

stowa

BIJLAGE L

VALIDATIE NHI

REGIO OOST NEDERLAND



RAPPORT

2011
w02

BIJLAGE L
VALIDATIE NHI REGIO OOST NEDERLAND

RAPPORT

2011
W02



Validatie NHI voor Oost Nederland

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Opdrachtgever:
Stowa

Validatie NHI voor Oost Nederland

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	5
	2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen	5
	2.2 Berekeningsprocedure model neerslag.....	9
	2.3 Gemeten en model neerslag in 2003	10
	2.4 Gemeten en model neerslag 2006	11
	2.5 Windcorrectie op neerslagmetingen.....	12
	2.6 Verdampingsberekening in NHI.....	13
	2.7 Referentie verdamping	14
	2.8 Actuele verdamping	17
3	Oppervlaktewater	19
	3.1 Hydraulische infrastructuur.....	19
	3.2 Oppervlaktewater 2003	21
	3.3 Oppervlaktewater 2006	26
4	Grondwaterstanden	28
	4.1 Inleiding.....	28
	4.2 Velt en Vecht	28
	4.3 Reest en Wieden	37
	4.4 Regge en Dinkel	38
	4.5 Groot-Salland.....	47
	4.6 Rijn en IJssel.....	54
	4.7 Samenvatting.....	68
5	Conclusies en aanbevelingen.....	70
	5.1 Conclusies	70
	5.2 Aanbevelingen	72
6	Literatuur.....	73
Appendices		
A	Windcorrectie neerslagmetingen	74

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 – 1 oktober), 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

Oost Nederland omvat de beheersgebieden van de waterschappen Regge en Dinkel, Groot Salland, de zuidelijke delen van de waterschappen Vecht en Veld en Reest en Wieden en het waterschap Rijn en IJssel. De validatie van het NHI voor de beheersgebieden is uitgevoerd op de reproductie van de variabelen zoals hiervoor is aangegeven. Met betrekking tot het oppervlaktewater zijn de simulaties voor de leidingen die in het Distributiemodel zijn opgenomen vergeleken met de beschikbare metingen. Van de waterschappen zijn van 10 locaties per waterschap grondwaterstandgegevens ontvangen. Voor een zinvolle vergelijking hiervan met het NHI zijn alleen de reeksen gebruikt waarvan dagcijfers beschikbaar waren. Zoutbelastingen spelen geen rol in het waterbeheer van Oost Nederland.

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. Daarna wordt een vergelijking gemaakt met de beste schattingen voor de neerslag op basis van alle KNMI neerslagstations en de selectie die ten grondslag heeft gelegen aan de neerslag die in het NHI is aangenomen. Vervolgens wordt de NHI validatie voor het oppervlaktewater besproken in hoofdstuk 3. Een grondige analyse hiervan was niet mogelijk omdat het aantal aangeleverde oppervlaktewaterreeksen zeer beperkt was. In hoofdstuk 4 zijn de grondwaterstandreeksen met een bemonsteringsinterval van één dag of kleiner 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.

2 Neerslag en verdamping

2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Oost Nederland bedraagt 784 mm, waarvan 49% (382 mm) in het groeiseizoen valt, zie Tabel 2.1. De droogste maanden zijn gemiddeld genomen februari en april gevolgd door mei en augustus, terwijl juni, juli, november en vooral december de natste maanden zijn, zie Figuur 2.2 en Tabel 2.2. De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse neerslagsom is weergegeven in Figuur 2.1 en uitgesplitst naar waterschap in Tabel 2.1 en Figuur 2.6. De laagste waarden treden gemiddeld op langs de oostkant (vooral zuidoost Drente) en de dalen van de Vecht en de Berkel en de hoogste waarden vindt men in het beheersgebied van het waterschap Reest en Wieden, de Sallandse heuvelrug en de Veluwerand. In het groeiseizoen van 1 april t/m 30 september zijn de verschillen tussen de normalen identiek aan die voor de jaarnormalen (zie Tabel 2.1 en Figuur 2.7). Ook hier treden de hoogste waarden op in het beheersgebied van het waterschap Reest en Wieden en de laagste waarden in het waterschap Velt en Vecht.

In 2003 was de neerslag op jaarbasis (zie Tabel 2.1, Figuur 2.5 en Figuur 2.6) beduidend minder dan normaal (-11%), hoewel de maanden januari, juli, december en vooral mei natter waren dan gemiddeld, zie Figuur 2.8. De ruimtelijke verdeling van de jaarsom is weergegeven in Figuur 2.3 en uitgesplitst naar waterschap in Tabel 2.1 en Figuur 2.6. De figuren en de tabel geven aan dat de plaatselijke verschillen groot zijn geweest. De grootste afwijkingen van de normalen zijn opgetreden in de beheersgebieden van de waterschappen Groot-Salland en Reest en Wieden (resp. -18% en -16%), terwijl in het zuidelijk deel van de regio (Rijn en IJssel) slechts 5% minder neerslag is waargenomen, dus grote regionale verschillen. De neerslag in Oost Nederland in het groeiseizoen was slechts marginaal (-4%) minder dan gemiddeld. Ook nu zijn weer de grootste uitschieters naar beneden de beheersgebieden van de waterschappen Groot-Salland en Reest en Wieden, terwijl in het waterschap Rijn en IJssel 5% meer neerslag is waargenomen dan gemiddeld (zie Figuur 2.7 en Tabel 2.1).

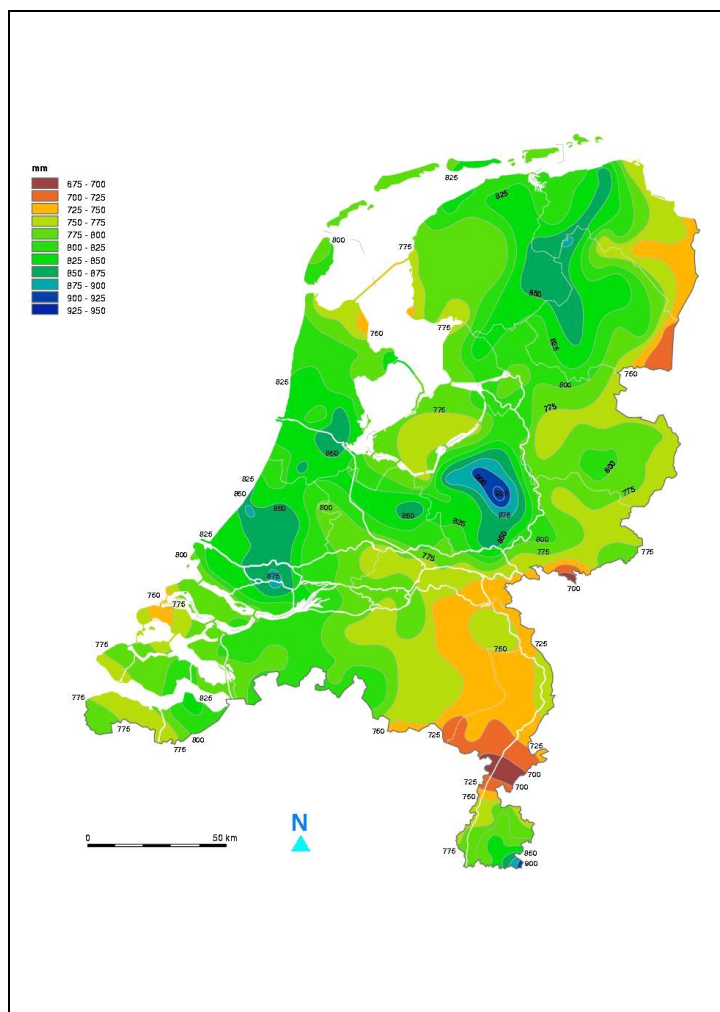
Op jaar- en seizoenbasis was het jaar 2006 voor Oost Nederland als geheel vrijwel normaal, (-3%, zie Tabel 2.1 en Figuur 2.5). De maanden juni en september waren aanzienlijk droger dan normaal (zie Figuur 2.9), maar dit werd goeddeels gecompenseerd door de hoge neerslagsom voor de maand augustus. Deze afwijking van de normalen leidt er toe dat het potentiële neerslagtekort eind juli aanzienlijk groter is geweest dan gemiddeld. De ruimtelijke verdeling van de neerslag in 2006 is weergegeven in Figuur 2.4, Figuur 2.6 en Figuur 2.7. en in Tabel 2.1. De grootste afwijkingen van de normalen op jaar- en seizoenbasis treden op in het beheersgebied van het waterschap Reest en Wieden..

Tabel 2.1 Neerslag karakteristieken van Oost Nederland en waterschappen

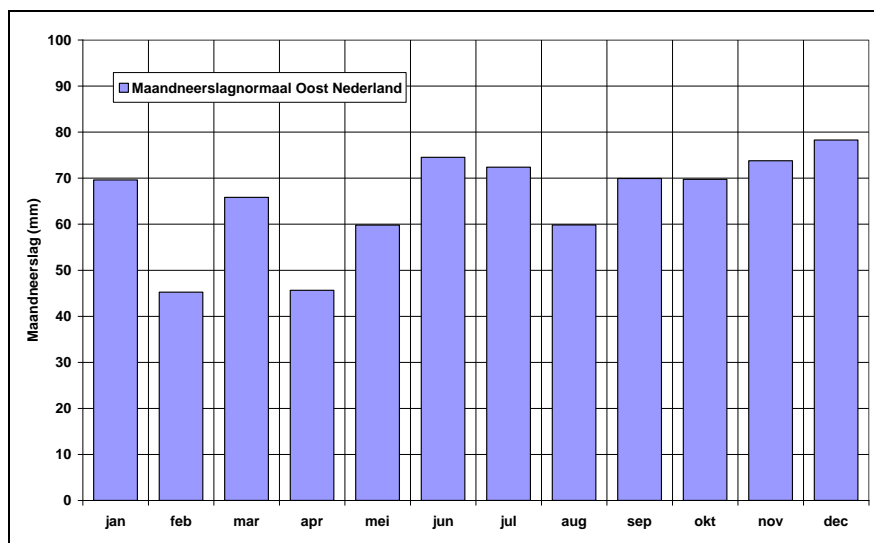
Regio/ waterschap	Neerslag in mm						Verskil met normaal in %			
	Normaal		2003		2006		2003		2006	
	Jaar	Groei	Jaar	Groei	Jaar	Groei	Jaar	Groei	Jaar	Groei
Oost Nederland	784	382	700	366	758	369	-11	-4	-3	-3
Velt en Vecht	765	368	687	350	715	354	-10	-5	-7	-4
Reest en Wieden	823	394	691	330	730	367	-16	-16	-11	-7
Regge en Dinkel	781	382	684	373	760	366	-12	-2	-3	-4
Groot-Salland	788	387	645	324	760	379	-18	-16	-4	-2
Rijn en IJssel	777	381	738	399	789	374	-5	5	2	-2

Tabel 2.2 Maandneerslag in Oost Nederland als percentage van de jaarsom

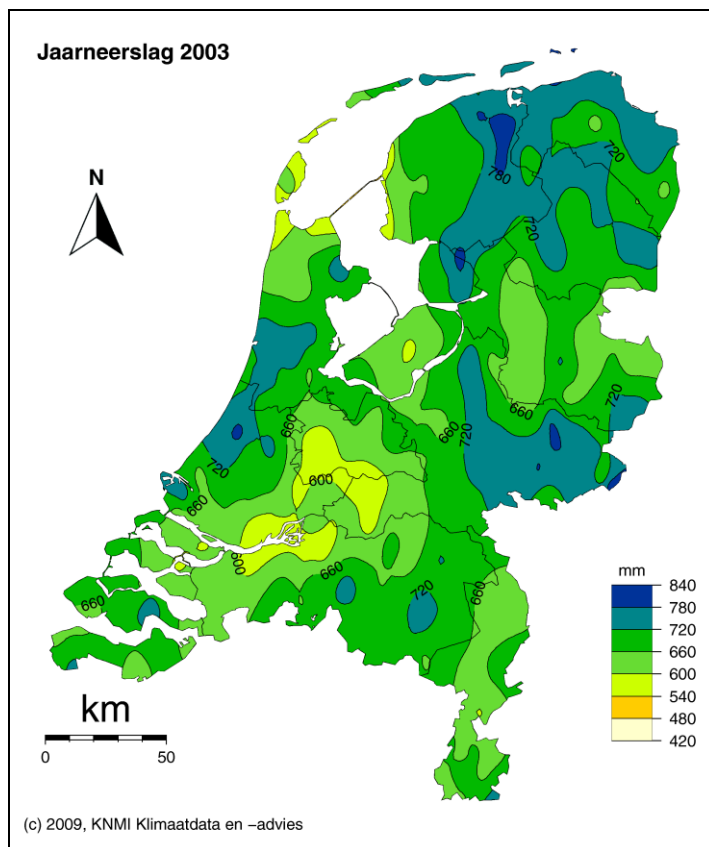
	jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
norm	8.9	5.8	8.4	5.8	7.6	9.5	9.2	7.6	8.9	8.9	9.4	10.0
2003	11.8	3.7	3.9	6.9	15.6	6.4	12.4	2.9	8.0	8.3	6.5	13.6
2006	3.2	6.7	10.7	5.5	12.2	2.2	6.8	20.8	1.2	9.4	11.2	10.1



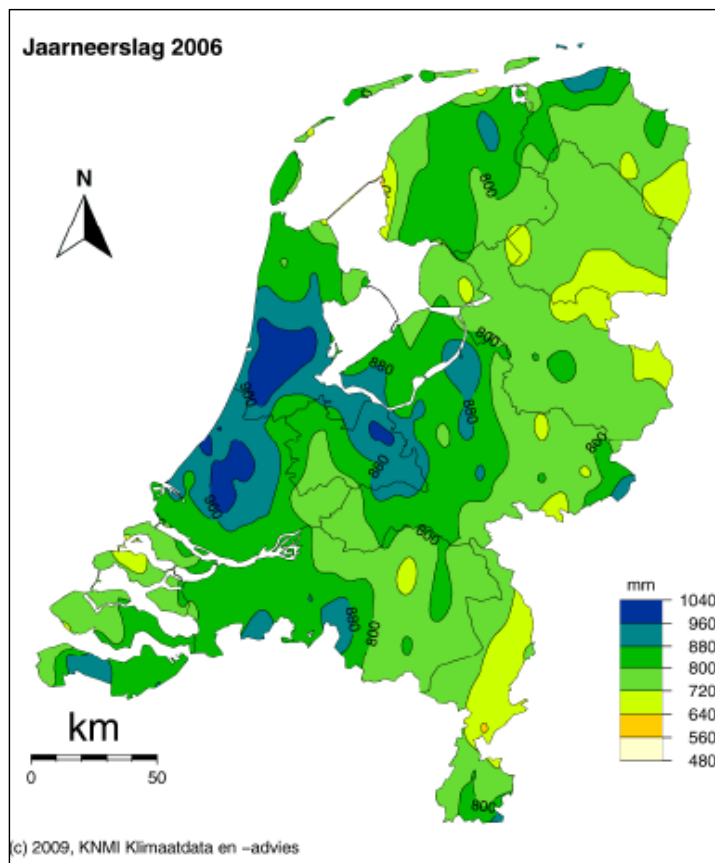
Figuur 2.1 Gemiddelde jaarneerslag periode 1971-2000 (bron: KNMI)



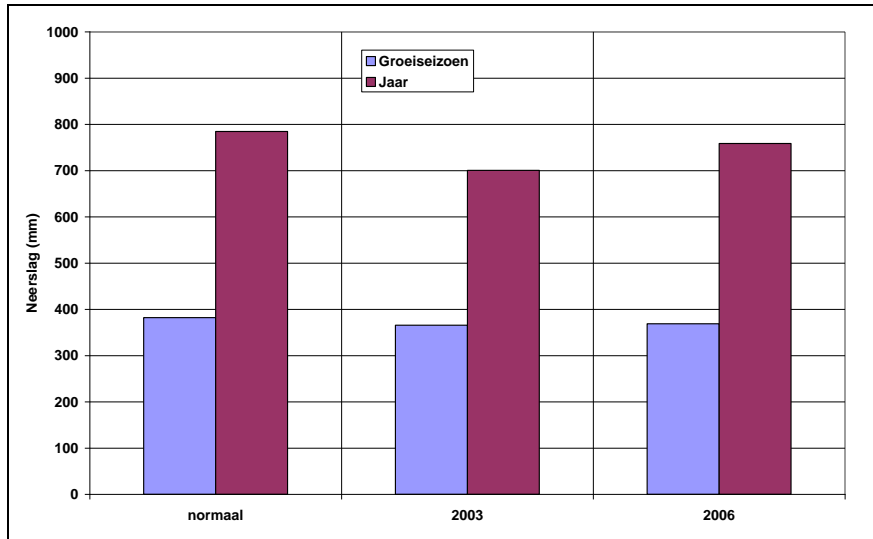
Figuur 2.2 Maandneerslagnormalen voor Oost Nederland



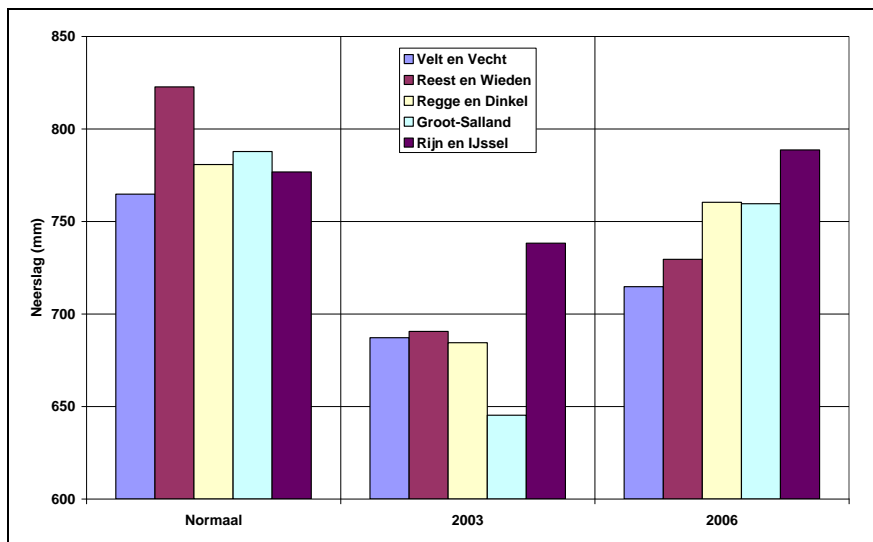
Figuur 2.3 Jaarneerslag in 2003 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



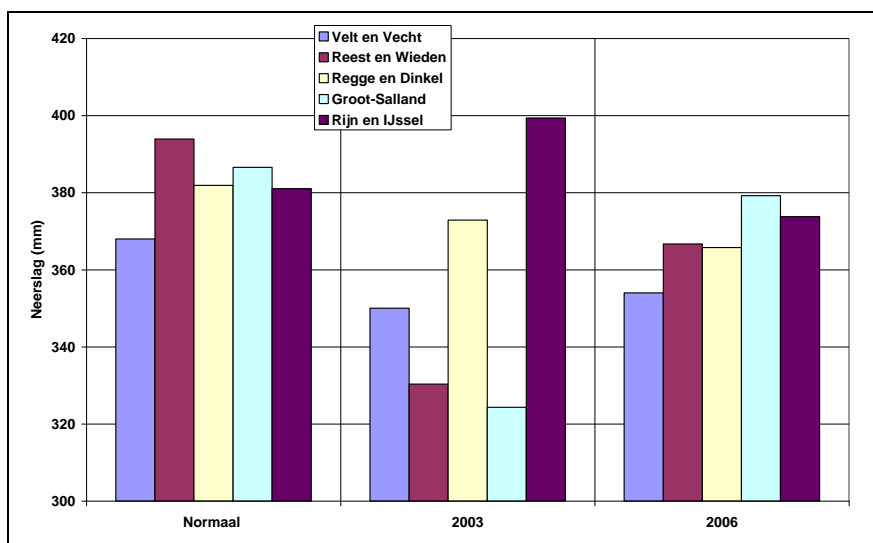
Figuur 2.4 Jaarneerslag in 2006 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



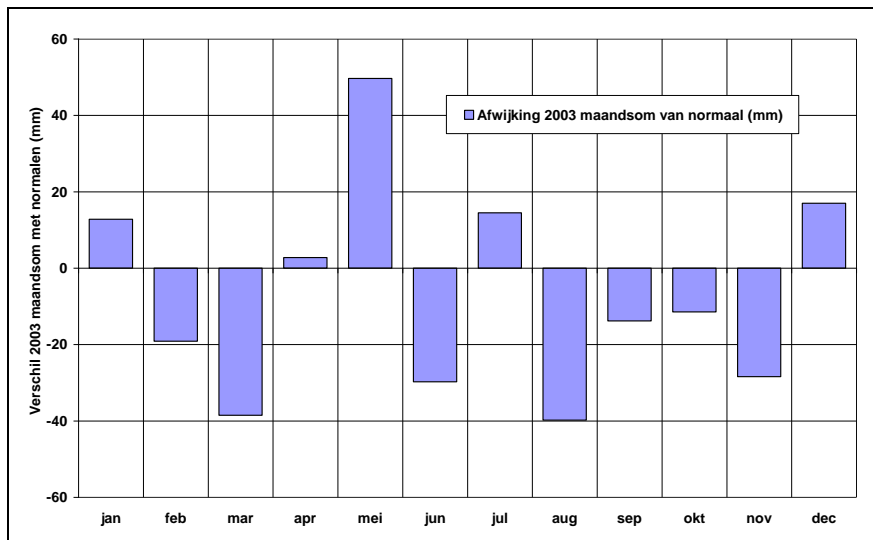
Figuur 2.5 Jaar en groeiseizoen neerslagsommen in 2003 en 2006 met de normalen voor Oost Nederland



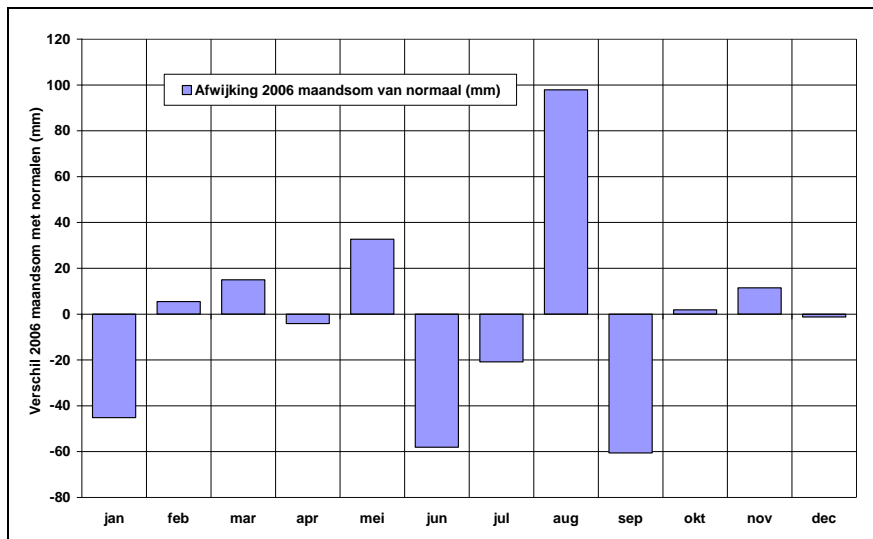
Figuur 2.6 Jaarneerslagsommen voor de waterschappen in Oost Nederland, normaal, 2003 en 2006



Figuur 2.7 Seizoeneerslagsommen voor de waterschappen in Oost Nederland, normaal, 2003 en 2006



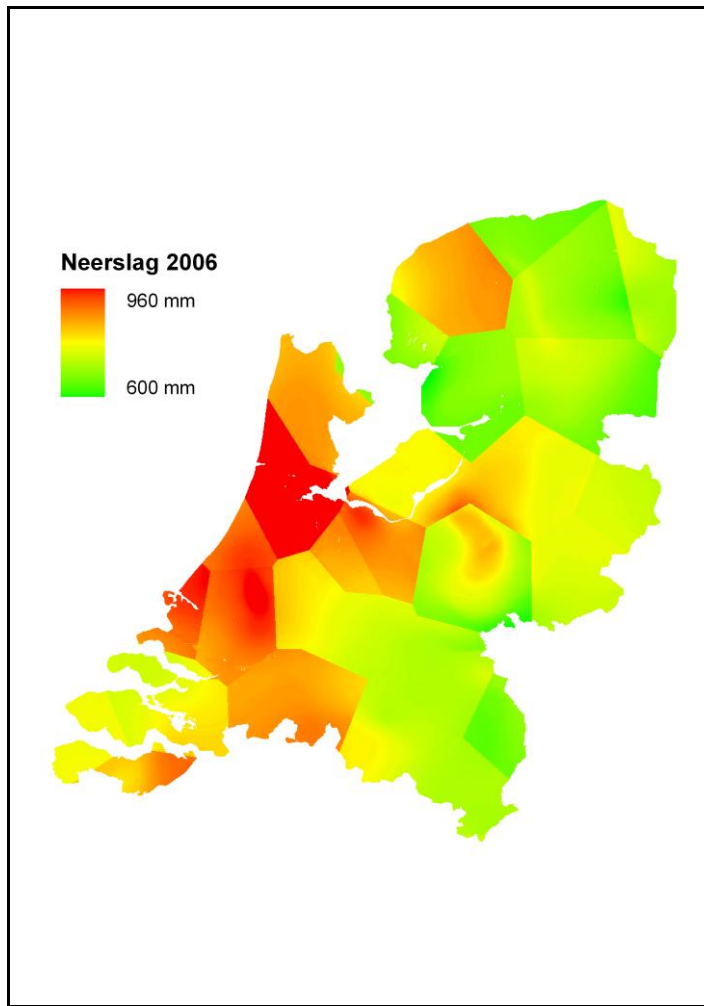
Figuur 2.8 Verschil maandheerslagsommen in 2003 met normalen voor Oost Nederland



Figuur 2.9 Verschil maandheerslagsommen in 2006 met normalen voor Oost Nederland

2.2 Berekeningsprocedure model neerslag

Figuur 2.10 geeft het principe van de methode weer die in het NHI gebruikt wordt voor de bepaling van de ruimtelijke verdeling van de neerslag. De verdeling 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). Deze procedure is voor het analyseren van tendensen in het gemiddelde gedrag over lange perioden mogelijk aanvaardbaar, maar zeker niet voor het analyseren van extremen en analyse van afzonderlijke jaren. Aangetoond kan worden dat de NHI-procedure in afzonderlijke maanden lokaal tot grove over- zowel als onderschatting van de neerslag kan leiden, ook al zouden de jaarsommen gelijk zijn.



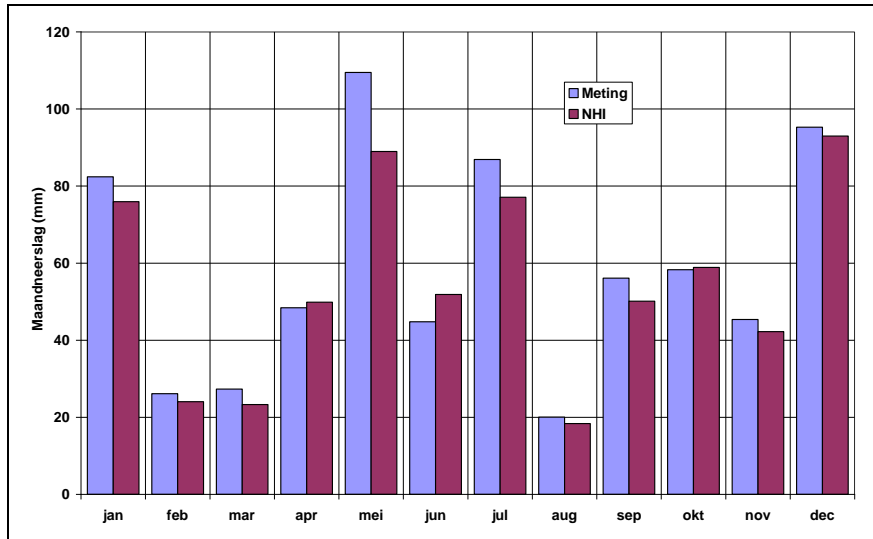
Figuur 2.10 Thiessennetwerk modelneerslagbepaling

2.3 Gemeten en model neerslag in 2003

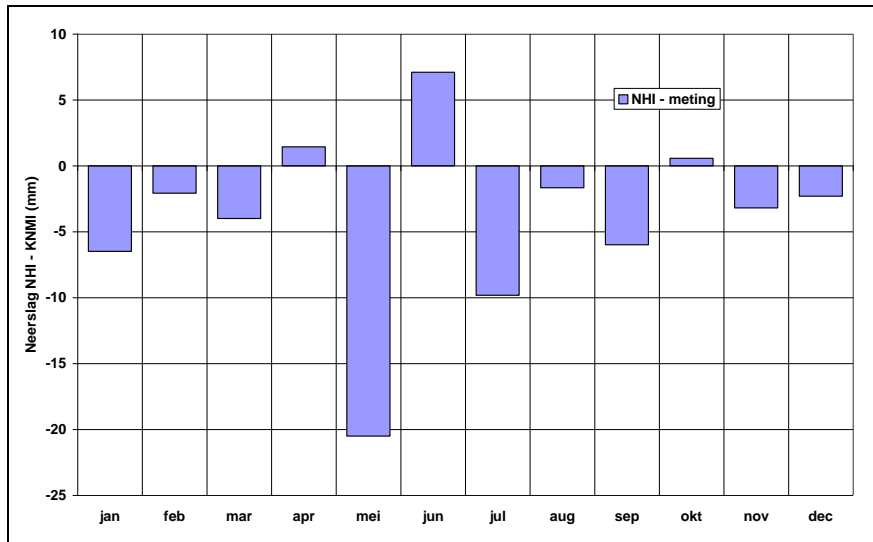
Uit Figuur 2.10 is af te leiden dat de neerslag in Oost Nederland in het NHI wordt bepaald door de waarden van de meteorologische stations Hoogeveen, Marknesse, Heino, Twenthe, Hupsel en Deelen. De gekozen NHI-meteostations leiden tot een onderschatting van de neerslag van 7% op jaarbasis en van 8% voor het groeiseizoen, zie ook Tabel 2.3. De verschillen op maandbasis zijn weergegeven in Figuur 2.11 en Figuur 2.12. De grootste onderschatting treedt op voor de maanden mei en juli. De afwijkingen zullen aanleiding geven tot een overschatting van de watervraag in het groeiseizoen.

Tabel 2.3 Vergelijking tussen gemeten en model neerslag in groeiseizoen en jaar 2003 en 2006 voor Oost Nederland

Jaar	Neerslag gemeten (mm)		Neerslag model (mm)		Verschil meting – model (mm)	
	Groeiseizoen	Jaar	Groeiseizoen	Jaar	Groeiseizoen	Jaar
2003	366	700	336	653	30 (8%)	47 (7%)
2006	369	758	356	718	13 (4%)	41 (5%)



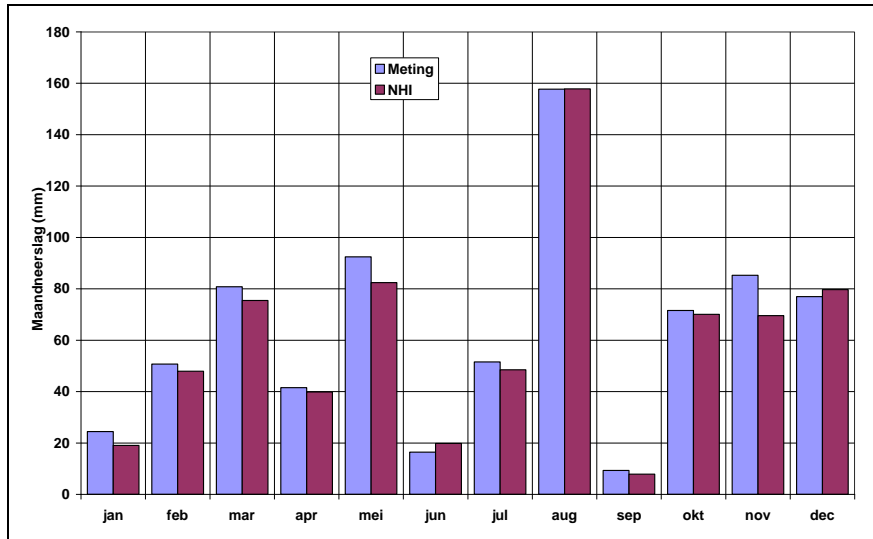
Figuur 2.11 Maandneerslagsommen in 2003 voor Oost Nederland, meting en model



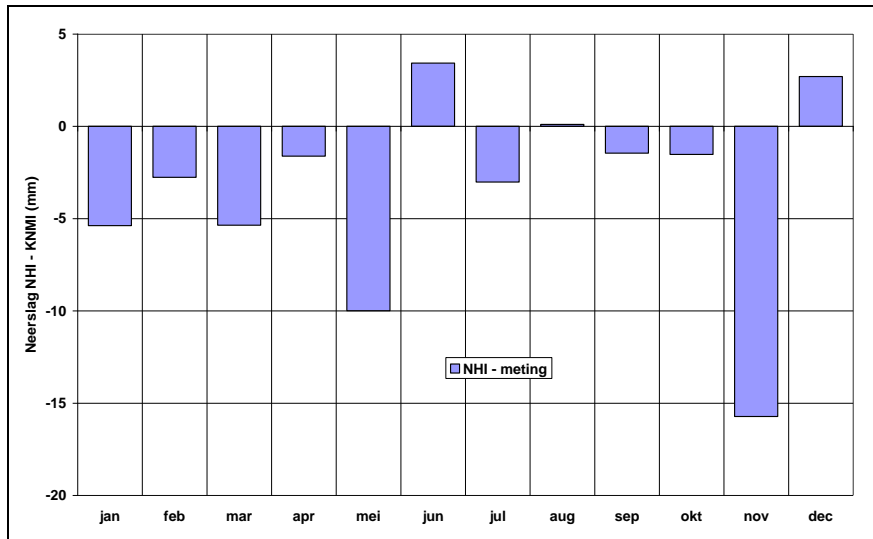
Figuur 2.12 Verschil maandneerslagsommen model - meting in 2003 voor Oost Nederland

2.4 Gemeten en model neerslag 2006

De verschillen tussen de gemeten neerslag op basis van de KNMI neerslagstations en de NHI-neerslag voor 2006 zijn minder groot dan voor 2003. De onderschatting in het model van de jaarsom en die van het groeiseizoen bedragen nu respectievelijk 5% en 4%, zie Tabel 2.3. De verschillen per maand zijn weergegeven in Figuur 2.13 en Figuur 2.14. De grootste afwijking in absolute zin treden nu op in de maanden mei en november. Vanwege de onderschatting van de neerslag in mei zal het potentiële neerslagtekort in het groeiseizoen van 2006 licht overschat worden en zo ook de watervraag.



Figuur 2.13 Maandneerslagsommen in 2006 voor Oost Nederland, meting en model



Figuur 2.14 Verskil maandneerslagsommen model - meting in 2006 voor Oost Nederland

2.5 Windcorrectie op neerslagmetingen

Merk op dat nabij van de locaties van de meteorologische stations waar met een 4 dm² regenmeter wordt gemeten ook neerslagstations met een standaard 2 dm² regenmeter aanwezig zijn. Volgens Tabel 2.4 zijn de jaarsommen op de neerslagstations orde 6 - 7% hoger dan op de meteorologische stations. Een deel van het verschil kan verklaard worden door meetonzuiverheden t.g.v. windeffecten. De gepresenteerde neerslaggegevens zijn niet gecorrigeerd voor wind. Hierdoor is de neerslag onderschat, op de meteorologische stations met 7% op jaarbasis en op de neerslagstations met orde 4%, zoals in Appendix A is uitgewerkt. Dit verklaart een deel van het verschil tussen de in Tabel 2.4 gesignaleerde verschillen (KNMI meteo- en neerslagstations op ongeveer dezelfde locaties) en de verschillen tussen de NHI neerslag (gebaseerd op de meteorologische stations) en de beste schatting op basis van de neerslagstations. Aan de onzuiverheid in de neerslaggegevens dient men in het vervolg van de modelontwikkeling aandacht te geven.

Tabel 2.4 Vergelijking jaarsommen gemeten op meteo- en neerslagstations in 2003 en 2006

Jaar	Type station Meteo-st/N-st	Heino- 278/340	Twenthe- 290/670	Hoogev.- 279/332	Hupsel- 283/688	Deelen- 275/591	Marknesse- 273/317	Gemiddeld verschil
2003	Meteo-station	566	619	693	720	672	754	
	Neerslagstation	605	708	713	728	735	772	
	Verschil (%)	6.8	14.4	3.0	1.1	9.4	2.4	6.2
2006	Meteo-station	766	723	711	735	773	669	
	Neerslagstation	803	798	726	846	853	689	
	Verschil (%)	4.8	10.4	2.1	15.1	10.4	3.0	7.6

2.6 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.

2.7 Referentie verdamping

De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse referentieverdamping volgens Makkink is weergegeven in Figuur 2.15. De lijnen van gelijke referentieverdamping lopen parallel aan de kust afnemend in oostelijke richting. Voor Oost Nederland bedroeg de gemiddelde referentieverdamping in de periode 1991-2009 ongeveer 570 mm op jaarbasis met een standaardafwijking van 30 mm. Voor het groeiseizoen april - september liggen de waarden rond 470 mm met eenzelfde trend oostwaarts, zie Figuur 2.16, waarin de stations geordend zijn volgens de contouren van Figuur 2.15. Een uitzondering op de oostwaartse trend vormt de verdamping gemeten te Hupsel. De verdamping is gemiddeld genomen maximaal in de maanden juni en juli met een referentieverdamping van 3,0 - 3,5 mm/dag, zie Figuur 2.17.

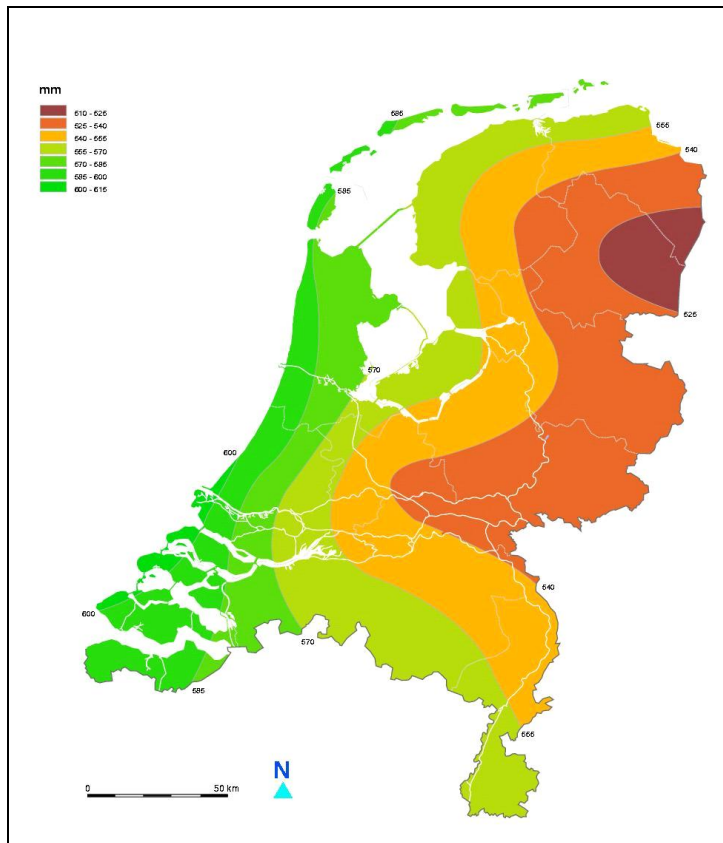
In individuele jaren kan de verdamping echter aanzienlijk afwijken van de normalen. Zowel in 2003 als in 2006 was de referentieverdamping hoger dan gemiddeld (in 2003 zelfs 2 keer de standaardafwijking), zoals is aangegeven in Figuur 2.18 en Tabel 2.5. Aangetoond kan worden dat de onderlinge verschillen tussen de stations echter heel klein blijven, zodat de ruimtelijke variatie gering is, in tegenstelling tot de neerslag.

Omdat in 2003 de neerslag lager was dan gemiddeld, was het potentiële neerslagtekort in het groeiseizoen aanzienlijk hoger dan normaal. In het model nog hoger dan in werkelijkheid, door de onderschatting van de neerslag in het model, vergelijk Tabel 2.5 met Figuur 2.19, waar in de laatste de referentieverdamping is vergeleken met de modelneerslag.

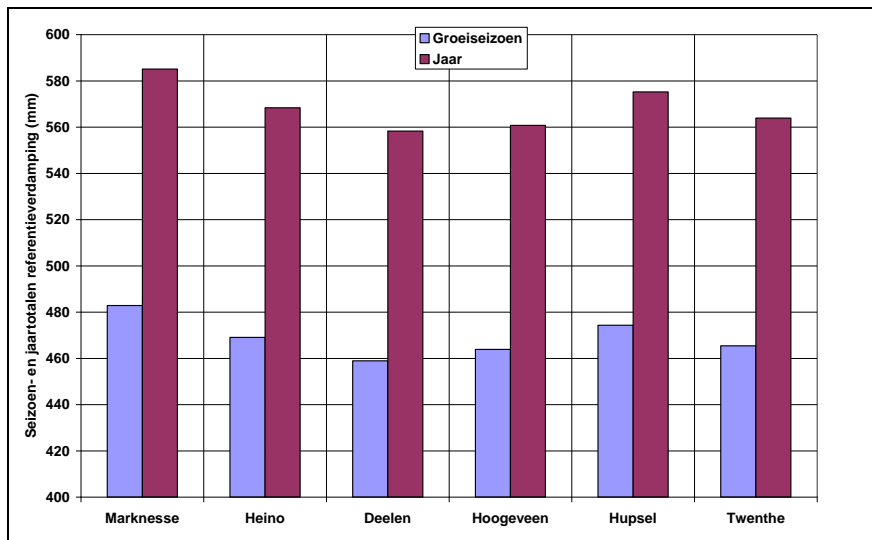
Voor 2006 was het tekort voor het totale groeiseizoen minder dan in 2003, maar het tekort was eind juli veel groter dan normaal en van dezelfde orde als het maximale tekort in 2003. Omdat dit tekort in 2006 zich midden in het groeiseizoen heeft voorgedaan zullen de gevolgen voor het gewas ernstiger zijn geweest. Figuur 2.20 geeft aan dat de hoge neerslag in augustus 2006 het tekort deels had weggewerkt.

Tabel 2.5 Referentieverdamping op jaar- en seizoenbasis, neerslag en potentiële neerslagtekort voor Oost Nederland voor een normaal jaar en in 2003 en 2006 (waarden in mm)

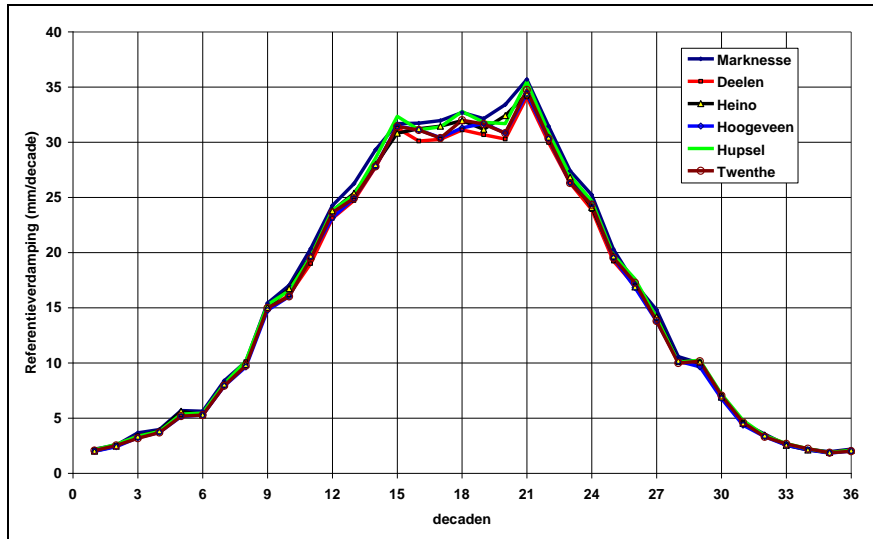
Neerslag en E_{ref}	normaal	2003	2006
jaarsom E_{ref}	569	635	595
groeiseizoen E_{ref}	469	516	501
groeiseizoen neerslag	382	366	369
Potentieel tekort seizoen	87	150	132



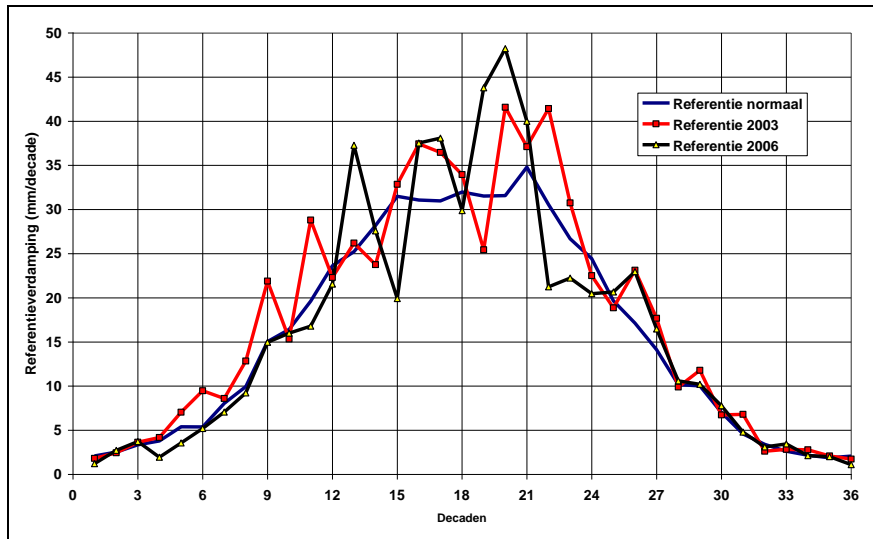
Figuur 2.15 Gemiddelde jaarlijkse verdamping, periode 1971-2000 (bron; KNMI)



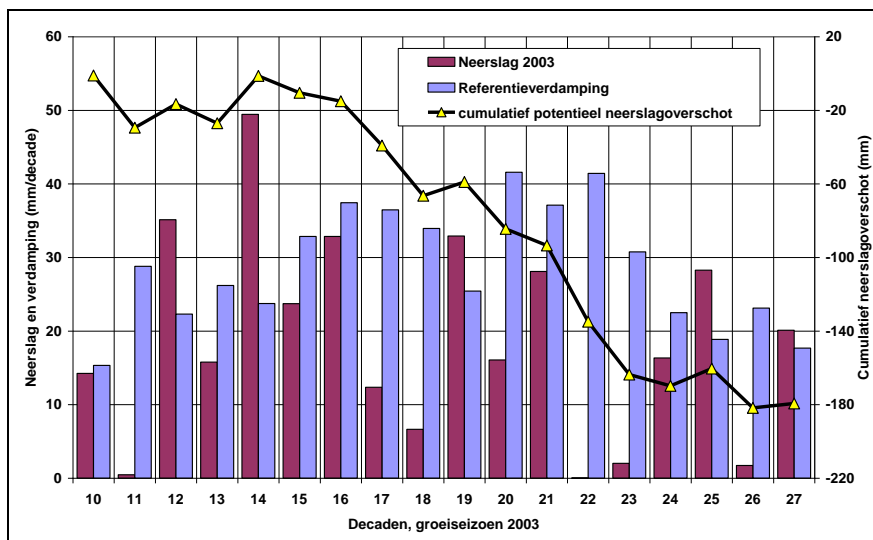
Figuur 2.16 Verdampingsnormalen (periode 1991-2009) jaar en groeiseizoen van KNMI-stations in Oost Nederland



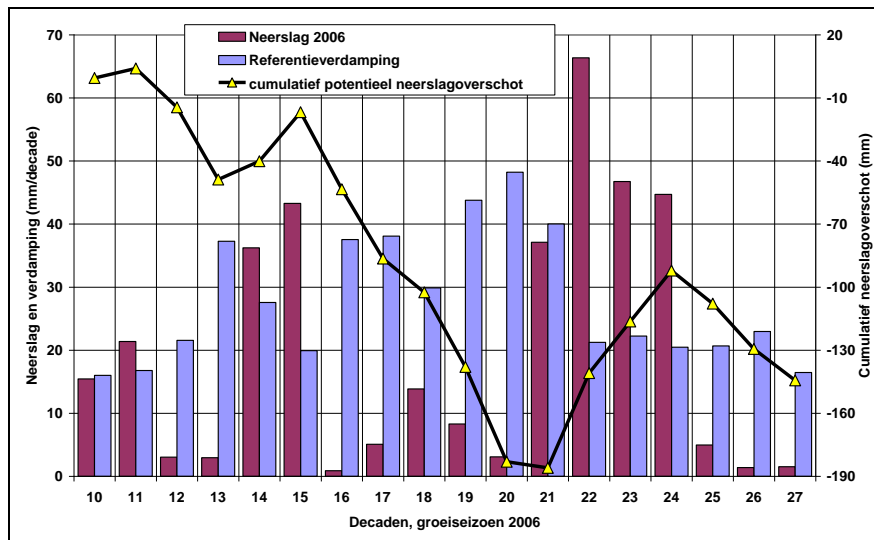
Figuur 2.17 Decadeverdampingsnormalen van KNMI-stations in Oost Nederland



Figuur 2.18 Referentieverdamping 2003 en 2006 met normalen voor Oost Nederland



Figuur 2.19 Voortschrijdend potentieel neerslagoverschot in 2003 in Oost Nederland (neerslag uit NHI)

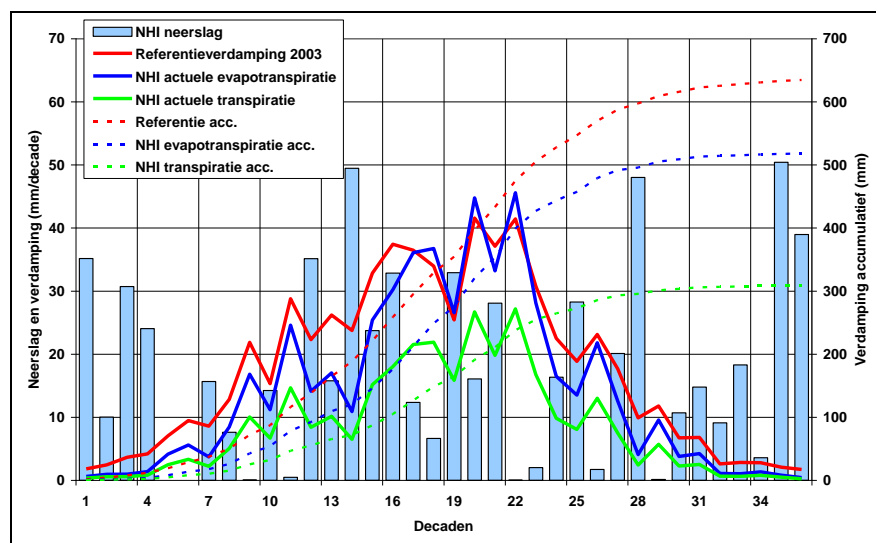


Figuur 2.20 Voortschrijdend potentieel neerslagoverschot in 2006 in Oost Nederland (neerslag uit NHI)

2.8 Actuele verdamping

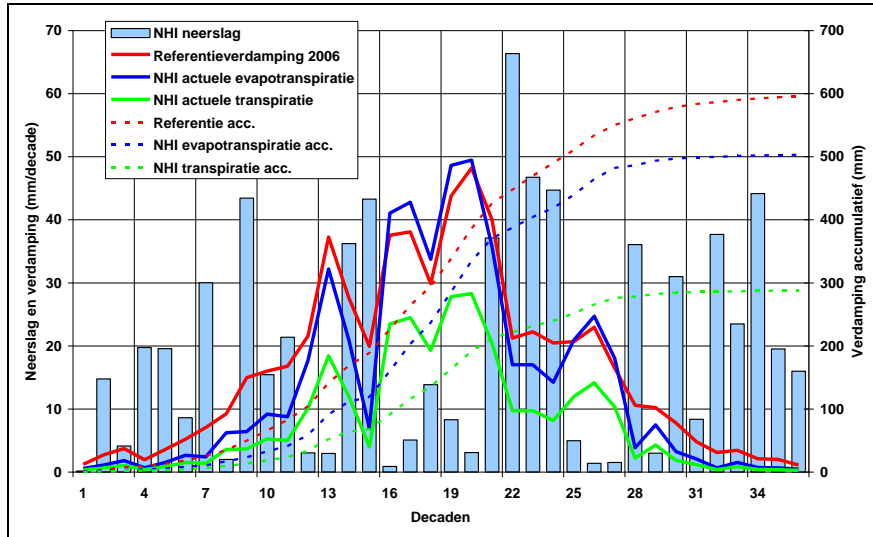
De referentieverdamping en de berekende actuele verdamping (transpiratie en evapotranspiratie) voor Oost Nederland in 2003 zijn weergegeven in Figuur 2.21. De figuur geeft aan dat de berekende actuele evapotranspiratie lager is geweest dan de referentieverdamping (voor het groeiseizoen 449 mm actuele verdamping tegen 516 mm referentieverdamping, d.w.z. 67 mm verschil). Merk op dat het verschil tussen de berekende transpiratie en de evapotranspiratie groot is. Kennelijk wordt (althans in het model) een groot deel van het beschikbare water gebruikt voor interceptieverdamping en verdamping van kale grond. De beschikbare NHI-uitvoer geeft geen inzicht in de gebruikte gewasfactoren, zodat een gedetailleerde analyse niet mogelijk is op dit moment.

In Oost Nederland is in 2003 volgens het overzicht van Alterra (2009) geen verdamping gemeten. Dit is opmerkelijk omdat in het Hupselse Beekgebied door de Landbouwuniversiteit reeds lang uitgebreide hydrologische waarnemingen worden verricht, waar verdamping ongetwijfeld deel van uitmaakt.



Figuur 2.21 Referentieverdamping Oost Nederland en berekende actuele verdamping, 2003

De resultaten voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 2.22. In de figuur zijn de referentieverdamping volgens Makkink en de berekende actuele verdamping voor Oost Nederland gepresenteerd. Voor het groeiseizoen is de berekende actuele verdamping 459 mm tegen een referentieverdamping van 501 mm, d.w.z. een verschil van 42 mm. Hier wordt weer hetzelfde waargenomen als voor 2003, dat ongeveer 60% van de actuele evapotranspiratie transpiratie van het gewas is. Ook voor 2006 zijn helaas geen verdampingsmetingen beschikbaar voor Oost Nederland.



Figuur 2.22 Referentieverdamping Oost Nederland en berekende actuele verdamping, 2006

3 Oppervlaktewater

3.1 Hydraulische infrastructuur

De aanvoer van water in Oost Nederland wordt vooral geregeld vanuit het Pannerdensch Kanaal, de IJssel en het IJsselmeer. Een belangrijke rol hierin speelt het Twenthekanaal, dat water onttrekt aan de IJssel bij Eefde en dit verder distribueert naar het oosten, en via sluis Aadorp naar het Overijssels Kanaal en de Vecht. Voor een uitvoerige beschrijving van de hydraulische infrastructuur met afvoer- en aanvoergebieden in Oost Nederland per beheersgebied wordt verwezen naar het rapport: 'Distributiemodel, deel C (Noord) Oost en Zuid Nederland' (HKV, 2009). Een overzicht van de schematisatie van de hydraulische infrastructuur in het Distributiemodel van het NHI is weergegeven in Figuur 3.1.

Van slechts enkele locaties zijn bruikbare gegevens ontvangen van de jaren 2003 en 2006 voor een vergelijking met de resultaten uit het NHI, te weten:

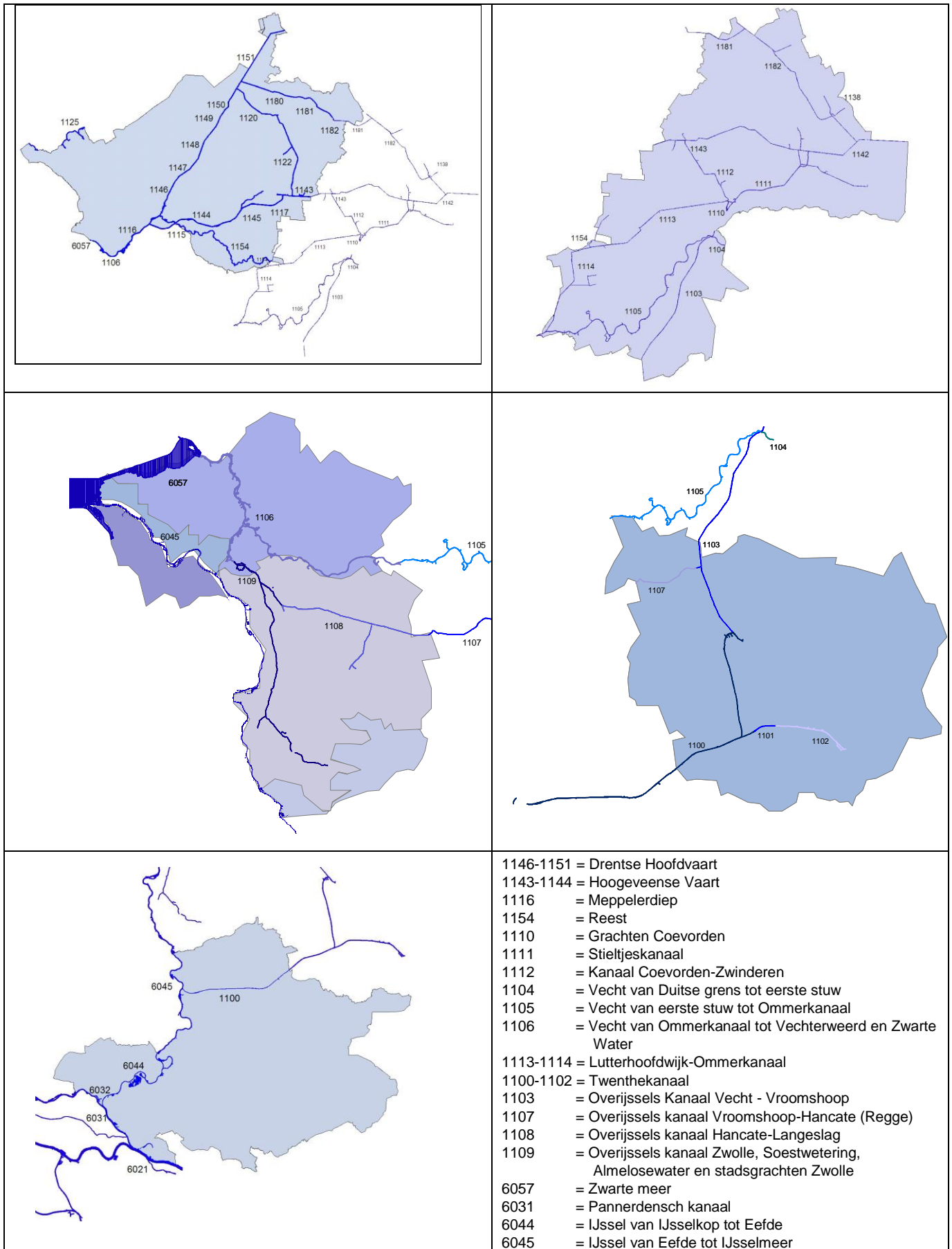
- Twenthekanaal waterinlaat bij Eefde voor 2003,
- Wateraanvoer naar districten Salland (19) en Schipbeek-Noord (107) via gemaal Ankersmit in Deventer voor de jaren 2003 en 2006, (zie Figuur 3.2) en
- Afvoer van de boezem van noordwest Overijssel en van de Vledder en de Wapserveense Aa op het Vollenhovermeer via gemaal Stroink voor zowel 2003 als 2006 (zie Figuur 3.3).

Voorts zijn voor 2003 van de periode 25 juni t/m 20 oktober aan- en afvoergegevens ontvangen van een aantal locaties in Overijssel. Waar relevant en overeenkomend met takken in het distributiemodel is van deze gegevens gebruik gemaakt voor een vergelijking, zoals voor:

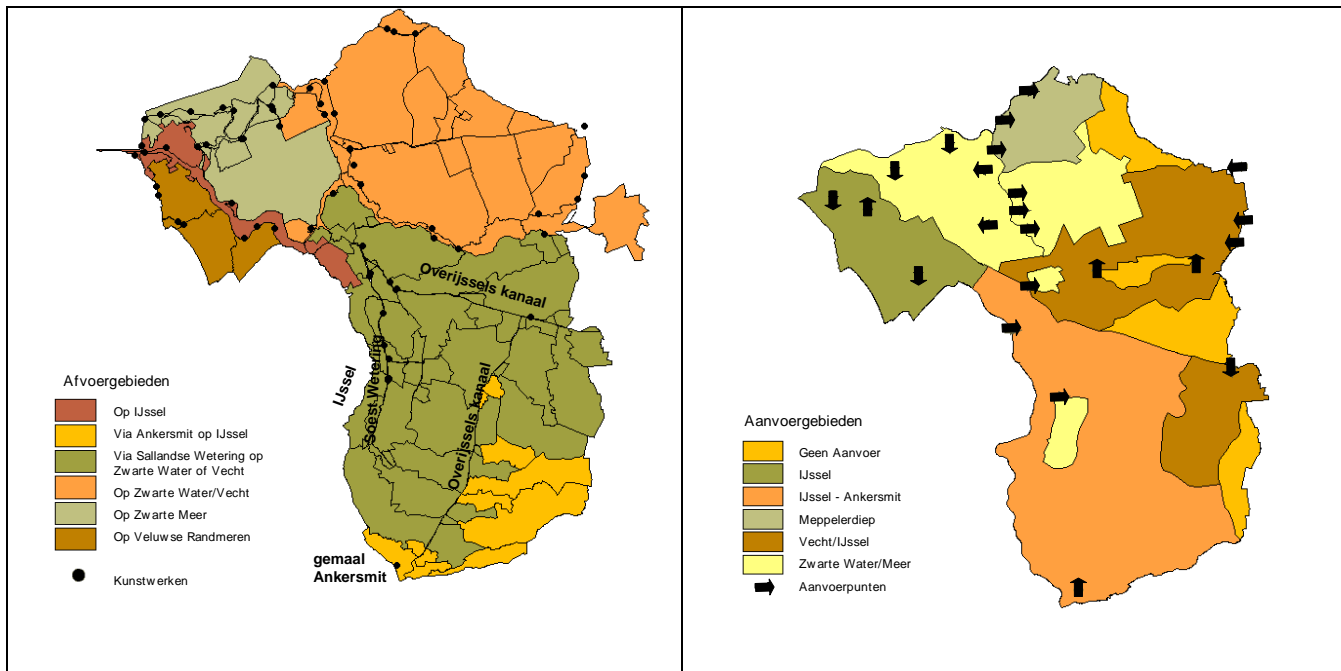
- de doorvoer van water bij Almelo uit de zijtak van het Twenthekanaal via sluis Aadorp naar het Kanaal Almelo-de Haandrik of het Overijssels kanaal
- de toegepaste randvoorwaarde voor de Vecht bij de Duitse grens, en
- het Ommerkanaal bij Bisschopshaar.

De periode is echter te kort voor een goede validatie van het distributiemodel. Hiervoor zijn voor zowel het volledige groeiseizoen als voor de rest van het jaar aanvoer en afvoergegevens nodig.

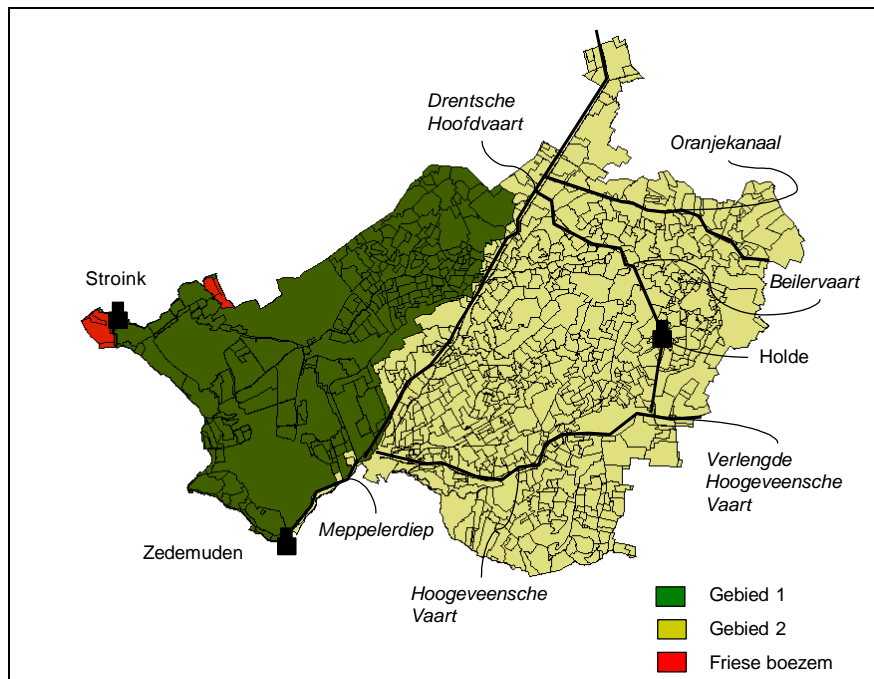
De gegevensbeschikbaarheid voor 2006 is nog minder. Hier zijn slechts van de periode 21 juni t/m 3 augustus aan- en afvoergegevens ontvangen. Door de beperkte duur zijn deze gegevens niet geschikt voor een zinvolle validatie van het NHI dat voor het oppervlaktewater de decade als tijdstap hanteert en zijn daarom verder buiten beschouwing gelaten. Dit is jammer, omdat vooral 2006 een zeer interessant jaar is voor de validatie van het NHI door de opeenvolging van de zeer droge maanden juni en juli, met hoge neerslagtekorten, gevolgd door de zeer natte maand augustus, met daarna weer de zeer droge maand september. Een goede reproductie van de wateraanvoer en afvoer voor dit jaar met zijn opeenvolgende zeer droge en zeer natte periodes stelt hoge eisen aan het NHI. Het is daarom zinvol om voor toekomstige NHI-validaties extra aandacht te besteden aan de verzameling van gegevens voor sleutellocaties in de beheersgebieden van voldoende lengte, met duidelijke omschrijving van de meetlocaties en toegepaste stromingsrichting.



Figuur 3.1 Distributiemodel voor Oost Nederland per waterschap



Figuur 3.2 Aan- en afvoergebieden in Groot-Salland met functie van gemaal Ankersmit

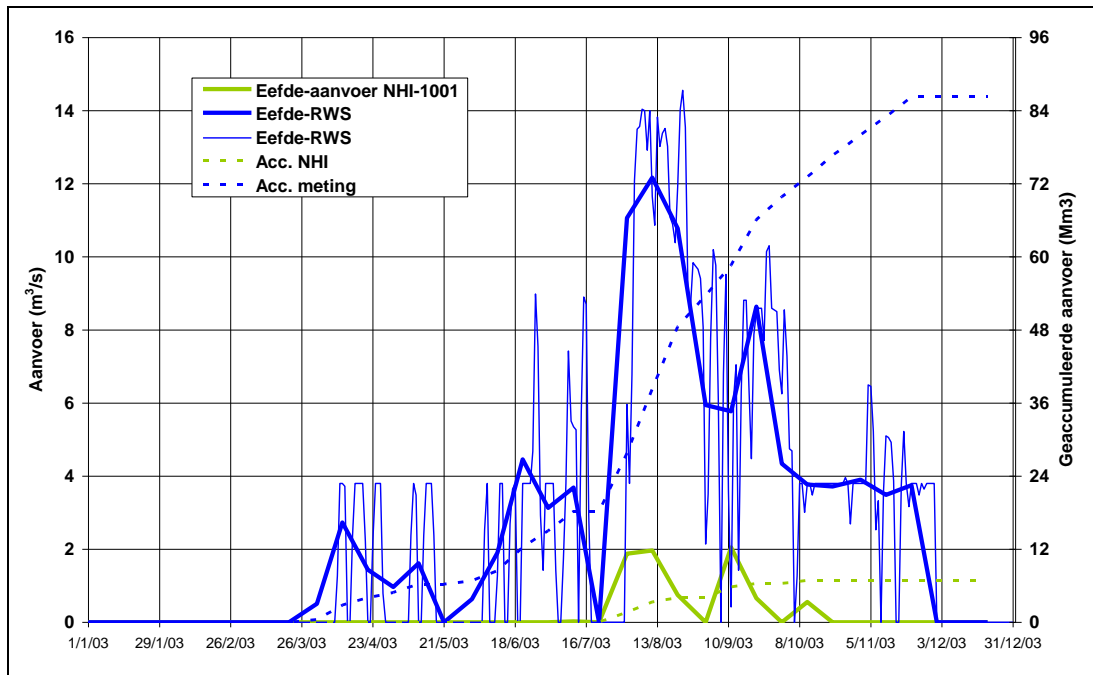


Figuur 3.3 Locatie van gemaal Stroink in waterschap Reest en Wieden

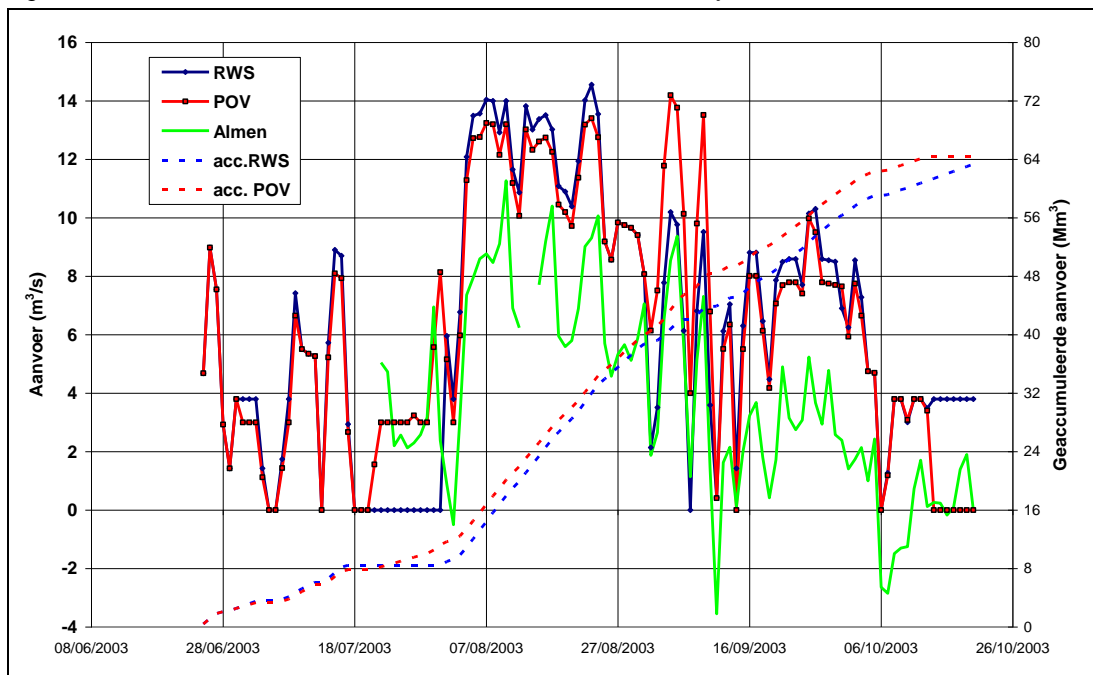
3.2 Oppervlaktewater 2003

Twenthekanaal bij Eefde

De inlaat van water naar het Twenthekanaal bij Eefde vanuit de IJssel in 2003 zoals is gemeten (gegevens van Rijkswaterstaat) en berekend door het NHI zijn weergegeven in Figuur 3.4. Volgens de gegevens is van eind maart t/m eind november water ingelaten met hoogste waarden in augustus. De figuur geeft aan dat het model een veel te lage aanvoer simuleert over een veel te korte periode. De watervraag wordt in het model kennelijk sterk onderschat, merkwaardig, gezien de onderschatting van de neerslag. De metingen van de aanvoer verschillen echter per bron, zie Figuur 3.5.

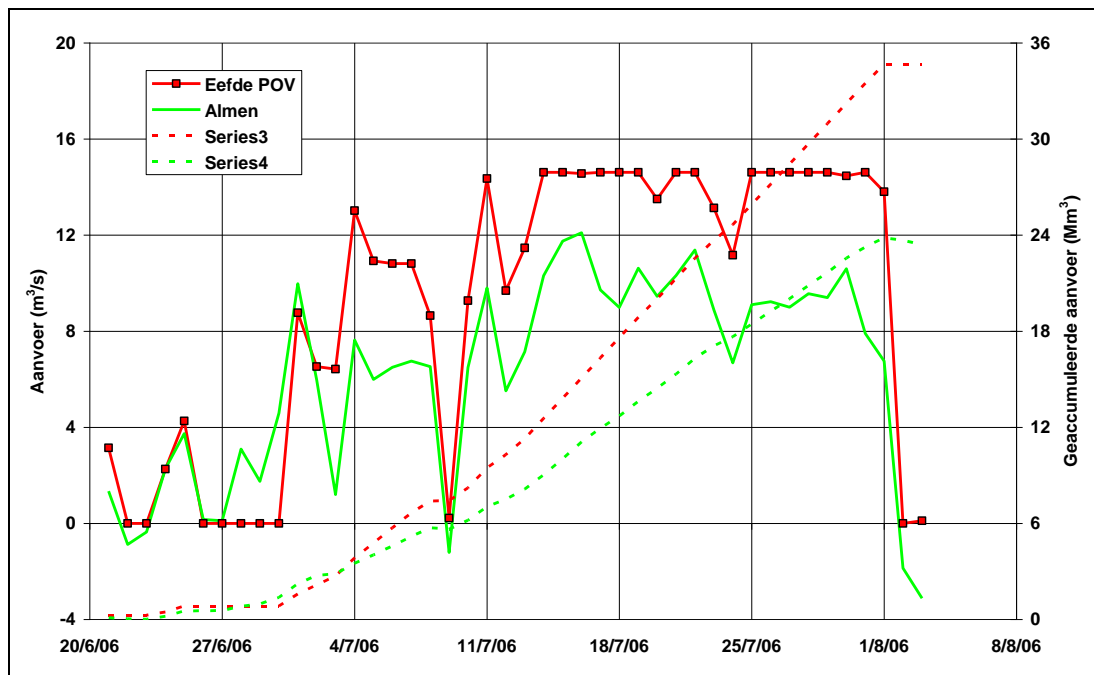


Figuur 3.4 Gemeten en berekende wateraanvoer Twenthekanaal bij Eefde, 2003



Figuur 3.5 Vergelijking van aanvoergegevens Twenthekanaal bij Eefde en Almen van Rijkswaterstaat en Provincie Overijssel, 2003

In Figuur 3.5 zijn de aanvoeren bij Eefde aangeduid als RWS bepaald op basis van pompuren (3 pompen) zoals geregistreerd door Rijkswaterstaat. De gegevens van de Provincie Overijssel (POV) zijn hieraan vaak gelijk (gegevens aangeleverd per fax in tabellen, mogelijk van dezelfde bron) maar begin september worden extra sluisinlaten (?) bij de pompgebieden opgeteld, die in de RWS-reeks niet voorkomen. De gegevens van Almen, bovenstrooms van sluis Eefde waar een ADM is opgesteld, zouden gelijk moeten zijn aan Eefde, maar zijn dat duidelijk niet. In 2003 niet en in 2006 ook niet, zie Figuur 3.6. Het is gewenst het Twenthekanaal debiet aan een nader onderzoek te onderwerpen.



Figuur 3.6 Vergelijking van aanvoergegevens Twenthekanaal bij Eefde en Almen, 2006

Doorvoer bij sluis Aadorp

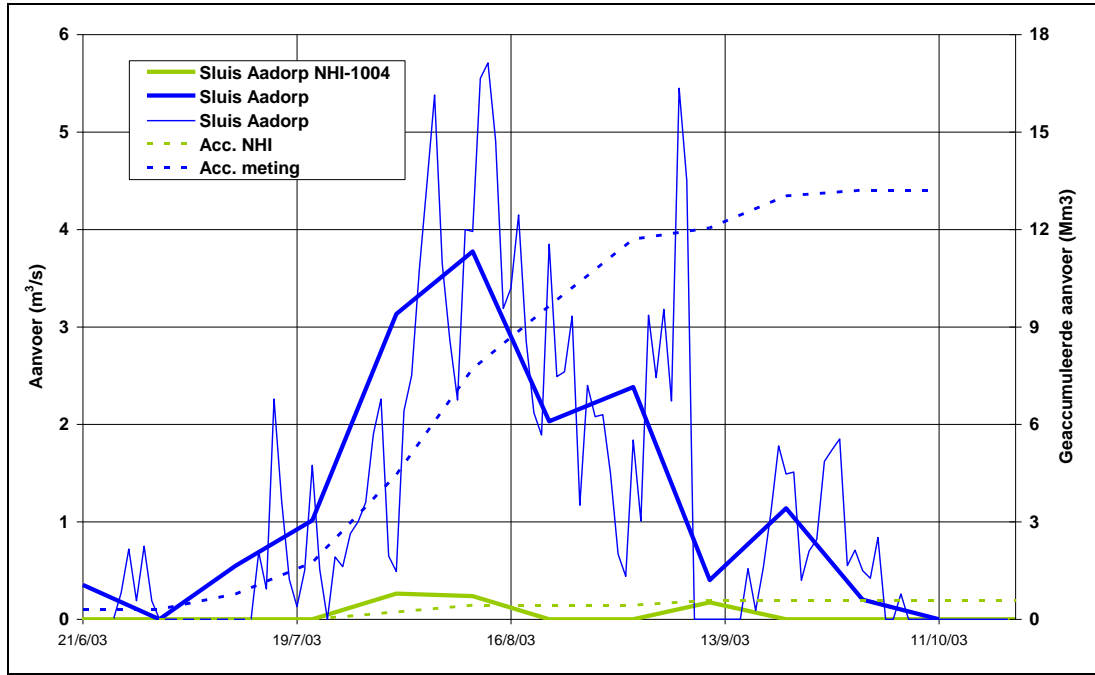
De doorvoer van water uit de zijtak van het Twenthekanaal bij Almelo naar het Overijssel kanaal/Kanaal Almelo-De Haandrik en de Vecht vindt plaats via sluis Aadorp, tak 1004 in het NHI. Een vergelijking van het modelresultaat met de metingen van de Provincie Overijssel voor de periode met beschikbare meetgegevens is gegeven in Figuur 3.7. Evenals voor Eefde is ook hier de berekende doorvoer sterk onderschat. Het model genereert dus een onvoldoende watervraag.

Vecht bij Duitse grens

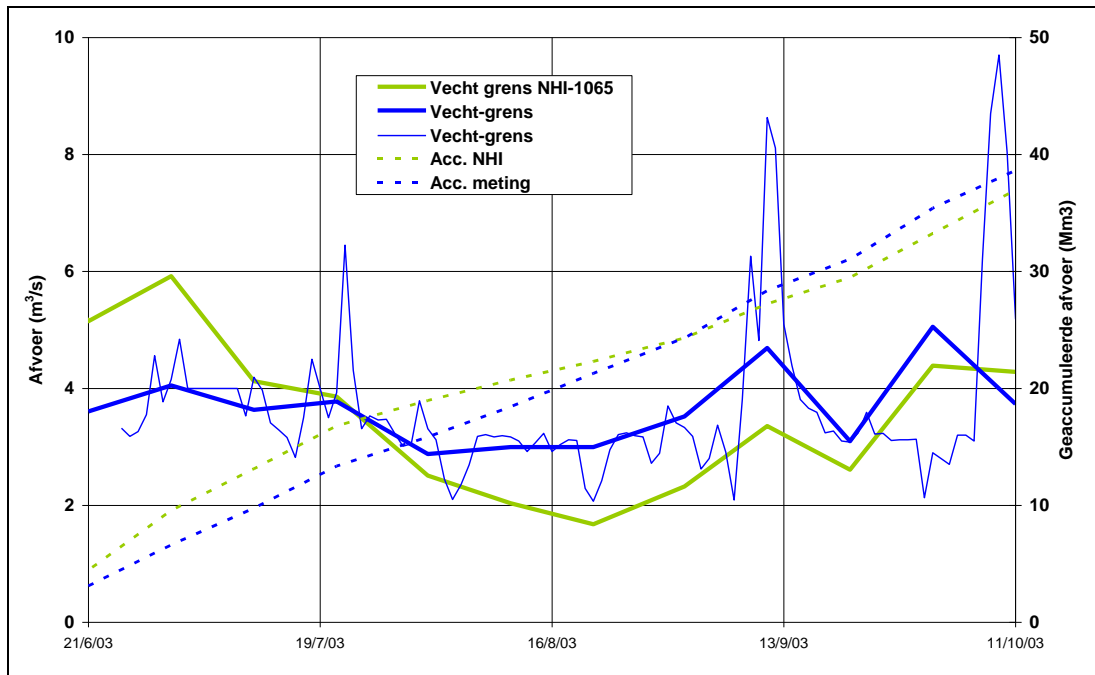
Voor de bepaling van de watervraag/aanbod vanuit de Vecht is belangrijk dat de bovenstroomse randvoorwaarde juist wordt ingevoerd. De gemeten afvoer bij Emlichheim en de in het model aangenomen randvoorwaarde zijn voor de periode juni – oktober weergegeven in Figuur 3.8. De gesommeerde hoeveelheden zijn ongeveer gelijk. De Vechtaanvoer is dus geen reden geweest waarom de watervraag in 2003 sterk onderschat is in het model.

Ommerkanaal bij Bisschopshaar

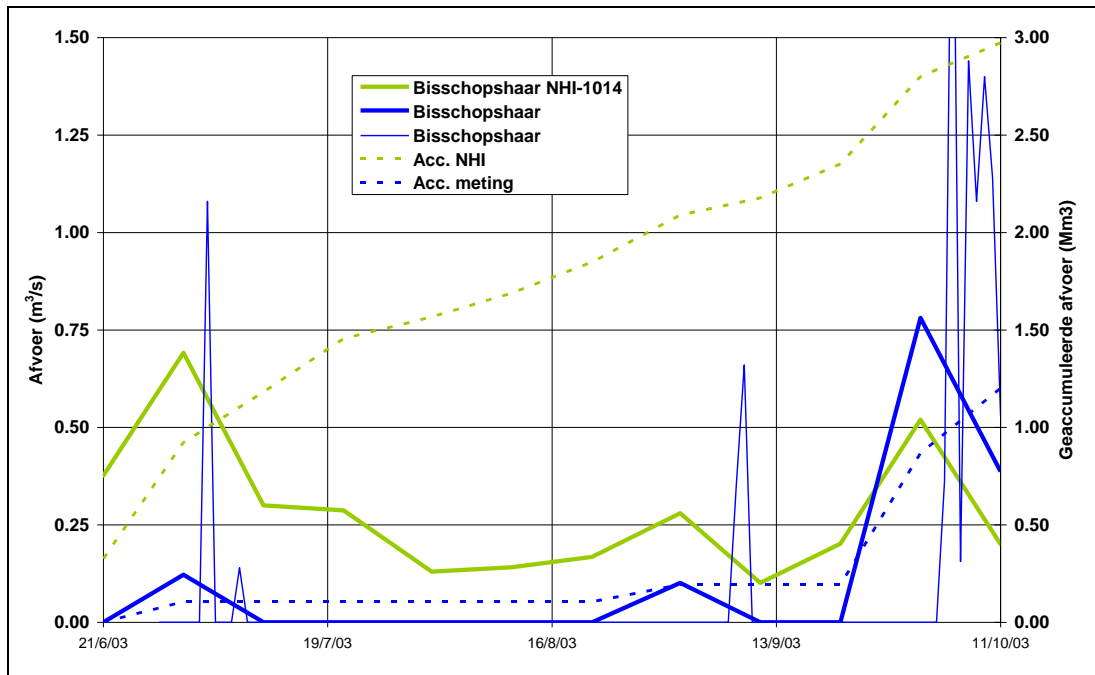
Het Ommerkanaal is een afwateringskanaal met een stroomgebied van bijna 18.000 ha. Het kanaal loopt van Slagharen tot aan de Vecht benedenstrooms van Ommen. De Lutterhoofdwijk vanuit Coevorden sluit hierop bovenstrooms aan, zie Figuur 3.1, rechts boven. De Bisschopshaar is de belangrijkste stuw in het Ommerkanaal. De gemeten en berekende afvoer bij de Bisschopshaar zijn gepresenteerd in Figuur 3.9. De dynamiek van het afvoerloop wordt door het model goed weergegeven, allen zijn de hoeveelheden ruim het dubbele van wat is waargenomen voor de beschouwde periode.



Figuur 3.7 Gemeten en berekende doorvoer sluis Aadorp bij Almelo, 2003



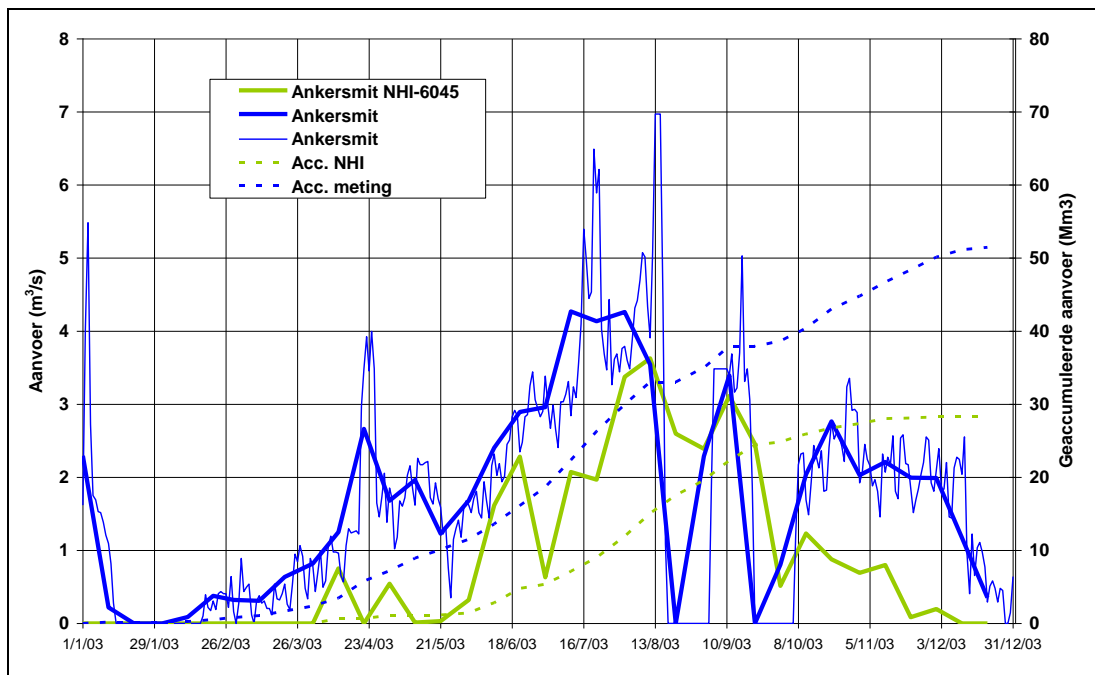
Figuur 3.8 Randvoorwaarde Overijsselse Vecht bij de Duitse grens



Figuur 3.9 Ommerkanaal bij Bisschopshaar, gemeten en berekend, 2003

Gemaal Ankersmit

Gemaal Ankersmit verzorgt de wateraanvoer van vrijwel het gehele zuidelijke deel van het waterschap Groot-Salland en de afvoer van een veel kleiner zuidoostelijk deel, zie Figuur 3.2. De aanvoer vanuit de IJssel wordt via de zuidelijke tak van het Overijssels kanaal vervoerd tot aan een dam in het kanaal ten noorden van Raalte. In de praktijk komt het water niet in de oost - west tak van het kanaal terecht. De aanvoer via gemaal Ankersmit voor het jaar 2003 is weergegeven in Figuur 3.10. De figuur laat een langzaam toenemende inlaat zien tot van februari tot midden augustus. Daarna kent de aanvoer enkele onderbrekingen. Niet duidelijk is of dit bewust is gedaan of dat sprake is van ontbrekende waarden.



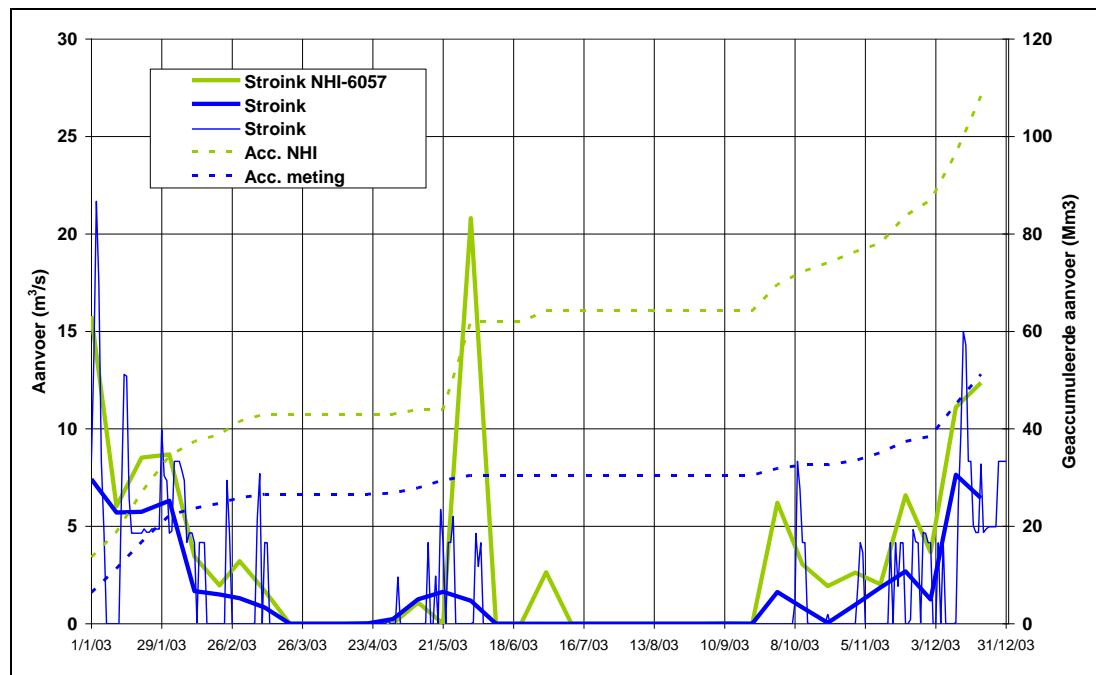
Figuur 3.10 Gemeten en berekende aanvoer via gemaal Ankersmit, 2003

De berekende aanvoer die in de figuur is weergegeven is de totale aanvoer naar de districten 19 (Salland) en 107 (Noord-Schipbeek). Omdat district 19 ook water onttrekt aan de Soest Wetering en de Vecht is het berekende verloop een lichte overschatting van de onttrekking vanuit de IJssel in het model (volgens de verdeelsleutel levert gemaal Ankersmit 80% van de aanvoer voor district 19). Het berekende verloop volgt het gemeten patroon redelijk echter is de aanvoer te laag, nog sterker na correctie voor de overige bijdragen.

Gemaal Stroink

De afvoer van de boezem van noordwest Overijssel en van de Vledder en de Wapserveense Aa op het Vollenhovermeer via gemaal Stroink voor 2003 is weergegeven in Figuur 3.11. De figuur geeft aan dat in het groeiseizoen, met uitzondering van de maand mei geen water op het Vollenhovermeer wordt afgevoerd.

Het NHI-resultaat geeft over het hele jaar hogere afvoeren, vooral begin juni. Op jaarbasis is het berekende afvoervolume het dubbele van wat is gemeten, ondanks dat de neerslag te laag is berekend. De afvoermomenten komen goed overeen met de metingen met uitzondering van begin juli.

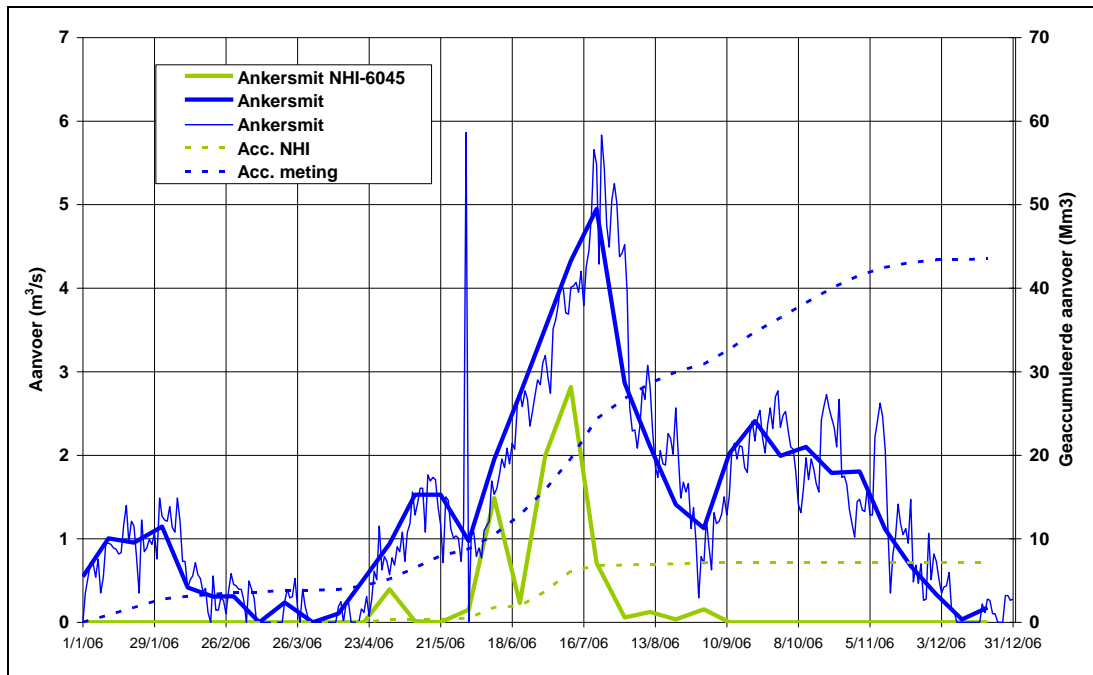


Figuur 3.11 Gemeten en berekende afvoer op Vollenhovermeer via gemaal Stroink, 2003

3.3 Oppervlaktewater 2006

Gemaal Ankersmit

De aanvoer via gemaal Ankersmit in 2006 gemeten en berekend is weergegeven in Figuur 3.12, waarbij voor de berekende aanvoer weer geldt (zoals voor 2003 al is gemeld) dat de waarden een lichte overschatting geven van de aanvoer via gemaal Ankersmit.

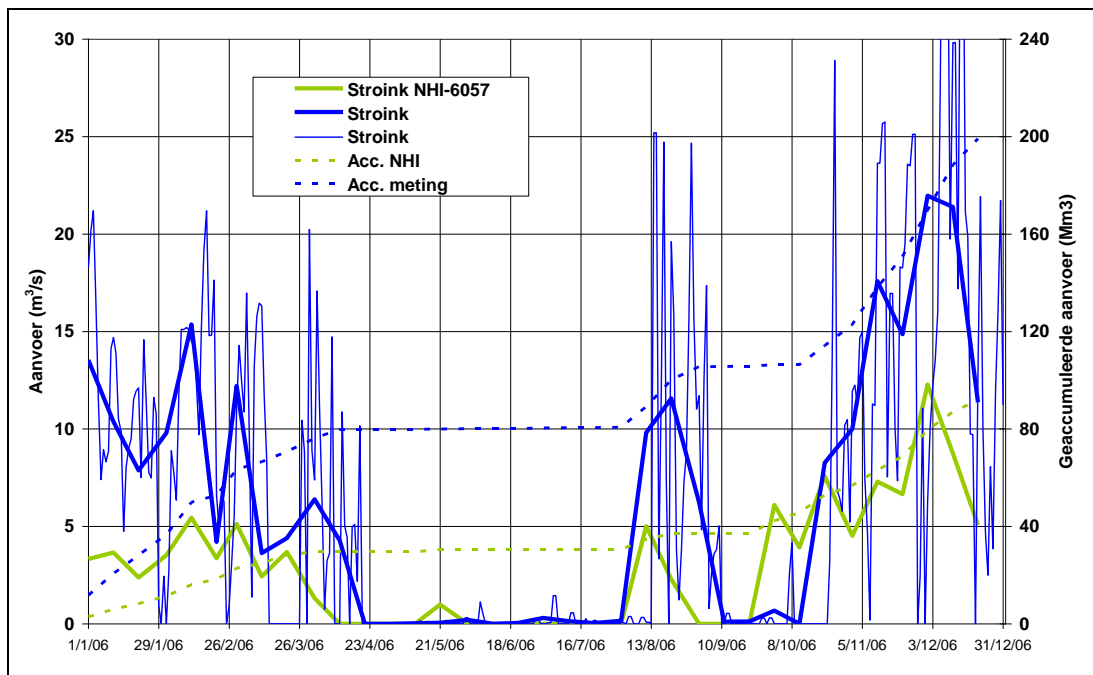


Figuur 3.12 Gemeten en berekende aanvoer via gemaal Ankersmit, 2006

De figuur geeft aan dat het model de aanvoer naar Salland sterk onderschat zowel qua volume als de duur waarover de aanvoer heeft plaatsgevonden, ondanks dat de watervraag door het model wordt overschat.

Gemaal Stroink

De afvoer van de boezem van noordwest Overijssel en van de Vledder en de Wapserveense Aa op het Vollenhovermeer via gemaal Stroink in 2006 is weergegeven in Figuur 3.13. Het afvoerpatroon komt overeen met de meting, alleen is nu de afvoer veel lager dan de meting, dit in tegenstelling tot 2003. Het verdient aanbeveling om voor beide jaren de opgetreden neerslag in het beheersgebied van gemaal Stroink te vergelijken met de in het NHI aangenomen neerslag.



Figuur 3.13 Gemeten en berekende afvoer op Vollenhovermeer via gemaal Stroink, 2006

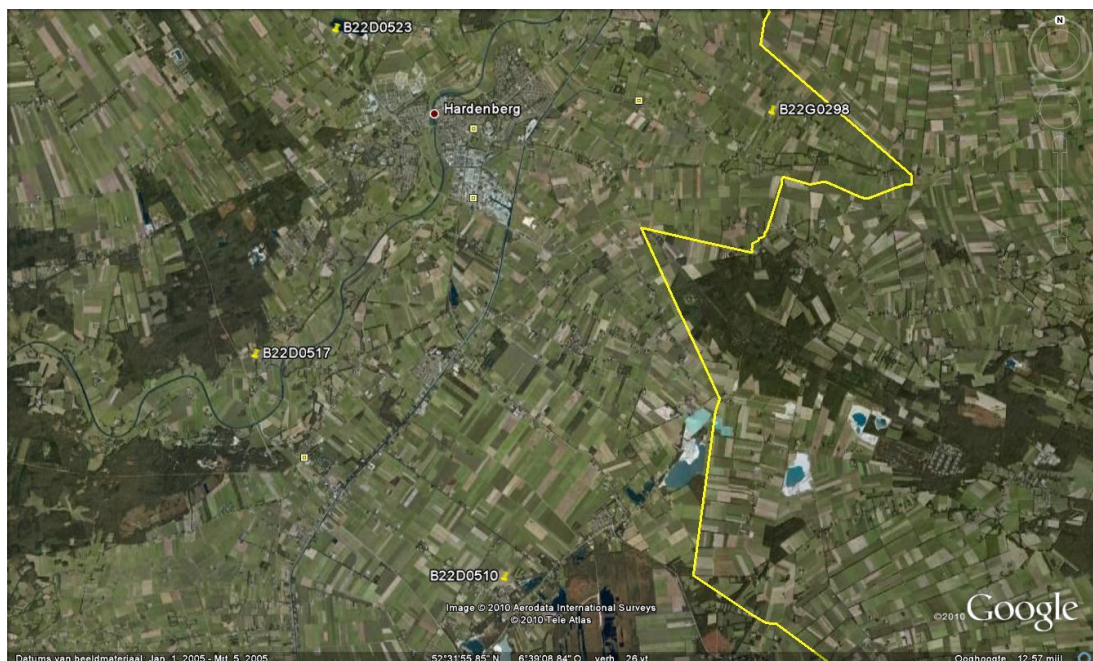
4 Grondwaterstanden

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. In dit hoofdstuk worden de door het NHI berekende grondwaterstanden vergeleken met metingen voor zover beschikbaar van de jaren 2003 en 2006. Voor de vergelijking zijn alleen grondwaterstandreeksen van peilbuizen geselecteerd met een bemonsteringsinterval van 1 dag of kleiner, omdat voor grotere intervallen geen zinvolle vergelijking mogelijk is. Voorafgaand aan de vergelijking is steeds het gemeten verloop van de stijghoogte van het freatische grondwater eerst vergeleken met de dagelijkse neerslag zoals afgetapt in een nabijgelegen KNMI neerslagstation. De vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden is per waterschap in de volgende secties uitgewerkt. In sectie 4.7 zijn de resultaten samengevat.

4.2 Velt en Vecht

In Tabel 4.1 en Figuur 4.1 is een overzicht gegeven van de locaties van peilbuizen in het waterschap Velt en Vecht waarvoor continue grondwaterstandreeksen zijn ontvangen voor de geselecteerde jaren 2003 en 2006 met een bemonsteringsinterval van ≤ 1 dag. Het bemonsteringsinterval van de getoonde locaties is 1 uur. Voor alle andere aangeleverde grondwaterreeksen is de bemonsteringsfrequentie 1 x per 2 weken of minder. Voorts is in de tabel de maaiveldhoogte ter plaatse van de peilbuis, de bodemgesteldheid en het gebruikte KNMI neerslagstation station aangegeven.



Figuur 4.1 Locatie van peilbuizen in waterschap Velt en Vecht

Tabel 4.1 Overzicht van gebruikte grondwaterstanden van het waterschap Velt en Vecht

CODE	Coördinaten		Beschikbaarheid		Maaiveld meting (m+NAP)	Bodemgesteldheid	Neerslag station
	X	Y	2003	2006			
B22D0510	239763	500327	ja	ja	12.55	veen	Vroomshoop
B22D0517	234502	505340	ja	ja	7.60	licht zandige grond	Vroomshoop
B22D0523	236360	512016	ja	ja	9.59	licht zandige grond	Dedemsvaart
B22G0298	245584	510461	nee	ja	10.89	veen	Steenwijkmoer

Peilbuis B22D0510

Peilbuis B22D0510 ligt ten noordoosten van Vroomshoop bij Sibculo nabij het natuurreservaat Engbertsdijks Venen. Zoals in Figuur 4.2 is aangegeven vertoont de grondwaterstand in 2003 een vrijwel continue daling van februari tot december met alleen een opleving eind mei t.g.v. aanzienlijke neerslag in die periode. Opvallend is dat de neerslag zich nauwelijks vertaalt in grondwaterstandvariaties. Het berekende verloop, zie Figuur 4.3, gedraagt zich in overeenstemming met de meting, alleen 0,70 m verschoven. In modelresultaat is het signaal nog sterker gefilterd, waardoor de dynamiek wordt onderschat. De range van het berekende verloop is groter dan is gemeten.

Het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 met de neerslag van Vroomshoop is weergegeven in Figuur 4.4. Nu reageert de grondwaterstand iets sterker op de neerslag, echter in een beperkter bereik dan voorheen van minder dan 5 dm. Het berekende verloop, zie Figuur 4.5, mist de dynamiek van de meting, maar volgt, afgezien van een verstoring in het rekenresultaat op 11 september (hierna aangeduid als de 9/11 hik), het gemeten signaal redelijk. Deltares heeft aangegeven, dat de 9/11 hik een gevolg is van een onjuiste modelinvoer voor 2006.

Peilbuis B22D0517

Peilbuis B22D0517 bevindt zich 7 km ten noordwesten van de vorige peilbuis, aan de rand van het bosgebied Duffelerveld ten zuidwesten van Hardenberg, nabij een oude meander van de Overijsselse Vecht bij de buurtschap Duffelen. Het gemeten grondwaterstandverloop in 2003 met de neerslag afgetapt te Vroomshoop is weergegeven in Figuur 4.6. De figuur geeft aan dat de grondwaterspiegel vrij direct reageert op de neerslag. Het berekende verloop is in Figuur 4.7 vergeleken met de meting. De berekende absolute waterstand ligt weliswaar 6 dm hoger dan is gemeten maar tot medio augustus wordt het gemeten verloop acceptabel gesimuleerd. Daarna is het berekende herstel van de grondwaterspiegel te traag en het totale bereik te groot.

Het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 met de neerslag van het nabij gelegen Vroomshoop is weergegeven in Figuur 4.8 en met het berekende verloop in Figuur 4.9. Ook nu is het model in staat het gemeten verloop redelijk te reproduceren, maar wordt het resultaat verstoord door de 9/11 hik. Een correctie hiervoor laat een betere match zien met de meting, maar het model voorspelt het herstel van de grondwaterstand in augustus te traag.

Peilbuis B22D0523

Peilbuis B22D0523 bevindt zich aan de zuidkant van de zandwinningput bij Collendoorn in Heemerveen tussen Lutten en Hardenberg. De gemeten grondwaterstand en de neerslag van Dedemsvaart in 2003 is weergegeven in Figuur 4.10. Het grondwaterstandverloop geeft een sterk gefilterde reactie op neerslag. Figuur 4.11 toont het gemeten en berekende verloop van het freatisch grondwater. Het model

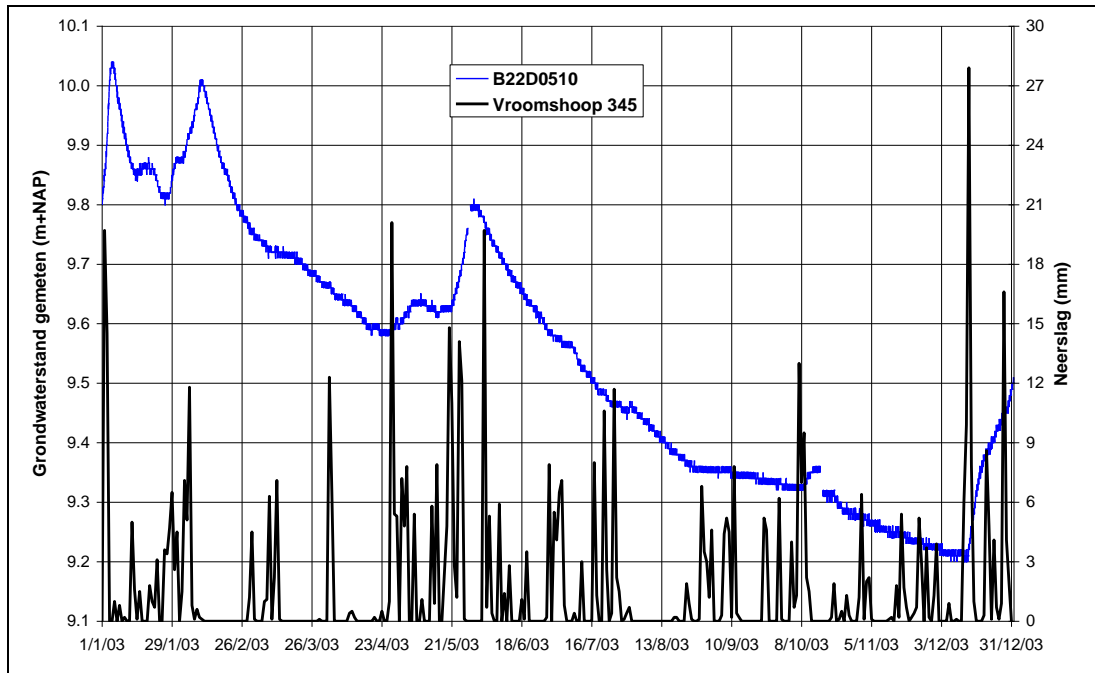
reproduceert het verloop van de grondwaterspiegel goed, met de juiste dynamiek en range. Alleen ligt het niveau 7 m verschoven?!

Voor 2006 zijn de metingen gegeven in Figuur 4.12 en een vergelijking met het model resultaat in Figuur 4.13. Hier verstoort de 9/11 hik een goede vergelijking, maar eenzelfde resultaat als voor 2003 lijkt ook hier haalbaar. Onderzocht moet worden waarom de grondwaterspiegels 7 m t.o.v. elkaar verschoven liggen.

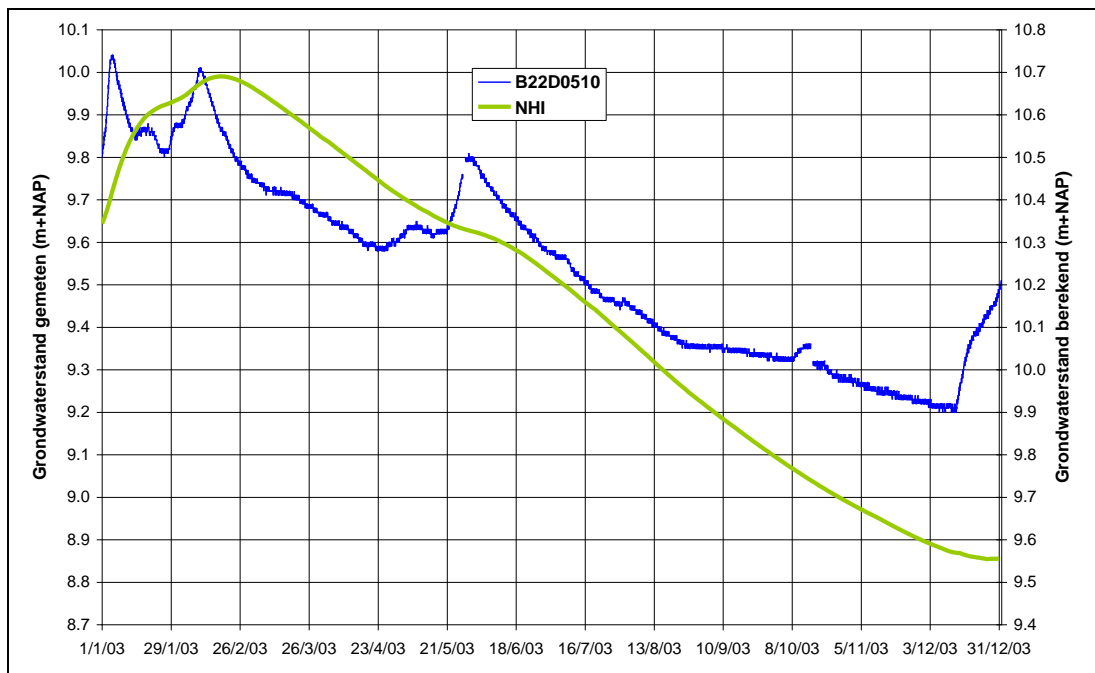
Peilbuis B22G0298

Peilbuis B22G0298 ligt 5 km oostelijk van Hardenberg in een veengebied. Het grondwaterstandverloop in 2006 en de neerslag van Steenwijksmoer is weergegeven in Figuur 4.14. De figuur geeft aan dat de grondwaterspiegel zeer snel reageert op de neerslag en een grote dynamiek vertoont. Het berekende grondwaterverloop zoals is getoond Figuur 4.15 vertoont ook een snelle reactie op de neerslag, met een iets geringere uitslag. Helaas wordt het resultaat verstoord door de 9/11 hik. Opvallend is dat het herstel van de grondwaterspiegel door de hoge regenval in augustus op het juiste moment wordt ingezet, maar dat de respons onvoldoende is.

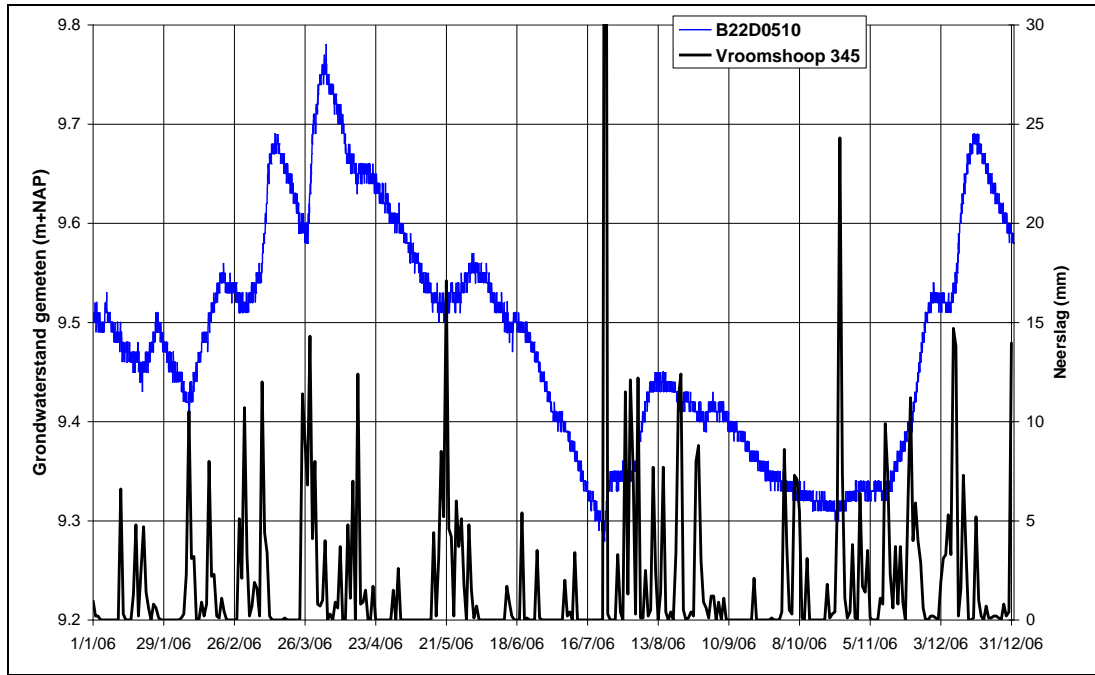
Een overzicht van de resultaten, beoordeeld op dynamiek, uitputtingsverloop en range is gegeven in sectie 4.7.



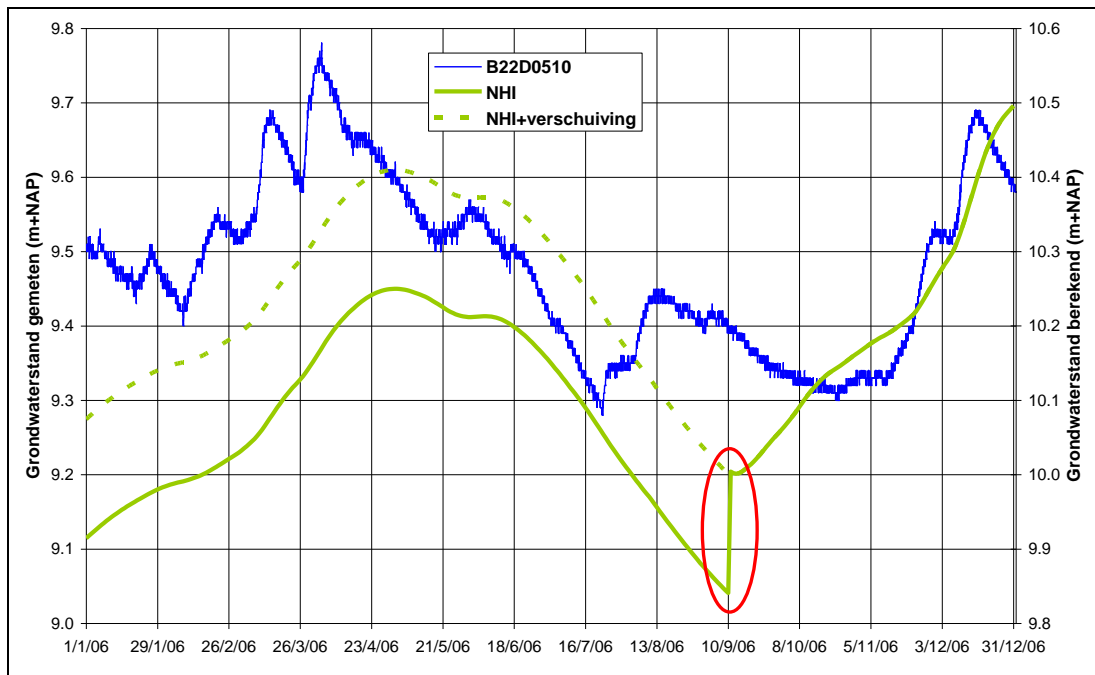
Figuur 4.2 Gemeten grondwaterstand peilbuis B22D0510 en neerslag te Vroomshoop (KNMI station 345), 2003



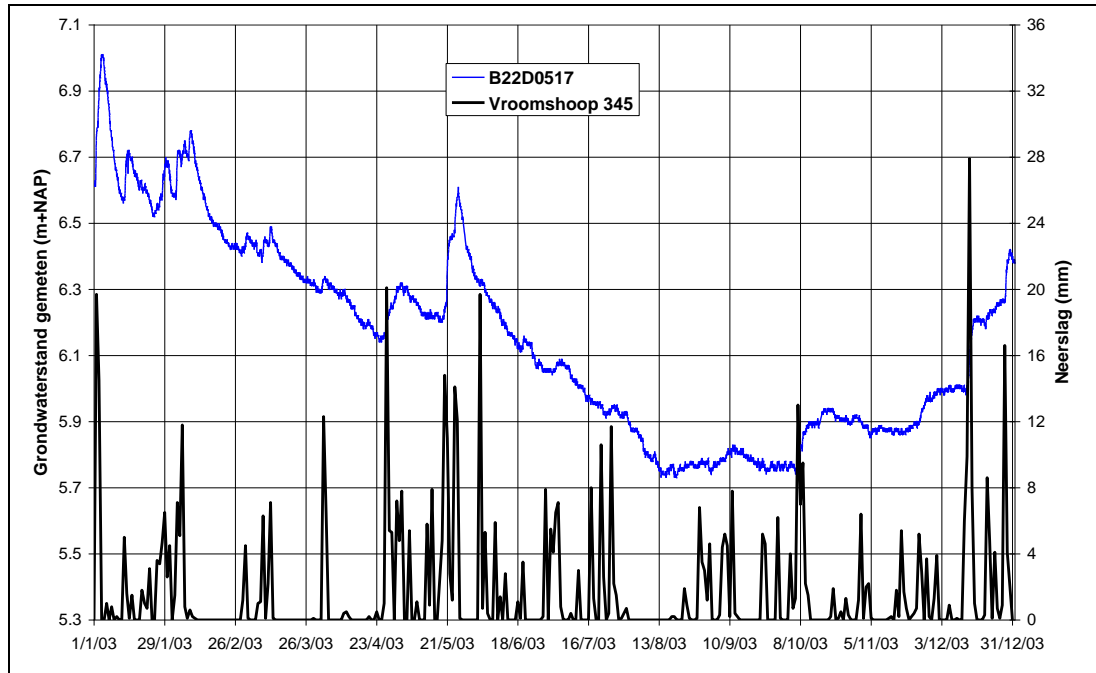
Figuur 4.3 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B22D0510, 2003



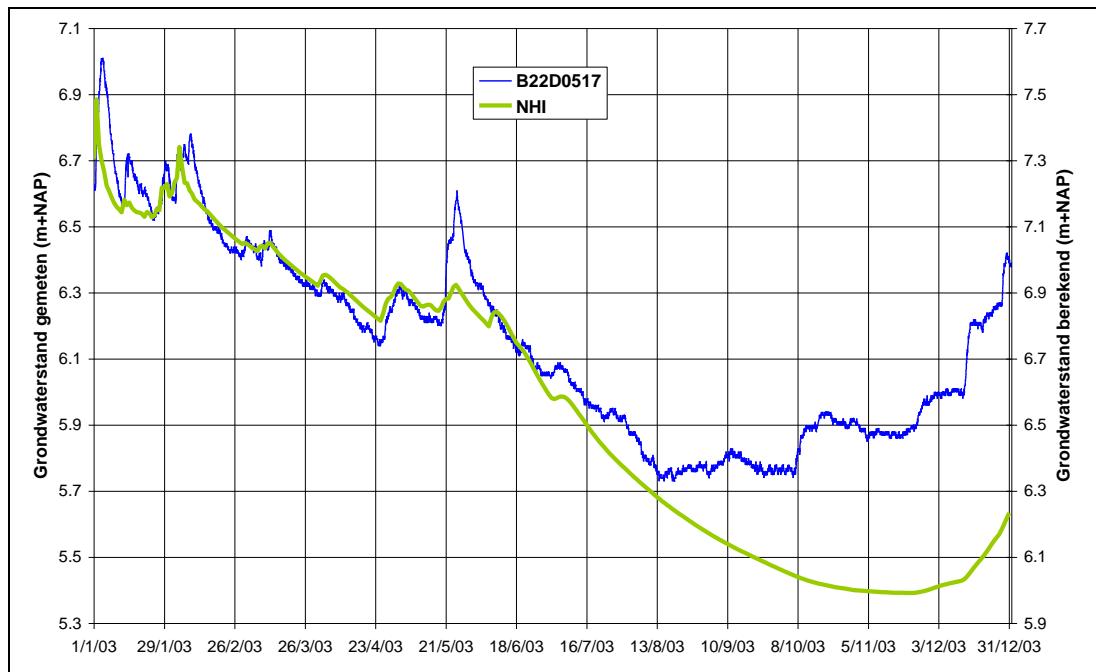
Figuur 4.4 Gemeten grondwaterstand peilbuis B22D0510 en neerslag te Vroomshoop (KNMI station 345), 2006



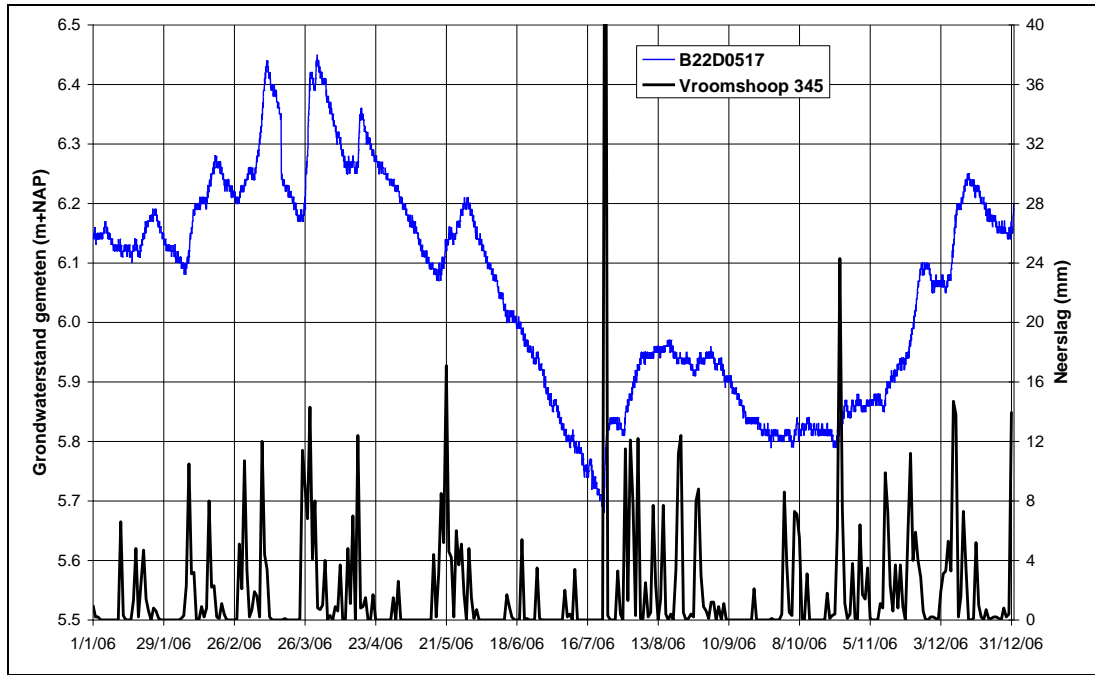
Figuur 4.5 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B22D0510, 2006



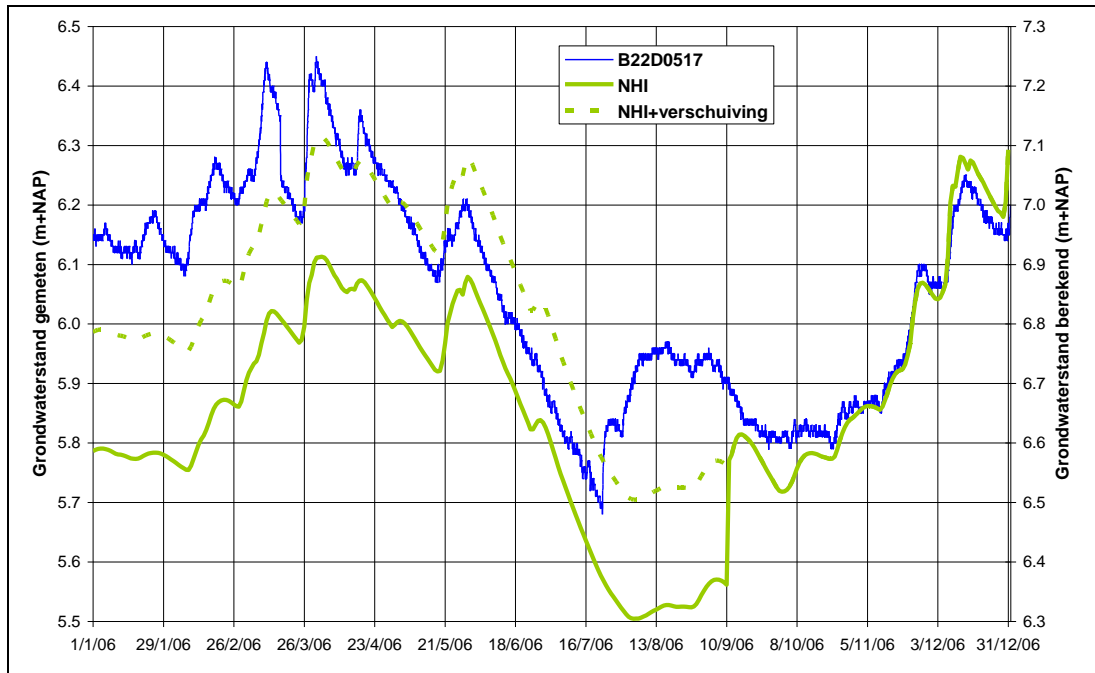
Figuur 4.6 Gemeten grondwaterstand peilbuis B22D0517 en neerslag te Vroomshoop (KNMI station 345), 2003



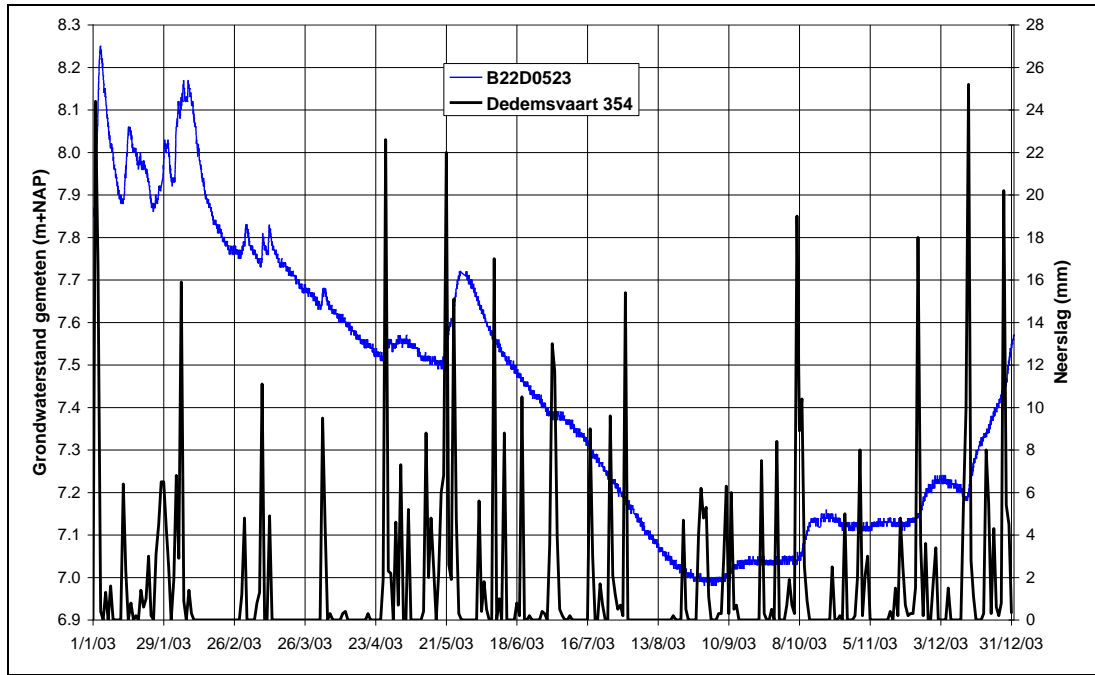
Figuur 4.7 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B22D0517, 2003



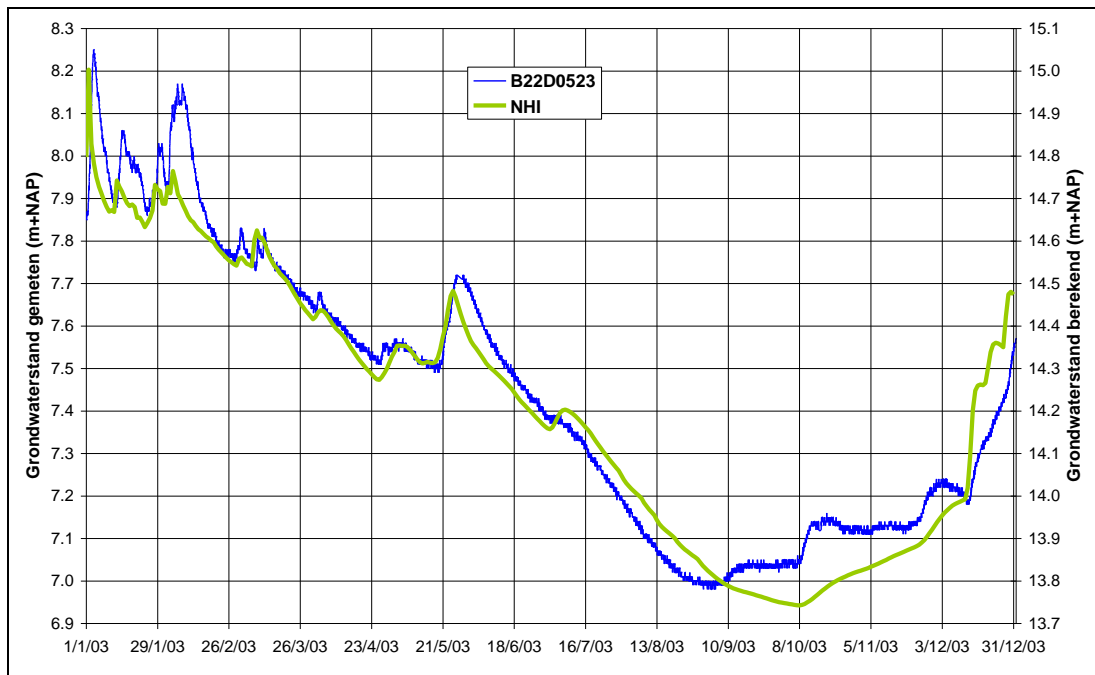
Figuur 4.8 Gemeten grondwaterstand peilbuis B22D0517 en neerslag te Vroomshoop (KNMI station 345), 2006



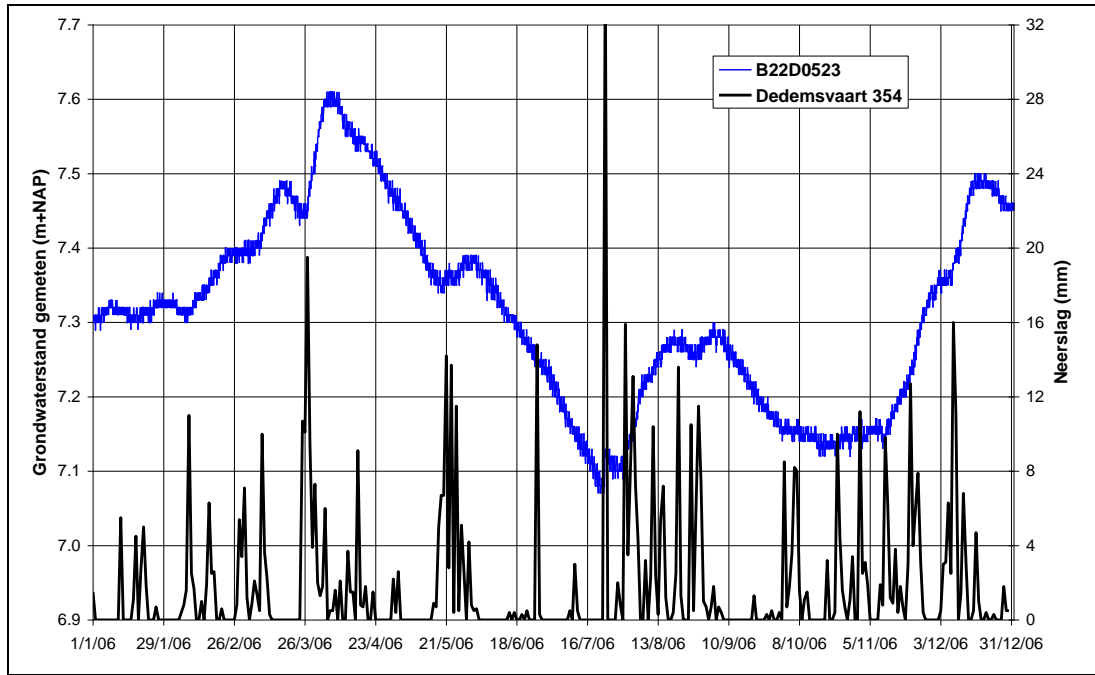
Figuur 4.9 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B22D0517, 2006



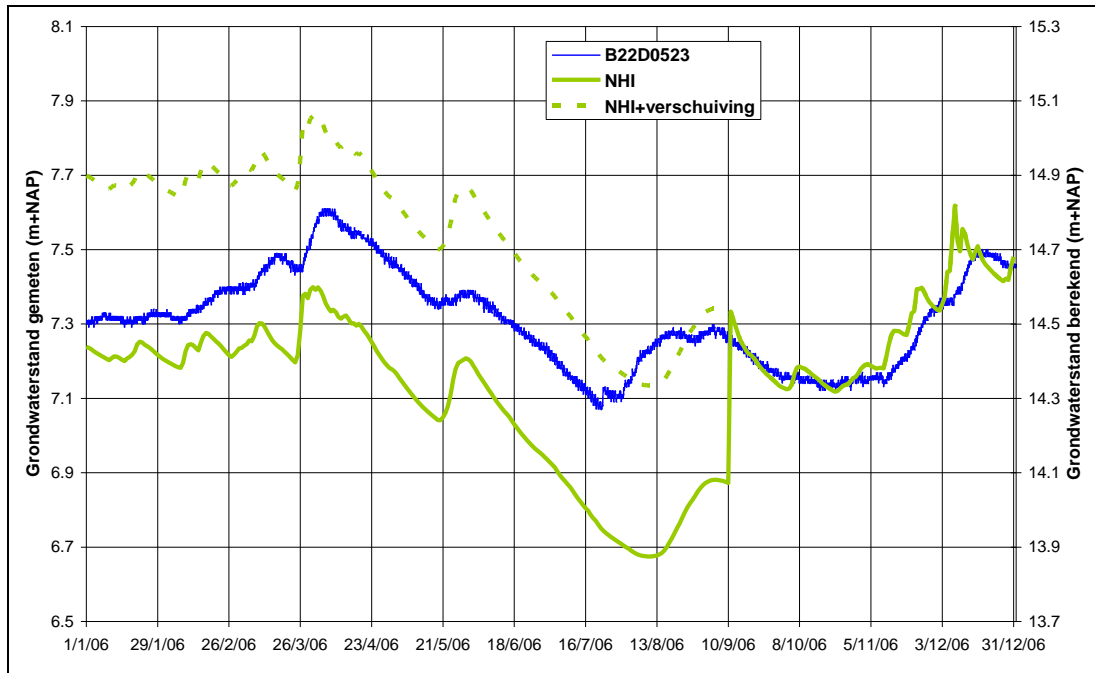
Figuur 4.10 Gemeten grondwaterstand peilbuis B22D0523 en neerslag te Dedemsvaart (KNMI station 354), 2003



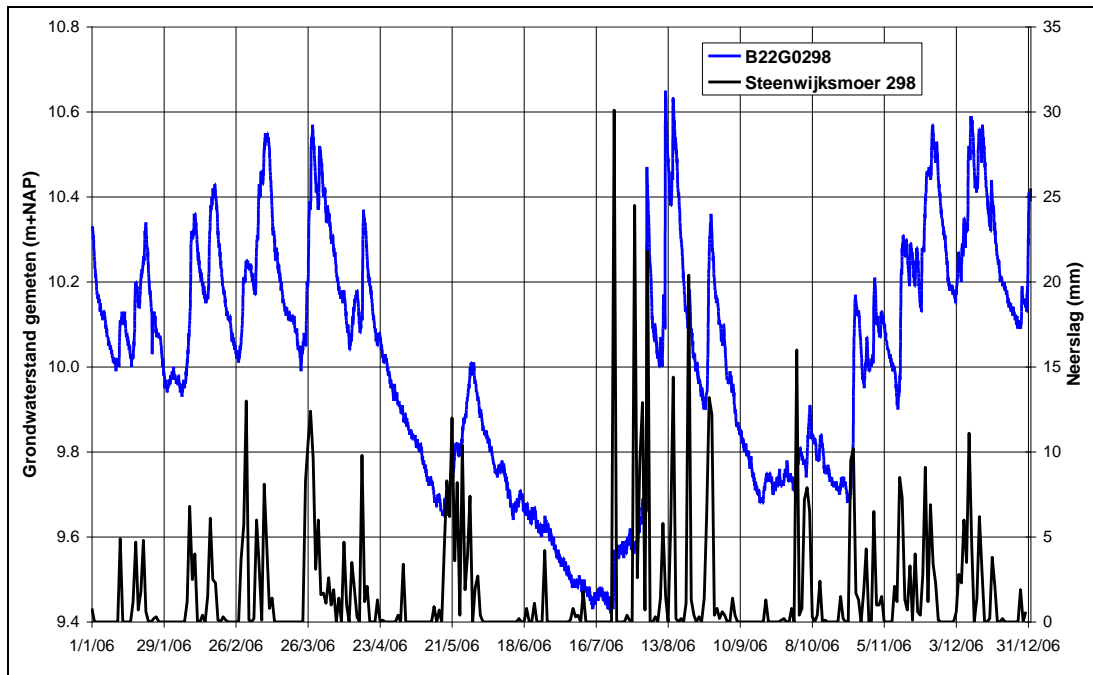
Figuur 4.11 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B22D0523, 2003



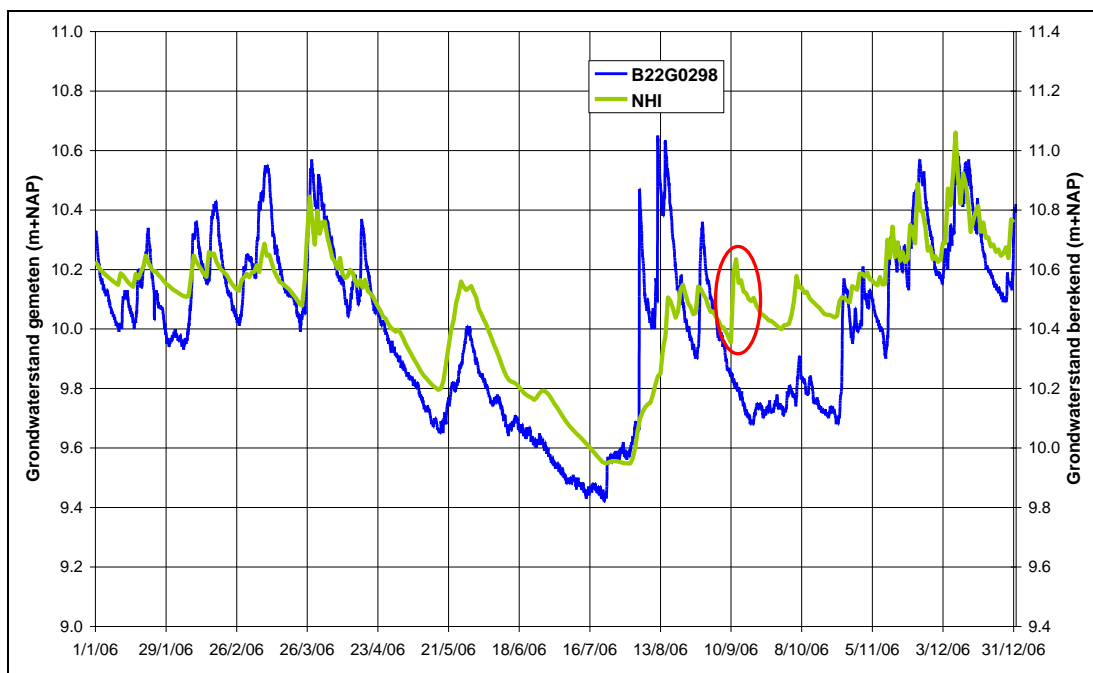
Figuur 4.12 Gemeten grondwaterstand peilbuis B22D0523 en neerslag te Dedemsvaart (KNMI station 354), 2006



Figuur 4.13 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B22D0553, 2006



Figuur 4.14 Gemeten grondwaterstand peilbuis B22G0298 en neerslag te Steenwijksmoer (KNMI station 298), 2006



Figuur 4.15 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B22G0298, 2006

4.3 Reest en Wieden

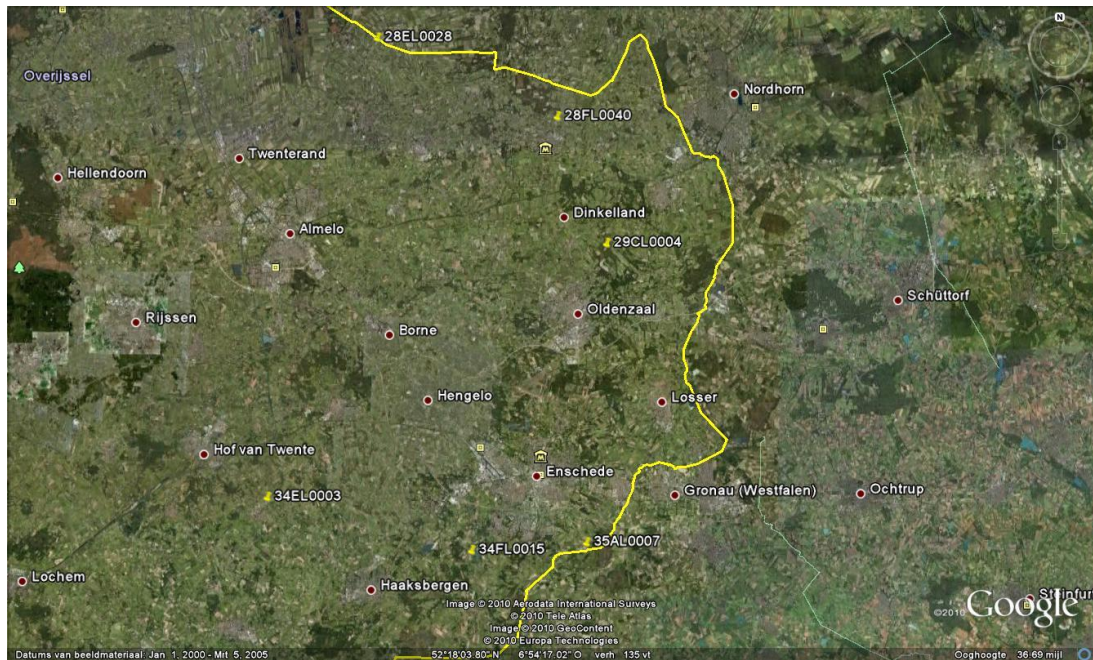
Van het waterschap Reest en Wieden zijn van 18 peilbuizen gegevens ontvangen. De meetfrequentie was in alle gevallen echter onvoldoende ($\leq 1 \times 2$ weken) voor een zinvolle vergelijking met de NHI resultaten.

4.4 Regge en Dinkel

In Tabel 4.2 en Figuur 4.16 is een overzicht gegeven van de locaties van peilbuizen in het waterschap Regge en Dinkel waarvoor continue grondwaterstandreksen zijn ontvangen voor de geselecteerde jaren 2003 en 2006 met een bemonsteringsinterval van 1 dag.

Tabel 4.2 Overzicht van gebruikte grondwaterstanden van waterschap Regge en Dinkel

CODE	Coördinaten		Beschikbaarheid		Maaiveld meting (m+NAP)	Bodemgesteldheid	Neerslag station
	X	Y	2003	2006			
28EL0028	247268	498132	nee	ja	18.10	veen	Tubbergen
35AL0007	260832	466796	nee	ja	47.75	veen	Enschede
34FL0015	253304	466107	nee	ja	29.80	veen	Enschede
34EL0003	240823	469282	nee	ja	14.69	?	Markelo
29CL0004	261760	485540	nee	ja	29.64	?	Denekamp
28FL0040	258620	493280	ja	nee	26.55	?	Denekamp



Figuur 4.16 Locatie van peilbuizen in waterschap Regge en Dinkel

Peilbuis 28EL0028

De locatie van peilbuis 28EL0028 ligt 4 km oostelijk van het natuureservaat de Engbertsdijks Venen, nabij Langeveen in een dicht gedraineerd veengebied bij de Duitse grens. De gemeten grondwaterstand in de peilbuis in 2006 met de neerslag in het nabij gelegen Tubbergen is weergegeven in Figuur 4.17. Het grondwater reageert snel op de neerslag. In de droge maanden juni - juli 2006 zakt de grondwaterstand met ruim 0,5 m t/m 22 juli om daarna in 2 weken tijd volledig te herstellen.

De berekende grondwaterstand is in Figuur 4.18 vergeleken met de meting. In de eerste helft van het jaar wordt het grondwaterstandverloop goed gereproduceerd. Het herstel in augustus is echter veel te traag en loopt ruim 3 weken achter. Vervolgens treedt er een sprong op in het berekende verloop op 11 september t.g.v. de eerder genoemde 9/11 hik. Opvallend is ook dat de dynamiek in het berekende resultaat op het eind van het jaar groter is dan is waargenomen, terwijl dit aan het begin van het jaar

niet zo was. De range van het berekende verloop bedraagt 9 dm terwijl de meting niet meer dan 6 dm varieert.

Peilbuis 35AL0007

Peilbuis 35AL0007 bevindt zich ook nabij de Duitse grens ten zuidoosten van Enschede, 2 km westelijk van het natuurreservaat Amstvenn. Zoals aangegeven in Figuur 4.19 blijft in 2006 de grondwaterstand tot eind april dicht onder het maaiveld, maar zakt dan snel weg in mei, herstelt zich eind mei om daarna verder weg te zakken tot eind oktober. Opmerkelijk is dat er geen (gedeeltelijk) herstel optreedt in de natte maand augustus, terwijl in alle andere peilbuizen in Twente die hier worden besproken zich dat wel heeft voorgedaan. De range van de grondwaterstanden is hier echter wel groter. Medio november stijgt de grondwaterspiegel plotseling met 1 m. De maand september ontbreekt in de meting.

De gemeten en berekende grondwaterstanden zijn in Figuur 4.20 met elkaar vergeleken. De figuur geeft aan dat t/m medio juni en in de laatste maanden van 2006 het model de grondwaterspiegel goed reproduceert, met een verschuiving van 0,25 m. Het model reageert echter wel op de neerslag in augustus, waardoor in de periode juli - oktober het berekende resultaat aanzienlijk afwijkt van de meting. Opvallend is ook dat het berekende uitputtingsverloop vanaf midden juni gaat achterlopen bij de meting, zonder dat er substantiële regen is gevallen.

Peilbuis 34FL0015

Peilbuis 34FL0015 is gelegen tussen Enschede en Haaksbergen in een veengebied bij Het Rutbeek. De gemeten grondwaterstand in 2006 en de neerslag te Enschede is gepresenteerd in Figuur 4.21. De peilvariatie in het freatische grondwater vertoont veel overeenkomst met die in de vorige peilbuis, alleen is de range hier kleiner. Er treedt wel een gedeeltelijk herstel op van de grondwaterspiegel in augustus, en voorts is sprake van een geleidelijke verhoging vanaf begin oktober.

Het berekende grondwaterstandverloop is in Figuur 4.22 vergeleken met de meting. De figuur geeft aan dat de dynamiek goed wordt gereproduceerd, maar dat het uitputtingsverloop iets achter loopt. Ook is het model niet in staat de abrupte stijging begin augustus goed te simuleren, maar dit kan ook een gevolg zijn van de gebruikte neerslaggegevens. Helaas verstoort daarna de 9/11 hik de vergelijking. Het lijkt erop dat de berekende range van de grondwaterstanden daarna de waargenomen variaties onderschat. De 9/11 hik dient eerst ge-ëlimineerd te worden voor een zinvolle verdere validatie.

Peilbuis 34EL0003

Peilbuis 34EL0003 ligt ten noorden van Hengevelde, tussen de N347 van Goor naar Haaksbergen en de Bolscher beek. Figuur 4.23 geeft aan dat de grondwaterspiegel zeer direct reageert op de regenval. De range van de metingen bedraagt 11 dm.

De berekende grondwaterstanden zijn in Figuur 4.24 vergeleken met de metingen. De figuur geeft aan dat de dynamiek van de variaties in het model iets gefilterd is t.o.v. de meting, maar het uitputtingsverloop wordt zeer goed gesimuleerd. De timing van de plotselinge stijging van het grondwater in augustus is goed, maar het berekende herstel blijft achter bij de waarneming. Daarna verstoort de 9/11 hik het beeld. Op het eind van 2006 wordt de grondwaterspiegel weer goed gereproduceerd. Het gemiddelde niveau van de berekende grondwaterstand ligt 2 dm hoger dan die in de peilbuis.

Peilbuis 29CL0004

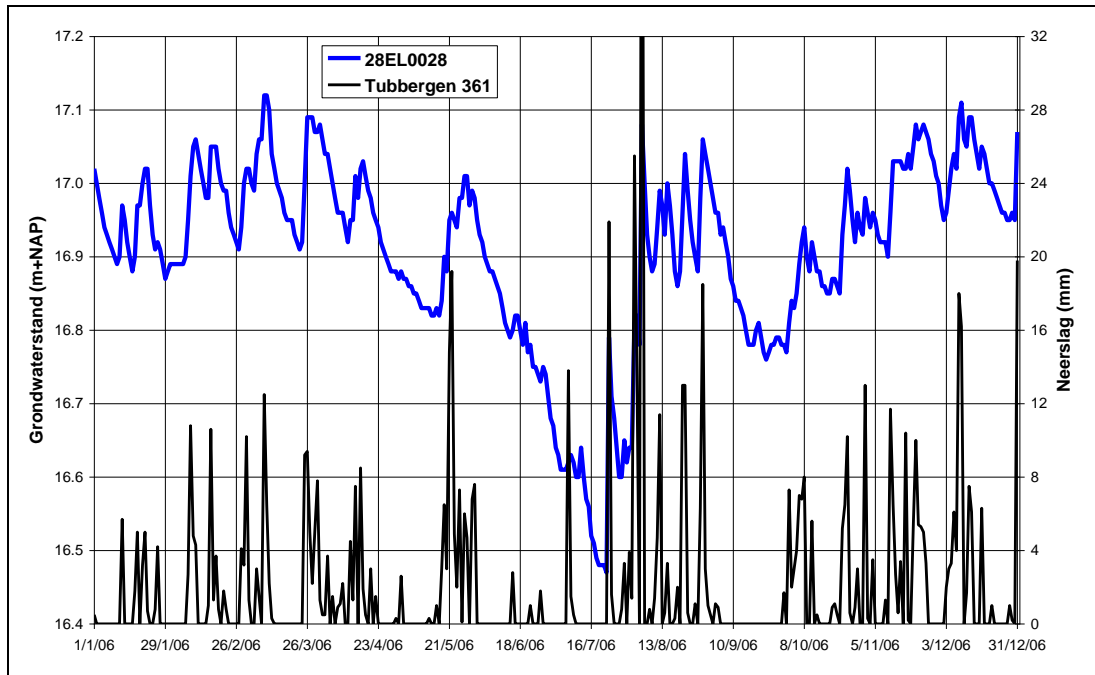
Peilbuis 29CL0004 ligt volgens de coördinaten tussen Rossum en de N342 van Oldenzaal naar Denekamp in het bos Roderveld. Het gemeten grondwaterstandverloop in de peilbuis en de neerslag van Denekamp is weergegeven in Figuur 4.25. Tot eind mei blijft de grondwaterspiegel opvallend dicht onder het maaiveld om daarna ruim 1,5 m te zakken t/m november met een licht herstel in augustus.

De gemeten en berekende grondwaterstanden zijn vergeleken in Figuur 4.26. De figuur geeft aan dat de simulatie qua dynamiek, uitputtingsverloop en range volledig fout zit op een gemiddeld niveau dat 1,3 m te laag is.

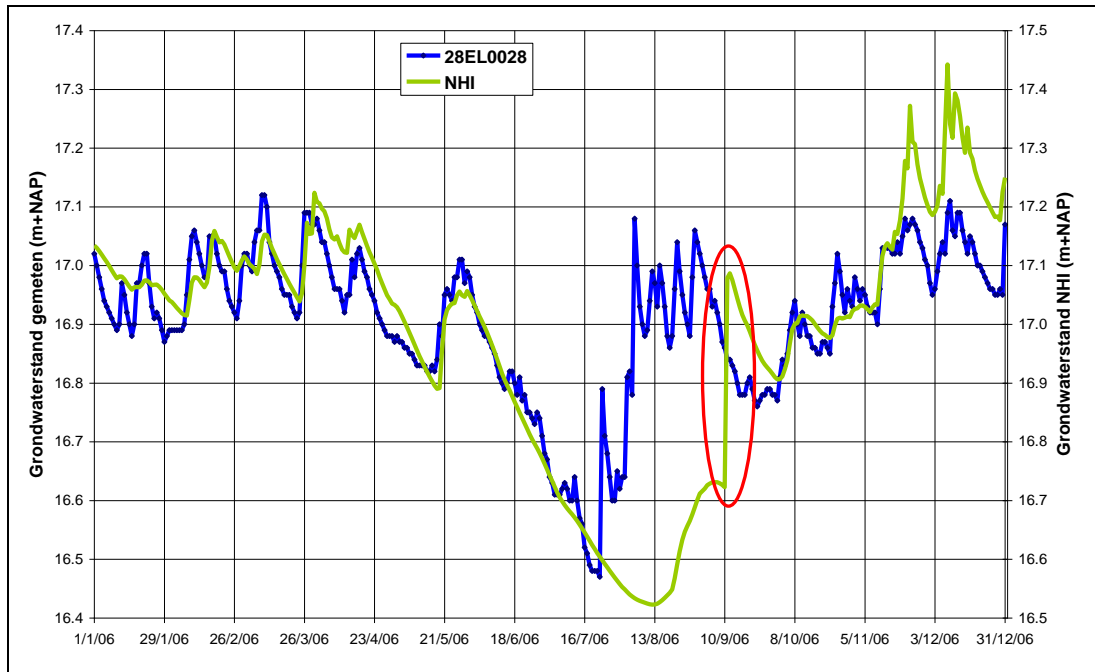
Peilbuis 28FL0040

Peilbuis 28FL0040 ligt in Oud Ootmarsum ten noorden van Ootmarsum. Voor de geselecteerde jaren zijn gemeten dagelijkse grondwaterstanden alleen beschikbaar voor de maanden januari t/m maart van 2003, zie Figuur 4.27. In die periode reageert de grondwaterspiegel snel op de regenval.

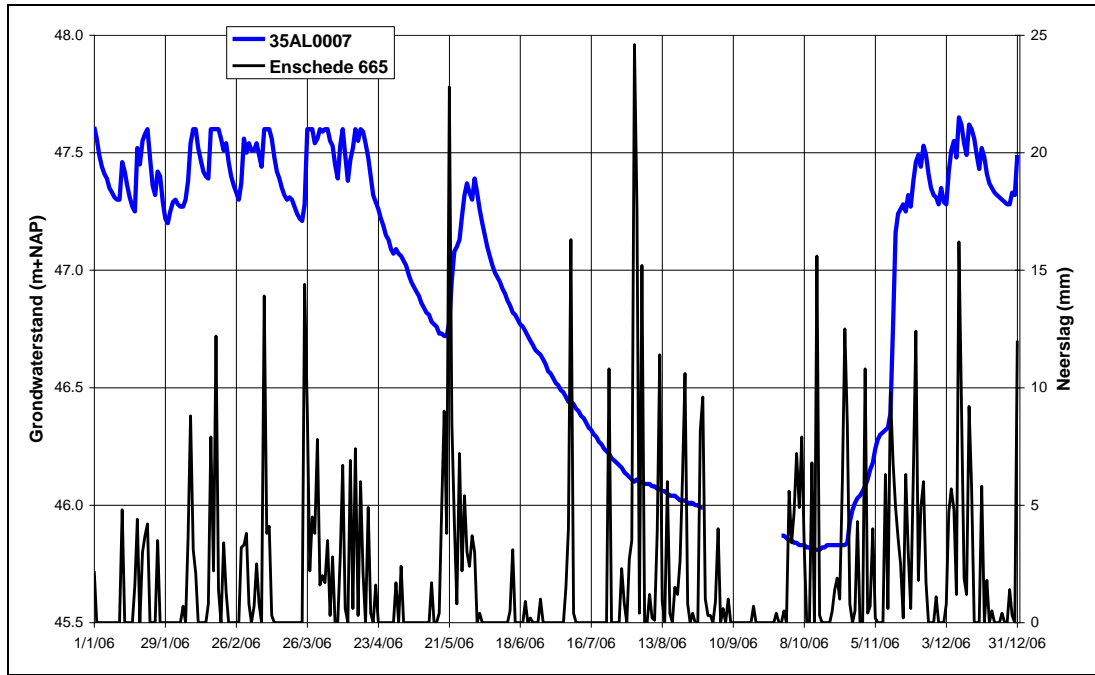
Het model reproduceert het gemeten grondwaterstandverloop nauwkeurig (Figuur 4.28) alleen 1,1 m verschoven. De gemeten reeks is echter te kort voor een goede validatie.



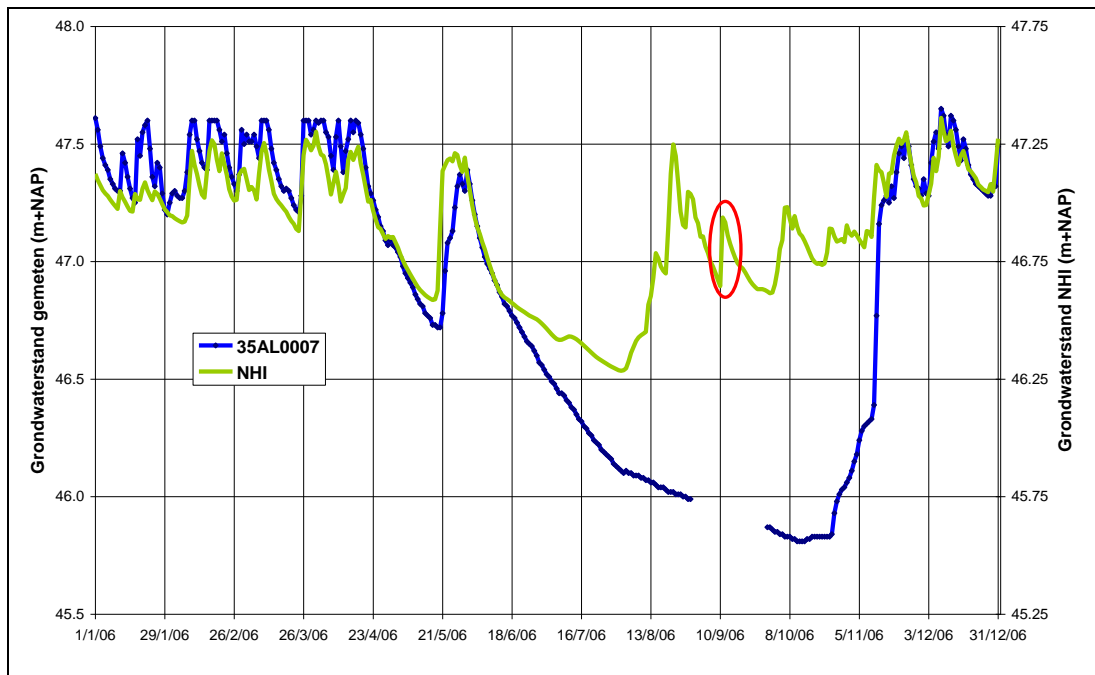
Figuur 4.17 Gemeten grondwaterstand peilbuis 28EL0028 en neerslag te Tubbergen (KNMI station 361)



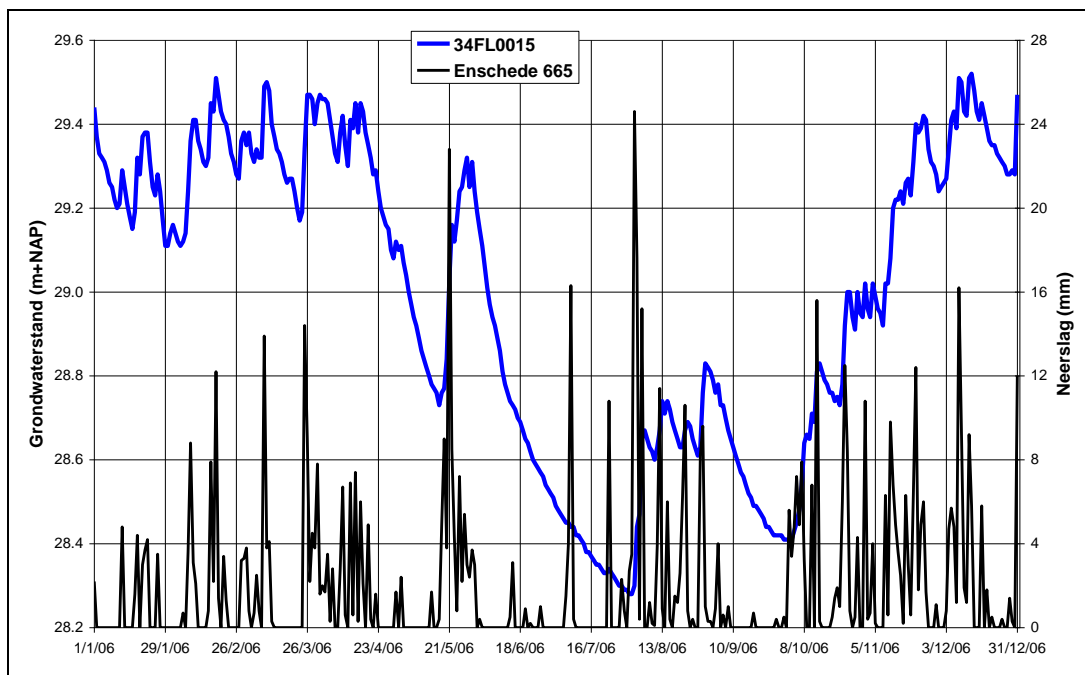
Figuur 4.18 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis 28EL0028, 2006



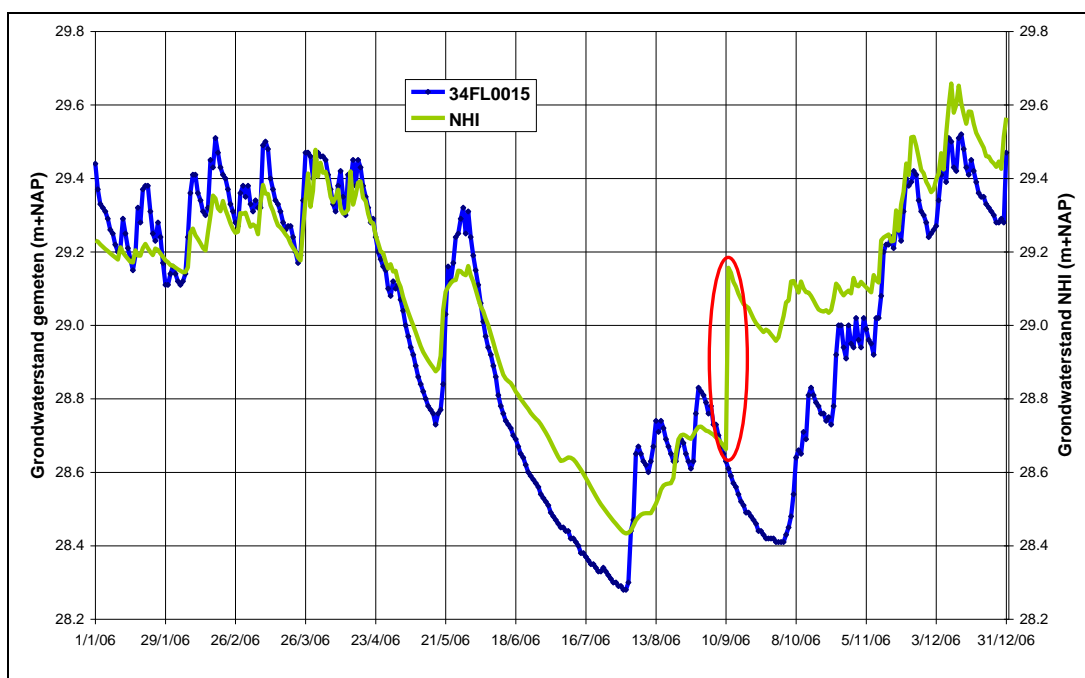
Figuur 4.19 Gemeten grondwaterstand peilbuis 35AL0007 en neerslag te Enschede (KNMI station 665)



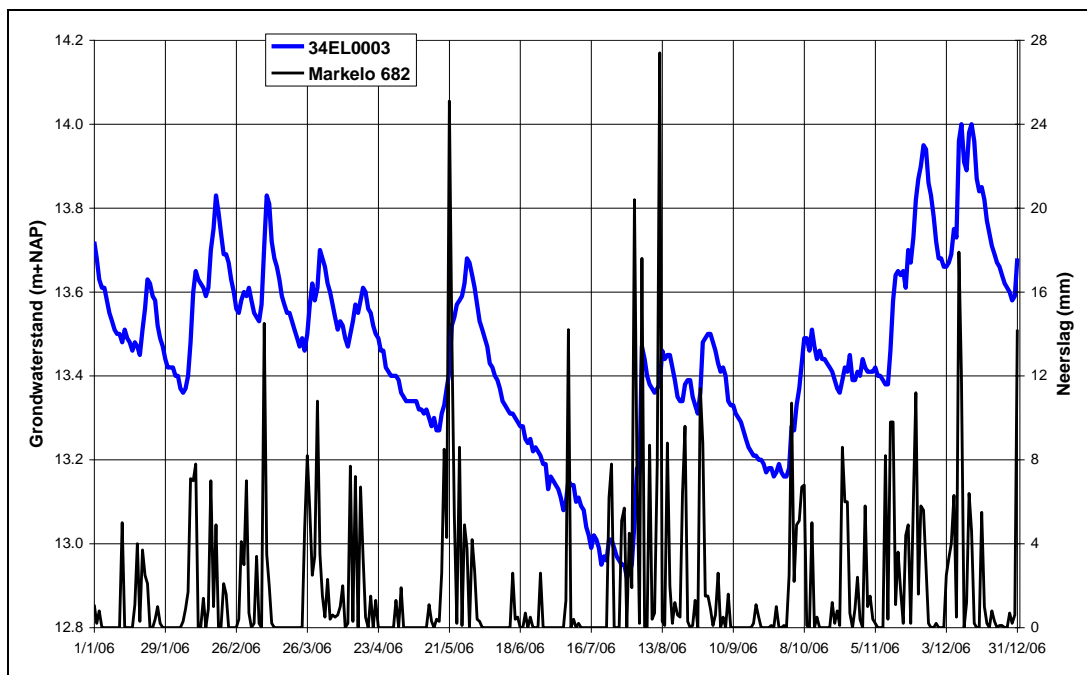
Figuur 4.20 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis 35AL0007, 2006



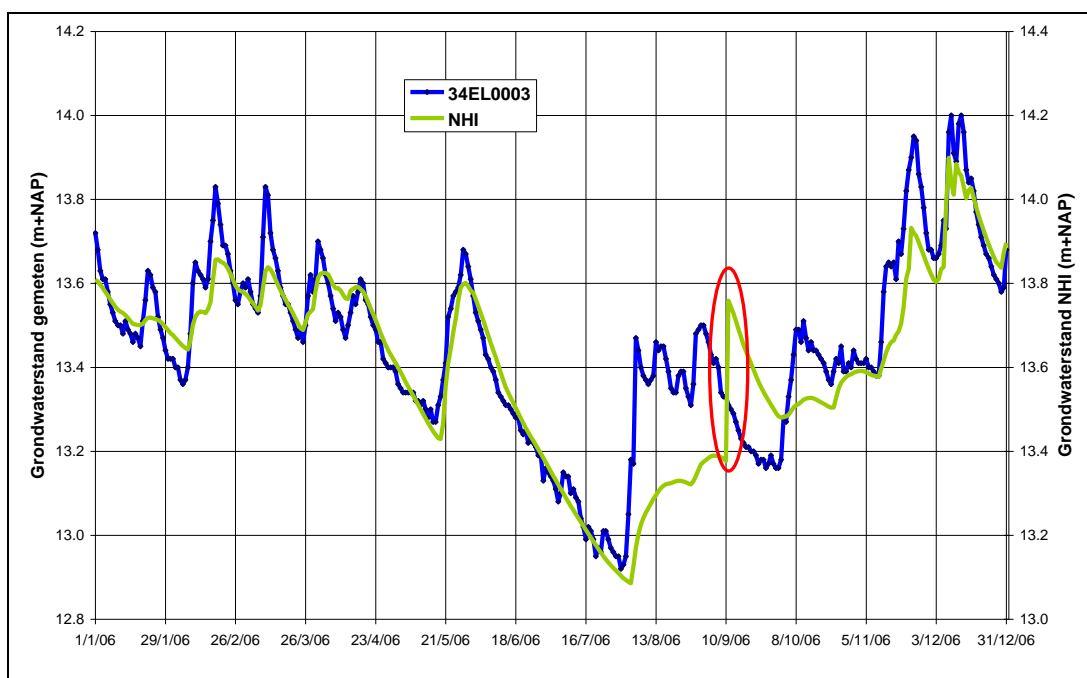
Figuur 4.21 Gemeten grondwaterstand peilbuis 34FL0015 en neerslag te Enschede (KNMI station 665)



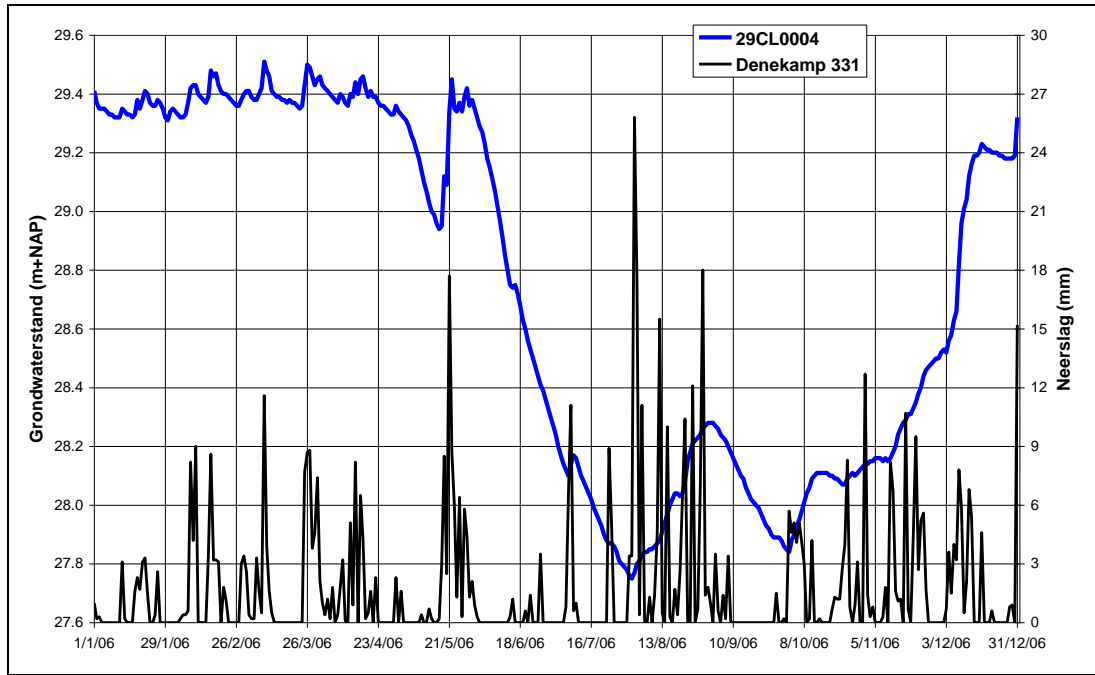
Figuur 4.22 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis 34FL0015, 2006



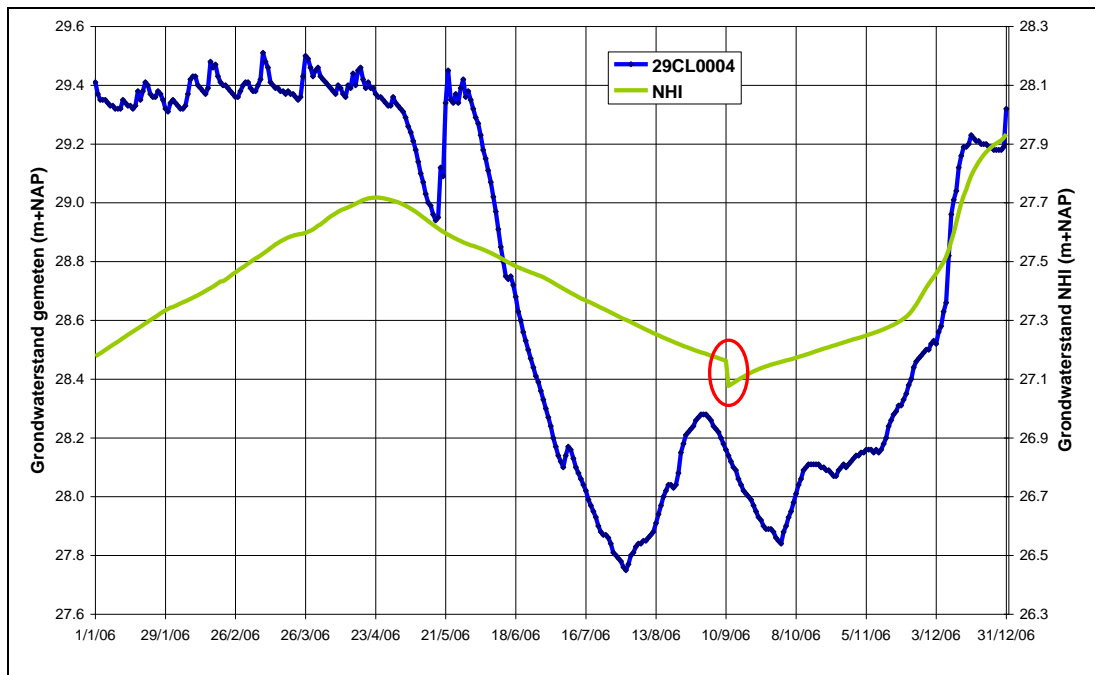
Figuur 4.23 Gemeten grondwaterstand peilbuis 34EL0003 en neerslag te Markelo (KNMI station 682)



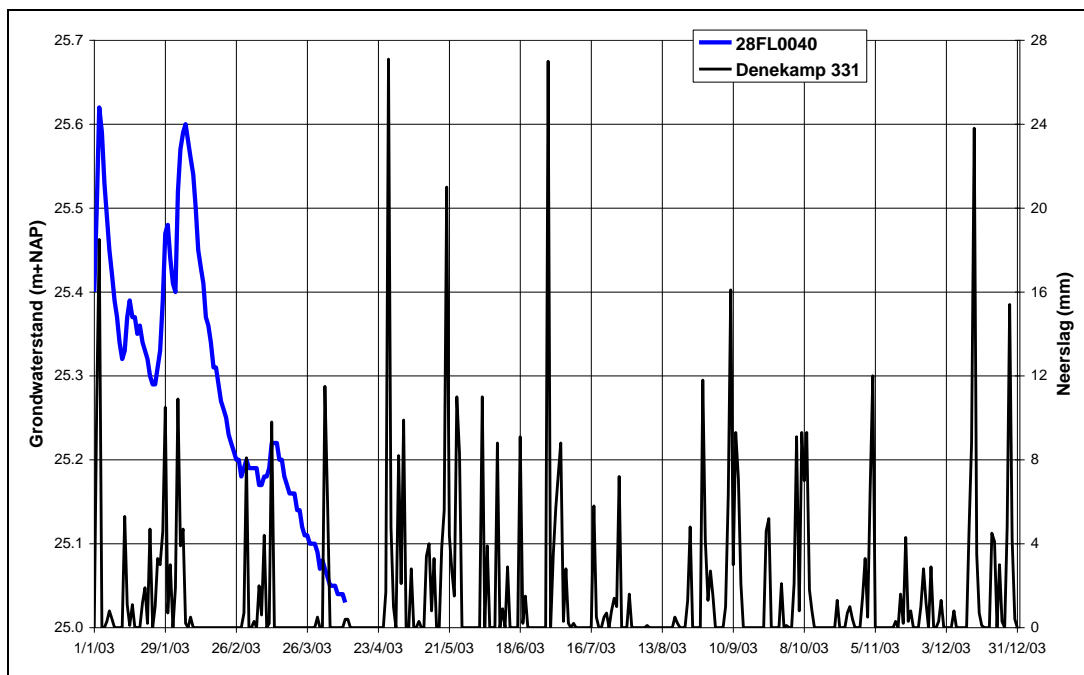
Figuur 4.24 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis 34EL0003, 2006



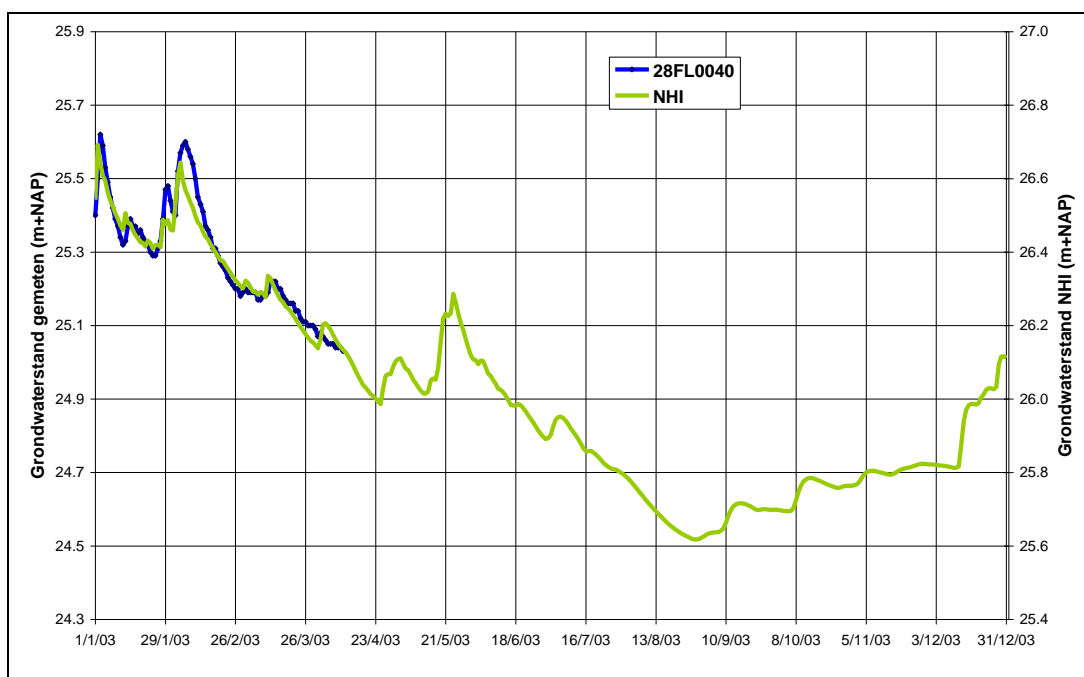
Figuur 4.25 Gemeten grondwaterstand peilbuis 29CL0004 en neerslag te Denekamp (KNMI station 331)



Figuur 4.26 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis 29CL0004, 2006



Figuur 4.27 Gemeten grondwaterstand peilbuis 28FL0040 en neerslag te Denekamp (KNMI station 331), 2003



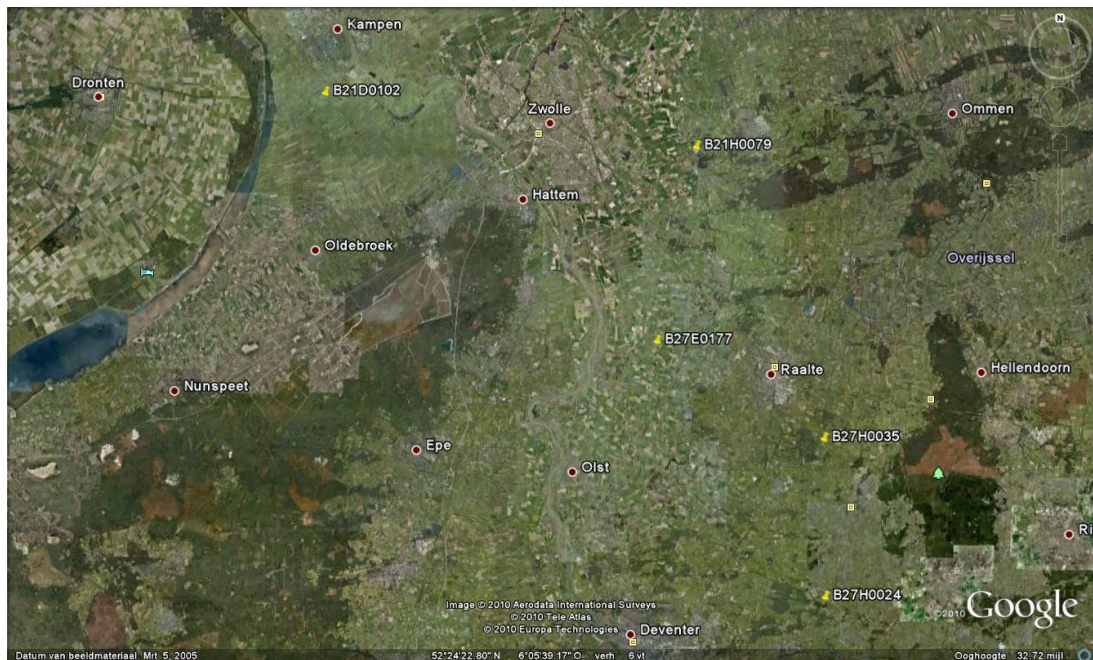
Figuur 4.28 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis 28FL0040, 2003

4.5 Groot-Salland

In Tabel 4.3 en Figuur 4.29 is een overzicht gegeven van de locaties van peilbuizen in het waterschap Groot-Salland waarvoor continue grondwaterstandreeksen zijn ontvangen voor het geselecteerde jaar 2006 met een bemonsteringsinterval van 1 dag. Voor alle andere aangeleverde grondwaterreeksen is de bemonsteringsfrequentie 1 x per 2 weken of minder en niet geschikt voor validatie van het NHI. In het vervolg is steeds het gemeten verloop van de stijghoogte van het freatische grondwater eerst vergeleken met de dagelijkse neerslag van een nabijgelegen KNMI neerslagstation, zoals is aangegeven in de laatste kolom van de tabel.

Tabel 4.3 Overzicht van geleverde grondwaterstanden

CODE	Coördinaten		Beschikbaarheid		Maaiveld meting (m+NAP)	Bodemgesteldheid	Neerslag station
	X	Y	2003	2006			
B21D0102	190129	504140	nee	ja	-0,42	?	IJsselmuiden
B21H0079	210915	501510	nee	ja	1,75	?	Zwolle
B27E0177	208970	490520	nee	ja	1,40	?	Heino
B27H0024	218700	476370	nee	ja	9,35	?	Lettele
B27H0035	218480	485270	nee	ja	8,09	?	Heino



Figuur 4.29 Locatie van peilbuizen in het waterschap Groot-Salland

Peilbuis B21D0102

Peilbuis B21D0102 ligt bij De Roskam 1 km ten zuiden van Kampen in een peilbeheerst gebied. Figuur 4.30 geeft de gemeten grondwaterstand in de peilbuis in 2006 weer met de neerslag van IJsselmuiden. De grondwaterspiegel reageert zeer snel en kortstondig op de neerslag, ook al omdat de drainagedichtheid ter plaatse groot is.

De vergelijking tussen het berekende grondwaterverloop en de meting is gepresenteerd in Figuur 4.31. De figuur geeft aan dat het model in de zomermaanden minder dynamiek vertoont dan is opgetreden, maar in het najaar is de trend andersom. Het herstel van de grondwaterstand eind juli wordt door het model orde 3 weken te laat

ingezet. De range van het berekende grondwaterstandverloop is iets groter dan in de praktijk is opgetreden, 11 dm tegen 7 dm.

Peilbuis B21H0079

Peilbuis B21H0079 bevindt zich in een bosgebied ten noordwesten van Hoonhorst nabij de N757 van Dalfsen naar Wijthmen/Zwolle, 2 km ten zuiden van de Overijsselse Vecht. Figuur 4.32 geeft aan dat de grondwaterspiegel hier weliswaar snel reageert op de regenval, maar dat de range niet meer dan ca. 4 dm bedraagt.

Figuur 4.33 laat zien dat de berekende grondwaterstand minder fel reageert op de neerslag en in de zomermaanden verder wegzakt dan is gemeten. In het najaar lijkt de dynamiek wel voldoende te zijn. De berekende range is 3 dm groter dan is gemeten. Merk op dat het gemiddelde berekende grondwaterniveau 0,7 m lager ligt dan in de peilbuis. Merk voorts op dat het verloop van de grondwaterstand sterk afwijkt van het gemeten verloop in Twente, waar, evenals het model voorspelt, de grondwaterstanden sterk zakken in de zomerperiode. Hier is kennelijk voldoende water aangevoerd om dit tegen te gaan.

Peilbuis B27E0177

Peilbuis B27E0177 ligt aan de Lierderholthuisweg tussen Lierderholthuis/Heino en Wijhe, noordoostelijk van Wijhe. Evenals bij de vorige peilbuis is hier sprake van een snelle reactie van de grondwaterspiegel op de neerslag, zie Figuur 4.34, en blijft de grondwaterspiegel op peil in de zomermaanden, met hoogste waarden in augustus.

Het berekende grondwaterstandverloop is in Figuur 4.35 vergeleken met de meting. De figuur laat een berekend grondwaterverloop zien met een grote dynamiek. Het verloop in de zomermaanden wordt echter niet goed gereproduceerd: zoals voorheen wordt ook nu een daling berekend die in werkelijkheid niet is opgetreden. Kennelijk was de waterbeschikbaarheid groter dan het model heeft berekend. De berekende range is 3 dm groter dan is gemeten.

Peilbuis B27H0024

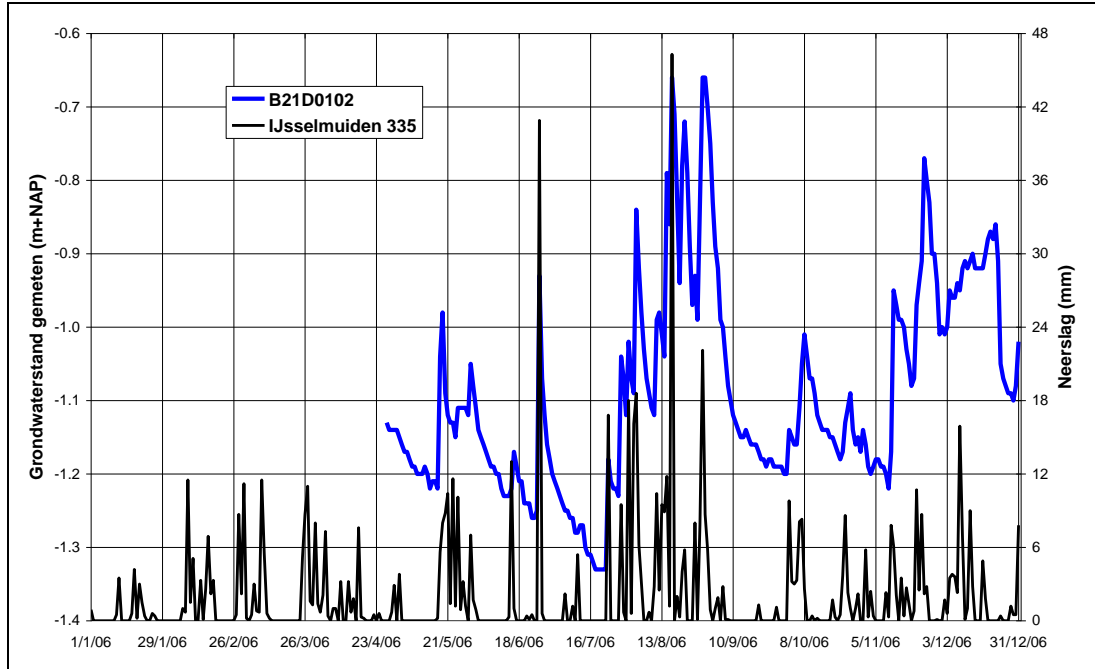
Peilbuis B27H0024 ligt naast de N344 van Deventer naar Holten/Rijssen, in een bosgebied ten oosten van Lettele. Het verloop van de grondwaterspiegel in reactie op de neerslag is weergegeven in Figuur 4.36. De figuur laat een snelle respons op de regenval zien, met een geleidelijke zakking in de maanden juni – juli en een vrijwel volledig herstel in augustus. De range bedraagt ongeveer 1 m.

De meting en het berekende grondwaterstandverloop zijn weergegeven in Figuur 4.37. De figuur geeft aan dat het model de dynamiek mist en trager reageert op de neerslag. Het uitputtingsverloop wordt correct weergegeven, maar het herstel van de grondwaterstand in augustus wordt te laat ingezet en is te gering. Daarna verstoort de 9/11 hik het beeld. De range van het grondwaterverloop wordt goed weergegeven.

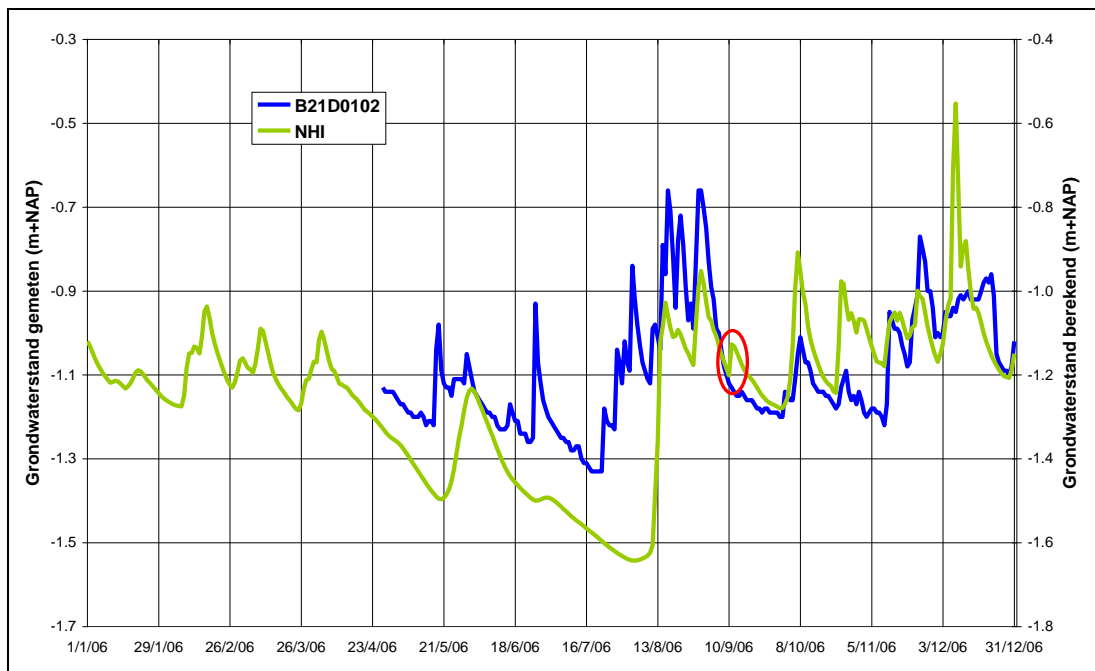
Peilbuis B27H0035

Peilbuis B27H0035 ligt in grasland grenzend aan de bossen van Schoonheten ten zuidoosten van Raalte. Het grondwaterverloop in de peilbuis en de neerslag in 2006 is weergegeven in Figuur 4.38. Het verloop van de grondwaterstand lijkt sterk op dat van de vorige, met een iets grotere range van 1,5 m. Ook hier is sprake van een snelle reactie op de neerslag.

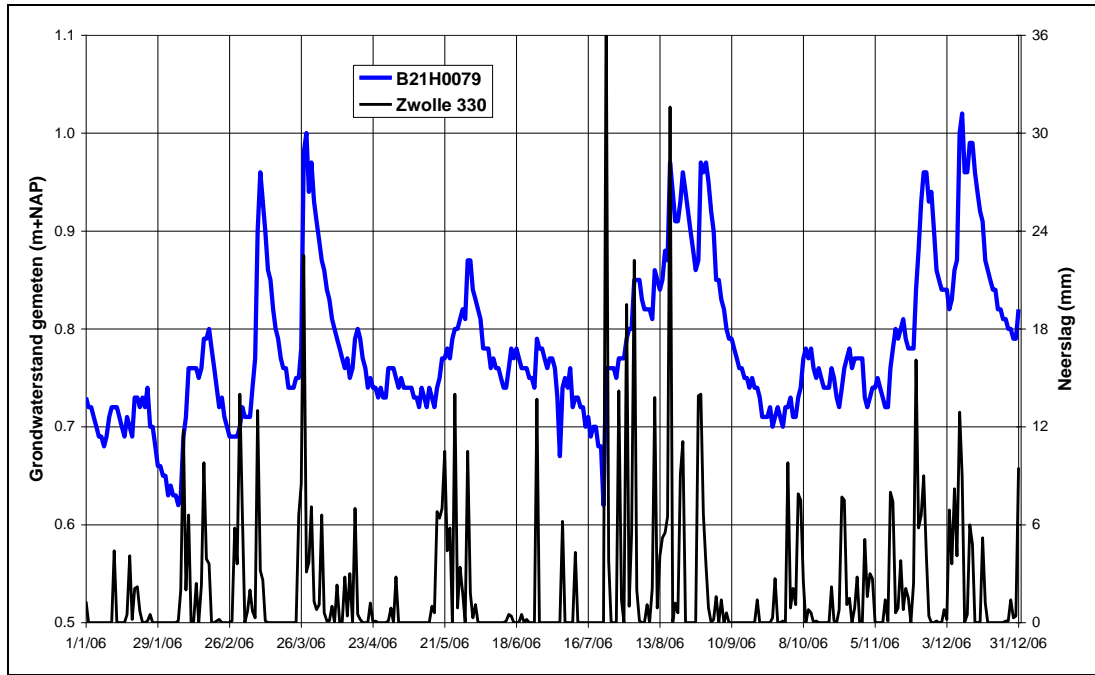
Het gemeten en berekende verloop is gepresenteerd in Figuur 4.39. De figuur laat zien dat het model het verloop te gefilterd weergeeft en de dynamiek mist. Het uitputtings verloop is iets te traag. Het herstel van de grondwaterstand in augustus wordt te laat ingezet. Vervolgens verstoort de 9/11 hik het beeld. De dynamiek en range daarna is ook onvoldoende. De berekende range is ongeveer de helft van wat is gemeten.



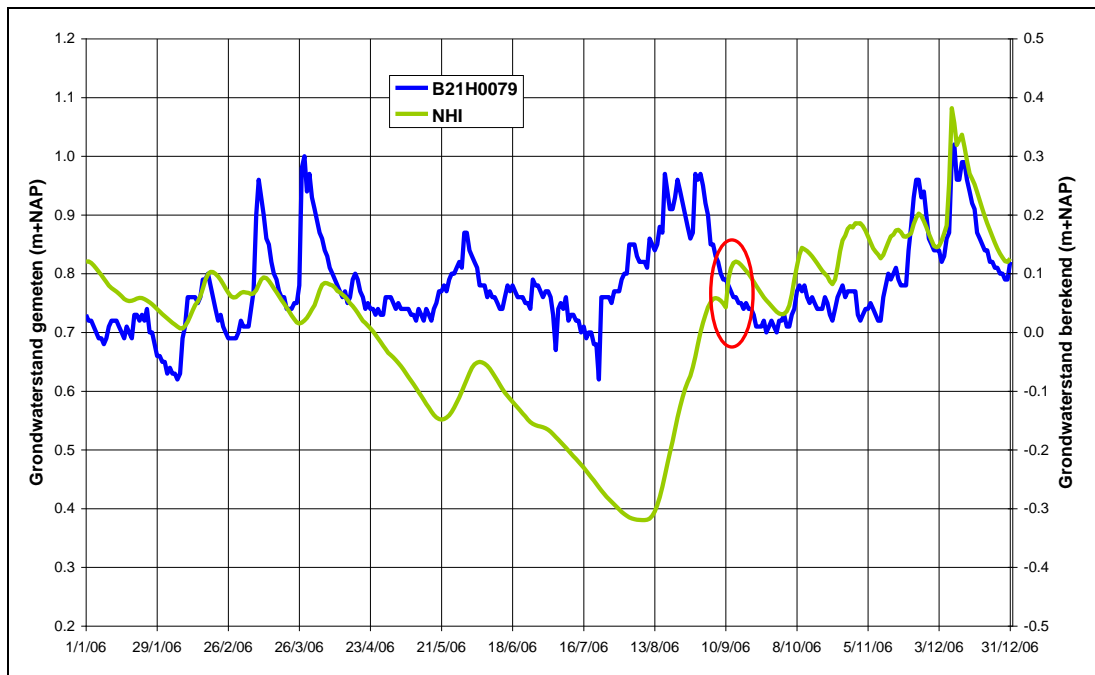
Figuur 4.30 Gemeten grondwaterstand peilbuis B21D0102 en neerslag te IJsselmuiden (KNMI station 335), 2006



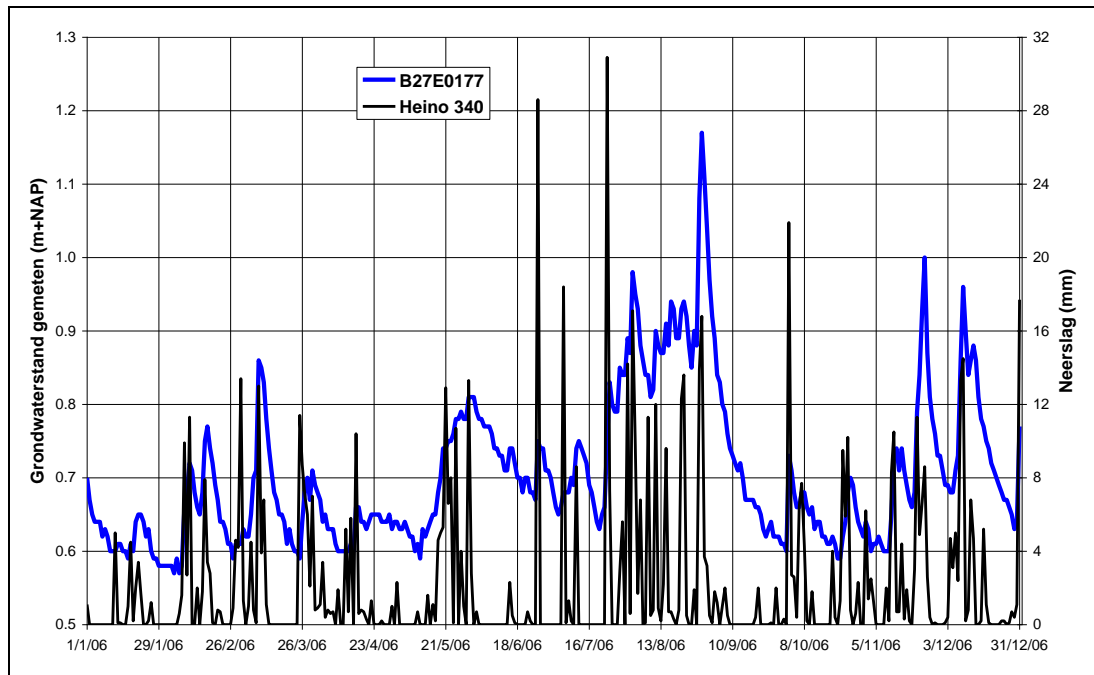
Figuur 4.31 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B21D0102, 2006



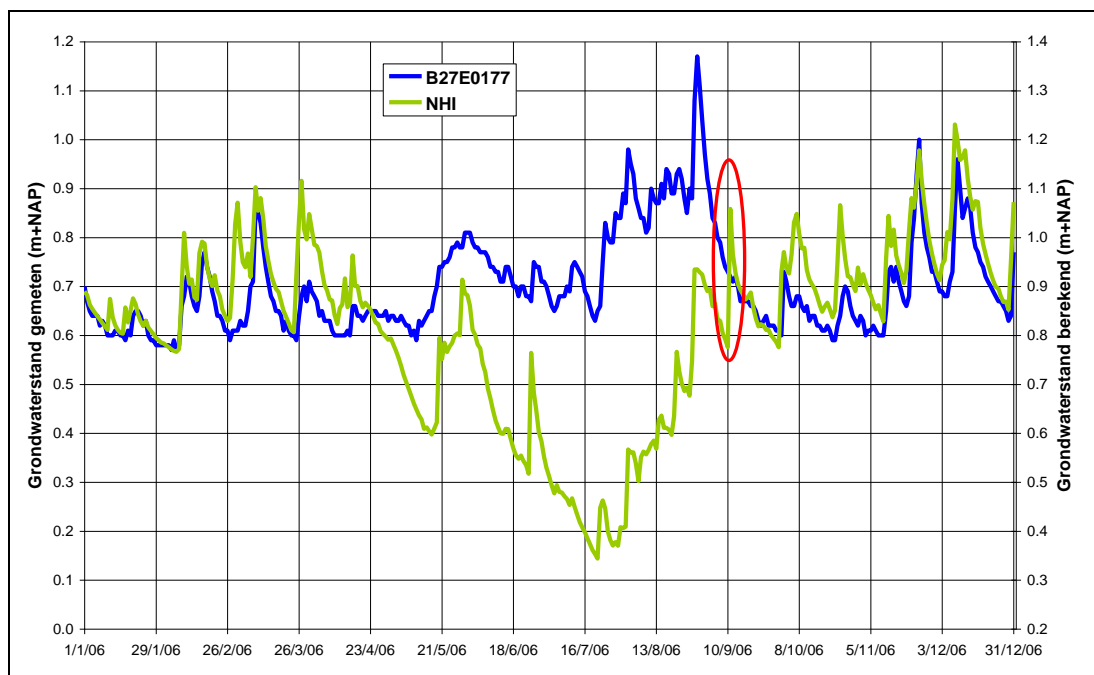
Figuur 4.32 Gemeten grondwaterstand peilbuis B21H0079 en neerslag te Zwolle (KNMI station 330), 2006



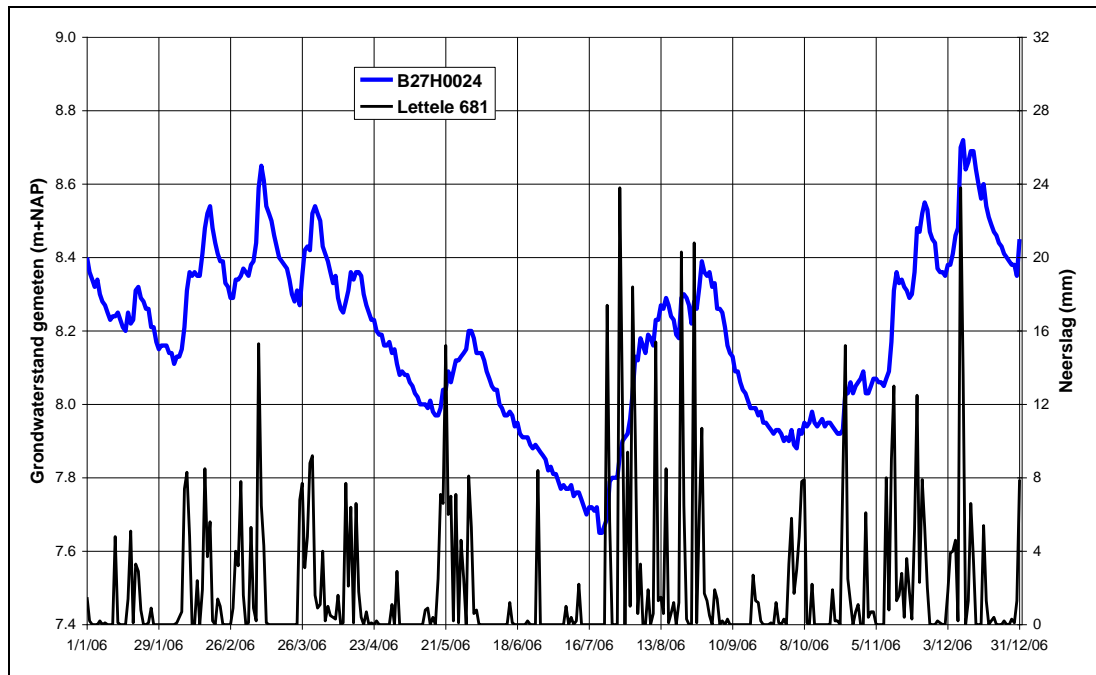
Figuur 4.33 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B21H0079, 2006



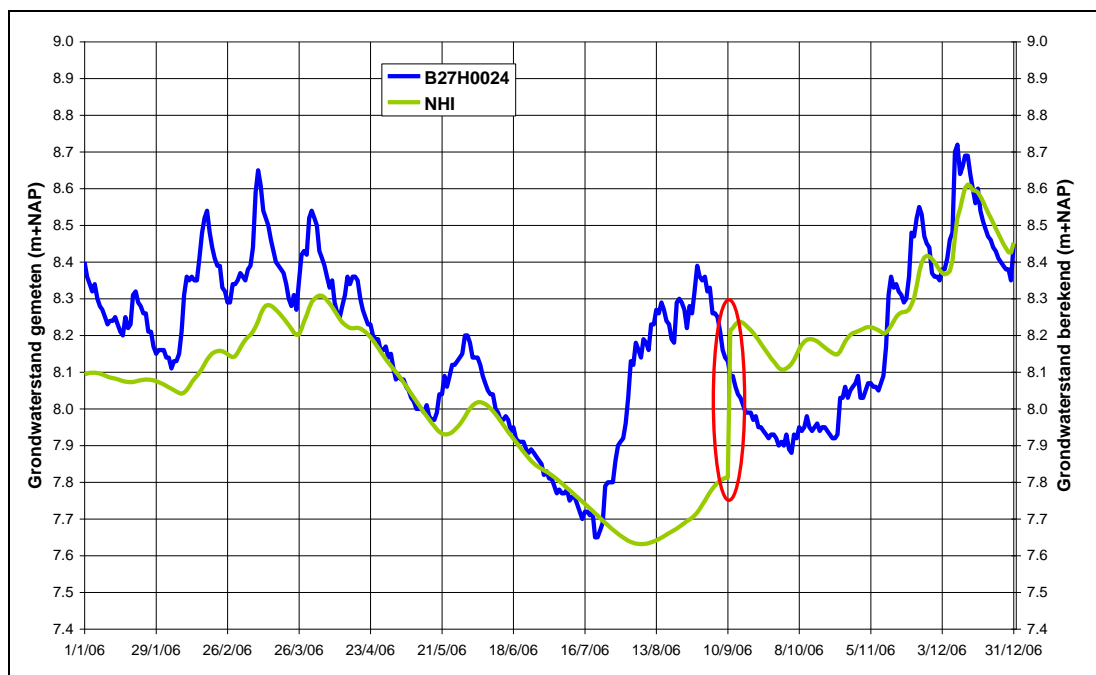
Figuur 4.34 Gemeten grondwaterstand peilbuis B27E0177 en neerslag te Heino (KNMI station 340), 2006



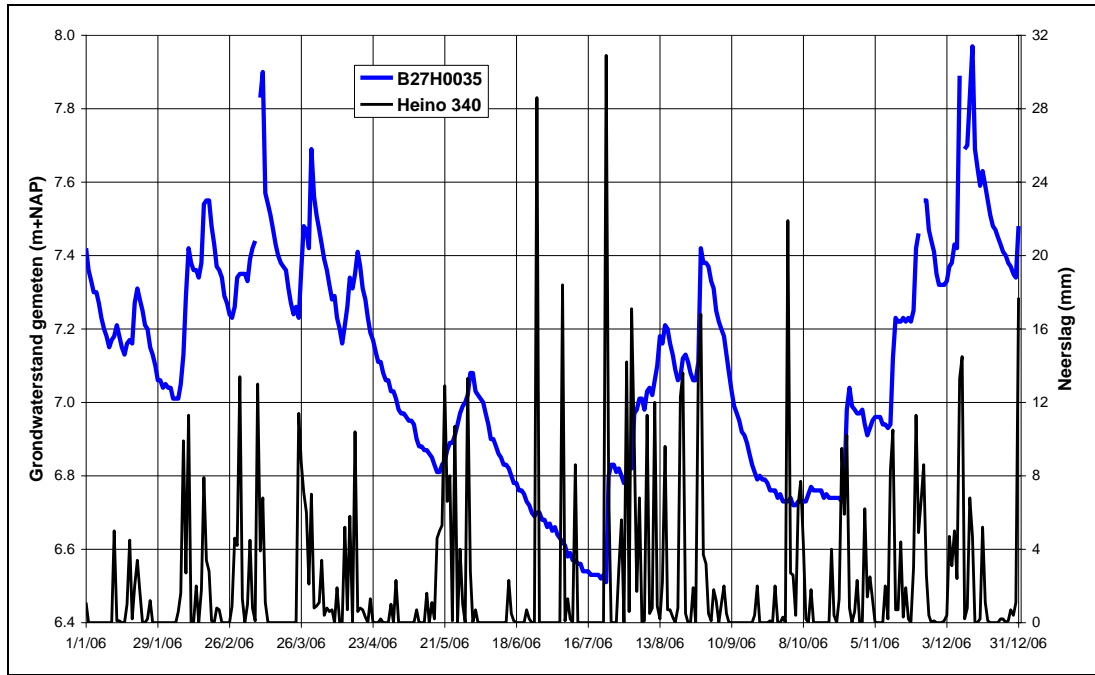
Figuur 4.35 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B27E0177, 2006



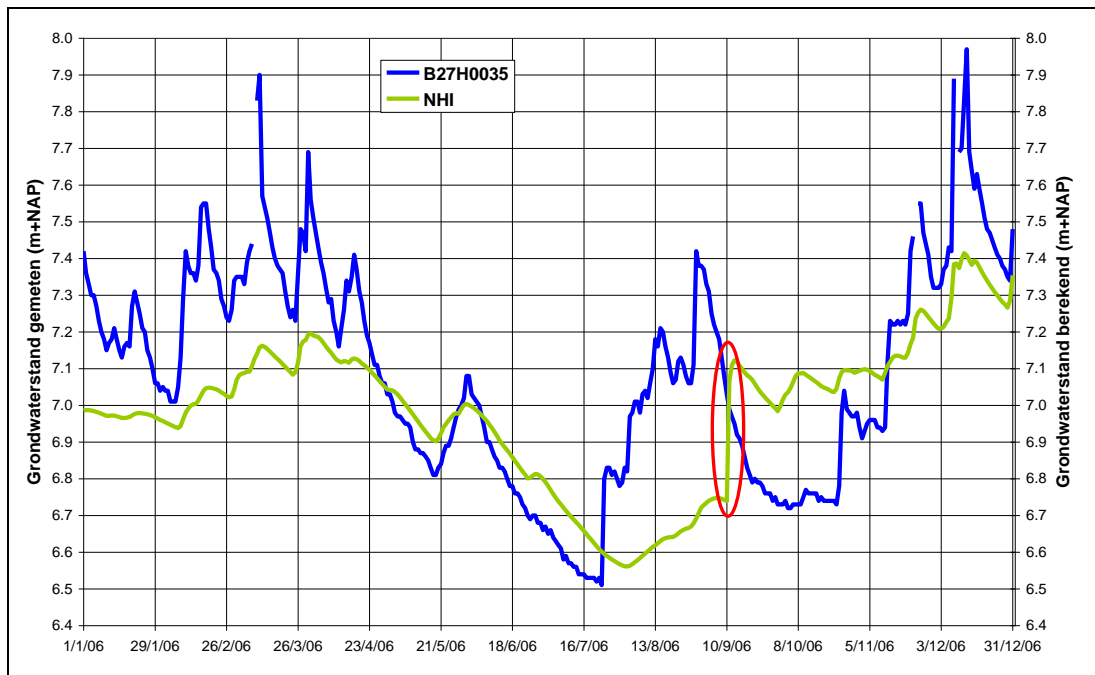
Figuur 4.36 Gemeten grondwaterstand peilbuis B27H0024 en neerslag te Lettele (KNMI station 681), 2006



Figuur 4.37 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B27H0024, 2006



Figuur 4.38 Gemeten grondwaterstand peilbuis B27H0035 en neerslag te Heino (KNMI station 340), 2006



Figuur 4.39 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B27H0035, 2006

4.6 Rijn en IJssel

In Tabel 4.4 en in Figuur 4.40 is een overzicht gegeven van de locaties van peilbuizen in het waterschap Rijn en IJssel waarvoor continue grondwaterstandreeksen zijn ontvangen voor de geselecteerde jaren 2003 en 2006 met een bemonsteringsinterval van 1 dag. Voor alle andere aangeleverde grondwaterreeksen is de bemonsteringsfrequentie 1 x per 2 weken of minder, en niet geschikt voor validatie van het NHI. Het gemeten verloop van de stijghoogte van het freatische grondwater is eerst vergeleken met de dagelijkse neerslag van een nabijgelegen KNMI neerslagstation en vervolgens met de berekende grondwaterstanden. De gebruikte neerslagstations zijn aangegeven in de laatste kolom van de tabel.

Tabel 4.4 Overzicht van gebruikte grondwaterstanden van het waterschap Rijn en IJssel

CODE	Coördinaten		Beschikbaarheid		Maaiveld meting (m+NAP)	Bodemgesteldheid	Neerslag station
	X	Y	2003	2006			
B33F0242	214259	470788	nee	ja	8,45	?	Lettele
B33H0348	212350	451945	nee	ja	9,52	?	Hengelo (Gld)
B34D0238	230350	458500	nee	ja	15,05	?	Borculo
B34F1353	255150	463050	nee	ja	35,03	?	Rekken
B34G0243	242980	455520	nee	ja	30,00	?	Hupsel
B40B0372	196460	446280	ja	ja	23,18	?	Arnhem
B40E0254	204860	437870	nee	ja	10,60	?	Duiven
B41A0097	222510	439700	nee	ja	15,98	?	Doetinchem
B41D0068	231730	431960	nee	ja	18,75	?	Aalten
B41E0243	243040	443880	nee	ja	29,46	?	Aalten



Figuur 4.40 Locatie van peilbuizen in waterschap Rijn en IJssel

Peilbuis B33F0242

Peilbuis B33F0242 ligt tussen Bathmen en Harfsen, ten zuidoosten van Deventer. Het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 is weergegeven in Figuur 4.41 met de neerslag van Lettele. Het verloop toont een snelle respons op de neerslag. In de

zomermaanden zakt de grondwaterstand ca. 8 dm om in augustus weer gedeeltelijk te herstellen. De waterstand zakt vervolgens weer in de droge septembermaand om daarna in november door te stijgen tot een maximale hoogte begin december.

In Figuur 4.42 is de berekende grondwaterstand vergeleken met de meting. In het begin van het jaar wordt de gemeten dynamiek niet gehaald, hoewel het model het gemeten verloop redelijk volgt: het uitputtingsverloop wordt acceptabel gesimuleerd. Het herstel van de grondwaterstand in augustus komt te laat, waarna de 9/11 hik het grondwaterverloop sterk verstoort. Ook in het najaar is de dynamiek geringer dan is gemeten. Merk op dat de gemeten en berekende range goed met elkaar overeenkomen.

Peilbuis B33H0348

Peilbuis B33H0348 ligt in een akker bij Toldijk tussen Steenderen en Hengelo (Gld) ten oosten van Dieren en ten zuiden van Zutphen. Figuur 4.43 geeft het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 weer met de neerslag te Hengelo. De meting laat een trage reactie op de neerslag zien. Het grondwaterstandverloop lijkt op een gefilterde weergave van het verloop in de hiervoor besproken peilbuis.

Ook het model berekent een sterk gefilterde respons op de neerslag zoals in Figuur 4.44 is weergegeven. Het filter is echter te sterk, maar het uitputtingsverloop wordt goed gereproduceerd. Het herstel van de grondwaterstand wordt te traag ingezet.

Peilbuis B34D0238

Peilbuis B34D0238 ligt in grasland aan de zuidwestkant van Borculo. Het grondwaterstandverloop in de peilbuis in 2006 was analoog aan de het verloop in B33F0242, zie Figuur 4.45.

Het berekende verloop is in Figuur 4.46 vergeleken met de meting. De figuur geeft aan dat in het begin van het jaar de berekende dynamiek achterblijft bij de meting en het uitputtingsverloop iets te traag wordt gesimuleerd. Het herstel van de grondwaterstand in augustus wordt goed berekend. Daarna verstoort de 9/11 hik het beeld. De totale berekende range van de grondwaterstand blijft iets achter bij de meting.

Peilbuis B34F1353

Peilbuis B34F1353 ligt bij Buurse, dicht bij de Buurserbeek, 7 km ten oosten van Haaksbergen. Het verloop van de grondwaterstand heeft zich in 2006 voltrokken zoals bij de voorgaande peilbuizen in het beheersgebied van het waterschap, met een snelle respons op de neerslag, zie Figuur 4.47.

Het NHI berekent een sterk gefilterd grondwaterstandverloop, zie Figuur 4.48, dat sterk afwijkt van wat is waargenomen: dynamiek is niet aanwezig, het uitputtingsverloop is veel te traag en de range is te klein. Een herijking van het model ter plaatse is noodzakelijk.

Peilbuis B34G0243

Peilbuis B34G0243 ligt in de gemeente Berkelland 2 km ten zuiden van Eibergen. Het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 in de peilbuis en de neerslag te Hupsel is weergegeven in Figuur 4.49. De figuur geeft aan dat de grondwaterstand snel reageert op de neerslag, met een zeer scherpe stijging begin augustus in respons op hoge neerslag.

Het gemeten verloop is in Figuur 4.50 vergeleken met het modelresultaat. De figuur geeft aan dat het model de waargenomen variaties volstrekt onvoldoende simuleert: geen dynamiek, het uitputtingsverloop zeer sterk onderschat en de range ongeveer 25% van wat is waargenomen. Een herijking van het model ter plaatse is noodzakelijk.

Peilbuis B40B0372

Peilbuis B40B0372 aan de rand van het bosgebied tussen Rheden en Velp, 1,5 km van de linkeroever van de IJssel. Het gemeten grondwaterverloop in 2003 is weergegeven in Figuur 4.51, met de neerslag van Arnhem. De figuur geeft aan dat er geen directe relatie is met de neerslag. Een ander verschijnsel bepaalt hier dus het grondwaterstandverloop.

Figuur 4.52 geeft een vergelijking tussen het gemeten en berekende grondwaterstandverloop in 2003. De figuur geeft aan dat het model de generale trend in het verloop goed volgt maar het mist in het begin van het jaar de opgetreden variatie.

Het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 en de neerslag van Arnhem is in Figuur 4.53 gepresenteerd. Ook hier is geen relatie tussen neerslag en grondwaterverloop zichtbaar.

Figuur 4.54 laat zien dat aan het begin van het jaar de berekende grondwaterstand te hoog is en het model de opgetreden variatie niet goed reproduceert. Dit vereist een nadere analyse.

Peilbuis B40E0254

Peilbuis B40E0254 bevindt zich aan de oostkant van Zevenaar dicht bij de A12. Het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 en de neerslag gemeten te Duiven is gepresenteerd in Figuur 4.55. De figuur geeft aan dat de grondwaterspiegel snel reageert op de neerslag.

Figuur 4.56 geeft het gemeten en berekende grondwaterstandverloop weer. De figuur laat zien dat afgezien van de 9/11 hiek het model het gemeten verloop goed reproduceert. De dynamiek is iets te gering, maar het uitputtingsverloop wordt goed gesimuleerd.

Peilbuis B41A0097

Peilbuis B41A0097 ligt 1 km ten noorden van Gaanderen, tussen het dorp en de A18, ten zuidoosten van Doetinchem. Het gemeten grondwaterstandverloop in 2006 en de neerslag van Doetinchem is gepresenteerd in Figuur 4.57. De figuur geeft aan dat de grondwaterstand snel reageert op de neerslag. In de zomermaanden zakt de grondwaterspiegel ongeveer 1 m, en herstelt zich pas weer in november.

In Figuur 4.58 is het berekende grondwaterverloop vergeleken met de meting. De figuur geeft aan dat het model de dynamiek in het begin van het jaar iets onderschat, maar dat het uitputtingsverloop zeer goed wordt gereproduceerd. De 9/11 hiek verstoort een goede vergelijking voor de laatste maanden van het jaar. De berekende range komt overeen met het gemeten bereik.

Peilbuis B41D0068

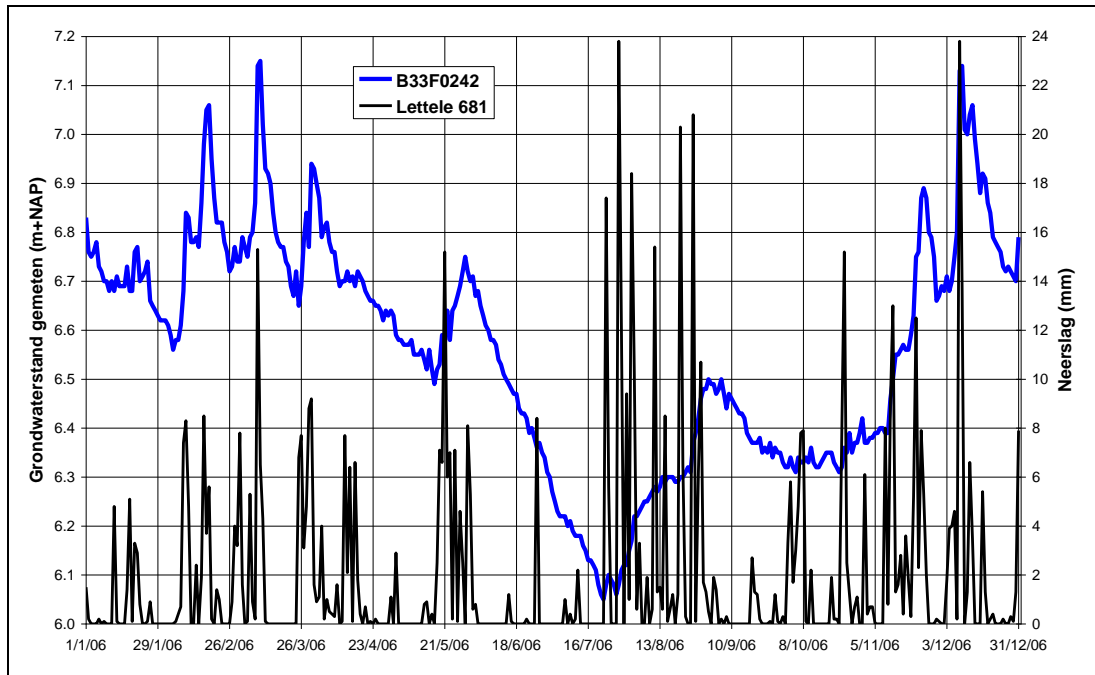
Peilbuis B41D0068 ligt aan de noordrand van Dinxperlo nabij de Duitse grens. De gemeten grondwaterstand voor 2006 is gepresenteerd in Figuur 4.59, met de regenval van Aalten. Het verloop lijkt sterk op dat van de vorige peilbuis.

Het model berekent een grondwaterverloop met te weinig dynamiek, zoals is getoond in Figuur 4.60. De range is te klein en het uitputtingsverloop loopt te traag. Het herstel van de grondwaterstand in augustus wordt correct berekend.

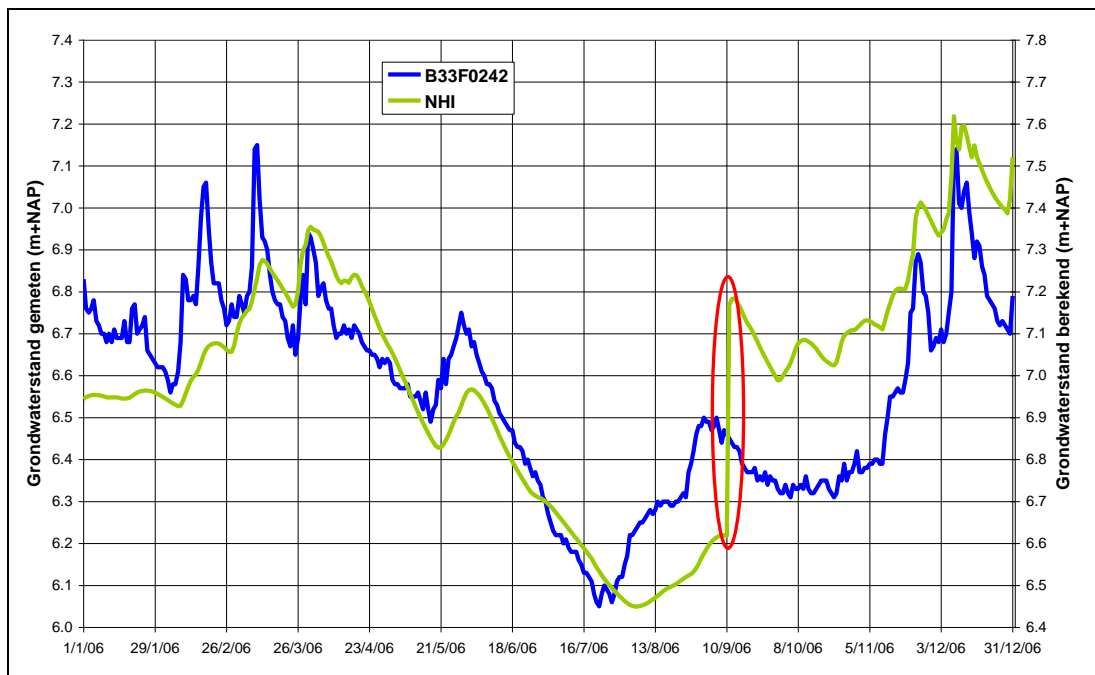
Peilbuis B41E0243

Peilbuis B41E0243 2 km ten westen van Winterswijk aan de zuidrand van het natuurreserveaat Korenburgerveen tussen Lichtenvoorde en Winterswijk. De fluctuaties in de grondwaterstand zijn hier minder dan bij de voorgaande peilbuis en de respons op de neerslag is trager, zie Figuur 4.61.

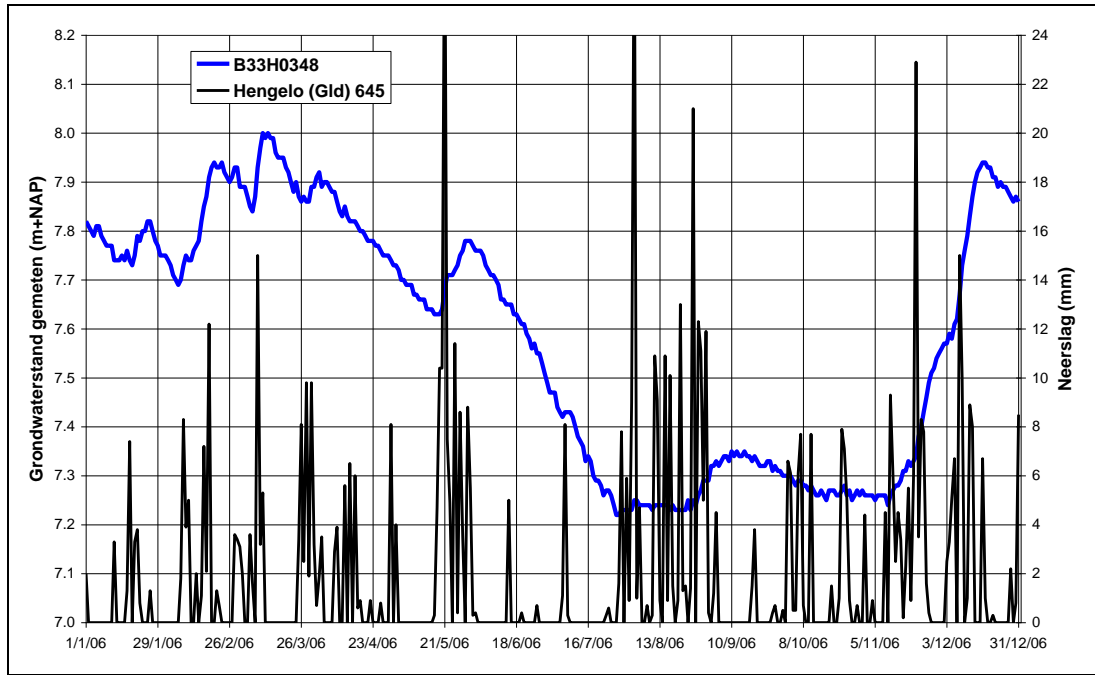
Het gesimuleerde verloop is vrijwel identiek aan dat voor de vorige peilbuis, zie Figuur 4.62. Het verloop is te weinig dynamisch en het uitputtingsverloop te traag. Het tijdstip van herstel van de grondwaterspiegel in augustus is juist berekend maar de grootte van het herstel is onderschat. De berekende range is ook onvoldoende.



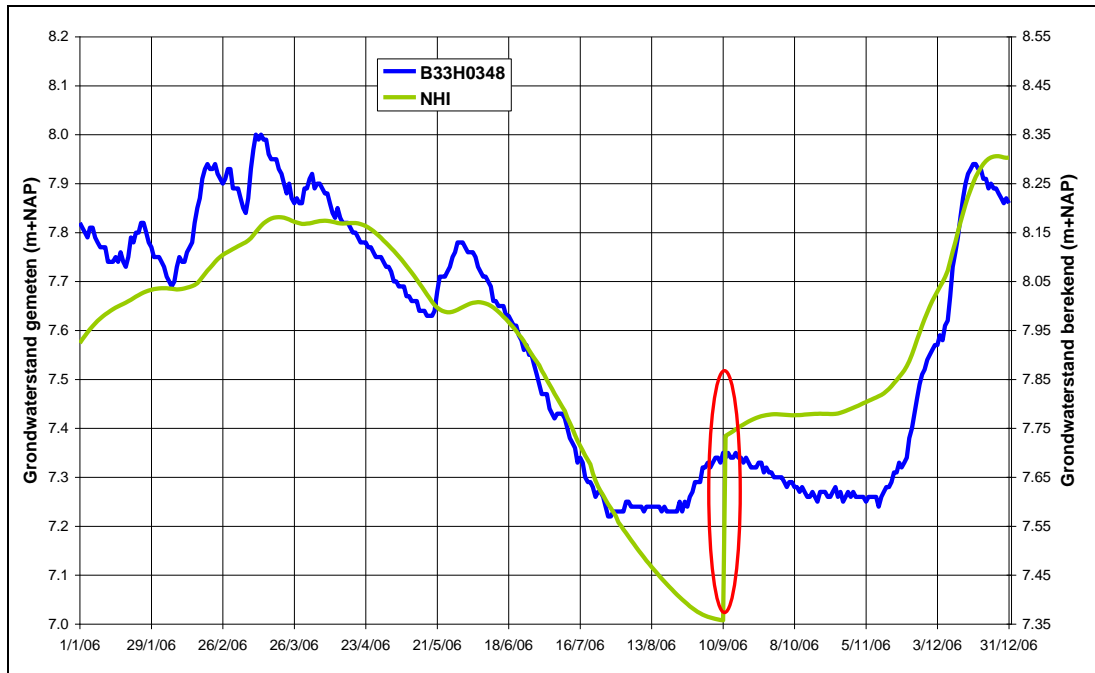
Figuur 4.41 Gemeten grondwaterstand peilbuis B33F02042 en neerslag te Lettele (KNMI station 681), 2006



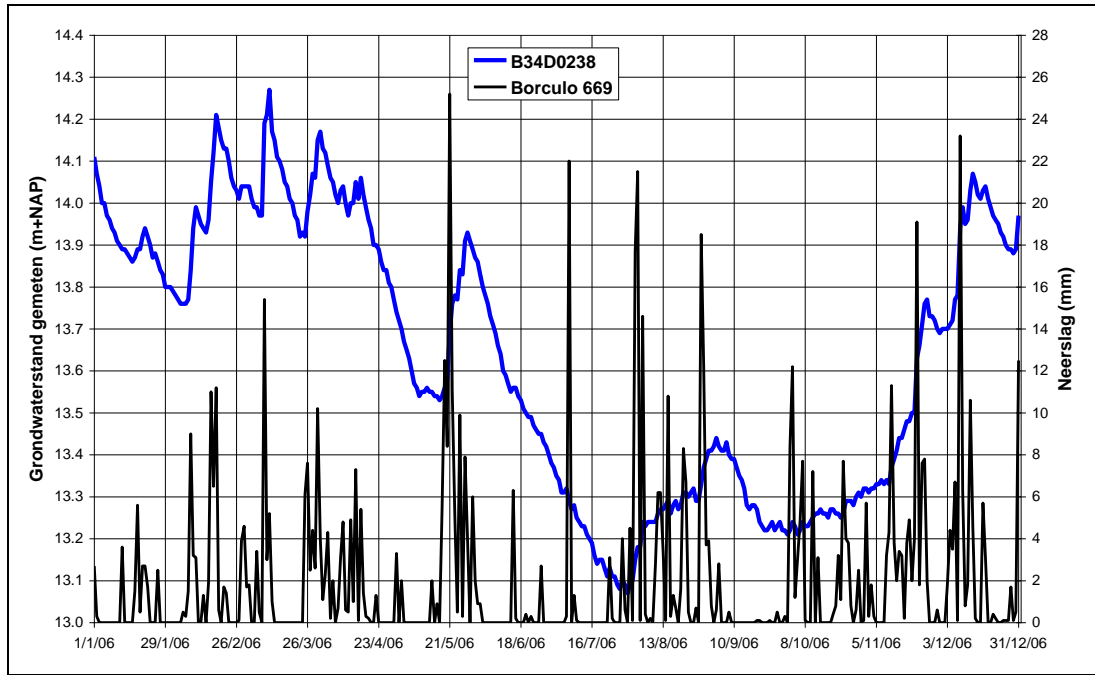
Figuur 4.42 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B33F0242, 2006



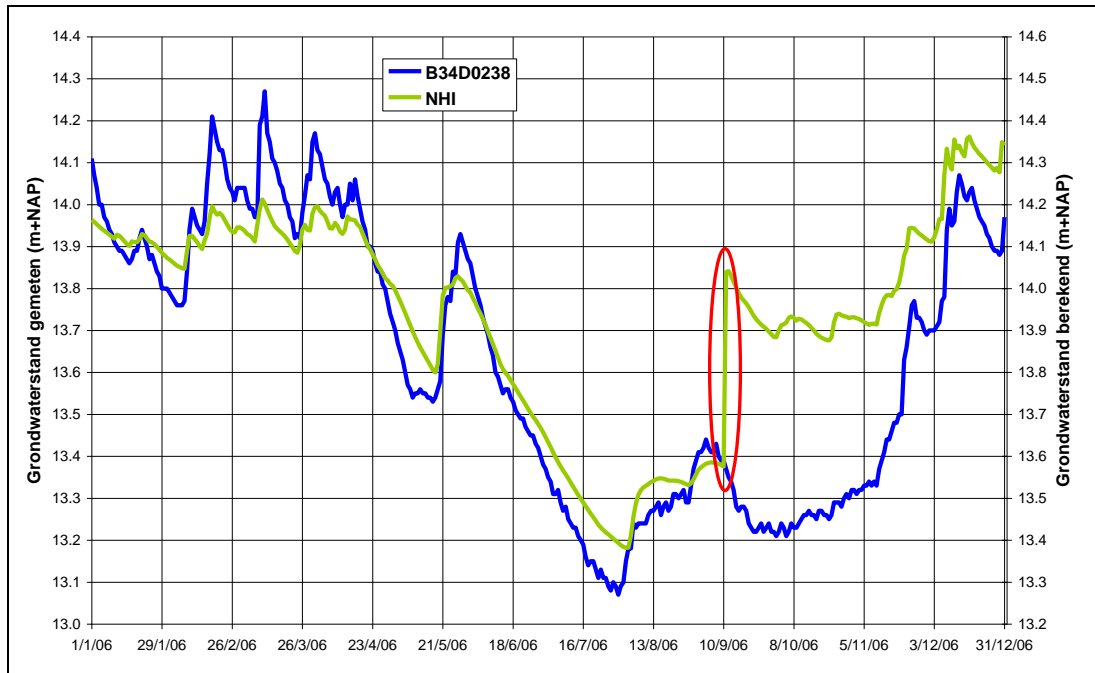
Figuur 4.43 Gemeten grondwaterstand peilbuis B33H0348 en neerslag te Hengelo (Gld) (KNMI station 645), 2006



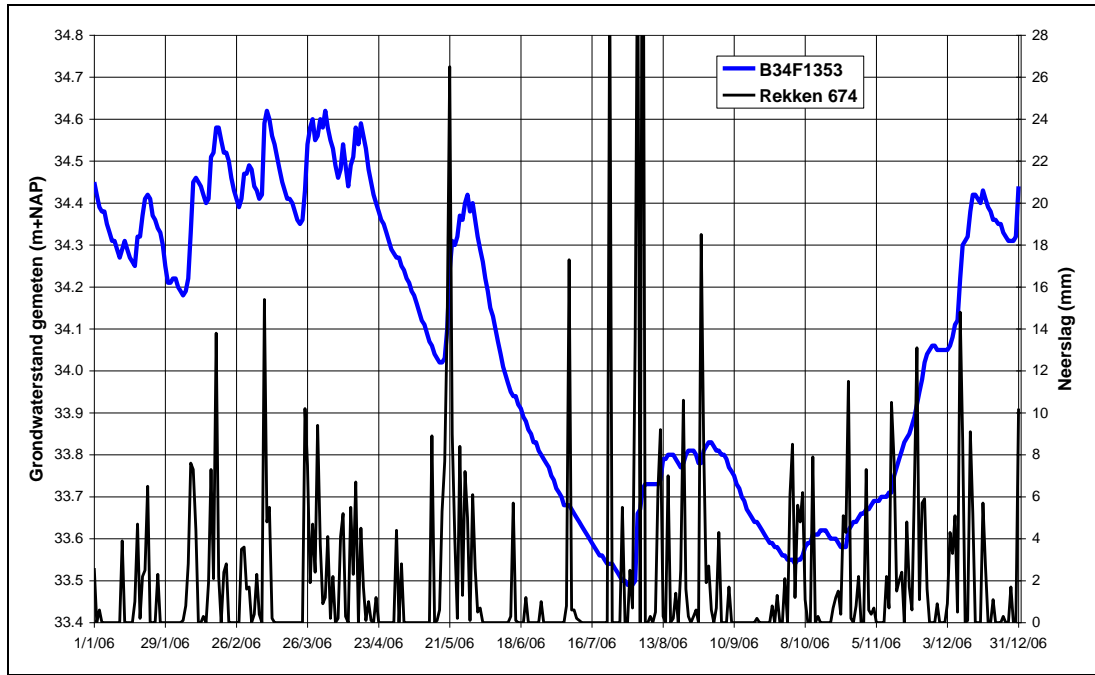
Figuur 4.44 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B33H0348, 2006



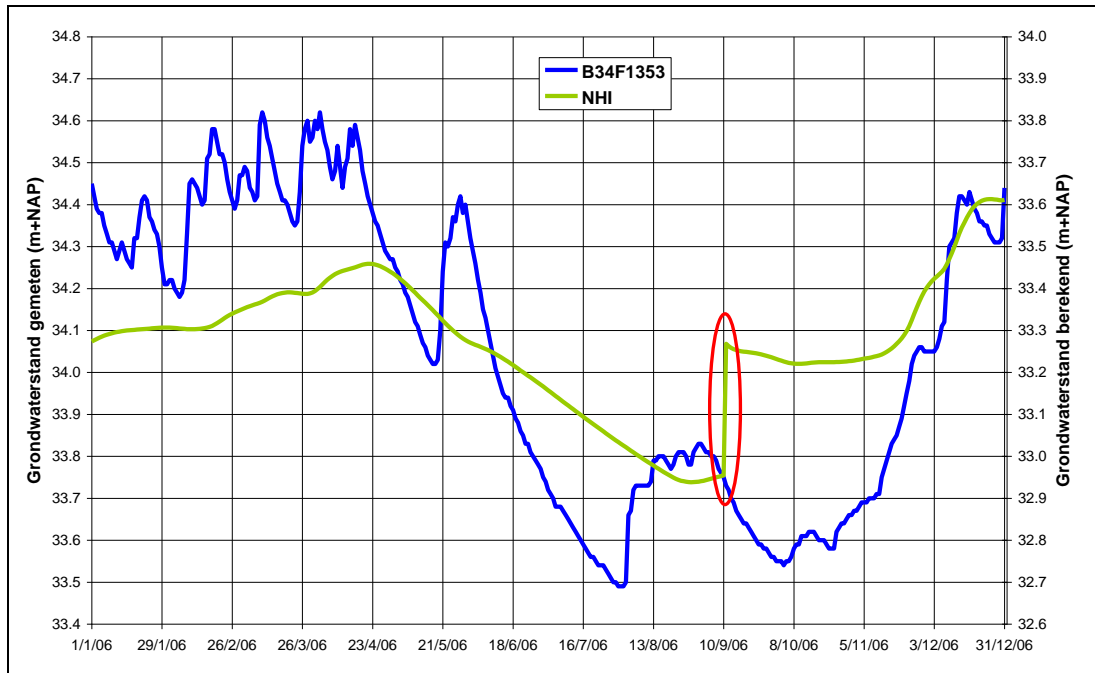
Figuur 4.45 Gemeten grondwaterstand peilbuis B34D0238 en neerslag te Borculo (KNMI station 669), 2006



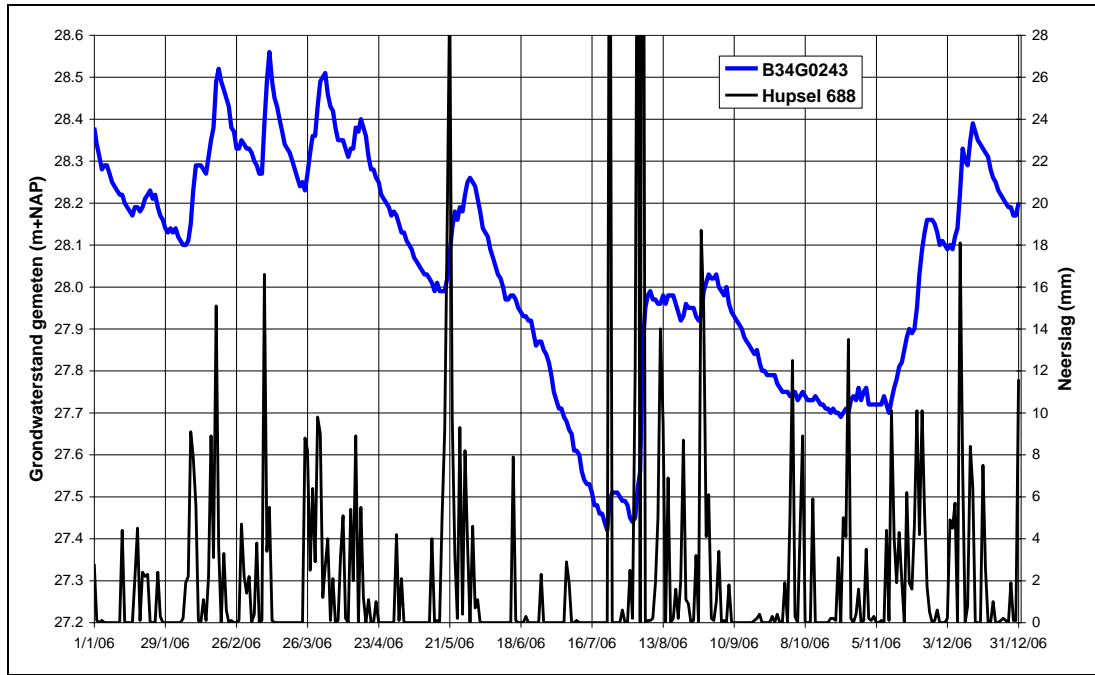
Figuur 4.46 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B34D0238, 2006



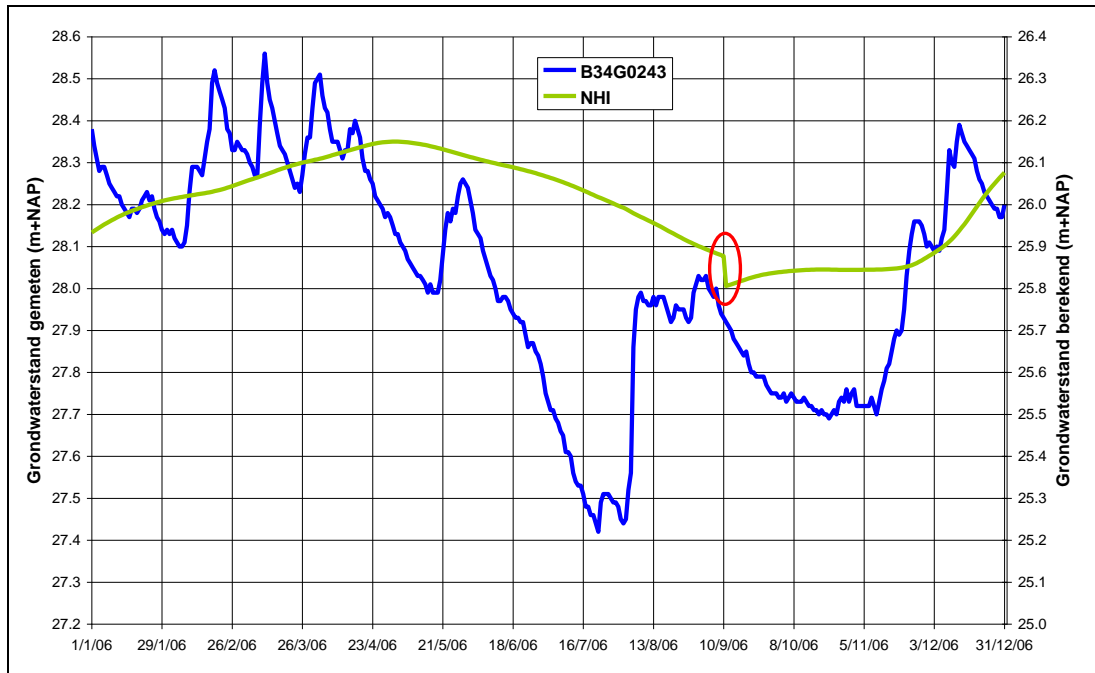
Figuur 4.47 Gemeten grondwaterstand peilbuis B34F1353 en neerslag te Rekken (KNMI station 674), 2006



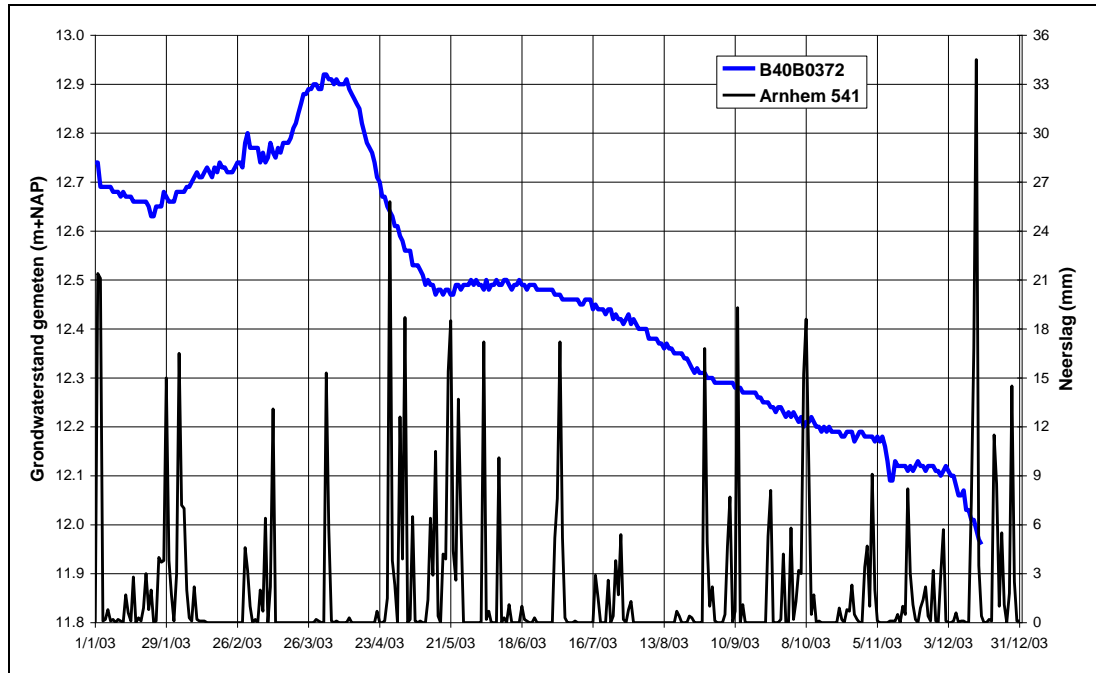
Figuur 4.48 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B34F1353, 2006



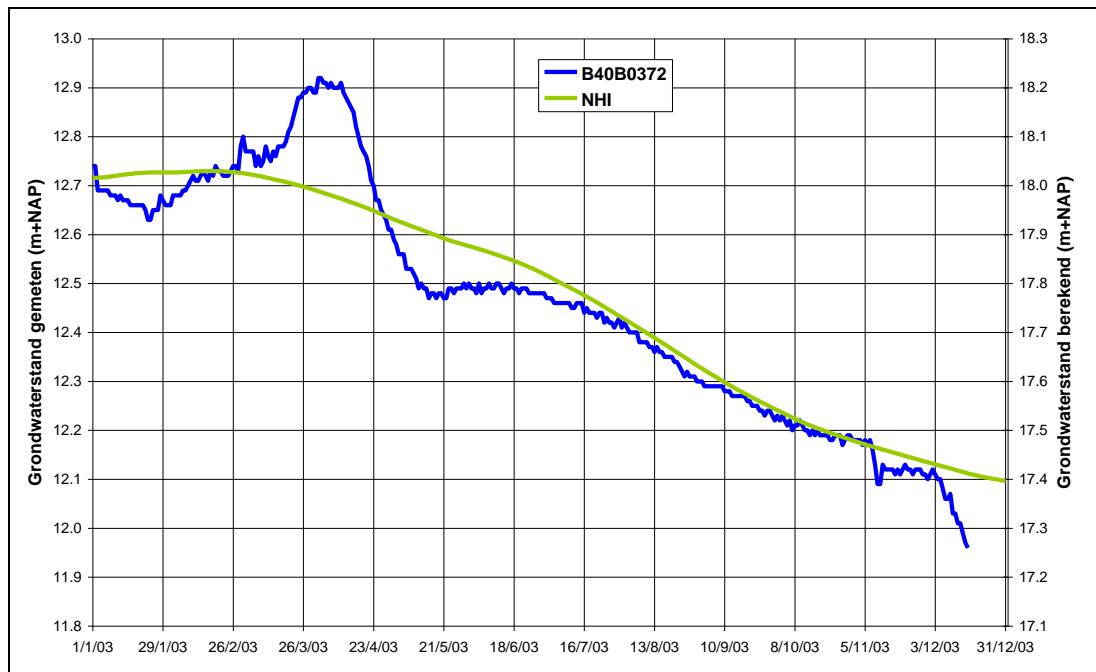
Figuur 4.49 Gemeten grondwaterstand peilbuis B34G0243 en neerslag te Hupsel (KNMI station 688), 2006



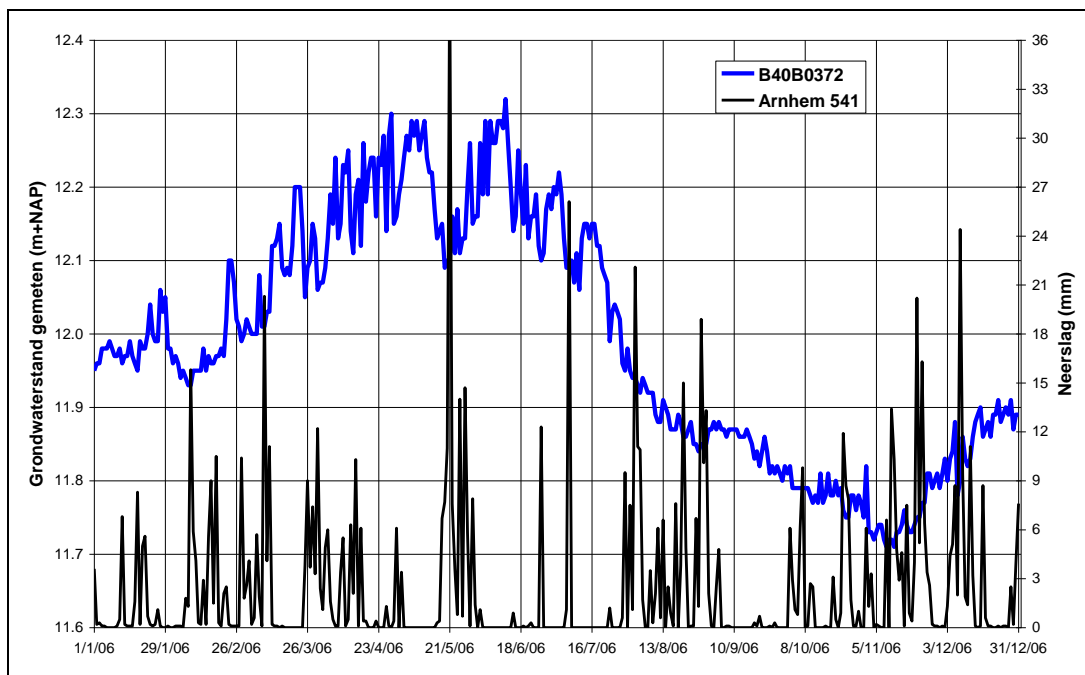
Figuur 4.50 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B34G0243, 2006



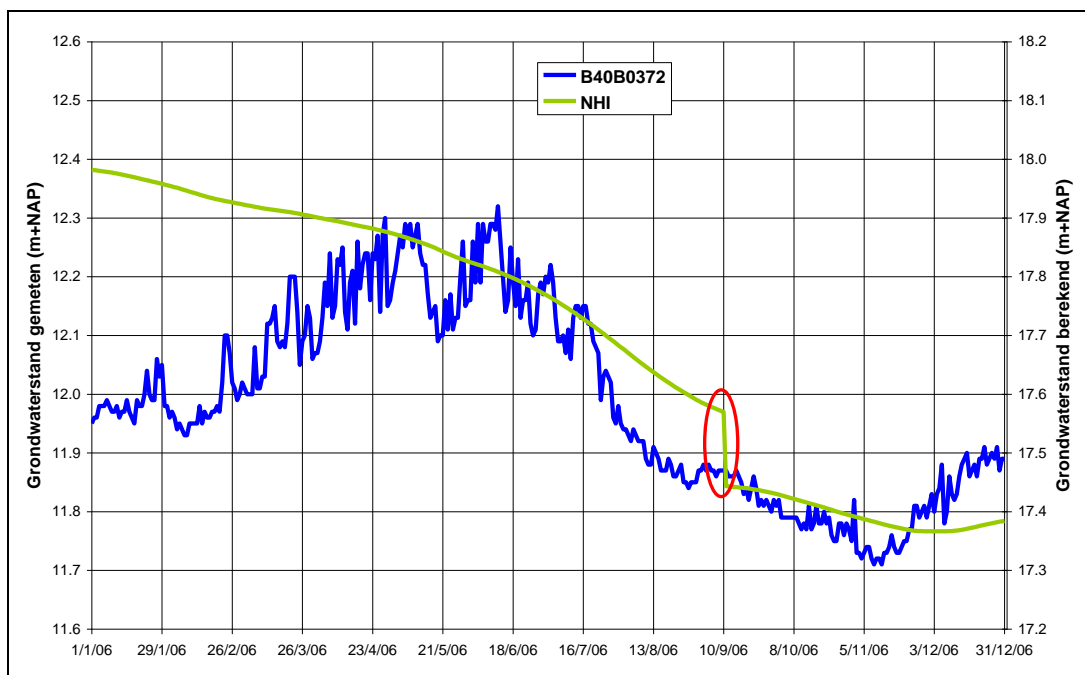
Figuur 4.51 Gemeten grondwaterstand peilbuis B40B0372 en neerslag te Arnhem (KNMI station 541), 2003



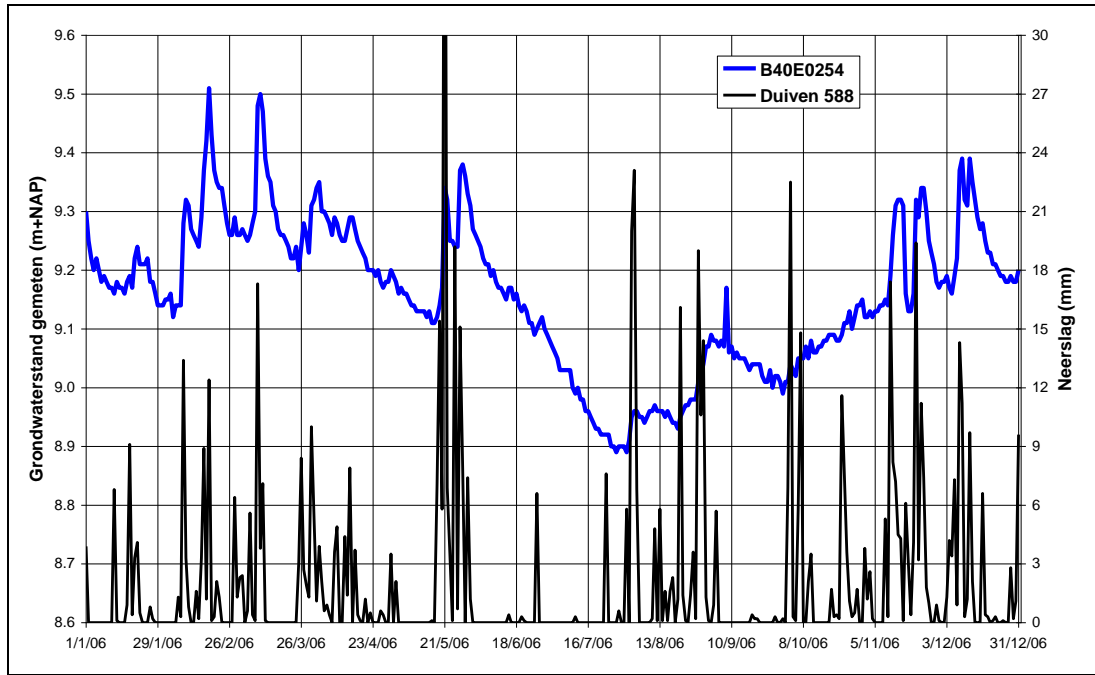
Figuur 4.52 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B40B0372, 2003



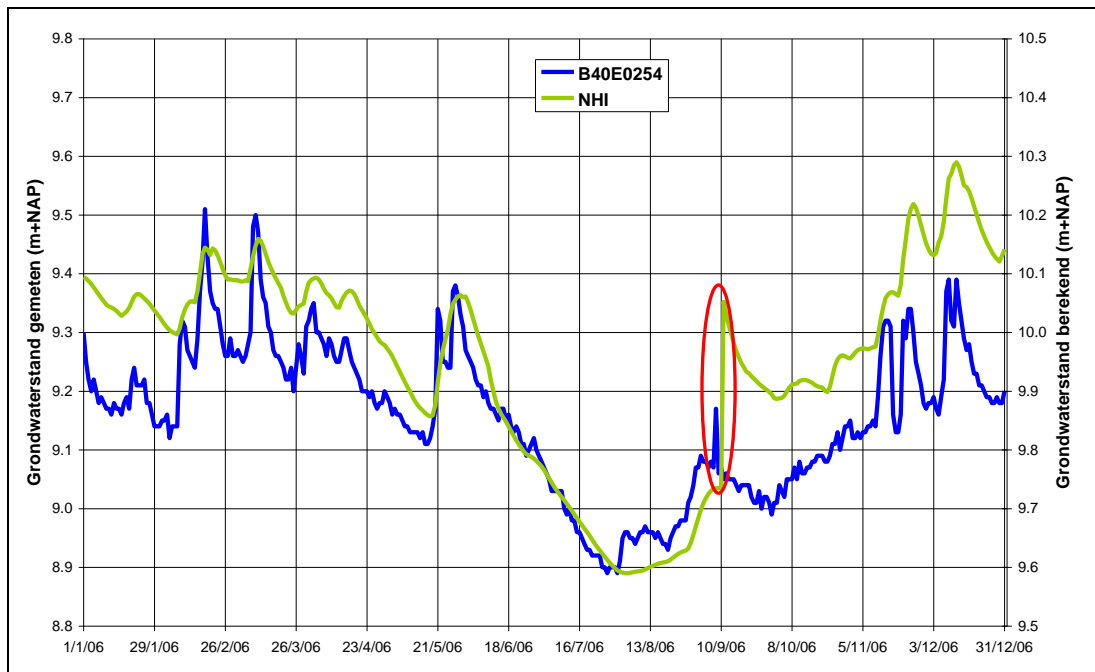
Figuur 4.53 Gemeten grondwaterstand peilbuis B40B0372 en neerslag te Arnhem (KNMI station 541), 2006



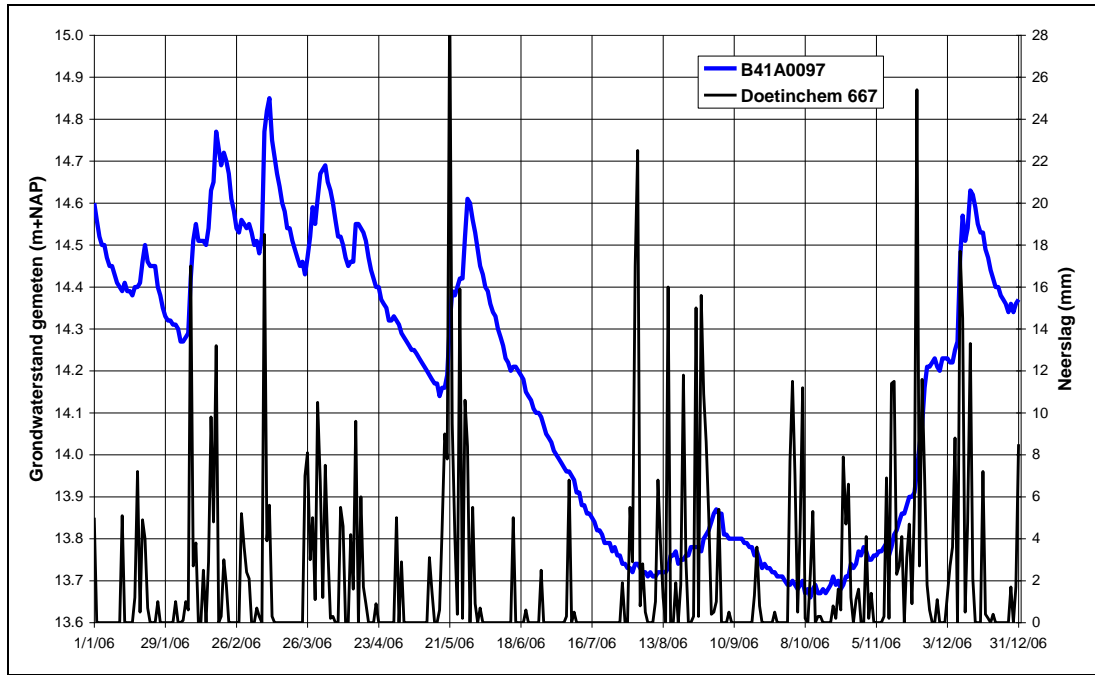
Figuur 4.54 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B40B0372, 2006



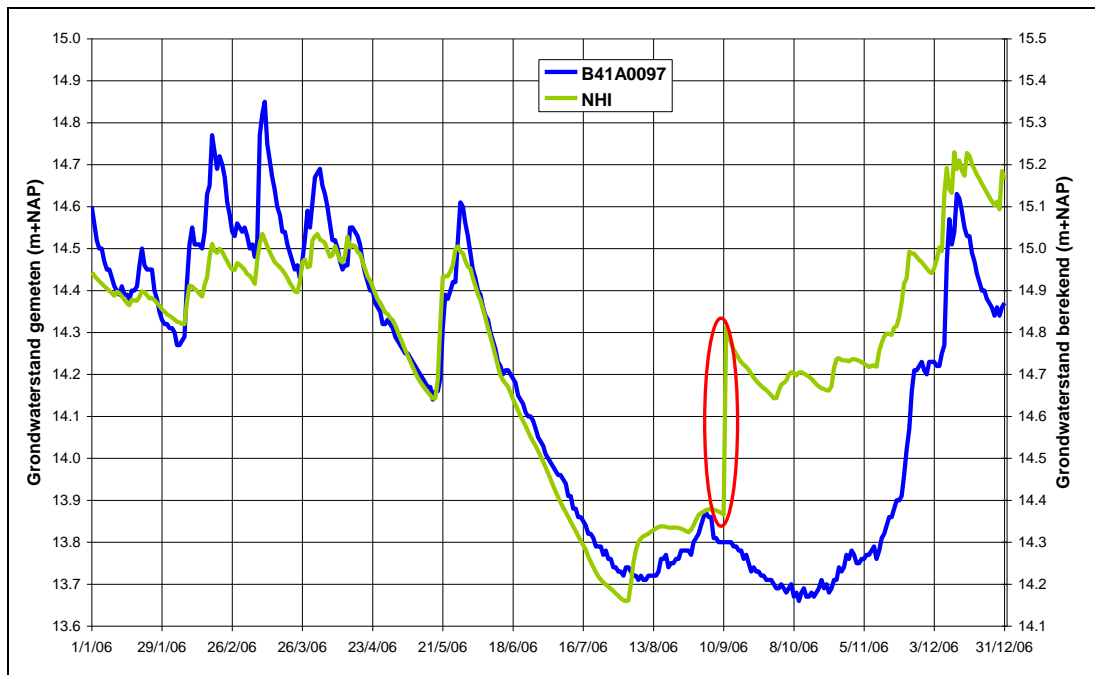
Figuur 4.55 Gemeten grondwaterstand peilbuis B40E0254 en neerslag te Duiven (KNMI station 588), 2006



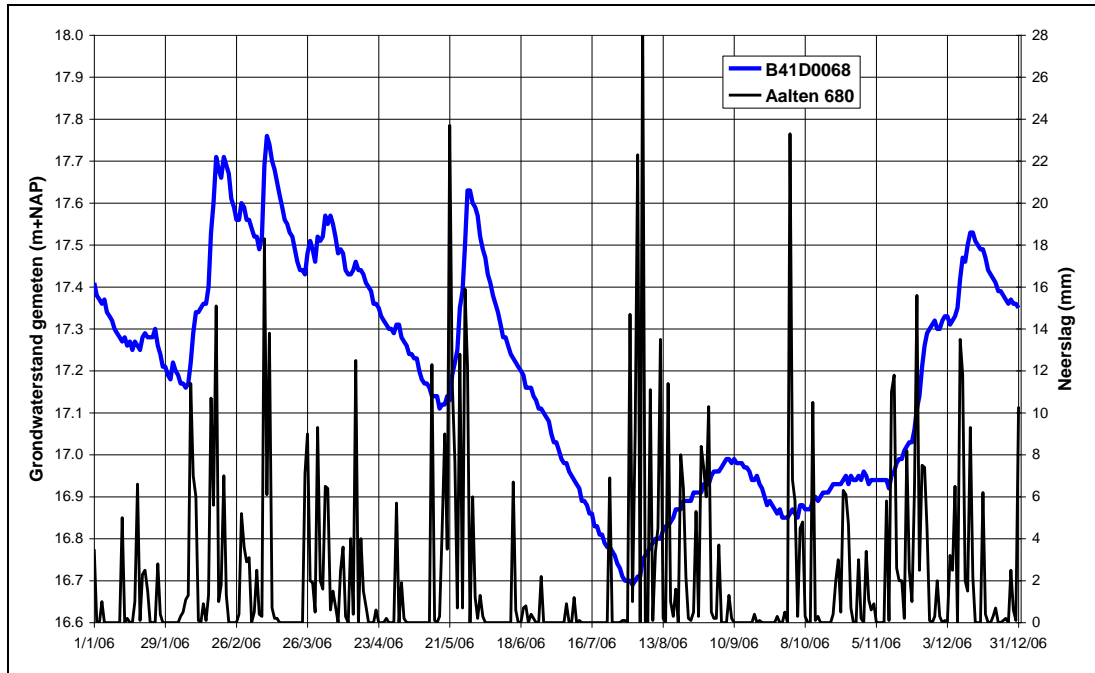
Figuur 4.56 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B40E0254, 2006



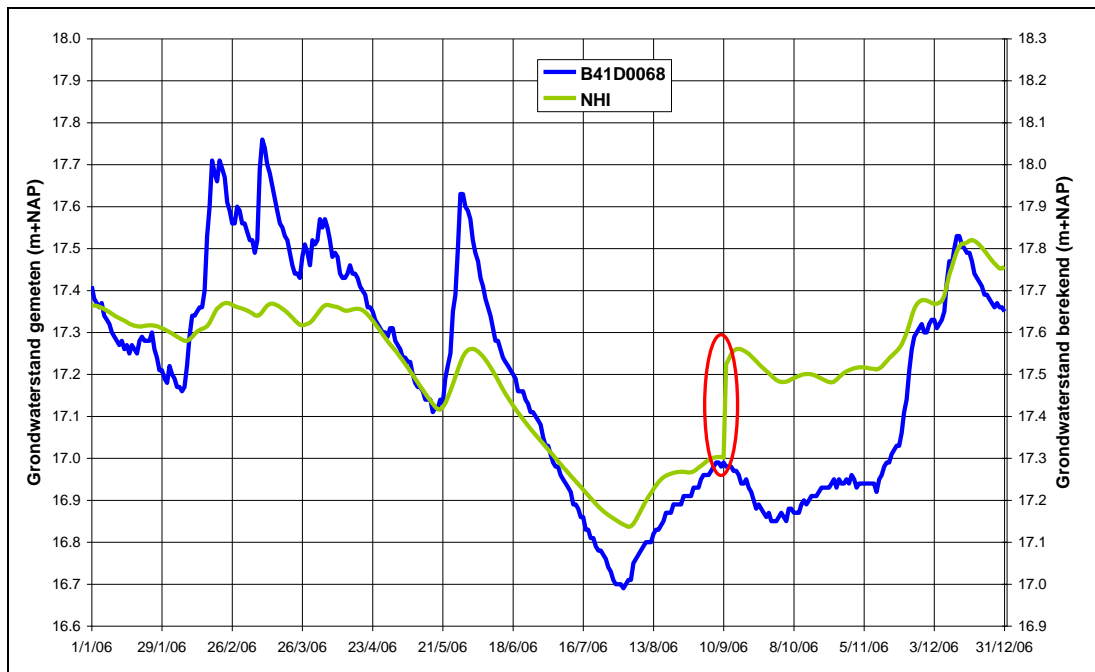
Figuur 4.57 Gemeten grondwaterstand peilbuis B41A0097 en neerslag te Doetinchem (KNMI station 667), 2006



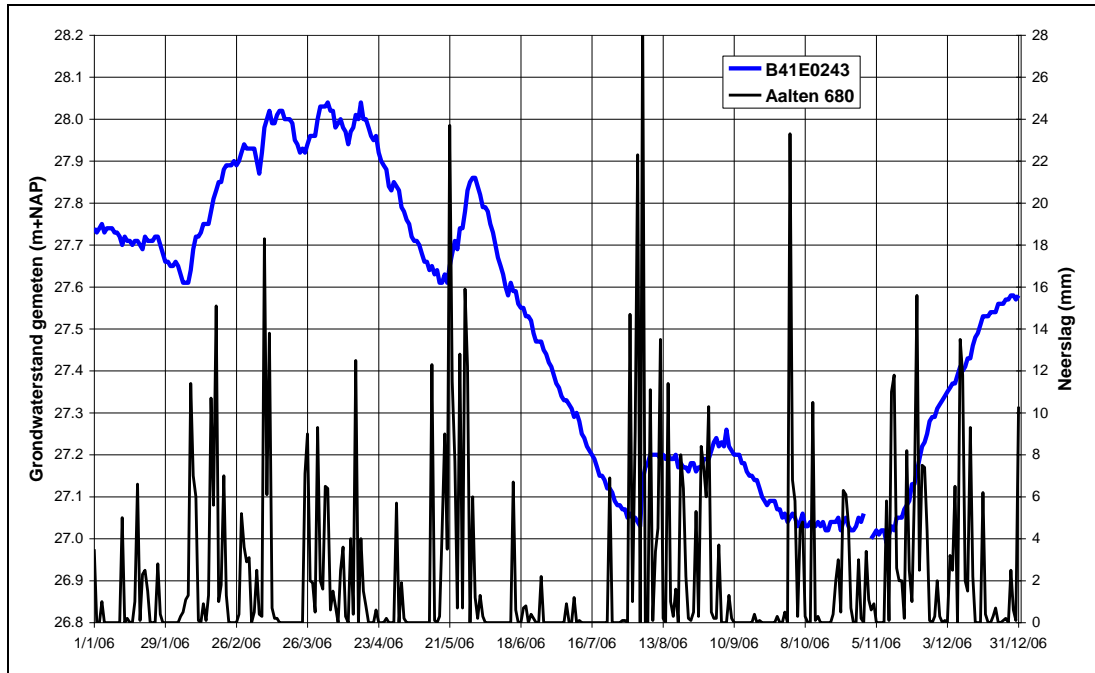
Figuur 4.58 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B41A0097, 2006



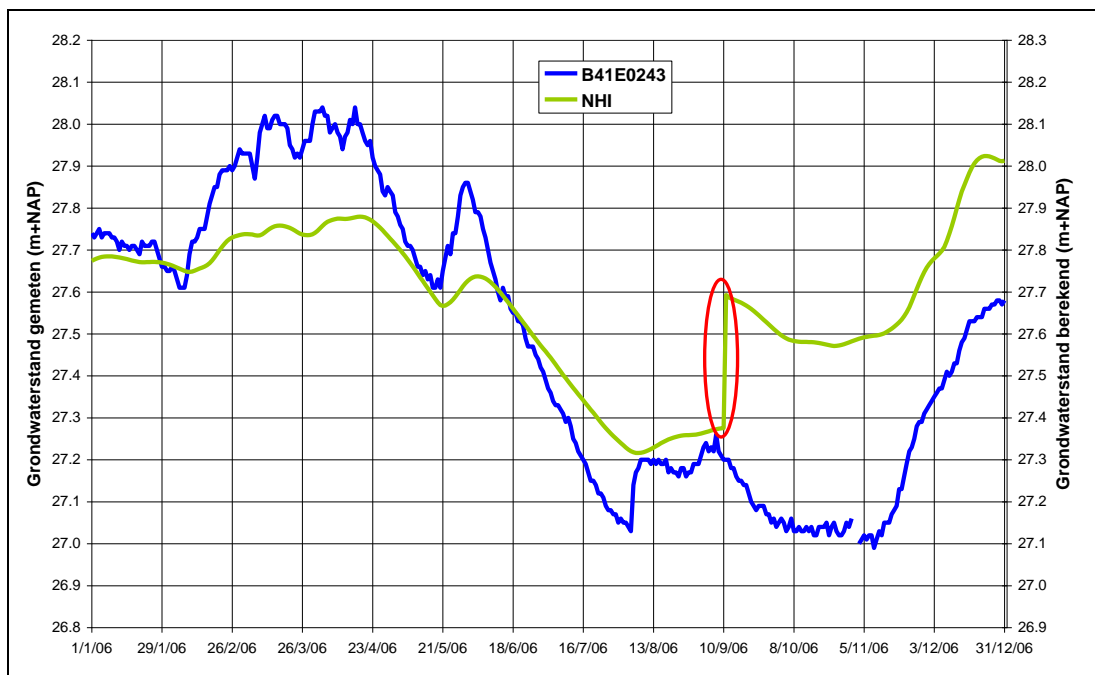
Figuur 4.59 Gemeten grondwaterstand peilbuis B41D0068 en neerslag te Aalten (KNMI station 680), 2006



Figuur 4.60 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B41D0068, 2006



Figuur 4.61 Gemeten grondwaterstand peilbuis B41E0243 en neerslag te Aalten (KNMI station 680), 2006



Figuur 4.62 Gemeten en berekende grondwaterstand voor peilbuis B41E0243, 2006

4.7 Samenvatting

In Tabel 4.5 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. de 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 herijking nodig hebben. De resultaten voor de peilputten in de waterschappen Velt en Vecht en Regge en Dinkel zijn het best. Voor Rijn en IJssel scoort de helft voldoende, terwijl voor de peilbuizen in Groot-Salland onvoldoende zijn. Opvallend is dat de slecht scorende peilbuizen in het waterschap van de Rijn en IJssel allen hoog gelegen zijn.

Tabel 4.5 Overzicht van evaluatie van NHI grondwaterstanden

CODE	Coördinaten		Maaiveld meting (m+NAP)	Dynamiek	Recessie verloop	Range
	X	Y				
Velt en Vecht						
B22D0510	239763	500327	12.55	-	+	-
B22D0517	234502	505340	7.60	+	+	-
B22D0523	236360	512016	9.59	+	+	+
B22G0298	245584	510461	10.89	+/-	+	+
Regge en Dinkel						
28EL0028	247268	498132	18.10	+/-	+	+
35AL0007	260832	466796	47.75	+/-	+/-	-
34FL0015	253304	466107	29.80	+/-	+/-	+
34EL0003	240823	469282	14.69	+/-	+	+
29CL0004	261760	485540	29.64	-	-	-
28FL0040	258620	493280	26.55	+	+	?
Groot-Salland						
B21D0102	190129	504140	-0,42	+/-	+	-
B21H0079	210915	501510	1,75	-	-	-
B27E0177	208970	490520	1,40	+	-	-
B27H0024	218700	476370	9,35	-	+	+
B27H0035	218480	485270	8,09	-	+/-	-
Rijn en IJssel						
B33F0242	214259	470788	8,45	+/-	+	+
B33H0348	212350	451945	9,52	+/-	+	+/-
B34D0238	230350	458500	15,05	+/-	+	+
B34F1353	255150	463050	35,03	-	-	-
B34G0243	242980	455520	30,00	-	-	-
B40B0372	196460	446280	23,18	-	+	+/-
B40E0254	204860	437870	10,60	+/-	+	+
B41A0097	222510	439700	15,98	+/-	+	+
B41D0068	231730	431960	18,75	-	+/-	-
B41E0243	243040	443880	29,46	-	-	-

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Neerslag

- 1 De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Oost Nederland bedraagt 784 mm, waarvan de helft in het groeiseizoen valt. Het droogst zijn gemiddeld genomen de maanden februari en april, en het natste juni, juli, november en vooral december. De laagste waarden treden gemiddeld op langs de oostkant en de hoogste waarden vindt men in het beheersgebied van het waterschap Reest en Wieden, op de Sallandse heuvelrug en op de Veluwerand.
- 2 De jaar- en seizoensom van de neerslag in 2003 lagen beneden normaal, hoewel enkele maanden hoger dan gemiddeld scoorden. Het potentiële neerslagtekort bedroeg in 2003 het dubbele van het tekort in een gemiddeld jaar.
- 3 Op jaar- en seizoenbasis was het jaar 2006 iets droger dan gemiddeld. De maanden juni en september waren aanzienlijk droger dan normaal, maar augustus was echter weer veel natter. De droge maanden juni en juli hebben er voor gezorgd dat het potentiële neerslagtekort eind juli even groot was als in 2003 op het einde van het groeiseizoen, maar op een voor het gewas veel ongunstiger moment.
- 4 In het NHI is de ruimtelijke verdeling van de neerslag 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. Deze procedure is voor het analyseren van tendensen in het gemiddelde gedrag over lange perioden mogelijk aanvaardbaar, maar zeker niet voor het analyseren van extremen en analyse van afzonderlijke jaren.
- 5 De ruimtelijke verdeling is veel grilliger dan op basis van de gekozen meteorologische stations kan worden bepaald.
- 6 De neerslag op de meteorologische stations die voor het NHI worden gebruikt geven lagere neerslagwaarden dan de neerslagstations op dezelfde plaatsen, beiden bronnen van het KNMI. Voor Oost Nederland zijn in het NHI de jaarneerslagsommen van 2003 7% en die van 2006 5% lager dan beste schattingen op basis van alle neerslagstations.
- 7 De metingen van het KNMI worden niet gecorrigeerd voor windinvloeden. Windcorrecties afgeleid uit het Hupselse Beek onderzoek in de jaren zeventig leiden tot 7% hogere jaarneerslagsommen op de meteorologische stations (4 dm² regenmeters) en tot 4% hogere totalen op de standaard neerslagstations (2 dm² regenmeters). Dit verschil in benodigde correctie verklaart een deel van de onderschatting van de neerslag in het NHI.

Verdamping

- 8 De variatie in de referentieverdamping naar plaats is zeer beperkt en veel geringer dan de ruimtelijke variatie in de neerslag. De verdamping neemt gemiddeld af van west naar oost. Station Hupsel vormt hierop een uitzondering.
- 9 De referentieverdampingsommen voor Oost Nederland voor 2003 en 2006 waren aanmerkelijk hoger dan gemiddeld.
- 10 De berekende actuele evapotranspiratie voor Oost Nederland is lager dan de referentieverdamping. Volgens de modelberekeningen bedraagt de transpiratie

maar 60% van de evapotranspiratie. Door het ontbreken van de invoergrootheden in de verdampingsberekeningen (gewasfactoren) is een goede analyse van de verdampingscomponenten niet mogelijk.

- 11 Er zijn geen gemeten actuele verdampingcijfers beschikbaar voor 2003 en 2006 voor Oost Nederland. Dit is opmerkelijk met de aanwezigheid van het proefstation Hupsel van de Landbouwuniversiteit in het gebied.

Water aanvoer, doorvoer en afvoer

- 12 Voor het Twenthekanaal is de aanvoer van water in 2003 zeer sterk onderschat, evenals de doorvoer bij Aadorp. Dit duidt erop dat het model de watervraag voor Oost Nederland in dat jaar heeft onderschat.
- 13 De beschikbare wateraanvoerreeksen voor het Twenthekanaal bij Eefde en Almen verschillen aanzienlijk, waarbij de waarden van Eefde (gebaseerd op pompstaten) steeds hoger zijn dan die van Almen (op basis van ADM metingen).
- 14 De aanvoer naar Salland via gemaal Ankersmit wordt door het NHI voor zowel 2003 als voor 2006 sterk onderschat, ondanks dat het model een overschatting geeft van de watervraag.
- 15 De afvoer van de boezem van noordwest Overijssel en van de Vledder en de Wapserveense Aa op het Vollenhovermeer via gemaal Stroink wordt in 2003 door het model sterk overschat, terwijl het model in 2006 de afvoer sterk onderschat. Een nadere analyse van de opgetreden neerslag en de modelneerslag is nodig als eerste stap in de verschilanalyse.
- 16 Voor een zinvolle analyse van de kwaliteit van de reproductie van de aan- en afvoer van oppervlaktewater door het NHI zijn langere reeksen nodig van sleutellocaties dan nu zijn aangeleverd. Bij de levering dient men details omtrent de meetlocatie en aangenomen stromingsrichting toe te lichten.

Grondwater

- 17 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 twee droge en natte periodes. Een goede reproductie hiervan stelt hoge eisen aan het model.
- 18 Op basis van bovengenoemde criteria zijn de resultaten voor de peilbuizen in het waterschap Velt en Vecht en Regge en Dinkel op steeds één uitzondering na als redelijk tot goed gekwalificeerd.
- 19 De reproductie voor de peilvariëaties in de peilbuizen van het waterschap Rijn en IJssel zijn redelijk tot goed voor ongeveer de helft van de locaties, maar het NHI scoort slecht voor de hoogst gelegen peilbuizen. Het freatische grondwater in sommige peilbuizen vertoont geen enkele directe respons op de neerslag.
- 20 Het NHI resultaat voor de peilbuis locaties in Groot-Salland is matig tot slecht. In geen van de 6 locaties is op alle onderdelen voldoende gescoord.
- 21 De analyse van het resultaat wordt bemoeilijkt door het ontbreken van informatie over bodemsoort en condities ter plaatse van de peilbuizen.
- 22 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 geëlimineerd.

Eindconclusie

Het NHI in zijn huidige staat is over het algemeen nog niet geschikt voor het uitvoeren van betrouwbare analyses van de waterverdeling op regionaal niveau. Zeker als het gaat om de absolute waarden van de watervraag en de wateraanvoerbehoefte. De neerslagrandvoorwaarden zijn hiervoor te grof en een betrouwbare schatting van de watervraag en correcte simulatie van het grondwaterstandverloop wordt nog niet overal gerealiseerd. Om een beter resultaat te bereiken is eliminatie van de grondwaterbug nodig, dienen de gegevens van alle neerslagstations in beschouwing te worden genomen en is lokale ijking van het model gewenst. Voorafgaand hieraan dienen de waterschappen hun oppervlaktewatergegevens grondig te valideren.

5.2 Aanbevelingen

De conclusies leiden tot de volgende aanbevelingen.

- Aanpassing in het NHI van de neerslagrandvoorwaarde door gebruik te maken van alle neerslagstations in Nederland.
- Overleg met het KNMI of en zo ja welke windcorrectie op de neerslagmetingen moet worden ingevoerd.
- Het verdient aanbeveling om voor 2003 en 2006 de opgetreden neerslag in het beheersgebied van de gemalen Ankersmit en Stroink te vergelijken met de in het NHI aangenomen neerslag om na te gaan of dit een verklaring geeft van de onderschatting van de aanvoer en de over- en onderschatting van de afvoer.
- Voor inzicht in de grootte van de verdamping is het zinvol de bijdrage van de afzonderlijke componenten in kaart te brengen, potentieel en actueel. Hiervoor dient de NHI-uitvoer ook inzicht te verschaffen in de toegepaste gewasfactoren en aangenomen landgebruik.
- Onderzocht dient te worden of actuele verdampingsmetingen beschikbaar zijn voor locaties in Oost Nederland, te beginnen met Hupsel.
- De waterschappen dienen veel meer aandacht te geven aan het opstellen van voldoende lange en betrouwbare (dus gevalideerde) oppervlaktewaterreeksen van veel meer sleutellocaties dan nu zijn aangeleverd. Bij de levering van de gegevens dient men volledige details te geven over de meetlocatie en aangenomen stromingsrichting.
- De 9/11 bug dient uit het NHI te worden ge-ëlimineerd voordat een vervolg wordt gegeven aan de validatie.
- De analyse van het resultaat met het NHI voor grondwater kan verbeterd worden indien naast de peilbuisgegevens ook gegevens worden geleverd over de bodemsoort en condities nabij de peilbuis.
- Het verdient aanbeveling om het monitoren van de grondwaterstand in peilbuizen met drukopnemers uit te breiden, om beter zicht te krijgen op het gedrag van het freatisch grondwater in diverse bodemsoorten. Tevens is van belang de maaiveldhoogte van de peilbuizen te controleren.

6 Literatuur

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

HKV (2010)

Regionale Droogtestudie Noord-Nederland, Fase 1.
Deerapport Validatie NHI – versie 2.0
PR1709.10, mei 2010

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

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

A Windcorrectie neerslagmetingen

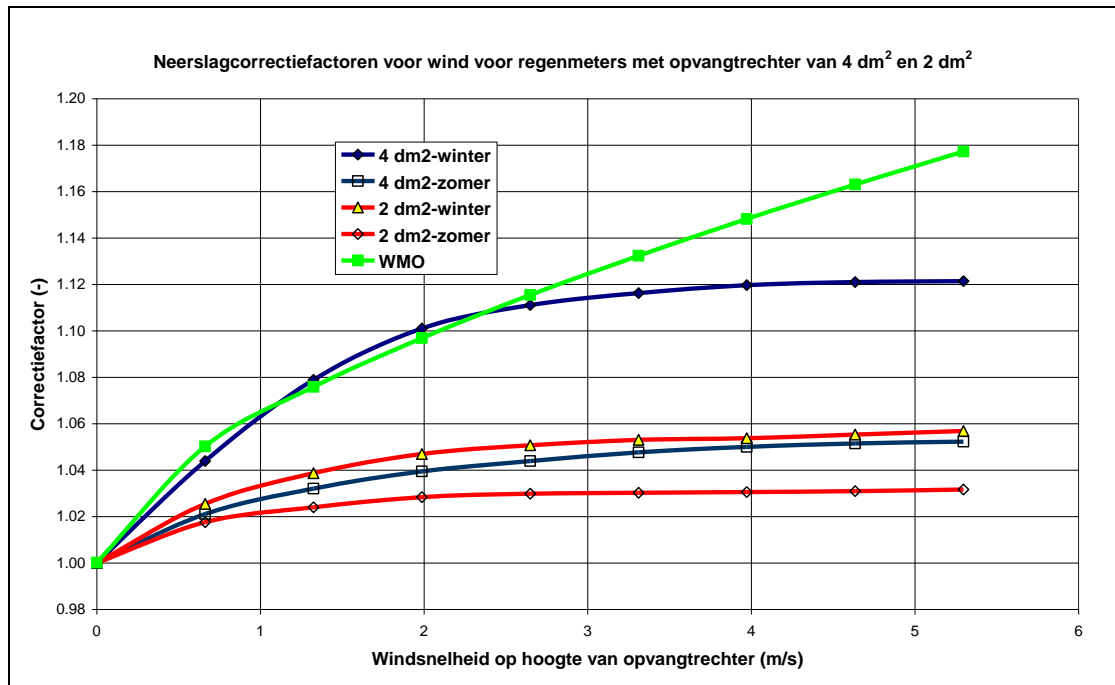
Bij metingen met regenmeters worden fouten geïntroduceerd van verschillende aard en grootte. De belangrijkste onzuiverheid wordt geïntroduceerd door windinvloeden (Sevruk, 1982,1989). De regenmeter verstoort het windveld zodanig dat niet alle regen in het ongestoorde windveld boven de opvangtrechter wordt opgevangen. Het valtraject van de regendruppel wordt juist boven de opvangtrechter door de licht opwaartse luchtbeweging aan de loefzijde van de regenmeter afgebogen naar de lijzijde, waardoor een klein deel niet in de regenmeter belandt en de vangst wordt onderschat. De grootte van de afwijking is een functie van:

- het type regenmeter,
- de neerslagintensiteit,
- de druppelgrootteverdeling, en
- de windsnelheid ter hoogte van de opvangtrechter.

Het type regenmeter bepaalt de verstoring van het windveld boven de opvangtrechter. Førlund et al. (1996) en Michelson (2004) hebben een experimentele correctiefactor voor regenmetingen opgesteld als functie van het type regenmeter, de regenintensiteit en de windsnelheid. Hun metingen geven aan dat de correctiefactor toeneemt met de windsnelheid, maar sterk afneemt met de regenintensiteit. Dit wordt bevestigd door experimenten en turbulentiemodelstudies van Nespor (1996), Nespor en Sevruk (1999) en Chvila et. al. (2005), die voorts het effect van de druppelgrootteverdeling op de windcorrectiefactor hebben bepaald. Genoemde studies geven aan dat voor zeer hoge neerslagintensiteiten (b.v. de jaarmaxima) het windeffect gering is en de noodzaak voor correctie van extremen nauwelijks aanwezig is. Dit geldt echter niet voor lagere neerslagintensiteiten, waarvoor het windeffect veel groter is. De WMO (zie Dingman, 2002) geeft voor dagwaarden van regengegevens, d.w.z. voor alle intensiteiten, gemeten met een standaard US 8 inch regenmeter (3.24 dm^2) zonder windscherm, een correctiefactor die alleen een functie is van de windsnelheid ter hoogte van de opvangtrechter, zie Figuur A.1 en Tabel A.1. De figuur geeft aan dat bij een windsnelheid boven de regenmeter van 2 m/s (= 4.5 m/s op de standaard windmeterhoogte van 10 m) al een correctie van 10% op de meting zou moeten worden toegepast. De WMO windcorrectie is afgeleid van experimenten op 10 neerslagstations in Alaska gedurende twee jaar, waar naast neerslag in vloeibare vorm, met name gekeken is naar effecten op neerslag in vaste en gemixte vorm (Yang et. al., 1998).

Voor Nederlandse omstandigheden kan gebruik worden gemaakt van de studie van Warmerdam (1981), gepubliceerd in H2O, Volume 14. Hij heeft op basis van neerslagmetingen in de periode 1972-1976 in het Hupselse Beekgebied met 4 dm^2 en 2 dm^2 regenmeters op 40 cm boven het maaiveld en grondregenmeters met dezelfde opvangtrechteropeningen analyses gemaakt van het verschil in vangsten. Zijn resultaten tonen aan dat het windeffect in het winterseizoen groter is dan in de zomer en dat voorts het windeffect voor de 4 dm^2 regenmeter groter is dan voor de 2 dm^2 . Het verschil in effect tussen zomer en winterneerslag heeft te maken met de druppelgrootte, die in de convectieve zomerbuien groter is dan in de winterse buien. Het verschil tussen de 4 dm^2 en de 2 dm^2 regenmeters moet worden gezocht in de sterkte van de verstoring van het windveld boven de regenmeters. De resultaten van het Hupselse Beek onderzoek naar de effecten van wind op de neerslagmetingen zijn kwalitatief volledig in overeenstemming met de hierboven genoemde studies en experimenten. De correctiefactoren die volgen uit de analyses van Warmerdam zijn in Tabel A.1 weergegeven in formulevorm voor de 4 dm^2 en de 2 dm^2 regenmeters voor zomer en

wintercondities. Hierbij is de windsnelheid van 1,50 m hoogte, die in de studie van Warmerdam is aangenomen, getransformeerd naar 0,40 m hoogte met behulp van een logaritmisch windsnelheidsprofiel. Een vergelijking met de WMO relatie is gegeven in Figuur A.1. De figuur geeft aan dat de WMO-correctie tot een windsnelheid van 3 m/s vrijwel identiek is aan de correctie voor de 4 dm² regenmeter in de winter volgens Warmerdam. Voor hogere windsnelheden is de WMO-correctie groter.



Figuur A.1 Windcorrectie op neerslagmetingen

Tabel A.1 Modellen voor windcorrectie op neerslagmetingen

Opvangtrechter opening (dm ²)	seizoen	Logistic model: $y=a/(1+b*\exp(-c.u))$	
		Coefficiënten:	
4	winter	a =	1.124952
		b =	0.127001
		c =	0.828217
4	zomer	a =	1.053107
		b =	0.052465
		c =	0.713720
2	winter	a =	1.056159
		b =	0.055947
		c =	0.918248
2	zomer	a =	1.031080
		b =	0.030940
		c =	1.210239
WMO		Exponentieel model: $y=100\exp(a + b.u^c)$	
		Coefficiënten:	
		a =	-4.605
		b =	0.062
c =	0.580		

y = correctiefactor op neerslagmeting

u = windsnelheid op hoogte van opvangtrechter (m/s)

De resultaten met de verschillende correctieprocedures voor de stations Heino, Twenthe, Hoogeveen, Hupsel, Deelen en Marknesse voor 2003 en 2006 zijn

weergegeven in Tabel A.2. De WMO procedure leidt op jaarbasis tot een correctie van 10%, de jaarsommen gemeten met de 4 dm² regenmeter moeten met 7% verhoogd worden en de jaarsommen met de 2 dm² regenmeter met 4%. Hierbij zijn de zomercondities toegepast van april t/m september. Merk op dat op de meteorologische stations van het KNMI gemeten wordt met 4 dm² regenmeters en op de KNMI neerslagstations met 2 dm² regenmeters. Gesteld dat de 4 dm² regenmeters die in het onderzoek van Warmerdam zijn gebruikt dezelfde zijn als nu nog op de meteorologische stations worden toegepast, dan kan 3% van het verschil tussen de in het NHI gebruikte neerslag (gebaseerd op de op meteorologische stations) en de neerslag volgens alle neerslagstations worden toegeschreven aan meetonzuiverheid door de waarnemingen niet te corrigeren voor windeffecten.

Voor zuivere waterbalansanalyses zijn correcties voor wind noodzakelijk. Hierbij kan de potentiële windsnelheid op 10 m hoogte, die beschikbaar is voor de meteorologische stations, met een logaritmisch windsnelheidsprofiel naar de hoogte van de opvangtrechter worden vertaald (voor een grasoppervlak $u_{\text{regenmeter}} = 0.45 u_{10}$). Wegens de niet-lineaire correctiefactor - windsnelheidsrelatie dient deze correctie op dagbasis te worden uitgevoerd.

Tabel A.2 Windcorrectie op neerslagmetingen in Oost Nederland in 2003 en 2006

Jaar	Type	Heino-278	Twenthe-290	Hoogeveen-279	Hupsel-283	Deelen-275	Marknesse-273	Gemiddelde correctie
Neerslag, gemeten en met windcorrectie in mm								
2003	Meting	566	619	693	720	672	754	
	WMO-corr	616	677	763	786	739	830	
	4dm ² -corr	602	659	743	766	719	805	
	2dm ² -corr	586	641	719	746	697	782	
2006	Meting	766	723	711	735	773	669	
	WMO-corr	834	793	784	803	854	739	
	4dm ² -corr	816	773	761	783	831	717	
	2dm ² -corr	793	749	738	761	803	695	
Grootte van correctie in %								
2003	WMO	8.8	9.3	10.1	9.1	10.0	10.2	10
	4dm ²	6.4	6.4	7.2	6.4	7.0	6.8	7
	2dm ²	3.5	3.5	3.8	3.5	3.8	3.7	4
2006	WMO	8.9	9.7	10.3	9.3	10.4	10.4	10
	4dm ²	6.6	6.9	7.1	6.6	7.5	7.2	7
	2dm ²	3.6	3.7	3.8	3.6	3.9	3.8	4

Literatuur

- Chvila, B. B. Sevruk en M. Ondras (2005)
The wind-induced loss of thunderstorm precipitation measurements.
Atmospheric Research 77 pg 29-38, Elsevier B.V.
- Dingman, L. (2002)
Physical Hydrology. second edition
Prentice Hall, New Jersey, USA
- Førland, E.J., P. Allerup, B. Dahlström, E. Elomaa, T. Jóhanson, H. Madsen, J. Perälä,
P. Rissanen, H. Vedin en F. Vejen (1996)
Manual for operational correction of Nordic precipitation data.
Report Nr. 24/96 DNMI, Oslo Norway.
- Michelson, D.B. (2004)
Systematic correction of precipitation gauge observations using analyzed
meteorological variables.
Journal of Hydrology, 290 pg. 161-177.
- Nespor, V. en B. Sevruk (1999)
Estimation of Wind-Induced Error of Rainfall Gauge Measurements Using a Numerical
Simulation.
Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Volume 16 pg. 450-464.
- Nespor, V. (1996)
Investigation of wind-induced error of precipitation measurements using a three-
dimensional numerical simulation.
Zürcher Geographische Schriften 63, 117 pp. ETH Zürich, Switzerland.
- Sevruk, B. (1982)
Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for
operational use.
Operational Hydrology Report, Vol 21, WMO-No 589, 91 pp.
- Sevruk, B. (1989)
Wind-induced measurement error for high-intensity rains.
In: Sevruk, B. (ed). Precipitation Measurement. Proc. International Workshop on
Precipitation Measurement, St Moritz, Switzerland, WMO Instrum. Obs. Methods Rep.,
Vol 48. WMO Geneva, pp. 199-204. WMO/TD-No 328.
- Warmerdam, P. (1981)
De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend
regenmeteronderzoek.
H2O, Volume 14
- Yang, D., B.E. Goodison, J.R. Metcalfe, P. Louie, G. Leavesley, D. Emerson, C.L.
Hanson, V.S. Gobulev, E. Elomaa, T. Gunther, T. Pangburn, E. Kang en J. Milkovic
(1999)
Quantification of precipitation measurement discontinuity induced by wind shields on
national gauges.
Water Resources Research, Vol 35. No 2, pp. 491-508, February 1999.