

**Grondwatertrappenkaart
Groot Mijdrecht en omgeving**



Grondwatertrappenkaart **Groot**
Mijdrecht en omgeving

Toine Vergroesen

Titel

Grondwatertrappenkaart Groot Mijdrecht en omgeving

Opdrachtgever

Provincie Utrecht

Project

1002115-000

Kenmerk

1002115-000-ZWS-0005

Pagina's

26

Trefwoorden

Groot Mijdrecht, grondwatermodel, GHG, GLG, GVG



Samenvatting

In dit onderzoek is een grondwatertrappenkaart vervaardigd voor de polder Groot Mijdrecht en omgeving. Het onderzoek is uitgevoerd door een consortium van Acacia Water, Royal Haskoning en Deltares. De grondwatertrappenkaart bestaat uit kaarten van de GHG, GLG en GVG, respectievelijk de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand en de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand. De resultaten van het onderzoek zijn toeleverend aan een overkoepelend onderzoek naar de grondwatertrappenkaart voor de provincie Utrecht, dat uitgevoerd wordt door adviesbureau Tauw en de Universiteit van Utrecht. In het kader van het overkoepelend onderzoek zijn twee meetrondes van grondwaterstanden uitgevoerd in maart en augustus 2008.

Het bestaande grondwatermodel van Groot Mijdrecht en omgeving uit september 2008 is voor dit onderzoek verder geoptimaliseerd. De grondwaterstand bleek in droge perioden, en dan vooral in infiltratiegebieden, te ver weg te zakken. Door middel van tijdsafhankelijke en stationaire calibratie waarbij voornamelijk de infiltratieweerstand is verbeterd, is deze onvolkomenheid weggenomen.

Referenties

Q4582, Q3994, Q3604, Q3392

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	2009-07-09	Toine Vergroesen		Govert Verhoeven	GV	A.G. Segeren	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Vereiste dienstverlening	1
1.2 Onderzoeksgebied	1
1.3 Afstemming	2
1.4 Leeswijzer	2
2 Werkwijze	3
3 Analyse metingen	4
4 Modelaanpassingen	8
4.1 Fijnmaziger modelnetwerk	8
4.2 Groter modelgebied	8
4.3 Ander rekenhart	8
4.4 Andere rekenperiode	9
5 Modelcalibratie	10
5.1 Achtergrond en aanpak	10
5.2 Calibratieparameters	10
5.3 Calibratieresultaat	11
5.3.1 Periode 1993 tot en met 2000	12
5.3.2 Periode 2008	14
5.3.3 Wellen	17
6 Modelresultaten	19
7 Samenvatting, conclusies en discussie	21
8 Referenties	23

1 Inleiding

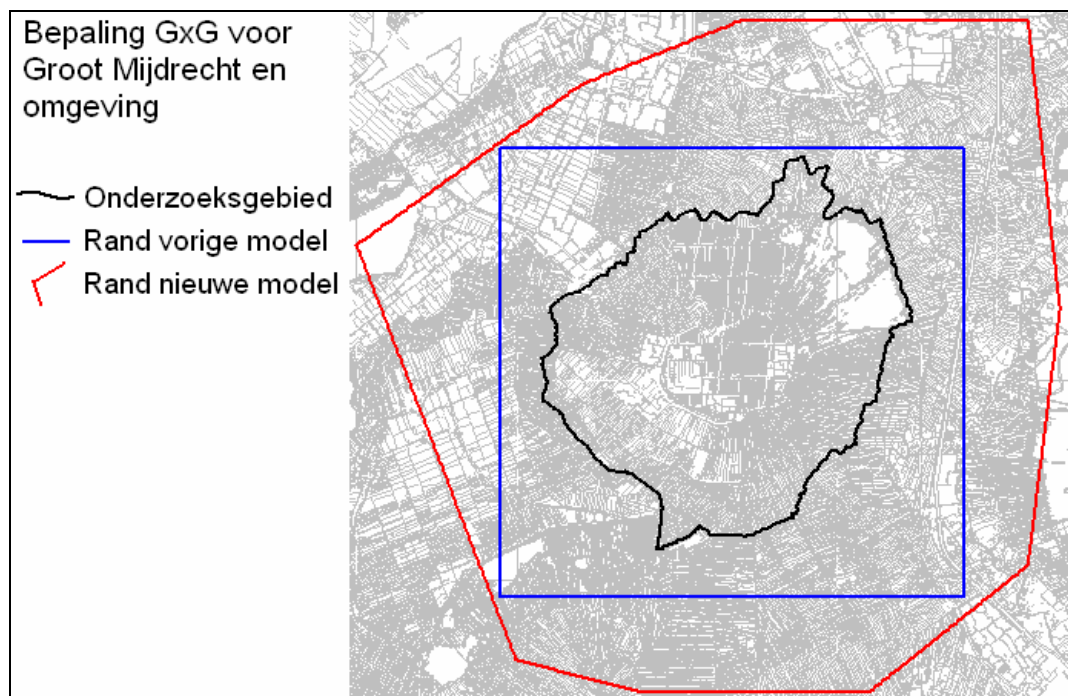
Adviesbureau Tauw en de Universiteit Utrecht zijn in opdracht van Provincie Utrecht in 2008 gestart met de vervaardiging van een grondwatertrappenkaart voor de veengebieden in Utrecht. Dat gebeurt door een combinatie van veldmetingen en grondwatermodelberekeningen. In dat kader heeft Provincie Utrecht aan het consortium Acacia Water, Royal Haskoning en Deltares gevraagd om met het recent (september 2008) verbeterde grondwatermodel van Groot Mijdrecht en omgeving de grondwatertrappen te berekenen voor deze regio.

1.1 Vereiste dienstverlening

De werkzaamheden betreffen het berekenen van de GxG (GHG, GVG en GLG) met de meteorologische gegevens van de periode 1990 tot en met 2005. Dit omvat de periode die gehanteerd is voor de studies van Groot-Mijdrecht Noord (1993 tot en met 2000). Ten behoeve van de GxG-berekeningen moet het model aanvullend geijkt worden aan relevante stijghoogtegegevens. De uitkomsten moeten worden geleverd in kaartvorm en in de vorm van een GIS bestand.

1.2 Onderzoeksgebied

Figuur 1 geeft een overzicht van de ligging van het onderzoeksgebied. De zwarte lijn in deze figuur is de rand van het onderzoeksgebied. De blauwe lijn is de rand van het grondwatermodel uit september 2008 (Royal Haskoning, Deltares, Acacia Water, 2008). De rode lijn is de rand van het grondwatermodel dat voor deze studie is gebruikt. Deze rand is gelijk aan de rand van eerdere versies van het model (Royal Haskoning & WL | Delft Hydraulics, 2003 en WL | Delft Hydraulics, 2007).



Figuur 1 Ligging onderzoeksgebied

1.3 Afstemming

Het onderzoek is toeleverend aan een overkoepelend onderzoek naar de GHG, GVG en GLG in de provincie Utrecht. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door adviesbureau Tauw en de Universiteit van Utrecht. Op 9 december 2008 is met alle betrokken partijen een startoverleg gehouden. Hierbij is afgesproken dat Tauw de grondwaterstanden aanlevert, die in 2008 in twee meetronden zijn gemeten (maart en augustus 2008).

Verder is bepaald dat met de modelberekeningen de huidige situatie gesimuleerd wordt, waarbij gebruik wordt gemaakt van de klimaatreeks 1990 – 2005. Het jaar 1990 fungeert als inspeeljaar en de GHG, GLG, en GVG worden berekend met de uitkomsten voor 1991 – 2005.

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de gevolgde werkwijze. Een analyse van de aangeleverde metingen staat in hoofdstuk 3. Daarbij komt ook de meteorologische situatie ten tijde van de metingen aan de orde. Hoofdstuk 4 beschrijft de benodigde modelaanpassingen. Een beschrijving van de uitgevoerde modelcalibratie staat in hoofdstuk 5. De berekende waarden van de GHG, GVG en GLG zijn terug te vinden in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7, tenslotte geeft een samenvatting, de belangrijkste conclusies, en een discussie over de waarde van de berekende resultaten.

2 Werkwijze

Dit hoofdstuk geeft een beknopte beschrijving van de wijze waarop we dit project hebben aangepakt.

1. Analyse metingen

In maart en augustus 2008 heeft adviesbureau Tauw in samenwerking met de Universiteit van Utrecht in twee meetrondes een groot aantal metingen gedaan aan de grondwaterstand. Met de meetronde in maart is gepoogd om de GHG te meten, en met de meetronde in augustus de GLG. De relevante meetpunten voor ons onderzoeksgebied zijn door Tauw voor dit project ter beschikking gesteld. Deze metingen zijn door ons geanalyseerd.

2. Modelaanpassingen

Het model uit 2008 (Royal Haskoning, Deltares, Acacia Water, 2008) is aangepast om het beter geschikt te maken voor het adequaat beantwoorden van de onderzoeksvragen. De belangrijkste aanpassingen zijn het rekenhart (driehoekige eindige elementen i.p.v. rechthoekige eindige differenties), een groter modelgebied, een fijner detail (dichter rekennetwerk), en een uitbreiding van de rekenperiode.

3. Modelcalibratie

Op basis van aangeleverde grondwaterstanden uit 2008 en beschikbare grondwaterstanden uit de periode 1993 – 2000 is het aangepaste model gecalibreerd voor de bodemparameters van de deklaag. Daarnaast zijn de wel-parameters van het model stationair gecalibreerd op basis van de locaties waar wellen niet voorkomen (afgeleid van verschillen tussen EC-metingen in het grond- en het oppervlaktewater), en op basis van de totale hoeveelheid bemaling van de polder Groot Mijdrecht. Dit laatste is conform de calibratie van het model uit september 2008.

4. Modelberekeningen

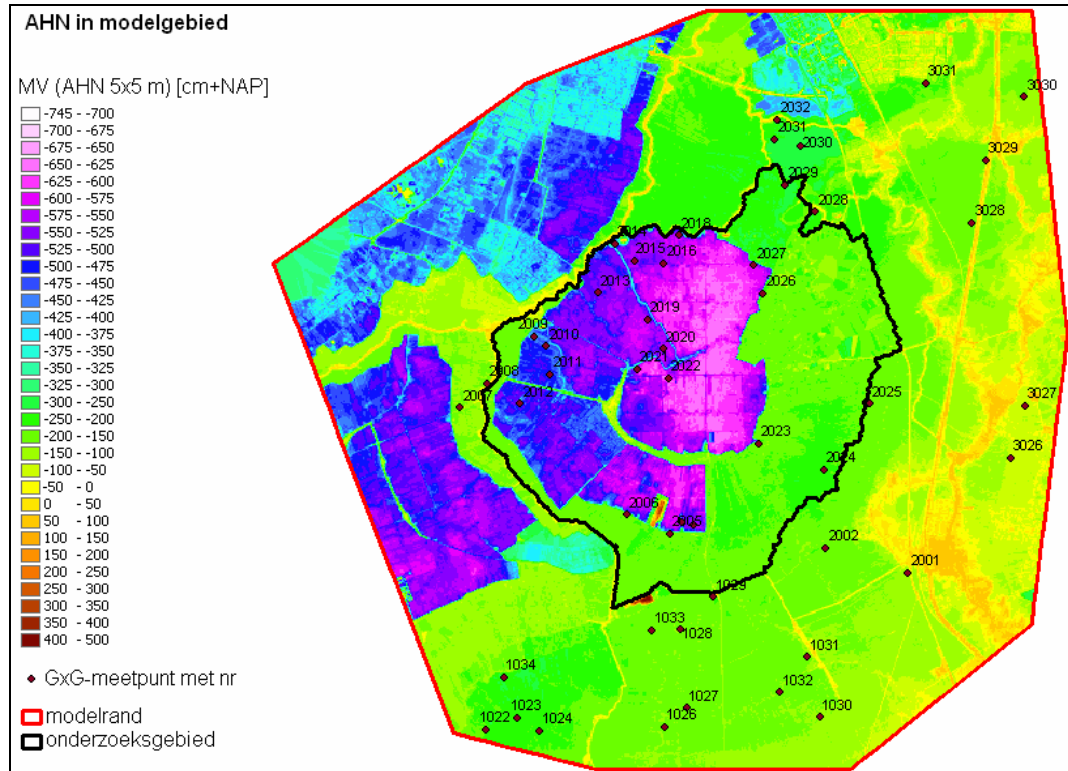
Na de calibratie van het model zijn de tijdsafhankelijke berekeningen voor de GxG uitgevoerd voor de periode 1990-2005. Het jaar 1990 is gebruikt als inspeeljaar. De berekeningen zijn uitgevoerd met een rekentijdstap van een decade (eerste 10 dagen, tweede 10 dagen, en rest van de maand).

5. Analyse rekenresultaten

De resultaten van de jaren 1991 t/m 2005 zijn gebruikt voor de bepaling van GHG, GVG en GLG per rekenknoop van het model. Deze GxG-waarden per knoop zijn vervolgens omgezet in het gewenste 25 bij 25 meter cellen format. Additioneel is middels een aantal contouren aangegeven wat de grootte van de rekencellen voor de verschillende delen van het modelgebied zijn. Deze GIS-bestanden zijn separaat van deze rapportage opgeleverd.

3 Analyse metingen

Figuur 2 geeft een overzicht van de locaties van de meetpunten in het modelgebied uit de meetronde van maart 2008.



Figuur 2 Locaties van de in maart 2008 gemeten grondwaterstanden

In deze figuur is ook de ligging van het onderzoeksgebied weergegeven, en is verder de hoogteligging van het maaiveld afgebeeld. Uit de figuur blijkt dat de meetpunten in Groot Mijdrecht vooral langs de rand van de polder liggen.

Tabel 1 geeft voor de meetpunten uit beide meetrondes de coördinaten van de meetlocatie, de datum van de meting en de gemeten waarde.

Tabel 1 Overzicht van de GxG-meetpunten die in het onderzoeksgebied liggen

Buis	Eerste meetronde (maart 2008)				Tweede meetronde (augustus 2008)			
	X	Y	datum	waarde cm-MV	X	Y	datum	waarde cm-MV
Meetpunten in de polder Groot Mijdrecht								
2014	119471	473544	18-3-08	21	119470	473547	6/12-8-08	35
2015	120030	473077	18-3-08	14	120032	473080	6/12-8-08	43
2016	120830	473001	18-3-08	20	120830	473000	6/12-8-08	54
2018	121243	473778	18-3-08	29	121143	473784	6/12-8-08	61
2021	120091	470059	18-3-08	45	120166	470064	6/12-8-08	38
2022	120951	469823	18-3-08	14	121521	469717	6/12-8-08	15
2027	123328	472943	14-3-08	14	122725	472902	6/12-8-08	20
Meetpunten in de rest van het onderzoeksgebied								
2009	117245	470983	18-3-08	85	117245	470981	6/12-8-08	65
2010	117571	470701	18-3-08	70	117568	470703	6/12-8-08	105
2011	117665	469923	18-3-08	28	117908	469555	6/12-8-08	45
2012	116843	469115	18-3-08	2	116842	469118	6/12-8-08	13
2013	119004	472180	18-3-08	5	119011	472189	6/12-8-08	49
2019	120377	471434	18-3-08	5	120367	471427	6/12-8-08	38
2020	120810	470625	18-3-08	58	120711	470488	6/12-8-08	54
2023	123443	468017	14-3-08	37	123443	468017	6/12-8-08	30
2024	125247	467298	14-3-08	40	125247	467298	6/12-8-08	35
2026	123578	472174	14-3-08	35	123577	472190	6/12-8-08	33
Legenda								
	maart en augustus meetlocaties liggen 0 tot 4 meter uit elkaar							
	maart en augustus meetlocaties liggen 11 tot 16 meter uit elkaar							
	maart en augustus meetlocaties liggen 75 tot 100 meter uit elkaar							
	maart en augustus meetlocaties liggen 169 tot 604 meter uit elkaar							

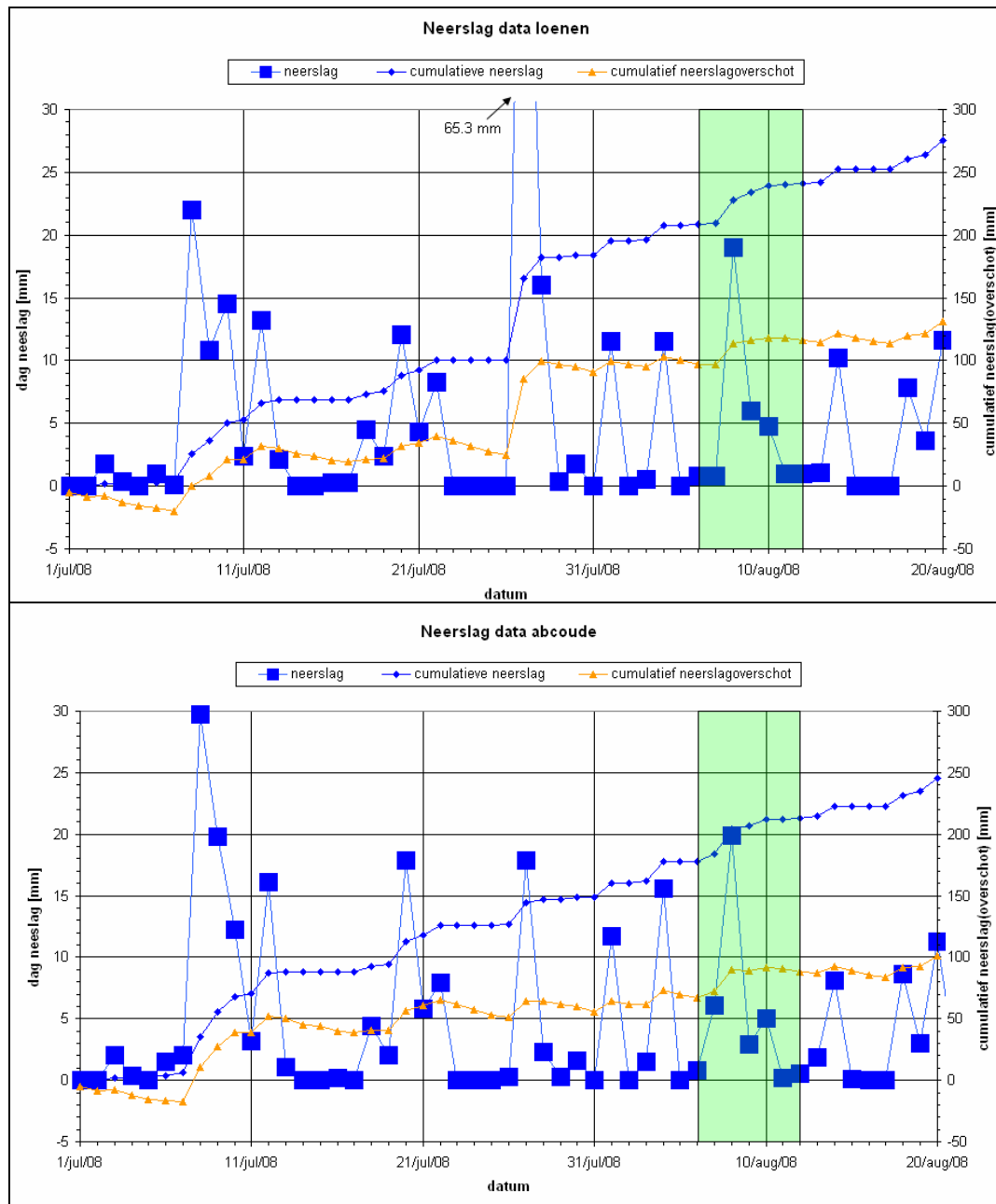
Locatie van de meetpunten

Uit de tabel blijkt dat de meetwaarden uit de twee meetrondes slecht vergelijkbaar zijn omdat de locaties verschillen en omdat alleen relatieve grondwaterstanden zijn bepaald ten opzichte van maaiveld. Bovendien zijn van deze locaties geen NAP hoogten bekend (noch van het maaiveld, noch van de grondwaterstand). De hoogte van het maaiveld in Groot Mijdrecht kan binnen enkele meters afstand enkele tientallen cm variëren. Dat betekent dat meetpunten die enkele meters uit elkaar liggen onderling al moeilijk met elkaar te vergelijken zijn. Naarmate deze afstand groter wordt, neemt de betrouwbaarheid van een dergelijke vergelijking snel af.

Het komt er op neer dat alleen voor buis 2016 en in iets mindere mate buis 2015 en buis 2014 metingen uit beide meetrondes beschikbaar zijn. Buis 2014 ligt echter op de rand van de polder, en is daarom minder geschikt. Voor de meetpunten 2016 en 2015 is het verschil tussen de gemeten waarden uit de eerste en tweede meetronde vrij klein (resp. 34 en 29 cm).

Tijdstip van de metingen

De datum van de metingen in maart 2008 is exact bekend. Voor de metingen in augustus is slechts de periode bekend waarin deze metingen hebben plaatsgevonden. In de periode voor de GLG meting (6 tot 12 augustus 2008) is relatief veel neerslag gevallen. Uit de gegevens van neerslagstations Loenen en Abcoude, die voor deze regio het meest relevant zijn, blijkt dat er in de periode voor de metingen in augustus 180 tot 210 mm neerslag is gevallen. Het in april en mei ontstane neerslagtekort (neerslag – verdamping) is in juli met 90 tot 120 mm aangevuld. Aan het begin van de meetcampagne is dit effect nog eens extra versterkt met een hoeveelheid neerslag van ruim 20 mm.



Figuur 3 Neerslagverloop juli en augustus 2008 voor Loenen en Abcoude

In snel werkende grondwatersystemen (zoals de meeste veengebieden) betekent dit dat het eventueel eerder ontstane grondwatertekort snel is aangevuld. In tegenstelling tot traagwerkende grondwatersystemen (zoals hoge zandgronden), doet het argument dat het totale neerslagtekort van het groeiseizoen tot dan toe vergelijkbaar is met het veeljarig gemiddelde bij snelwerkende grondwatersystemen niet ter zake.

Bovenstaande houdt in dat de poging om begin augustus 2008 de GLG te meten voor deze regio niet gelukt is. Afgaande op de neerslagdata van De Bilt geldt dit waarschijnlijk voor het grootste deel van de snelwerkende grondwatersystemen in de provincie Utrecht.

De neerslag en verdamping voorafgaande aan de eerste meetronde is wel zodanig dat hoge grondwaterstanden gemeten zijn. Wellicht zijn de waarden zelfs hoger dan de GHG omdat de twee dagen voor de meting relatief veel regen is gevallen gemiddeld over de gebruikte neerslagstations. Twee dagen voor de meting is dat 8.3 mm, met een variatie over de stations van 6.2 tot 9.5 mm. De dag voor de meting was de gemiddelde neerslag nog hoger, 10.5 mm met een variatie over de stations van 6.6 tot 15.8 mm.

De waarden uit de twee meetrondes geven dus geen goed beeld van de dynamiek van de grondwaterstand door de verschillen in locatie, en het tijdstip van de metingen. Bovendien kunnen de meetwaarden niet worden gebruikt als ijkwaarden voor de grondwaterstand doordat ze alleen relatief (t.o.v. maaiveld) zijn bepaald en niet ten opzichte van NAP.

4 Modelaanpassingen

Voor dit project is het model uit september 2008 aangepast. De aanpassingen betreffen het gebruik van een fijnmaziger modelnetwerk, een groter modelgebied, een ander rekenhart en een uitbreiding van de rekenperiode.

4.1 Fijnmaziger modelnetwerk

De beoogde presentatiedichtheid van de resultaten bedraagt 25 bij 25 meter cellen. Dat wil niet zeggen dat de gebruikte modellen een netwerk met deze dichtheid vereisen, maar een benadering daarvan is wenselijk. De laatste versie van het model (september 2008) heeft binnen de grenzen van Groot Mijdrecht de gewenste dichtheid van het rekennetwerk: cellen van 25 bij 25 meter. Daarbuiten neemt deze dichtheid echter snel af tot 250 m. Ook in grote delen van het beoogde onderzoeksgebied is dat het geval. Dit resulteert dat in grote delen van het onderzoeksgebied langwerpige cellen van 25 bij 250 meter voorkomen, en in andere delen vierkante cellen van 250 bij 250 meter. Dat is 10 tot 100 keer groter dan de celgrootte waarop de resultaten gepresenteerd worden.

We hebben er daarom voor gekozen om in dit onderzoek voor het gehele onderzoeksgebied een maximale afstand tussen de rekenpunten aan te houden van 25 meter.

4.2 Groter modelgebied

Bijkomend aspect is dat de randen van het bovengenoemde model vrij dicht tegen het onderzoeksgebied aanliggen (zie Figuur 1). Voor de polder Groot Mijdrecht is de invloed van de randen klein, maar voor een deel van het onderzoeksgebied kunnen de modelranden de resultaten beïnvloeden. De grootte van het modelgebied in dit onderzoek is gelijk aan de grootte van de voorlopers van het model van september 2008. Het modelgebied is opgedeeld in driehoekige elementen, net zoals bij de eerdere modellen (zie ook paragraaf 4.3) en niet in rechthoeken zoals bij het model uit 2008. De grotere flexibiliteit van de driehoeken maakt het makkelijker om het netwerk lokaal te verfijnen en om knopen aan subgebieden toe te kennen voor parameterallocatie en berekening van waterbalansen.

Dit heeft geleid tot een rekennetwerk ter grootte van 363,5 km² bestaande uit:

- 242262 rekenpunten
- 483801 driehoekige elementen
- 1959 watergangen met in totaal 42857 rekenpunten
- 2 grondwaterwinputten
- 721 randpunten

4.3 Ander rekenhart

Het model uit september 2008 maakt gebruik van de eindige-differentietechniek, om met het MODFLOW-SWI pakket de veranderingen van de chlorideverdeling te kunnen simuleren. De verandering van de chlorideverdeling in de ondergrond speelt voor dit onderzoek echter geen rol. Daarom is besloten terug te keren naar de eindige-elemententechniek van de Flairs-simulator waarmee de eerdere modellen werkten. Nu is niet voor de standaardversie van Flairs gekozen maar voor FlairsVD, de variabele dichtheidsversie, zodat het huidige model wel rekening houdt met de invloed van de dichtheidsverschillen (samenhangend met verschillen in Chlorideconcentratie) op de stroming, net als het model uit 2008.

FlairsVD gebruikt de dichtheidsverdeling die in de invoer is gedefinieerd, en verwaarloost de verandering van deze verdeling. Dit is gerechtvaardigd omdat de vraag een relatief constante hydrologische situatie beslaat over een rekenperiode, waarbij veranderingen in zoutgehalte marginaal zijn. De dichtheidsverdeling is overgenomen uit de inventarisatie voor het 2008 model.

4.4 Andere rekenperiode

De modellen die de afgelopen 7 jaar zijn gebruikt voor Groot Mijdrecht besloegen de rekenperiode van 1993 tot en met 2000. Voor de bepaling van de GHG, GVG en GLG is de rekenperiode uitgebreid tot een periode die loopt van 1990 tot en met 2005. Daarnaast is voor de calibratie gekozen voor een rekenperiode die loopt van december 2007 tot en met eind 2008. De data- en sturingsbestanden van het model zijn aangepast op deze beide rekenperiodes. In beide periodes is gerekend met tijdstappen van een decade.

Tijdens het startoverleg van dit project is afgesproken dat met de meest recente gegevens wordt gerekend. Daarbij wordt bedoeld op waterpeilen, maaiveldhoogte, grondwateronttrekkingen, zoet-zout verdeling in de ondergrond, e.d. Dat betekent dat de GxG's worden berekend voor de huidige situatie op basis van de neerslag en verdamping van de betreffende rekenperiode.

In het model zijn 6 neerslag stations gebruikt. Dat zijn Aalsmeer, Zegveld, Loenen aan de Vecht, Vleuten, Weesp en Abcoude. Voor de verdamping zijn de waarnemingen van Schiphol gebruikt.

5 Modelcalibratie

Het aldus opgebouwde nieuwe model en de nieuwe databestanden zijn gecheckt op onvolkomenheden. Daarna is een calibratie uitgevoerd met als doel de waarden van de modelparameters die de deklaag beschrijven te optimaliseren. Deze parameters zijn strek bepalend voor de berekende seizoensfluctuatie van de grondwaterstand. Dit hoofdstuk beschrijft de uitgevoerde calibratiestappen.

5.1 Achtergrond en aanpak

De meest recente versie van het grondwatermodel Groot Mijdrecht (september 2008) is stationair gecalibreerd, waarbij de focus lag op het gebied in het centrale deel van Groot Mijdrecht waar wellen voorkomen, op de waterbalans van deze polder en op de chloride-concentratie van het uitgemalen water. Dat model bouwde voort op eerdere versies waarin wel een tijdsafhankelijke calibratie is uitgevoerd voor polder Groot Mijdrecht. Hierbij kon de fluctuatie van de grondwaterstand binnen Groot Mijdrecht niet goed gecalibreerd worden, doordat daar geen betrouwbare meetgegevens beschikbaar waren.

Nu is gevraagd dit model in te zetten om uitspraken te kunnen doen over de grondwaterstand (t.o.v. maaiveld) en de variatie daarvan. Het onderzoeksgebied (Figuur 1) beslaat ook gebieden buiten Groot Mijdrecht. Dat betekent dat het voor dit onderzoek noodzakelijk wordt om de variatie van de grondwaterstand buiten Groot Mijdrecht goed te kunnen beschrijven. Daarom is het model voor dit onderzoek ook gecheckt op variatie van de grondwaterstand buiten groot Mijdrecht. Naar aanleiding van deze check is besloten een tijdsafhankelijke modelcalibratie uit te voeren voor twee perioden. De eerste periode is de periode 1993 – 2000, waarvoor het oorspronkelijke model ook is gecalibreerd. Daarbij is nu ook gebruik gemaakt van reeds beschikbare stijghoogtegegevens van het gebied buiten Groot Mijdrecht. De tweede calibratieperiode beslaat het jaar 2008, waarin binnen Groot Mijdrecht een aantal aanvullende grondwaterstanden beschikbaar is. Deze zijn afkomstig uit het veldonderzoek dat door Acacia Water in 2008 is uitgevoerd (Acacia Water, 2008), en uit de eerder genoemde metingen uit de twee GxG-meetrondes van Tauw.

Na afloop van deze tijdsafhankelijke calibratie op gemeten grondwaterstanden en de variatie daarin, is nog een stationaire calibratiestap uitgevoerd waarin de parameters van de wellenregel geïjkt zijn op de grootte van het wellende gebied en de gemeten waterbalans van de polder Groot Mijdrecht (conform de calibratie van het model uit september 2008). Vervolgens is het model nogmaals geverifieerd op de gemeten grondwaterstanden uit beide calibratieperioden.

5.2 Calibratieparameters

Tijdens de calibratie is de focus gelegd op twee parameters:

1. weerstanden van de deklaag
2. parameters van de wellenregel

Ad 1. weerstanden van de deklaag

De fluctuatie van de grondwaterstand in de tijdsafhankelijke modellen (Royal Haskoning & WL | Delft Hydraulics, 2003, WL | Delft Hydraulics, 2007 en Royal Haskoning, Deltares, Acacia Water, 2008) blijkt in het algemeen groter dan de fluctuatie in de nu beschikbare metingen. De berekende grondwaterstanden in natte perioden komen redelijk overeen met de gemeten waarden, maar in droge perioden zakken de berekende grondwaterstanden in het algemeen ruim verder uit dan de gemeten grondwaterstanden. Dit kan verklaard worden door het relatief grote verschil tussen de gehanteerde infiltratie- en drainageweerstanden van de ontwatering (die in het topsysteem van het model wordt gesimuleerd).

Ad 2. parameters van de wellenregel

De parameters van de wellenregel bepalen de overdruk die nodig is om wellen te laten ontstaan en de weerstand voor stroming door de wellen als deze overdruk bereikt is. Met deze parameters is relatief weinig ervaring en wellicht hangen deze samen met de celgrootte. Dat is de reden waarom ze nu opnieuw beschouwd zijn.

5.3 Calibratieresultaat

De modelcalibratie op freatische grondwaterstanden beslaat twee perioden:

1. periode 1993 tot en met 2000
2. periode 2008

Voor beide perioden zijn niet-stationaire modelberekeningen uitgevoerd. De grootte van de tijdstap bij deze berekeningen beslaat een decade. Iedere maand heeft drie decades: de eerste tien dagen van de maand, dag elf tot en met dag twintig, en de rest van de maand.

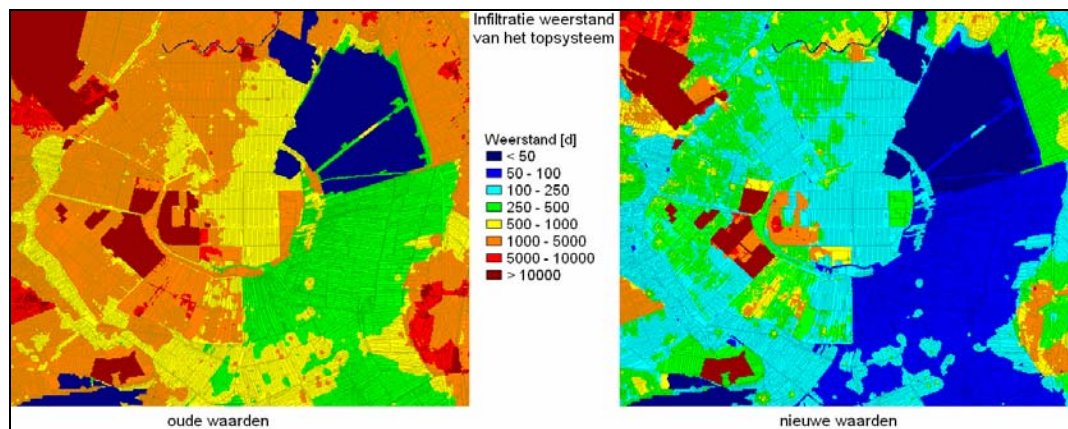
In deze calibratie zijn de weerstanden van het topsysteem geijkt. Uitgangspunten voor de bepaling van de drainage- en infiltratieweerstanden van het topsysteem in de vorige versies van het model waren:

- In de deklaag is de horizontale doorlatendheid een factor 10 groter dan de verticale doorlatendheid ($k_H = 10 k_V$)
- Bovenin de deklaag is de grond bewerkt, en gemengd met andere grond. Daarom nemen we aan dat boven het slootpeil de grond een factor 10 doorlatender is dan in de rest van de deklaag ($k_{H_dran} = 10 k_{H_inf}$)
- De grondlaag die meedoet aan drainage van water naar de sloot toe bestaat uit een deel boven slootpeil en een deel onder slootpeil. Bij infiltratie van water uit de sloot doet alleen het deel van de grondlaag onder het slootpeil mee. We gaan er van uit dat beide delen een dikte van 1 meter hebben ($D_{dran} = 1 \text{ m}$, en $D_{inf} = 1 \text{ m}$).
- Drainageweerstand = $L^2 / (8 \cdot (K_{H_dran} \cdot D_{dran} + K_{H_inf} \cdot D_{inf}))$
- Infiltratieweerstand = $L^2 / (8 \cdot (K_{H_inf} \cdot D_{inf}))$
- met:
- L = afstand tussen de sloten
- K_{H_dran} = horizontale doorlatendheid van de bodem boven slootpeil
- K_{H_inf} = horizontale doorlatendheid van de bodem onder slootpeil
- D_{dran} = doorstroomde dikte van de bodem boven slootpeil
- D_{inf} = doorstroomde dikte van de bodem onder slootpeil

Vanwege de geconstateerde discrepanties tussen de gemeten en de berekende fluctuatie van de grondwaterstanden zijn enkele uitgangspunten aangepast om de infiltratieweerstand te verlagen. Verkennende berekeningen leerden dat het model verslechterde als ook de drainageweerstand en de weerstand van de deklaag tegen verticale stroming verlaagd zouden worden. De veranderde uitgangspunten zijn:

- Voor de grondlaag onder slootpeil die meedoet aan drainage en infiltratie nemen we aan dat de doorlatendheid gelijk is aan de doorlatendheid van de grondlaag daarboven ($k_{H_inf} = k_{H_dran}$), dus een factor 10 hoger dan in de modellen tot nu toe.
- Om er voor te zorgen dat de drainageweerstand niet verandert nemen we voor de dikte van beide grondlagen 0.55 meter aan, in plaats van de tot nu toe gehanteerde 1 meter. Dat komt in de diepe polders in dit gebied meestal ook beter overeen met de dikte van de bodemlaag tussen maaiveld en slootpeil.

Figuur 4 geeft de veranderde infiltratieweerstand in het onderzoeksgebied.

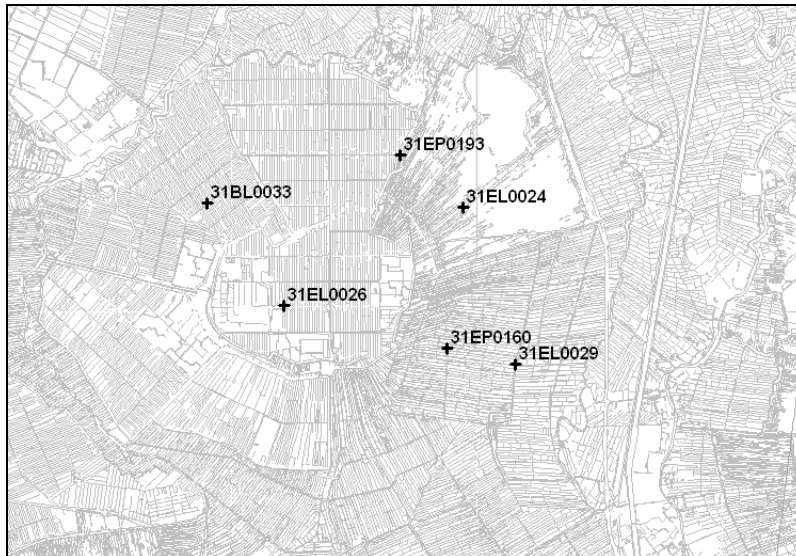


Figuur 4 Verandering van de infiltratieweerstand van het topsysteem

De infiltratieweerstand is door deze verandering in het grootste deel van het gebied een factor 5,5 kleiner geworden. Dat wil overigens niet zeggen dat er nu ruim 5 keer zo veel water vanuit het oppervlaktewater de grond indringt in de infiltrerende gebieden. De infiltratieweerstand in gebieden met open water, zoals de Vinkeveense Plassen en Botshol, is namelijk gelijk gebleven omdat deze al praktisch nul was (corresponderend met een slootafstand $L=0$ in de gehanteerde formules; in het model is een minimum waarde van 1 gehanteerd).

5.3.1 Periode 1993 tot en met 2000

Bij de calibratie op deze periode is uit praktische overwegingen een modelberekening uitgevoerd voor een periode die identiek is aan de periode waarvoor de GHG en GLG berekeningen moeten worden uitgevoerd (1990 tot en met 2005). Figuur 5 geeft een overzicht van de locatie van de gebruikte waarnemingspunten.



Figuur 5 Locatie van peilbuizen met filters in de deklaag

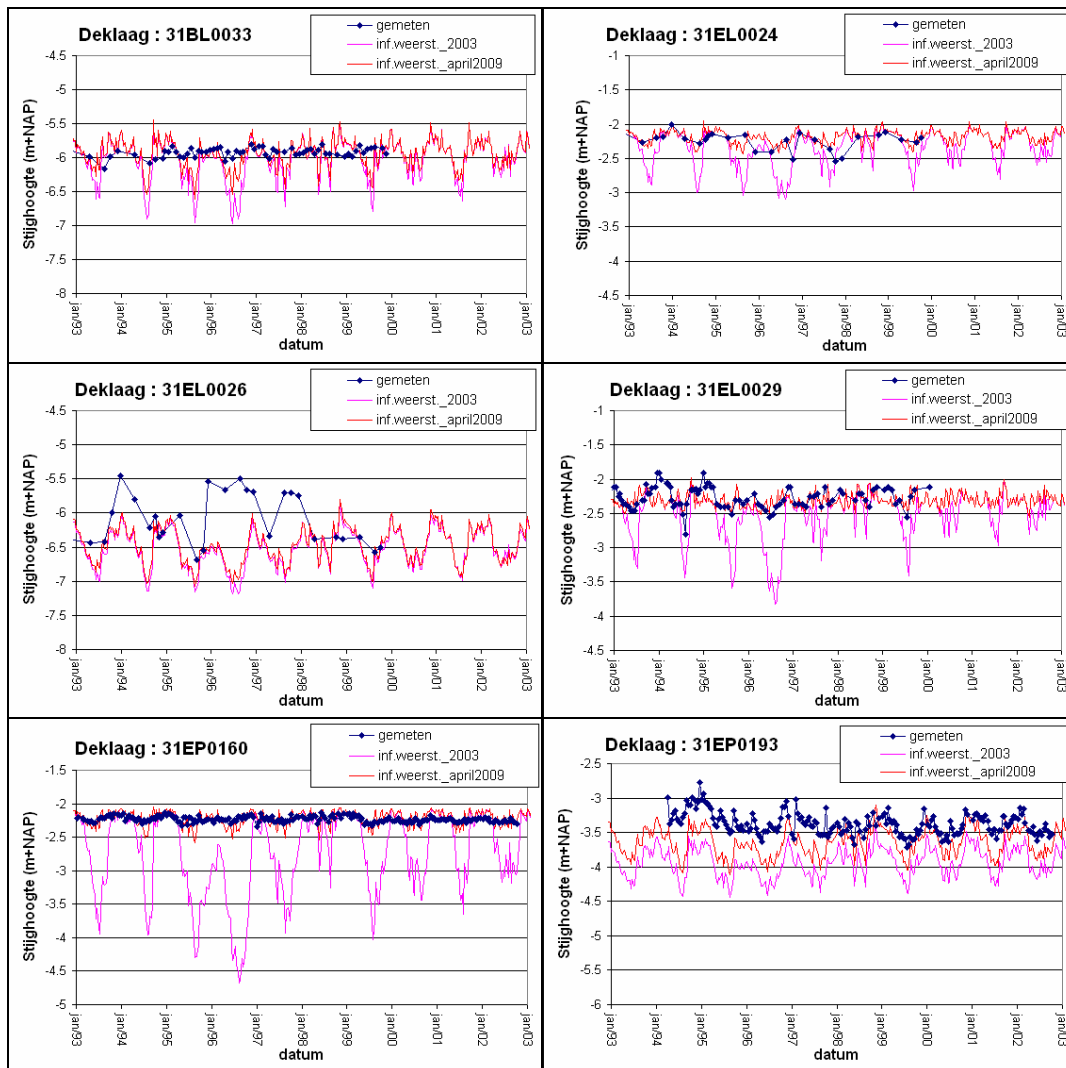
Figuur 6 geeft een overzicht van het calibratieresultaat voor deze meetpunten. In deze figuur is ook het modelresultaat weergegeven dat wordt bereikt als de oorspronkelijke infiltratieweerstand wordt gebruikt.

Het calibratie resultaat in deze figuur (inf.weerst_april2009) is weergegeven met de rode lijnen. De paarse lijnen (inf.weerst_2003) geven het berekeningsresultaat dat wordt bereikt als de oorspronkelijke infiltratieweerstand wordt gebruikt. De blauwe punten geven de gemeten waarden weer.

De berekende grondwaterstanden in de infiltrerende gebieden (31EL0024, 31EL0029 en 31EP0160) zijn door de calibratie sterk verbeterd. De tot nu toe gehanteerde hoge infiltratieweerstand in deze gebieden blijkt in droge perioden te leiden tot irreëel ver uitzakkende grondwaterstanden.

In de diepe polders (31BL0033 en 31EL0026) is de uitzakking van de grondwaterstand in droge perioden ook iets minder. Dit treedt in deze gebieden alleen op als de grondwaterstand tot onder polderpeil zakt. Het verschil bij meetpunt 31BL0033 in variatie van de berekende en de gemeten grondwaterstand kan worden veroorzaakt door de ligging van het meetpunt. Vlakbij een sloot zal de variatie veel kleiner zijn dan midden tussen twee sloten.

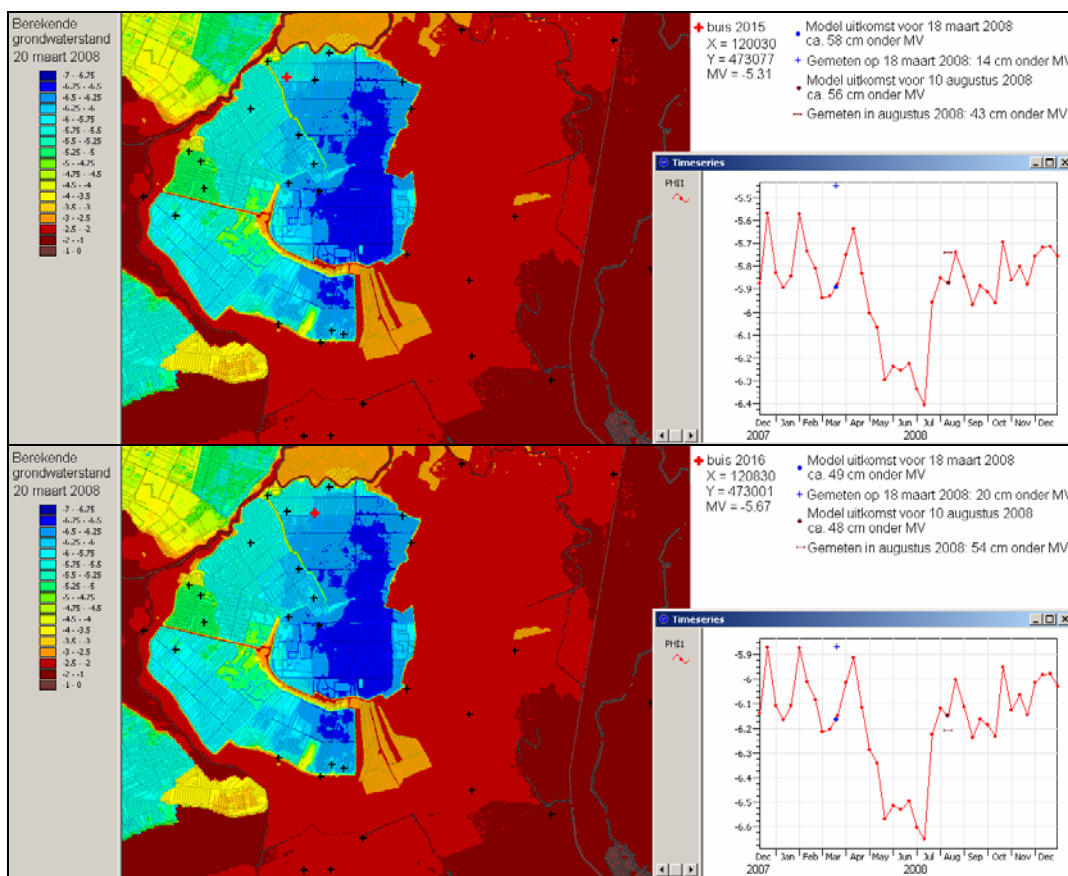
Meetpunt 31EP0193 ligt op de rand tussen Groot Mijdrecht en de Vinkeveense Plassen. Ook hier is de berekende variatie van de grondwaterstand iets kleiner geworden, en is dichter bij de metingen gekomen.



Figuur 6 Calibratieresultaat van de peilbuizen met filters in de deklaag

5.3.2 Periode 2008

Bij de calibratie op deze periode is een modelberekening uitgevoerd voor een periode die loopt van 1 december 2007 tot en met eind 2008. Figuur 7 geeft het calibratieresultaat voor twee locaties waarvan de grondwaterstand is gemeten ten opzicht van maaiveld op 18 maart 2008, en in de periode tussen 6 en 12 augustus 2008. Dit zijn twee van de metingen, uitgevoerd door Tauw, die bij de analyse in hoofdstuk 3 als mogelijk bruikbaar naar voren kwamen. De locatie van de betreffende meetpunten en een overzicht van de berekende grondwaterstand op 20 maart 2008 is weergegeven in het linkerdeel van de figuur. Het rechterdeel van de figuur geeft voor de betreffende punten het berekende verloop van de grondwaterstand weer over de gehele rekenperiode.



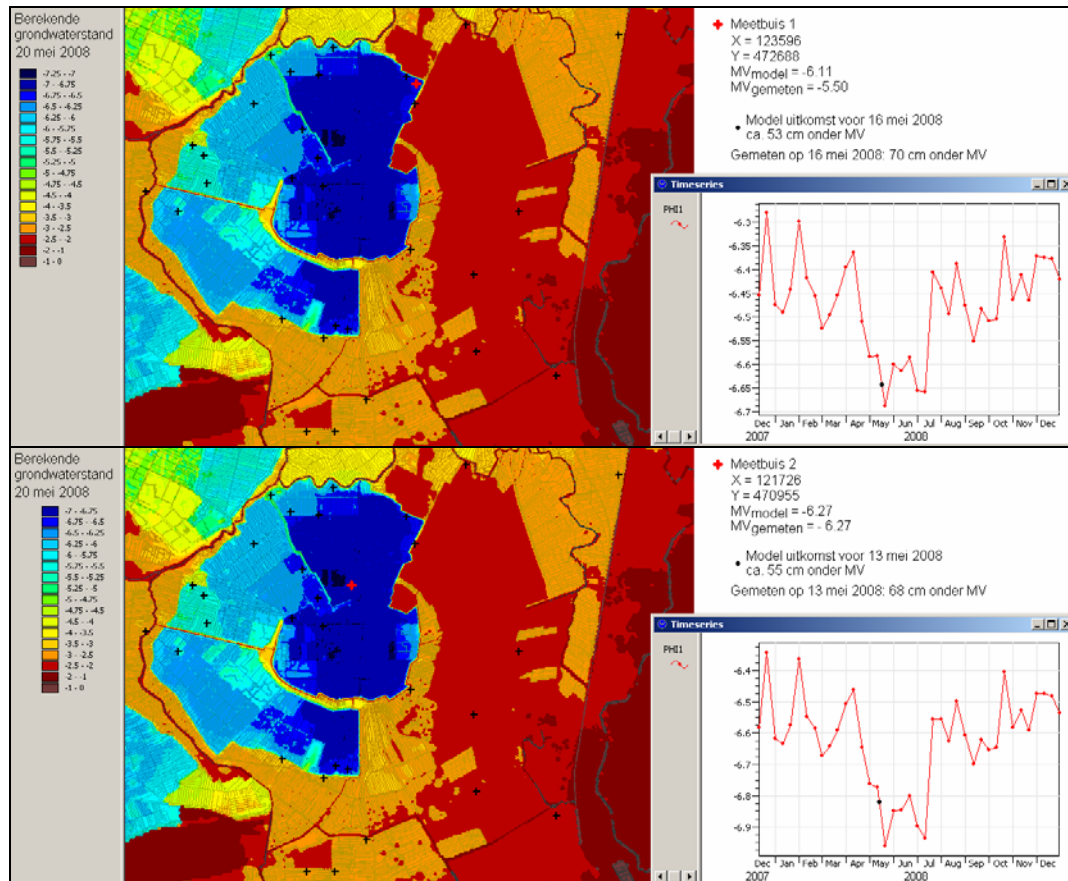
Figuur 7 Calibratie resultaat voor twee van de Tauw GxG-meetpunten in Groot Mijdrecht

Uit deze figuur blijkt dat het model voor beide meetpunten de grondwaterstand op 20 maart duidelijk lager berekent dan de metingen van 18 maart. Een reden daarvan is de wijze van schematiseren van het neerslagoverschot (neerslag – gewasverdamming) in de modelberekeningen, en de intensiteit van de neerslag voorafgaande aan de meting. Het model heeft een tijdstap van een decade en dus worden neerslag en verdamping gemiddeld per decade. Het grootste deel van de neerslag in de decade is echter gevallen in de twee dagen voor de meting.

Twee dagen voor de meting is dat voor de zes neerslagstations die in het model zijn gebruikt gemiddeld 8.3 mm, met een variatie van 6.2 tot 9.5 mm. De dag voor de meting was de gemiddelde neerslag nog hoger, 10.5 mm met een variatie van 6.6 tot 15.8 mm. Bij dergelijke hoge neerslagintensiteiten, kan de werkelijk optredende variatie in grondwaterstand met het gebruikte type grondwatermodel niet voldoende worden nagebootst omdat oppervlakkige stroming daarvoor expliciet beschouwd zou moeten worden.

Figuur 7 laat verder zien dat de gemeten waarden in augustus 2008 een stuk beter overeenkomen met de berekende waarden. Echter, gezien het bovenstaande, gezien de hoeveelheid en de onregelmatigheid in de neerslag die in begin augustus is gevallen (Figuur 3), en gezien de onduidelijkheid omtrent de exacte datum van de metingen kan hier geen waarde aan worden gehecht. De meetgegevens van de GxG-meettrondes leveren dus geen informatie die gebruikt kan worden voor de verbetering van het GxG-model.

Naast de GxG-metingen zijn metingen beschikbaar uit het veldwerk in Groot Mijdrecht dat halverwege mei 2008 door Acacia Water is uitgevoerd. In het eerste gedeelte van deze meetperiode is nagenoeg geen neerslag gevallen. Figuur 8 geeft een overzicht van de locaties van de betreffende meetpunten. Verder is de berekende grondwaterstand op 20 mei 2008 weergegeven in het linkerdeel van de figuur. Het rechterdeel van de figuur geeft voor de betreffende punten het berekende verloop van de grondwaterstand weer over de gehele rekenperiode.



Figuur 8 Calibratie resultaat voor twee meetpunten in Groot Mijdrecht in mei 2008 (bron: Acacia Water)

Het maaiveld op de locatie van meetpunt 1 is een stuk hoger dan in het model. Uit de rapportage van Acacia Water (2008) blijkt dat het maaiveld in grootste deel van het perceel zo'n 60 cm hoger ligt dan het maaiveld in een bijna vijf meter brede strook direct langs de sloot. Het betreffende perceel is waarschijnlijk opgehoogd. Een dergelijke ophoging kan de grondwaterstand behoorlijk beïnvloeden. Het maaiveld op de locatie van meetpunt 2 is ongeveer gelijk aan de hoogte in het model.

De grondwaterstand daalt sterk in de periode waarin de metingen zijn gedaan waarbij de berekende waarden wat hoger zijn dan de gemeten waarden. Factoren die hierbij een rol spelen zijn onder andere de maaiveldhoogte (puntwaarde bij de meting en gemiddelde waarde van groter gebied uit AHN in het model) en de freatische bergingscoëfficiënt, die de snelheid van dalen en stijgen bepaalt.

Wat verder opvalt is dat zowel de berekende als de gemeten grondwaterstanden in meetpunt 1 boven het slootpeil (NAP – 6.70 m) liggen, en in meetpunt 2 onder het slootpeil (NAP – 6.70 m) liggen.

Uit een achttal metingen van Acacia Water in de periode tussen 9 en 26 mei 2008 bleek dat enkele dagen neerslag de grondwaterstand in Groot Mijdrecht meerdere decimeters kan doen stijgen (Acacia Water, 2008). In de droge dagen daarna bleek de grondwaterstand door verdamping en drainage ook weer vrij snel richting het niveau van voor de neerslag terug te zakken. Dit gegeven onderschrijft de relatief snelle werking van dergelijke systemen, wat het moeilijk maakt om met incidentele metingen de GHG en GLG vast te leggen.

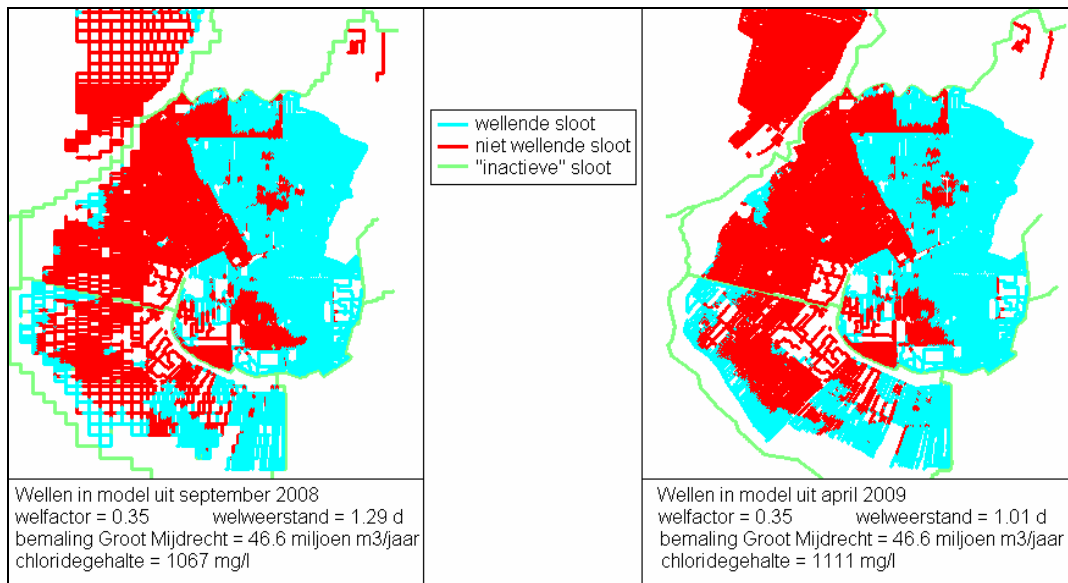
5.3.3 Wellen

Na de tijdsafhankelijke calibratie van de infiltratieweerstand beschreven in de voorgaande paragrafen, is een stationaire calibratie voor de parameters uit de wellenregel uitgevoerd.

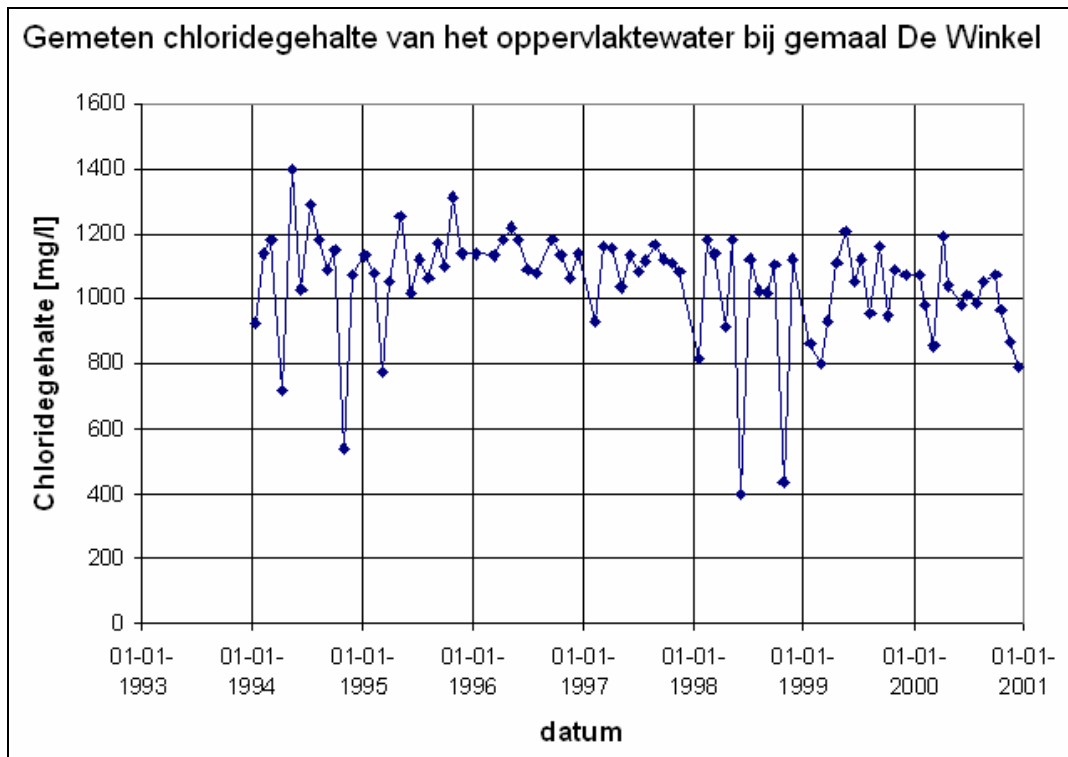
Voor dit onderzoek gebruiken we een ander netwerk dan in het vorige model met over het algemeen kleinere rekenelementen. Omdat de invloed van de sloten (lijnen) wordt uitgesmeerd over de breedte van de rekencellen (vlakken) waar ze deel van uitmaken, kan worden verwacht dat de welweerstand afhankelijk is van de grootte van de rekenelementen. Bij kleinere elementen zal namelijk meer radiale weerstand voor de toestroming uit het watervoerend pakket naar de wellen door de elementen gesimuleerd worden en behoeft dus minder radiale weerstand aan de wellen toegekend te worden. Voor de welfactor geldt geen vergelijkbare redenering en ten opzichte van de vorige versie van het model is de welfactor dan ook niet veranderd. De welweerstand moest nu –zoals verwacht- iets kleiner worden. In de vorige versie van het model is deze gecalibreerd op 1.29 dag. In de versie van het model dat voor dit onderzoek is gebruikt, bedraagt de waarde van deze weerstand 1.01 dag.

Figuur 9 geeft het calibratieresultaat voor de wellen in en rond Groot Mijdrecht. Dit is nauwelijks veranderd ten opzichte van de vorige versie van het model. In deze versie van het model, uit september 2008, zijn de rekencellen (rechthoeken met een minimum zijde van 25 m) wat groter dan de model-rekencellen voor deze studie zijn gebruikt (driehoeken met een maximum zijde van 25 m). Daarom is de welweerstand in het model dat voor deze studie is gebruikt iets lager dan in de vorige modelversie.

Ook het berekende gemiddelde chloridegehalte van het uitgemalen water ligt in de laatste versie van het model in dezelfde orde van grootte als dat uit de vorige versie van het model. Uit de gemeten waarden en uit de variatie daarin (Figuur 10) is moeilijk op te maken welke gemiddelde waarde realistischer is.



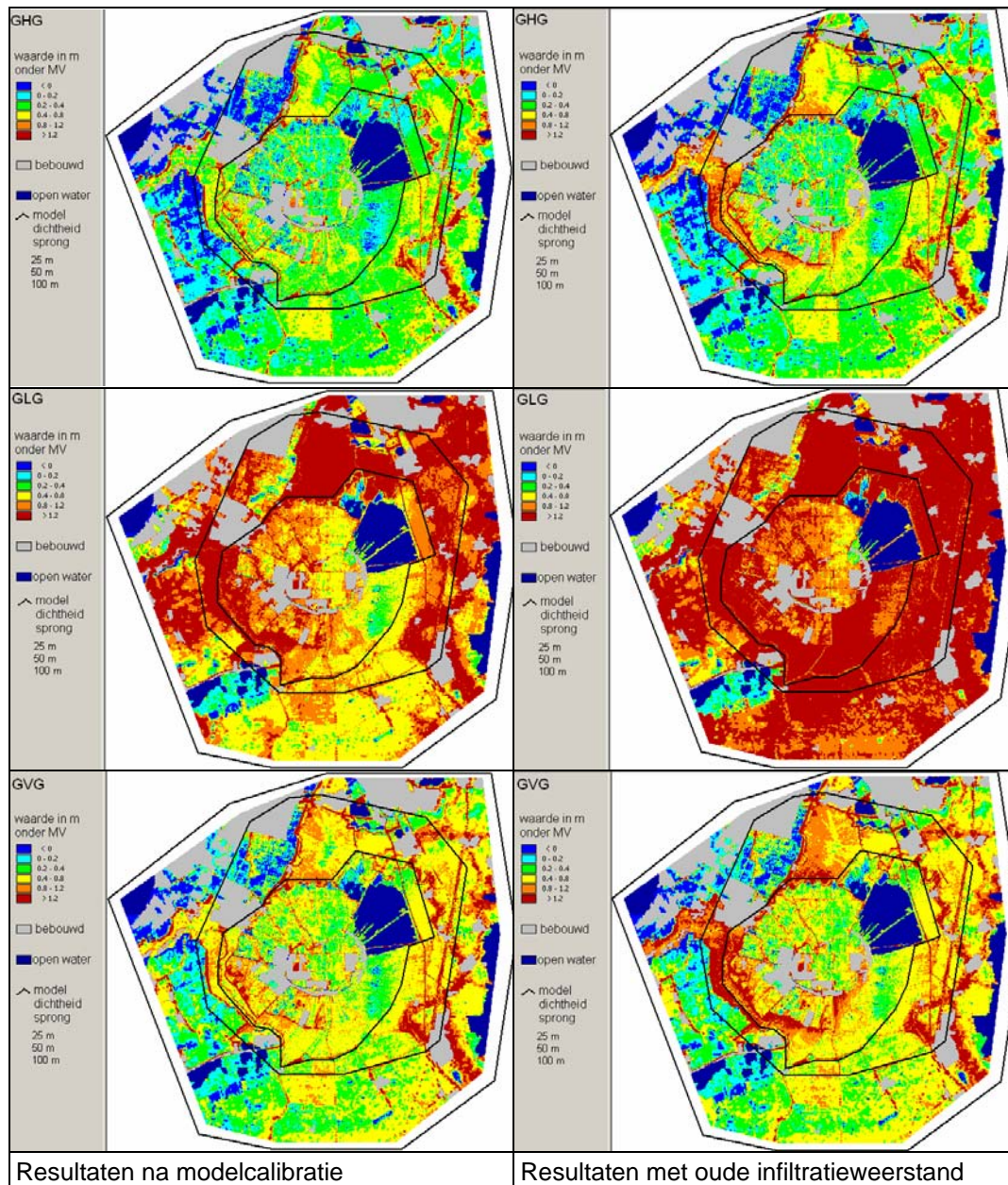
Figuur 9 Overzicht van de wellende sloten in het model



Figuur 10 Gemeten chloridegehalte van het uitgemalen water

6 Modelresultaten

Figuur 11 geeft een overzicht van de berekende GHG, GLG en GVG. De linkerhelft van deze figuur geeft de uiteindelijk berekende resultaten weer. In aansluiting op het hoofdstuk calibratie geeft de rechterhelft de resultaten zoals die zouden zijn verkregen zonder hercalibratie van het model.



Figuur 11 Berekende resultaten na (links) en voor (rechts) calibratie van de infiltratieweerstand

Uit deze figuur blijkt nogmaals het nut van de uitgevoerde calibratie. Met name voor wat betreft de GLG is het beeld door de calibratie sterk veranderd. Een van de conclusies uit de rapportage van de vorige versie van het model was dat de resultaten van dat model in het algemeen als “te droog” kunnen worden gekwalificeerd. De resultaten van het huidige onderzoek zijn wat dat betreft een stuk realistischer.

De zwarte lijnen in deze figuren geven de gehanteerde modeldichtheid weer. De driehoekige elementen in de binnenste rand (het onderzoeksgebied) hebben een zijde van 25 meter. In de zone daarbuiten is de grootte van de zijde van de driehoeken 50 meter. In de buitenste zone, tot de modelrand is dat 100 meter.

De grijze vlakken in de figuren geven het bebouwde gebied weer. Door de in het algemeen onbekende drainage en riolering in deze gebieden is de betrouwbaarheid van de berekende resultaten in bebouwde gebieden laag. De donkerblauwe vlakken duiden op oppervlaktewater.

7 Samenvatting, conclusies en discussie

In dit onderzoek is een grondwatertrappenkaart vervaardigd voor de polder Groot Mijdrecht en omgeving. Het onderzoek is uitgevoerd door een consortium van Acacia Water, Royal Haskoning en Deltares. De grondwatertrappenkaart bestaat uit kaarten van de GHG, GLG en GVG, respectievelijk de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand en de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand. De resultaten van het onderzoek zijn toeleverend aan een overkoepelend onderzoek naar de grondwatertrappenkaart voor de provincie Utrecht, dat uitgevoerd wordt door adviesbureau Tauw en de Universiteit van Utrecht. In het kader van het overkoepelend onderzoek zijn twee meetrondes van grondwaterstanden uitgevoerd in maart en augustus 2008.

Het bestaande grondwatermodel van Groot Mijdrecht en omgeving uit september 2008 is voor dit onderzoek verder geoptimaliseerd. De grondwaterstand bleek in droge perioden, en dan vooral in infiltratiegebieden, te ver weg te zakken. Door middel van tijdsafhankelijke en stationaire calibratie waarbij voornamelijk de infiltratieweerstand is verbeterd, is deze onvolkomenheid weggenomen.

De belangrijkste conclusies van het onderzoek zijn:

- 1 De tweede GxG-meetronde in augustus 2008 zijn voor deze regio niet geschikt voor de bepaling van de GLG. De reden is dat de maand voorafgaande aan deze metingen zeer nat was.
- 2 De eerste GxG-meetronde in maart 2008 geeft voor deze regio relatief meer inzicht in de GHG. Beperking hierbij is wel dat de twee dagen voor de meting veel neerslag is gevallen;
- 3 De bruikbaarheid van de GxG-metingen is zeer beperkt doordat geen maaiveldshoogten zijn bepaald en doordat de metingen uit de twee meetronden op verschillende locaties zijn uitgevoerd;
- 4 Het is moeilijk om op basis van incidentele metingen aan de grondwaterstand de GHG en GLG van een snelwerkend grondwatersysteem vast te stellen.
- 5 Door reeds beschikbare meetreeksen van buiten polder Groot Mijdrecht en resultaten van veldwerk uit 2008 kon het model aanvullend geijkt worden;
- 6 De door het aanvullend geijkte model berekende GHG, GLG en GVG zijn significant verbeterd ten opzichte van de berekening uit 2008.

De grondwaterstand in snelwerkende systemen varieert snel onder invloed van vooral neerslag en in iets mindere mate verdamping en drainage. Een grondwatermodel dat de processen in de onverzadigde zone slechts summier beschrijft, en mede daarom met relatief grote tijdstappen rekent, kan deze snelle reactie niet exact beschrijven. De bepaling van GHG, GLG en GVG berust echter op gemiddelden over een periode van vele jaren. Daardoor, en door de middeling van neerslag en verdamping over een decade, is een dergelijk grondwatermodel toch geschikt om hierover uitspraken te doen.

De huidige definitie van de grondwatertrappen gaat uit van twee metingen per maand (de 14de en de 28ste van iedere maand). Voor snelwerkende grondwatersystemen berusten de waarden van deze metingen echter op toeval. Hoe langer de meetperiode, hoe beter deze toevalstreffers worden uitgemiddeld. Daar staat echter tegenover dat ook de kans op ingrepen, die de grondwaterstand beïnvloeden, groter wordt. Volgens de definitie zou een periode van 30 jaar gebruikt moeten worden, maar dit wordt vrijwel nooit toegepast (omdat 1. geen meetreeksen beschikbaar zijn van deze lengte zonder ingrepen in het watersysteem 2. een dergelijke periode zeer lange berekeningen vraagt. Dit pleit er voor om voor snelwerkende grondwatersystemen een andere manier te ontwikkelen om de grondwatertrappen (GHG, GLG en GVG) te bepalen.

8 Referenties

- Royal Haskoning & WL | Delft Hydraulics (2003). De blauwe motor van het Parklandschap.
- WL | Delft Hydraulics (2004). Onderbouwing Wateropgave De Ronde Venen.
- WL | Delft Hydraulics (2006) Grondwateronderzoek Verkenning Water Groot Mijdrecht Noord, oktober 2006.
- WL | Delft Hydraulics (2007) Beschrijving grondwatermodel Groot Mijdrecht, Delft, december 2007.
- Acacia Water (2008) Grondwateronderzoek Verkenning Water Groot Mijdrecht Noord tweede fase: Aanvullend veldonderzoek Groot Mijdrecht Noord.
- Royal Haskoning, Deltares, Acacia Water (2008) Groot Mijdrecht: beschrijving Triwaco – ModflowSWI model, september 2008.