

stowa

BIJLAGE I

VALIDATIE NHI

WATERSCHAP VELUWE



RAPPORT

2011
w02

BIJLAGE I
VALIDATIE NHI WATERSCHAP VELUWE

RAPPORT

2011
W02



Validatie NHI voor het waterschap Veluwe

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Opdrachtgever:
Stowa

Validatie NHI voor het waterschap Veluwe

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Rapport

december 2010

Inhoud

1	Inleiding	3
	1.1 Aanleiding validatie NHI	3
	1.2 Aanpak.....	4
2	Neerslag en verdamping	6
	2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen	6
	2.2 Berekeningsprocedure model neerslag.....	9
	2.3 Verdampingsberekening in NHI.....	10
	2.4 Referentie en actuele verdamping	11
3	Oppervlaktewater	13
	3.1 Schematisatie van het beheergebied van het waterschap Veluwe in NHI	13
	3.2 Aanvoer en afvoer	14
4	Grondwaterstanden	15
	4.1 Inleiding.....	15
	4.2 Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden.....	16
	4.3 Samenvatting	25
5	Chlorideconcentraties	26
6	Conclusies en aanbevelingen	27
	6.1 Conclusies	27
	6.2 Aanbevelingen	27
7	Literatuur	28

1 Inleiding

1.1 Aanleiding validatie NHI

In het deelprogramma Zoetwater van het Deltaprogramma, wordt de besluitvorming van het kabinet voorbereid over de zoetwatervoorziening op de lange termijn en de “geen-spijt”-maatregelen op korte termijn. Het deelprogramma wordt getrokken door DG Water van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. De projectgroep is samengesteld uit DGW, LNV, VROM, IPO, VNG, Unie van Waterschappen en Rijkswaterstaat. Binnen het deelprogramma Zoetwater wordt voor de onderbouwing van de besluitvorming de “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening” uitgevoerd door Rijkswaterstaat Waterdienst en Deltares. Zowel waterbeheerders als watergebruikers worden bij het proces betrokken d.m.v. informatiebijeenkomsten. De “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening”, na voorbereidende activiteiten in 2009, zal in de periode 2010 – 2013 worden vervolgd met analyse van beleidsstrategieën.

In de beleidsanalyse wordt vanaf medio 2010 gebruik gemaakt van modellen. Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) staat aan de basis van de watersysteemanalyses, vanwege de samenhang en consistente benadering van het Nederlandse watersysteem in dit instrumentarium. Het NHI is ontwikkeld door Deltares en Alterra en is op 1 april 2010 als versie 2.0 opgeleverd aan Rijkswaterstaat Waterdienst. Gedurende de looptijd van de “Landelijke verkenning zoetwatervoorziening” zal een jaarlijkse herziening van het NHI uitkomen. Met het NHI worden diverse scenario’s voor bijvoorbeeld het klimaat en het landgebruik (c.q. de watervraag) doorgerekend. Ook effecten van maatregelen worden met het instrumentarium doorgerekend, waarmee het een belangrijke plaats inneemt in het hele proces dat moet leiden tot een kabinetsbesluit. Dat stelt twee belangrijke eisen aan het NHI:

- Het NHI moet inzetbaar zijn voor de waterverdelingsvraagstukken op nationale schaal;
- Het NHI moet inzetbaar zijn voor het bepalen van de regionale watervraag en -waterbeschikbaarheid.

Het NHI is goed inzetbaar op nationale schaal als het ook de regionale watervraag goed berekent. Met de term „inzetbaar” wordt bedoeld dat effecten van klimaatveranderingen en effecten van maatregelen met voldoende nauwkeurigheid op regionale schaal kunnen worden berekend. De term „voldoende nauwkeurigheid” is tot op heden niet nader gespecificeerd, maar houdt minimaal in dat de modelresultaten voor de huidige situatie door de regionale waterbeheerders worden herkend en erkend.

De regionale waterbeheerders hebben de volgende belangen bij een goed functionerend NHI:

- Het NHI is de basis voor een kabinetsbesluit over de waterverdeling in Nederland op de lange termijn. Verder zal het NHI door Rijkswaterstaat in geval van actuele droogte worden ingezet voor advies aan de LCW over de operationele waterverdeling. De waterschappen hebben als belanghebbenden bij de waterverdeling (zowel beleidsmatig als operationeel) daarom een belang bij een goed functionerend NHI.
- Het NHI biedt potentieel belangrijke baten voor de regionale waterbeheerders:
 - Met het NHI zijn regio-overstijgende uitspraken mogelijk over effecten van inrichtingsmaatregelen en klimaatscenario’s;

- Er kunnen efficiencyvoordelen worden gehaald bij de bouw en het beheer van regionale hydrologische modellen;
- De consistentie van het door de regionale waterbeheerders ontwikkelde beleid wordt beter gewaarborgd.

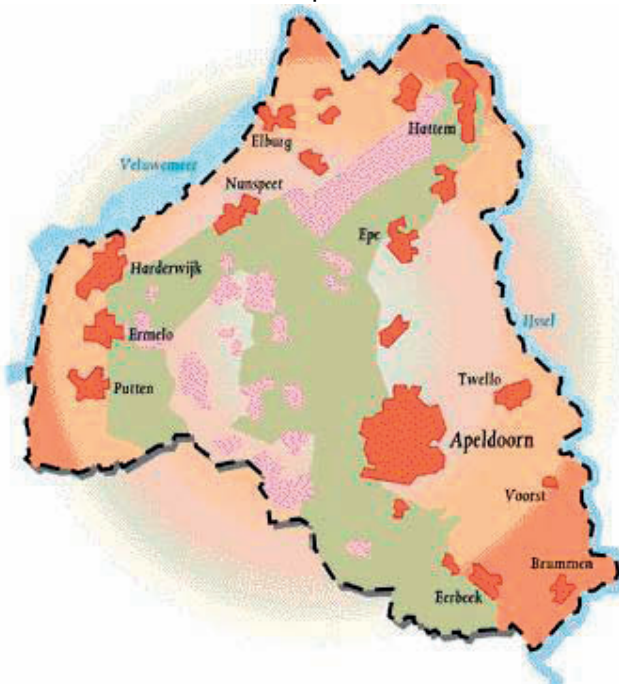
De STOWA vindt het daarom van groot belang dat het presteren van het NHI in de regio wordt getoetst. De berekeningsresultaten van het NHI worden regionaal getoetst aan de volgende hydrologische waarnemingen:

- De opgelegde neerslag hoeveelheden in relatie tot de werkelijk gevallen hoeveelheden neerslag;
- De opgelegde referentieverdamping in relatie tot de werkelijke referentieverdamping
- Aanvoeren en afvoeren op hoofdmeetpunten;
- Actuele verdamping op basis van remote sensing beelden van de actuele verdamping en actuele verdampingswaarden bepaald door Alterra;
- Gemeten freatische grondwaterstanden (met inachtneming van de resolutie van het NHI), met name de dynamiek en het recessieverloop in droge periodes als indicator voor de juistheid waarmee de fysische processen zijn gemodelleerd, en
- Chlorideconcentraties van het oppervlaktewater op de hoofdmeetpunten.

Het betreft hier de toetsing van de NHI versie 2.0, die sinds april 2010 in gebruik is. De toetsing vindt plaats voor de droge zomers van 2003 en 2006 (periode 1 april – 30 september), en aanvullend voor de andere maanden in het jaar om het complete hydrologische gedrag te kunnen beoordelen. De toetsing wordt waar sprake is van regionale droogtestudies gekoppeld aan de betreffende studiegebieden.

1.2 Aanpak

Het waterschap Veluwe omvat 136.000 hectare ten westen van de IJssel en ten zuiden van het Veluwemeer in de provincie Gelderland.



De validatie van het NHI voor het beheergebied van het waterschap Veluwe is uitgevoerd op de reproductie van grondwaterstanden in een aantal peilputten op door het waterschap geselecteerde locaties. Gegevens over de inlaat en afvoer van

oppervlaktewater zijn niet ontvangen zodat een validatie hiervan niet heeft plaatsgevonden. De NHI validaties van de neerslag in het model voor noord, oost, midden en west Nederland hebben tot duidelijke aanbevelingen geleid voor verbeteringen voor geheel Nederland. Deze verbeteringen zijn inmiddels in uitvoering. Daarom is de neerslaganalyse voor de overige waterschappen achterwege gelaten. De bevindingen elders worden wel vermeld. Validatie van de verdamping is ook achterwege gelaten omdat geen metingen van de actuele verdamping in het beheergebied voor 2003 en 2006 voorhanden zijn. Ook zijn geen gegevens ontvangen van chloride concentraties.

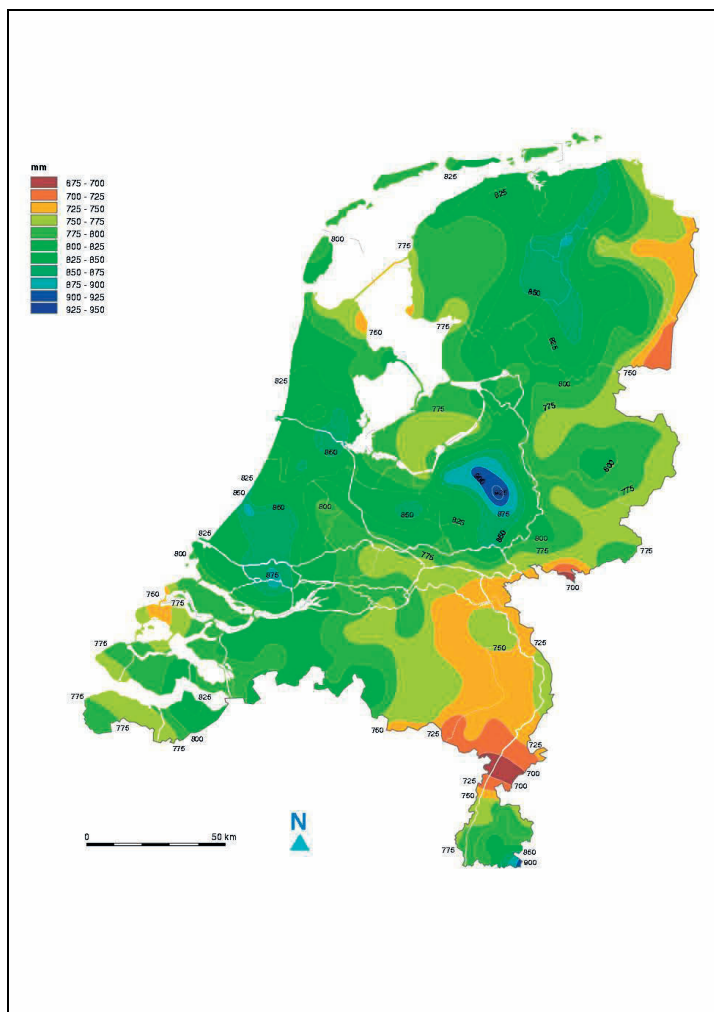
Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt aandacht gegeven aan de neerslag en verdampingskarakteristieken van de geselecteerde jaren 2003 en 2006 in relatie met de normalen. Dit om na te gaan hoe representatief de gekozen jaren zijn voor extreme situaties. Voorts komen in dit hoofdstuk de bevindingen en de aanbevelingen op basis van eerdere analyses aan de orde. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de schematisatie van het beheergebied van het waterschap in het NHI kort besproken. In hoofdstuk 4 zijn de grondwaterstandreeksen zoals aangeleverd door het waterschap vergeleken met de dagelijkse grondwaterstanden zoals die door het NHI zijn berekend. Enkele bevindingen van de zoutmodellering in het NHI op basis van analyses voor andere waterschappen zijn weergegeven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6, tenslotte, zijn de conclusies samengevat en worden aanbevelingen voor verbeteringen gegeven.

2 Neerslag en verdamping

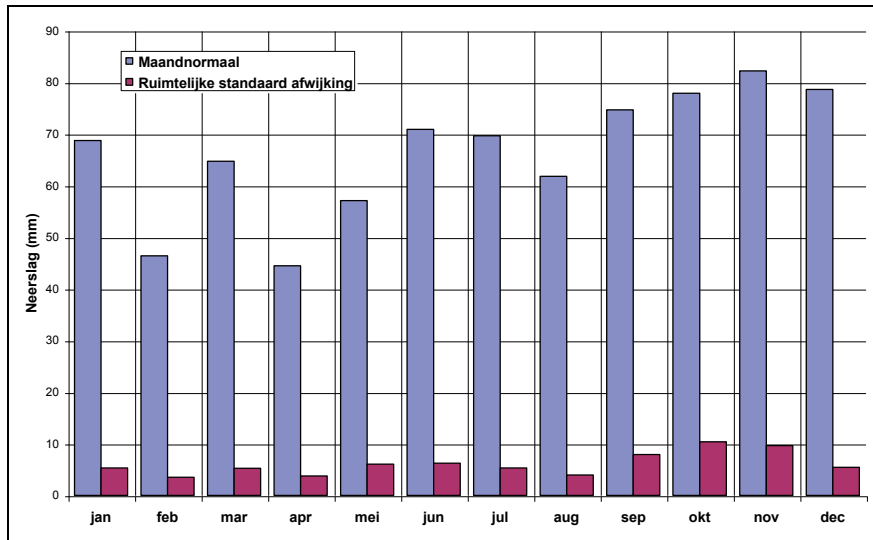
2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Nederland in de periode 1971-2000 (periode voor de bepaling van de normalen) op basis van de neerslagstations uitgerust met een standaard regenmeter bedroeg 797 mm, met een ruimtelijke standaardafwijking van 41 mm. In het waterschap Veluwe is de jaarneerslag normaal het hoogst rond Beekbergen – Apeldoorn – Elspeet met waarden boven 900 mm (de hoogste waarden van Nederland) en het laagst langs het Veluwemeer in het noorden van het beheergebied, zie Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Gemiddelde jaarneerslag periode 1971-2000 (bron: KNMI)

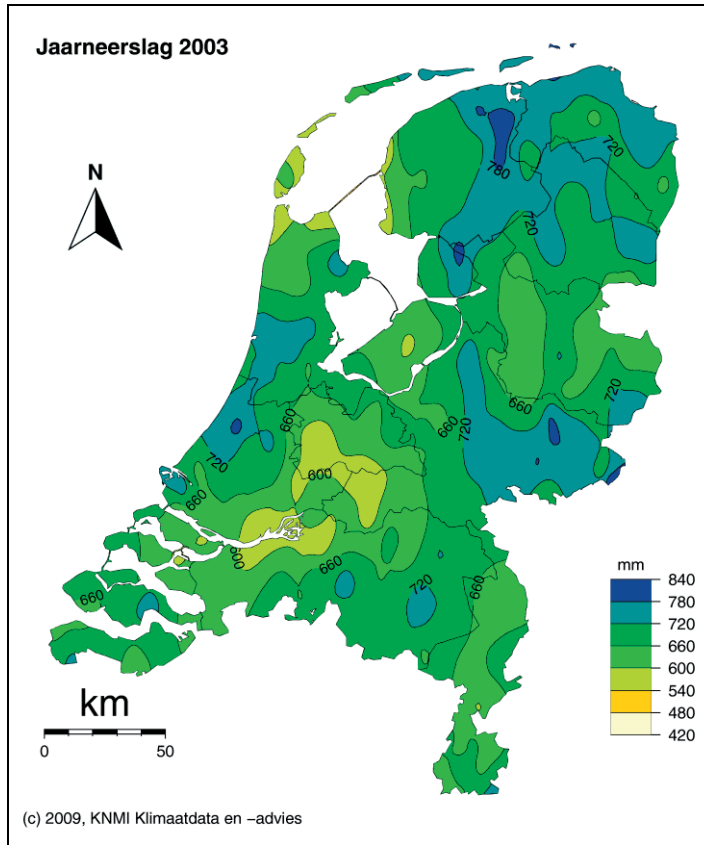
De maandnormalen voor Nederland zijn weergegeven in Figuur 2.2. Ruim 47% (379 mm) van de neerslag valt gemiddeld genomen in het groeiseizoen (1 april – 30 september). De maanden met de minste neerslag zijn normaal februari en april, terwijl de hoogste waarden optreden in het najaar



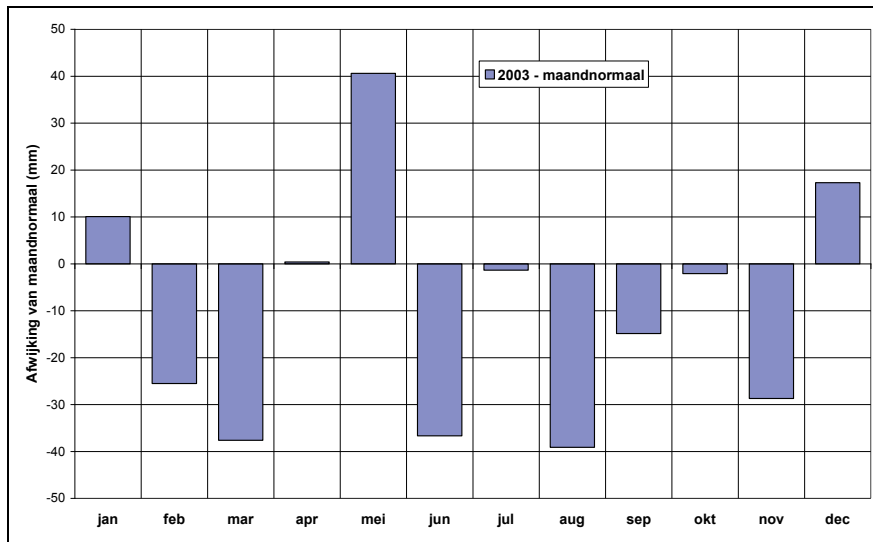
Figuur 2.2 Maandneerslagnormalen voor Nederland

De verdeling van de jaarneerslag som in 2003 is weergegeven in Figuur 2.3. Voor het waterschap Veluwe was de neerslag het hoogst langs de noordzuidas, maar aanzienlijk lager dan de normaal. In 2003 was de jaar- en seizoenneerslagsom in Nederland respectievelijk 118 en 51 mm lager dan normaal. De afwijking van de maandsommen van de normalen is weergegeven in Figuur 2.4. Met uitzondering van de maand mei waren de neerslagsommen in de overige maanden in het groeiseizoen gelijk aan of lager dan de normaal. Dit heeft er toe geleid dat het potentiële neerslagtekort aan het einde van het groeiseizoen aanmerkelijk groter is geweest dan in een gemiddeld jaar, ook al omdat de referentie verdamping in 2003 hoger was dan gemiddeld.

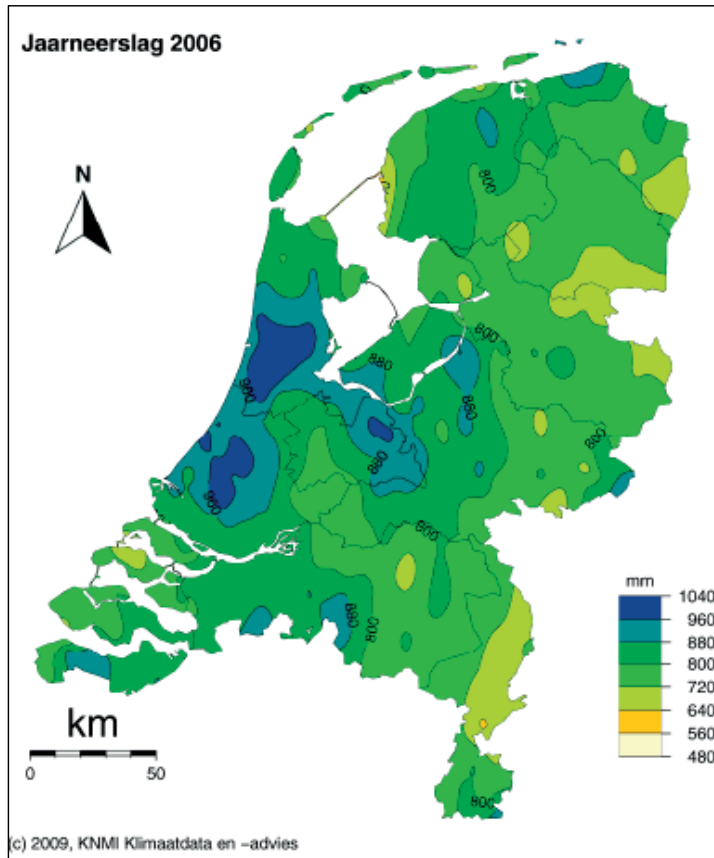
De isohyeten van de jaarneerslag voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 2.5. De noord-zuidtrend voor de Veluwe is dezelfde als in 2003 echter op een hoger niveau. De jaarneerslagsom voor 2006 bedroeg in Nederland 814 mm, dat is 17 mm meer dan normaal. In het groeiseizoen was de neerslagsom 403 mm, 24 mm hoger dan normaal. De afwijking van de maandneerslag in 2006 van de normalen is gepresenteerd in Figuur 2.6. Opvallend is dat de maanden juni en juli droger waren dan gemiddeld en augustus veel natter. De verdamping in 2006 was hoger dan normaal. Samen met de droge maanden juni en juli heeft dit ervoor gezorgd dat het potentiële neerslagtekort eind juli 2006 extreem groot is geweest, van dezelfde orde van grootte als in 2003 aan het eind van het groeiseizoen. Omdat het tekort in 2006 zich in het midden van het groeiseizoen heeft voorgedaan zijn de consequenties voor de landbouw potentieel ernstiger geweest bij onvoldoende waterbeschikbaarheid. Dit ondanks dat de neerslag in 2006 iets boven normaal is geweest. Door de zeer natte maand augustus in dat jaar is het neerslagtekort goeddeels tenietgedaan, om vervolgens weer te groeien door de droogte in september. Door deze opeenvolging van natte en droge perioden is het jaar 2006 uitermate geschikt voor validatie van het NHI. De watervraag in dat jaar is groot en variabel geweest, met veel dynamiek in de wateraanvoer. Ook de grondwaterstanden hebben sterk gefluctueerd, waarbij vooral de juiste reproductie in het model van de timing en de grootte van de respons van het freatische grondwater op de neerslag in augustus na de uitdroging gedurende de droge maanden juni en juli interessant is.



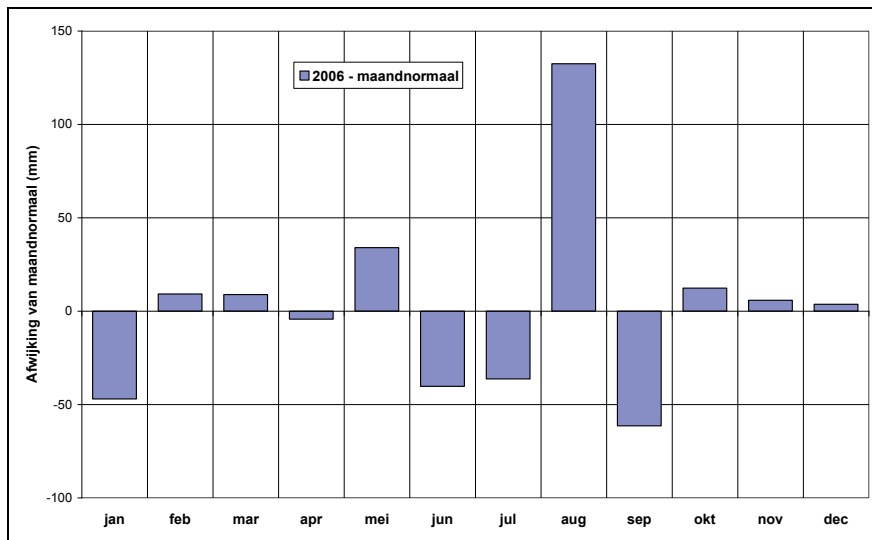
Figuur 2.3 Jaarneerslag in 2003 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



Figuur 2.4 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2003 van de maandnormalen



Figuur 2.5 Jaarneerslag in 2006 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



Figuur 2.6 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2006 van de maandnormalen

2.2 Berekeningsprocedure model neerslag

De methode die in het NHI in de huidige versie gebruikt is voor de bepaling van de ruimtelijke verdeling van de neerslag is gebaseerd op de gemeten neerslag bij de hoofdstations, die met een Thiessennetwerk wordt toegekend aan de rekencellen. Vervolgens wordt per rekencel gecorrigeerd voor de ruimtelijke verdeling volgens de *jaarnormalen* van het neerslagnetwerk (zie Deelrapport Neerslag en Verdamping, NHI, 2008). Dit houdt in dat voor een beheergebied slechts één of enkele meteorologische stations de waarden bepalen. Deze procedure is voor het analyseren van tendensen in

het gemiddeld gedrag over lange perioden mogelijk aanvaardbaar, maar zeker niet voor het analyseren van extremen en analyse van afzonderlijke jaren. Aangevoerd kan worden dat deze procedure in afzonderlijke maanden tot aanzienlijke afwijkingen kan van de opgetreden neerslag kan leiden, ook al zouden de jaarsommen gelijk zijn. In de volgende NHI-versie worden de metingen van alle neerslag en meteorologische stations in beschouwing genomen, terwijl de ruimtelijke verdeling verder wordt verbeterd door de puntmetingen ook te combineren met radarwaarnemingen.

Voorts is gebleken dat op de meteorologische stations met een 4 dm² regenmeter gemiddeld genomen minder neerslag wordt gemeten dan op de neerslagstations met een standaard regenmeter met een 2 dm² grote opvangtrechter. Dit verschil kan verklaard worden door meetonzuiverheden t.g.v. windeffecten. De gepresenteerde neerslaggegevens zijn niet gecorrigeerd voor wind. Hierdoor is de neerslag onderschat. Op basis van onderzoek in het Hupselse Beekgebied (Warmerdam, 1982) zijn de afwijkingen in de metingen op de meteorologische stations orde 7 tot 8 % op jaarbasis te verwachten en op de neerslagstations van orde 4%. Aan de onzuiverheid in de neerslaggegevens dient men in het vervolg van de modelontwikkeling aandacht te geven.

2.3 Verdampingsberekening in NHI

In het NHI is voor de verdampingsberekening bij de geanalyseerde simulaties de referentiegewasverdamping volgens Makkink ET_{ref} het vertrekpunt geweest (SIMGRO 7.1.0 manual, Theory and model implementation, van Walsum et al., 2010). Merk op dat NHI v2.0 ook potentiële gewasverdamping met de Penman-Monteith methode toelaat (in twee varianten: direct met de relevante gewassenmerken of indirect als een referentieverdamping met een gewasfactor), maar hiervoor is niet gekozen. Met de Makkink referentie verdamping worden op dagbasis 4 hulpvariabelen bepaald:

- ET_{w0} = verdamping van een nat gewasoppervlak (wet canopy)
- ET_{p0} = verdamping van een droog gewasoppervlak (dry canopy)
- E_{p0} = verdamping van een natte kale grond (wet, bare soil)
- E_0 = verdamping van plassen op het oppervlak (ponded soil)

Deze grootheden worden verkregen door de referentieverdamping te vermenigvuldigen met een „gewasfactor“, die voor een gewasoppervlak afhangt van het soort gewas en het groeistadium (seizoen), c.q. type grond. De totale verdamping E_{tot} in het NHI is de som van 4 verschillende processen:

- verdamping van interceptiewater E_i ,
- transpiratie van gewas T_a ,
- verdamping van water in plassen E_{pond} , en
- verdamping van kale grond E_a .

$$E_{tot} = E_i + T_a + E_{pond} + E_a \quad (2.1)$$

Per rekentijdstap wordt eerst de verdamping van interceptiewater berekend, E_i . Deze is een functie van de gewasbedekkingsgraad van de bodem, de vullingsgraad van het gewasinterceptiereservoir en de potentiële verdamping van een nat gewasoppervlak ET_{w0} . De verhouding $W_{frac} = E_i / ET_{w0}$ geeft de relatieve duur van interceptiewaterverdamping binnen een tijdstap aan. Die duur wordt in mindering gebracht op de gewastranspiratie en de bodemverdamping.

Vervolgens wordt de potentiële bodemverdamping E_p bepaald op basis van de potentiële verdamping van een natte, kale grond E_{p0} gecorrigeerd voor de duur dat interceptieverdamping actief is en een factor die de beschutting van de bodem door gewasbedekking voor instraling weergeeft.

De potentiële transpiratie T_p volgt uit de potentiële verdamping van een droog gewasoppervlak ET_{p0} , gecorrigeerd voor de duur dat interceptieverdamping actief is en verminderd met de potentiële bodemverdamping E_p . De actuele transpiratie T_a wordt berekend uit de potentiële transpiratie gecorrigeerd met een bodemvochtcorrectiefactor volgens het concept van Feddes: potentieel binnen grenzen en daarbuiten lineair afnemend.

De verdamping van water uit plassen E_{pond} is potentieel E_0 , tenzij de verdamping groter is dan de voorraad in de plas. In het laatste geval wordt de actuele verdamping gelijk wordt gesteld aan de beschikbare waterschijf.

Tenslotte wordt de actuele bodemverdamping E_a bepaald volgens de methode van Boesten en Stroosnijder. De verdamping is potentieel als de netto neerslag groter is dan E_p . In perioden zonder neerslag blijft de verdamping eerst nog potentieel totdat een drempelwaarde wordt overschreden, waarna de verdamping terugloopt als functie van een bodemparameter en de wortel uit de geaccumuleerde potentiële verdamping sinds het begin van de regenloze periode.

2.4 Referentie en actuele verdamping

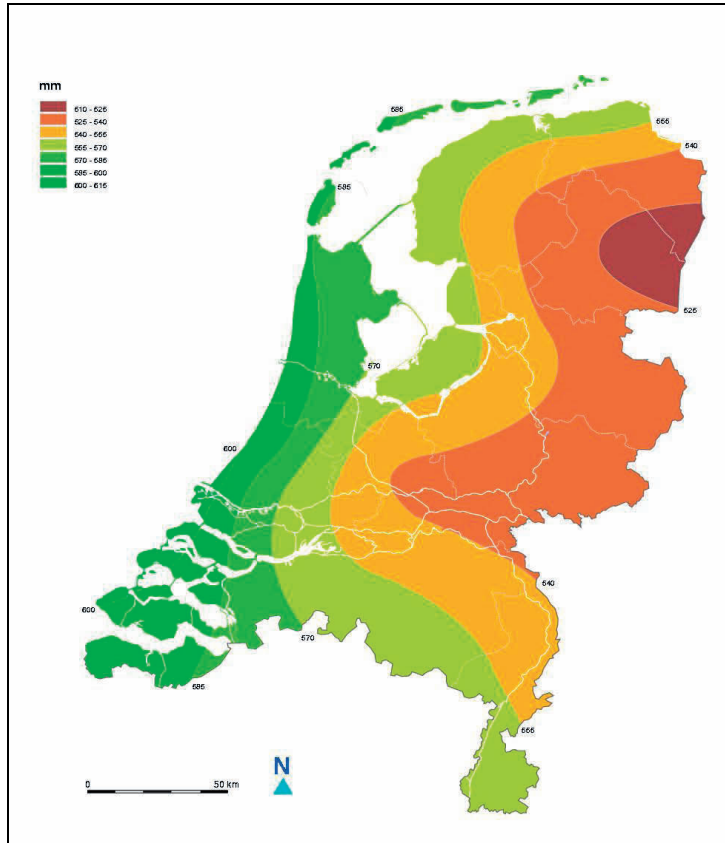
De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse referentieverdamping volgens Makkink is weergegeven in Figuur 2.7. De lijnen van gelijke referentieverdamping lopen parallel aan de kust afnemend van 600 mm in het westen tot 520 mm langs de oostgrens. De verdamping is gemiddeld genomen maximaal in de maanden juni en juli met een referentieverdamping van 3,0 - 3,5 mm/dag. Als voorbeeld is de verdamping van Zuiderzeeland getoond in Figuur 2.8. Deze figuur is zeer representatief voor het gemiddelde verloop van de referentieverdamping in Nederland zonder veel variatie van plaats naar plaats, afgezien van de eerder genoemde oost west trend. Van jaar tot jaar kunnen de waarden wel verschillen met 5 tot 10%.

Analyse van de meetreeksen van neerslag en referentieverdamping voor de Noordoostpolder in het kader van de NHI validatie hebben aangetoond, dat in de tijd:

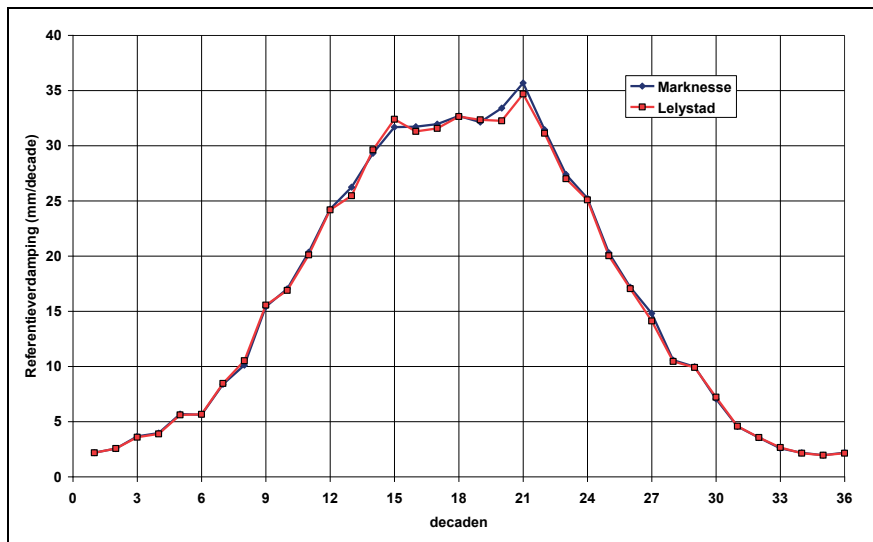
- 1 de neerslagsom in het groeiseizoen geen trend vertoont, maar
- 2 de referentieverdamping in het groeiseizoen een opwaartse trend vertoont van orde 2,5 mm/jaar.

Voorgaande houdt in dat het potentiële neerslagtekort in de laatste decennia is toegenomen. Dit heeft gevolgen voor de benodigde wateraanvoer in het groeiseizoen. In hoeverre deze trend ook in de rest van Nederland optreedt, zal nader onderzocht moeten worden. In dit kader is ook van belang dat statistische analyse van het potentiële neerslagtekort heeft aangetoond dat het maximale tekort in een gemiddeld jaar aan het einde van het groeiseizoen optreedt. Dit maximum verschuift echter naar juni – juli voor de drogere jaren, d.w.z. naar het midden van het groeiseizoen, wanneer watertekorten veel grotere gevolgen hebben voor de gewasopbrengst.

De actuele verdamping wordt in het NHI berekend volgens de procedure die in sectie 2.3 is aangegeven, als functie van gehanteerde gewasfactoren (en dus landgebruik) en de vochttoestand in de bodem.



Figuur 2.7 Gemiddelde jaarlijkse verdamping, periode 1971-2000 (bron: KNMI)

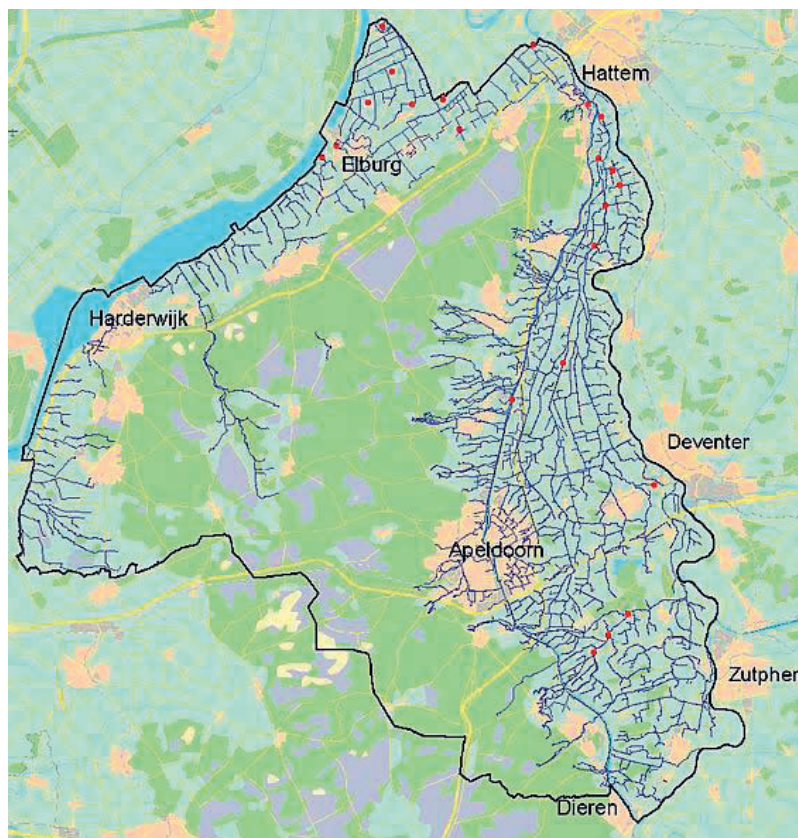


Figuur 2.8 Decadeverdampingsnormalen van KNMI-stations in Zuiderzeeland (bron: KNMI)

3 Oppervlaktewater

3.1 Schematisatie van het beheergebied van het waterschap Veluwe in NHI

De hydraulische infrastructuur in het beheergebied van het waterschap Veluwe is gepresenteerd in Figuur 3.1. De belangrijkste leidingen zijn het Apeldoorns Kanaal van Dieren naar Hattem en parallel en oostelijk daaraan de Nieuwe Wetering en de Grote Wetering. Het waterbezwaar wordt middels vrije lozing en via een aantal gemalen afgevoerd op de IJssel en via vrije lozing en lokaal ook via gemalen op de randmeren.



Figuur 3.1 Hydraulische infrastructuur in beheergebied van waterschap Veluwe (bron: waterschap Veluwe)

In het NHI is het beheergebied geschematiseerd in 3 districten, te weten district 22 IJssel, district 23 Noordoost Veluwe en district 29 Noordwest Veluwe (zie HKV (2009)). Onttrekkingen en lozingen vinden plaats aan en op de IJssel en de Randmeren oost, zie Figuur 3.2.

District IJssel

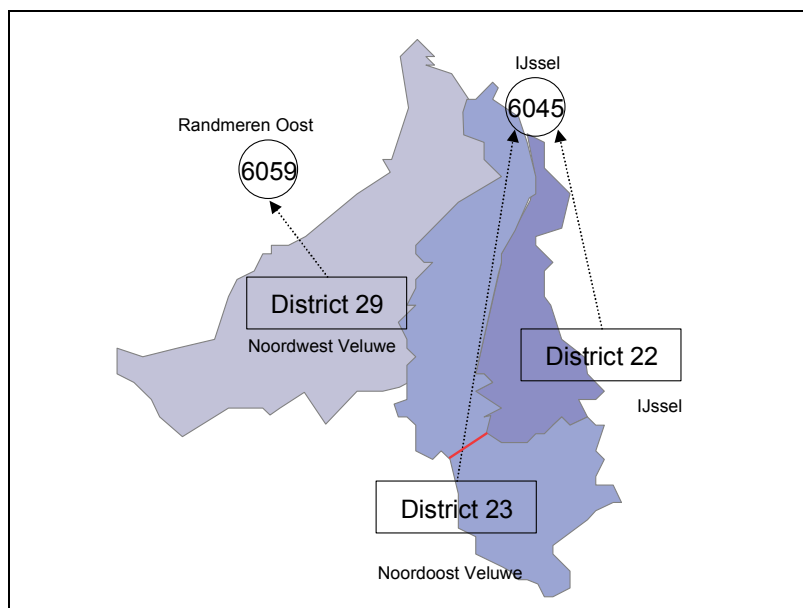
Het district IJssel ligt opgesloten tussen het Apeldoorns Kanaal en de IJssel, maar wisselt geen water uit met het kanaal. In het gebied lopen de Nieuwe Wetering en de Grote Wetering, die de afwatering van het gebied naar de IJssel verzorgen via gemalen. Het Waterschap Veluwe stelt voor de districtsindeling te wijzigen, door het gebied in district 23 (Noordoost Veluwe) ten zuiden van de rode lijn in Figuur 3.2 aan district 22 (IJssel) toe te voegen, in lijn met het huidige beheer.

District Noordoost Veluwe

Het district Noordoost Veluwe watert af op de Apeldoornsch Kanaal af op de IJssel onder vrij verval of via het gemaal bij Wapenveld. Er wordt geen water vanuit de IJssel ingelaten naar het Apeldoornsch Kanaal uit kwaliteitsoverwegingen.

Stroomgebied Noordwest Veluwe

Het stroomgebied Noordwest Veluwe watert af op de randmeren onder vrij verval, met uitzondering van de poldergebieden Oosterwolde en Oldebroek, die op het Drontermeer lozen via gemalen.



Figuur 3.2 Districtindeling beheergebied waterschap Veluwe in NHI (bron: HKV, 2009)

3.2 Aanvoer en afvoer

Het waterschap heeft geen gegevens aangeleverd/beschikbaar van de uitgeslagen waterhoeveelheden in 2003 of 2006 evenmin van de vrije lozingen op de IJssel en de randmeren. Daarom is geen validatie uitgevoerd van de Distributiemodel component van het NHI voor het waterschap Veluwe.

4 Grondwaterstanden

4.1 Inleiding

De grondwaterstanden in het NHI zijn de waarden van de 250 x 250 m roostercel waarin de waarnemingsbuis is gelegen. Door de ruimtelijke middeling in het model is een exacte vergelijking van de hoogte t.o.v. NAP niet zinvol. Daarom is vooral gekeken naar de optredende grondwaterfluctuaties en de reproductie hiervan in het model (dynamiek), het uitputtingsverloop en de maximale variatie over het jaar (range). Voorts is gekeken in hoeverre het model in staat is geweest om het herstel van de grondwaterstand na een zeer droge periode correct te simuleren. Merk op dat van 10 op 11 september 2006 de berekende grondwaterstand voor een aantal locaties een scherpe sprong laat zien t.g.v. een onjuiste modelinvoer, de 9/11 hik (in de figuren rood omcirkeld).

Van een tiental peilbuizen rond de Veluwe zijn grondwaterstanden ontvangen, geselecteerd door het waterschap op gebiedskenmerken. De geselecteerde peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 4.1. De peilbuis B26H0448 bij Harderwijk is buiten beschouwing gelaten omdat voor 2003 hiervoor te weinig en voor 2006 geen grondwaterstanden beschikbaar waren. De bemonsteringsfrequentie varieerde van 1 x per dag tot globaal 1 x per 14 dagen. Bij de lagere bemonsteringsfrequentie valt informatie over de dynamiek van het grondwaterstandverloop weg zodat in die gevallen deze karakteristiek niet is beoordeeld in de vergelijking van het modelresultaat met het gemeten verloop. Het verloop van de grondwaterstandmetingen is bij twijfel over het verloop gevalideerd op de respons op de dagneerslag van een naburig neerslagstation.

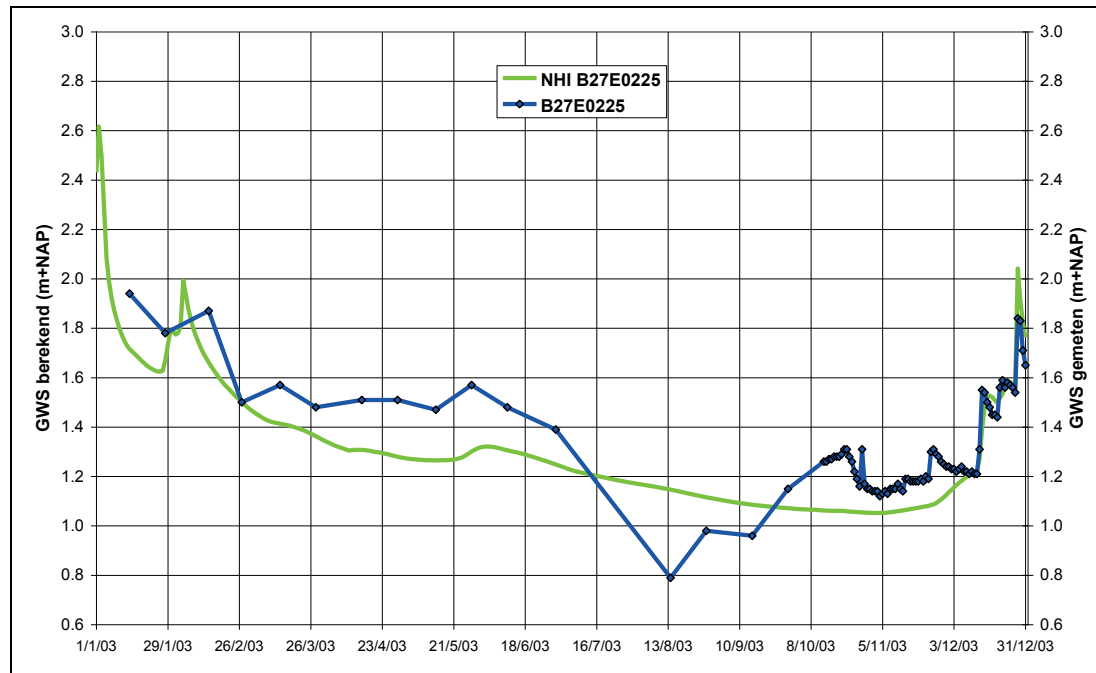
Tabel 4.1 Overzicht van peilbuizen en hun locatie in het waterschap Veluwe

Putcode	Xcoor	Ycoor	Maaiveld (m+NAP)	Locatie	Gebiedskenmerk
B27E0225	202430	488570	2,75	Veessen	polder/peilgestuurd
B21C0816	189320	500285	-0,13	Drontermeer,	polder, peilgestuurd
B27B0305	191100	494670	4,86	Oldebroek	vrijafwaterend
B27B0287	191970	492980	11,27	„t Harde	Veluwemassief geen drainage
B26H0448	176355	486900	1,91	Harderwijk	Hierdense beek/ vrijafwaterend
B32E0063	166320	472220	5,04	Putten - Nijkerk	West Veldbeek; vrijafwaterend
B32F0107	172150	471200	20,76	ZO Putten	vrij afwaterend; gestuwde afzetting
B33E0377	203000	462880	8,67	Klarenbeek - Voorst	vrijafwaterend
B27G0226	201040	478440	3,46	Vaassen - Deventer	peilgestuurd
B33B0062	194098	468325	18,23	Apeldoorn	stedelijk gebied, vrij afwaterend

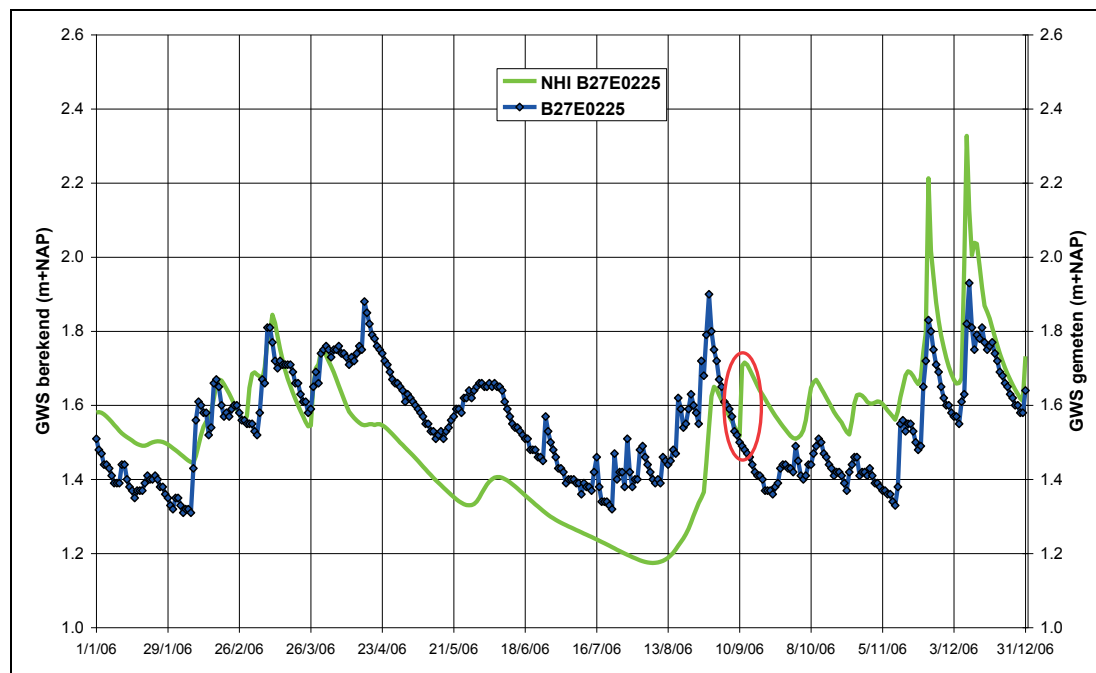
4.2 Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden

Peilbuis B27E0225

Peilbuis B27E0225 bevindt zich nabij Veessen op 1 km van de IJssel. Het maaiveld ter plaatse ligt op 2,75 m+NAP. Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.1 en Figuur 4.2. Voor 2003 geeft het model een redelijke reproductie van het gemeten grondwaterverloop, hoewel de zakking in de zomer wordt onderschat. Voor 2006 blijft de dynamiek van het berekende signaal in het groeiseizoen iets achter bij de meting, maar behoudens de 9/11 hik, wordt voor het overige het verloop goed gereproduceerd. De range wordt goed weergegeven.



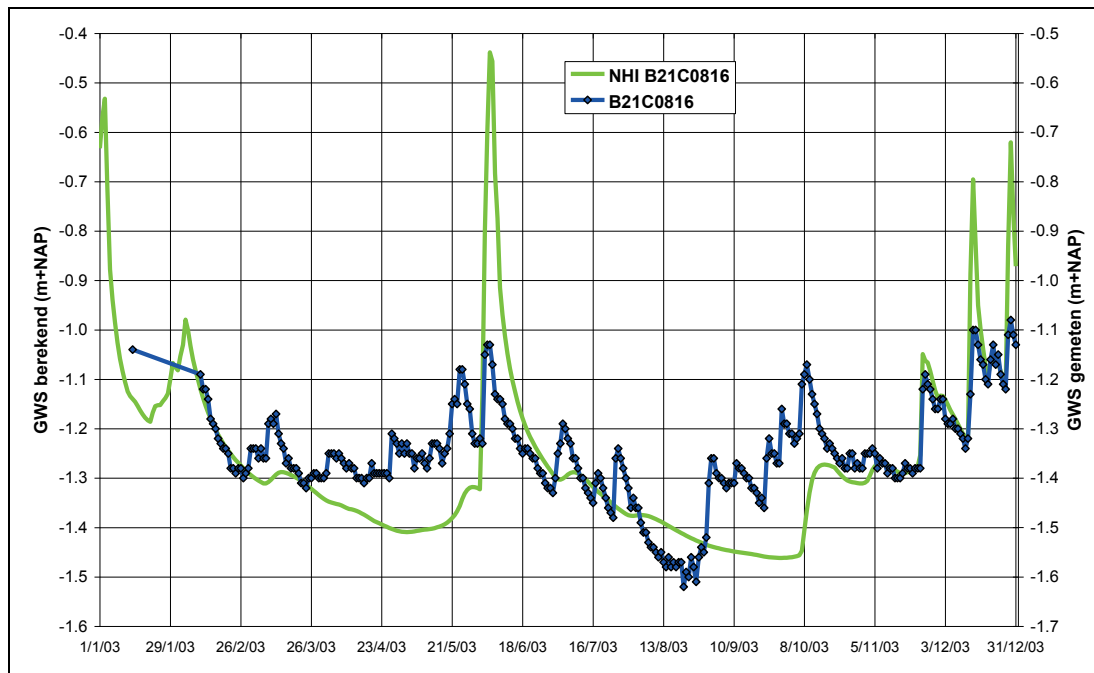
Figuur 4.1 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27E0225 in 2003



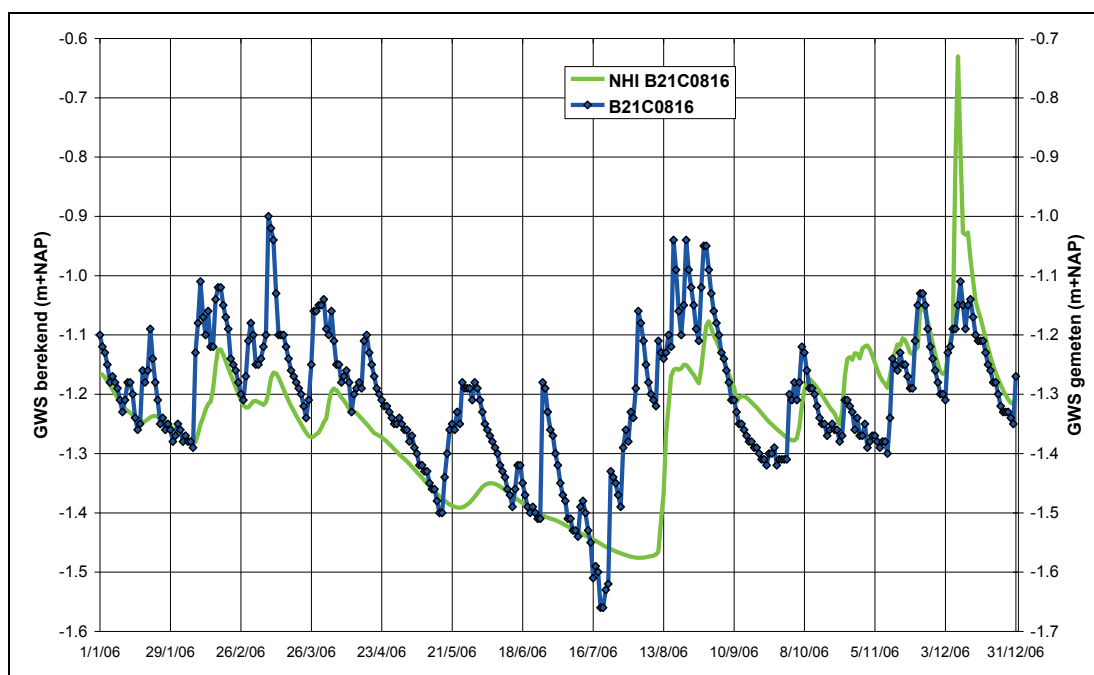
Figuur 4.2 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27E0225 in 2006

Peilbuis B21C0816

Peilbuis B21C0816 is geplaatst tussen Kampen en Elburg in de polder Oosterwolde, op 2 km van het Drontermeer. Het maaiveld ligt juist onder NAP, -0,13 m. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.3 en Figuur 4.4. De figuren geven aan dat het model de dynamiek veelal onderschat, maar incidenteel sterk overschat. Het uitputtingsverloop wordt niet goed weergegeven en het model overschat de range door de plotselinge uitschieters. Het herstel van de grondwaterspiegel na de droge periode komt in zowel 2003 als in 2006 te laat.



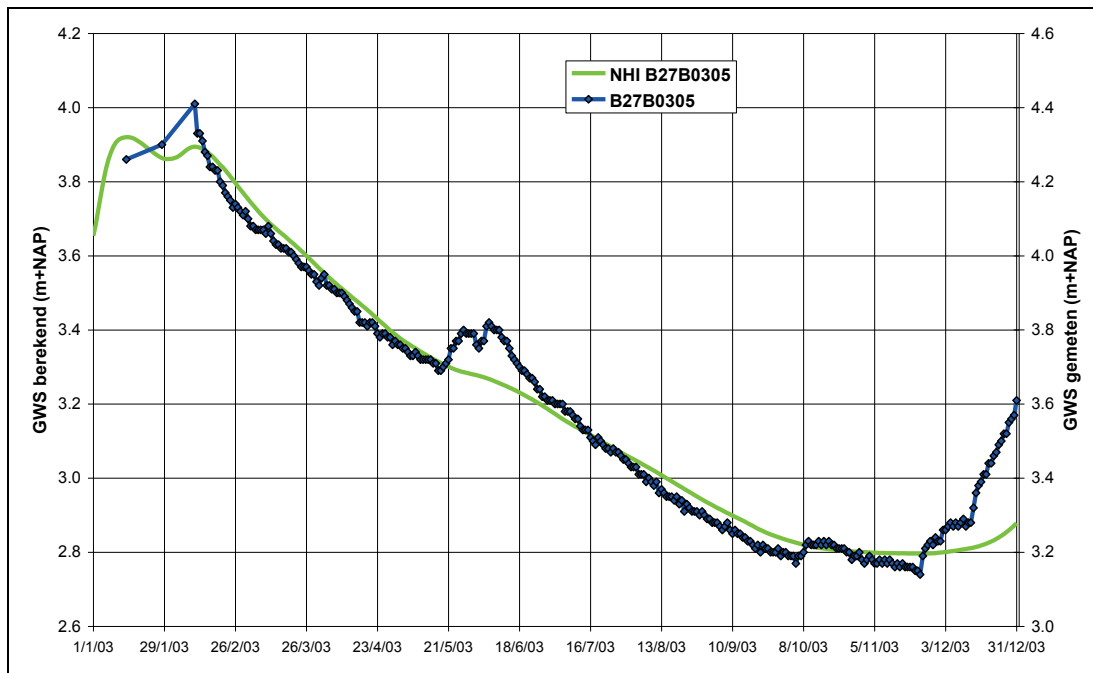
Figuur 4.3 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B21C0816 in 2003



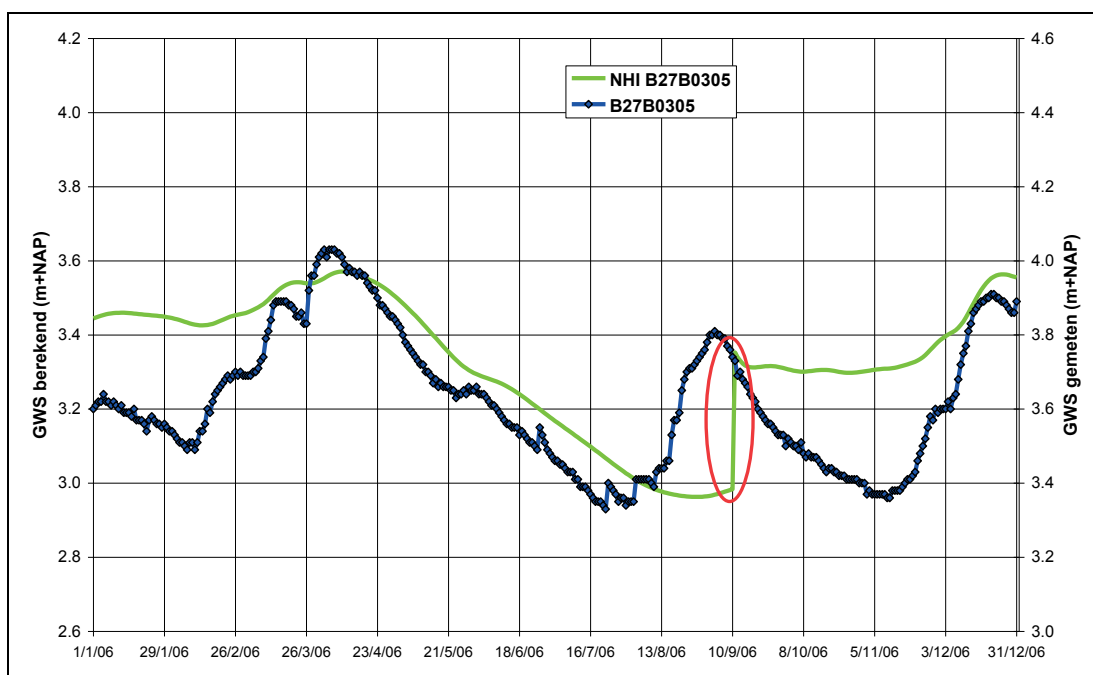
Figuur 4.4 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B21C0816 in 2006

Peilbuis B27B0305

Peilbuis B27B0305 bevindt zich oostelijk van Oldebroek aan de voet van de Woldberg. Het maaiveld ter plaatse ligt volgens de topografische atlas (ANWB, 2010) op 7 m+NAP, maar de putgegevens geven een waarde van 4,86 m+NAP aan. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.5 en Figuur 4.6. Het uitputtingsverloop in zowel 2003 als in 2006 wordt door het model goed gereproduceerd. Het herstel op het eind van 2003 en in augustus 2006 komt te laat. De range wordt goed gesimuleerd, maar de dynamiek wordt onderschat.



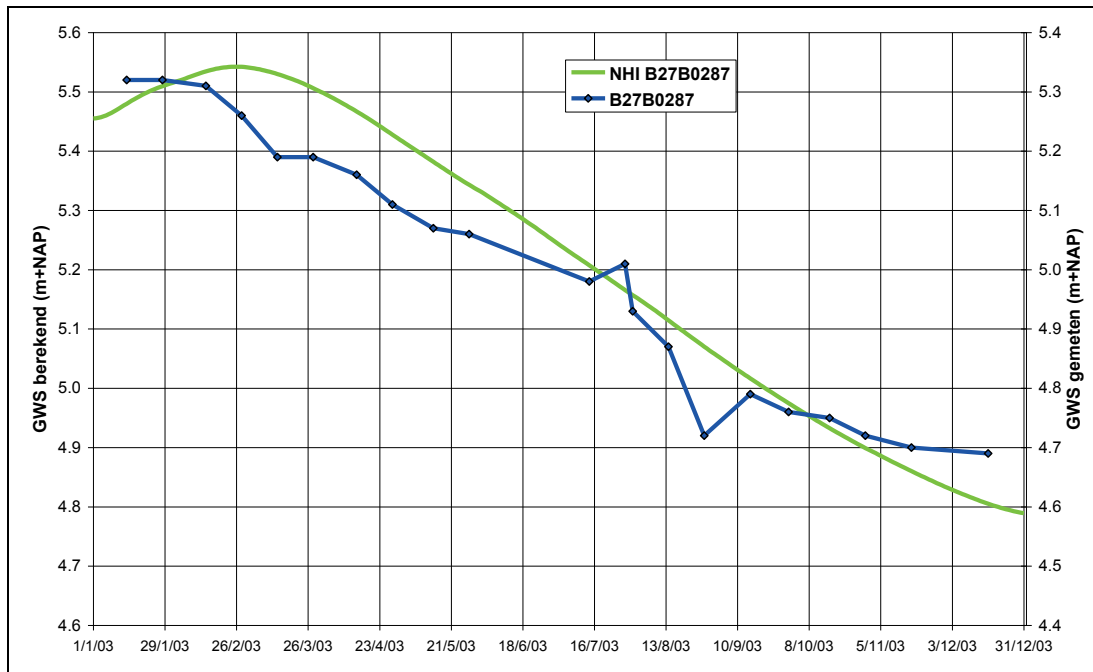
Figuur 4.5 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27E0305 in 2003



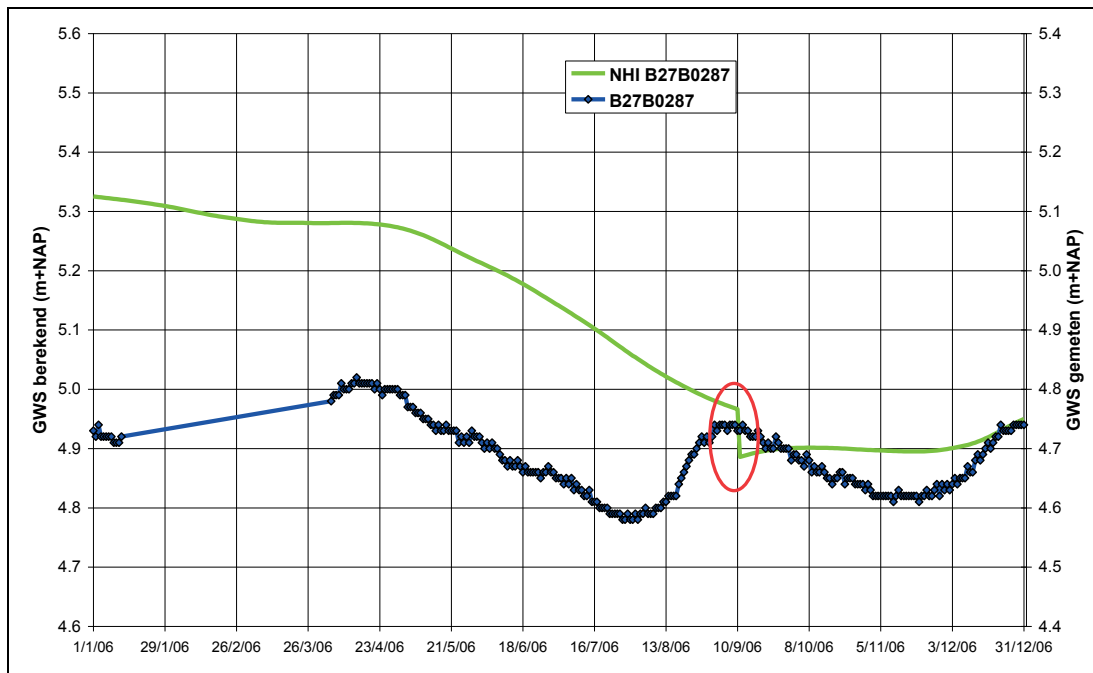
Figuur 4.6 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27E0305 in 2006

Peilbuis B27B0287

Peilbuis B27B0287 ligt binnen 2 km van de vorige peilbuis, oostelijk van 't Harde, ook aan de voet van de Woldberg. Het maaiveld ligt hier op 11,27 m+NAP. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.7 en Figuur 4.8. Het neergaande verloop in 2003 wordt door het model correct gesimuleerd. Ook in 2006 is het uitputtingsverloop juist weergegeven, maar mist het model de dynamiek. Dit laatste is mogelijk een gevolg van de 9/11 hik. Overigens komt het herstel van de grondwaterstand in augustus te laat.



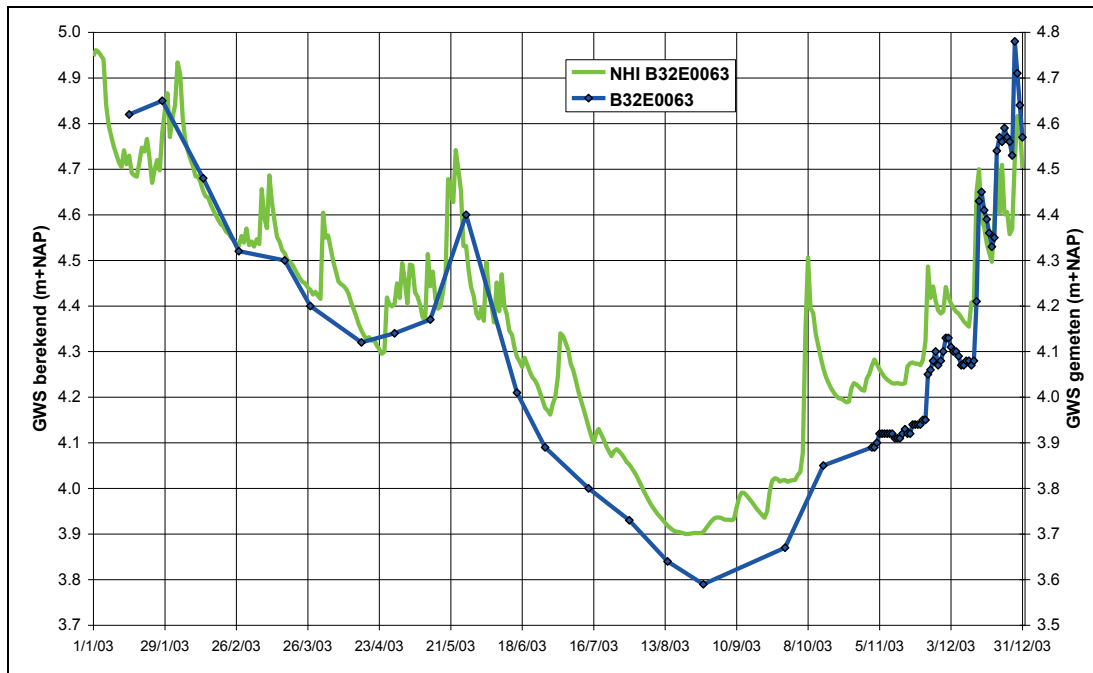
Figuur 4.7 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27B0287 in 2003



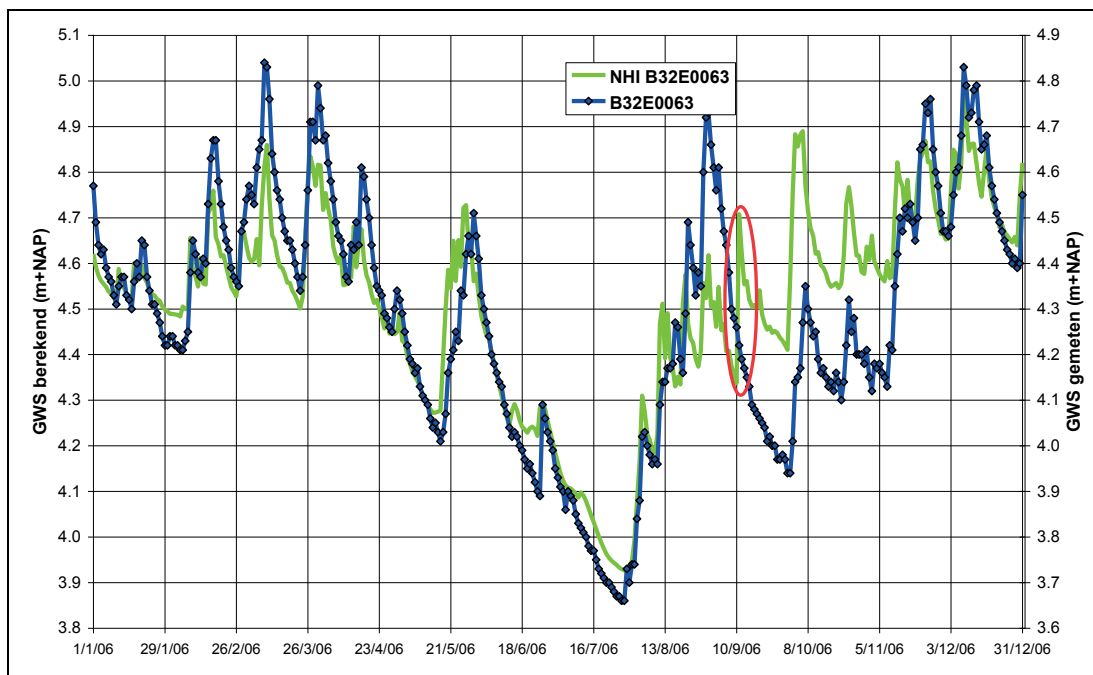
Figuur 4.8 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27B0287 in 2006

Peilbuis B32E0063

Peilbuis B32E0063 bevindt zich tussen Putten en Nijkerk. Het maaiveld ter plaatse ligt op 5,04 m+NAP. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.9 en Figuur 4.10. De figuren laten zien dat het model de dynamiek, het uitputtingsverloop en de range goed reproduceert, indien voor 2006 voor de 9/11 hik wordt gecorrigeerd. Ook het herstel na de droge periodes wordt correct gesimuleerd.



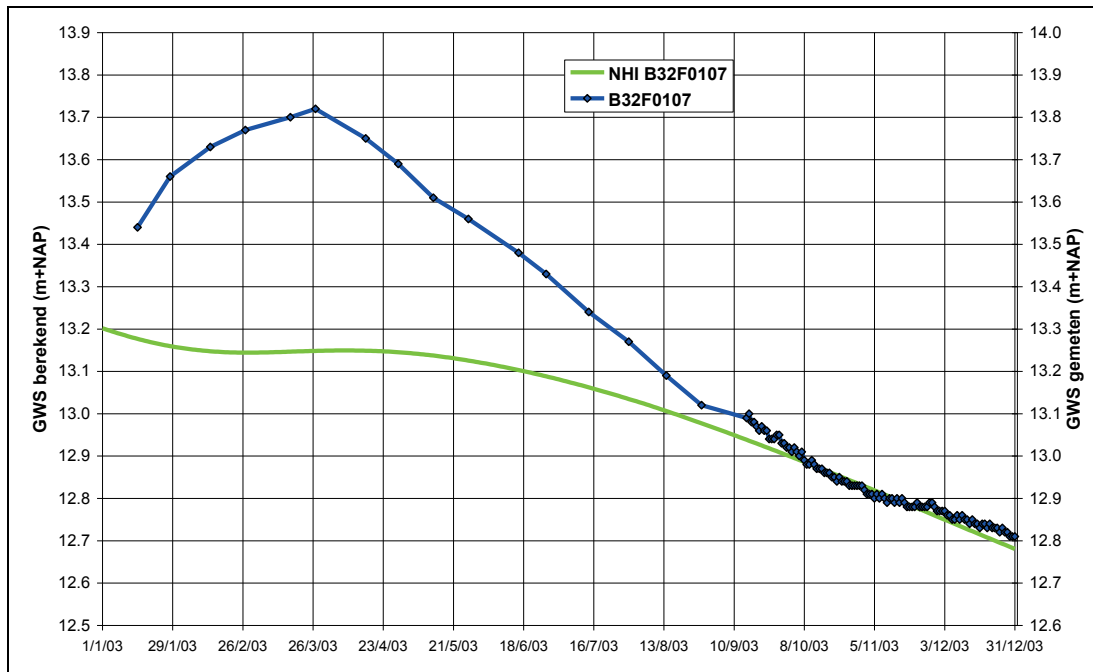
Figuur 4.9 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B32E0063 in 2003



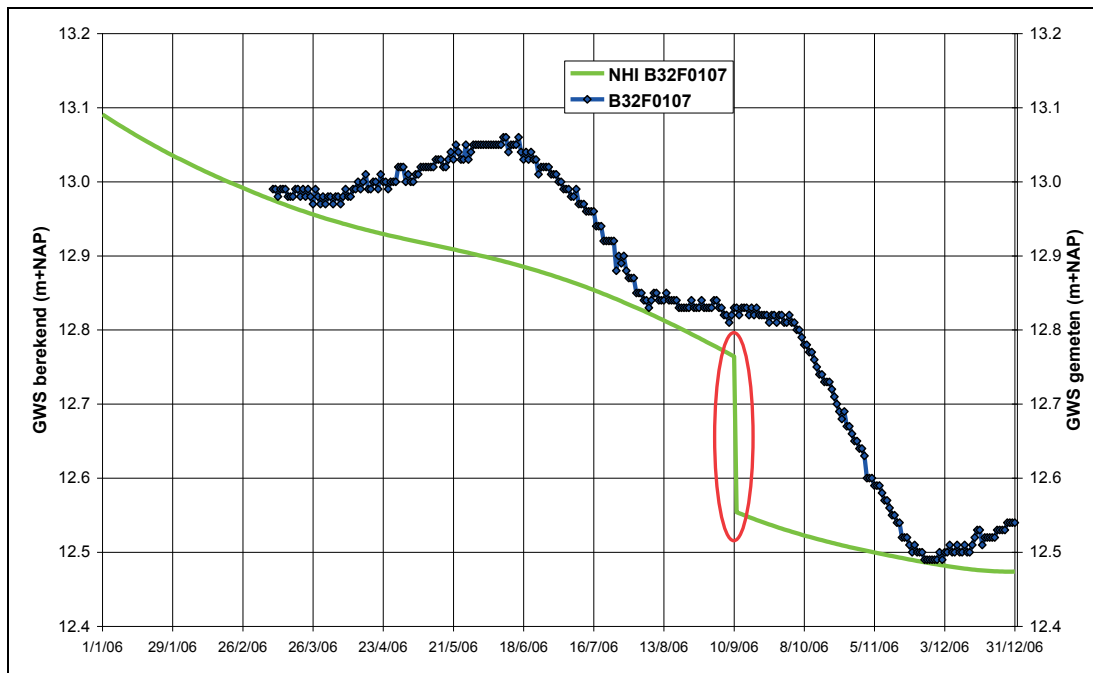
Figuur 4.10 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B32E0063 in 2006

Peilbuis B32F0107

Peilbuis B32F0107 bevindt zich ten zuidoosten van Putten, waar het maaiveld volgens de topografische atlas (ANWB, 2010) 24 m+NAP hoog ligt, terwijl de putgegevens een maaiveldhoogte van 20,76 m+NAP aangeven. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.11 en Figuur 4.12. Er is kennelijk sprake van zeer diep grondwater. Opvallend is dat de grondwaterspiegel in beide jaren en doorgaande dalende trend vertoont. Het model doet dat ook echter met minder dynamiek en een te lage range.



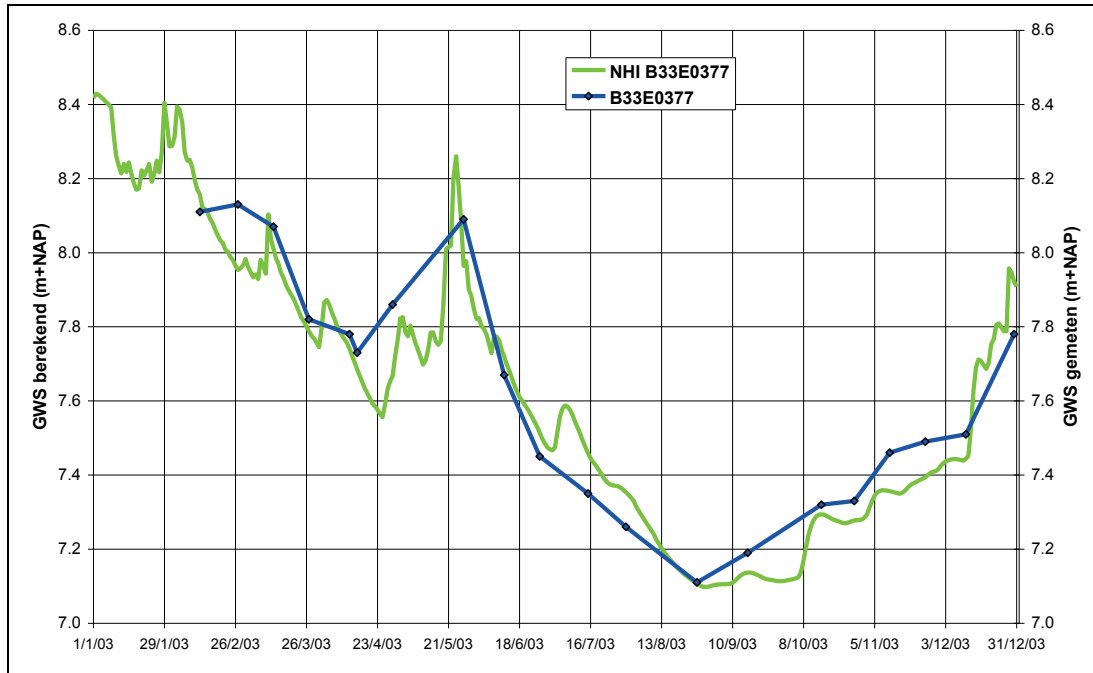
Figuur 4.11 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B32F0107 in 2003



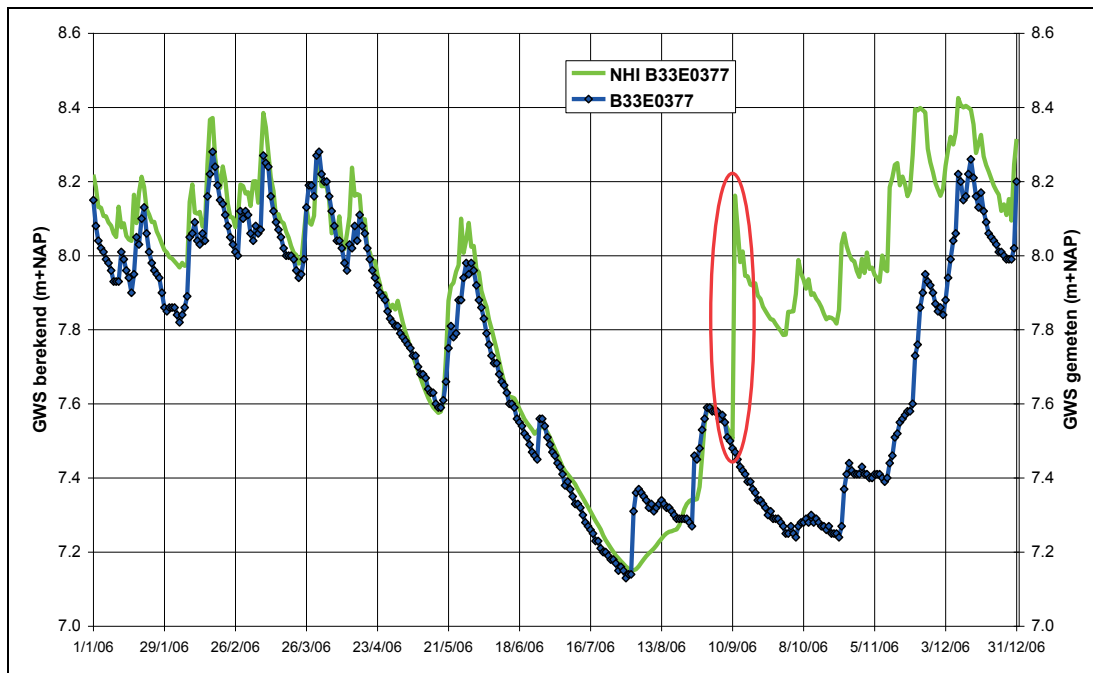
Figuur 4.12 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B32F0107 in 2006

Peilbuis B33E0377

Peilbuis B33E0377 bevindt zich tussen Klarenbeek en Voorst ten noorden van Eerbeek. Het maaiveld ligt op 8,67 m+NAP. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.13 en Figuur 4.14. De figuren laten zien dat het model de dynamiek, het uitputtingsverloop en de range goed simuleert, inclusief het herstel van de grondwaterspiegel na de droge perioden. Zonder de 9/11 hik wordt het jaar 2006 goed gereproduceerd.



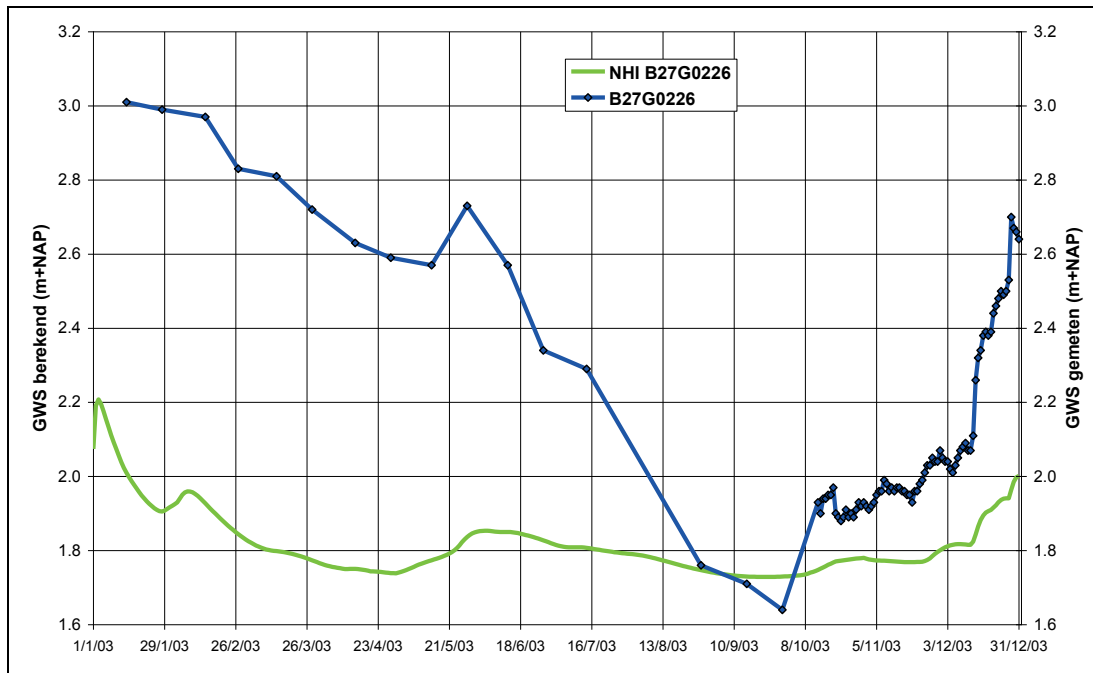
Figuur 4.13 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B33E0377 in 2003



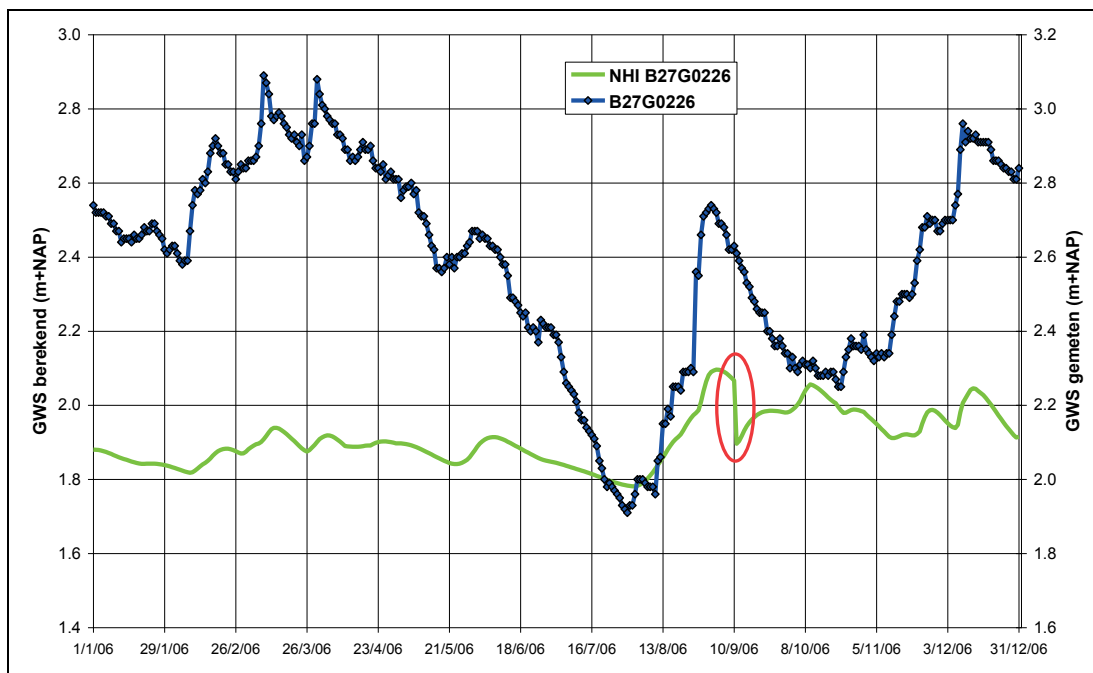
Figuur 4.14 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B33E0377 in 2006

Peilbuis B27G0226

Peilbuis B27G0226 ligt bij Nijbroek tussen Vaassen en Deventer, 2 km van de IJssel. Het maaiveld bevindt zich hier op 3,46 m+NAP. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.15 en Figuur 4.16. Het gemeten grondwaterstandverloop geeft een onverwacht verloop voor een peilgestuurd gebied, waar een geringere range zou worden verwacht. De figuren tonen aan dat het model het gemeten grondwaterstandverloop slecht reproduceert. De dynamiek is onvoldoende, het uitputtings verloop is te gering en de range is veel te laag. In het model wordt de variatie van de grondwaterspiegel binnen 0,5 m gehouden. Mogelijk wijkt het gehanteerde peilbeheer af van dat in het model.



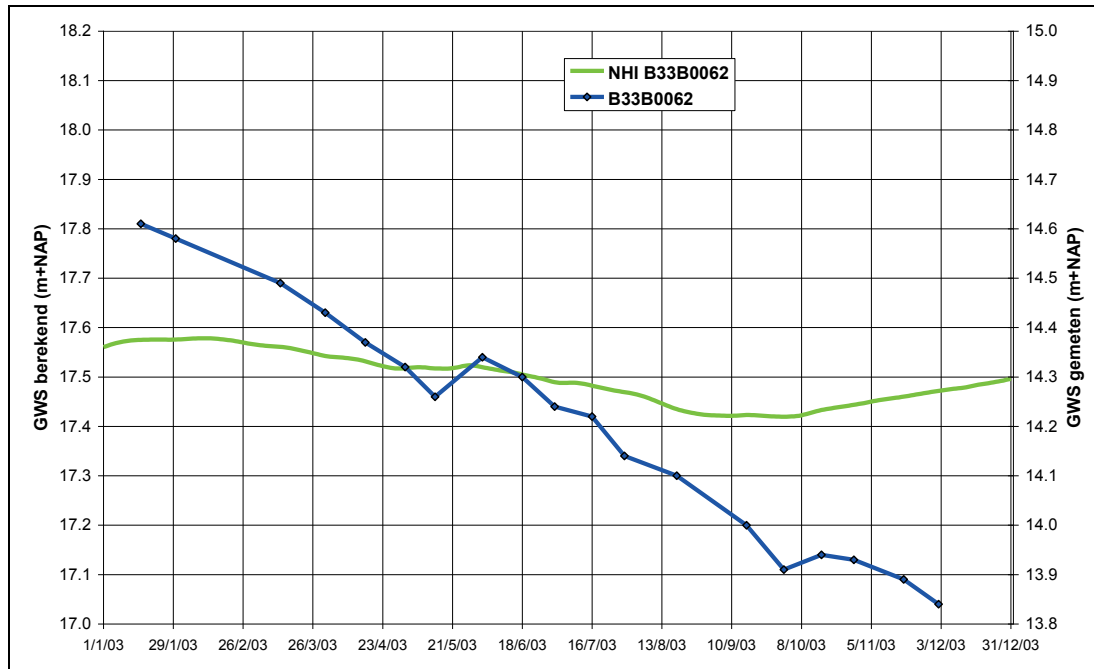
Figuur 4.15 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27G0226 in 2003



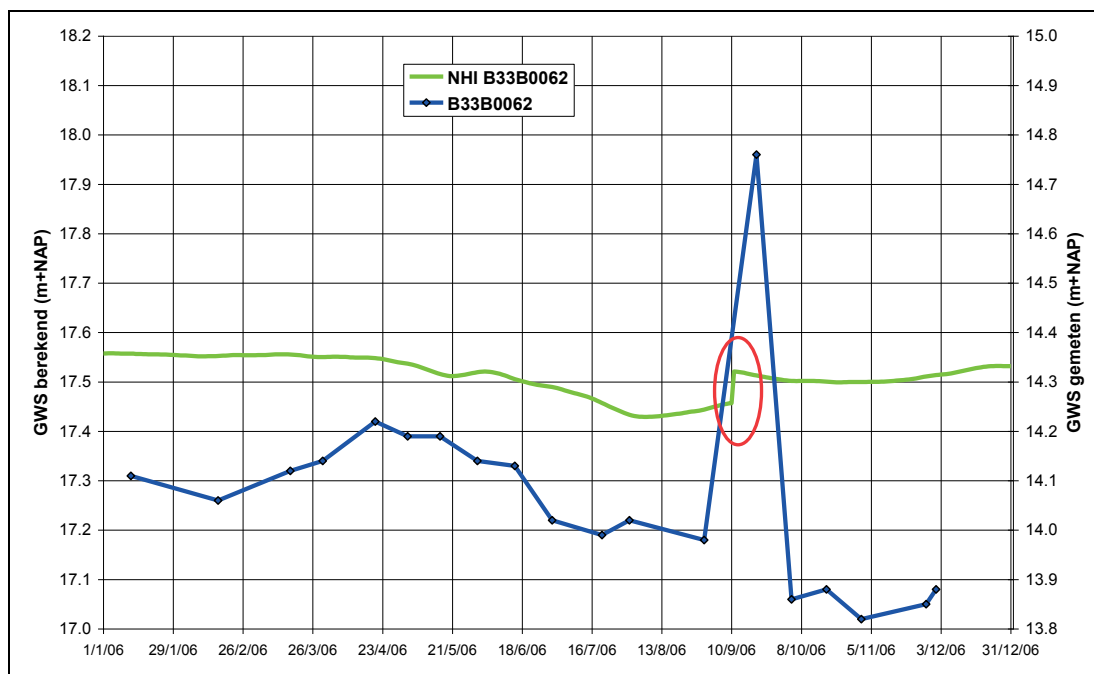
Figuur 4.16 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B27G0226 in 2006

Peilbuis B33B0062

Peilbuis B33B0062 ligt in Apeldoorn, in de wijk Vogelkwartier. Het maaiveld ligt hier volgens de putgegevens op 18,23 m. De vergelijking tussen het gemeten en het berekende grondwaterverloop in 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.17 en Figuur 4.18.



Figuur 4.17 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B33B0062 in 2003



Figuur 4.18 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B33B0062 in 2006

Voor 2003 vertoont de peilbuis een dalend verloop, zonder herstel aan het eind van het jaar, 3 tot 4 m onder het maaiveld. Het model laat hier een vrijwel constante grondwaterstand zien, orde 0,7 m onder het maaiveld, sterk verschillend van de meting. Voor 2006 is de situatie eigenlijk identiek alleen is de zakking wat minder. De

piekwaarde in het grondwaterstandverloop in september 2006 komt niet overeen met de neerslag die in die maand vrijwel nul was. Dit lijkt een foutieve meting. Zonder die piek wordt het grondwaterverloop voor 2006 in relatieve zin redelijk gereproduceerd, echter 3,2 m te hoog.

4.3 Samenvatting

In Tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de resultaten van de vergelijking van de gemeten met de berekende grondwaterstanden op basis van de volgende 3 criteria:

- 1 Dynamiek,
- 2 Recessie- of uitputtingsverloop, en
- 3 Range, d.w.z. het verschil tussen de hoogste en de laagste grondwaterstand.

Waardeoordelen variëren van goed (+geel), redelijk/matig (+/-) tot slecht (-blauw). De vakjes gemerkt +/- verdienen een nadere analyse, terwijl de vakjes die blauw zijn gemerkt een (her)ijking nodig hebben. De tabel geeft aan dat op 4 van de 9 locaties een goed resultaat is bereikt, terwijl op 3 tot 4 van de 9 locaties ijking van het grondwatermodel noodzakelijk is om een aanvaardbaar resultaat te bereiken. De grootste afwijkingen doen zich voor in de peilgestuurde gebieden.

Afwijkingen in de reproductie van grondwaterstanden zullen aanleiding geven tot een onjuiste inschatting van de watervraag.

Tabel 4.2 Overzicht van evaluatie van NHI grondwaterstanden in waterschap Veluwe

CODE	Coördinaten		Gebiedskenmerk	Dynamiek	Recessie verloop	Range
	X	Y				
waterschap Veluwe						
B27E0225	202430	488570	polder/peilgestuurd	+/-	+	+
B21C0816	189320	500285	polder, peilgestuurd	-	-	-
B27B0305	191100	494670	vrij afwaterend	+/-	+	+
B27B0287	191970	492980	Veluwemassief geen drainage	-	+	+/-
B32E0063	166320	472220	West Veldbeek; vrij afwaterend	+	+	+
B32F0107	172150	471200	vrij afwaterend; gestuwde afzetting	-	-	-
B33E0377	203000	462880	vrij afwaterend	+	+	+
B27G0226	201040	478440	peilgestuurd	-	-	-
B33B0062	194098	468325	stedelijk gebied, vrij afwaterend	+/-	-	+/-

5 Chlorideconcentraties

Uit de analyses van de NHI resultaten voor waterschappen in noord, midden en west Nederland is naar voren gekomen dat het aggregatieniveau in het NHI t.a.v. de zoutmodellering te hoog is voor een goede reproductie van de concentraties. Per boezemwater of per district wordt per tijdstap één concentratie berekend. In de praktijk blijkt de chlorideconcentratie ruimtelijk binnen een NHI-eenheid sterk te kunnen variëren, waardoor zout als trigger voor een inlaat in het model vaak niet goed werkt. Meer differentiatie naar plaats van de zoutconcentratie in het Distributiemodel van het NHI is daarom gewenst. Meer detail is te verkrijgen indien niet op Distributiemodelniveau wordt gekeken naar de zoutconcentraties maar op het niveau van de LSW (Local Surface Water), het niveau waarop de zoutconcentratie wordt berekend. Het districtzoutgehalte is slechts een middeling van de LSW-concentraties.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Grondwater

- 1 De kwaliteit van de simulatie van het grondwaterstandverloop in het NHI is beoordeeld op reproductie van de dynamiek, het uitputtingsverloop en de range. De grondwaterstandreeksen voor vooral 2006 zijn zeer geschikt voor validatie van het model door de opeenvolging van droge en natte perioden. Een goede reproductie hiervan stelt hoge eisen aan het model.
- 2 De beoordeling van de dynamiek was vooral voor 2003 beperkt mogelijk door de lage bemonsteringsfrequentie (1/14 dagen) die in de meeste peilbuizen werd toegepast
- 3 Op basis van bovengenoemde criteria is op 4 de 9 geanalyseerde peilbuizen in het beheergebied van het waterschap Veluwe een goed resultaat bereikt.
- 4 De problemen blijken zich in het model vooral voor te doen voor de peilgestuurde gebieden. Mogelijk speelt hier het opgelegde peilbeheer in het model een rol.
- 5 De validatie van het NHI m.b.t. het grondwater wordt ernstig bemoeilijkt door de aanwezigheid van een storing in het berekende resultaat op 11 september 2006 aangeduid als de 9/11 hik. Voor een zinvol vervolg dient deze storing eerst te worden ge-ëlimineerd.

Eindconclusie

Het NHI in zijn huidige staat is nog niet geschikt om waterschapsbreed een goede reproductie te geven van de opgetreden grondwaterstanden. Hiervoor is lokale ijking nodig, vooral voor de peilgestuurde gebieden. Het volstaat kennelijk niet om op basis van bodemgegevens het grondwaterverloop overal goed te beschrijven.

6.2 Aanbevelingen

De conclusies leiden tot de volgende aanbevelingen.

- De analyse van het resultaat met het NHI voor grondwater toont aan dat het grondwatermodel lokaal geijkt dient te worden, in dit beheergebied vooral voor de peilgestuurde gebieden. Hierbij dient ook aandacht te worden gegeven aan het ingevoerde peilbeheer.
- De 9/11 bug dient uit het NHI te worden geëlimineerd voordat een vervolg wordt gegeven aan de validatie (wordt aan gewerkt).
- De districten 22 en 23 dienen te worden aangepast, zoals is aangegeven in hoofdstuk 3.

7 Literatuur

- Alterra
ANWB (2010)
Topografische Atlas Nederland, 1:50 000.
3^{de} editie, 1^e druk. ISBN 978 901803 0704
- Elbers, J.A., E.J. Moors en C.M.J. Jacobs (2009)
Gemeten actuele verdamping voor 12 locaties in Nederland
Wageningen, Alterra, Alterra rapport 1920, ISSN 1566-7197
- HKV (2009)
Distributiemodel, deel C
(Noord) Oost en Zuid Nederland
PR1640.10, april 2009
- KNMI (2007)
Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2006
(<http://www.knmi.nl/klimatologie/monv>)
- KNMI (2010)
Dagneerslagsommen, districten 1 t/m 15, 325 stations
Dagwaarden meteorologische variabelen, 25 stations
- NHI (2008)
Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI
Modelrapportage, Hoofdrapport, december 2010
- NHI (2008)
Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI
Modelrapportage, Deelrapport Neerslag en Verdamping, december 2010
- Ogink, H.J.M. (2010)
Validatie NHI voor Noord Nederland. Jaar 2006
Stowa
- Ogink, H.J.M. (2010)
Validatie NHI voor Midden en West Nederland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa
- Ogink, H.J.M. (2010)
Validatie NHI voor Oost Nederland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa
- Ogink, H.J.M. (2010)
Validatie NHI voor Zuiderzeeland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa
- Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen en P. Groenendijk (2010)
SIMGRO 7.1.0 manual, Theory and model implementation.
Alterra-report 913.1, Alterra, Green World Research, Wageningen

Warmerdam, P. (1981)
De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend
regenmeteronderzoek.
H2O, Volume 14