

stowa

BIJLAGE H

VALIDATIE NHI

WATERSCHAP

SCHELDESTROMEN



RAPPORT

2011
w02

BIJLAGE H

VALIDATIE NHI WATERSCHAP SCHELDESTROMEN

RAPPORT

2011
W02



Validatie NHI voor waterschap Scheldestromen

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Opdrachtgever:
Stowa

Validatie NHI voor waterschap Scheldestromen

Jaren 2003 en 2006

HJM Ogink

Rapport

december 2010

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding validatie NHI	3
1.2	Aanpak.....	4
2	Neerslag en verdamping	6
2.1	Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen	6
2.2	Berekeningsprocedure model neerslag.....	9
2.3	Verdampingsberekening in NHI.....	10
2.4	Referentie en actuele verdamping	11
3	Oppervlaktewater	13
3.1	Schematisatie van Scheldestromen in NHI.....	13
3.2	Oppervlaktewatergegevens Tholen.....	13
4	Grondwaterstanden	15
4.1	Inleiding.....	15
4.2	Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden.....	15
4.3	Samenvatting	30
5	Chlorideconcentraties	31
6	Conclusies en aanbevelingen	33
6.1	Conclusies	33
6.2	Aanbevelingen	34
7	Literatuur	35

1 Inleiding

1.1 Aanleiding validatie NHI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

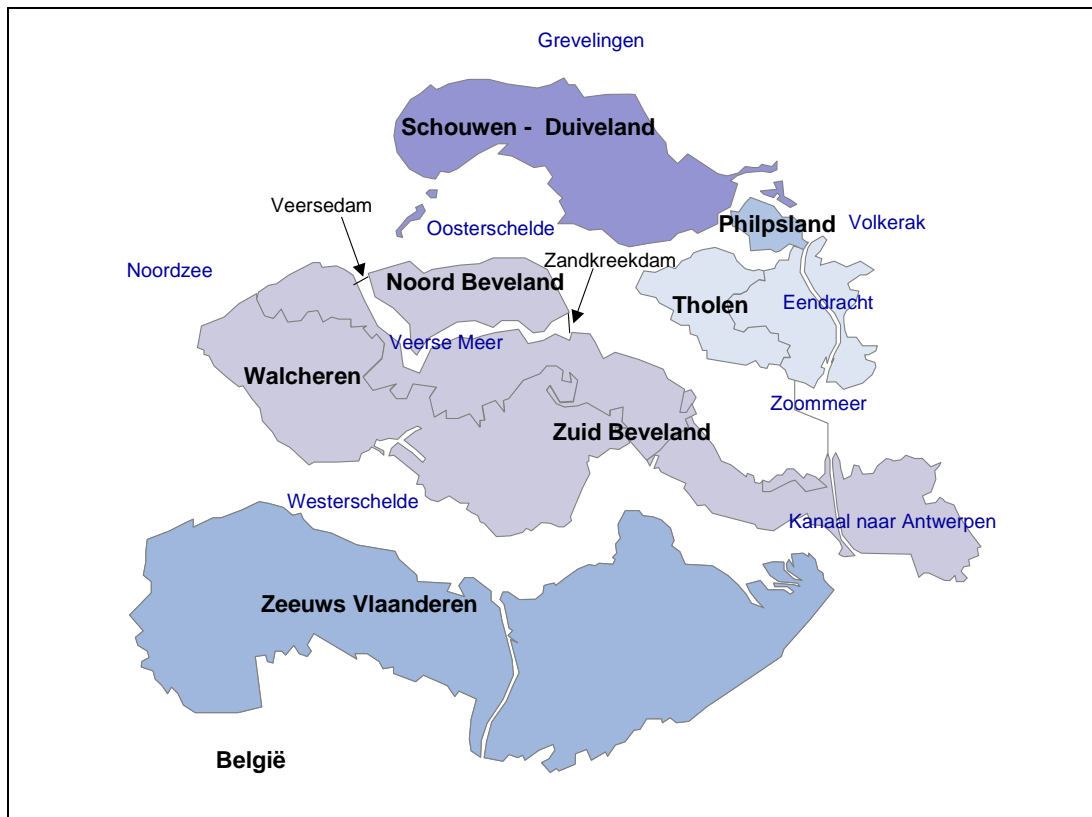
1.2 Aanpak

Het waterschap Scheldestromen omvat de provincie Zeeland (zie Figuur 1.1) en is een samenvoeging van de waterschappen Zeeuws Vlaanderen en de Zeeuwse Eilanden. Gegevens zijn ontvangen van oppervlaktewater, grondwater en zoutconcentraties van Tholen. De aangeleverde oppervlaktewaterreeks bleek te kort en te onvolledig voor een vergelijking met NHI resultaten. De validatie van het NHI voor het beheergebied is daarom uitgevoerd op de reproductie van grondwaterstanden op de door het waterschap geselecteerde plaatsen op Tholen en op zoutconcentraties, waarvoor van een drietal locaties gegevens zijn ontvangen. De NHI validaties van de neerslag in het model voor noord, oost, midden en west Nederland hebben tot duidelijke aanbevelingen geleid voor verbeteringen voor geheel Nederland. Deze verbeteringen zijn inmiddels in uitvoering. Daarom wordt de neerslaganalyse voor de overige waterschappen achterwege gelaten totdat de verbeteringen zijn ingevoerd. De bevindingen elders worden wel vermeld. Validatie van de verdamping is ook achterwege gelaten omdat geen metingen van de actuele verdamping in het beheersgebied voor 2003 en 2006 voorhanden zijn.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt aandacht gegeven aan de neerslag en verdampingskarakteristieken van de geselecteerde jaren 2003 en 2006 in relatie met de normalen. Dit om na te gaan hoe representatief de gekozen jaren zijn voor extreme situaties. Voorts komen in dit hoofdstuk de bevindingen en de aanbevelingen op basis van eerdere analyses aan de orde. Vervolgens wordt de NHI districtsindeling voor het oppervlaktewater in het beheergebied besproken in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de beschikbare grondwaterstandreeksen vergeleken met de dagelijkse grondwaterstanden zoals die door het NHI zijn berekend. De belangrijkste bevindingen van de

zoutmodellering in het NHI op Tholen en voor andere gebieden in Nederland zijn weergegeven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 zijn de conclusies samengevat en worden aanbevelingen voor verbeteringen gegeven.

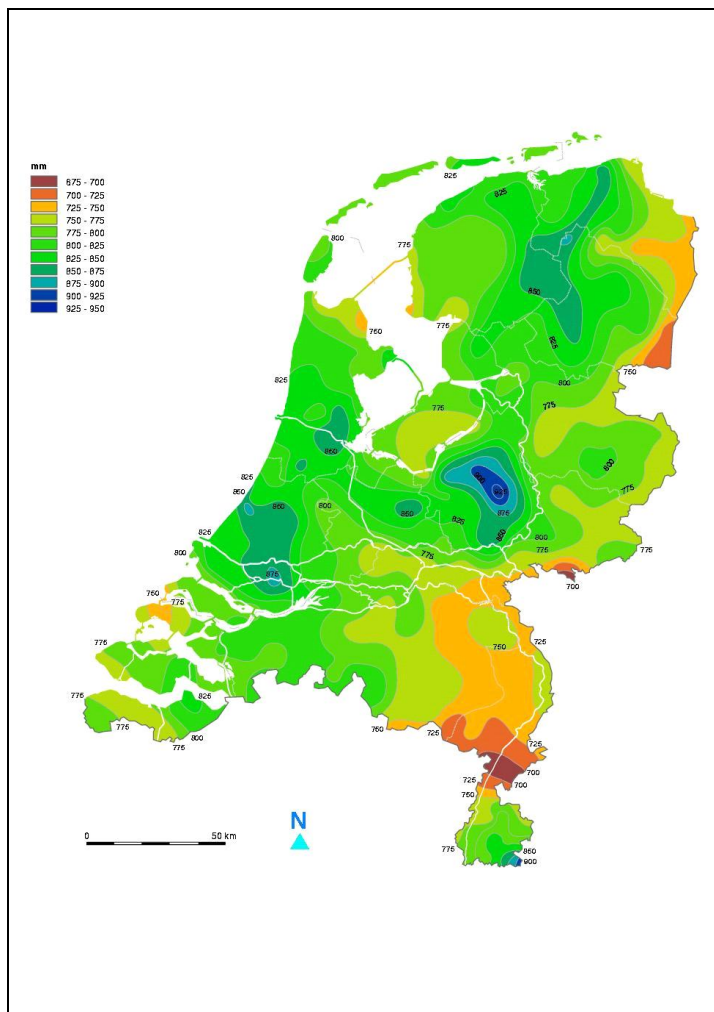


Figuur 1.1 *Beheergebied van waterschap Scheldestromen en de gebieden van het waterschap Brabantse Delta die afstromen op de Eendracht en het Kanaal naar Antwerpen (bron: HKV, 2009). De gebieden oostelijk van het Schelde-Rijnkanaal (Eendracht en Kanaal van Antwerpen) behoren bij het beheergebied het waterschap Brabantse Delta, zie ook hoofdstuk 3.*

2 Neerslag en verdamping

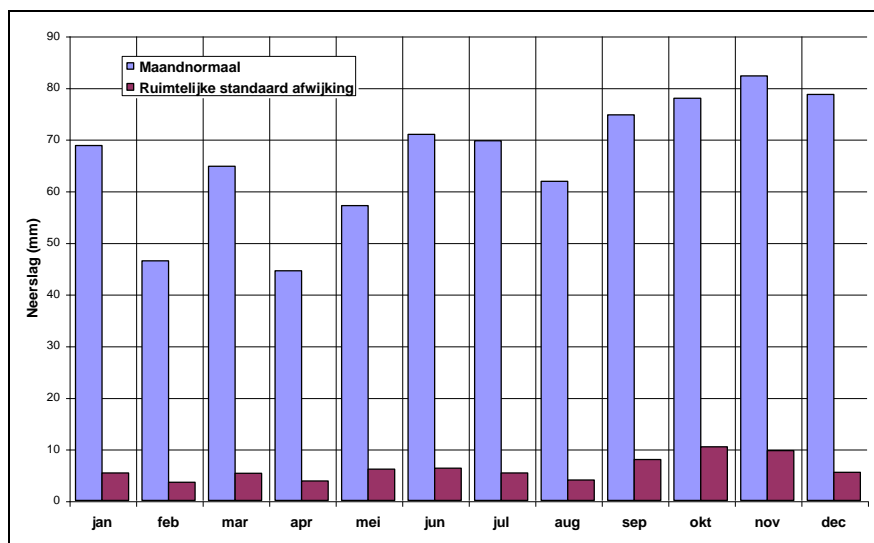
2.1 Neerslag in 2003 en 2006 vergeleken met de normalen

De gemiddelde jaarlijkse neerslag in Nederland in de periode 1971-2000 (periode voor de bepaling van de huidige normalen), op basis van de neerslagstations uitgerust met een standaard regenmeter, bedroeg 797 mm, met een ruimtelijke standaardafwijking van 41 mm. In het waterschap Scheldestromen is de jaarneerslagnormaal het hoogst in het oosten van het beheergebied en het laagst op Schouwen, Noord-Beveland, zuiden van Walcheren en het midden van Zeeuws-Vlaanderen, zie Figuur 2.1.



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

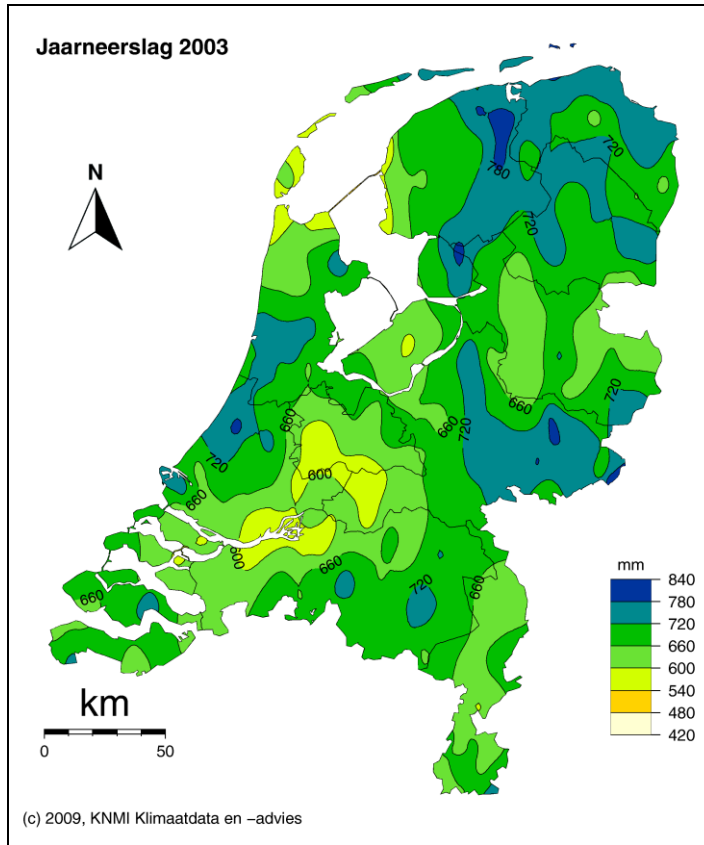
De maandnormalen voor Nederland zijn weergegeven in Figuur 2.2. Ruim 47% (379 mm) van de neerslag valt gemiddeld genomen in het groeiseizoen (1 april – 30 september). De maanden met de minste neerslag zijn normaal februari en april, terwijl de hoogste waarden optreden in het najaar.



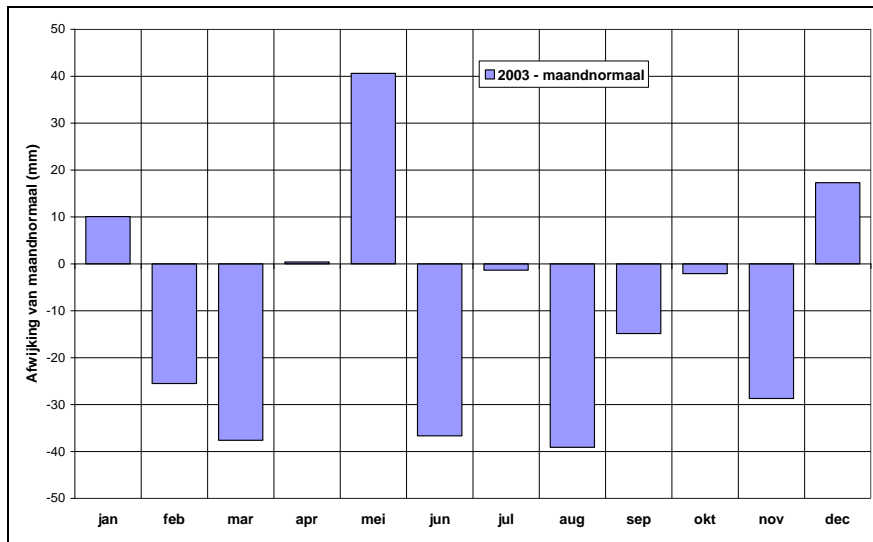
Figuur 2.2 Maandneerslagnormalen voor Nederland

De verdeling van de jaarneerslagsom in 2003 is weergegeven in Figuur 2.3. Voor het waterschap Scheldestromen was de neerslag het hoogst rond Goes op Zuid-Beveland en het laagst in het noordoosten. In 2003 was de jaar- en seizoenneerslag som in Nederland respectievelijk 118 en 51 mm lager dan normaal. De afwijking van de maandsommen van de normalen is weergegeven in Figuur 2.4. Met uitzondering van de maand mei waren de neerslagsommen in de overige maanden in het groeiseizoen gelijk aan of lager dan de normaal. Dit heeft er toe geleid dat het potentiële neerslagtekort aan het einde van het groeiseizoen aanmerkelijk groter is geweest dan in een gemiddeld jaar, ook al omdat de referentie verdamping in 2003 hoger was dan gemiddeld.

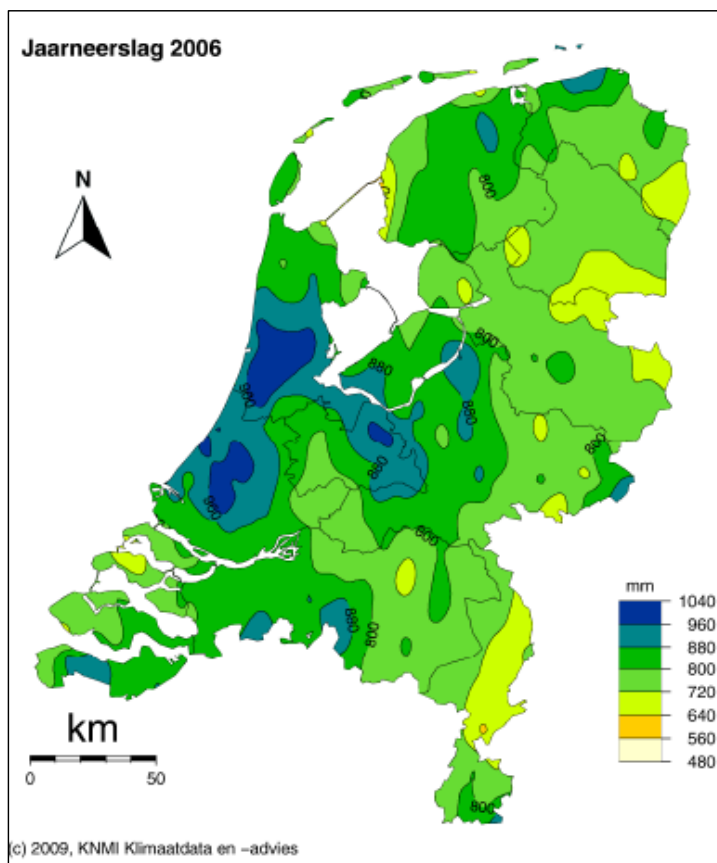
De isohyeten van de jaarneerslag voor 2006 zijn weergegeven in Figuur 2.5. In het waterschap Scheldestromen is nu de neerslag het hoogst in het midden van Zeeuws-Vlaanderen, sterk afwijkend van de normaal, en het laagst op Schouwen, in overeenstemming met de normaal. De jaarneerslag som voor 2006 bedroeg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



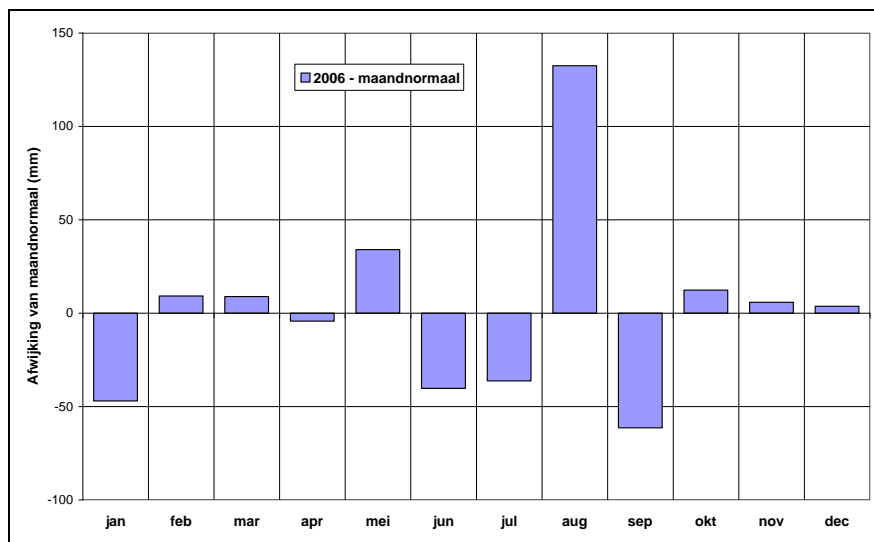
Figuur 2.3 Jaarneerslag in 2003 gebaseerd op KNMI-neerslagstations (bron: KNMI)



Figuur 2.4 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2003 van de maandnormalen



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



Figuur 2.6 Afwijking van de maandneerslagsommen van 2006 van de maandnormalen

2.2 Berekeningsprocedure model neerslag

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

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

Voorts is gebleken dat op de meteorologische stations met een 4 dm² regenmeter gemiddeld genomen minder neerslag wordt gemeten dan op de neerslagstations waar met een standaard regenmeter, die een 2 dm² grote opvangtrechter heeft, wordt gewerkt. Dit verschil kan verklaard worden door meetonzuiverheden t.g.v. windeffecten. De gepresenteerde neerslaggegevens zijn niet gecorrigeerd voor wind. Hierdoor is de neerslag onderschat. Op basis van onderzoek in het Hupselse Beekgebied (Warmerdam, 1982) zijn de afwijkingen in de metingen op de meteorologische stations orde 7 tot 8 % op jaarbasis te verwachten en op de neerslagstations van orde 4% (Ogink, 2010). Aan de onzuiverheid in de neerslaggegevens dient men in het vervolg van de modelontwikkeling aandacht te geven.

2.3 Verdampingsberekening in NHI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.4 Referentie en actuele verdamping

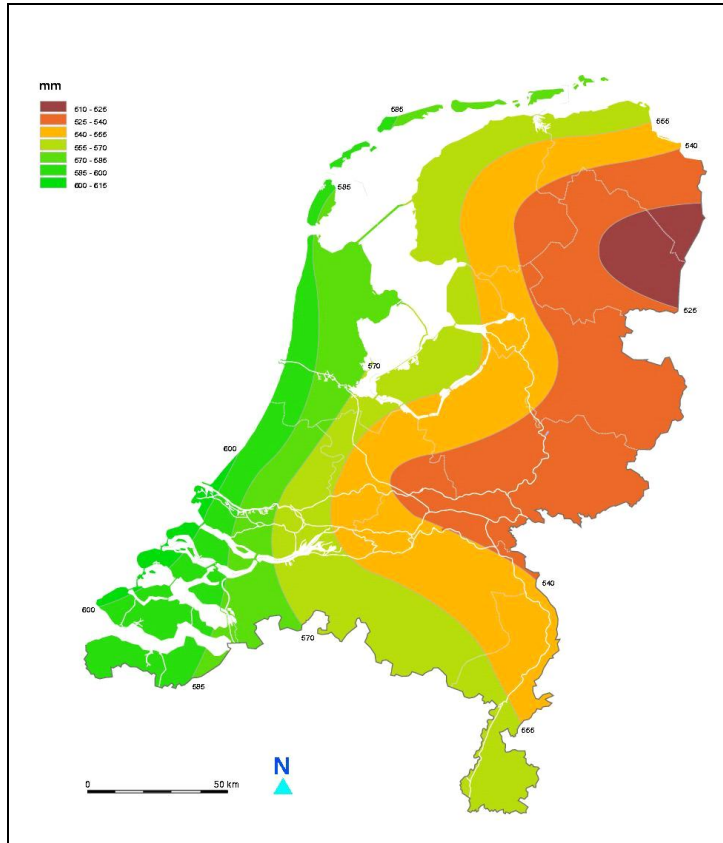
De ruimtelijke verdeling van de gemiddelde jaarlijkse referentieverdamping volgens Makkink is weergegeven in Figuur 2.7. De lijnen van gelijke referentieverdamping lopen parallel aan de kust afnemend van 600 mm in het westen tot 520 mm langs de oostgrens. De verdamping is gemiddeld genomen maximaal in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

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

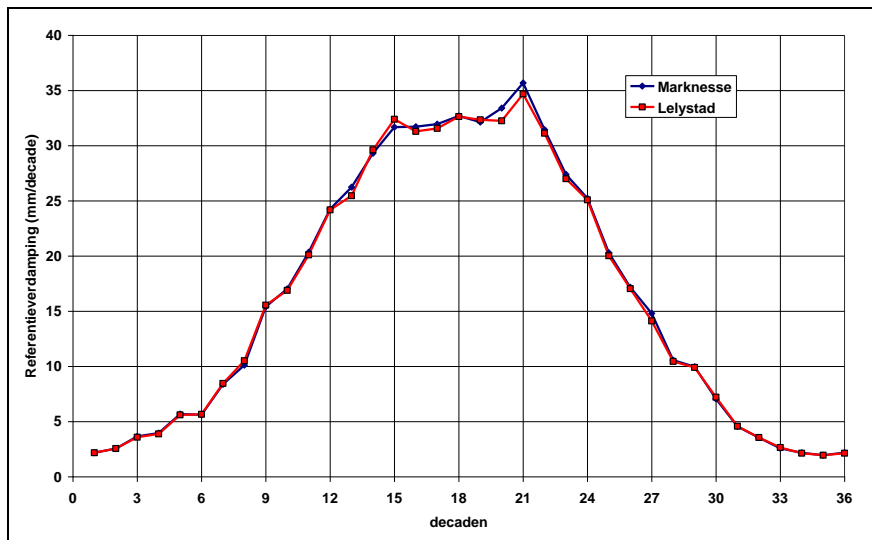
- 1 de neerslagsom in het groeiseizoen geen trend vertoont;
- 2 de referentieverdamping in het groeiseizoen een opwaartse trend vertoont van orde 2,5 mm/jaar.

Voorgaande houdt in, dat het potentiële neerslagtekort in de laatste decennia is toegenomen. Dit heeft gevolgen voor de benodigde wateraanvoer in het groeiseizoen. Statistische analyse van het potentiële neerslagtekort heeft voorts aangetoond dat het maximale tekort in een gemiddeld jaar aan het einde van het groeiseizoen optreedt. Dit maximum verschuift echter naar juni – juli voor de drogere jaren, d.w.z. naar het midden van het groeiseizoen, wanneer watertekorten veel grotere gevolgen hebben voor de gewasopbrengst.

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



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



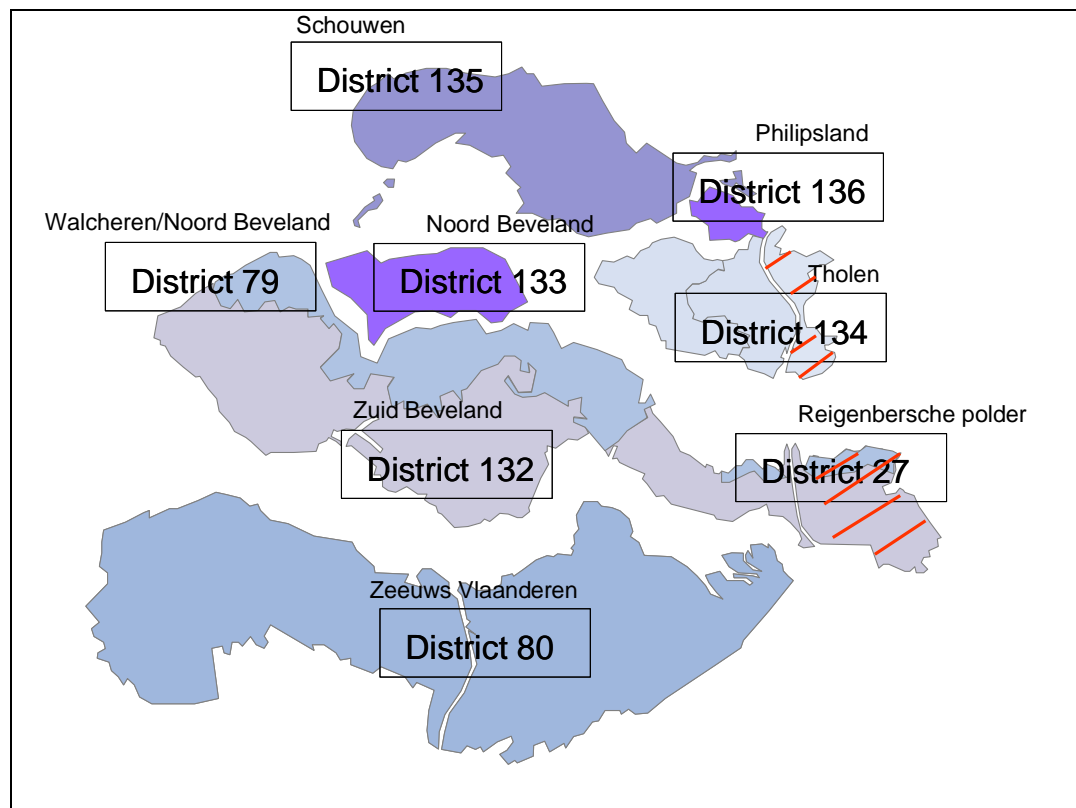
Figuur 2.8 Decadeverdampingsnormalen van KNMI-stations in Zuiderzeeland (bron: KNMI)

3 Oppervlaktewater

3.1 Schematisatie van Scheldestromen in NHI

Het beheergebied van het waterschap Scheldestromen is opgedeeld in de volgende districten, zie ook Figuur 3.1:

- district 79: Walcheren en Noord-Beveland,
- district 132: Zuid-Beveland, Scheldekwartier, Woensdrechtse en Ossendrechtse Kil, Polders + vrij afwaterend gebied de drie Polders,
- district 133: Noord Beveland,
- district 27: Reigenbergsche polder,
- district 134: Tholen,
- district 135: Schouwen,
- district 136: Sint Philipsland, en
- district 80: Zeeuws Vlaanderen.



Figuur 3.1 Districtsindeling waterschap Scheldestromen in NHI (bron: HKV, 2009). De rood gearceerde gebieden behoren bij het waterschap Brabantse Delta

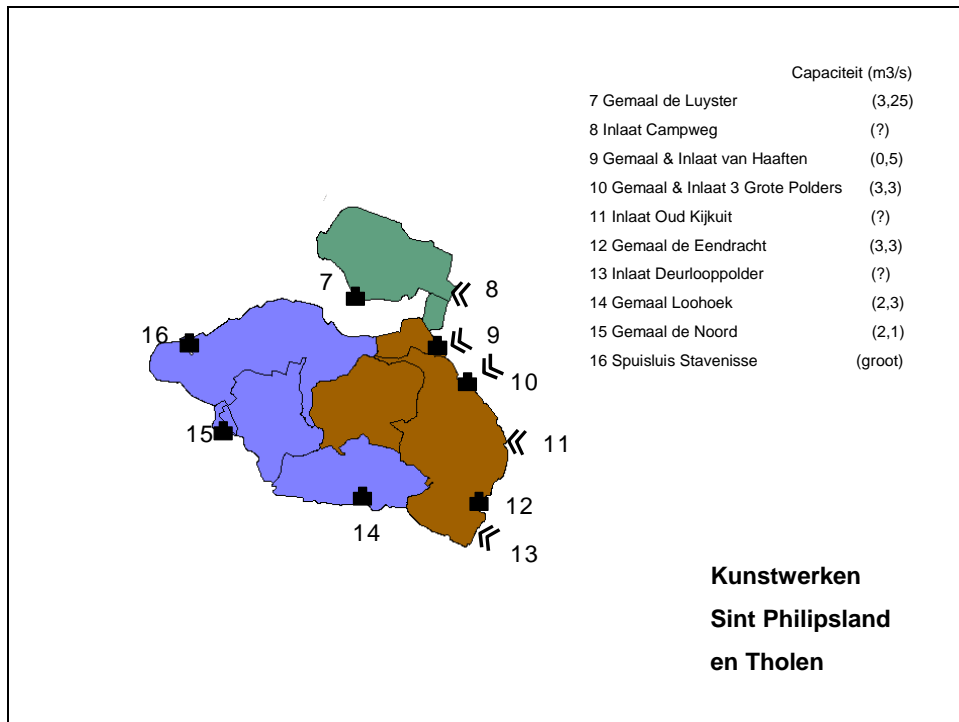
Voor een gedetailleerde beschrijving van de aanvoer en afvoer van oppervlaktewater en voor de schematisatie en verdeelsteutels voor de inlaten en afvoeren in het NHI wordt verwezen naar HKV (2009): “Distributie-model, deel D: Zuid Nederland”.

3.2 Oppervlaktewatergegevens Tholen

Van het waterschap zijn alleen afvoergegevens ontvangen van het gemaal Drie Grote Polders op Tholen. De afvoer van water op Tholen is gesplitst: het westelijk deel voert af op de Oosterschelde en het oostelijk deel op de Eendracht (Schelde-Rijnverbinding).

In het NHI wordt Tholen als één district beschouwd, district 134. In het NHI voert district 134 voor 35 % af op de Oosterschelde en voor 65% op de Eendracht. Water wordt alleen voor het oostelijk deel aangevoerd vanuit de Eendracht. Het waterschap twijfelt aan de juistheid van deze verdeling en gaat na hoe deze moet zijn. De kunstwerken die de afvoer en aanvoer regelen op Tholen zijn gepresenteerd in Figuur 3.2.

De aangeleverde oppervlaktewatergegevens van het waterschap Scheldestromen betreffen kwartiercijfers van lozingen, aangegeven als dagdebieten pomp 1 (m³) van de periode 31/12/2005 t/m 15/04/2006. Uit het overzicht van de kunstwerken op Tholen blijkt dat deze reeks maar een zeer beperkt beeld kan geven van de totale afvoer van Tholen. Voorts betreft het een zeer korte periode met veel missende getallen. De reeks is daarom niet verder gebruikt in de validatie van het NHI.



Figuur 3.2 Overzicht van kunstwerken op Tholen (en Sint Philipsland), die de aan- en afvoer van water regelen.

4 Grondwaterstanden

4.1 Inleiding

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

Van een negental peilbuizen op Tholen zijn grondwaterstanden ontvangen, geselecteerd door het waterschap. De geselecteerde peilbuizen zijn weergegeven in Tabel 4.1. De bemonsteringsfrequentie is globaal 1 x per 14 dagen en vaak nog minder. Hierdoor mist het gemeten signaal de hoogfrequente variaties in respons op regenval. Dit houdt in dat de dynamiek van het gemeten en het berekende grondwaterstandverloop niet vergeleken kan worden.

Tabel 4.1 Overzicht van peilbuizen en hun locatie op Tholen

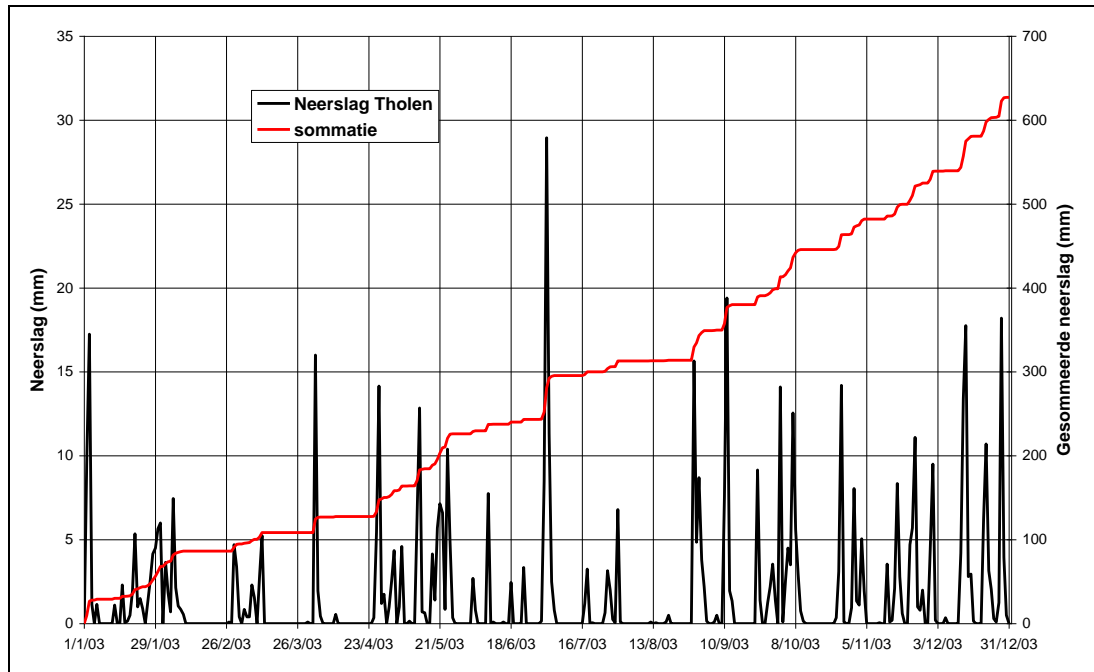
Putcode	Xcoor	Ycoor	hoogte maaiveld m NAP	Locatie
B43C0277	63410	400770	0,7	zuid-west Sint Annaland in Uiterst-Nieuwland polder
B43D0192	70810	402520	1,2	noord-oost eiland Tholen in Van Haftenpolder
B43D0295	70102	401872	1,2	noord-oost Tholen in Van Haftenpolder, bij Stinkgat
B43D0296	70423	401633	1,2	noord-oost Tholen in Van Haftenpolder, bij Stinkgat
B49A0022	64957	395881	-0,4	Scherpenissepolder, zuiden van Sint Maartensdijk
B49A0218	65200	394050	-0,1	Scherpenissepolder, zuiden van Scherpenisse
B49B0553	70890	395090	0,0	Poortvliet- en Mallandpolder, tussen Poortvliet en Tholen
B49B0555	72500	399500	0,1	Hikkepolder, ten noorden van Oud Vossemeer
B49B0556	74410	397430	0,5	Leguitpolder, ten zuidoosten van Oud Vossemeer

4.2 Vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden

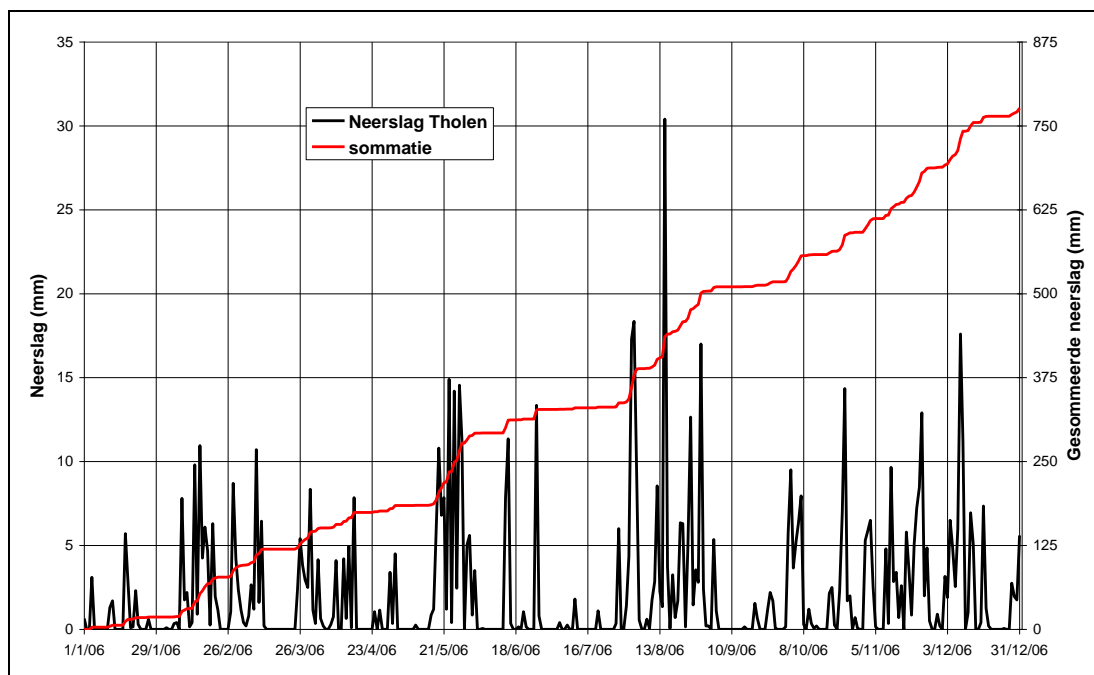
Neerslag op Tholen in 2003 en 2006

Het verloop van de grondwaterstandmetingen is mede gevalideerd op de respons op de dagneerslag. Op Tholen kan gebruik gemaakt worden van 2 KNMI neerslagstations Stavenisse (741) en Tholen (757). De jaarneerslag normaal voor het eiland Tholen bedraagt 794 mm (vrijwel het landelijk gemiddelde). De neerslag in 2003 en 2006 als gemiddelde van de stations is getoond in Figuur 4.1 en Figuur 4.2, evenals de gesommeerde neerslag:

- Figuur 4.1 laat zien dat de zomermaanden van 2003 erg droog zijn geweest. Ook de jaarsom was met 627 mm aanmerkelijk lager dan normaal (-167 mm).
- Figuur 4.2 geeft aan dat ook op Tholen, zoals in de rest van Nederland, augustus 2006 zeer nat is geweest, met daarvoor en daarna droge perioden. Met 776 mm lag de jaarsom van 2006 dicht bij de normaal (-18 mm).



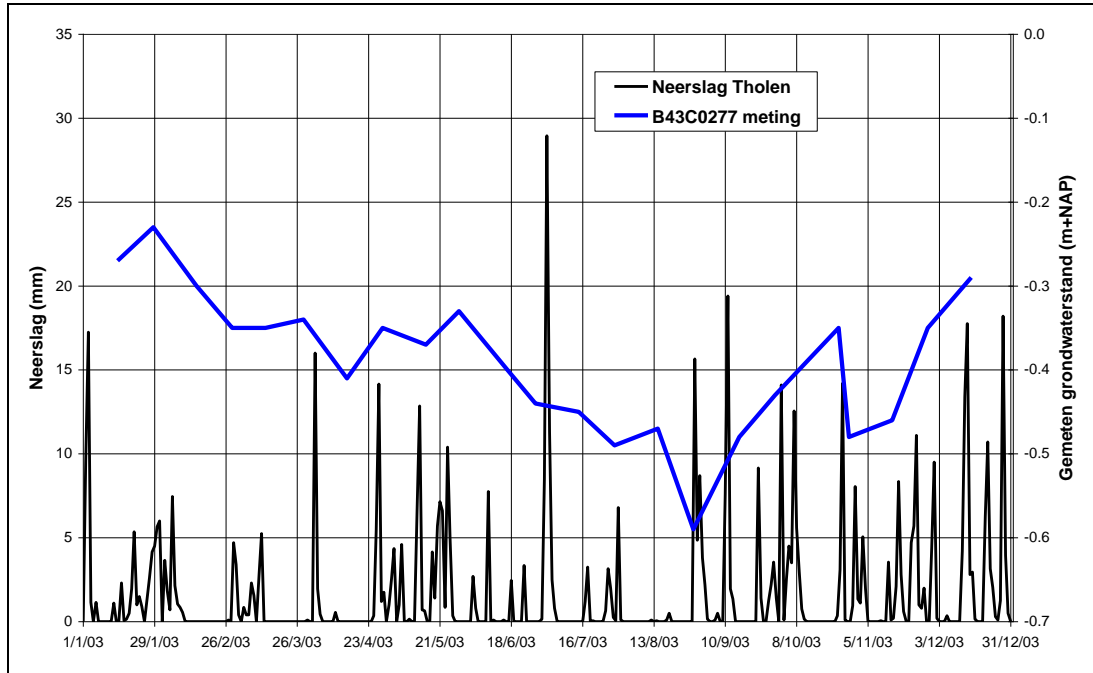
Figuur 4.1 Neerslag op Tholen in 2003 (gemiddelde van de stations Stavenisse en Tholen)



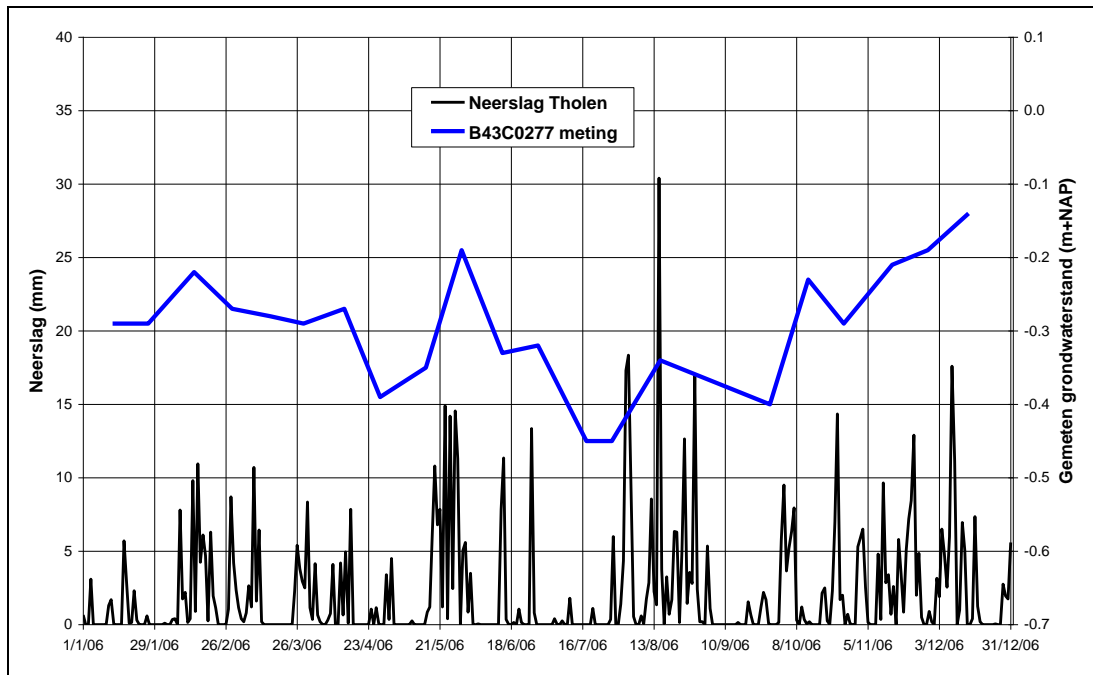
Figuur 4.2 Neerslag op Tholen in 2006 (gemiddelde van de stations Stavenisse en Tholen)

Peilbuis B43C0277

Peilbuis B43C0277 ligt ten zuidwesten van Sint Annaland in de Uiterst-Nieuwland polder. Het maaiveld ter plaatse ligt op 0,7 m+NAP. Het gemeten grondwaterverloop in 2003 en 2006 is in Figuur 4.3 en Figuur 4.4 vergeleken met de neerslag. De figuren geven aan dat de grondwaterspiegel de neerslag niet altijd logisch volgt. De piek eind oktober 2003 treedt op voordat de neerslag valt, met een onwaarschijnlijke daling daarna (afwijkingen door beregening in die periode van het jaar zijn niet waarschijnlijk). In 2006 is de variatie in het verloop beperkt tot slechts enkele decimeters. De figuren laten duidelijk zien dat de lage bemonsteringsfrequentie de dynamiek van het grondwaterverloop maskeert.

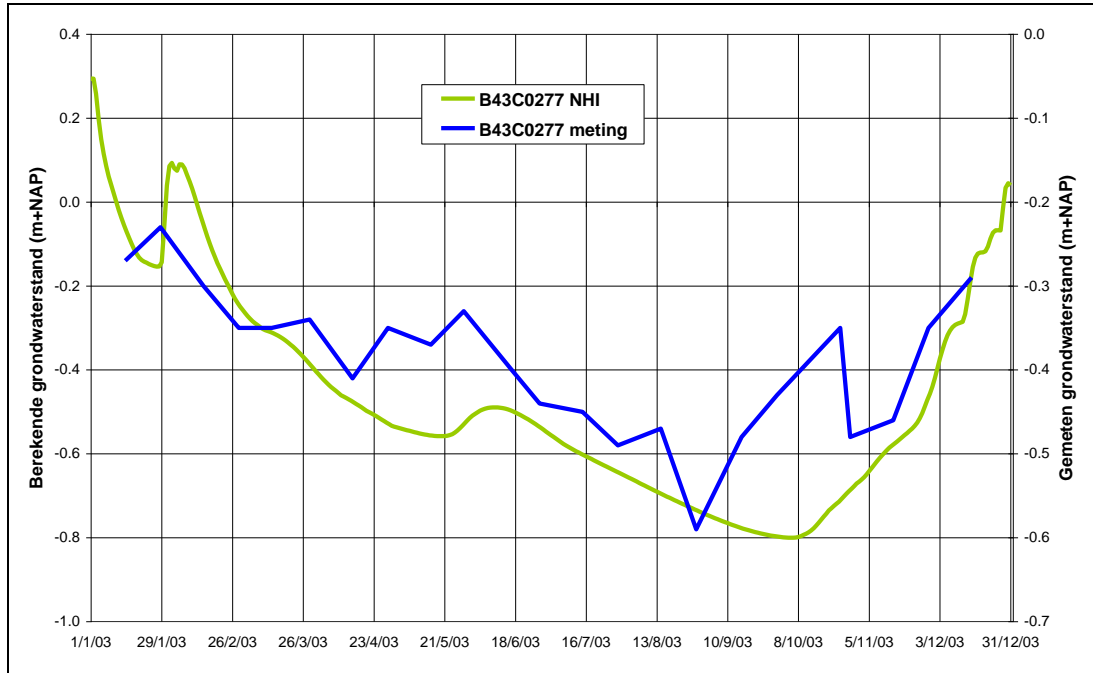


Figuur 4.3 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuis B43C0277 en neerslag op Tholen, 2003

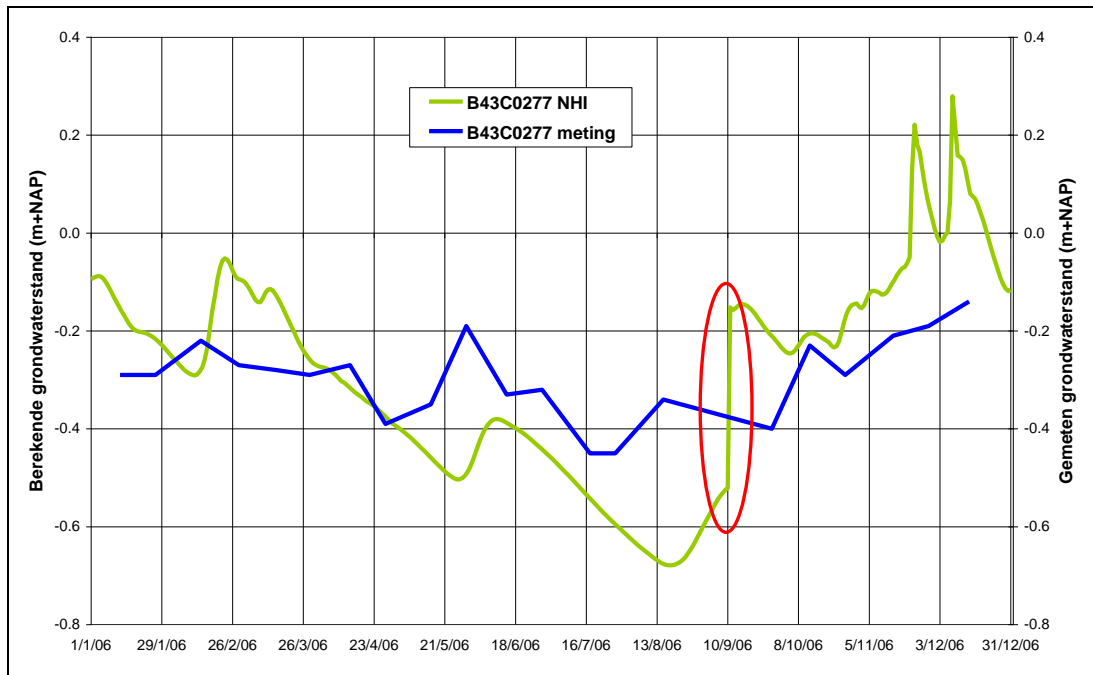


Figuur 4.4 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuis B43C0277 en neerslag op Tholen, 2006

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop in 2003 en 2006 in peilbuis B43C0277 zijn weergegeven in Figuur 4.5 en Figuur 4.6. Figuur 4.5 laat zien dat globaal het gemeten grondwaterverloop door het model wordt gereproduceerd, echter het herstel van de grondwaterstand na de droge zomer komt te laat. De kwaliteit van de meting in deze periode is echter twijfelachtig. Voor 2006, zie Figuur 4.6, wordt het berekende verloop sterk beïnvloed door de 9/11 hik. Ook zonder deze verstoring wordt de range door het model overschat en lijkt de respons op de neerslag iets te traag te zijn begin juni en in augustus.



Figuur 4.5 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43C0277, jaar 2003

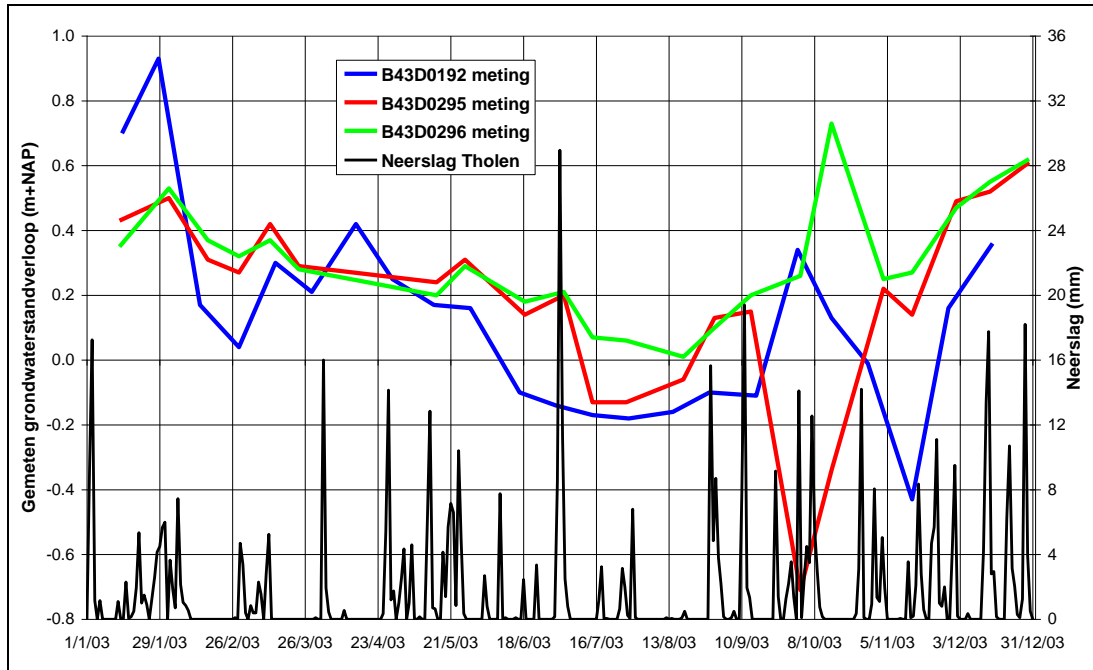


Figuur 4.6 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43C0277, jaar 2006

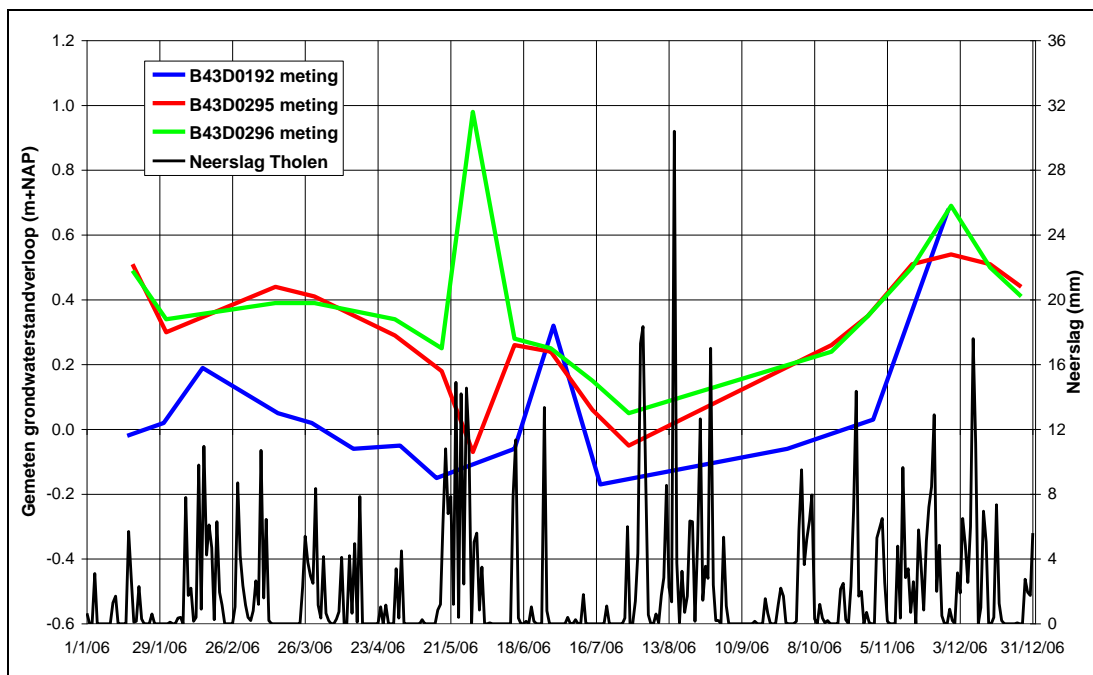
Peilbuizen B43D0192, B43D0295, B43D0296

De peilbuizen B43D0192, B43D0295 en B43D0296 bevinden zich alle drie in de van Haften polder in het uiterste noordoosten van Tholen. Het maaiveld ligt hier op 1,2 m+NAP. Het verloop van de grondwaterspiegels in 2003 en 2006 is samen met de neerslag weergegeven in Figuur 4.7 en Figuur 4.8. Het verloop in de eerste helft van 2003 loopt redelijk synchroon, alleen mist B43D0192 de neerslagpiek van 2/7/03. In het najaar divergeren de peilingen en lijken de waarnemingen onbetrouwbaar. In 2006 is de respons op de neerslag eind mei zeer verschillend; alleen B43D0296 geeft een logische respons. Voorts is hier de bemonsteringsfrequentie in de zomermaanden zo

laag dat de opleving na de overvloedige neerslag in augustus niet goed wordt weergegeven.



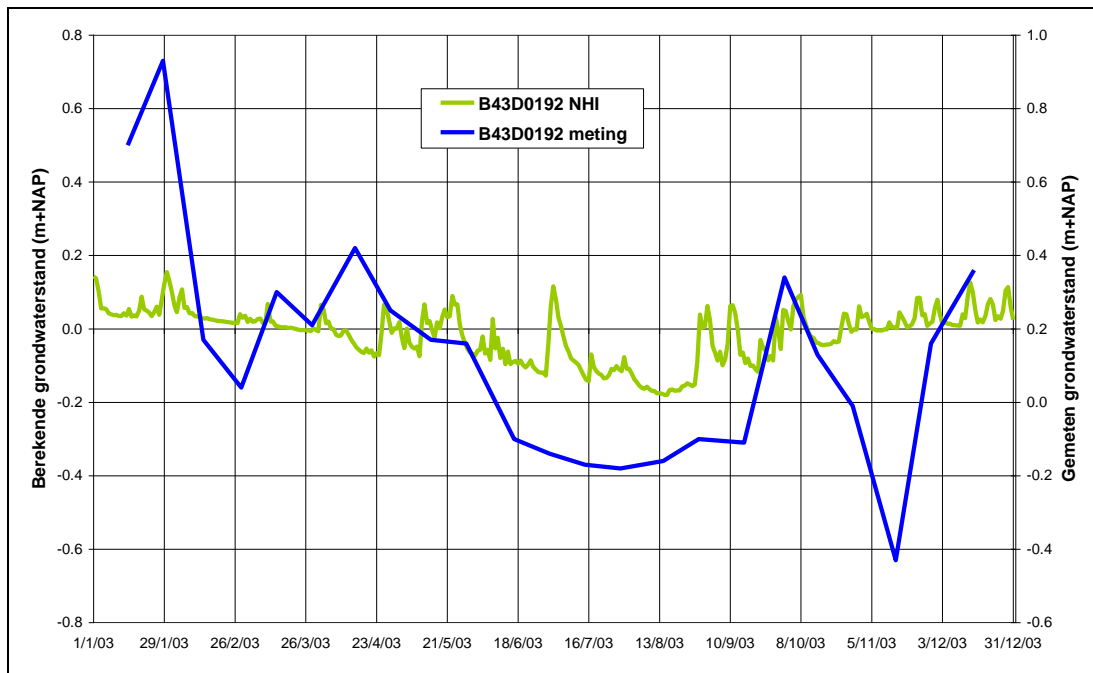
Figuur 4.7 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuizen B43D0192, B43D0295 en B43D0296 en neerslag op Tholen, 2003



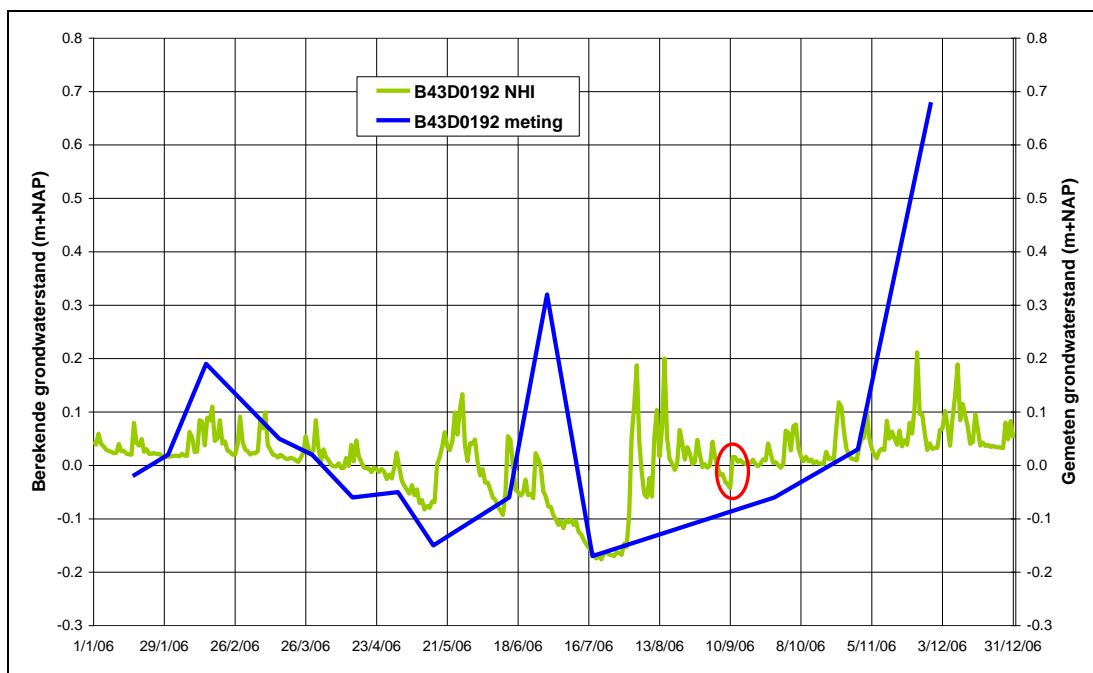
Figuur 4.8 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuizen B43D0192, B43D0295 en B43D0296 en neerslag op Tholen, 2006

De gemeten en berekende grondwaterstanden voor peilbuis B43D0192 zijn gepresenteerd in Figuur 4.9 en Figuur 4.10. Voor beide jaren blijkt dat de grondwaterspiegel in het model direct reageert op de neerslag, echter de variatie bedraagt slechts enkele decimeters. De vergelijking met de metingen toont aan dat voor deze locatie de range door het model wordt onderschat. De beperkte

bemonsteringsfrequentie en onzekerheid in de kwaliteit van de metingen maakt een goede vergelijking echter niet mogelijk.

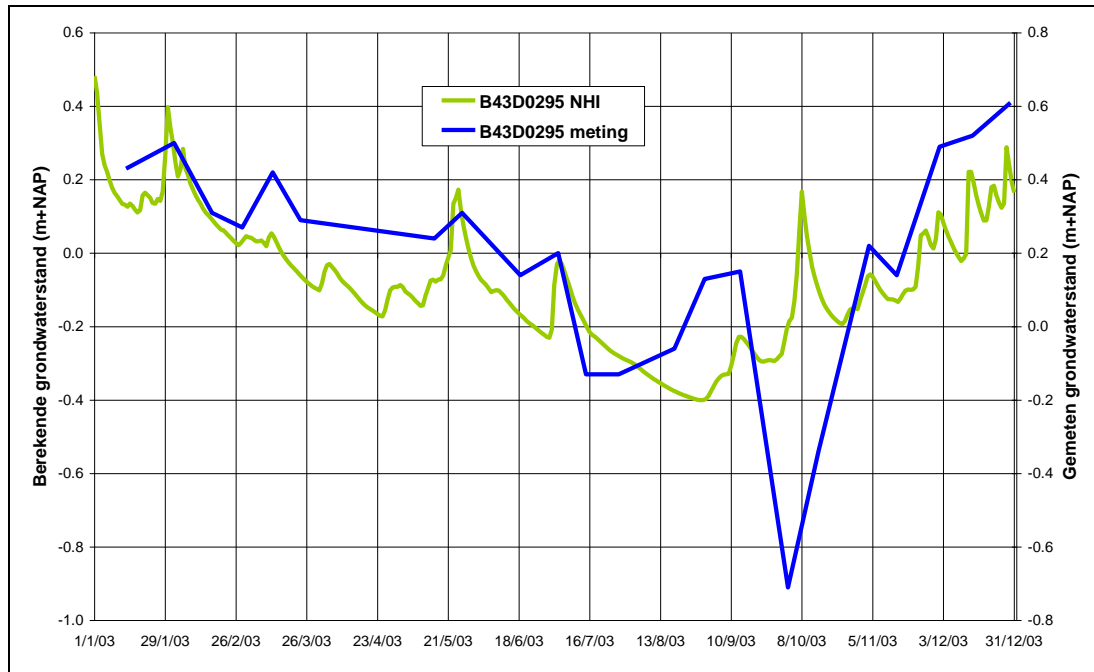


Figuur 4.9 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43D0192, jaar 2003

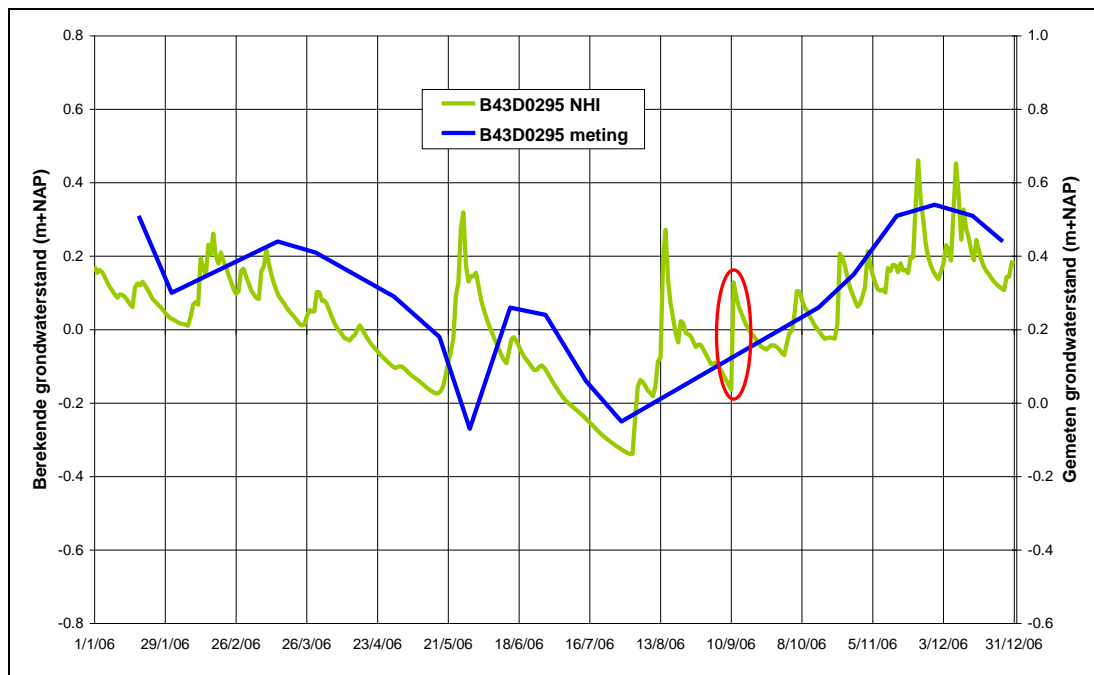


Figuur 4.10 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43D0192, jaar 2006

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop voor peilbuis B43D0295 in 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.11 en Figuur 4.12. Met uitzondering van de onwaarschijnlijke dips in de metingen in zowel 2003 als 2006 is de overeenkomst tussen meting en berekening acceptabel. De gemeten grondwaterstanden liggen gemiddeld echter 2 dm hoger dan is berekend.

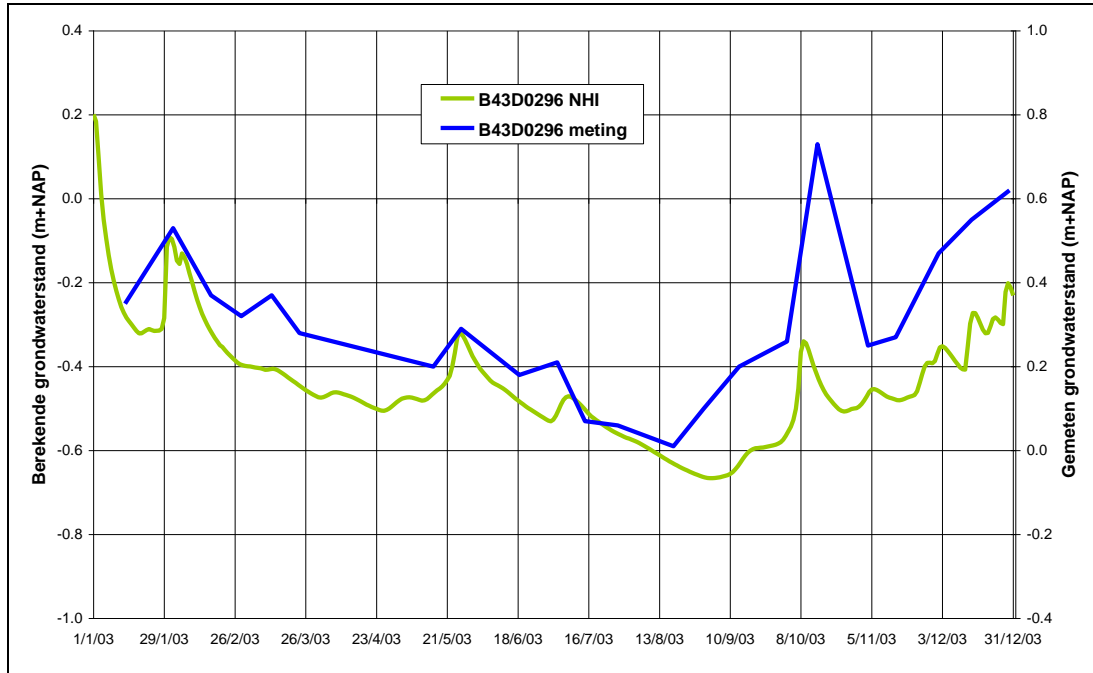


Figuur 4.11 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43D0295, jaar 2003

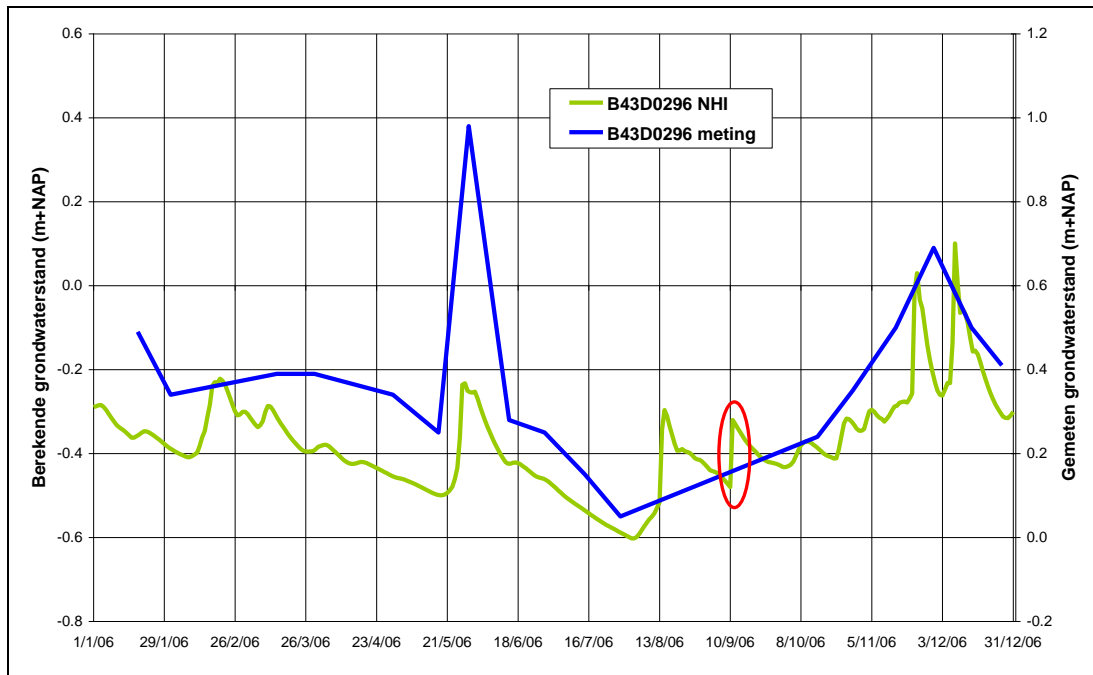


Figuur 4.12 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43D0295, jaar 2006

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop voor peilbuis B43D0296 in 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.13 en Figuur 4.14. Qua dynamiek komen het gemeten en berekende signaal overeen, afgezien van de beperkingen in de meting door de geringe opnamefrequentie. De berekende variaties zijn echter te klein en de gemiddelde grondwaterstand wordt 6 dm te laag berekend.



Figuur 4.13 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43D0296, jaar 2003

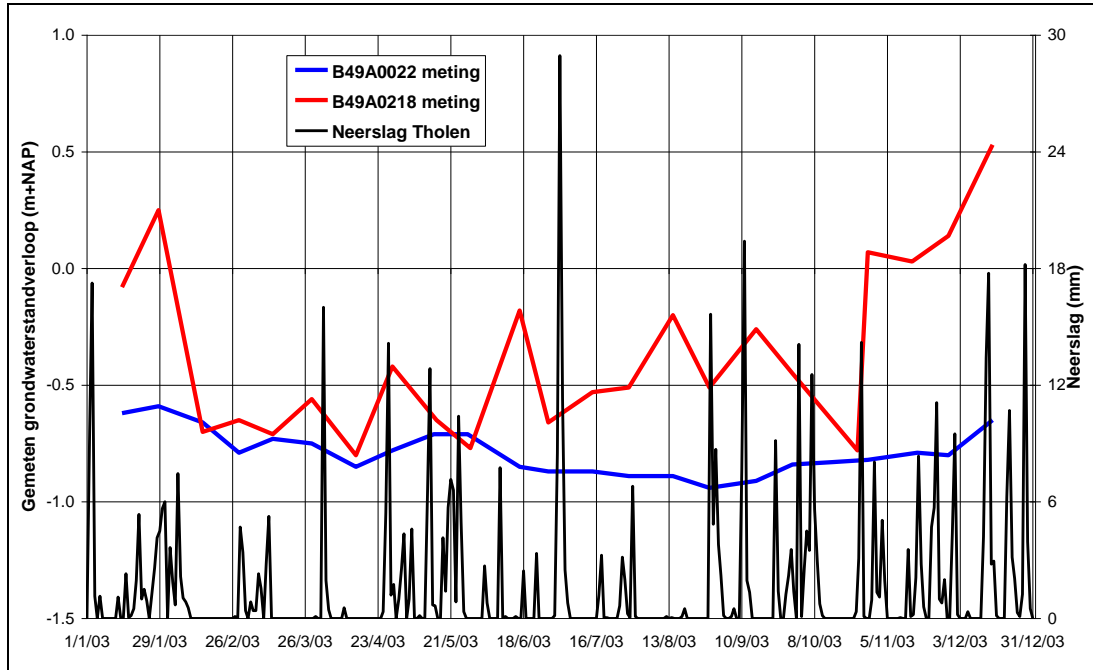


Figuur 4.14 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B43D0296, jaar 2006

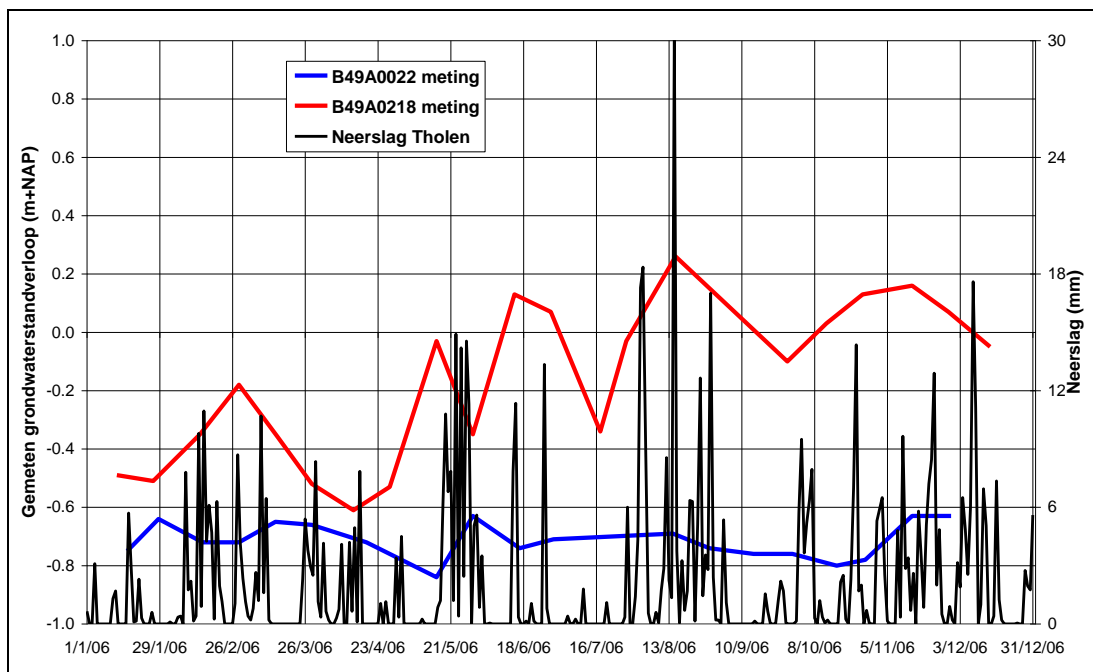
Peilbuis B49A0022, B49A0218

De peilbuizen B49A0022, B49A0218 bevinden zich in de Scherpenissepolder ten zuiden van Sint Maartensdijk-Scherpenisse. Het maaiveld in deze polder varieert volgens de topografische atlas (ANWB, 2010) van -1,1 tot 0,3 m+NAP. De gemeten grondwaterstanden in 2003 en 2006 in de twee peilbuizen zijn met de neerslag weergegeven in Figuur 4.15 en Figuur 4.16. De locatie van peilbuis B49A0022 is aan de noordrand van de polder waar het maaiveld op -0,4 m+NAP ligt. Volgens de metingen bevindt de grondwaterspiegel zich hier dus permanent 2 tot 4 dm onder het maaiveld, zonder veel variatie. Peilbuis B49A0218 bevindt zich aan de zuidrand van de polder, aan de Oosterschelde, direct naast een binnendijks natuurgebied. De

topografische kaart geeft hier een maaiveldhoogte aan van -0,1 m+NAP. De grondwaterstandmetingen duiden echter op een veel hogere maaiveldhoogte. De variatie van de grondwaterspiegel is hier ook aanmerkelijk groter dan aan de noordrand van de polder. Gezien de locatie en de variatie van de grondwaterspiegel heeft het naastgelegen open water kennelijk invloed op de grondwaterstand, want een logische respons op de neerslag is niet aanwezig op een enkele uitzondering na.



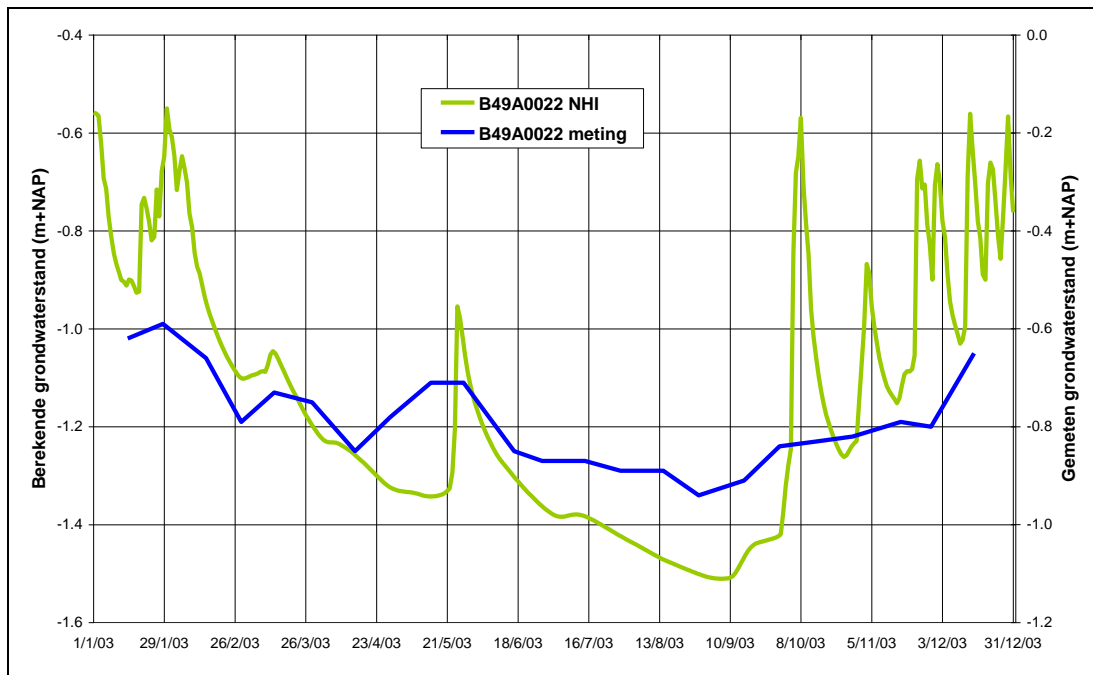
Figuur 4.15 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuizen B49A0022, B49A0218 en neerslag op Tholen, 2003



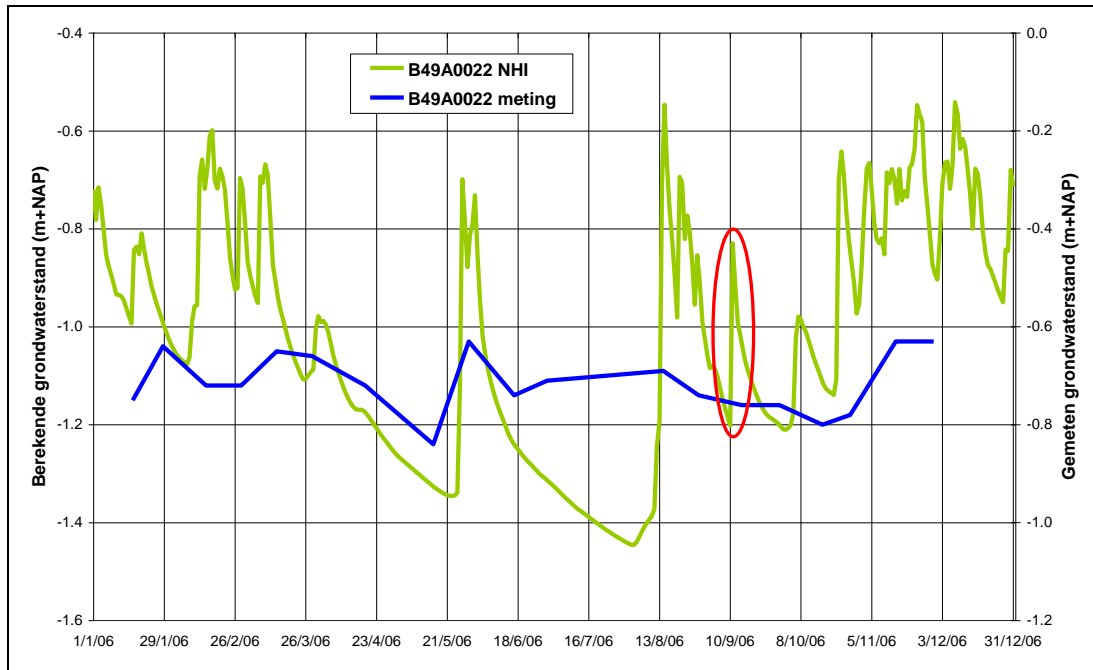
Figuur 4.16 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuizen B49A0022, B49A0218 en neerslag op Tholen, 2006

De gemeten en berekende grondwaterstanden van 2003 en 2006 in peilbuis B49A0022 bij Sint Maartensdijk-Scherpenisse zijn weergegeven in Figuur 4.17 en Figuur 4.18. Het berekende verloop toont een grote dynamiek, die niet uit de metingen blijkt, natuurlijk

mede beïnvloed door de lage meetfrequentie. Ook verloopt de uitputting in het model sneller en daardoor is de berekende range aanmerkelijk groter dan is gemeten. Het gemiddelde grondwaterniveau ligt in het model 4 dm lager dan blijkt uit de metingen.

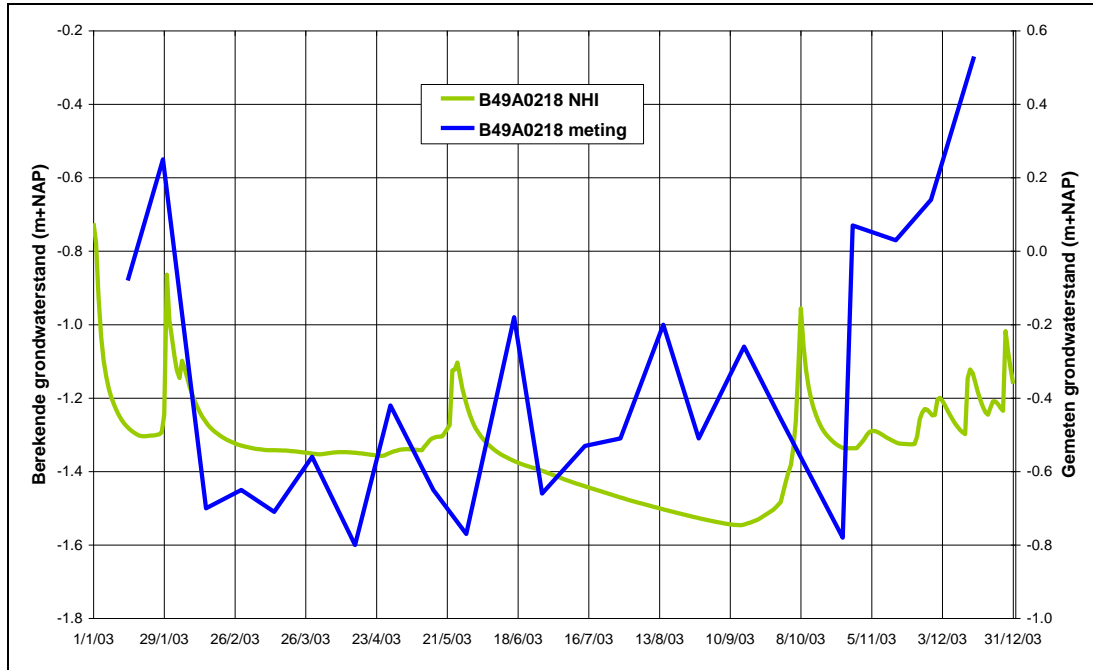


Figuur 4.17 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49A0022, jaar 2003

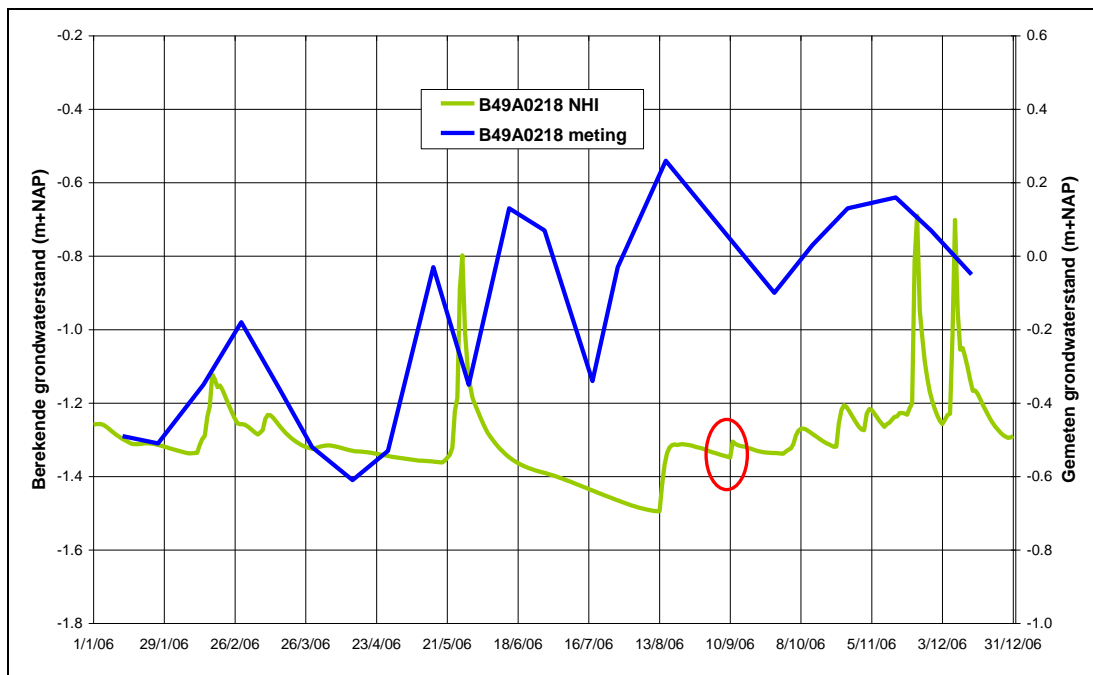


Figuur 4.18 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49A0022, jaar 2006

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop van 2003 en 2006 in peilbuis B49A0218 aan de zuidrand van de polder bij de Oosterschelde zijn weergegeven in Figuur 4.19 en Figuur 4.20. Het berekende verloop reageert wel op de neerslag in tegenstelling tot de metingen. Er is dan ook geen enkele overeenkomst tussen het gemeten en het berekende signaal, terwijl voorts de gemiddelde niveaus 8 dm verschillen.



Figuur 4.19 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49A0218, jaar 2003

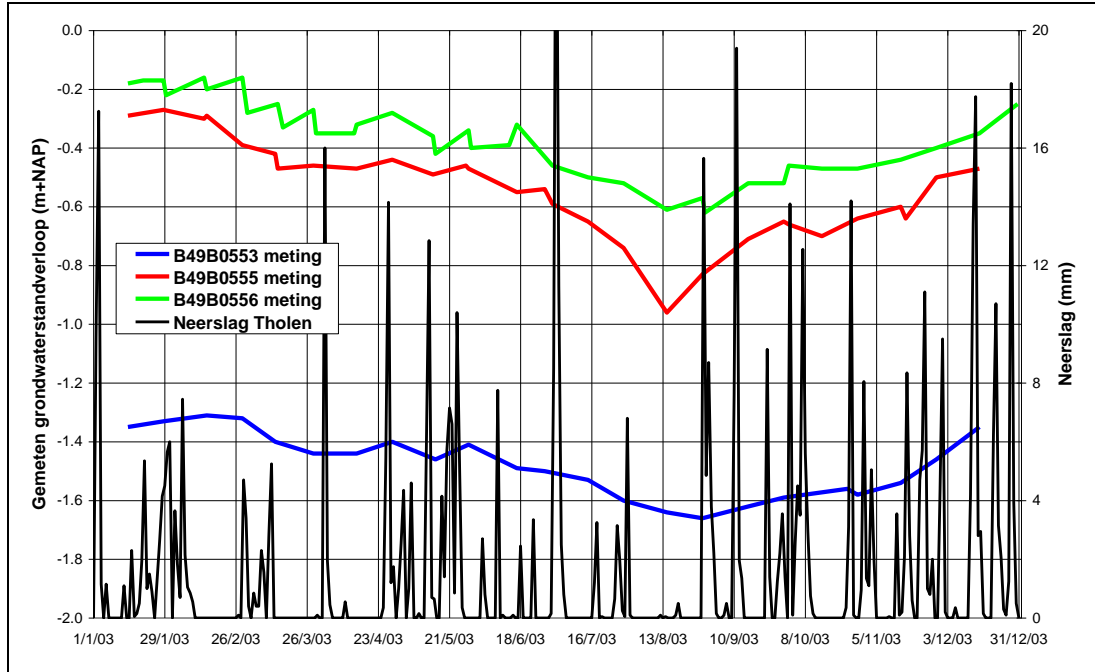


Figuur 4.20 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49A0218, jaar 2006

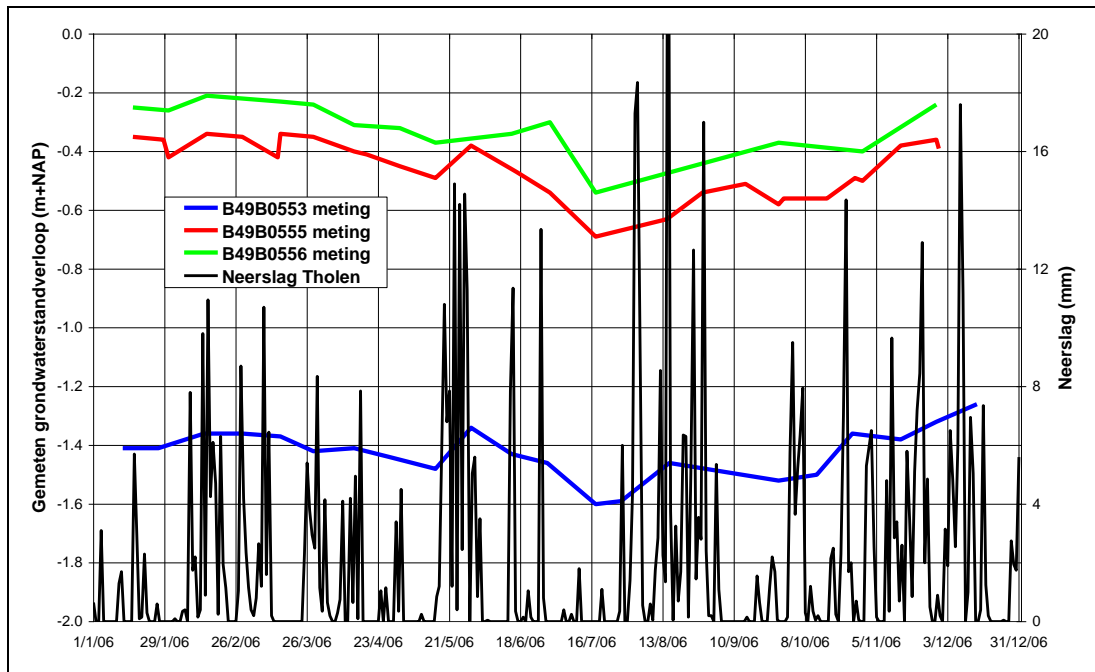
Peilbuis B49B0553, B49B0555 en B49B0556

De peilbuizen B49B0553, B49B0555 en B49B0556 bevinden zich in verschillende polders in het oosten van Tholen rond de plaatsen Tholen en Oud-Vossemeer. De peilbuis B49B0553 ligt in de Poortvliet- en Malland polder op de grens met de polder Vijftien honderd gemeten, tussen Poortvliet en Tholen, dicht langs de N286. Ter plaatse ligt het maaiveld ongeveer op NAP. Peilbuis B49B0555 ligt in de Hikke polder juist ten noorden van Oud-Vossemeer dicht bij de Schelde-Rijnverbinding of de Eendracht. Het maaiveld ligt hier iets boven NAP. De laatste peilbuis B49B0556 ligt ten zuidoosten van Oud-Vossemeer in de Leguit polder dicht bij de Eendracht. Het maaiveld ligt hier op 0,5 m+NAP. Het grondwaterstandverloop in de drie peilbuizen in 2003 en 2006 is met de

neerslag weergegeven in Figuur 4.21 en Figuur 4.22. De gemeten signalen vertonen grote onderlinge overeenkomst, hebben een zeer beperkte respons op de neerslag en verschillen feitelijk alleen in gemiddeld niveau. De grootste range doet zich voor in de peilbuis B49B0555.



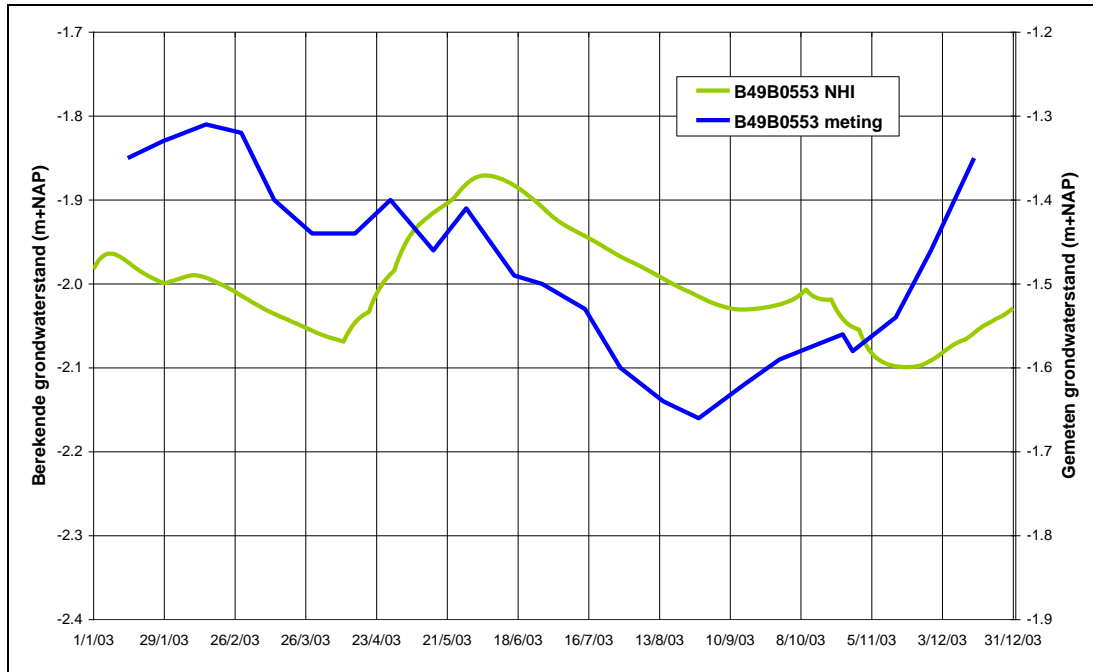
Figuur 4.21 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuizen B49B0553, B49B0555 en B49B0556 en neerslag op Tholen, 2003



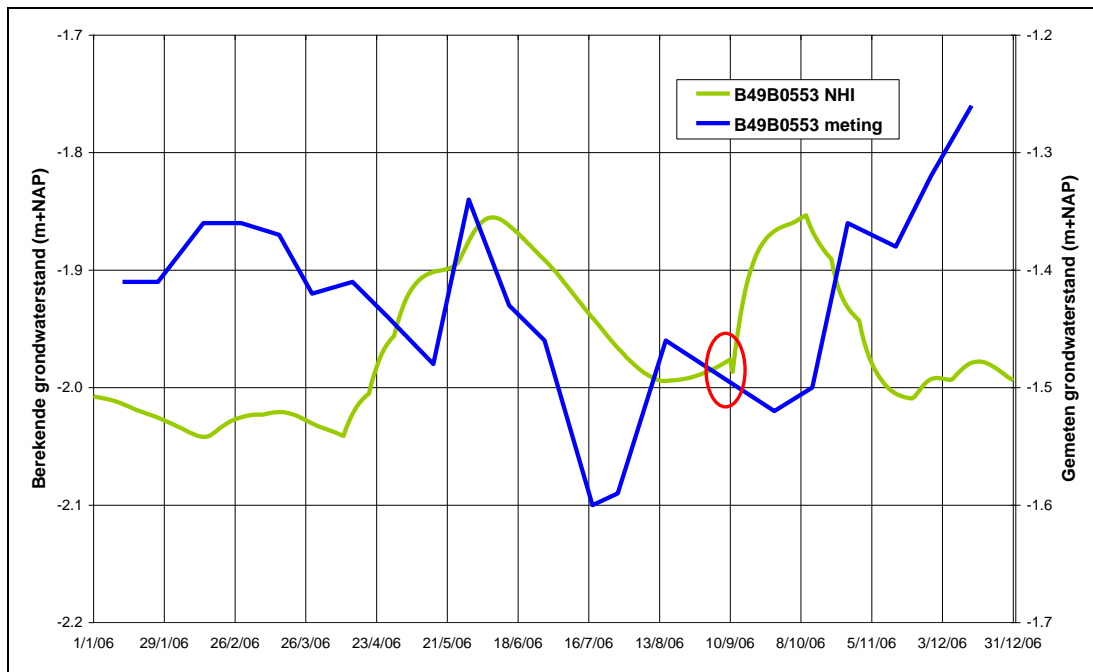
Figuur 4.22 Gemeten grondwaterstandverloop peilbuizen B49B0553, B49B0555 en B49B0556 en neerslag op Tholen, 2003

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop in peilbuis B49B0553 in 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.23 en Figuur 4.25. De berekende en gemeten signalen laten beiden geen respons zien op de neerslag, hebben beiden een zeer

bepaalde range, maar binnen die bepaalde range is geen sprake van enige overeenkomst. Voorts ligt de berekende grondwaterstand orde 0,5 m lager.

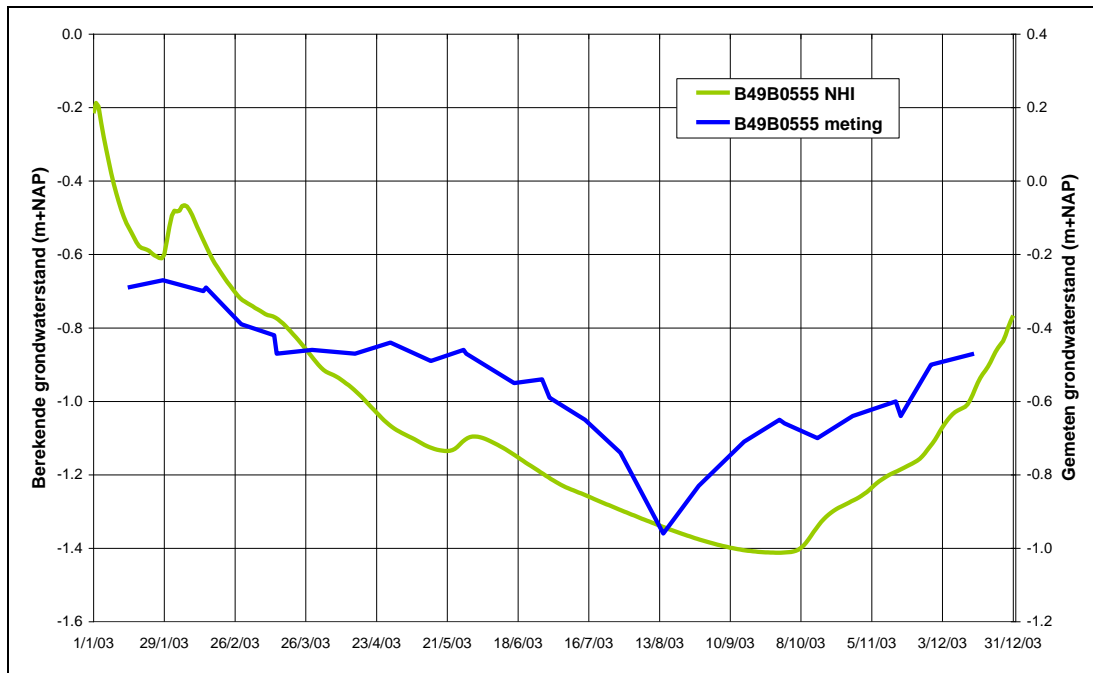


Figuur 4.23 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49B0553, jaar 2003

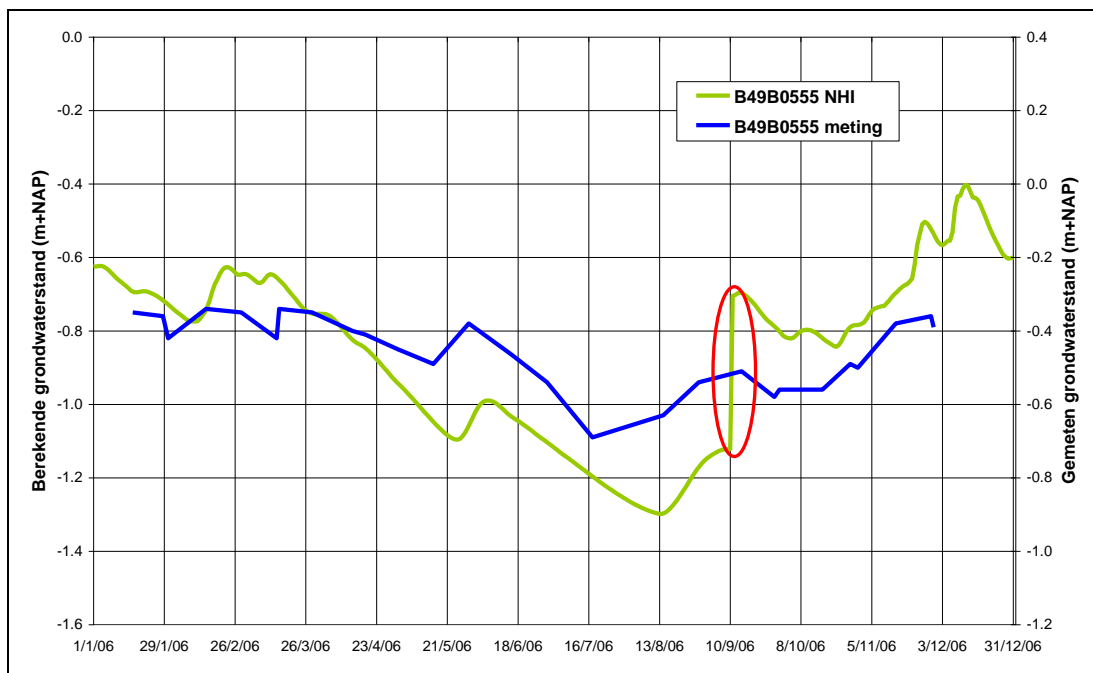


Figuur 4.24 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49B0553, jaar 2006

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop in peilbuis B49B0555 in 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.25 en Figuur 4.26. De figuren tonen aan dat de globale tendens van het grondwaterverloop door het model wordt gereproduceerd. Het uitputtingsverloop verloopt echter anders en het herstel na de droge periodes zowel in 2003 als in 2006 komt in het model te laat. De range wordt door het model overschat en het gemiddeld niveau ligt in de berekening 0,4 m lager.

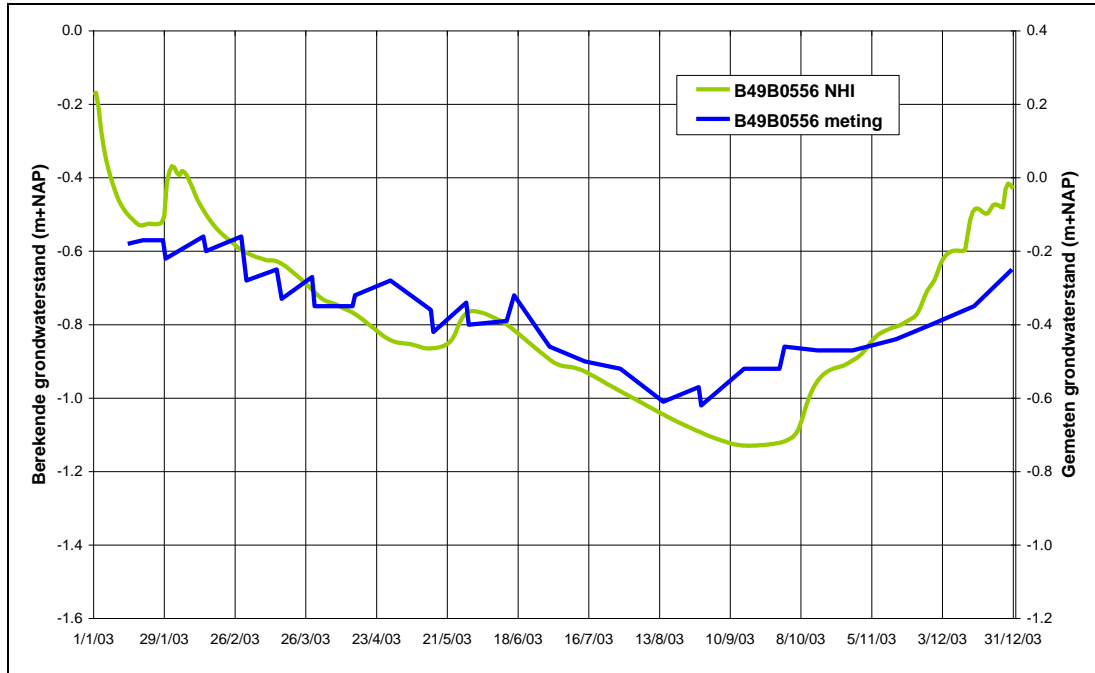


Figuur 4.25 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49B0555, jaar 2003

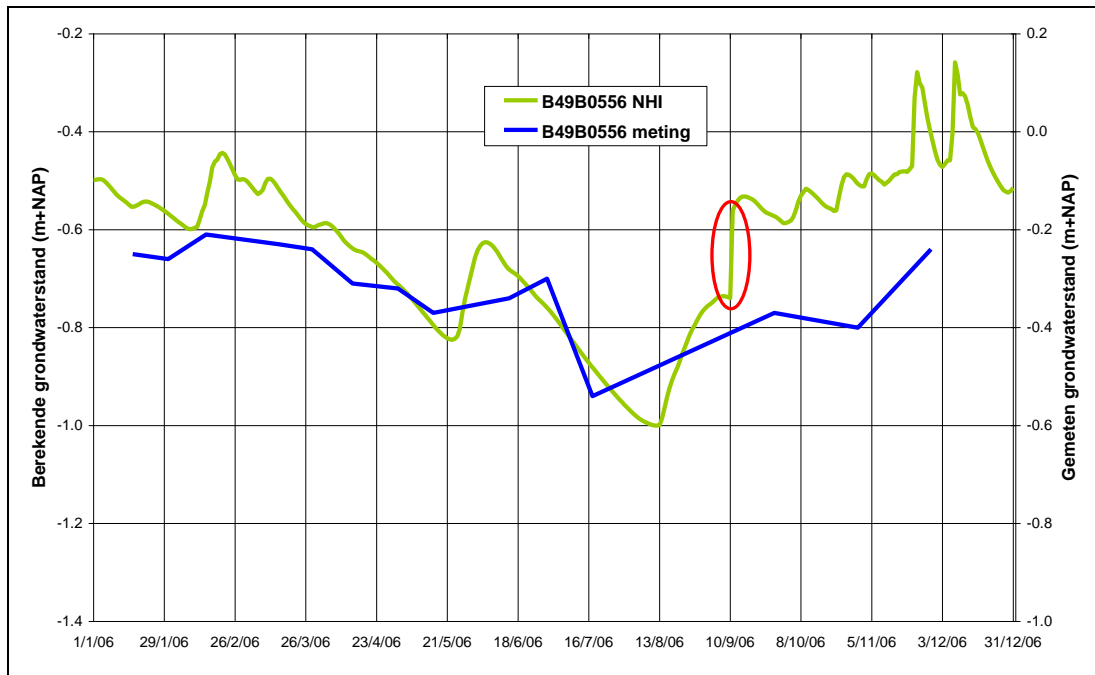


Figuur 4.26 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49B0555, jaar 2006

Het gemeten en berekende grondwaterstandverloop in peilbuis B49B0555 in 2003 en 2006 zijn weergegeven in Figuur 4.27 en Figuur 4.28. In 2003 wordt het uitputtingsverloop goed weergegeven, alleen komt het herstel van de grondwaterspiegel in dat najaar iets te laat. Voor 2006 is een vergelijking moeilijk te maken en door de geringe meetfrequentie en door de 9/11 hik in de berekening. De gemiddelde grondwaterniveaus worden in het model 0,4 m te laag berekend.



Figuur 4.27 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49B0556, jaar 2003



Figuur 4.28 Gemeten en berekende grondwaterstand peilbuis B49B0556, jaar 2006

4.3 Samenvatting

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

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

Waardeoordelen variëren van goed (+geel), redelijk/matig (+/-) tot slecht (-blauw). De vakjes gemerkt +/- verdienen een nadere analyse, terwijl de vakjes die blauw zijn gemerkt een (her)ijking nodig hebben. De tabel geeft aan dat slecht op enkele locaties een goed resultaat is bereikt. IJking van het grondwatermodel is noodzakelijk. De metingen verdienen echter ook een nader onderzoek omdat de kwaliteit ervan op diverse locaties geheel of gedeeltelijk twijfelachtig is.

Tabel 4.2 Overzicht van evaluatie van NHI grondwaterstanden op Tholen

CODE	Coördinaten		maaiveld (m+NAP)	Dynamiek	Recessie verloop	Range
	X	Y				
Scheldestromen						
B43C0277	63410	400770	0,7	?	+	+/-
B43D0192	70810	402520	1,2	?	-	-
B43D0295	70102	401872	1,2	?	+	+
B43D0296	70423	401633	1,2	+	+	+/-
B49A0022	64957	395881	-0,4	?	-	-
B49A0218	65200	394050	-0,1	?	-	-
B49B0553	70890	395090	0,0	?	-	+/-
B49B0555	72500	399500	0,1	?	+/-	+/-
B49B0556	74410	397430	0,5	?	+	+/-

5 Chlorideconcentraties

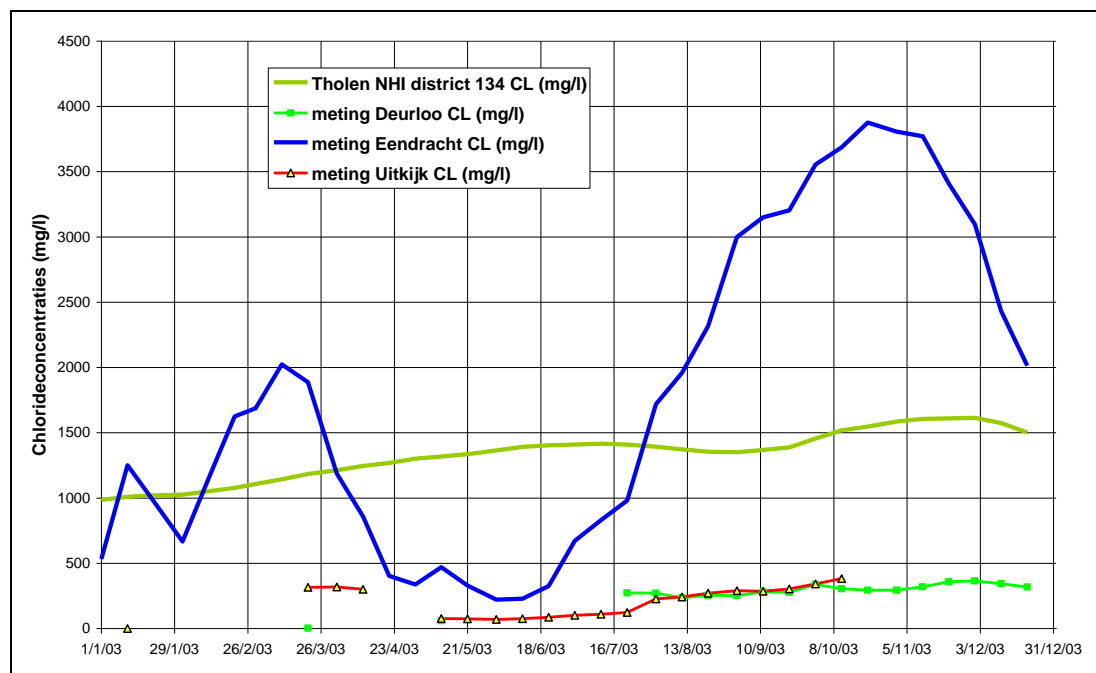
Kwartiercijfers van chloridemetingen op Tholen zijn voor 2003 en 2006 beschikbaar voor een drietal locaties:

- gemaal de Eendracht,
- inlaat Deurloo, en
- inlaat Uitkijk.

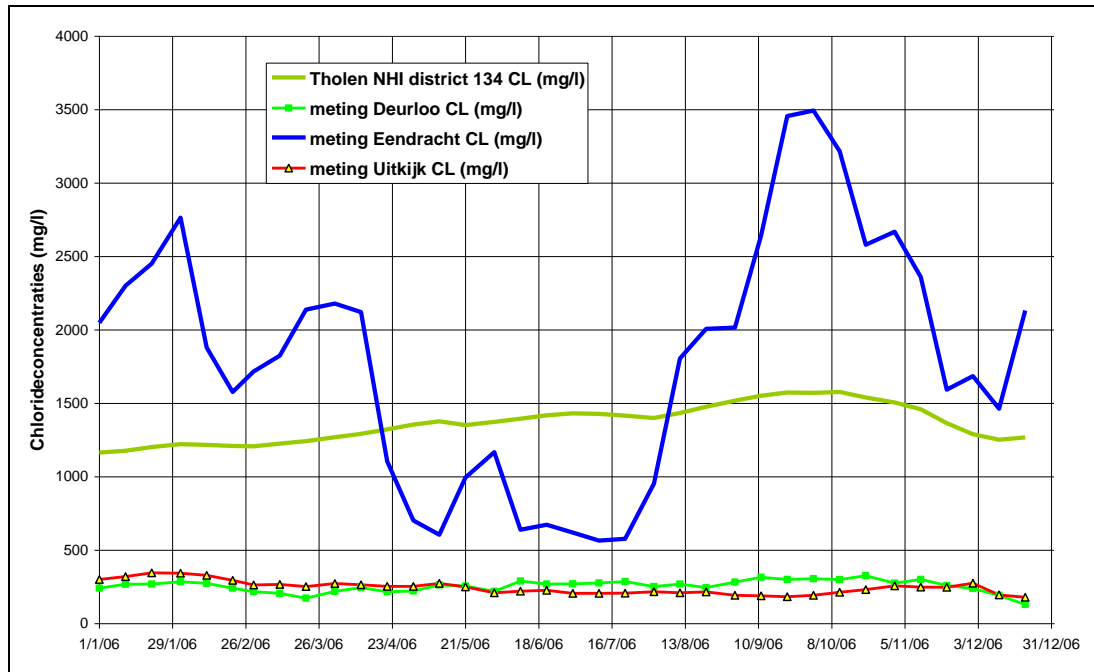
De metingen zijn geaggregeerd tot decadedcijfers voor de vergelijking met het NHI resultaat. De metingen zijn weergegeven in Figuur 5.1 en Figuur 5.2. Het beeld is van jaar tot jaar hetzelfde. Bij Deurloo en Uitkijk komt de chlorideconcentratie niet boven 400 mg/l terwijl bij gemaal de Eendracht de waarden oplopen tot het tienvoudige. Bij deze laatste locatie zijn de concentraties in het najaar het hoogst en in mei-juni het laagst.

In de figuren zijn ook de berekende zoutconcentraties voor district 134 Tholen weergegeven. De berekende waarden lopen jaarlijks op van orde 1000 mg/l in het voorjaar tot 1500 mg/l in de zomer en het najaar. Het resultaat ligt over de hele linie genomen dus tussen de metingen in, maar vertoont niet hetzelfde verloop als voor de Eendracht wordt waargenomen. In de maanden mei t/m juli overschat het model het zoutgehalte in het oppervlaktewater van Tholen.

Uit de analyses van de NHI resultaten voor waterschappen in noord, midden en west Nederland is naar voren gekomen dat het aggregatieniveau in het NHI t.a.v. de zoutmodellering te hoog is voor een goede reproductie van de concentraties. Per boezemwater of per district wordt per tijdstap één concentratie berekend. In de praktijk blijkt de chlorideconcentratie ruimtelijk binnen een NHI-eenheid sterk te kunnen variëren, waardoor zout als trigger voor een inlaat in het model vaak niet goed werkt. Meer differentiatie naar plaats van de zoutconcentratie in het NHI is daarom gewenst.



Figuur 5.1 Gemeten en berekende chlorideconcentraties op Tholen, 2003



Figuur 5.2 Gemeten en berekende chlorideconcentraties op Tholen, 2006

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Water aanvoer en afvoer

- 1 De aangeleverde oppervlaktewatergegevens zijn volstrekt onvoldoende voor de validatie van het NHI voor het beheergebied. Slechts van één locatie op Tholen zijn voor 2006 afvoergegevens ontvangen. Dit geeft een zeer beperkt beeld van de totale afvoer van Tholen. Voorts betreft het een zeer korte periode met veel missende getallen. De reeks is daarom niet verder gebruikt in de validatie van het NHI.

Grondwater

- 2 De kwaliteit van de simulatie van het grondwaterstandverloop door het NHI is beoordeeld op reproductie van de dynamiek, het uitputtingsverloop en de range. De grondwaterstandreeksen van vooral 2006 zijn zeer geschikt voor validatie van het model door de opeenvolging van droge en natte periodes. Een goede reproductie hiervan stelt hoge eisen aan het model.
- 3 De beoordeling van de dynamiek was niet mogelijk door de lage bemonsteringsfrequentie die in de peilbuizen wordt toegepast (1 x per 14 dagen en minder).
- 4 De kwaliteit van diverse grondwaterstandreeksen op Tholen was geheel of gedeeltelijk twijfelachtig. Een grondige validatie is noodzakelijk.
- 5 De kwaliteit van de reproductie van de grondwaterstanden bij Sint Annaland en in het zuiden van de van Haaftenpolder was redelijk tot goed en rond Oud-Vossemeer redelijk. De reproductie voor de overige peilbuizen was slecht, waarbij ook de opmerking onder 4 van toepassing is.
- 6 De validatie van het NHI m.b.t. het grondwater wordt ernstig bemoeilijkt door de aanwezigheid van een storing in het berekende resultaat op 11 september 2006, aangeduid als de 9/11 hik. Voor een zinvol vervolg dient deze storing eerst te worden ge-ëlimineerd.

Zoutconcentraties

- 7 De zoutconcentraties in het oppervlaktewater op Tholen variëren zeer sterk naar plaats en in de tijd. Het aggregatieniveau in het NHI is te hoog voor een goede reproductie van de ruimtelijke variatie.
- 8 Het NHI resultaat ligt over het geheel genomen tussen de beschikbare metingen in, maar vertoont niet hetzelfde verloop als voor gemaal de Eendracht wordt waargenomen. In de maanden mei t/m juli overschat het model het zoutgehalte in het oppervlaktewater van Tholen.

Eindconclusie

Of het NHI in zijn huidige staat geschikt is voor het uitvoeren van betrouwbare analyses van de waterverdeling in het beheergebied van het waterschap Scheldestromen kan niet beantwoord worden. Een correcte simulatie van het grondwaterstandverloop wordt nog lang niet overal gerealiseerd. Het aggregatieniveau van de zoutberekening (district) is te hoog voor een goede weergave van de optredende concentraties.

Om een beter resultaat te bereiken is eliminatie van de grondwaterbug nodig en is lokale ijking van de grondwatercomponent van het model gewenst. Dit vereist ook betrouwbare grondwaterstandgegevens. Een lager aggregatieniveau is nodig voor de zoutberekeningen.

6.2 Aanbevelingen

De conclusies leiden tot de volgende aanbevelingen.

- Toetsing van de verdeelsleutel voor de afvoer van district 134 naar de Oosterschelde en de Eendracht.
- Verzamelen en valideren van de waterinlaten en afvoeren van het beheergebied.
- Installeren van drukopnemers in de grondwaterpeilbuizen op een aantal sleutellocaties, zodat een meetfrequentie van tenminste 1 x per dag wordt gerealiseerd.
- Validatie van de grondwaterstanden met waarnemingen in naburige buizen, de neerslag en nabijgelegen oppervlaktewater.
- De 9/11 bug dient uit het NHI te worden ge-ëlimineerd voordat een vervolg wordt gegeven aan de validatie (wordt aan gewerkt).
- De analyse van het resultaat met het NHI voor grondwater toont aan dat het grondwatermodel lokaal geïjkt dient te worden. Het volstaat kennelijk niet om op basis van bodemgegevens het grondwaterverloop overal goed te beschrijven.
- Aanpassen van het aggregatieniveau van de zoutberekening in het model.
- Analyse van waterbalansen voor de districten afzonderlijk, nadat het grondwatermodel is aangepast en er gewerkt wordt met de verbeterde gedetailleerde neerslag.

7 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 D
Zuid Nederland
PR1640.10, april 2009

KNMI (2007)

Jaaroverzicht neerslag en verdamping in Nederland 2006
(<http://www.knmi.nl/klimatologie/monv>)

KNMI (2010)

Dagneerslagsommen, districten 1 t/m 15, 325 stations
Dagwaarden meteorologische variabelen, 25 stations

NHI (2008)

Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI
Modelrapportage, Hoofdrapport, december 2010

NHI (2008)

Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI
Modelrapportage, Deelrapport Neerslag en Verdamping, december 2010

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Noord Nederland. Jaar 2006
Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Midden en West Nederland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Oost Nederland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa

Ogink, H.J.M. (2010)

Validatie NHI voor Zuiderzeeland, Jaren 2003 en 2006.
Stowa

Walsum, P.E.V. van, A.A. Veldhuizen en P. Groenendijk (2010)

SIMGRO 7.1.0 manual, Theory and model implementation.
Alterra-report 913.1, Alterra, Green World Research, Wageningen

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