

stowa

BIJLAGE A

# VALIDATIE NHI

## WATERSCHAP AA EN MAAS



RAPPORT

2011  
w02

BIJLAGE A

VALIDATIE NHI WATERSCHAP AA EN MAAS

RAPPORT

2011  
W02



# **Validatie NHI voor Waterschap Aa en Maas**

**Jaren 2003 en 2006**

HJM Ogink

Opdrachtgever:  
Stowa

# **Validatie NHI voor Waterschap Aa en Maas**

**Jaren 2003 en 2006**

HJM Ogink

Rapport

december 2010

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1	Aanleiding validatie NHI .....	3
1.2	Aanpak.....	4
<b>2</b>	<b>Neerslag en verdamping</b> .....	<b>6</b>
2.1	Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen .....	6
2.2	Berekeningsprocedure model neerslag.....	10
2.3	Verdampingsberekening in NHI.....	10
2.4	Referentie en actuele verdamping .....	11
<b>3</b>	<b>Oppervlaktewater</b> .....	<b>14</b>
3.1	Schematisatie van waterschap Aa en Maas in NHI .....	14
3.2	Waterafvoer Dieze en Drongelens Kanaal .....	16
3.3	Afvoer District 61 Bovengebied .....	17
3.4	Afvoer en waterinlaat district 62 .....	18
3.5	Overzicht.....	20
<b>4</b>	<b>Grondwaterstanden</b> .....	<b>21</b>
4.1	Inleiding.....	21
4.2	Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden.....	21
4.3	Samenvatting .....	31
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>33</b>
5.1	Conclusies .....	33
5.2	Aanbevelingen .....	34
<b>6</b>	<b>Literatuur</b> .....	<b>35</b>

# 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.

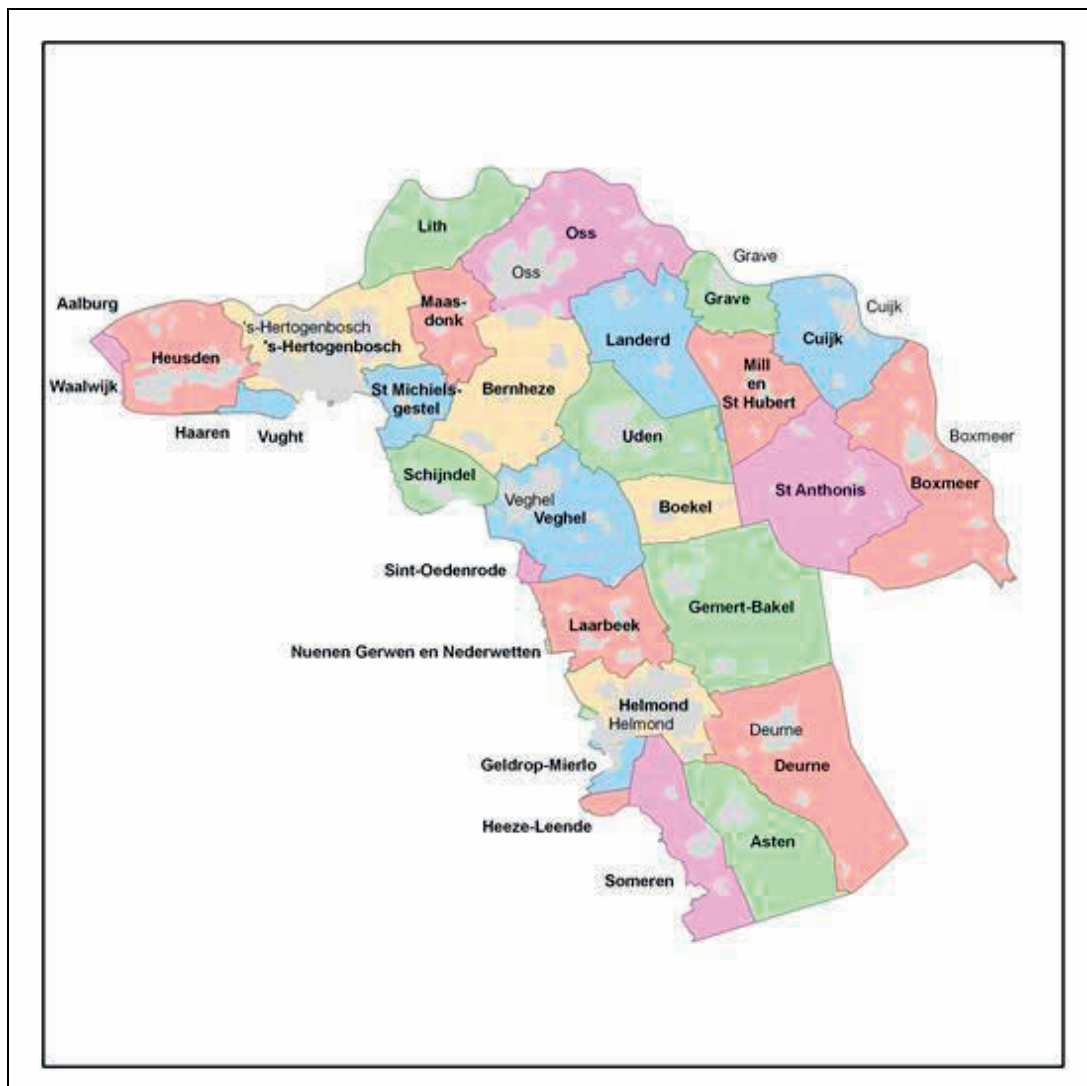
Het betreft hier de toetsing van de NHI versie 2.0, die sinds april 2010 in gebruik is. De toetsing vindt plaats voor de droge zomers van 2003 en 2006 (periode 1 april – 30 september), en aanvullend voor de andere maanden in het jaar om het complete hydrologische gedrag te kunnen beoordelen. De toetsing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

## 1.2 Aanpak

Het waterschap Aa en Maas omvat het noordoostelijk deel de provincie Noord Brabant, van de waterscheiding tussen de Dommel en de Aa, de Maas en de provinciegrens. zie Figuur 1.1. Het omvat de voormalige waterschappen de Aa en de Maaskant. De oppervlakte van het beheergebied bedraagt 161.000 ha. De validatie van het NHI voor het beheergebied is uitgevoerd op de reproductie van de inlaat en afvoer van oppervlaktewater, en van grondwaterstanden op door het waterschap geselecteerde locaties. 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 wordt de neerslaganalyse voor de overige waterschappen waaronder Aa en Maas achterwege gelaten totdat de verbeteringen zijn ingevoerd. De bevindingen elders worden wel vermeld. Validatie van de verdamping is ook achterwege gelaten omdat geen metingen van de actuele verdamping in het beheersgebied voor 2003 en 2006 voorhanden zijn.

### *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 de NHI validatie voor het oppervlaktewater besproken in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de grondwaterstandreeksen vergeleken met de dagelijkse grondwaterstanden zoals die door het NHI zijn berekend. In hoofdstuk 5 zijn de conclusies samengevat en worden aanbevelingen voor verbeteringen gegeven.



Figuur 1.1 Beheergebied waterschap Aa en Maasvallei (Bron: Aa en Maasvallei)

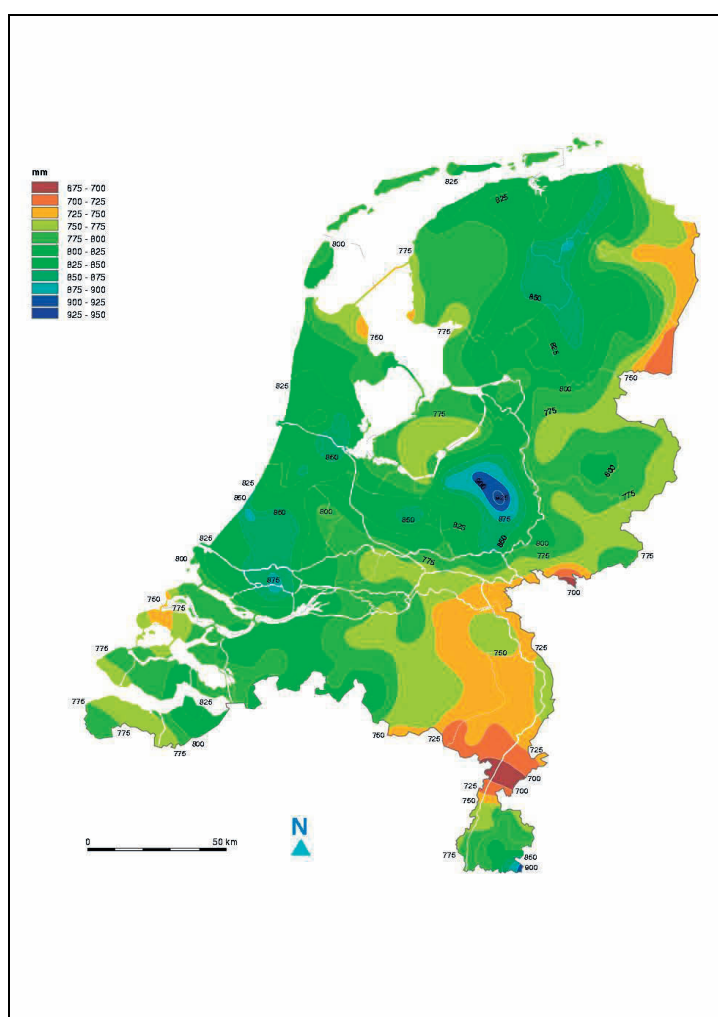


## 2 Neerslag en verdamping

### 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 huidige normalen), op basis van de neerslagstations uitgerust met een standaard regenmeter, bedroeg 797 mm, met een ruimtelijke standaardafwijking van 41 mm.

De normaal voor het beheergebied van de Aa en Maas ligt met 755 mm ruim onder het landelijk gemiddelde, met de laagste waarden in het zuiden, zie Figuur 2.1 en Figuur 2.2.

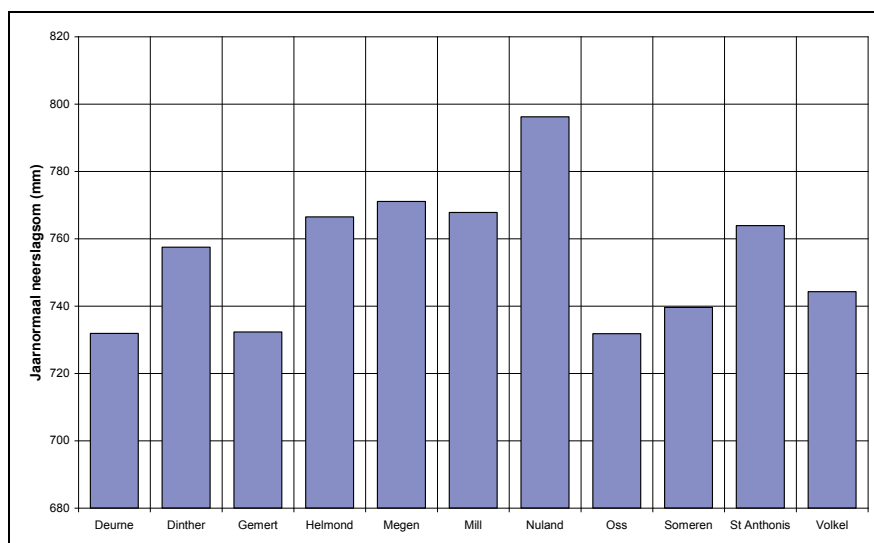
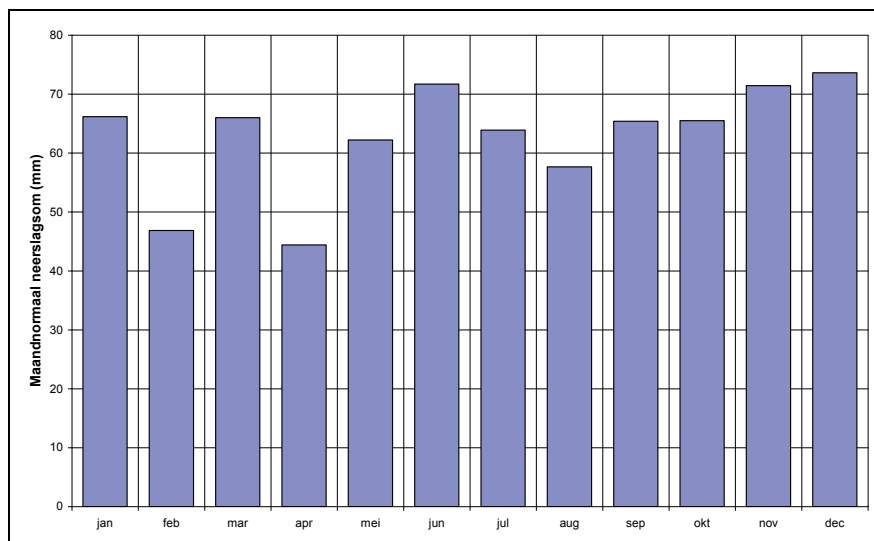


Figuur 2.1 Gemiddelde jaarneerslag periode 1971-2000 (bron: KNMI)

De maandnormalen voor het waterschap zijn weergegeven in Figuur 2.2. Totaal 48% (365 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 juni en het najaar.

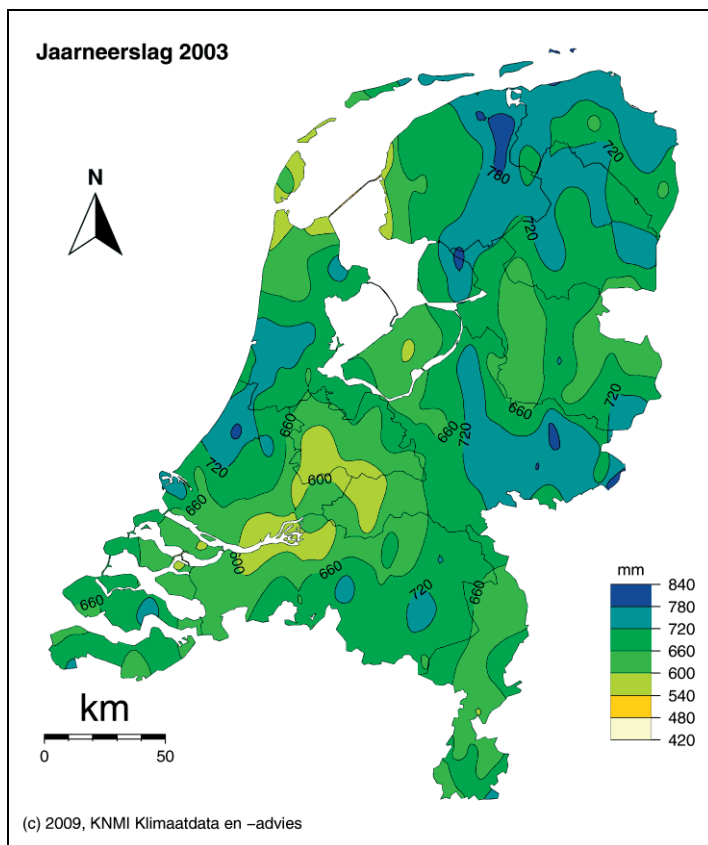
Tabel 2.1 Jaar- en seizoenneerslagsommen in mm in het waterschap Aa en Maas

	Jaar	Jaar- normaal	Groeiseizoen	Seizoen - normaal
<b>Normaal</b>	755		365	
<b>2003</b>	684	-70	345	-21
<b>2006</b>	775	20	368	3

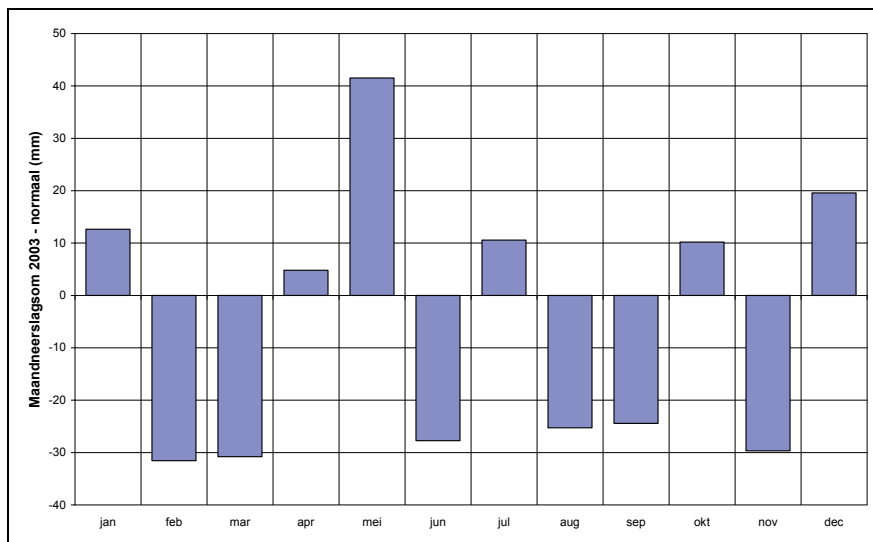


Figuur 2.2 Maandneerslag- en jaarnormalen voor waterschap Aa en Maas

De verdeling van de jaarneerslagsom in 2003 is weergegeven in Figuur 2.3. Voor de Aa en Maas was de neerslag het hoogst in het zuiden en aanmerkelijk lager in het noordwesten van het waterschap. In 2003 was de jaar- en seizoenneerslagsom in het waterschap respectievelijk 70 en 21 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 ongeveer gelijk aan of lager dan de normaal. Dit heeft er toe geleid dat het potentiële neerslagtekort aan het einde van het groeiseizoen wat groter is geweest dan in een gemiddeld jaar, ook al omdat de referentie verdamping in 2003 hoger was dan gemiddeld.



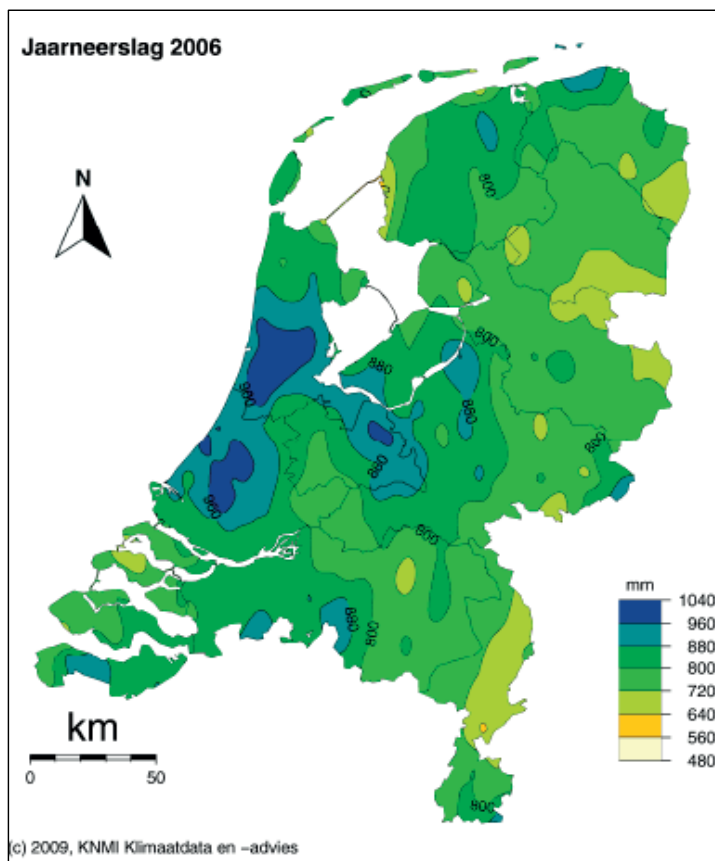
Figuur 2.3 Jaarneerslag in 2003 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



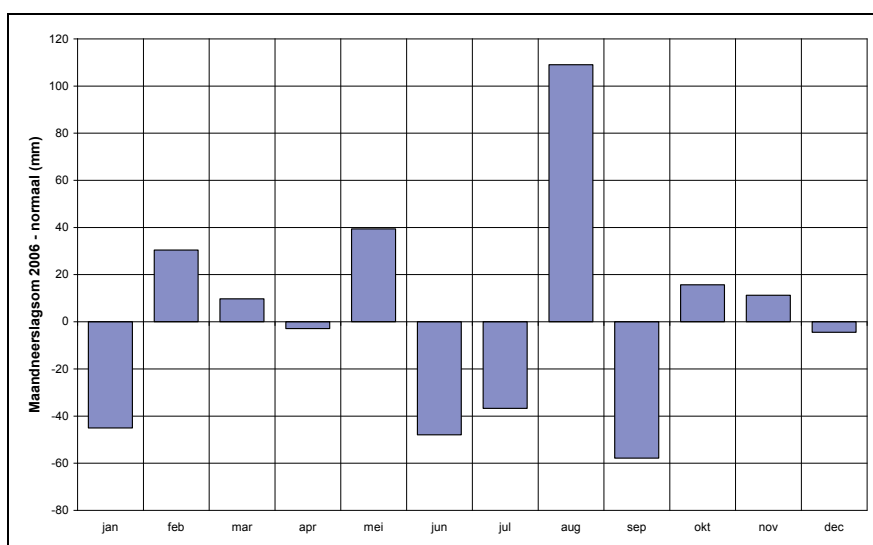
Figuur 2.4 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2003 van de maandnormalen voor waterschap Aa en Maas

De isohyeten van de jaarneerslag voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 2.5. De neerslag is nu redelijk gelijkmatig verdeeld over het beheergebied van de Aa en Maas. De jaarneerslagsom voor 2006 bedroeg in de Aa en Maas 775 mm, 20 mm meer dan normaal. In het groeiseizoen was de neerslagsom 368 mm, 3 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 was in 2006 hoger dan normaal. Samen met de droge maanden juni en juli heeft dit ervoor gezorgd dat het potentiële neerslagtekort eind juli veel groter is geweest dan gemiddeld. Omdat het tekort in 2006 zich in het

midden van het groeiseizoen heeft voorgedaan zijn bij onvoldoende waterbeschikbaarheid de consequenties voor de landbouw potentieel ernstiger geweest dan in jaren met het maximum tekort aan het einde van het groeiseizoen. Dit ondanks dat de neerslag in 2006 boven normaal lag. Door de zeer natte maand augustus in dat jaar is het neerslagtekort goeddeels tenietgedaan, om vervolgens weer te groeien door de droogte in september.



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



Figuur 2.6 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2006 van de maandnormalen voor waterschap Aa en Maas

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 freatisch grondwater op de neerslag in augustus na de uitputting gedurende de droge maanden juni en juli interessant is.

## 2.2 Berekeningsprocedure model neerslag

De procedure die in de huidige NHI versie gebruikt is voor de bepaling van de ruimtelijke verdeling van de neerslag is gebaseerd op de gemeten neerslag bij de hoofdstations. Deze neerslag wordt met een Thiessennetwerk 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. Aangetoond kan worden dat deze procedure in afzonderlijke maanden tot aanzienlijke afwijkingen van de 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 ook de puntmetingen te combineren met radarwaarnemingen.

Voorts is gebleken dat op de meteorologische stations met een 4 dm<sup>2</sup> regenmeter gemiddeld genomen minder neerslag wordt gemeten dan op de neerslagstations waar met een standaard regenmeter, die een 2 dm<sup>2</sup> grote opvangtrechter heeft, wordt gewerkt. 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% (Ogink, 2010). 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 interceptiewater-verdamping 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.

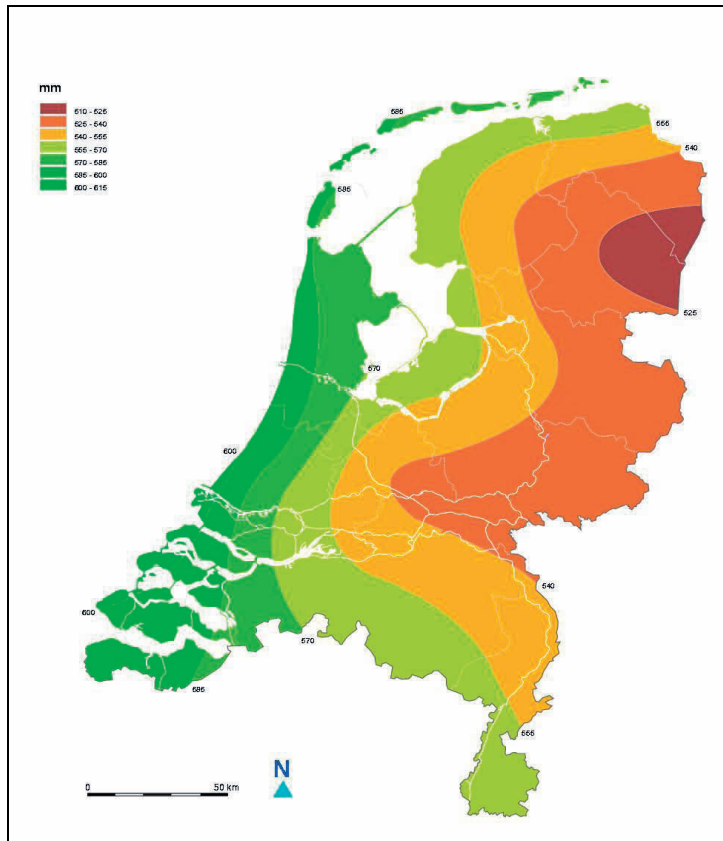
Tenslotte, wordt de actuele bodemverdamping  $E_a$  bepaald volgens de methode van Boesten en Stroosnijder. De verdamping is potentieel als de netto neerslag groter is dan  $E_p$ . In perioden zonder neerslag blijft de verdamping eerst nog potentieel totdat een drempelwaarde wordt overschreden, waarna 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

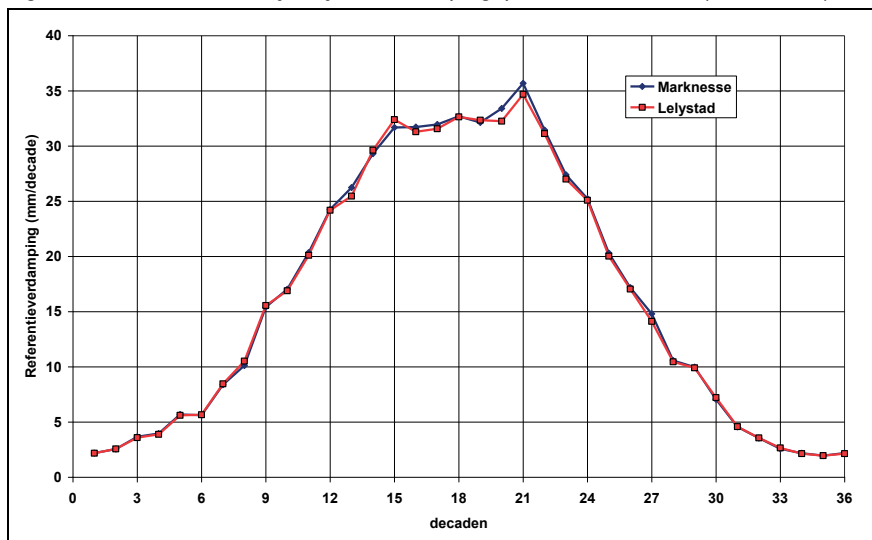
De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse referentieverdamping volgens Makkink is weergegeven in Figuur 2.7. De lijnen van gelijke referentieverdamping lopen parallel aan de kust afnemend van 600 mm in het westen tot 520 mm langs de oostgrens. De verdamping is gemiddeld genomen maximaal in 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 à 10%.

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

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



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



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

Voorgaande houdt in, dat het potentiële neerslagtekort in de laatste decennia is toegenomen. Dit heeft gevolgen voor de benodigde wateraanvoer in het groeiseizoen. Statistische analyse van het potentiële neerslagtekort heeft voorts 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.



### 3 Oppervlaktewater

#### 3.1 Schematisatie van waterschap Aa en Maas in NHI

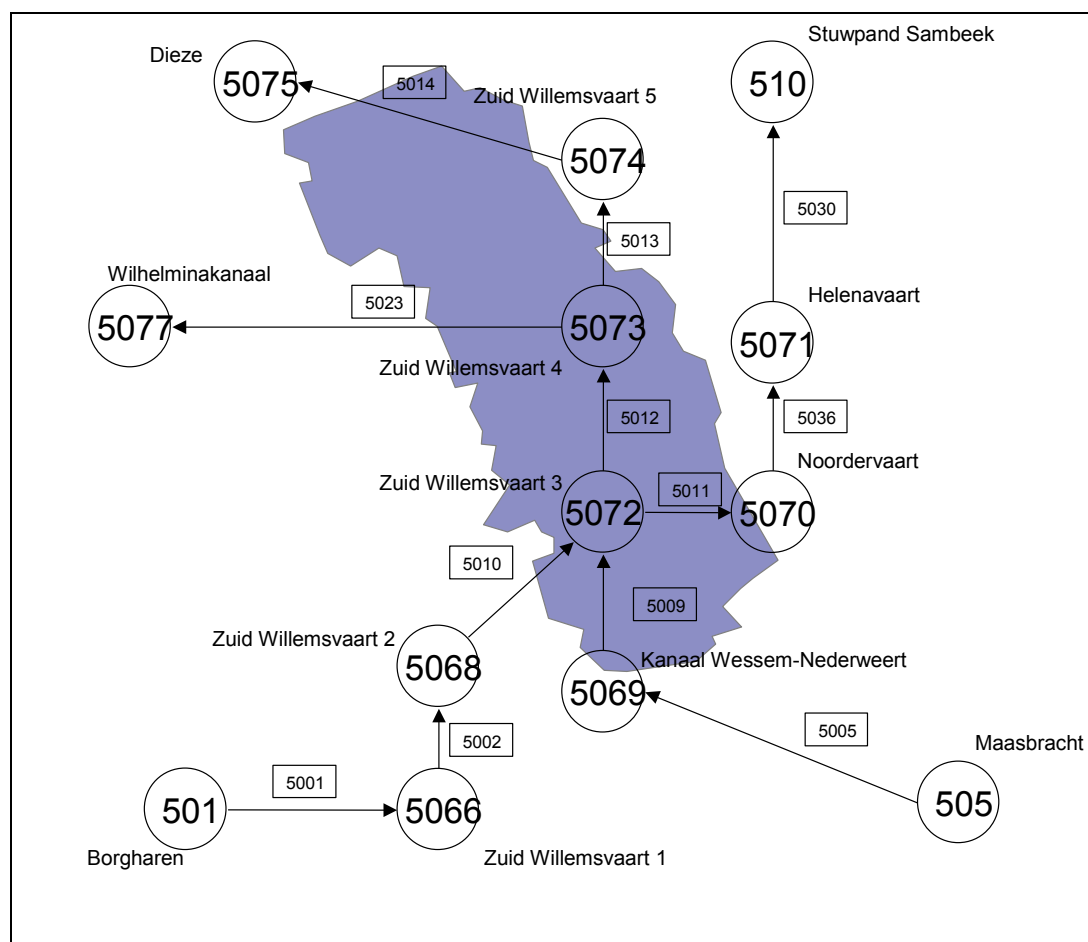
In de beschrijving van het Distributiemodel van het NHI (HKV, 2009) zijn de deelgebieden van het waterschap beschreven volgens de lijnen van de oude waterschappen:

- De Aa,
- De Maaskant.

In deze volgorde wordt de onderverdeling van deze gebieden in districten in het NHI weergegeven.

##### De Aa

In Figuur 3.1 is het distributienetwerk van de Aa weergegeven. Belangrijk hierin is de Zuid Willemsvaart die benedenstrooms aansluit op de Dieze in s' Hertogenbosch. Bij Helmond is de Zuid Willemsvaart verbonden met het Wilhelminakanaal. De knopen 5070 en 5071 representeren respectievelijk de Noordervaart en de Helenavaart, overgaand in het Defensie- of Peelkanaal. Via kanaal Wessem-Nederweert (knoop 5069) kan water worden ingelaten uit de Maas.



Figuur 3.1 Schematisatie van de Aa in waterschap Aa en Maas volgens HKV (2009)

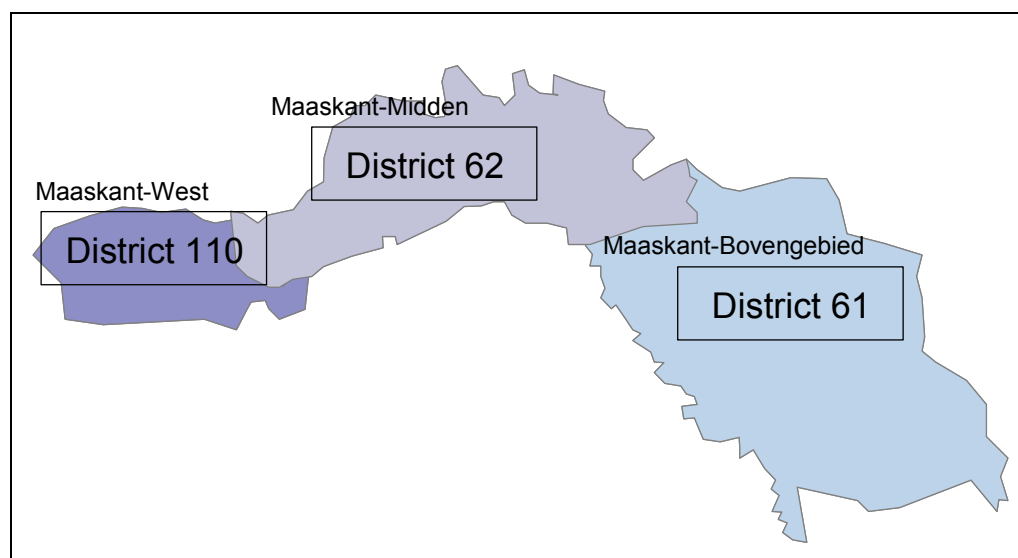
Het waterschap plaatst de volgende kanttekeningen bij deze schematisatie:

- De wateraanvoer vanuit Limburg ontbreekt: 3 m<sup>3</sup>/s van knoop 5070 naar knoop 5071;
- Knoop 5071 stuurt water niet alleen naar knoop 510 maar ook naar stuwpand Lith.

#### De Maaskant

De onderverdeling van het gebied in districten is weergegeven in Figuur 3.2. De volgende districten worden onderscheiden:

- District 110 Maaskant west. Dit district ligt ingesloten de Bergsche Maas, het Drongelens Kanaal en de Dieze. Het district loost op de Bergsche Maas en onttrekt 25% aan de Bergsche Maas en 75% aan de Dieze.
- District 62 Maaskant-Midden. Het district loost op de Bergsche Maas en onttrekt 80% van het ingelaten water aan de Maas stuwpand Lith en 20% aan de Bergsche Maas.
- District 61 Maaskant-Bovengebied. Dit district loost in het NHI op de Maas stuwpand Grave (35%) en stuwpand Lith(65%). Wateraanvoer vindt plaats bij Grave, uit stuwpand Lith



Figuur 3.2 Schematisatie van de Maaskant in beheergebied van Aa en Maas in het NHI (bron: HKV, 2009)

Het district 110 Maaskant-West (totaal ongeveer 11 000 ha) bevat de volgende stroomgebieden:

- Dieze 1600 ha
- Groenendaal 3400 ha
- Gansoijen 5600 ha

Het district 62 Maaskant-Midden (totaal ongeveer 24 000 ha) bevat de volgende stroomgebieden:

- Roode Wetering 3500 ha
- Nieuwe Vliet 2400 ha
- Hoefgraaf 6300 ha
- Hertogswetering 11600 ha

Het waterschap geeft aan dat district 62 niet goed gedefinieerd is in het NHI

Het district Bovengebied (totaal ongeveer 60 000 ha) bevat de volgende stroomgebieden:

- Hoge Raam 4300 ha
- Sluisgraaf 3500 ha
- Peelkanaal 6000 ha
- De Raam 12000 ha
- Virdsche Graaf 1400 ha
- Oeffeltse Raam 1900 ha
- De Grift 500 ha
- St. Jansbeek 21000 ha
- Afleidingskanaal 1400 ha
- Sambeekse Uitwatering 7900 ha

Het waterschap geeft aan dat district 63 in het DM niet goed gedefinieerd is en zet vraagtekens bij de grootte van de stroomgebieden zoals hierboven is aangegeven.

Bovenstaande indelingen en gebiedsgroottes zijn conform HKV (2009): "Distributie-model, deel D: Zuid Nederland". Voor een gedetailleerde beschrijving wordt hiernaar verwezen.

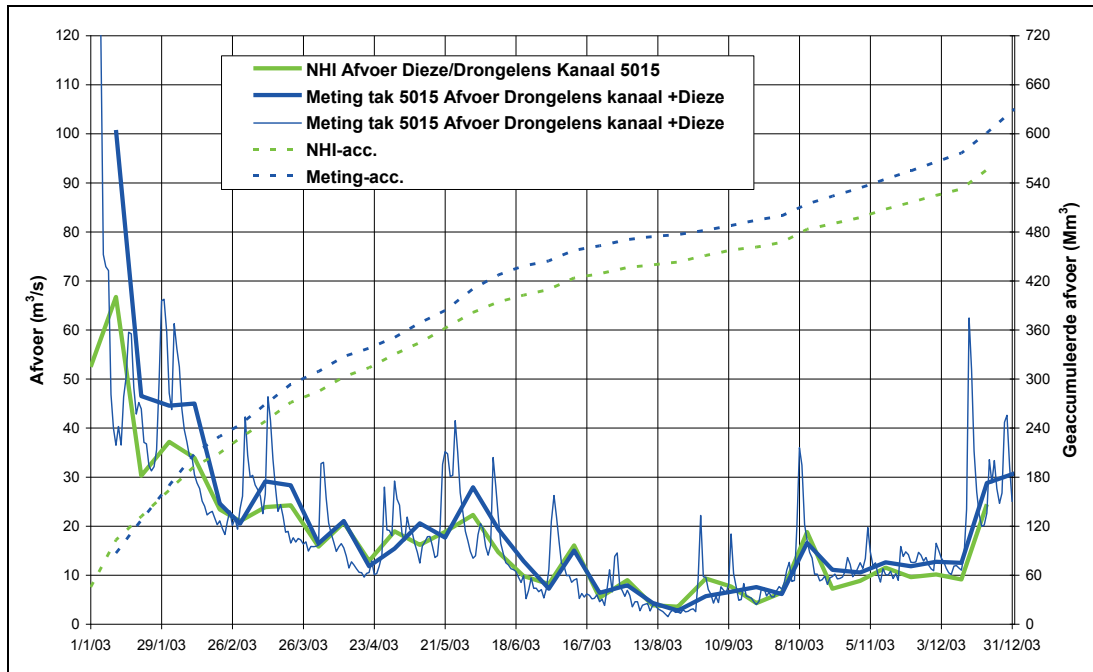
Dagcijfers van de volgende leidingen zijn ontvangen voor de jaren 2003 en 2006:

- 1 Afvoer van tak 5015 in NHI:
  - a Dieze
  - b Drongelens Kanaal
- 2 Afvoer van district 61:
  - a Raam
  - b Sambeekse Uitwatering
- 3 Afvoer district 62:
  - a Roode Wetering
  - b Hertogswetering
- 4 Inlaat district 62:
  - a Inlaat Grave
  - b Inlaat Teeffelen

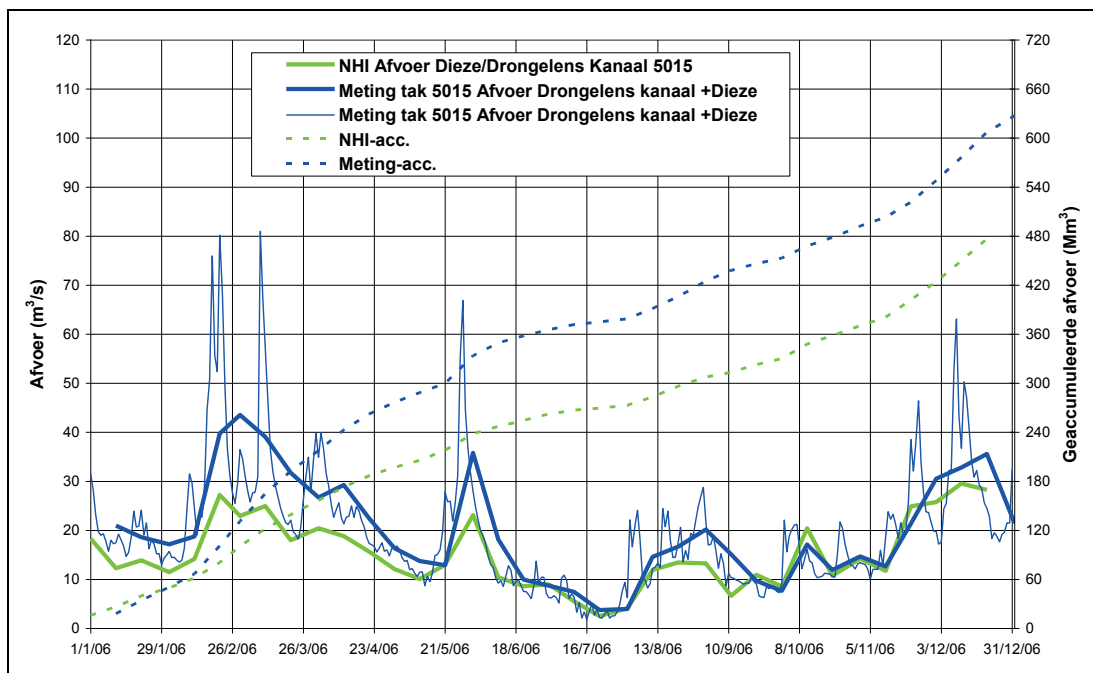
Ontbrekende waarden zijn voor zover zinvol ingevuld door interpolatie en regressie. Voor de afvoer van district 61 waren voor 2006 te veel ontbrekende waarden om zinvol en betrouwbaar te kunnen aanvullen. Deze reeks is voor dat niet in beschouwing genomen.

### 3.2 Waterafvoer Dieze en Drongelens Kanaal

De gemeten via de Dieze en het Drongelens Kanaal en berekende afvoer door tak 5015 van 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 3.3 en Figuur 3.4. De figuren laten zien dat het model de gezamenlijke afvoer van de Dieze en het Drongelens Kanaal voor het grootste deel van zowel 2003 als 2006 goed simuleert. Alleen in eerste maanden van beide jaren onderschat het model de afvoer. In hoeverre dit verschil verklaard wordt door de systematische onderschatting van de neerslag in het NHI is niet onderzocht.



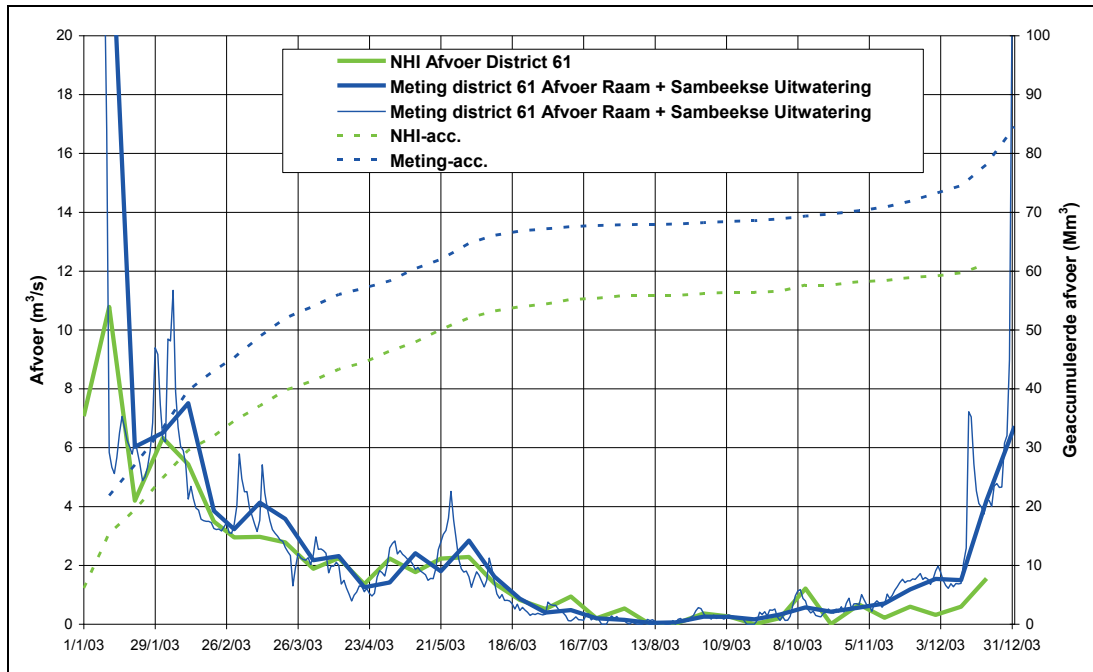
Figuur 3.3 Gemeten en berekende afvoer Dieze en Drongelens Kanaal, 2003



Figuur 3.4 Gemeten en berekende afvoer Dieze en Drongelens Kanaal, 2006

### 3.3 Afvoer District 61 Bovengebied

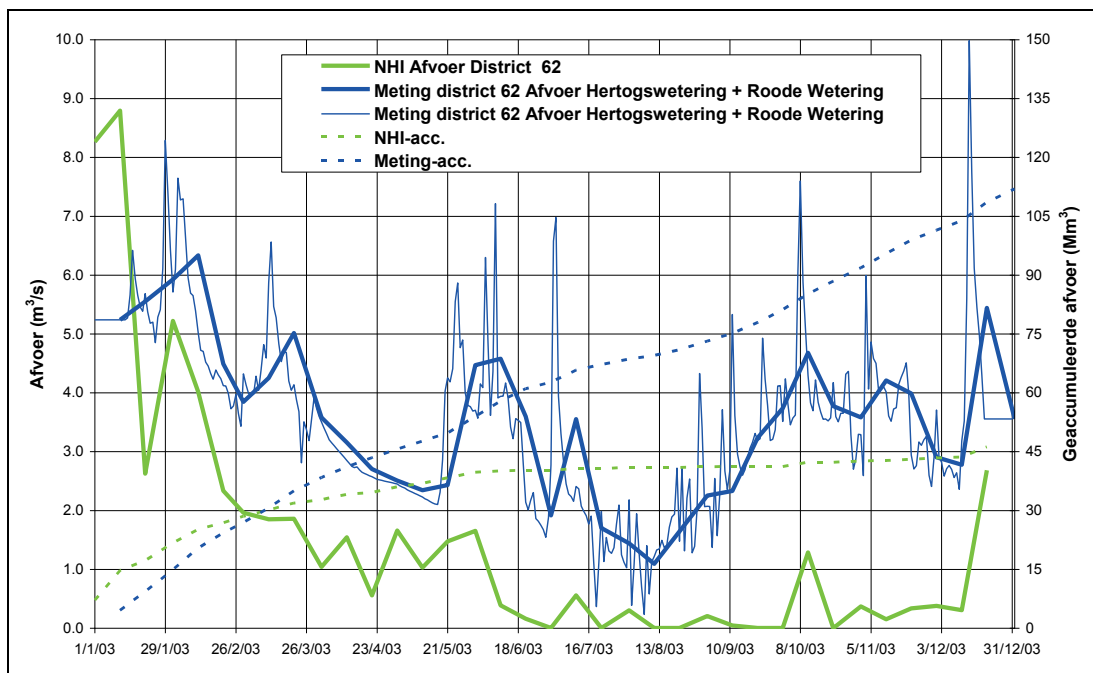
Van district 61 aangeduid als het Bovengebied zijn afvoerreeksen ontvangen voor de Raam en de Sambeekse Uitwatering. Niet duidelijk is in hoeverre deze reeksen de totale afvoer van het district beschrijven. De resultaten voor 2003 zijn weergegeven in Figuur 3.5. De figuur laat zien dat met uitzondering van de maanden januari en december het model de afvoer van het district goed simuleert. De afvoer aan het begin en het einde van 2003 wordt onderschat, zoals voor tal 5015.



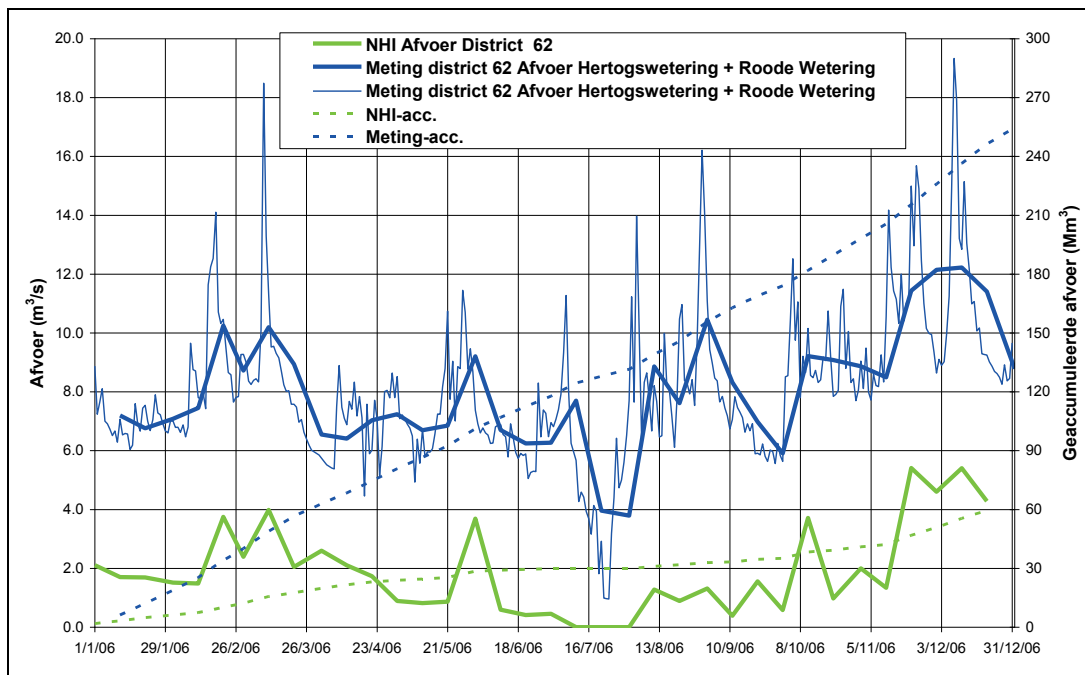
Figuur 3.5 Gemeten en berekende afvoer district 61, 2003

### 3.4 Afvoer en waterinlaat district 62

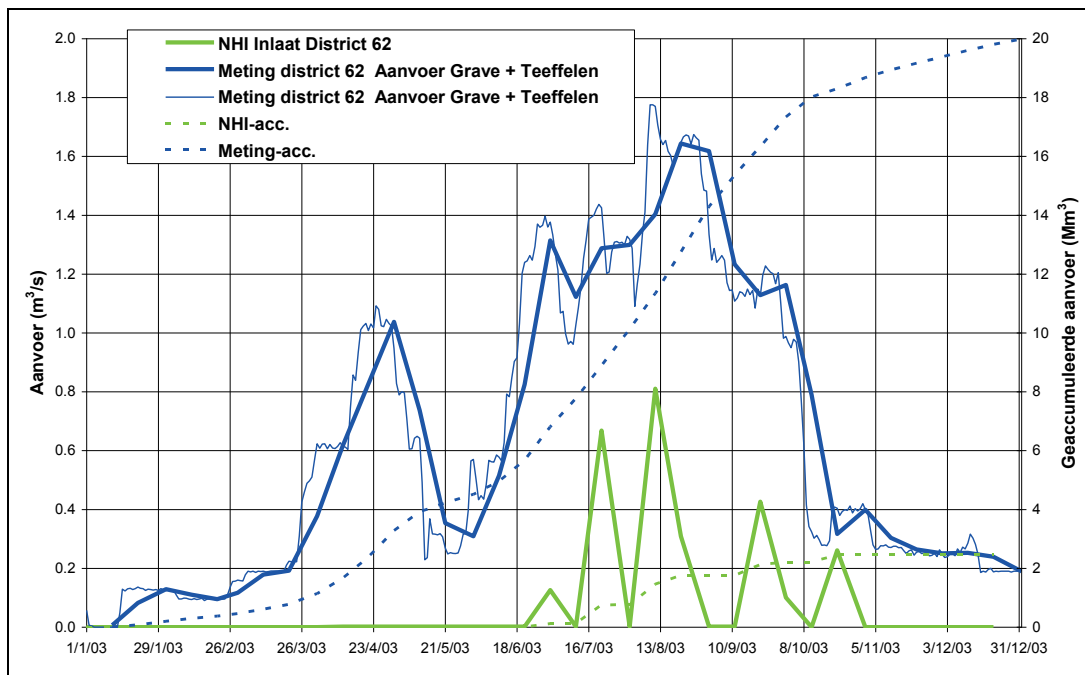
De afvoer van water van en de inlaat naar district 62 zijn weergegeven in Figuur 3.6 t/m Figuur 3.9. Water wordt ingelaten voor de landbouw. De gemeten en berekende afvoer (en inlaat) verschillen heel sterk. De grootte van de afvoergegevens geven aan dat de aangeleverde getallen of met een andere eenheid dan  $m^3/s$  zijn gegeven of dat de leidingen een veel groter gebied draineren. De geleverde getallen duiden bv voor 2006 op een afvoer van orde 1000 mm, wat fysisch niet mogelijk is. Verdere analyse is daarom achterwege gelaten. Het waterschap geeft aan dat district 62 in het NHI niet goed is gedefinieerd.



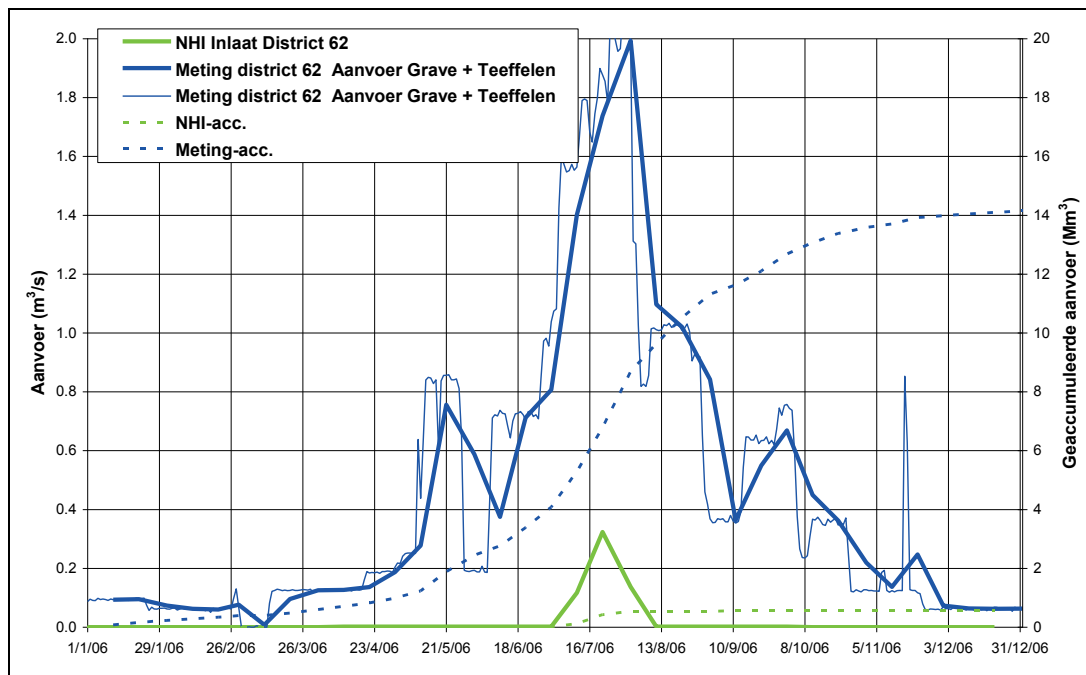
Figuur 3.6 Gemeten en berekende afvoer district 62, 2003



Figuur 3.7 Gemeten en berekende afvoer district 62, 2006



Figuur 3.8 Gemeten en berekende aanvoer district 62, 2003



Figuur 3.9 Gemeten en berekende aanvoer district 62, 2006

### 3.5 Overzicht

De resultaten voor het oppervlaktewater in het beheergebied van het waterschap de Aa en Maas zijn samengevat in Tabel 3.1. De resultaten tonen aan dat zowel voor 2003 als voor 2006 de verschillen tussen meting en model nog te groot zijn om het model in deze fase van ontwikkeling al in te kunnen zetten voor een betrouwbare simulatie van de waterverdeling op regionale schaal. Mogelijk speelt hier de neerslagrandvoorwaarde een rol. De analyse heeft aangetoond dat het model de dynamiek van het afvoerverloop in het algemeen goed simuleert.

Tabel 3.1 Vergelijking tussen gemeten en berekende afvoeren ( $Mm^3$ ) in het waterschap Aa en Maas in 2003 en 2006

	Locatie	NHI	Meting	Meting - NHI	Meting - NHI (%)
2003	tak 5015	555.8	630.4	74.6	12
	district 61	61.2	84.5	23.4	28
2006	tak 5015	476.6	627.4	150.8	24
	district 61	68.0	-	-	-

## 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 grondwater fluctuaties 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 in het beheergebied van de Aa en Maas zijn grondwaterstanden ontvangen, geselecteerd door het waterschap. De geselecteerde peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 4.1. De bemonsteringsfrequentie is voor 2003 en 2006 globaal 1 x per 14 dagen of lager. Hierdoor mist het gemeten signaal de hoogfrequente variaties in respons op regenval. Dit houdt in dat de dynamiek van het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop vaak niet vergeleken kan worden.

Tabel 4.1 Overzicht van peilbuizen en hun locatie in het waterschap Aa en Maas

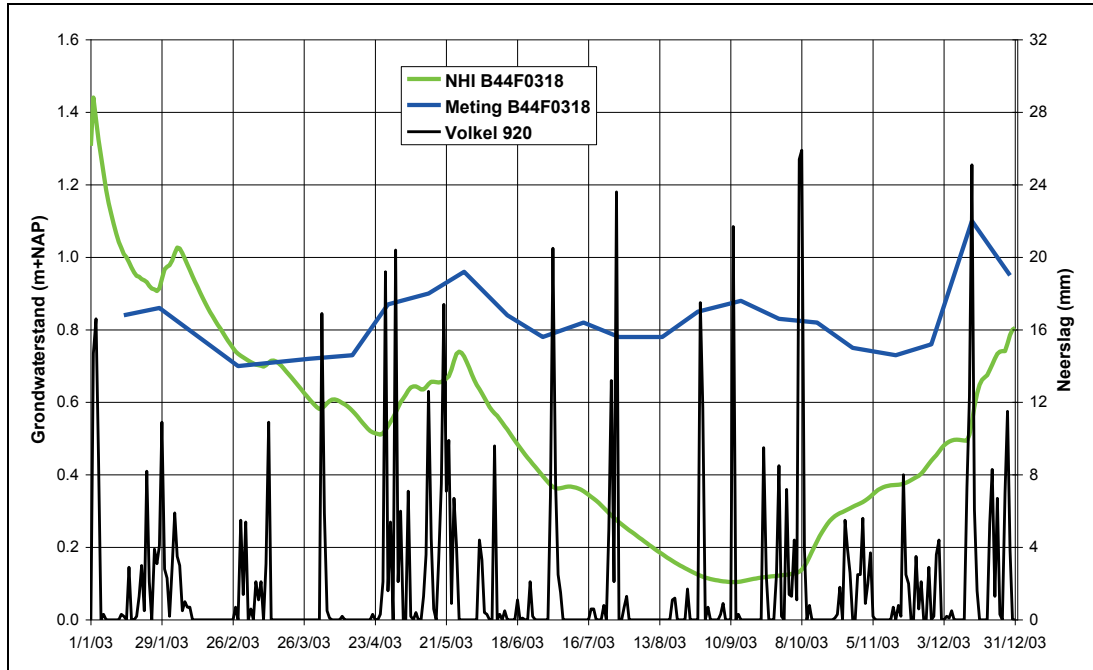
Putcode	Xcoor	Ycoor	maaiveld m NAP	Locatie
B44F0318	138790	412920	2,30	noord Drunen, dicht ontwaterd gebied
B45A0232	146000	413000	2,92	„s Hertogenbosch aan Engelermeer
B45B0311	156640	419760	2,60	noordoosten van „s Hertogenbosch, naast Hertogswetering
B45D0290	158002	403844	8,83	bebouwde kom van Schijndel
B45E0839	168576	420134	7,94	bebouwde kom van Berghem, oostelijk van Oss
B45F0279	172667	413337	20,49	Schajksche Heide tussen Schaijk en Uden
B46A1581	185982	415956	10,68	Kraaijenbergsche Plassen, westelijk van Cuijk
B46C0111	183953	402943	22,67	Sint Anthonisbos in de Wanroijsche Peel
B51H0393	176540	379600	20,33	Someren, oostelijk van de Strabrechtse Heide
B52A0288	182255	394155	25,13	bosgebied Stippelberg, noordoosten van Bakel/Helmond

### 4.2 Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden

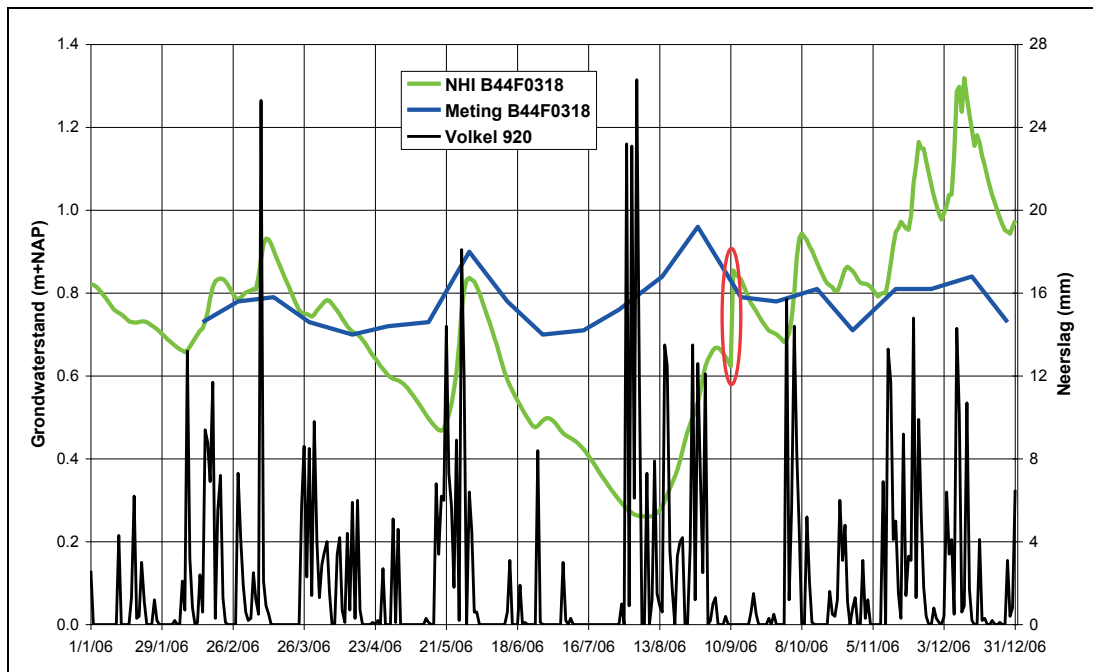
#### *Peilbuis B44F0318*

De gemeten en berekende grondwaterstanden in peilbuis B44F0318 tussen Drunen en Oud-Heusden voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.1 en Figuur 4.2. Het model geeft een grotere dynamiek dan uit de beperkte metingen kan worden afgeleid. Het gemeten verloop is slecht in overeenstemming met de opgetreden neerslag en roept vragen op t.a.v. de betrouwbaarheid. De berekende range is aanmerkelijk groter dan is gemeten. Het recessieverloop wordt daarom ook niet goed gereproduceerd. Alvorens echter conclusies te trekken over de kwaliteit van het model, dienen de waarnemingen geverifieerd te worden.





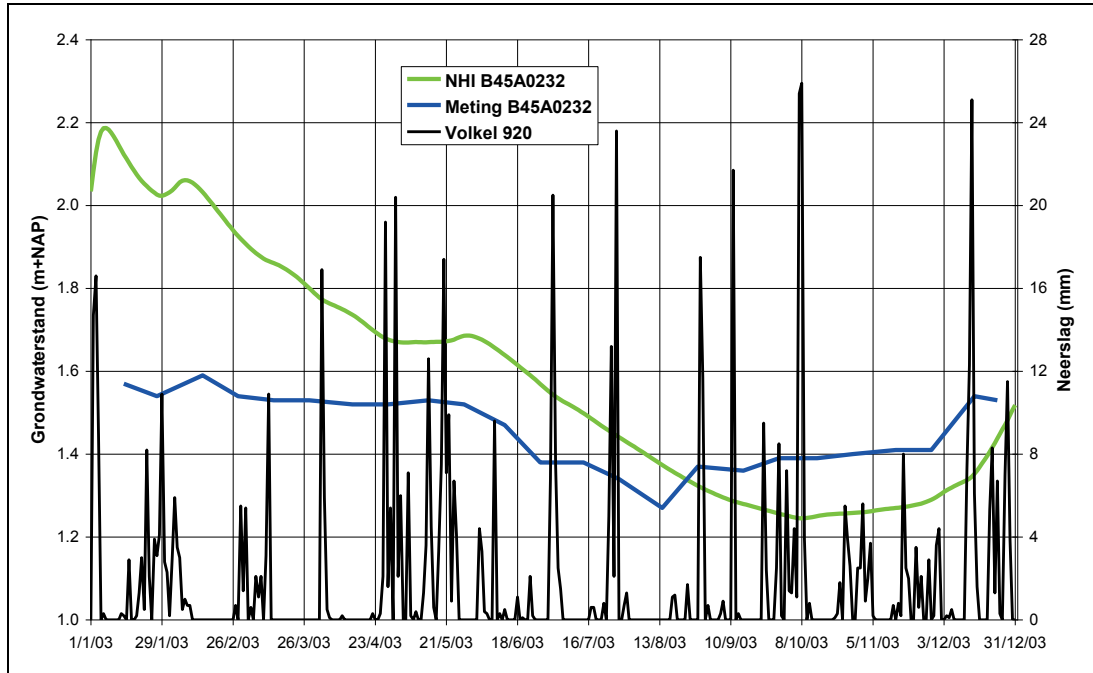
Figuur 4.1 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B44F0318 in 2003



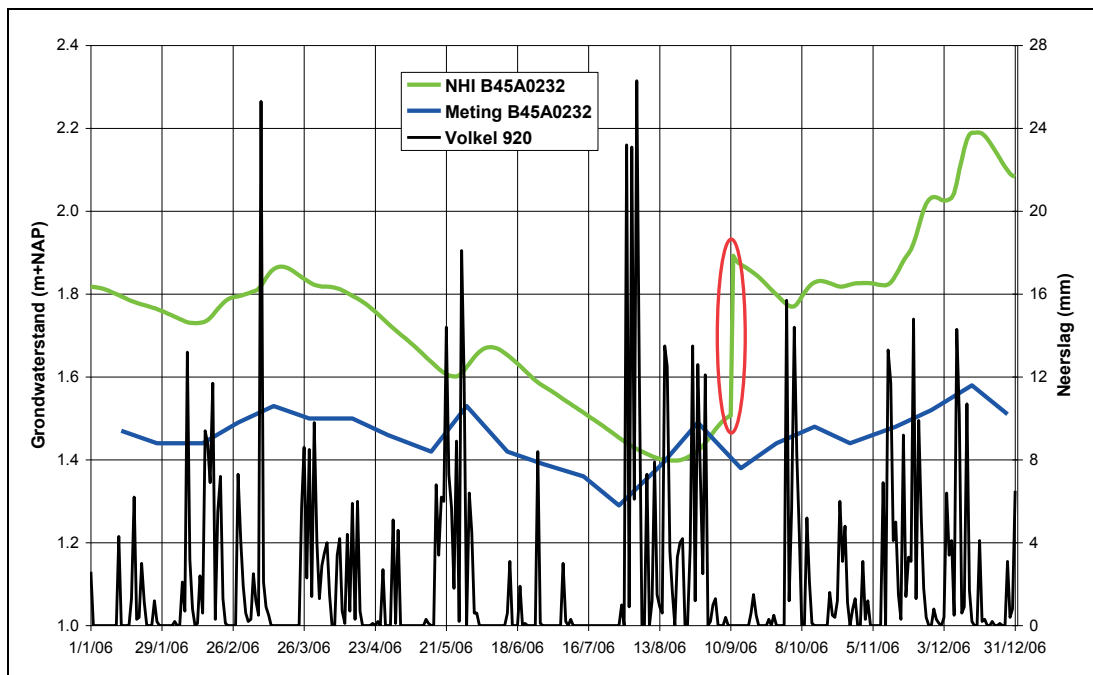
Figuur 4.2 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B44F0318 in 2006

#### Peilbuis B45A0232

Peilbuis B45A0232 bevindt zich aan de rand van het Engelermeer, westelijk van 's Hertogenbosch, naast de A59. Het gemeten en berekende verloop is weergegeven in Figuur 4.3 en Figuur 4.4. Door de locatie van de peilbuis bij het meer varieert het gemeten verloop nauwelijks, en heeft een range van slechts 3 dm. Het model laat voor voor 2003 en 2006 een range zien van 1 m. Dit is voor de locatie wel een groot verschil indien het niveau van het meer gereguleerd is. De dynamiek wordt door het model wel redelijk weergegeven alleen op een andere schaal.



Figuur 4.3 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45A0232 in 2003

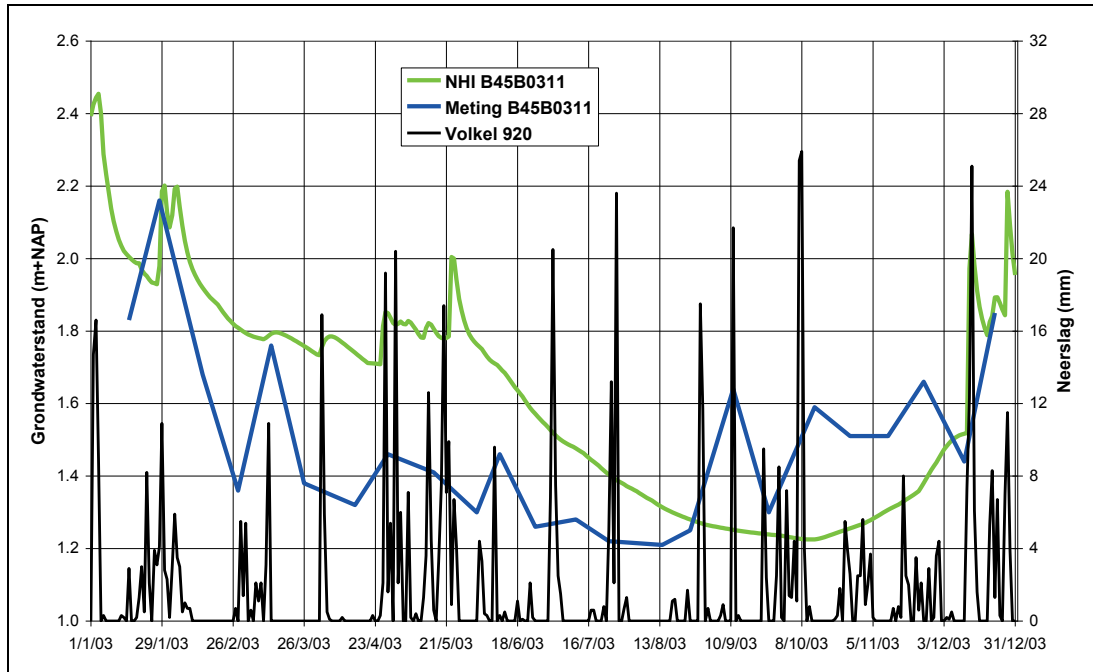


Figuur 4.4 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45A0232 in 2006

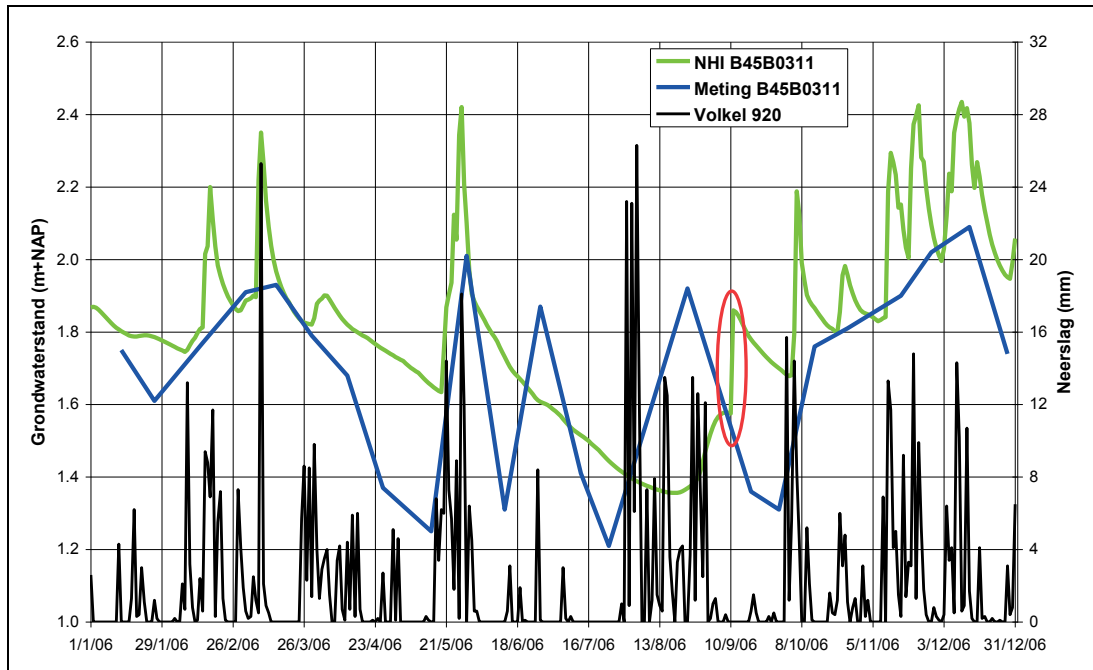
#### Peilbuis B45B0311

Peilbuis B45B0311 bevindt zich noordoostelijk van 's Hertogenbosch 3 km van de Maas (rkm 212) naast de Hertogswetering. De vergelijking tussen de gemeten en berekende grondwaterstanden is weergegeven in Figuur 4.5 en Figuur 4.6. De waarnemingsreeks geeft een schijnbaar warrig verloop, veroorzaakt door de te lage bemonsteringsfrequentie. De beschikbare gegevens tonen wel aan dat het freatisch grondwater snel reageert op de neerslag. De metingen duiden op een grotere dynamiek dan het model berekent. De range wordt goed gesimuleerd maar het uitputtingsverloop verloopt in het

model te traag. Het herstel van de grondwaterspiegel na een droge periode komt in het model te laat.



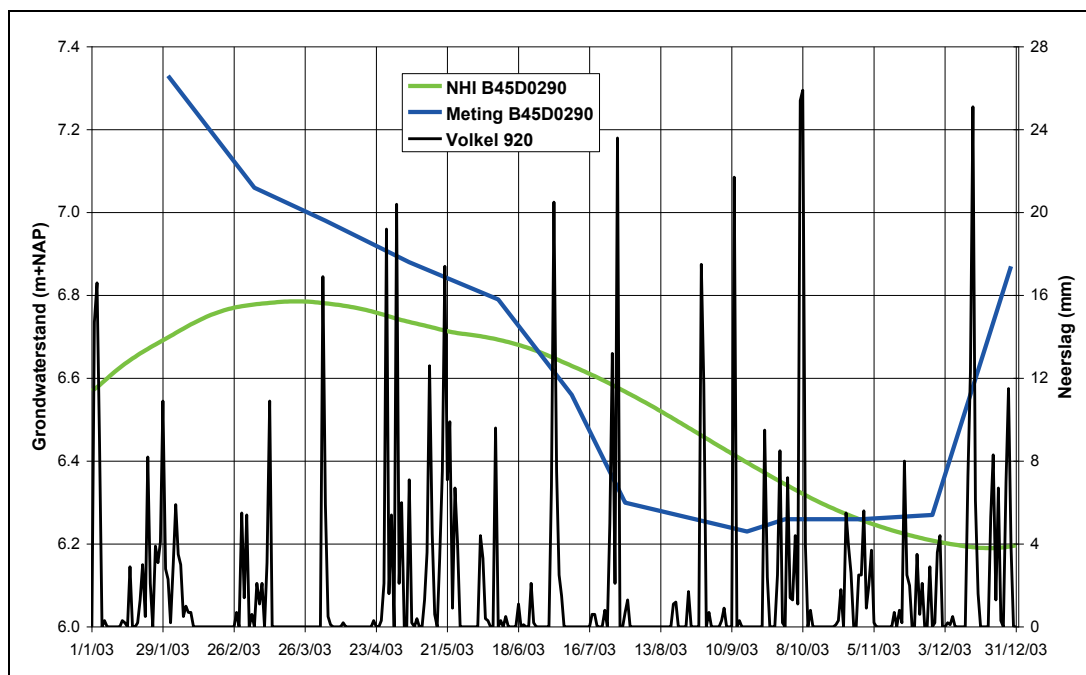
Figuur 4.5 Gemeten en bereend grondwaterstandverloop in peilbuis B45B0311 in 2003



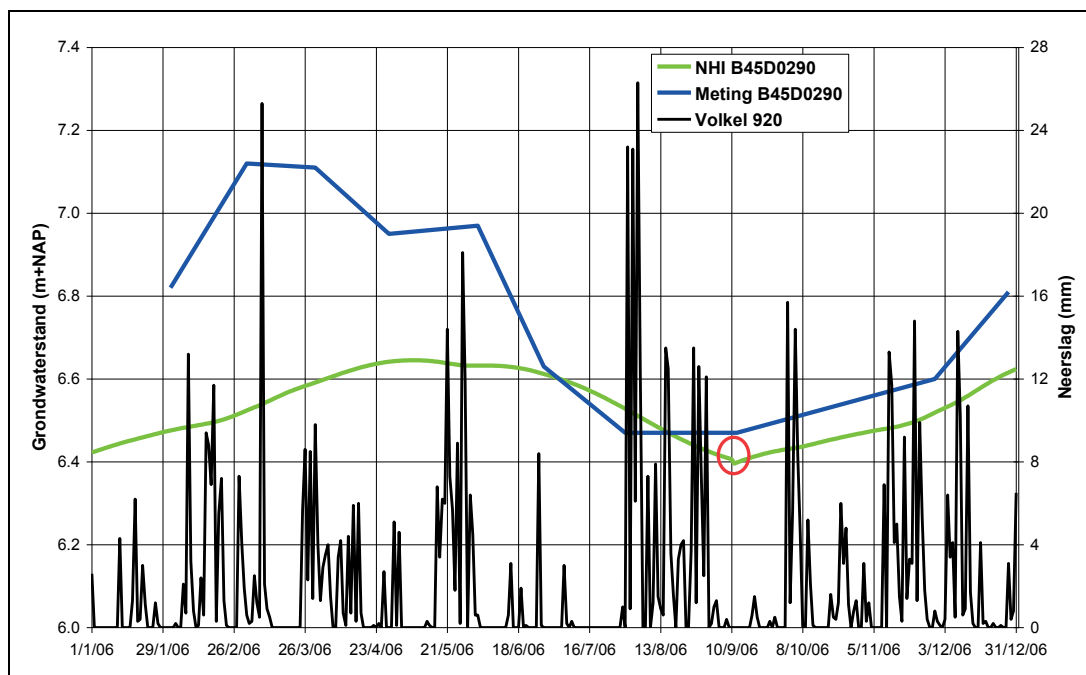
Figuur 4.6 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45B0311 in 2006

#### Peilbuis B45D0290

Peilbuis B45D0290 bevindt zich in de bebouwde kom van Schijndel. Het resultaat voor 2003 en 2006 is weergegeven in Figuur 4.7 en Figuur 4.8. Met uitzondering van de tweede helft van 2006 is er weinig overeenkomst tussen de meting en het modelresultaat. Het model onderschat de range en geeft het uitputtingsverloop niet goed weer. De dynamiek kan niet beoordeeld worden.



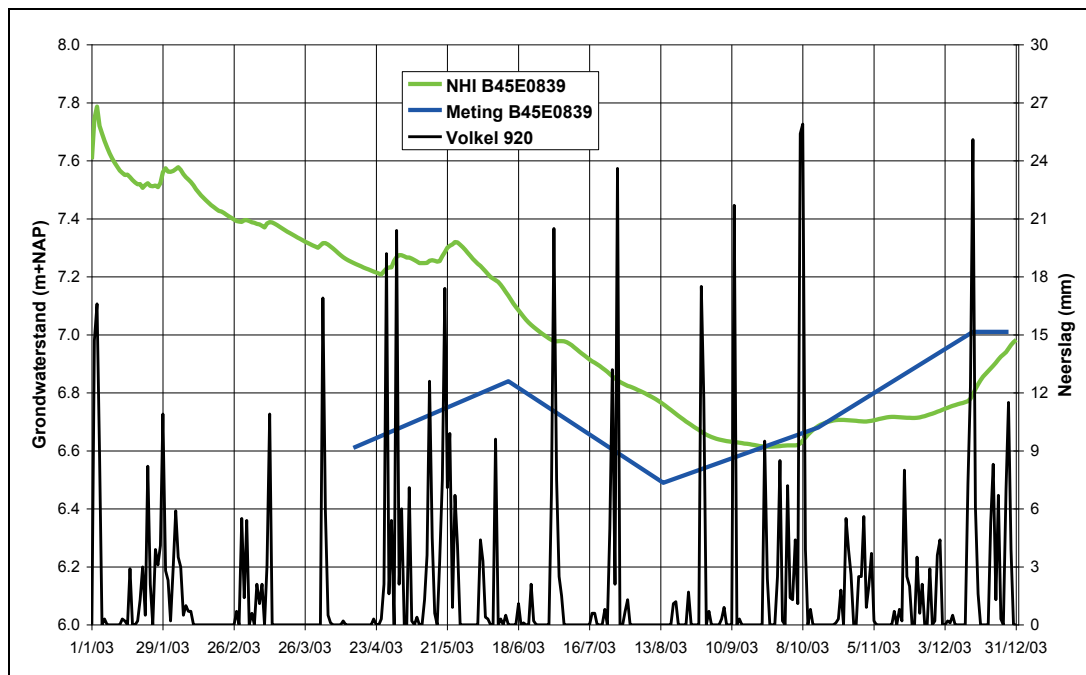
Figuur 4.7 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45D0290 in 2003



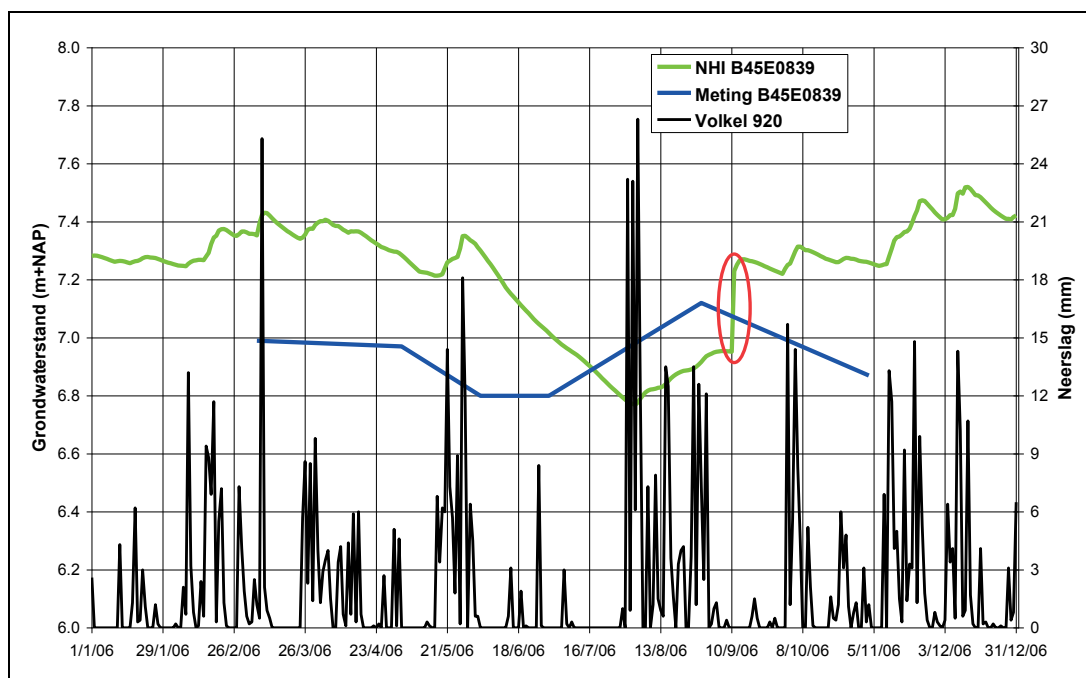
Figuur 4.8 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45D0290 in 2006

#### Peilbuis B45E0839

Peilbuis B45E0839 bevindt in de bebouwde kom van Berghem, oostelijk van Oss, bij de Achterste Heide. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4.9 en Figuur 4.10. De bemonsteringsfrequentie is te laag geweest voor een goede vergelijking. De beschikbare metingen geven aan dat de berekende range groter is geweest dan is gemeten.



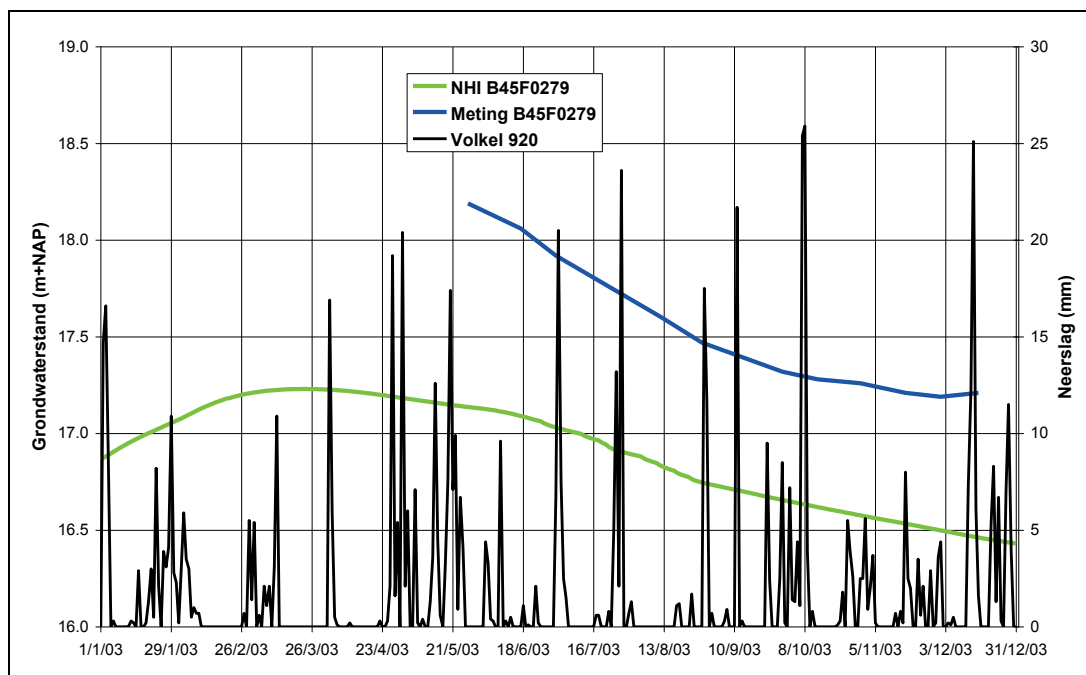
Figuur 4.9 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45E0839 in 2003



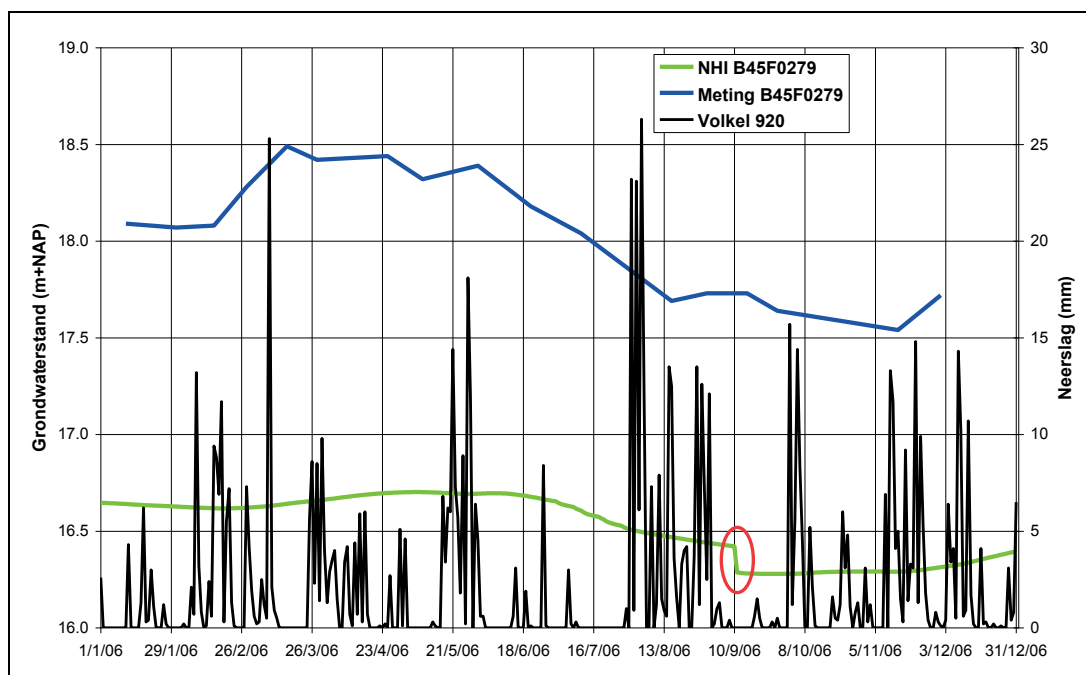
Figuur 4.10 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45E0839 in 2006

#### Peilbuis B45F0279

Peilbuis B45F0279 bevindt zich op de Schaijksche Heide tussen Schaijk en Uden. De resultaten voor 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.11 en Figuur 4.12. De metingen laten een sterk gefilterd verloop zien dat ook door het model wordt gesimuleerd. De berekende range blijft achter bij de metingen en de gemiddelde grondwaterstand wordt 1 – 1,5 m te laag berekend.



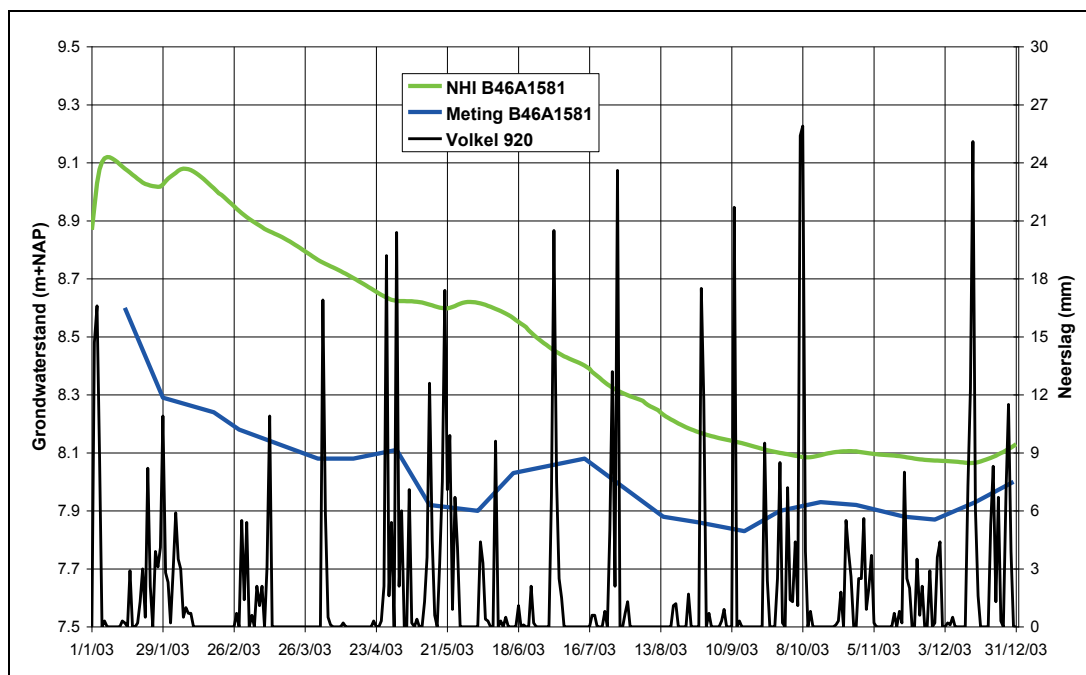
Figuur 4.11 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45F0279 in 2003



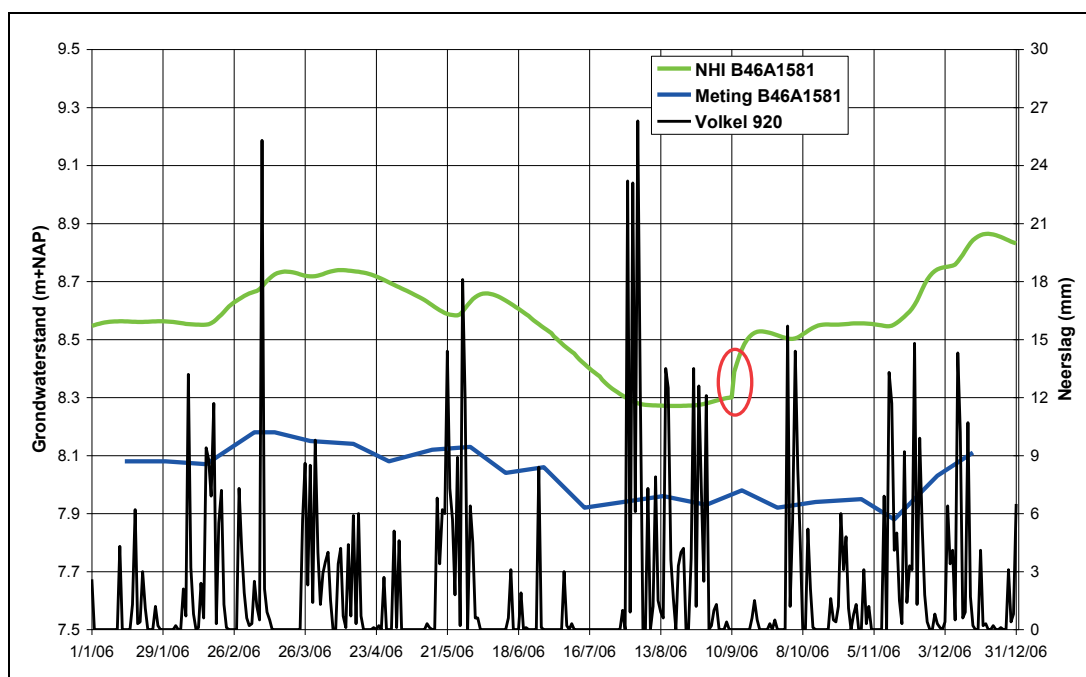
Figuur 4.12 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B45F0279 in 2006

#### Peilbuis B46A1581

Peilbuis B46A1581 ligt naast de Kraaijensbergse Plassen, westelijk van Cuijk. De resultaten zijn gepresenteerd in Figuur 4.13 en Figuur 4.14. De figuren laten zien dat het model het gemeten verloop redelijk simuleert, gemiddeld 0,5 m te hoog. De range en het uitputtingsverloop worden acceptabel weergegeven.



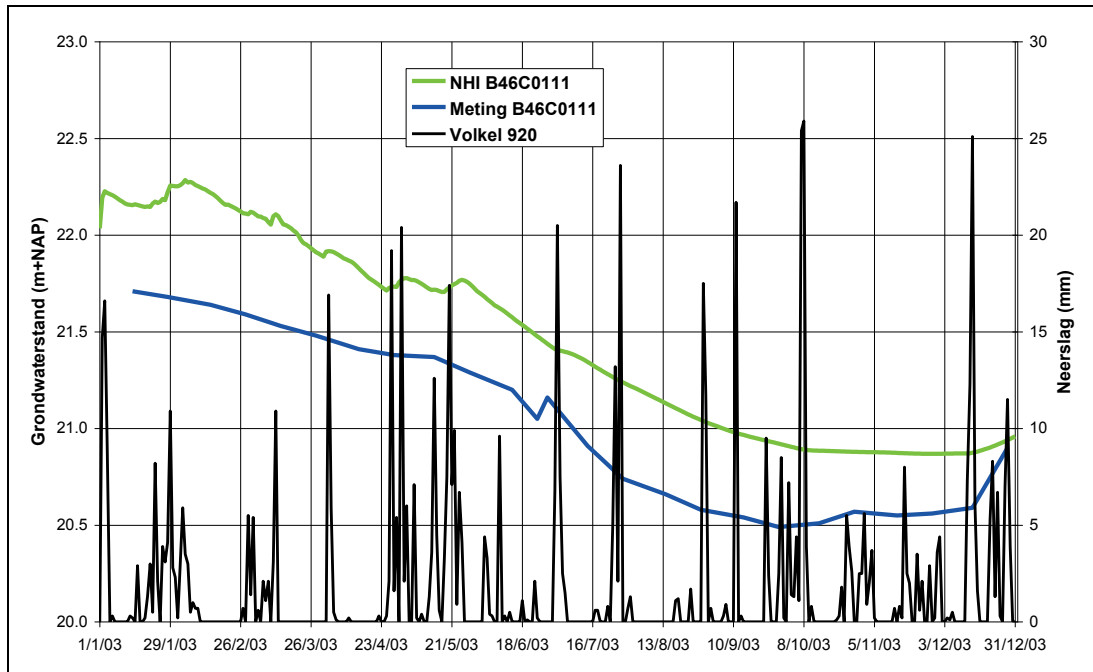
Figuur 4.13 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B46A1581 in 2003



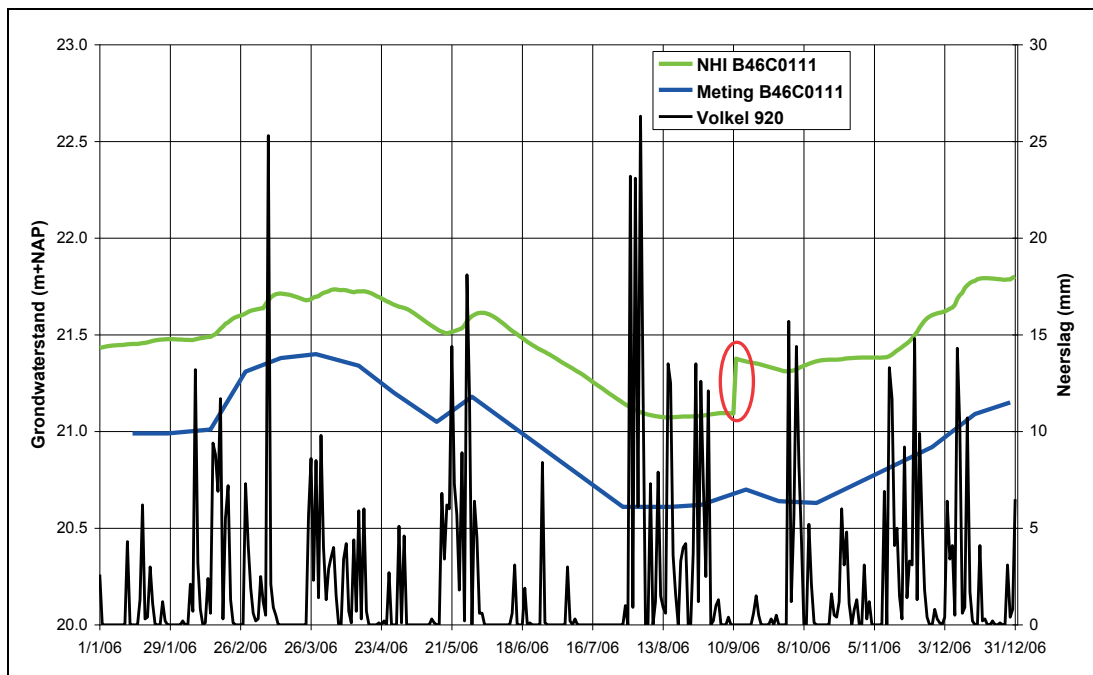
Figuur 4.14 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B46A1581 in 2006

#### Peilbuis B46C0111

Peilbuis B46C0111 bevindt zich in Sint Anthonisbos bij Sint Anthonis in de Wanroijsche Peel. De gemeten en berekende grondwaterstanden zijn weergegeven in Figuur 4.15 en Figuur 4.16. De figuren geven aan dat het model het gemeten verloop goed weergeeft t.a.v. dynamiek, uitputtingsverloop en range. De berekende grondwaterstand ligt ongeveer 4 dm hoger dan is gemeten



Figuur 4.15 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B46C0111 in 2003

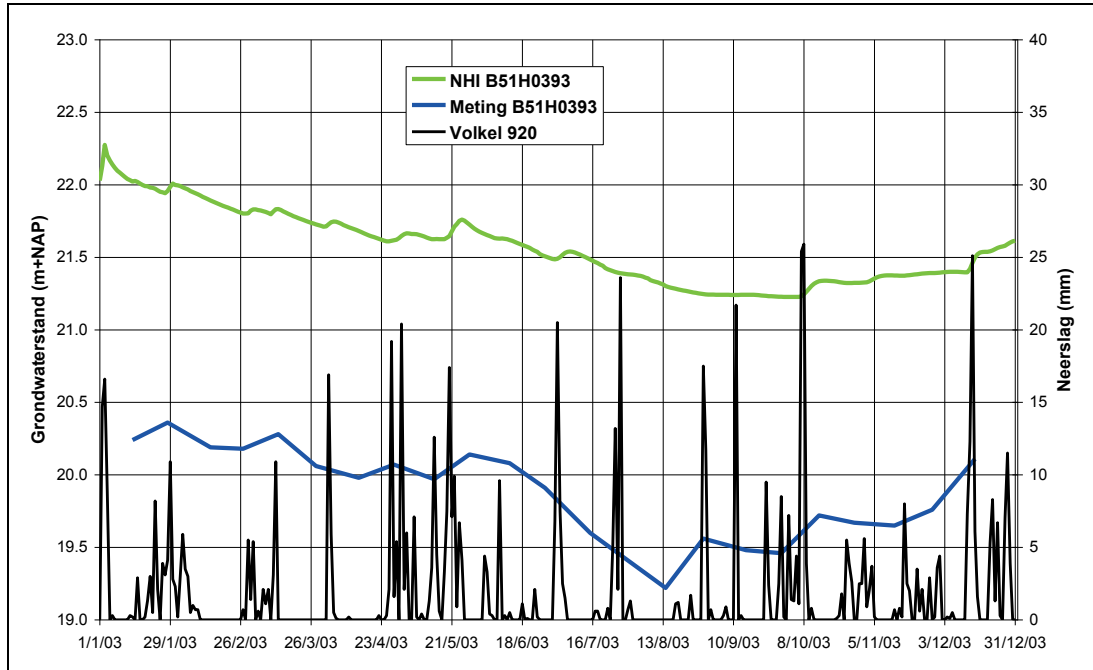


Figuur 4.16 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B46C0111 in 2006

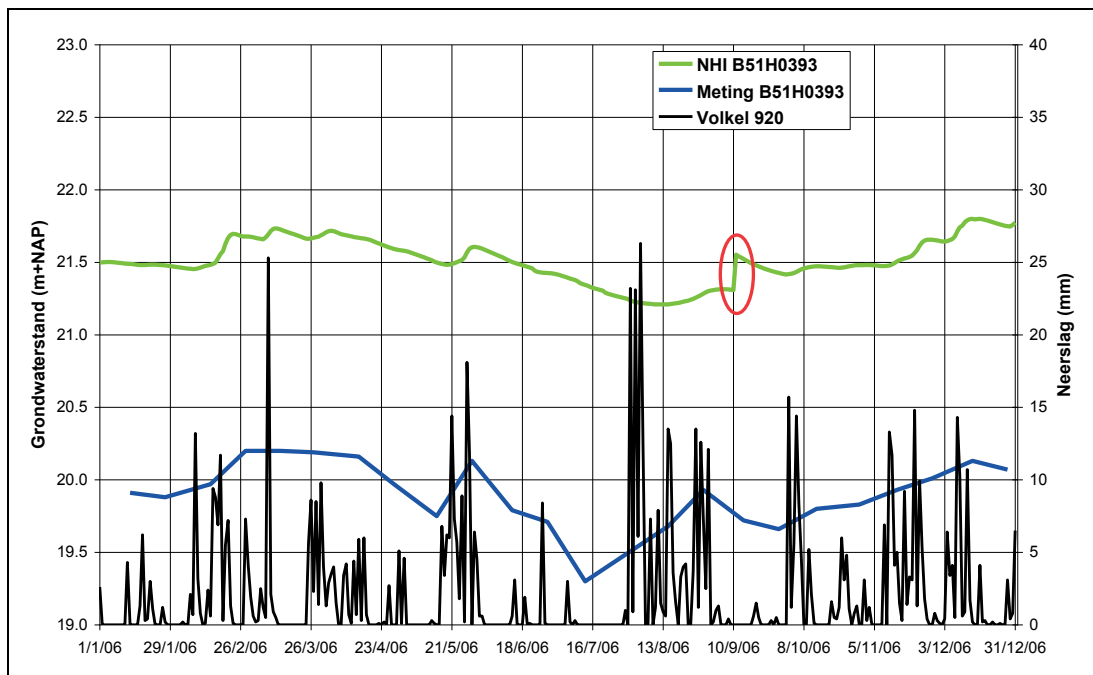
### Peilbuis B51H0393

Peilbuis B51H0393 bevindt zich noordwestelijk van Someren, oostelijk van de Strabrechtse Heide. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4.17 en Figuur 4.18. Het berekende verloop vertoont een iets lagere dynamiek en range en een te traag uitputtingsverloop. De grondwaterstand wordt 1,5 m te hoog berekend.





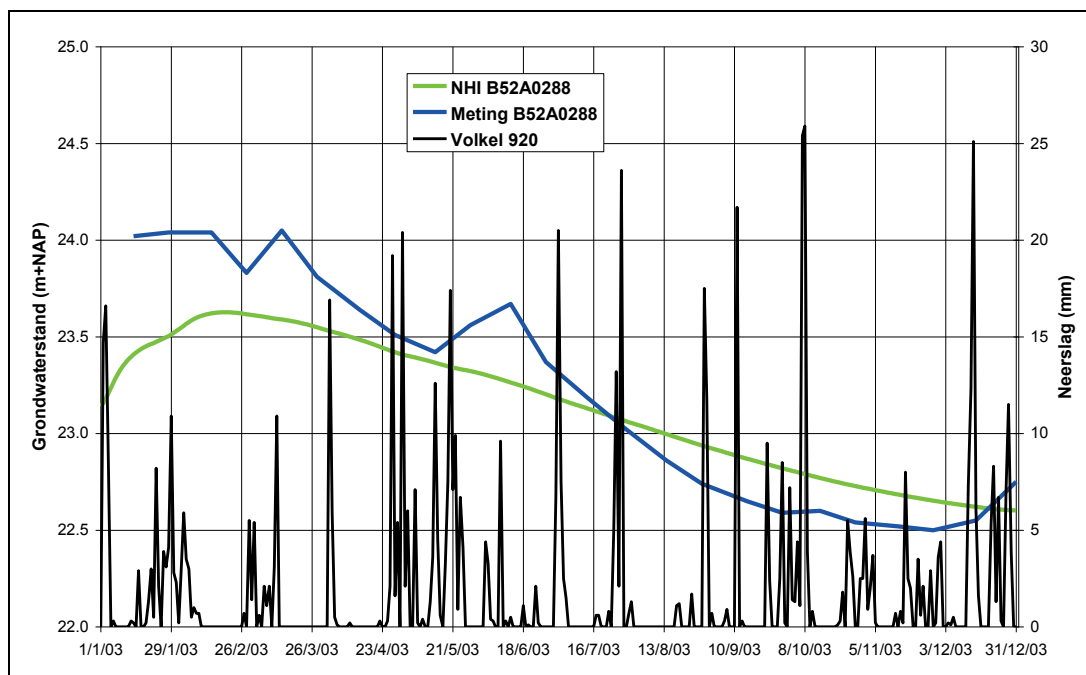
Figuur 4.17 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B51H0393 in 2003



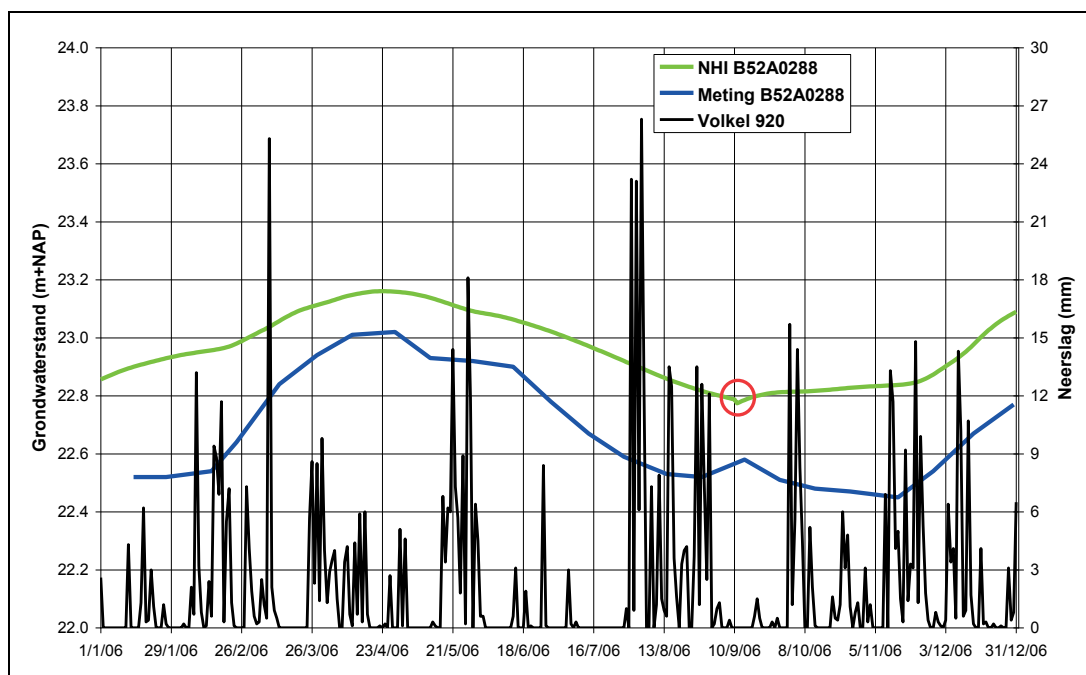
Figuur 4.18 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B51H0393 in 2006

#### Peilbuis B52A0288

Peilbuis B52A0288 bevindt zich in het bosgebied Stippelberg, ten noordoosten van Bakel/Helmond in de Peel. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4.17 en Figuur 4.18. De figuren geven aan dat het grondwaterverloop een sterk gefilterd karakter vertoont, in het model nog sterker dan in de metingen. De dynamiek lijkt iets te worden onderschat en de berekende range is iets kleiner dan is gemeten. Het gemiddeld grondwaterniveau wordt goed berekend.



Figuur 4.19 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B52A0288 in 2003



Figuur 4.20 Gemeten en berekend grondwaterstandverloop in peilbuis B52A0288 in 2006

### 4.3 Samenvatting

In Tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de resultaten van de vergelijking tussen de gemeten met de berekende grondwaterstanden op de geselecteerde locaties 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 voor 5 van de 10 locaties herijking van het model noodzakelijk is. Slechts voor een drietal locaties geeft het model een acceptabel resultaat. Voor een aantal reeksen is het bemonsteringsinterval te groot voor een zinnige vergelijking, terwijl voorts de locaties in enkele gevallen te dicht bij open water zijn gekozen en daardoor minder geschikt waren voor de toets.

Tabel 4.2 Overzicht van evaluatie van NHI grondwaterstanden in Aa en Maas

CODE	Coördinaten		Gebiedskenmerk	Dynamiek	Recessie verloop	Range
	X	Y				
Aa en Maas						
B44F0318	138790	412920	Drunen, dicht ontwaterd gebied	-	-	-
B45A0232	146000	413000	„s Hertogenbosch aan Engelermeer	+/-	-	-
B45B0311	156640	419760	naast Hertogswetering	+/-	-	-
B45D0290	158002	403844	bebouwde kom van Schijndel	?	+	-
B45E0839	168576	420134	bebouwde kom van Berghem	?	?	-
B45F0279	172667	413337	Schajksche Heide	+	+	+/-
B46A1581	185982	415956	Kraaijenbergsche Plassen	+/-	+	+
B46C0111	183953	402943	Sint Anthonisbos, de Peel	+	+	+
B51H0393	176540	379600	bij Strabrechtse Heide	+/-	+/-	+/-
B52A0288	182255	394155	bosgebied Stippelberg, de Peel	+/-	+/-	+/-

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

#### *Water aanvoer en afvoer*

- 1 De resultaten voor het oppervlaktewater in het waterschap Aa en Maas tonen aan dat zowel voor 2003 als voor 2006 de verschillen tussen meting en model nog te groot zijn om het model in deze fase van ontwikkeling al in te kunnen zetten voor een betrouwbare simulatie van de waterverdeling op regionale schaal.
- 2 De afvoer van de Dieze, het Drommelens Kanaal en district 61 wordt door het model in het voorjaar en het najaar onderschat. Mogelijk speelt hier de neerslagrandvoorwaarde een rol. Voor de rest van het jaar wordt de afvoer goed gesimuleerd.
- 3 De aangeleverde afvoer en inlaat gegevens voor district 62 geïnterpreteerd als waarden in m<sup>3</sup>/s leiden tot een onwaarschijnlijk hoge afvoer in mm. Analyse van dit district is daarom achterwege gelaten. Het waterschap geeft aan dat district 62 in het NHI niet goed gedefinieerd is.
- 4 De analyse heeft aangetoond dat het model de dynamiek van het afvoerloop in het algemeen goed simuleert.
- 5 Het waterschap geeft aan dat de wateraanvoer vanuit Limburg ontbreekt in het Distributiemodel en dat knoop 5070 ook water stuurt naar stuwpand Lith.

#### *Grondwater*

- 6 De kwaliteit van de simulatie van het grondwaterstandverloop door 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 periodes. Een goede reproductie hiervan stelt hoge eisen aan het model.
- 7 De beoordeling van de dynamiek was voor 2003 slechts beperkt mogelijk door de lage bemonsteringsfrequentie (vaak 1 x per 14 dagen of nog veel minder) die in de peilbuizen werd toegepast. Ook is de kwaliteit van de reeksen soms twijfelachtig gebleken.
- 8 De locaties van de peilbuizen was in enkele gevallen te dicht bij open water gekozen en daardoor minder geschikt waren voor de toets.
- 9 De analyse geeft aan dat voor 5 van de 10 locaties herijking van het model noodzakelijk is. Slechts voor een drietal locaties geeft het model een acceptabel resultaat.
- 10 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 voor het uitvoeren van betrouwbare analyses van de waterverdeling op regionaal niveau. Geconstateerd is dat een correcte simulatie van de afvoer en aanvoer, evenals van het grondwaterstandverloop nog lang niet overal wordt gerealiseerd. Om een beter resultaat te bereiken dient de

---

schematisatie te worden aangepast, is eliminatie van de grondwaterbug nodig, dienen de gegevens van alle neerslagstations en grensoverschrijdende aanvoeren in beschouwing te worden genomen en is lokale ijking van het model gewenst. Op eenvoudige wijze is het modelresultaat voor het oppervlaktewater te verbeteren.

## 5.2 Aanbevelingen

De conclusies leiden tot de volgende aanbevelingen.

- Aanpassing van de schematisatie in het DM t.a.v. wateraanvoer vanuit Limburg ( $3 \text{ m}^3/\text{s}$  van knoop 5070 naar knoop 5071).
- Aanpassing van de schematisatie in het DM, waarbij van knoop 5071 niet alleen doorvoer plaatsvindt naar knoop 510 maar ook naar stuwpand Lith.
- Verificatie en waar nodig aanpassing van de schematisatie van de districten 62 en 63.
- Verificatie van afvoer en inlaatgegevens van district 62.
- Dagelijkse grondwaterstanden zijn nodig om de dynamiek van het grondwater en het uitputtingsverloop te kunnen vergelijken met het NHI-resultaat.
- Controle op de kwaliteit van de grondwaterstanden is nodig, terwijl voorts de opgegeven maaiveldhoogtes gecontroleerd moeten worden.
- De 9/11 bug dient uit het NHI te worden ge-ëlimineerd voordat een vervolg wordt gegeven aan de validatie (wordt aan gewerkt).
- De analyse van het resultaat met het NHI voor grondwater toont aan dat het grondwatermodel lokaal geijkt dient te worden. Het volstaat kennelijk niet om op basis van bodemgegevens het grondwaterverloop overal goed te beschrijven.

---

## 6 Literatuur

ANWB (2010)

Topografische Atlas Nederland, 1:50 000.  
3<sup>de</sup> editie, 1<sup>e</sup> 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 D  
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