

Optimalisatie waterwinningen Budel, Eindhoven en Nuland Beschrijving grondwatermodellen

Brabant Water

december 2008

Optimalisatie waterwinningen Budel, Eindhoven en Nuland Beschrijving grondwatermodellen



dossier : B2736-01-001
registratienummer : WA-LW20080656
versie : 1

Brabant Water

december 2008

INHOUD

BLAD

1	MODELBOUW	3
1.1	Opzet modellering	3
1.2	Herkomst van de gegevens	4
1.3	Modellering van de geologische kenmerken	5
1.4	Begrenzing modeldetaileringen	6
1.5	Hydrologische schematisatie	7
2	CALIBRATIE	9
2.1	Achtergrond	9
2.2	Stijghoogtemetingen	9
3	OMGEVINGSMODEL	11
3.1	Geologische opbouw	11
3.2	Neerslag en verdamping	13
4	BUDEL	15
4.1	Kenmerken	15
4.2	Modelbegrenzing en discretisatie	15
4.3	Geologische detaillering	16
4.4	Oppervlaktewater	17
4.5	Grondwateronttrekkingen	18
4.6	Neerslag en verdamping	19
4.7	Calibratie	19
5	AALSTERWEG	23
5.1	Kenmerken	23
5.2	Modelbegrenzing en discretisatie	23
5.3	Geologische detaillering	24
5.4	Oppervlaktewater	25
5.5	Grondwateronttrekkingen	26
5.6	Neerslag en Verdamping	27
5.7	Calibratie	27
6	NULAND	29
6.1	Kenmerken	29
6.2	Grondwateronttrekkingen	29
6.3	Neerslag en Verdamping	29
7	REFERENTIES	31
8	COLOFON	33

BIJLAGEN

1	REGIS-lagenmodel
2	Calibratie reeksen Budel
3	Calibratie reeksen Aalsterweg

1 MODELBOUW

In het kader van het MER optimalisatie van de waterwinning op Budel, Eindhoven en Nuland worden de hydrologische effecten van de voorgenomen verschuivingen in winvergunningen tussen de drie winlocaties bepaald. Hierbij is gebruik gemaakt van het bestaande regionale grondwatermodel voor Noord Brabant [TNO, 2002]. Dit model is rond de betrokken winningen aangepast aan de actuele inzichten over de bodemopbouw. Bovendien is rond de winningen meer hydrologisch detail opgenomen.

Dit rapport beschrijft de gegevensbronnen, de gehanteerde schematisatie en de parameterisatie van de modellering.

1.1 Opzet modellering

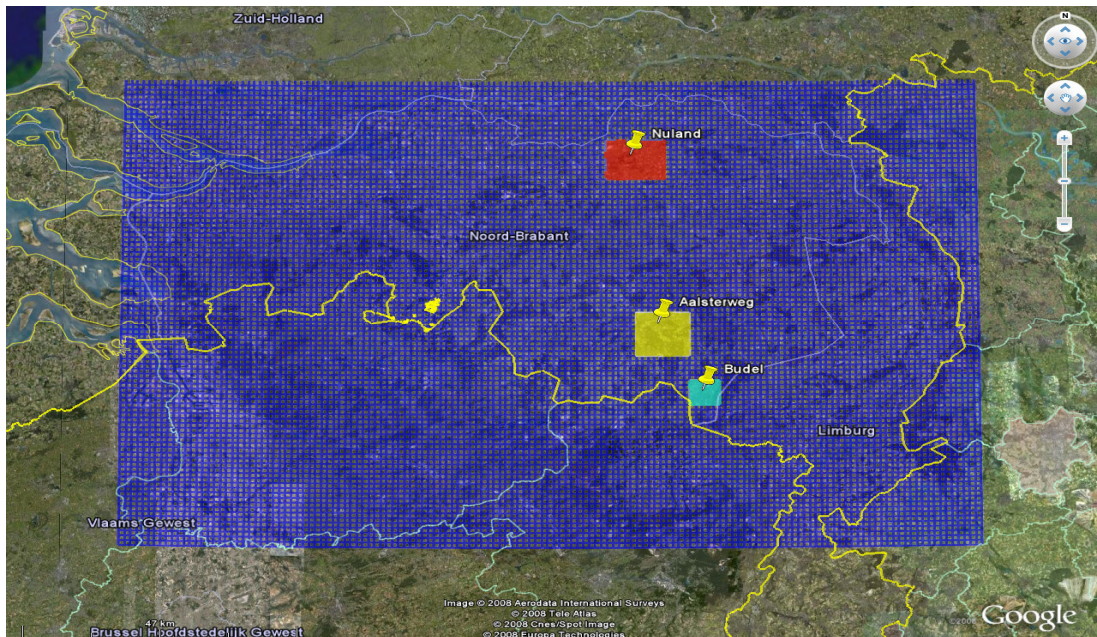
De modellering is uitgevoerd met de gridverfijningsmodule op MODFLOW2000 [MODGRID, Schaars, 2003]. Hierin worden binnen een regionaal omgevingsmodel detail-modellen gehangen, waarvan de waterbalans gezamenlijk wordt opgelost.

Het omgevingsmodel is afgeleid van het bestaande Waterdoelenmodel [TNO, 2002], maar is omgezet op een grover grid met een riblengte van 1000 meter (t.o.v. de riblengte van 250 meter in het Waterdoelenmodel). Deze vergroving is doorgevoerd in verband met de rekensnelheid.

Rond Budel en Eindhoven zijn de detailmodellen nieuw ontwikkeld. In deze modellen is de bodemschematisatie van de bovenste 2 lagen conform REGIS II [dinoloket@tno.nl] opgenomen. Daarnaast zijn de waterlopen opnieuw geschematiseerd op basis van actuele informatie van de waterschappen. Het detailmodel van Budel heeft een grid van 25 meter, terwijl rond Eindhoven een 50 meter grid is gebruikt.

Rond Nuland worden in het kader van de MER alleen een vermindering van de diepe winning bestudeerd. Deze verandering heeft slechts een gering, maar diffuus effect aan maaiveld. Daarom is afgezien van een nadere detaillering van de hydrologische schematisatie. Het detailmodel bestaat hier uit een uitsnede van het Waterdoelenmodel.

De ligging van het modelgrid van het omgevingsmodel en de inliggende detailmodellen is weergegeven in Afbeelding 1.



Afbeelding 1 Modelgrid van het omgevingsmodel en de inliggende detailmodellen

1.2 Herkomst van de gegevens

Voor de modellering van de detailmodellen zijn de volgende gegevensbronnen gebruikt:

Primaire gegevens:

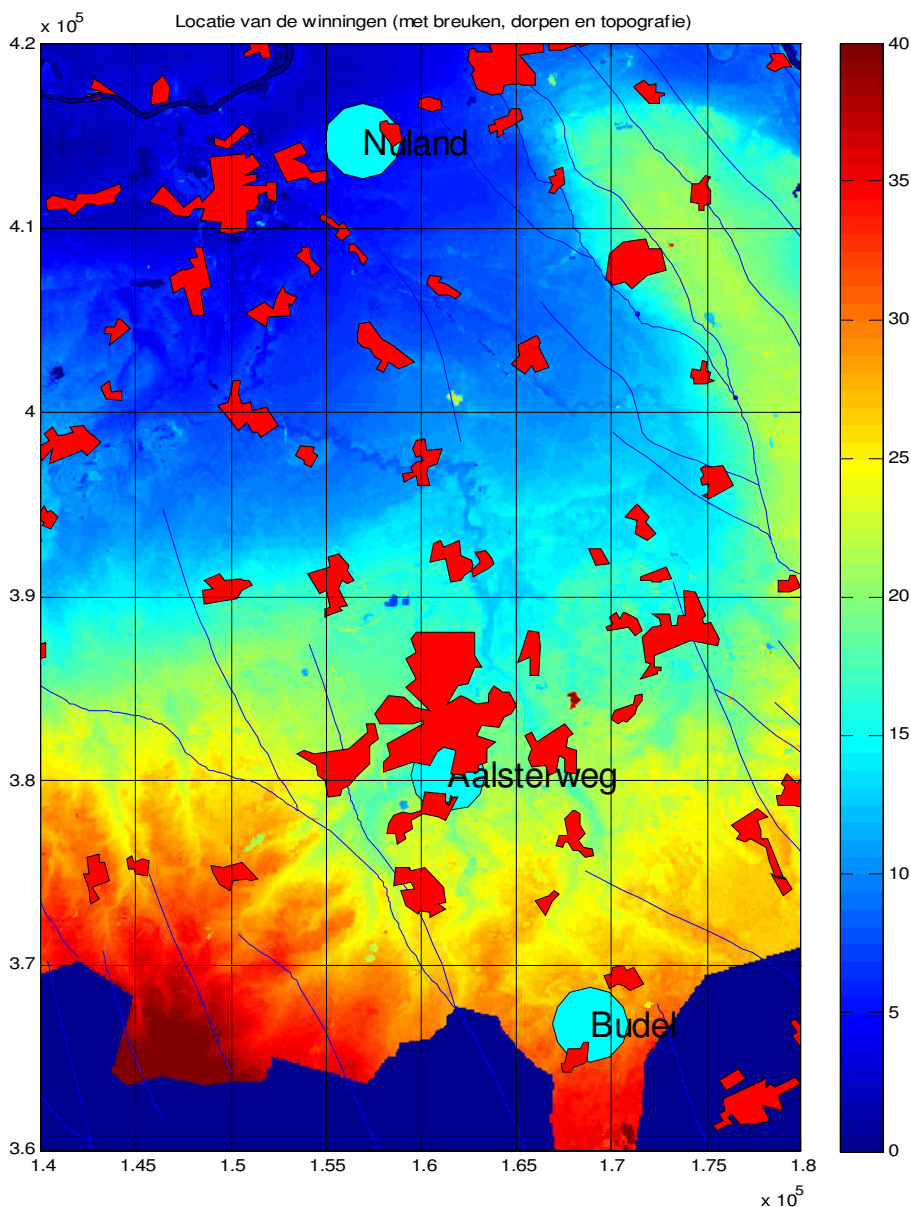
- AHN-maaiveldhoogtemetingen
- TOP-hoogte punten [Topografische dienst]
- DINO-grondwatergegevens [TNO]
- de DAWACO-databank van het grondwatermeetnet van Brabant Water
- de DAWACO-databank van het grondwatermeetnet van de gemeente Eindhoven
- legger-gegevens van de waterlopen van het Waterschap De Dommel
- legger-gegevens van de waterlopen van het Waterschap Aa en Maas
- legger-gegevens van de waterlopen van het Waterschap Brabantsche Delta
- de provinciale grondwateronttrekkingsdata van de provincie Noord-Brabant
- de grondwateronttrekkingsdata van Brabant Water
- de neerslag- en verdampingsgegevens van Volkel en Eindhoven [KNMI]

Geïnterpreteerde gegevens:

- het regionale grondwatermodel 'Waterdoelenmodel' [TNO, 2002]
- het regionale grondwatermodel van de Roerdalslenk 'Ibrahym' [TNO, 2007]
- het grondwatermodel van de Dommel
- het regionale geologische model REGIS-II [TNO, 2005]
- de geologische interpretatie van de VMW
- het landgebruik op basis van LGN3: gebaseerd op satelliet opname in de periode 1995-1997 [www.lgn.nl]

1.3 Modelling van de geologische kenmerken

De drie winningen die betrokken zijn bij deze optimalisatie van de waterwinning zijn alle gelegen in de Centrale Slenk (Afbeelding 2). De winning Budel ligt hoog op de Brabantse dekzanden met een maaiveld op circa 30 m +NAP. Eindhoven heeft een intermediaire hoogte ligging met het maaiveld op circa 20 m +NAP en Nuland ligt tegen het Maasdal met een maaiveldhoogte van circa 5 m +NAP.



Afbeelding 2 Ligging van de winningen op een achtergrond van maaiveldhoogte t.o.v. NAP, ligging stedelijk gebied en geologische breuken

Omdat de winningen in de Centrale Slenk liggen is ook de geologische gelaagdheid op hoofdlijnen vergelijkbaar. De verbreiding van de geologische formaties en de verschillende sublagen is vastgelegd in REGIS-II [TNO, 2005]. De indeling van het REGIS-lagenmodel is opgenomen in bijlage 1. Daarbij is het goed om te realiseren dat de lagenverbreiding van de diepere lagen gebaseerd is op relatief weinig meetpunten. In het ondiepere deel van het geologische profiel zijn aanzienlijk meer boorbeschrijvingen beschikbaar en is er dus een beter inzicht in de verbreiding van de verschillende lagen.

De detailmodelleringen rond de winlocaties zijn gebaseerd op het regionale Waterdoelenmodel van Noord Brabant. In de modellen rond Budel en Eindhoven is de gelaagdheid van de 2 bovenste aquifers vervangen door de gegevens uit REGIS-II. Het Waterdoelenmodel is gebaseerd op REGIS-I, de voorloper van REGIS-II. Zowel de selectie als de interpolatie van de boringen is in REGIS-I op een andere wijze uitgevoerd, zodat er aanzienlijke verschillen in de fysieke beschrijving van de ondergrond tussen deze twee interpretaties bestaan. In principe heeft dat echter beperkte gevolgen voor het berekende hydrologische gedrag, omdat dat gebaseerd is op de geohydrologische eigenschappen, die onafhankelijk van de matrix zijn geïjkt aan de waarnemingen.

Voor de randen van het omgevingsmodel ter hoogte van Budel is gezocht naar een nadere onderbouwing van de geohydrologische eigenschappen, omdat het interessegebied zich hier uitstrekt tot in België, buiten het geldigheidsgebied van het Waterdoelenmodel. Hierbij zijn de gegevens van het voor de Roerdalslenk opgestelde model Ibrahim betrokken. Dit model is geïjkt voor het Limburgse grondgebied. Het Belgische en Brabantse deel van het model is in functionele zin meegenomen. De gehanteerde parameterwaarden hebben in het Brabantse deel geen nadere betrouwbaarheidsanalyse ondergaan en hebben dus vooral een indicatieve waarde. Toch zijn op basis van de interpretatieverschillen van de verbreiding van de weerstand van met name de Brunssum-kleien in het grensgebied, en in samenhang met de Belgische gegevens over die weerstand de waarden in het omgevingsmodel aangepast. Tevens is het omgevingsmodel geactiveerd in de Centrale Slenk in België.

1.4 Begrenzing modeldetaileringen

Om hydrologische consistentie te garanderen en tegelijkertijd voldoende detaillering te kunnen opnemen rond de winningen onder studie, is de volgende aanpak gevolgd:

- vaststellen invloedszone van de ondiepe winning op de drie winlocaties: deze invloedszone wordt als volgt berekend:

$$R=4*SQRT(max(kD)*max(C) + min(kD)*min(C))/(4-4*cos(pi/(2*nlaag+1))) [Maas, 1996]$$

- waarbij de geohydrologische eigenschappen volgens het Waterdoelenmodel in het centrum van de winning als uitgangspunt wordt genomen;
- deze zone bepaalt in samenhang met enkele locale randvoorwaarden, zoals de ligging van kwetsbare natuurgebieden, de begrenzing van de te detailleren modeldelen;
- modellering door middel van gridverfijning: de techniek waarmee simultaan een grover omgevingsmodel en inliggende detailmodellen kunnen worden doorgerekend;
- inbrengen detaillering binnen de modelzones: dat betreft geologische opbouw, de schematisatie van het oppervlaktewater en het toevoegen en actualiseren van winningen;
- ijking van de detailmodellen aan de hand van de beschikbare grondwaterstijghoogtemeetreeksen.

1.5 Hydrologische schematisatie

Neerslag

De hydrologische dynamiek wordt in het model gevangen in half-maandsperioden. Voor de neerslag betekent dit dat de neerslag wordt discretiseerd tot de gemiddelde neerslag gedurende elke modeltijdstap. Neerslag wordt op verschillende locaties als puntwaarnemingen geregistreerd. In het omgevingsmodel wordt de neerslag van Eindhoven gebruikt, evenals in het detailmodel rond Eindhoven. In het detailmodel rond Budel wordt de neerslag gemeten op Maarheeze gebruikt en bij Nuland wordt het neerslagstation Nuland gebruikt.

Door interceptie (riolering in stedelijk gebied, run-off naar oppervlaktewater elders) wordt de voeding van het grondwater beperkt. Dit wordt gemodelleerd als een reductie op de neerslag. De resulterende flux is de invoer voor het grondwatermodel. Daarmee wordt impliciet aangenomen dat de berging in de onverzadigde zone bij de gehanteerde tijddiscretisatie (14 dagen) verwaarloosbaar is.

Verdamping

De Makkink-referentieverdamping wordt op meetstation Eindhoven geregistreerd. Deze wordt gebruikt voor het gehele gebied. De potentiële verdamping wordt deels bepaald door het landgebruik. Zo hebben diep wortelende ruwe gewassen (bos) een hogere verdamping dan ondiep wortelende of afwezige vegetatie. Voor de schatting van de potentiële gewasverdamping wordt daarom gebruik gemaakt van de gewasfactoren, conform het Waterdoelenmodel [TNO, 2002]. De actuele verdamping wordt binnen de modellering zelf berekend, omdat daarin rekening wordt gehouden met een verdampingsreductie die afhankelijk is van de grondwaterstand. Deze flux wordt geacht te worden onttrokken aan het grondwater, waarmee dus eveneens de buffering van de onverzadigde zone wordt verwaarloosd.

Waterwinning

De waterwinning bestaat naast de pompstations voor de drinkwaterbereiding uit industriële onttrekkingen en agrarische onttrekkingen (met name ten behoeve van de beregening). Alle geregistreerde onttrekkingen worden in de modellering meegenomen op basis van het onttrekkingsregister van de provincie Noord-Brabant. Omdat van deze winningen alleen de jaartotalen vanaf 2001 worden geregistreerd wordt voor de verdeling binnen het jaar een schatting gemaakt:

- de industriële onttrekkingen worden stationair binnen het jaar verondersteld
- de agrarische onttrekkingen worden gerelateerd aan het potentiële verdampingstekort gedurende een drie-wekelijkse periode: hoe hoger dit tekort, hoe groter het aandeel van de geregistreerde onttrekking dat aan die periode wordt toegekend. De gehanteerde verdeling is weergegeven in Afbeelding 3.



Afbeelding 3 Verdelingsfracties voor de beregening (in mm)

Brabant Water/DHV/Artesia

Voor de jaren voor 2001 is de geregistreerde onttrekking van 2001 gehanteerd. De percolatieverliezen van de berekening naar het grondwater zijn verwaarloosbaar verondersteld.

Bij de interpretatie van de locatie van de onttrekkingen moet bedacht worden dat de opgegeven locaties niet altijd de fysieke putlocaties zijn, maar veelal de adreslocaties van de eigenaar. De bij de onttrekking horende verlaging hebben dus ook een andere ruimtelijke spreiding dan in het model wordt berekend.

Waterlopen

In de detailmodellen van Budel en Eindhoven is de schematisatie van de waterlopen uit het Waterdoelenmodel volledig vervangen door actuele gegevens over de ligging van waterlopen, de peilen en de dimensies. Deze informatie is afkomstig uit de leggerbestanden van waterschap de Dommel. Tevens is de informatie van het door waterschap de Dommel lokaal geactualiseerde Waterdoelenmodel gebruikt om het oppervlaktewatersysteem te beschrijven.

2 CALIBRATIE

2.1 Achtergrond

De detaillering van het Waterdoelenmodel rond de winningen heeft tot doel om een herkenbaarder en daarmee beter interpreteerbare beschrijving van het hydrologische systeem te maken. Omdat in deze detailleringsslag nieuwe hydrologische elementen zijn toegevoegd (zoals waterlopen en winningen) en andere zijn aangepast (gelaagdheid) is het nodig om de modellen opnieuw te calibreren. Hiermee worden de eigenschappen van het model zo goed mogelijk in overeenstemming gebracht met waarnemingen aan het hydrologische systeem. In dit geval beperken de waarnemingen zich tot stijghoogtemetingen. De te calibreren eigenschappen betreffen de geohydrologische parameters (de drainageweerstand en de kD -, c - en S -waarden van de lagen) en de parameters van de verdampingsfunctie.

Het omgevingsmodel hoeft niet opnieuw gecalibreerd te worden: dit is, binnen de mogelijkheden van het opgenomen detail van het model reeds gebeurd. Omdat een calibratie van het gekoppelde MODGRID-model een zeer grote en dus langdurige rekeninspanning vergt, is er voor gekozen om het detailmodel losgekoppeld en alleen voor de modellagen 1 en 2 (middeldiepe grondwatersysteem) te calibreren. Hiertoe is een tijdsafhankelijke fluxrand op de modelrand gebracht, ontleend aan het omgevingsmodel. Daartoe is het omgevingsmodel doorgerekend voor dezelfde weerjaren en met dezelfde historische onttrekkingen.

2.2 Stijghoogtemetingen

De stijghoogtemetingen zijn ontleend aan de grondwaterdatabank Dino en de grondwaterstanden van Brabant Water (Dawaco). Voor zover meetpunten dubbelen in beide databases is de database van Brabant Water aangehouden. Reden hiervoor was dat niet alle grondwaterstanden van Brabant Water correct zijn overgenomen in de grondwaterdatabank Dino. Op de dataset is een selectie uitgevoerd volgens de volgende selectiecriteria:

- Meetpunten moeten zich minimaal 50 meter van de modelrand bevinden;
- Meetpunten in het waterwingebied zijn uit de selectie verwijderd daar deze te veel worden beïnvloed door de individuele bedrijfsvoering van de pompputten;
- Uitbijters zijn uit de reeks verwijderd als een verandering 4 maal de gemiddelde dynamiek van de reeks overstijgt;
- Meetpunten met meerder filters binnen een watervoerend pakket zijn samengevoegd tot een gemiddelde reeks.

De metingen laten zien dat de amplitude van de stijghoogte op veel meetpunten 1 tot 1.5 meter bedraagt. De range tussen laagste en hoogste grondwaterstanden in de gehele periode loopt op tot ruim twee meter (zie bijlage 2 en 3). Enkele meetpunten hebben een karakteristieke amplitude van circa 50 cm. De amplitude in het diepe pakket en het middeldiepe pakket zijn gelijk. De trends in de stijghoogte in beide pakketten lijken echter minder sterk gekoppeld. Het mechanisme dat dat veroorzaakt blijkt niet in het omgevingsmodel te zijn opgenomen.

Brabant Water/DHV/Artesia

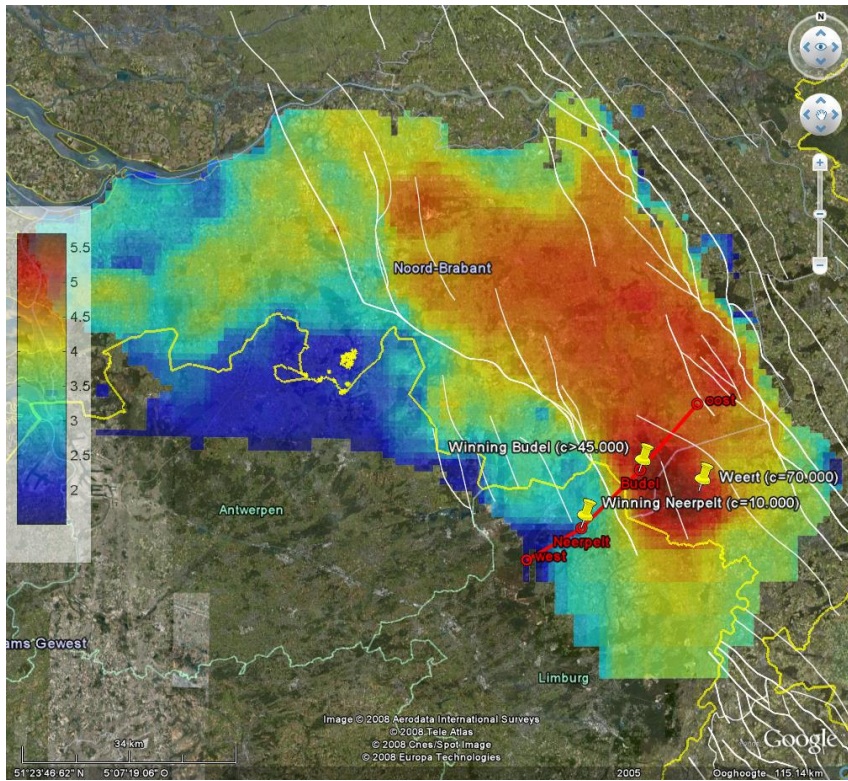
Een grote jaar-amplitude in de stijghoogte treedt op in een wegzijgingsgebied, waar de stijghoogte vooral wordt gedomineerd door het neerslag overschot/tekort gedurende het seizoen. Een beperkte fluctuatie duidt er op dat de grondwaterstand onder invloed staat van oppervlaktewater. In sommige reeksen treden zeer sterke maar tijdelijke dalingen op van de grondwaterstijghoogte. Deze kunnen mogelijk worden verklaard door beregening, die ook een incidenteel karakter heeft. Echter veel van de reeksen met een sterk afwijkende dynamiek kunnen met het model niet goed worden verklaard en worden dus beïnvloed door onbekende lokale omstandigheden.

3 OMGEVINGSMODEL

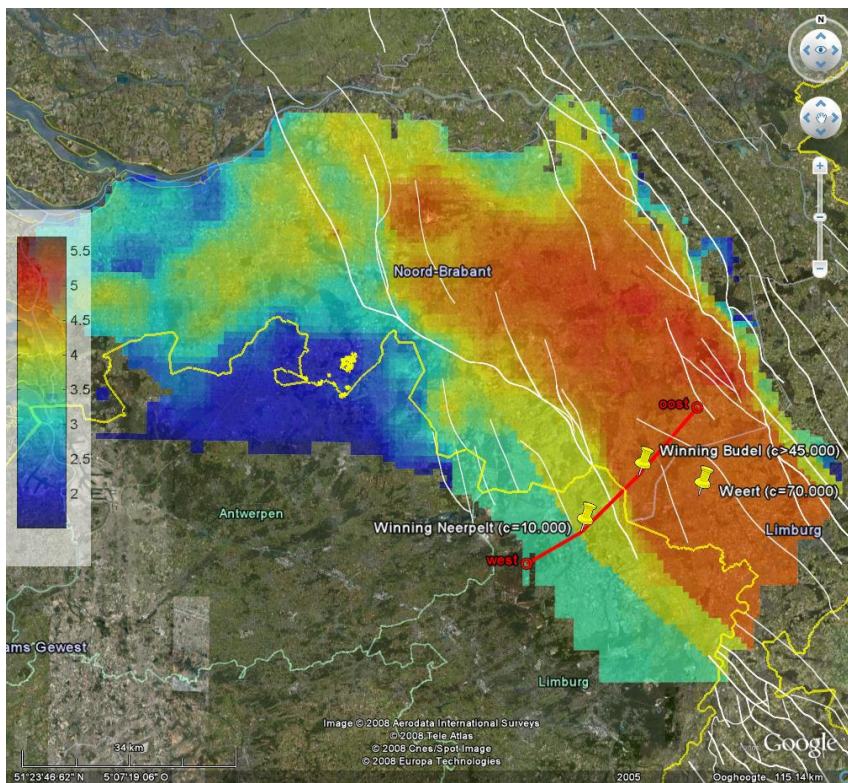
3.1 Geologische opbouw

De voorgenomen herschikking van de vergunde wincapaciteit op de winning Budel betreft zowel een verlaging van de ondiepe winning en het starten van een diepe winning. De effecten van een diepe winning op Budel reiken verder dan de grenzen van het detailmodel. De reikwijdte van de ingreep moeten dus met het omgevingsmodel worden bepaald. Extra aandachtspunt daarbij is dat de effecten ook doorwerken in België. Daarom is juist in de omgeving van Budel de schematisatie van het Waterdoelenmodel nader bekeken. Daarbij is onder meer gekeken naar de schematisatie zoals in het recente grondwatermodel van de provincie Limburg (Ibrahym) is opgenomen. Deze schematisatie blijkt niet bruikbaar voor de hydrologische situatie rond Budel, omdat binnen dit model de Feldbissbreuk (zie figuur 4) als dichte modelrand is gehanteerd, terwijl bekend is dat de watervoerende pakketten zich over deze Feldbissbreuk tragsgewijs doorzetten tot in België.

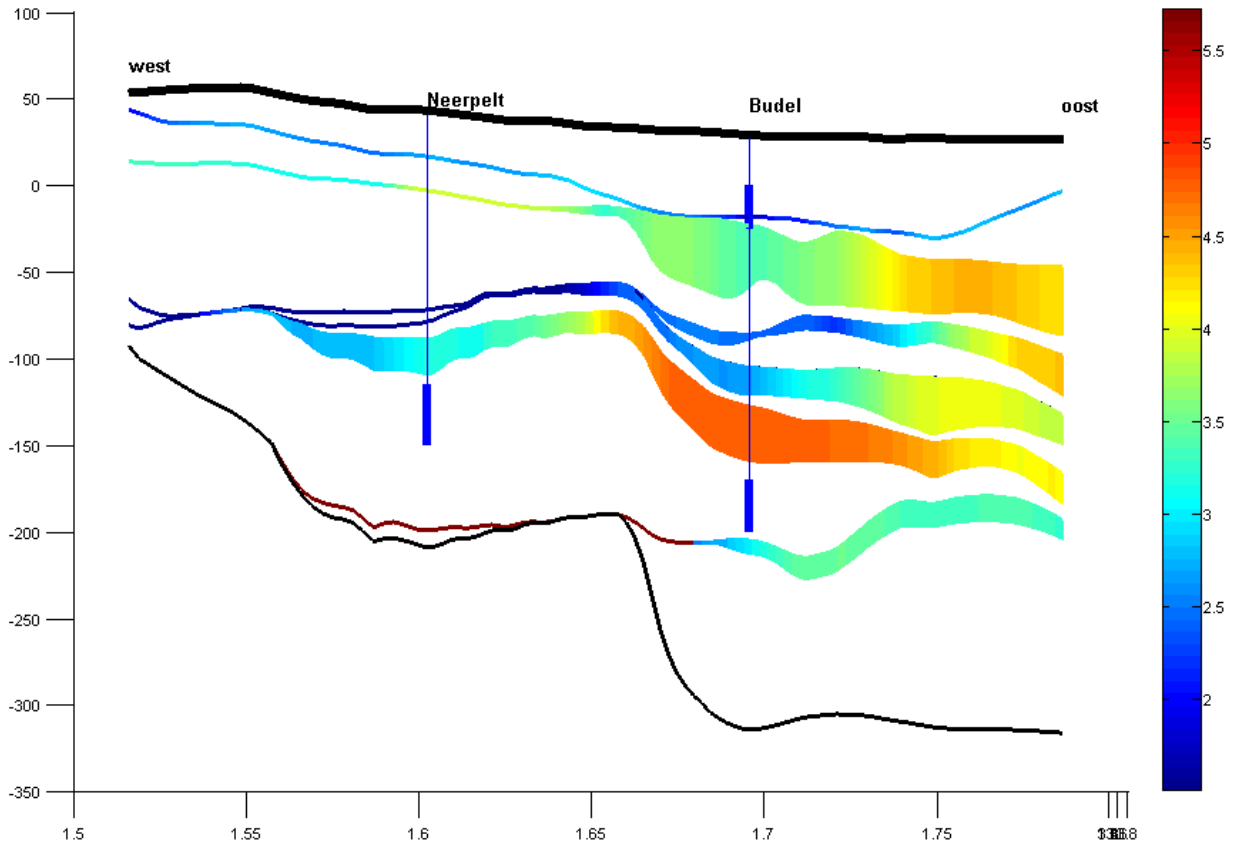
Ook is gekeken naar de beschikbare pompproeven zowel op Nederlands als Belgisch grondgebied, in relatie tot de modelschematisatie. De in het Waterdoelenmodel opgenomen weerstanden van de afsluitende kleilagen zijn richting België en Limburg lager dan op basis van pompproeven mag worden verwacht. Op basis van pompproeven bij Weert (70.000 dagen), Someren (>100.000 dagen) en Budel (>45.000 dagen) mag worden verondersteld dat de afsluitende kleilagen in de Centrale Slenk minimale weerstanden hebben van 60.000 dagen (waarschijnlijk zelfs meer). Navraag bij de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening leert dat de weerstandbiedende Lignietlagen ter plaatse van de winning Neerpelt zeer goed ontwikkeld zijn en aansluiten op de Brunssum I-klei. Een pomptest aan een nieuwe bron begin 2007 leverde geen verlaging in de bovenliggende watervoerende pakketten. Uit een geohydrologisch onderzoek ter plaatse van de winning Neerpelt blijkt hier een weerstand aanwezig te zijn van ongeveer 10.000 dagen. Op basis van de beschikbare gegevens is aangenomen dat de weerstandbiedende lagen over de breuken tot de breuk de Grote Brogel een aaneengesloten karakter vormen. In het model is binnen de Centrale slenk in het Waterdoelenmodel een minimale weerstand aangebracht van 60.000 dagen. Tussen de Feldbissbreuk en de Grote Brogel is een weerstand van 10.000 dagen gehanteerd. Ten westen van de Grote Brogel (op 16 kilometer afstand van de winning Budel) is een weerstand van 2.000 dagen aangenomen. Deze aanpassingen in de weerstanden in het Waterdoelenmodel zijn weergegeven in de Afbeeldingen 4 en 5. In Afbeelding 6 is de verbreiding van de weerstandbiedende lagen in doorsnede weergegeven. De ligging van het profiel is zowel in Afbeelding 4 als in Afbeelding 5 aangegeven.



Afbeelding 4 Weerstand (in dagen, logaritmische schaal) Waterdoelenmodel modellen 2:7 (oude situatie)



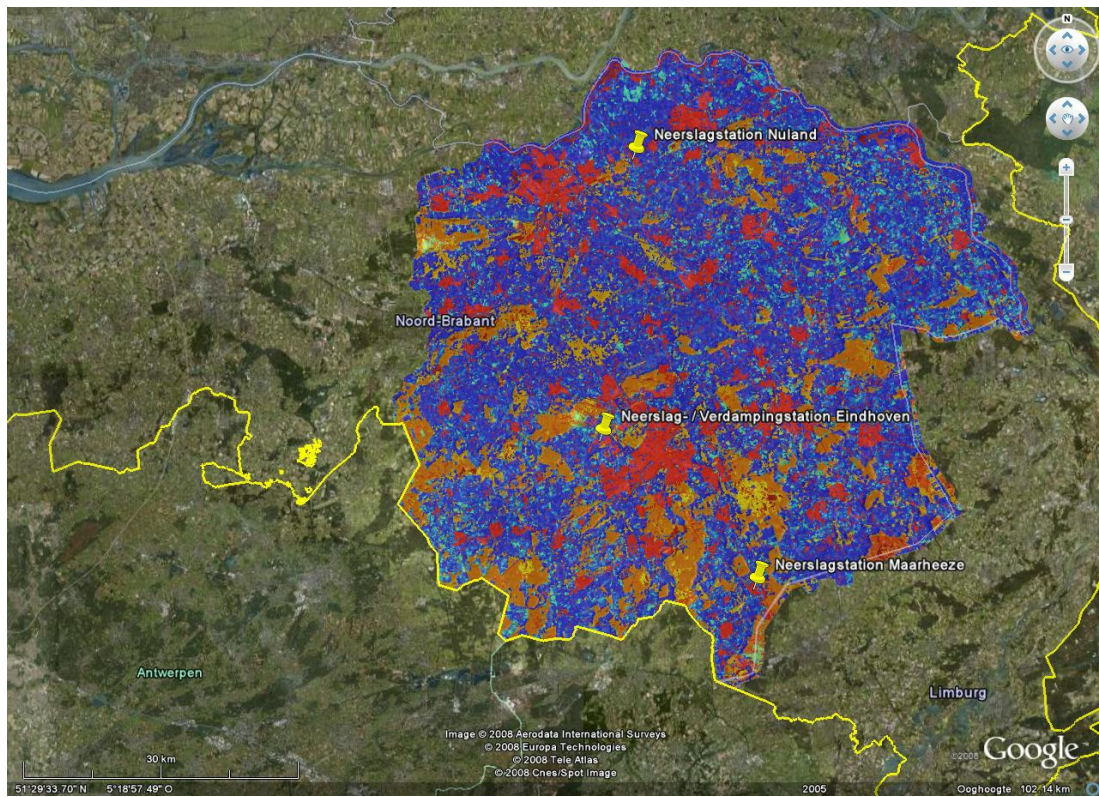
Afbeelding 5 Weerstand (in dagen, logaritmische schaal) modellen 2:7 van het gebruikte omgevingsmodel



Afbeelding 6 Doorsnede West-Oost: logaritme van de C-waarden (dagen) over het in Afbeelding 5 aangegeven profiel. De fysieke dikte van de weerstandbiedende lagen is dus niet altijd evenredig met de opgenomen weerstand.

3.2 Neerslag en verdamping

Het Waterdoelenmodel rekent met een synthetisch jaar. In de omzetting naar het omgevingsmodel voor deze studie is de historische periode van 1 januari 1996 t/m 31 december 2006 gekozen. De tijddiscretisatie is omgezet naar halve maanden, telkens beginnend op de eerste en de 16e van de maand. Deze omzetting betekent dat de neerslag en verdamping op deze wijze gediscrèteerd is opgelegd aan het omgevingsmodel, waarbij de methodiek van het Waterdoelenmodel is aangehouden. Bij de omzetting zijn de gegevens van de neerslag en de verdamping van het weerstation Eindhoven gebruikt, in combinatie met het LGN3-bestand van Oost Brabant zoals dat bij Brabant Water beschikbaar is. Voor de gebieden waarvan geen LGN-bestand beschikbaar is, is uitgegaan van het landgebruik Grasland. De dekking van de gegevens over het landgebruik is weergegeven in Afbeelding 7.



Afbeelding 7 Dekking van het LGN-bestand en de locaties van de weerstations

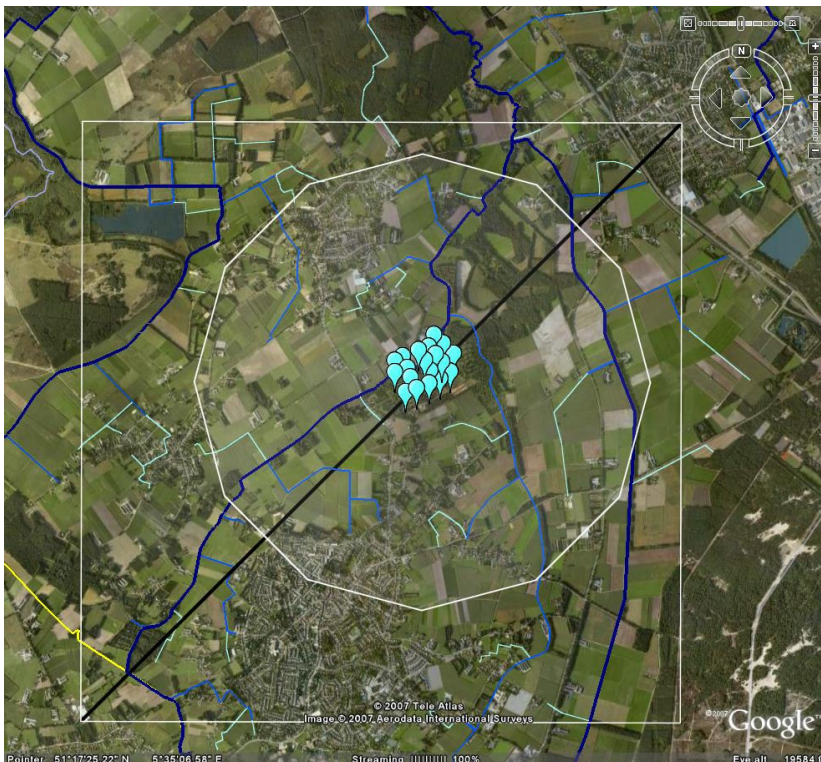
4 BUDEL

4.1 Kenmerken

De hydrologische modellering van Budel in het kader van het MER vergt voor de (op te richten) diepe winning een andere schematisatie dan voor de (bestaande) middeldiepe winning. Als gevolg van de zeer hoge weerstanden tussen het middeldiepe en diepe pakket is de onderlinge beïnvloeding zeer gering. Voor het berekenen van effecten van de middeldiepe winning is een goede detailschematisatie rond de winning noodzakelijk. Voor het berekenen van de effecten van de diepe winning zijn regionale geohydrologische eigenschappen juist zeer belangrijk. Met behulp van MODGRID zijn deze vraagstellingen gecombineerd. Rond de winning is een detailmodel gebouwd waarmee de effecten in de directe omgeving rond de winning Budel kunnen worden berekend. De diepere verder uitstreckende effecten worden berekend met behulp van het regionale omgevingsmodel.

4.2 Modelbegrenzing en discretisatie

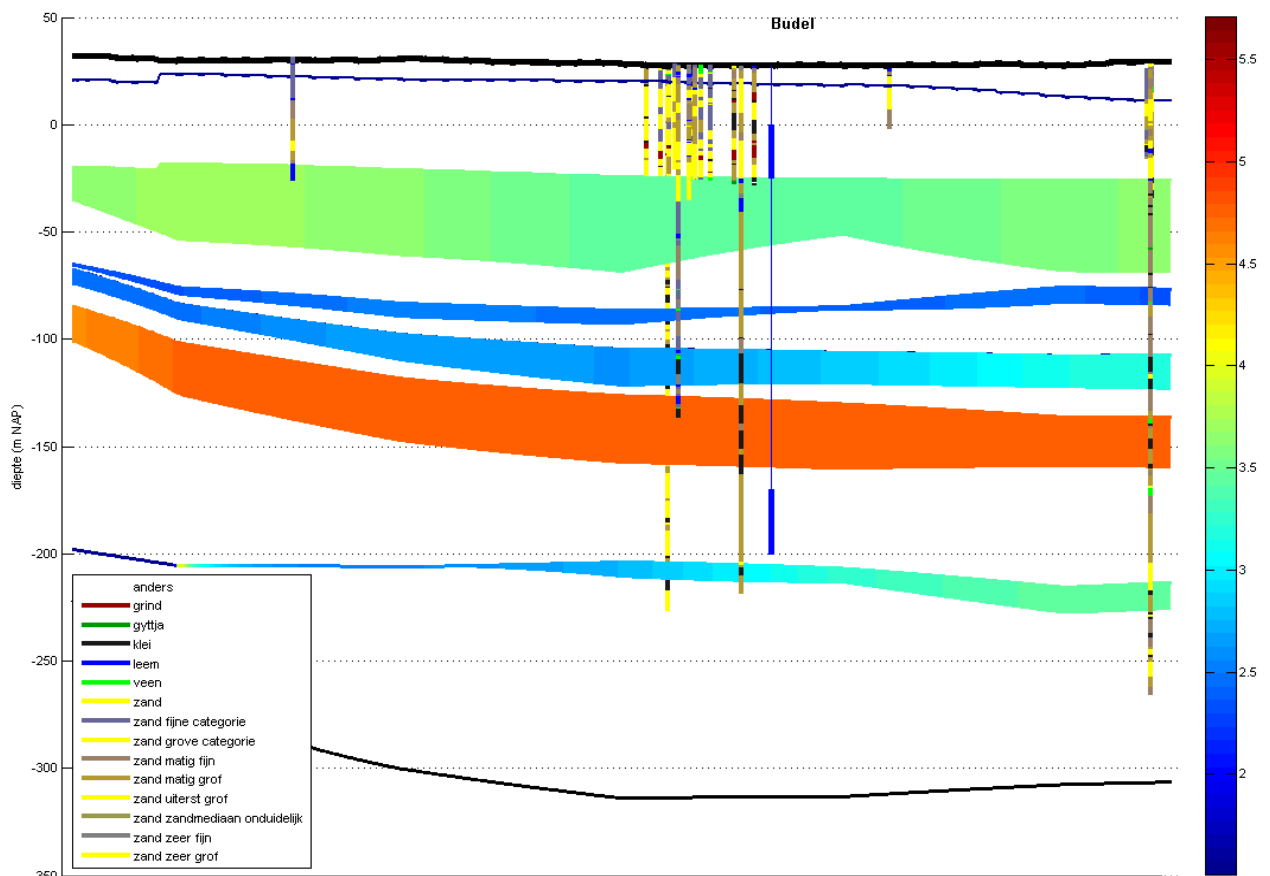
De invloedzone van het middeldiepe pakket is bepaald op een cirkel met een straal van 1.9 km. In samenhang met het waterlopenpatroon is het detailleringgebied begrensd door de km-coördinaten [x-166,171;y-364,369]. Het detailmodelgebied is weergegeven in Afbeelding 8. Het modelgebied is gediscretiseerd met cellen van 25x25 meter. Gemodelleerd is een periode van 11 jaar, lopende van 1 januari 1996 t/m 31 december 2006. De berekende tijdstappen (stressperioden) sluiten aan bij de 2-wekelijkse monitoring van grondwaterstanden rond de eerste en 16e dag van de maand.



Afbeelding 8 Ligging van respectievelijk het modelgebied (rechthoek), de invloedzone (cirkel), de profielas (zwarte diagonaal) en de putten (blauwe druppels)

4.3 Geologische detaillering

Het geologische profiel rond Budel is weergegeven in figuur 9. Hierin zijn zowel de verbreiding van de Formaties als van de zand- en kleilagen binnen de formaties weergegeven. In de afbeelding is de geohydrologische schematisatie volgens REGIS weergegeven in samenhang met de beschikbare boringen.



Afbeelding 9 Profiel met gemodelleerde weerstanden (log(dagen)) rond Budel (detailmodel) met daarop geprojecteerd de beschikbare boringen

Uit Afbeelding 9 blijkt dat het aantal boringen beperkt is waarop de geohydrologische indeling is gebaseerd. Maar bovenin, in de hydrologisch meest actieve zone, is de informatie dichtheid groter. De boringen geven aan dat de deklaag sterk inhomogeen is. De bovenste helft van de deklaag is over het algemeen fijner van opbouw, terwijl in de onderste helft op veel plaatsen een grindlaag wordt aangetroffen. In een aantal boringen, met name aan de oostkant van de winning, wordt rond NAP een kleilaag aangetroffen. Binnen de detailmodellering is in een eerste fase geprobeerd de lagen-schematisatie te verfijnen. Tijdens de calibratie bleek echter dat de informatiedichtheid van stijghoogtewaarnemingen onvoldoende groot is om voor de voorgestelde verfijning de hydrologische parameterwaarden te kunnen schatten. Voor de schematisatie is daarom de oorspronkelijke indeling aangehouden. De bovenste modellaag bestaat uit de Nuenengroep. De tweede modellaag is het watervoerende pakket (Sterksel). Voor de bovenste twee lagen is de gelaagdheid uit REGIS-II overgenomen. De calibratie is uitsluitend op deze lagen uitgevoerd.

4.4 Oppervlaktewater

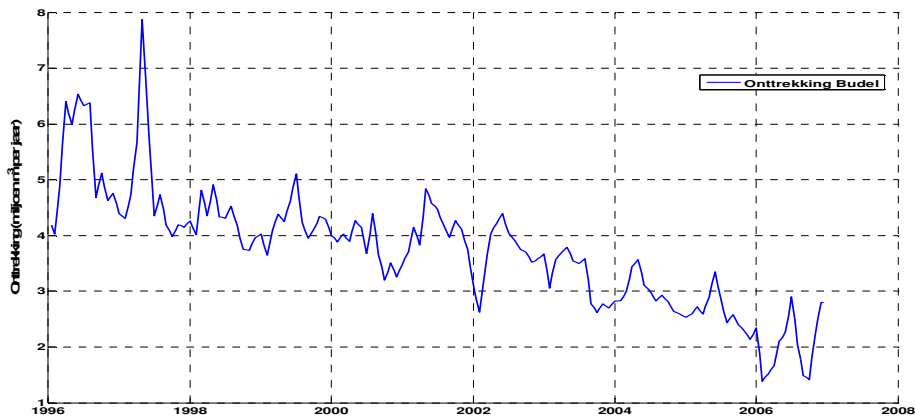
De winning Budel ligt in het beekdal van de Buulder Aa in het voor Brabant kenmerkende dekzandruggen landschap. De locaties van de waterlopen zijn overgenomen uit de legger van Waterschap de Dommel. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen hoofdwaterlopen en greppels. De hoofdwaterlopen zijn peilgestuurde waterlopen. De in het model gebruikte peilen voor deze waterlopen zijn geïnterpoleerd op basis van stuwhoogten bekend uit het stuwboek van waterschap de Dommel. Voor het benedenstroomse deel de Buulder Aa is het oppervlaktewaterpeil in model gebracht zoals dat met behulp van een Sobek-berekening is berekend. De drainagebasis van de greppels is afgeleid uit het maaiveld. Hiervoor is een gemiddelde ontwateringsdiepte gekozen van 90 cm beneden maaiveld. Binnen het detailmodel is het maaiveld gebaseerd op de Tophoogte kaart van de meetkundige dienst. Binnen de natte natuurparel Buulderbroek is het maaiveld vervangen door het gefilterde AHN25x25 meter, omdat dat bestand hier het gewenste detail geeft. In het gehele model is ten slotte een maaiveld drainage aangebracht. De in het model opgenomen waterlopen en peilen zijn weergegeven in Afbeelding 10.



Afbeelding 10 Ligging en peilen (m + NAP) van de opgenomen waterlopen

4.5 Grondwateronttrekkingen

De grondwateronttrekkingen van de winning Budel zijn individueel per put in het model gebracht op basis van maandonttrekkingen. Het cumulatieve verloop van de waterwinning is weergegeven in Afbeelding 11.



Afbeelding 11 Verloop van de totale grondwaterwinning op winplaats Budel

Voor de modellering van de overige onttrekkingen is gebruik gemaakt van het onttrekkingsregister van de Provincie Noord-Brabant, volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.5. De ligging van deze overige winningen is weergegeven in Afbeelding 12. De totale agrarische onttrekking binnen het modelgebied bedroeg gedurende de modelperiode gemiddeld 0.28 Mm³/jr.



Afbeelding 12 Ligging van de agrarische en industriële onttrekkingen

4.6 Neerslag en verdamping

De neerslag is gemodelleerd op basis van de dagsommen gemeten op neerslagstation Maarheeze. Op basis van de LGN3 is voor bossen en bebouwd gebied een interceptiefactor op de gemeten neerslag in rekening gebracht. De verdamping is gebaseerd op de referentieverdamping zoals bepaald op verdampingsstation Eindhoven. Per landgebruiksklasse volgens LGN3 is de potentiële verdamping binnen het modelgebied afgeleid.

4.7 Calibratie

Met behulp van automatische calibratie zijn de volgende parameters geoptimaliseerd:

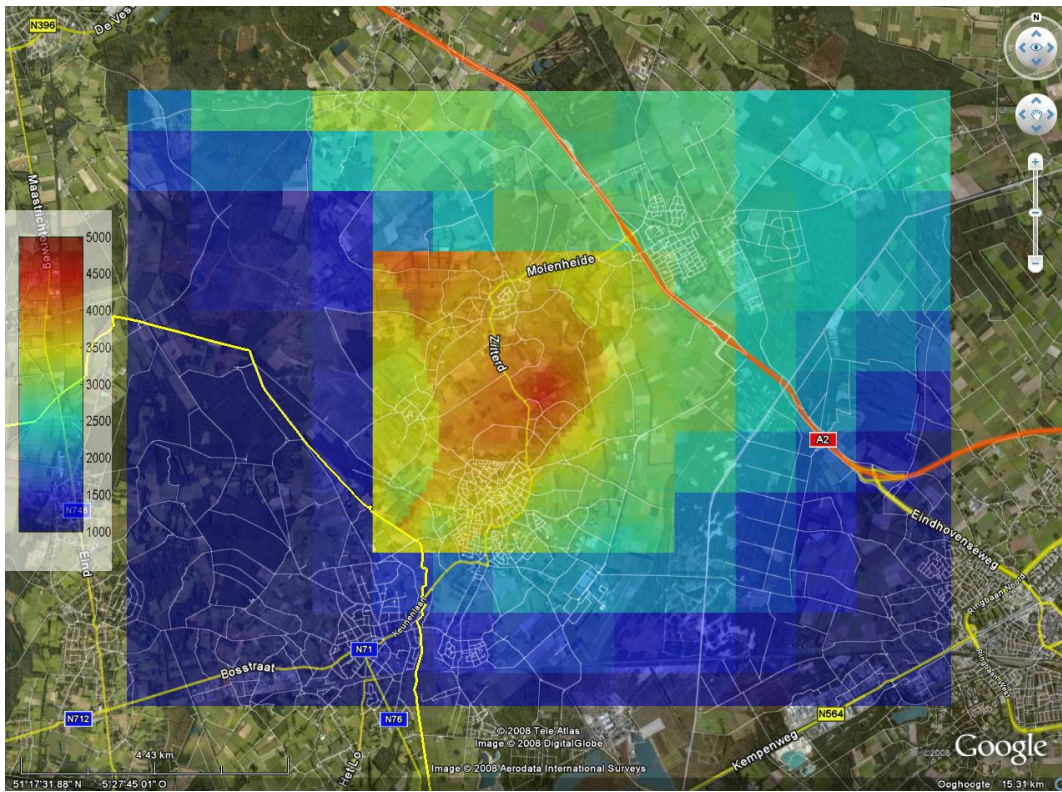
- de transmissiviteit (kD) van het 1e en 2e watervoerende pakket,
- de weerstand (C-waarde) tussen het eerste en tweede watervoerende pakket,
- de infiltratie/drainage-weerstand van de waterlopen en
- de berging.

Uit de eerste calibratie-berekeningen bleek dat de automatische calibratie weliswaar een optimum vond maar dat dit structureel te hoge grondwaterstanden gaf met een te beperkte dynamiek. Uit de ijkresultaten is geconcludeerd dat de grondwatervoeding, met name in de zomer, te hoog werd berekend en dus de verdamping/interceptie werd onderschat.

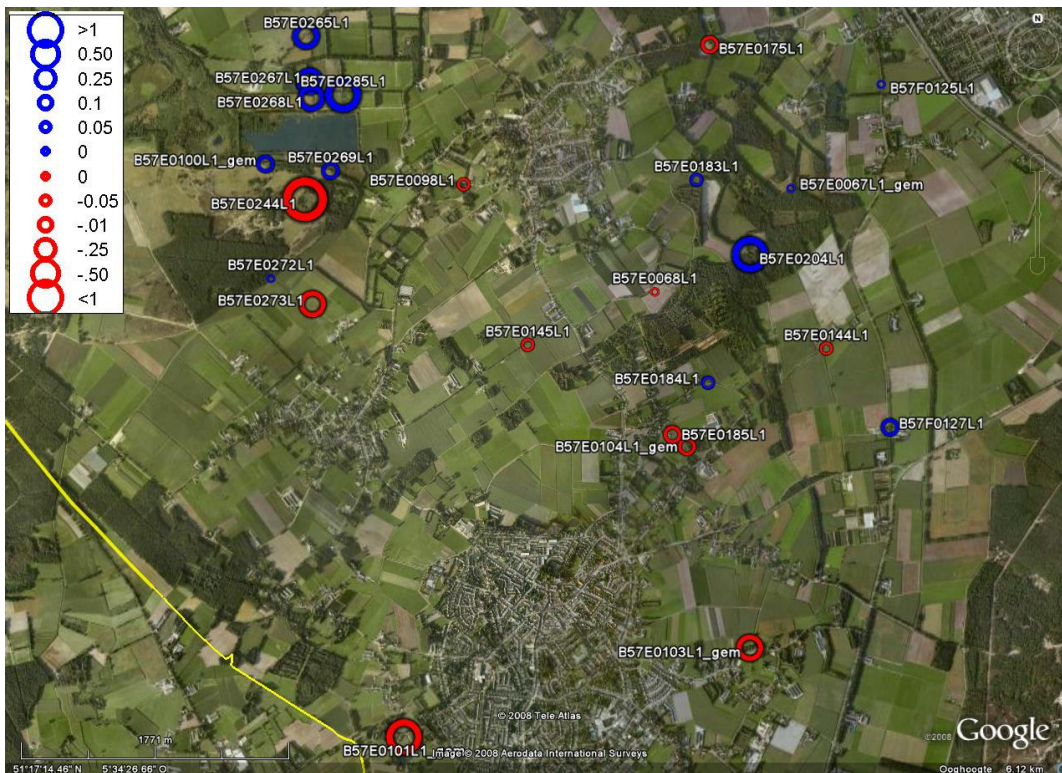
Een verhoging van de verdamping vanuit het grondwater brengt de gemiddelde grondwaterstanden omlaag en verhoogde de dynamiek. Deze verhoging van de verdamping is bewerkstelligd door de waarden voor de SURF (Waarde voor de diepte waarboven maximale verdamping kan optreden) te verhogen met een meter. Een beperking van deze ingreep met betrekking tot de automatische calibratie is dat deze stap niet automatisch kan worden gecalibreerd binnen modflow2000.

Uit de calibratie kwam verder naar voren dat de waterlopen in het modelgebied nagenoeg niet voedend kunnen zijn en dat het waterlopenstelsel dus voornamelijk drainerend functioneert. In de modellering zijn de waterlopen dan ook als drains opgenomen. In het noord-oosten zijn op basis van de calibratieresultaten enkele afwijkende oppervlaktewaterpeilen in de omgeving van "Het Goor"gedetecteerd. Na aanpassing op basis van nieuwe informatie van waterschap de Dommel werd het grondwaterstandsverloop in dit deel van het gebied beter berekend.

Het calibratieresultaat is weergegeven in Afbeelding 13. De bijbehorende afwijkingen van de berekende stijghoogte zijn weergegeven in de Afbeeldingen 14 en 15. In bijlage 2 zijn de tijd-stijghoogte lijnen per meetpunt opgenomen. Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat in de directe omgeving van de winning de grondwaterstijghoogte goed wordt gesimuleerd. In het zuiden van het detailmodel worden de stijghoogten over het algemeen wat te laag berekend. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een te beperkte voeding vanuit het omgevingsmodel. De geoptimaliseerde kD-waarde blijkt in het detailmodel namelijk groter te zijn dan in het omgevingsmodel.



Afbeelding 13 Gecalibreerde KD WVP2 binnen het KD-veld van het omgevingsmodel



Afbeelding 14 Berekende – gemeten gemiddelde stijghoogte in WVP1 over periode 1966-2006



Afbeelding 15 Berekende – gemeten gemiddelde stijghoogte in WVP2 over periode 1996-2006

5 AALSTERWEG

5.1 Kenmerken

De hydrologische modellering van Aalsterweg concentreert zich op het middeldiepe watervoerende pakket. Als gevolg van de zeer hoge weerstanden tussen het middeldiepe en diepe pakket is de onderlinge beïnvloeding zeer gering. Voor het berekenen van effecten van de middeldiepe winning is een goede detailschematisatie rond de winning noodzakelijk. Rond de winning is een detailmodel gebouwd waarmee de effecten in de directe omgeving rond de winning Aalsterweg kunnen worden berekend. Voor de diepere ondergrond zijn de parameters gelijk gehouden met het Waterdoelenmodel. De diepere verder uitstrekkende effecten van scenario's waarin het zwaartepunt van de winning in het seizoen verschuift tussen de diepe en de middeldiepe winning, worden met behulp van MODGRID berekend.

5.2 Modelbegrenzing en discretisatie

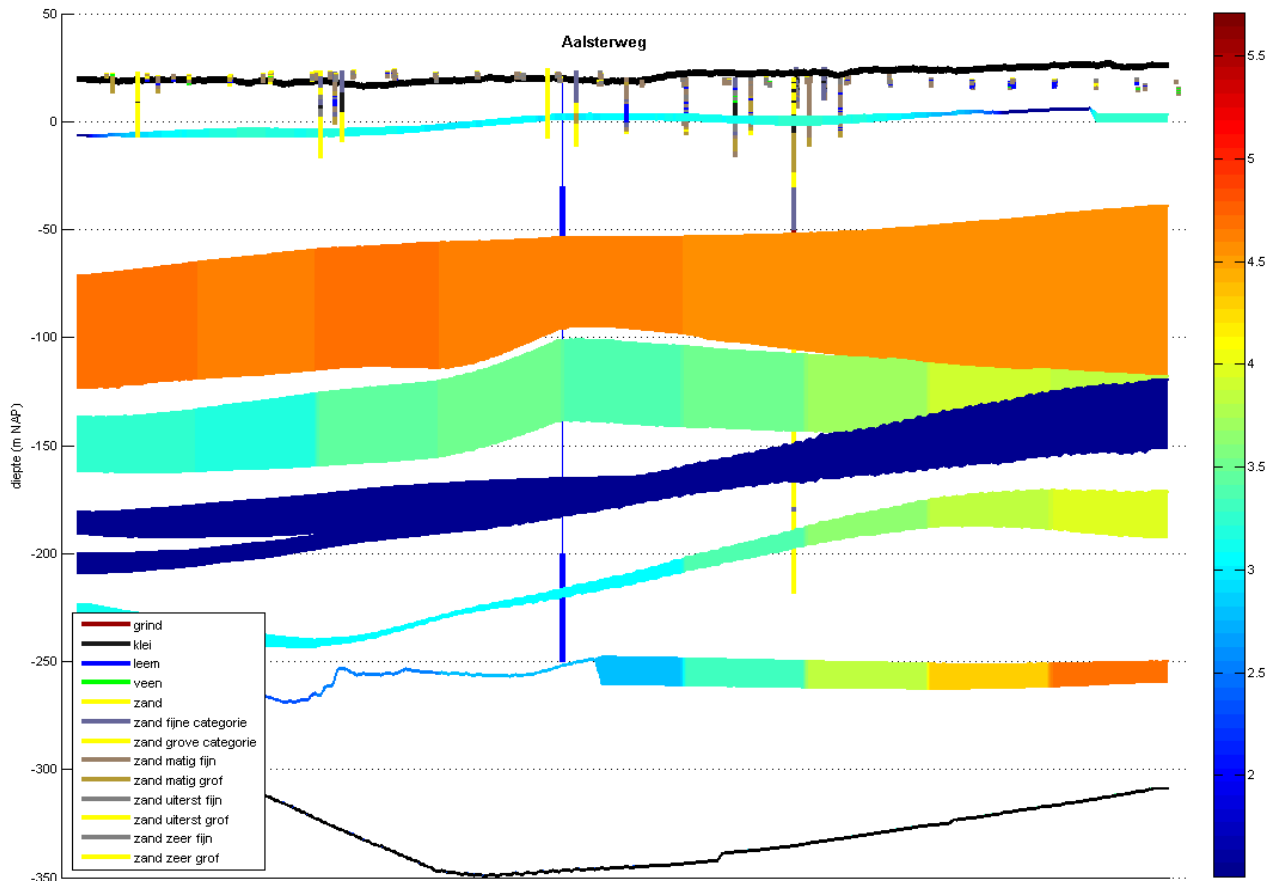
De invloedzone van het middeldiep pakket is bepaald op een cirkel met een straal van 5.8 km. In dit geval is gekozen voor een iets zuidelijk verschoven verfijningsgebied, voor een optimale omspanning van de mogelijk beïnvloede natuurgebieden. Tevens is gekozen voor een relatief (ten opzichte van de beïnvloedingszone) klein verfijningsgebied uit rekentechnische overwegingen. Het detailleringgebied wordt begrensd door de km-coördinaten [x-157,166;y-374,383]. Het detailmodelgebied is weergegeven in Afbeelding 16. Het modelgebied is gediscetiseerd met cellen van 50x50 meter. Gemodelleerd is de periode van 1 januari 1996 t/m 31 december 2006. De berekende tijdstappen (stressperioden) sluiten aan bij de 2-maandelijke monitoring van grondwaterstanden rond de eerste en 16e dag van de maand.



Afbeelding 16 Ligging van respectievelijk het modelgebied (rechthoek), de invloedzone (cirkel), de profielas (zwarte diagonaal) en de putten (blauwe druppels)

5.3 Geologische detaillering

Het geologische profiel rond Aalsterweg is weergegeven in Afbeelding 17. Hierin zijn zowel de verbreiding van de Formaties als van de zand- en kleilagen binnen de formaties weergegeven. In de afbeelding is de geohydrologische indeling van REGIS opgenomen in samenhang met de beschrijvingen van de beschikbare boringen.



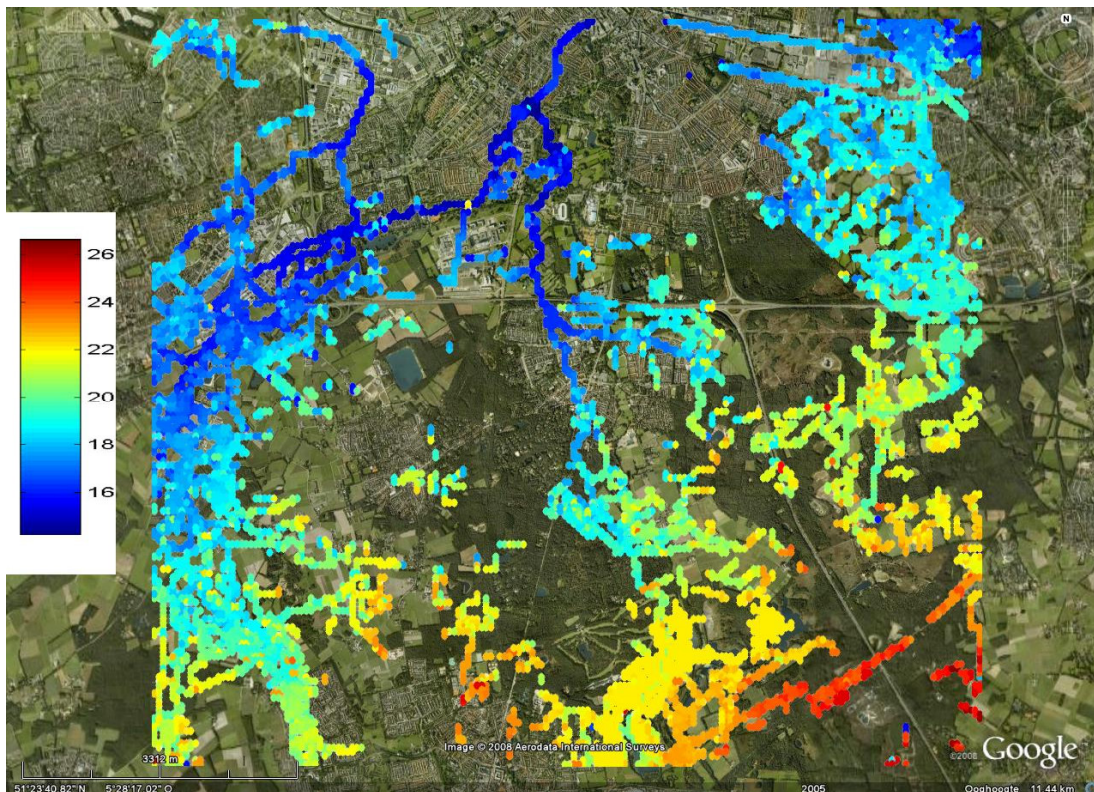
Afbeelding 17 Profiel met gemodelleerde weerstanden (log(dagen)) rond Aalsterweg (detailmodel) met daarop geprojecteerd de beschikbare boringen

Uit Afbeelding 17 blijkt dat het aantal diepe boringen beperkt is. Maar bovenin, in de hydrologisch meest actieve zone is de informatie dichtheid groter. De boringen geven aan dat de deklaag hier nog een duidelijke hydrologisch relevante gelaagdheid heeft. De bovenste helft van de deklaag is over het algemeen fijn van opbouw (klei en leem), terwijl de onderste helft op veel plaatsen grofzandig is ontwikkeld. Er lijkt dus aanleiding om de geohydrologische indeling te verfijnen ten opzichte van de basisindeling, die ook ten grondslag ligt aan het Waterdoelenmodel.

Binnen de detailmodellering is in een eerste fase geprobeerd de lagen-schematisatie aldus te verfijnen. Tijdens de calibratie bleek echter dat de informatiedichtheid van stijghoogtewaarnemingen onvoldoende groot is om voor de voorgestelde verfijning de hydrologische parameterwaarden te kunnen schatten. Voor de schematisatie is daarom de oorspronkelijke indeling aangehouden. De bovenstemodellaag bestaat uit de Nuenengroep. De tweede modellaag is het watervoerende pakket (Sterksel). Voor deze twee lagen is de gelaagdheid uit REGIS-II overgenomen. De calibratie is uitsluitend op deze lagen uitgevoerd.

5.4 Oppervlaktewater

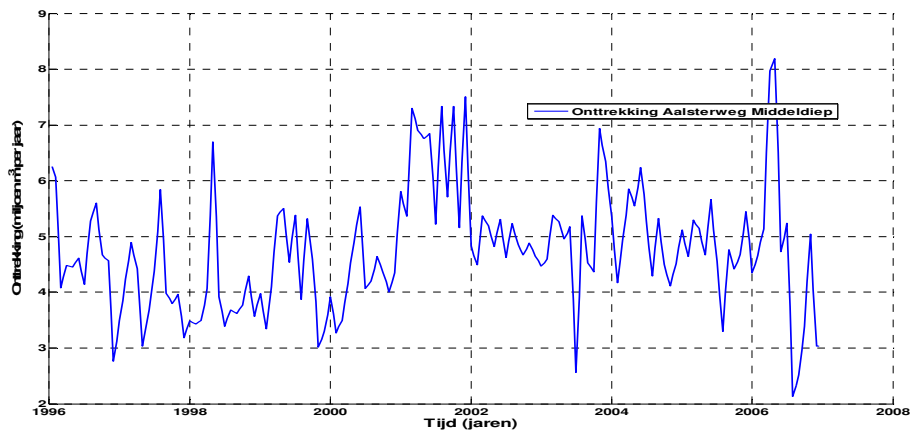
De winning Aalsterweg ligt in het beekdal van de Tongelreep in het voor Brabant Kenmerkende dekzandruggen landschap. De locaties van de waterlopen zijn overgenomen uit de legger van Waterschap de Dommel. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen hoofdwaterlopen en greppels. De hoofdwaterlopen zijn peilgestuurde waterlopen. De in het model gebruikte peilen voor deze waterlopen zijn geïnterpoleerd op basis van stuwhoogten bekend uit het stuwboek van waterschap de Dommel. De drainagebasis van de greppels is afgeleid van het maaiveld. Hiervoor is een gemiddelde ontwateringsdiepte gekozen van 90 cm beneden maaiveld. Voor het gehele modelgebied van het detailmodel is voor het maaiveld gebruik gemaakt van de Tophoogte kaart van de meetkundige dienst. De in het model opgenomen waterlopen en peilen zijn weergegeven in Afbeelding 18.



Afbeelding 18 Ligging en peilen (m + NAP) van de opgenomen waterlopen

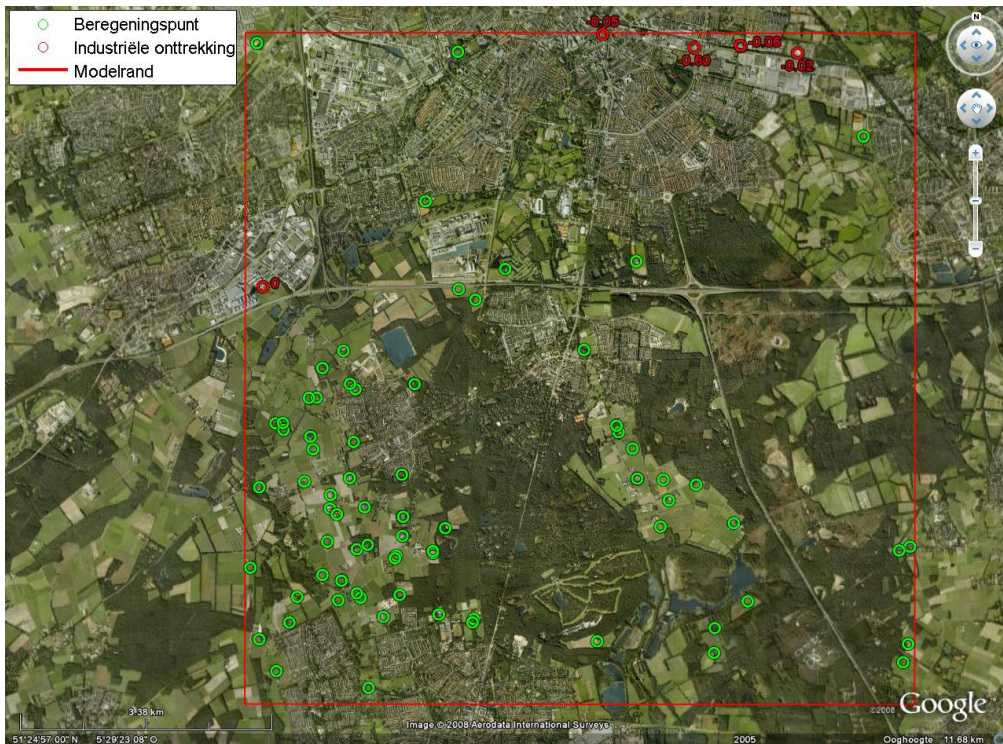
5.5 Grondwateronttrekkingen

De grondwateronttrekkingen van de winning Aalsterweg zijn individueel per put in het model gebracht op basis van maandonttrekkingen. Het cumulatieve verloop van de waterwinning is weergegeven in Afbeelding 19.



Afbeelding 19 Verloop van de totale grondwaterwinning op winplaats Aalsterweg

Voor de modellering van de overige onttrekkingen is gebruik gemaakt van het onttrekkingsregister van de Provincie Noord-Brabant, volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.5. De ligging van deze overige winningen is weergegeven in Afbeelding 20. De totale agrarische onttrekking binnen het detailmodelgebied bedroeg gedurende de modelperiode gemiddeld 0.24 Mm³/jr.



Afbeelding 20 Ligging van de agrarische en industriële onttrekkingen

5.6 Neerslag en Verdamping

De neerslag is gemodelleerd op basis van de dagsommen gemeten op neerslagstation Eindhoven. Op basis van de LGN3 is voor bossen en bebouwd gebied een interceptiefactor op de gemeten neerslag in rekening gebracht. De verdamping is gebaseerd op de referentieverdamping zoals bepaald op verdampingsstation Eindhoven. Per landgebruiksklasse volgens LGN3 is de potentiële verdamping binnen het modelgebied afgeleid.

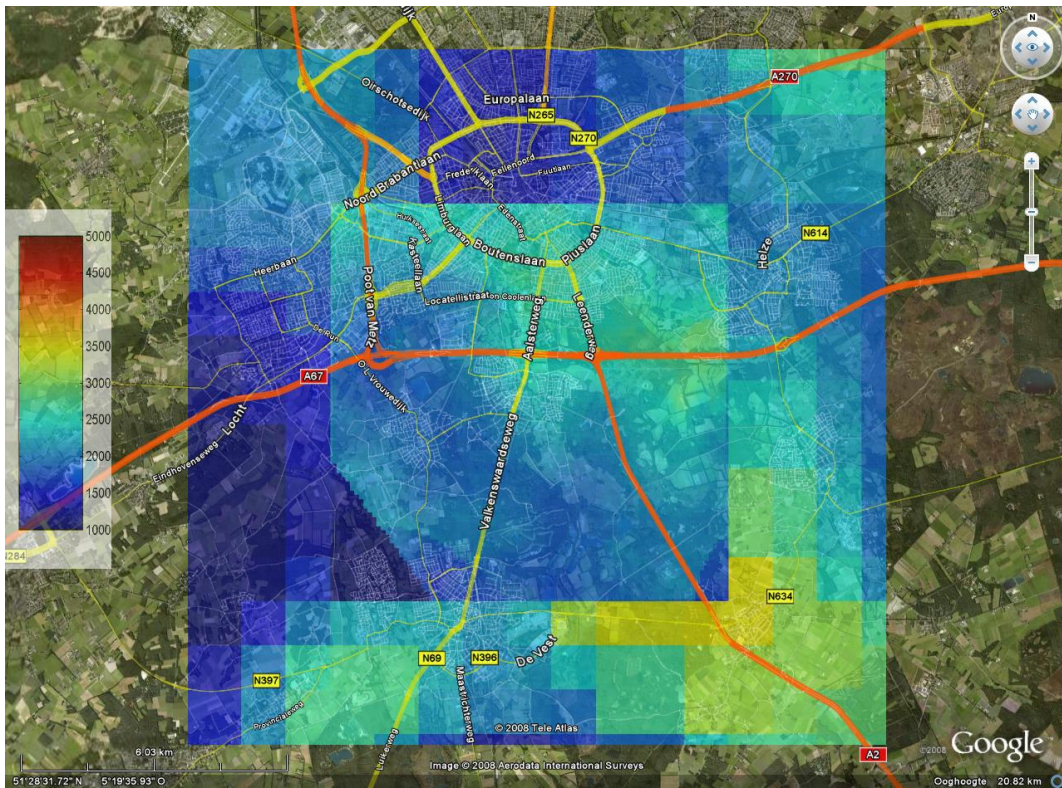
5.7 Calibratie

Met behulp van automatische calibratie is voornamelijk gecalibreerd op de kD waarden van het 1e en 2e watervoerende pakket, de C-waarde tussen het eerste en tweede watervoerende pakket en de infiltratie/drainage-weerstand van de waterlopen en de berging. Uit de eerste calibratie-berekeningen bleek dat de automatische calibratie weliswaar een optimum vond maar dat dit structureel te hoge grondwaterstanden gaf met een te beperkte dynamiek. Uit de ijkresultaten is geconcludeerd dat de grondwatervoeding, met name in de zomer, te hoog werd berekend en dus de verdamping/interceptie werd onderschat.

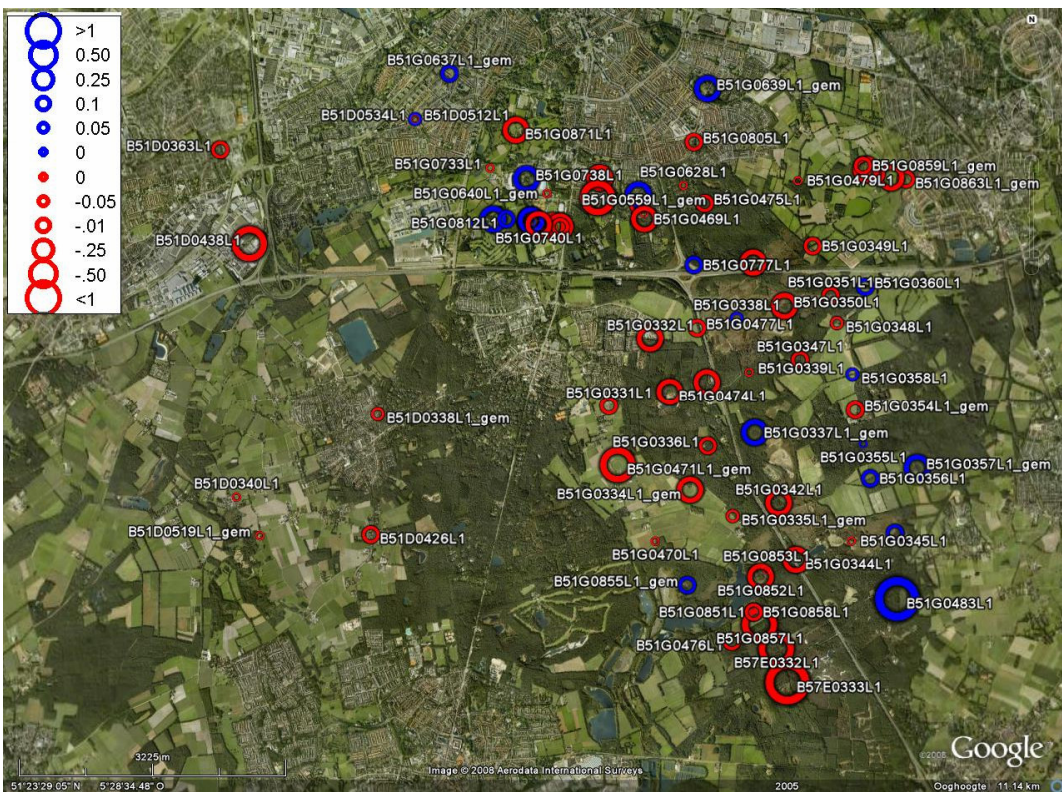
Een verhoging van de verdamping vanuit het grondwater bracht de gemiddelde grondwaterstanden omlaag en verhoogde de dynamiek. Deze verhoging van de verdamping is bewerkstelligd door de waarden voor de SURF (Waarde voor de diepte waarboven maximale verdamping kan optreden) te verhogen met 1.5 meter. Een beperking van deze ingreep met betrekking tot de automatische calibratie is dat deze stap niet automatisch kan worden gecalibreerd binnen MODFLOW2000.

Uit de calibratie kwam verder naar voren dat de waterlopen in het modelgebied nagenoeg niet voedend kunnen zijn en dat het waterlopenstelsel dus voornamelijk drainerend functioneert. In de modellering zijn de waterlopen dan ook als drains opgenomen. Daarnaast bleek de eerste inschatting van de peilen van de hoofdwaterlopen te grof. De waterpeilen waren toegekend op basis van de stuwpeilen. Omdat er relatief weinig stuwen zijn, wordt het verhang in de waterlopen te grof benaderd. Daarom zijn de peilen in de hoofdwaterlopen in het definitieve model gerelateerd aan maaiveld, waarbij een gemiddelde drooglegging van 1,5 meter is aangehouden.

Het calibratieresultaat van de kD is weergegeven in Afbeelding 21. De bijbehorende afwijkingen van de berekende stijghoogte zijn weergegeven in Afbeelding 22. In bijlage 3 zijn de tijd-stijghoogte lijnen per meetpunt opgenomen. Uit dit figuur kan worden geconcludeerd dat de grondwaterstijghoogte goed wordt gesimuleerd. De verdeling van de afwijkingen is ruimtelijk random verdeeld. In het centrum van het model zijn de overeenkomsten het grootst.



Afbeelding 21 Gecalibreerde KD WVP2 binnen het KD-veld van het omgevingsmodel



Afbeelding 22 Berekende – gemeten gemiddelde stijghoogte in WVP1 over periode 1996-2006

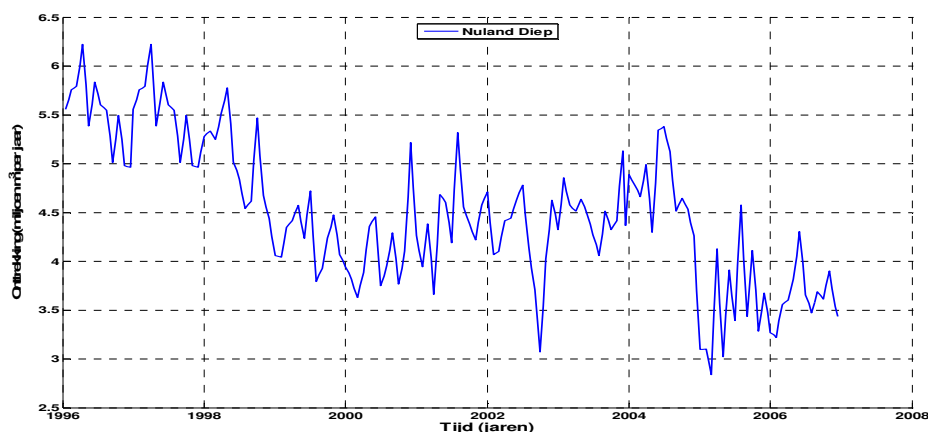
6 NULAND

6.1 Kenmerken

De vraagstelling van het MER met betrekking tot de winning Nuland (de effecten van een vermindering van de diepe winning) vergen geen nadere detaillering van het Waterdoelenmodel in het detailmodel rond Nuland. Er is dus geen aparte model-detaillering voor Nuland gemaakt. Ook is het model niet opnieuw gecalibreerd. Wel is de tijddiscretisatie, de modelranden (neerslag en verdamping) en de winning aangepast aan de modelperiode 1996-2006.

6.2 Grondwateronttrekkingen

De onttrekkingen van de diepe grondwaterwinning Nuland zijn individueel per put in het model gebracht op basis van maandonttrekkingen. Het cumulatieve verloop van deze diepe winning is weergegeven in Afbeelding 23.



Afbeelding 23 Verloop van de diepe grondwaterwinning op winplaats Nuland

De middeldiepe winning op Nuland en de overige onttrekkingen zijn overgenomen uit het Waterdoelenmodel, waarbij het ontrekkingsniveau van het referentiejaar stationair is gehandhaafd over de modelperiode.

6.3 Neerslag en Verdamping

De neerslag is gemodelleerd op basis van de dagsommen gemeten op neerslagstation Nuland. Op basis van de LGN3 is voor bossen en bebouwd gebied een interceptiefactor op de gemeten neerslag in rekening gebracht. De verdamping is gebaseerd op de referentieverdamping zoals bepaald op verdampingsstation Eindhoven. Per landgebruiksklasse volgens LGN3 is de potentiële verdamping binnen het modelgebied afgeleid.

7 REFERENTIES

Voor de topografische achtergrond in de figuren is gebruik gemaakt van Google Earth Pro.

Maas, C. (1996): HatsiKD. Stromingen 1996-4


Schaars, F.W. (2003): Gridverfijning binnen MODFLOW. Artesia-02.16.1

TNO: Buma, J.T., A.H.M.Kremers, J.L. van der Meij, S.B.M. te Stroet en R.W. Vernes (2002): Waterdoelen Gewest Grond- en Oppervlaktewater Regime – Ontwikkeling modelinstrumentarium. NITG 01-209-B

TNO: Vernes R. W. en Th.H.M. van Doorn (2005): Van Gidslaag naar Hydrogeologische Eenheid – Toelichting op de totstandkoming van de dataset REGIS II. NITG 05-038-B

8 COLOFON

Opdrachtgever	: Brabant Water
Project	: Optimalisatie waterwinningen Budel, Eindhoven en Nuland
Dossier	: B2736-01-001
Omvang rapport	: 33 pagina's
Auteur	: ir. W. Beekman en ing. M. van Baar (Artesia)
Interne controle	: ir. C.W. Stroet
Projectleider	: ir. J.A.M. Leeuwis-Tolboom
Datum	: 15 december 2008
Naam/Paraaf	:

C.W. Stroet 

DHV B.V.

Water

Laan 1914 nr. 35

3818 EX Amersfoort

Postbus 1132

3800 BC Amersfoort

T (033) 468 20 00

F (033) 468 28 01

E info@dhv.com

www.dhv.nl

BIJLAGE 1 REGIS-lagenmodel

De codering van het REGIS-lagenmodel is weergegeven in tabel 1.

Formatie	sublaag	REGIS- Centrale Slenk-model	nummer	detaillering	Oude naam
'Holoceen '	'hlc '	'DKL '	1	'DKL'	Westland/
'Boxtel '	'bxz1 '	'DKL '	2	'DKL'	Beegden/
'Boxtel '	'bxk1 '	'DKL '	3	'DKL'	Nuland/
'Boxtel '	'bxz2 '	'DKL '	4	'DKL'	Veghel
'Boxtel '	'bxk2 '	'DKL '	5	'DKL'	.
'Boxtel '	'bxz3 '	'DKL '	6	'DKL'	.
'Kreftenheye '	'krz1 '	'DKL '	7	'DKL'	.
'Kreftenheye '	'krwyk1 '	'DKL '	8	'DKL'	.
'Kreftenheye '	'krz2 '	'DKL '	9	'DKL'	.
'Kreftenheye '	'krk1 '	'DKL '	10	'DKL'	.
'Kreftenheye '	'krz3 '	'DKL '	11	'DKL'	.
'Kreftenheye '	'krz5 '	'DKL '	12	'DKL'	.
'Kreftenheye '	'krz6 '	'DKL '	13	'DKL'	.
'Beegden '	'bez1 '	'DKL '	14	'DKL'	.
'Beegden '	'berok1 '	'DKL '	15	'DKL'	.
'Beegden '	'bek1 '	'DKL '	16	'DKL'	.
'Beegden '	'bez2 '	'WVP1a'	17	'WVP1a'	.
'Sterksel '	'stz1 '	'WVP1a'	18	'WVP1a'	.
'Sterksel '	'stk1 '	'WVP1a'	19	'WVP1aSDL'	.
'Sterksel '	'stz2 '	'WVP1a'	20	'WVP1aWVP'	.
'Stramproy '	'syz1 '	'SDL1a'	21	'WVP1aWVP'	Kedichem/
'Stramproy '	'syk1 '	'SDL1a'	22	'SDL1a'	Tegelen
'Stramproy '	'syz2 '	'SDL1a'	23	'SDL1aWVP'	.
'Stramproy '	'syk2 '	'SDL1a'	24	'SDL1aSDL'	.
'Stramproy '	'syz3 '	'SDL1a'	25	'SDL1aSDL'	.
'Stramproy '	'syk3 '	'SDL1a'	26	'SDL1aSDL'	.
'Stramproy '	'syz4 '	'SDL1a'	27	'SDL1aSDL'	.
'Peize-Waalre '	'pzwaz1 '	'SDL1a'	28	'SDL1aSDL'	.
'Peize-Waalre '	'wak0 '	'SDL1a'	29	'SDL1aSDL'	.
'Peize-Waalre '	'pzwaz2 '	'SDL1a'	30	'SDL1aSDL'	.
'Peize-Waalre '	'wak1 '	'SDL1a'	31	'SDL1aSDL'	.
'Peize-Waalre '	'pzwaz3 '	'WVP1b'	32	'WVP1b'	.
'Peize-Waalre '	'wak2 '	'SDL1b'	33	'SDL1b'	.
'Peize-Waalre '	'pzwaz4 '	'WVP2a'	34	'WVP2a'	.
'Peize-Waalre '	'pzk1 '	'WVP2a'	35	'WVP2a'	.
'Peize-Waalre '	'pzwaz5 '	'WVP2a'	36	'WVP2a'	.
'Peize-Waalre '	'wak3 '	'SDL2a'	37	'SDL2a'	.
'Peize-Waalre '	'pzwaz6 '	'SDL2a'	38	'SDL2a'	.
'Peize-Waalre '	'wak4 '	'SDL2a'	39	'SDL2a'	.
'Peize-Waalre '	'pzwaz7 '	'SDL2a'	40	'SDL2a'	.
'Peize-Waalre '	'pzc '	'SDL2a'	41	'SDL2a'	.

Brabant Water/DHV/Artesia

Formatie	sublaag	REGIS- Centrale Slenk-model	nummer	detaillering	Oude naam
'Peize-Waalre '	'pzwaz8 '	'SDL2a '	42	'SDL2a'	
'Maassluis '	'msz1 '	'SDL2a '	43	'SDL2a'	Maassluis
'Maassluis '	'msc '	'SDL2a '	44	'SDL2a'	
'Maassluis '	'msk1 '	'SDL2a '	45	'SDL2a'	
'Maassluis '	'msz2 '	'SDL2a '	46	'SDL2a'	
'Maassluis '	'msk2 '	'SDL2a '	47	'SDL2a'	
'Maassluis '	'msz3 '	'WVP2b '	48	'WVP2b'	
'Kiezeloeloiet '	'kiz1 '	'WVP2b '	49	'WVP2b'	
'Kiezeloeloiet '	'kik1 '	'SDL2b '	50	'SDL2b'	
'Kiezeloeloiet '	'kiz2 '	'WVP3a '	51	'WVP3a'	
'Kiezeloeloiet '	'kik2 '	'SDL3a '	52	'SDL3a'	
'Kiezeloeloiet '	'kiz3 '	'WVP3b '	53	'WVP3b'	
'Kiezeloeloiet '	'kik3 '	'SDL3b '	54	'SDL3b'	
'Kiezeloeloiet '	'kiz4 '	'WVP3c '	55	'WVP3c'	
'Oosterhout '	'ooz1 '	'WVP3c '	56	'WVP3c'	Oosterhout
'Oosterhout '	'ooc '	'GHB '	57	'GHB'	
'Oosterhout '	'ook1 '	'GHB '	58	'GHB'	
'Oosterhout '	'ooz2 '	'GHB '	59	'GHB'	
'Oosterhout '	'ook2 '	'GHB '	60	'GHB'	
'Oosterhout '	'ooz3 '	'GHB '	61	'GHB'	
'Breda '	'brz1 '	'GHB '	62	'GHB'	
'Breda '	'brk1 '	'GHB '	63	'GHB'	
'Breda '	'brz2 '	'GHB '	64	'GHB'	
'Rupel '	'rubok1 '	'GHB '	65	'GHB'	
'Tongeren '	'toz1 '	'GHB '	66	'GHB'	
'Tongeren '	'tozewak1 '	'GHB '	67	'GHB'	
'Tongeren '	'toz2 '	'GHB '	68	'GHB'	
'Dongen '	'doask1 '	'GHB '	69	'GHB'	
'Dongen '	'doz2 '	'GHB '	70	'GHB'	
'Dongen '	'doiek1 '	'GHB '	71	'GHB'	
'Basis '	'ghb '	'GHB '	72	'GHB'	

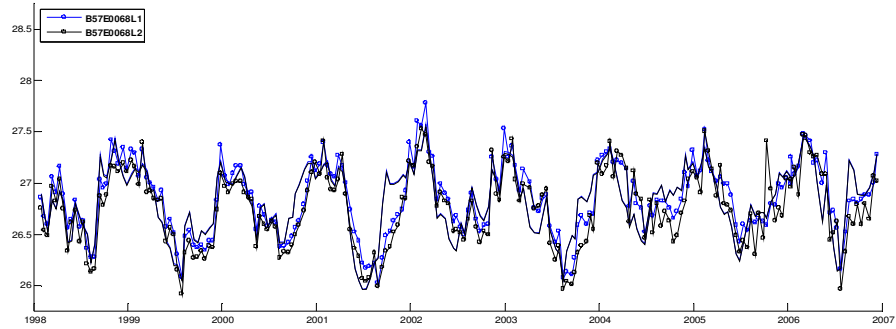
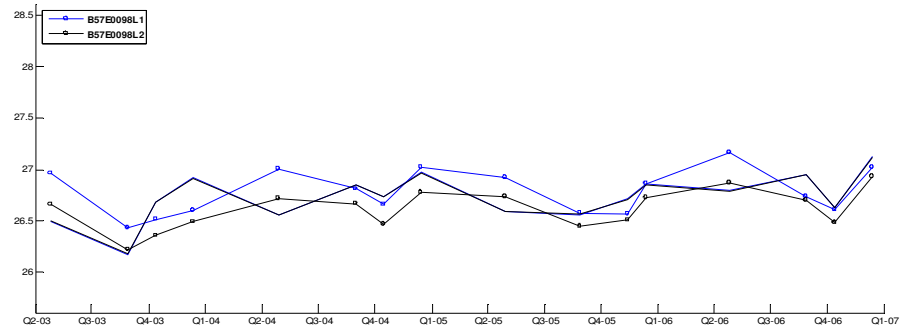
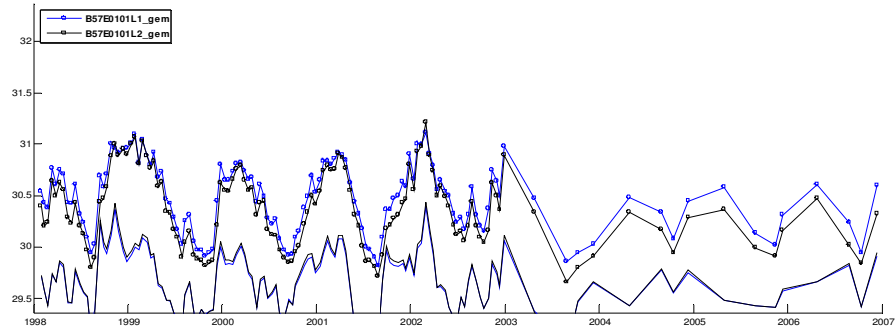
Tabel 1: Formaties, sublagen en geohydrologische interpretatie in de Centrale Slenk

Op basis van de geologische gelaagdheid is in REGIS tevens een geohydrologische indeling opgenomen. Deze indeling is gemaakt ten behoeve van regionale modellering. Dit blijkt met name uit de clustering van de bovenste lagen tot grotere geohydrologische eenheden.

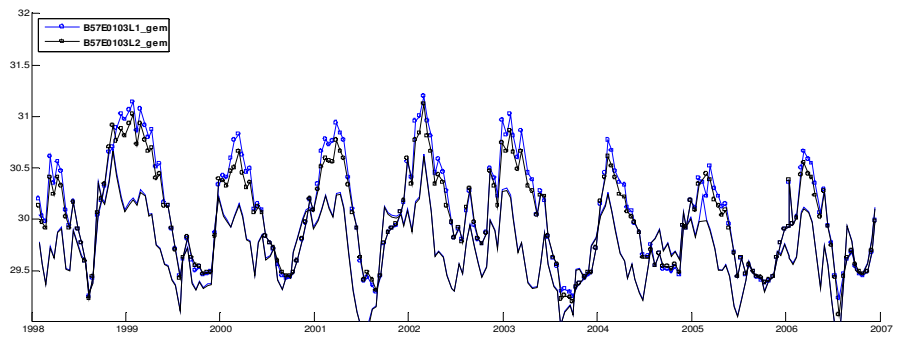
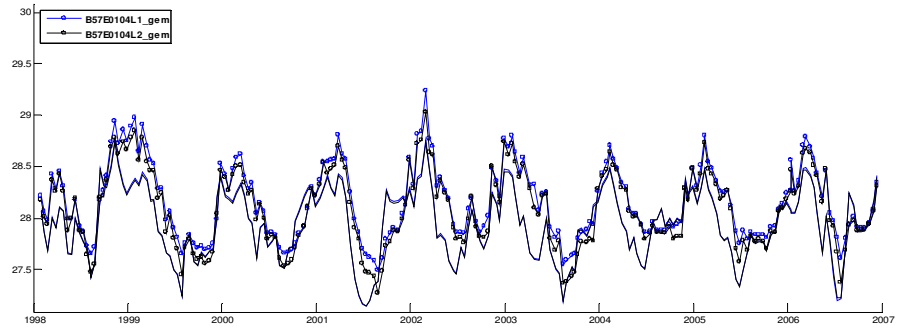
geohydrologische laag	modell laag REGIS CS-model	modellaag detaillering
'DKL'	1	1
'WVP1a'	2	2
'WVP1aSDL'	2	2
'WVP1aWVP'	2	3
'SDL1a'	2	3
'SDL1aWVP'	2	4
'SDL1aSDL'	2	4
'WVP1b'	3	5
'SDL1b'	3	5
'WVP2a'	4	6
'SDL2a'	4	6
'WVP2b'	5	7
'SDL2b'	5	7
'WVP3a'	6	8
'SDL3a'	6	8
'WVP3b'	7	9
'SDL3b'	7	9
'WVP3c'	8	10
'GHB'	8	10

Tabel 2: Laagnummering van respectievelijk het REGIS-Centrale Slenk model en van het detailmodel.

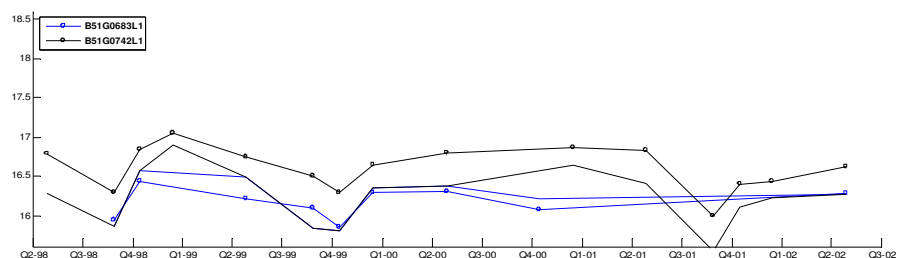
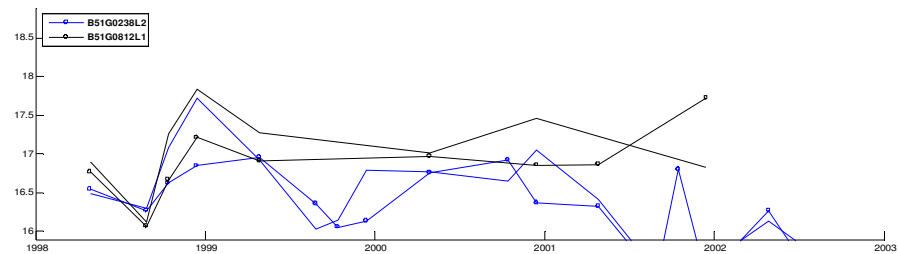
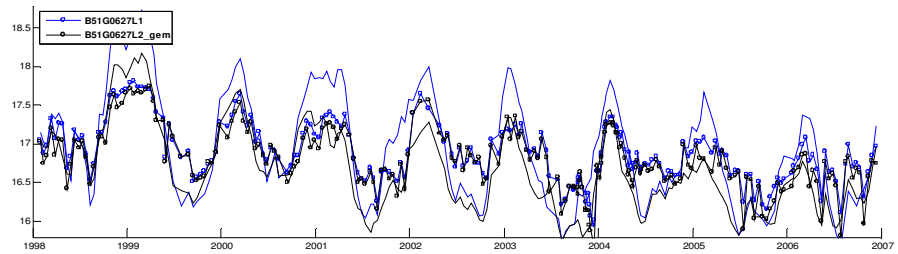
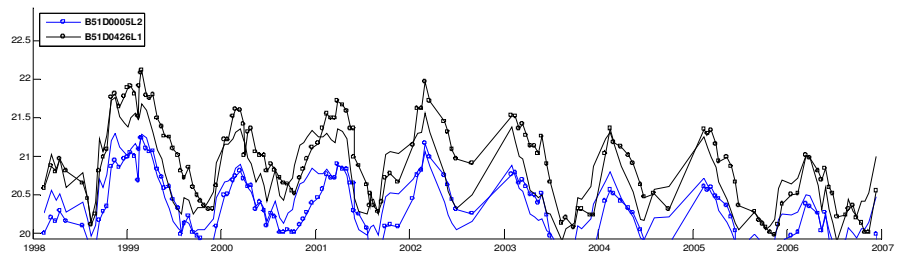
BIJLAGE 2 Calibratie reeksen Budel



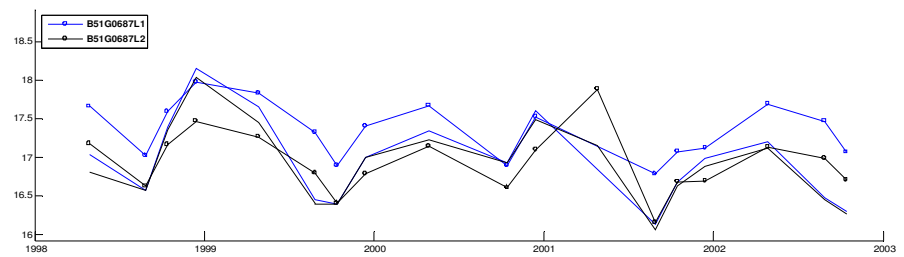
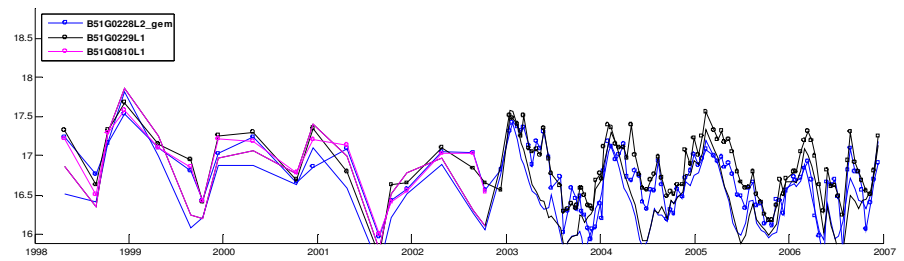
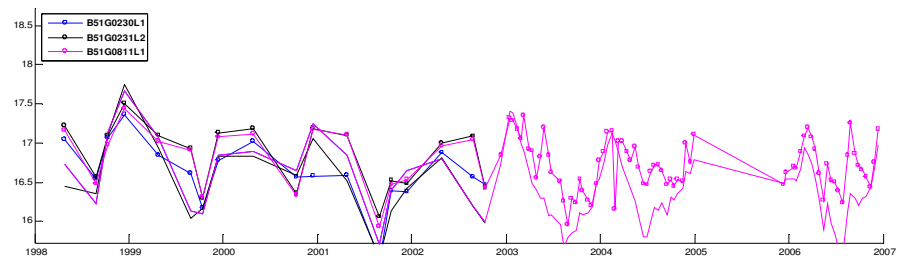
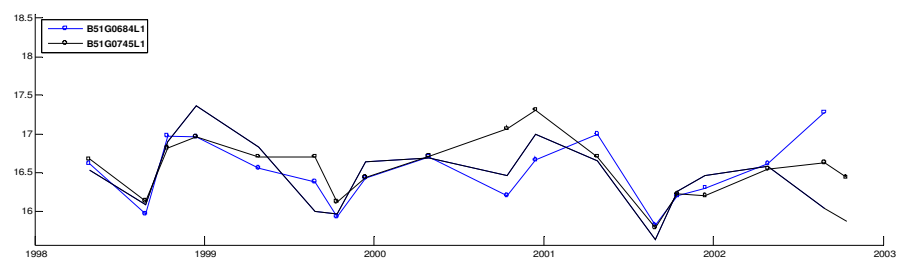
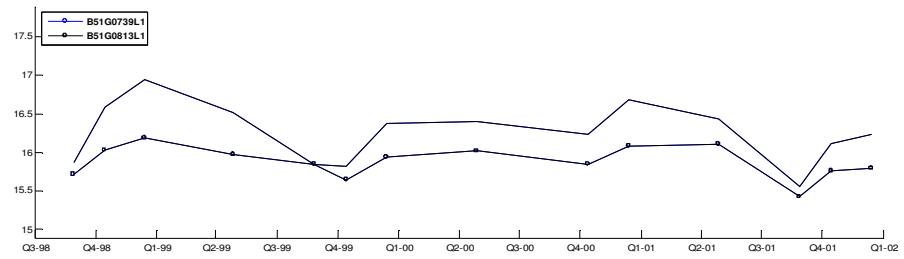
Brabant Water/DHV/Artesia

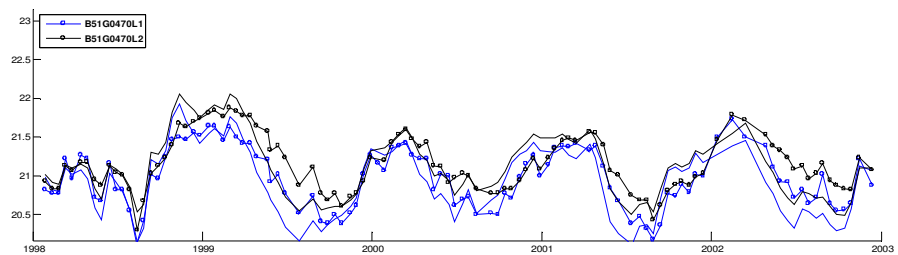
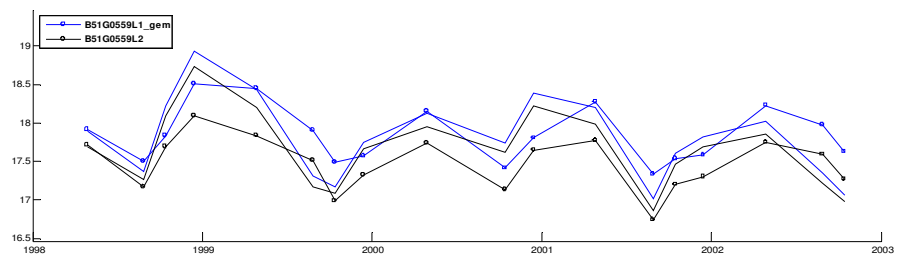
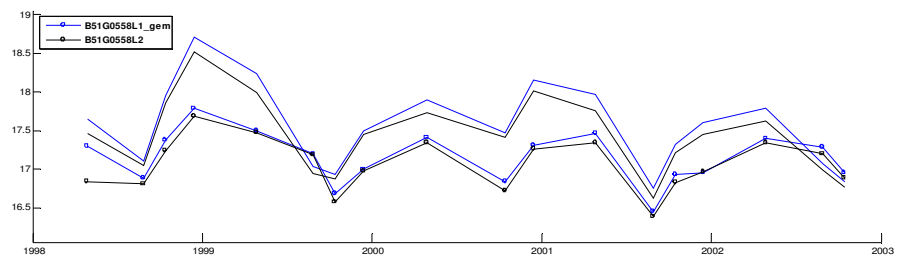
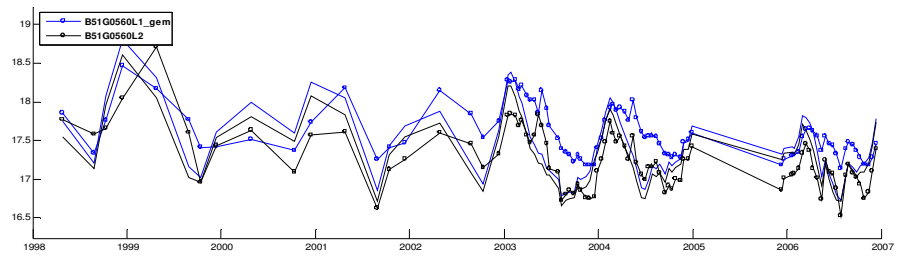
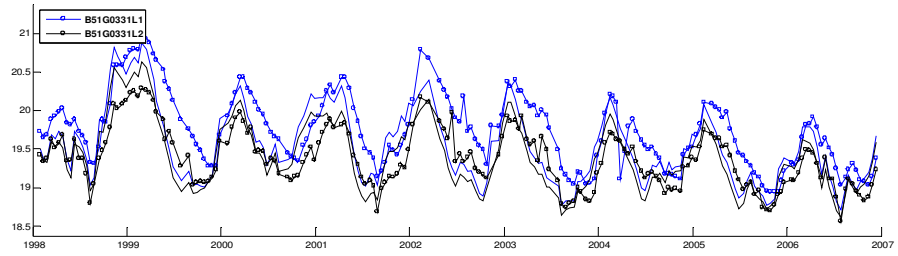


BIJLAGE 3 Calibratie reeksen Aalsterweg

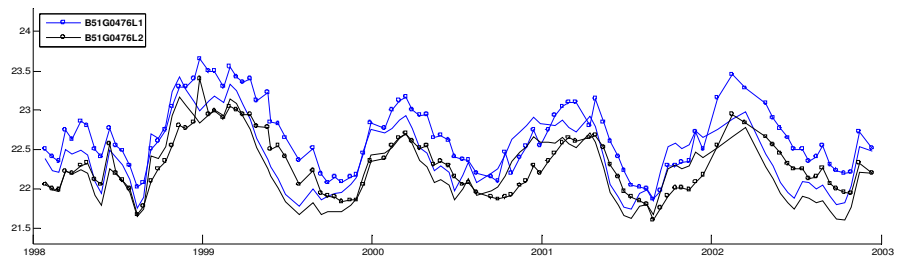
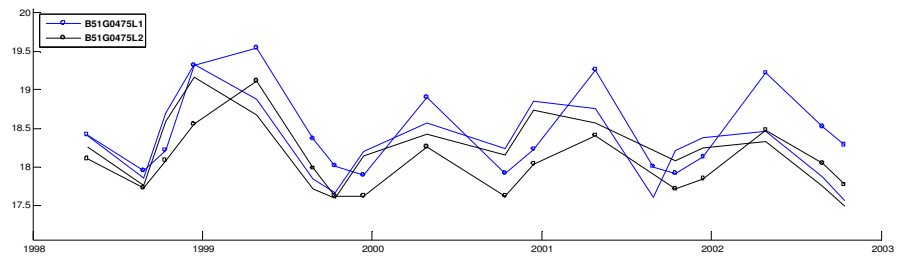
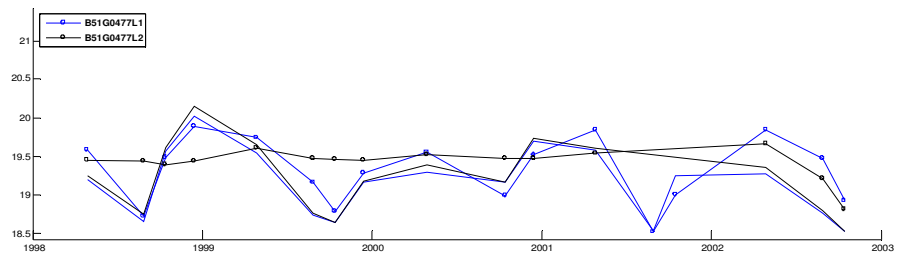
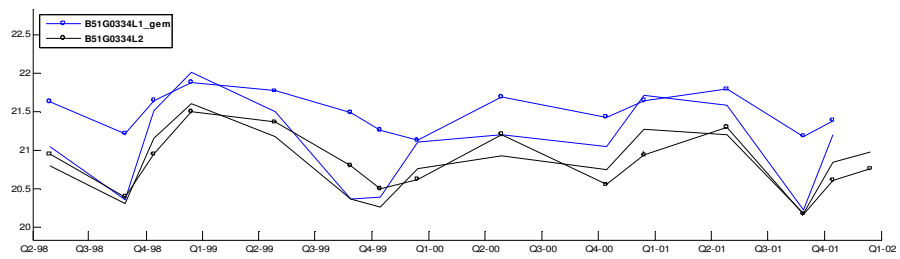
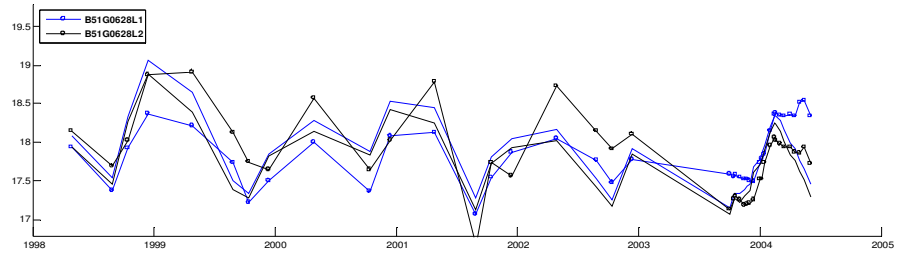


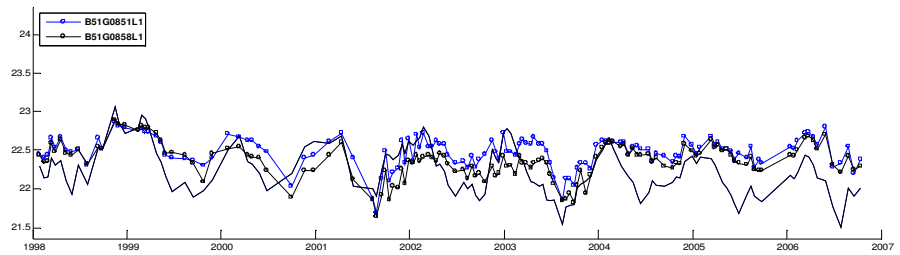
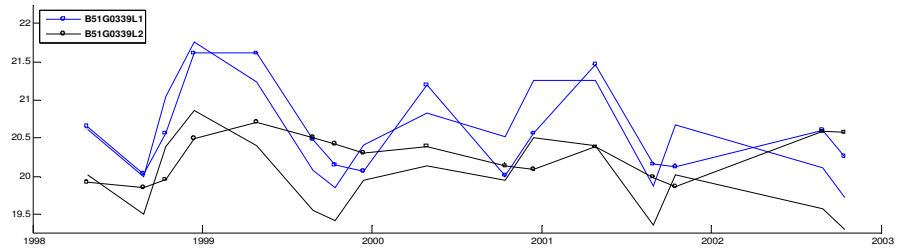
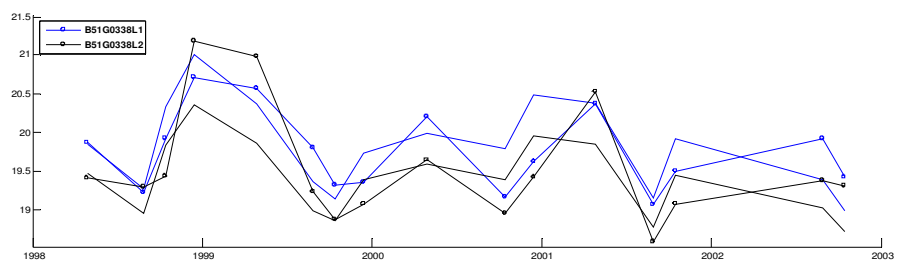
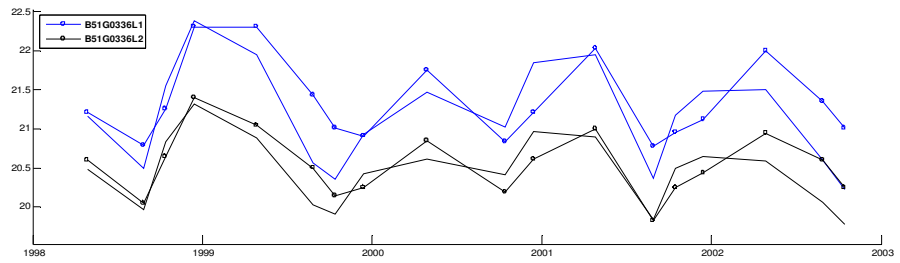
Brabant Water/DHV/Artesia



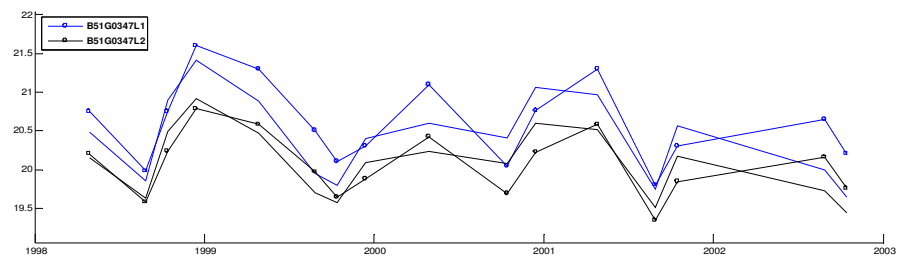
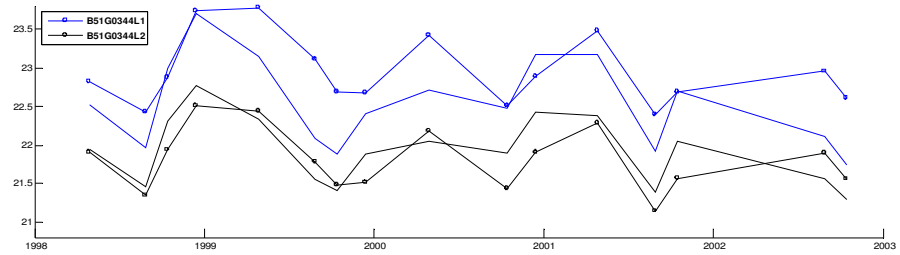
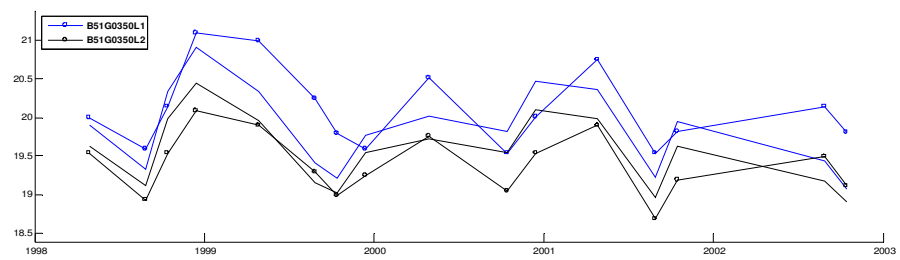
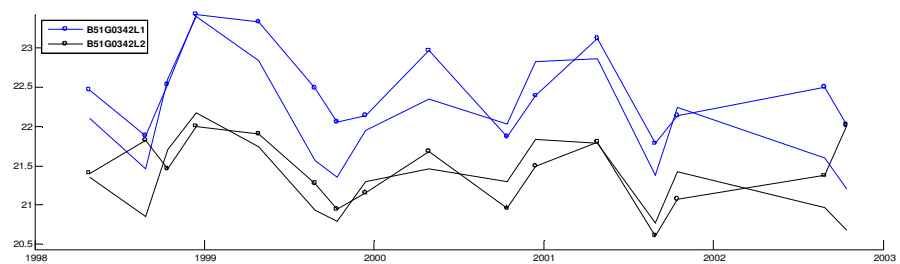
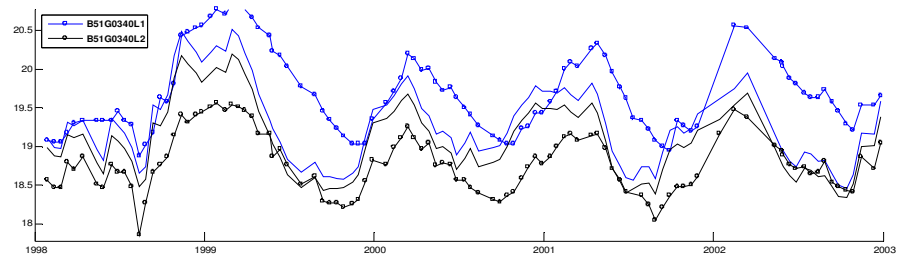


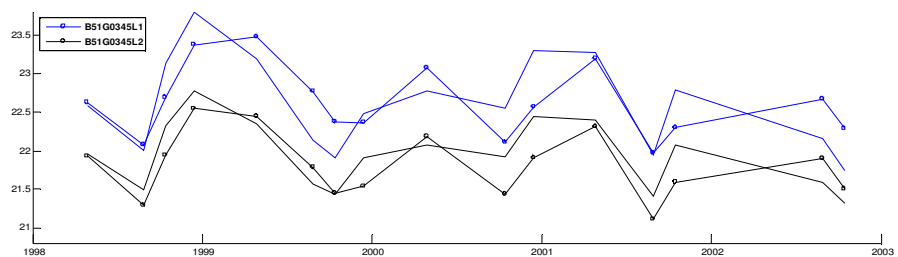
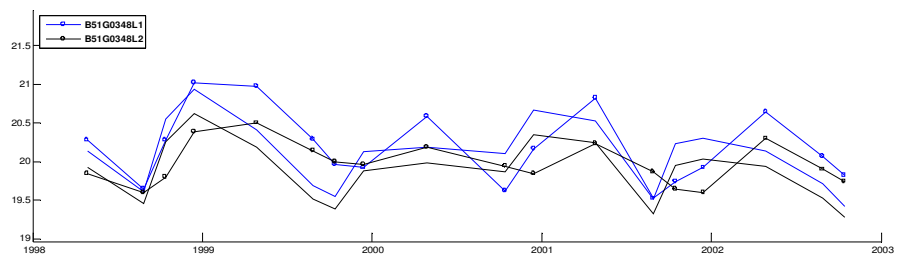
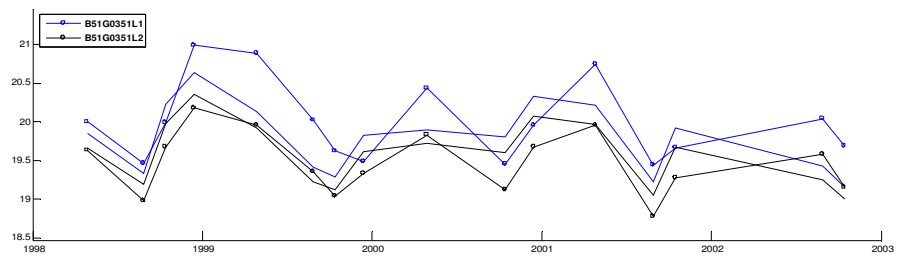
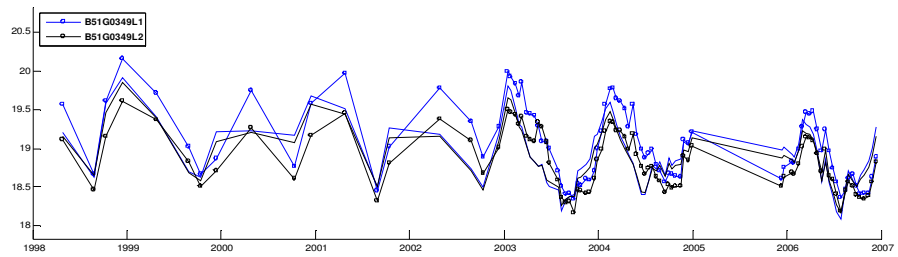
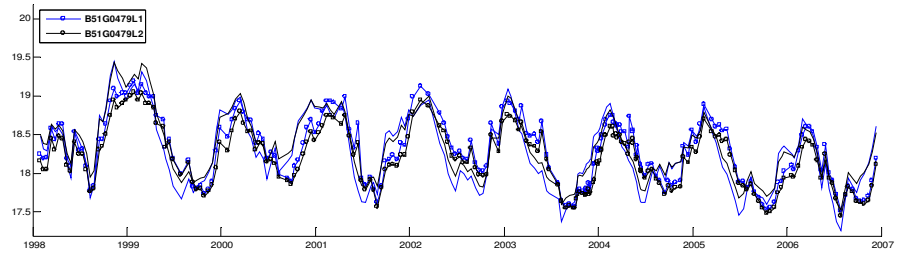
Brabant Water/DHV/Artesia





Brabant Water/DHV/Artesia





Brabant Water/DHV/Artesia

