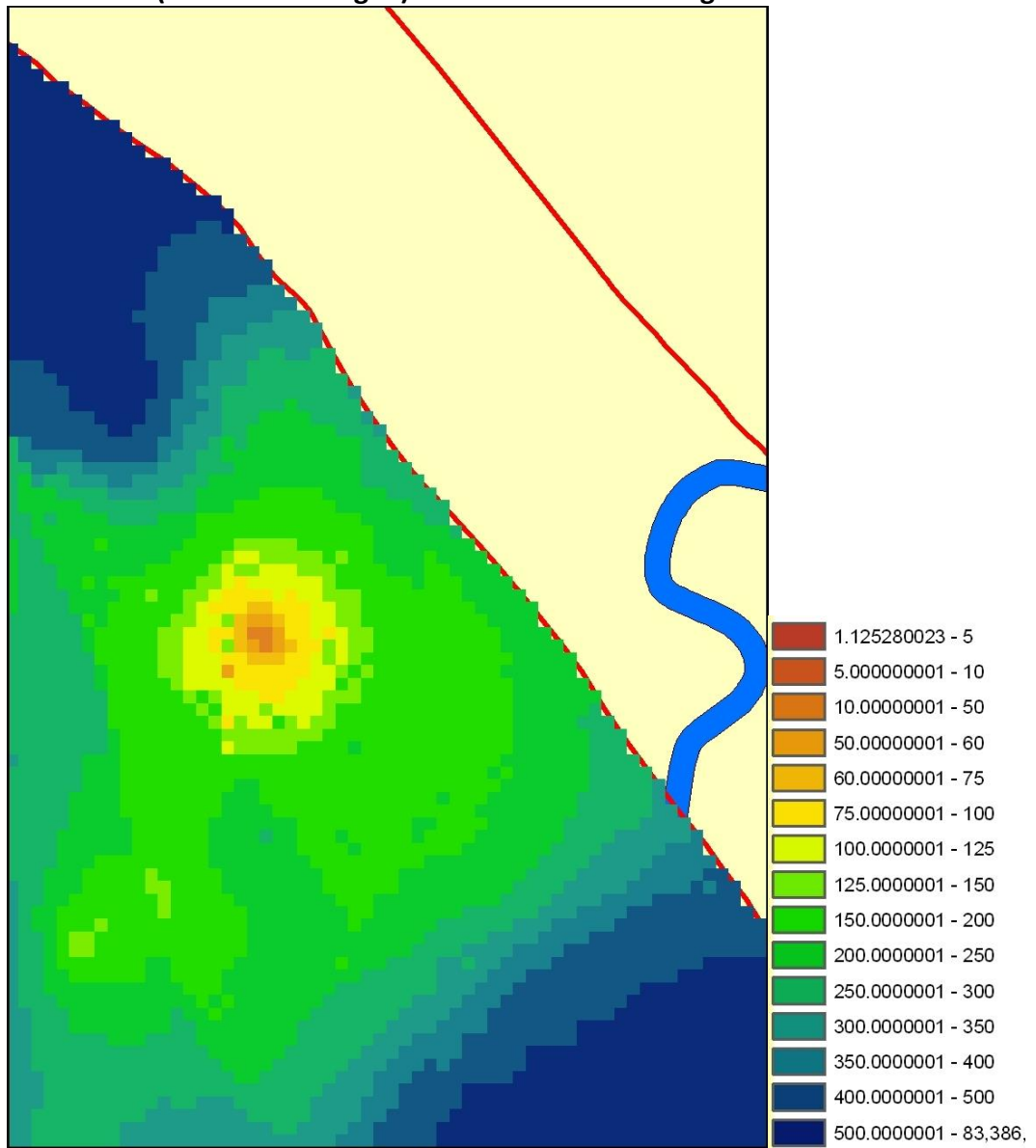


Watervoerend vermogen (kD-waarde in m²/dag) van watervoerend pakket 1A

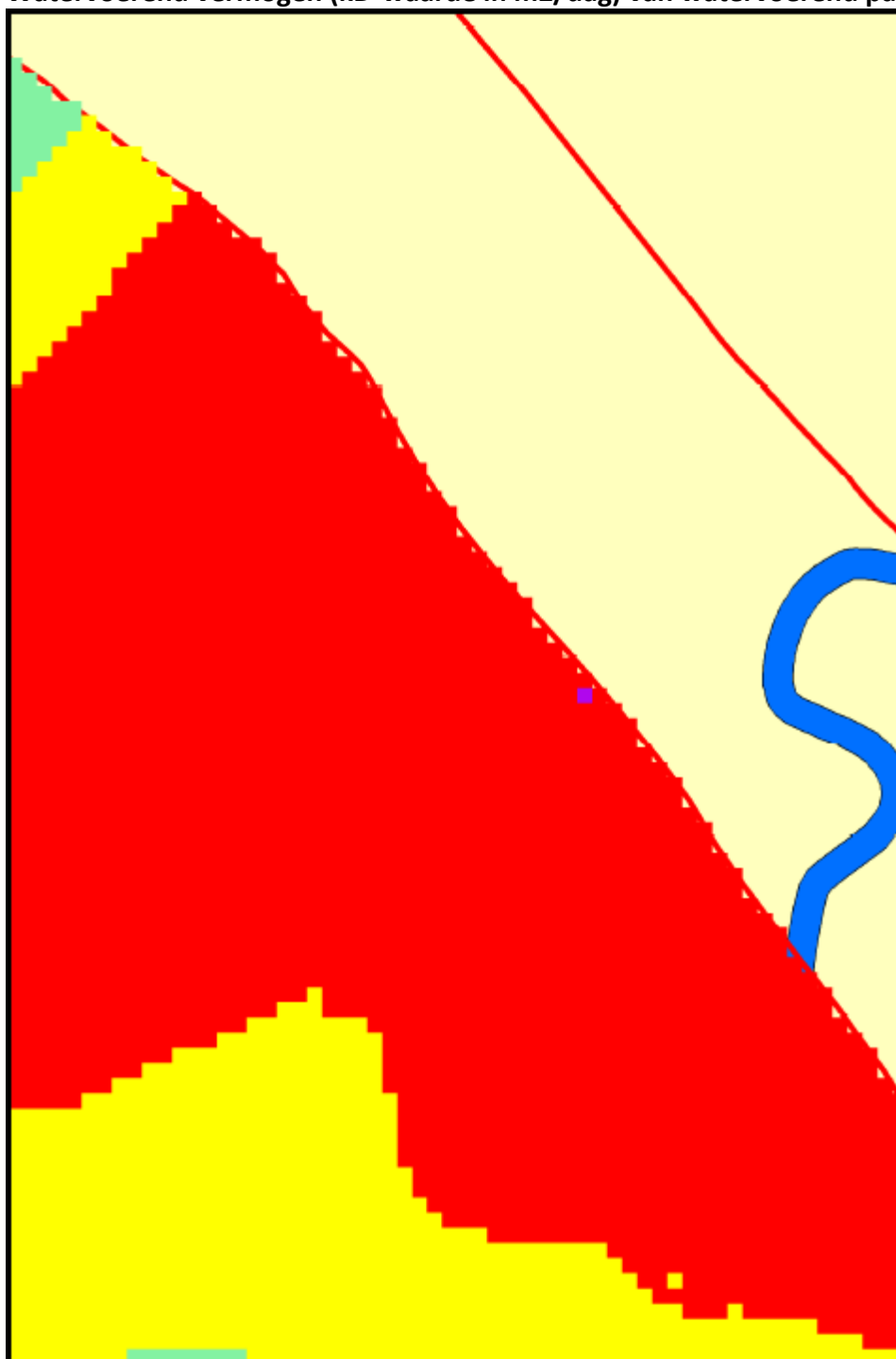






0,12782 - 380,7973935
380,7973936 - 740,3186573
740,3186574 - 1.205,581469
1.205,58147 - 1.755,43752
1.755,437521 - 2.241,848641
2.241,848642 - 2.685,963144
2.685,963145 - 3.087,781027
3.087,781028 - 3.595,340458
3.595,340459 - 4.229,789747
4.229,789748 - 5.392,946777

Weerstand (c-waarde in dagen) van de scheidende laag



Watervoerend vermogen (kD-waarde in m²/dag) van watervoerend pakket 1b



	0,221655995 - 213,6655228
	213,6655229 - 528,7493263
	528,7493264 - 996,2930346
	996,2930347 - 1.545,148692

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT
T. 0162-487000
E. jan.vanroestel@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2016

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.