

Meetnetevaluatie en ecohydrologische systeemanalyse Schoorlse Duinen



Bell Hullenaar

**Ecohydrologisch
Adviesbureau**

Schellerweg 112, 8017 AK Zwolle
tel 038-4774559 fax 038-4774574
E-mail hullenaar@wxs.nl

In opdracht van:



staatsbosbeheer

Meetnetevaluatie en ecohydrologische systeemanalyse Schoorlse Duinen

J.S. Bell

J.W. van 't Hullenaar

Zwolle, 14 december 2004

Bell Hullenaar Ecohydrologisch Adviesbureau

Schellerweg 112

8017 AK Zwolle

Telefoon: 038-4774559

E-mail: hullenaar@wxs.nl / judybell@planet.nl

Projecttitel: Meetnetevaluatie en ecohydrologische systeemanalyse Schoorlse Duinen

Opdrachtgever: Staatsbosbeheer

Auteurs: J.S. Bell en J.W. van 't Hullenaar

Foto titelpagina: Pirolavallei (Schoorlse Duinen)

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Gebiedsbeschrijving	4
2.1	Topografische ligging	4
2.2	Geohydrologische opbouw	6
2.3	Geomorfologie en bodem	8
2.4	Oppervlaktewaterhuishouding	9
2.5	Drinkwaterwinning Bergen	10
3	Technische staat van het hydrologische meetnet	11
3.1	Opbouw van het meetnet	11
3.2	Controle van de meetgegevens	12
3.3	Veldbezoek met opnemers	13
4	Hydrologische analyse	17
4.1	Grondwaterstroming	17
4.2	Grondwaterstanden	19
4.3	Tijdreeksanalyse	23
4.4	Waterkwaliteit	29
5	Ecohydrologische detailstudies	31
5.1	Inleiding	31
5.2	Vogelmeer	32
5.3	Groeterzandgat	36
5.4	Pirolavallei	38
5.5	Hargergat	41
5.6	Baaknol-plasje	47
5.7	De Zanderij	48
5.8	De Kerf	53
6	Synthese, conclusies en aanbevelingen	57
6.1	Hydrologisch functioneren van het totale duingebied	57
6.2	Ecohydrologisch functioneren van de inzoomgebieden	59
6.3	Technische staat van het meetnet en mogelijkheden voor optimalisatie	62

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

De Schoorlse Duinen is een omvangrijk duinmassief in Noord-Holland dat wordt beheerd door Staatsbosbeheer. In de Schoorlse Duinen is sinds 1984 een hydrologisch meetnet aanwezig. In 1993 is het meetnet herzien (Woerlee, 1993). Bij de herziening is een aantal vragen geformuleerd die in deze evaluatie en systeemanalyse beantwoord moeten worden. Directe aanleiding om hiertoe over te gaan vormt de recentelijk opgestelde "Interne kwaliteitsbeoordeling Schoorlse Duinen 2001" (Erinkveld et al., 2001) en het bijbehorende "Uitwerkingsplan Schoorlse Duinen 2002-2012" (Erinkveld et al., 2002). Bovendien wordt de huidige inspanning rond het opnemen van het meetnet als hoog ervaren. Het is daarom gewenst om het meetnet te toetsen op relevantie en zo nodig tot een herziening ervan te komen.

Doelstelling

Doel van de meetnetevaluatie en de ecohydrologische systeemanalyse is:

- Analyse van het hydrologische systeem en de duurzaamheid ervan in relatie tot de mogelijkheden voor behoud, herstel en ontwikkeling van vochtige en natte vegetaties. Specifieke vragen die hierbij beantwoord moeten worden zijn:
 - In welke mate beïnvloedt de nabij gelegen drinkwaterwinning Bergen de hydrologie van de Schoorlse Duinen.
 - Hoe functioneren de huidige deelgebieden met hoge (grond)watergebonden natuurwaarden in ecohydrologisch opzicht.
 - Zijn er mogelijkheden voor ontwikkeling van nieuwe (grond)watergebonden natuurwaarden door herstel van verstuing in het duingebied.
- Afleiding van de technische staat, toetsing van de relevantie en herziening van het hydrologische meetnet.

Aanpak

Om tot een goed onderbouwde en bruikbare evaluatie en systeemanalyse te komen is voor een multidisciplinaire aanpak gekozen. Door koppeling van de resultaten van de evaluatie met gegevens ten aanzien van de geohydrologische opbouw, geomorfologie, oppervlaktewaterhuishouding, waterkwaliteit, vegetatie en flora ontstaat een goed inzicht in het functioneren van het hydrologische systeem in relatie tot de natuurdoelen, de effecten van reeds uitgevoerde maatregelen en de mogelijkheden voor aanpak van nog aanwezige knelpunten. Voor de complementering van de hydrologische analyse zijn daarbij aanvullend op de gegevens van het meetnet ook andere hydrologische gegevens en onderzoeksresultaten geraadpleegd (neerslag- en verdampingsgegevens, resultaten onderzoek duinwaterwinning, hydrologisch en hydrochemisch onderzoek duingebied, hydrologische analyse Hargergat etc.).

In hoofdstuk 2 wordt de resultaten van de gebiedsbeschrijving weergegeven. Eerst wordt ingegaan op de ligging en begrenzing van het natuurgebied (paragraaf 2.1). Vervolgens worden aan de hand van kaarten en profielen de geohydrologische opbouw, de geomorfologie & bodem, de oppervlaktewaterhuishouding en de drinkwaterwinning Bergen beschreven (paragraaf 2.2 t/m 2.5).

In hoofdstuk 3 wordt de technische staat van het meetnet beschreven. Aangegeven wordt welke meetpunten precies aanwezig zijn, wat de herkomst hiervan is en op welke wijze de meetgegevens en het meetnet gecontroleerd en (zo mogelijk) gecorrigeerd zijn op fouten.

In hoofdstuk 4 wordt de hydrologische analyse behandeld. Aan de hand van de meetresultaten wordt eerst het grondwaterstromingspatroon gevisualiseerd (paragraaf 4.1). Vervolgens wordt met behulp van grafieken van de meetpunten het grondwaterstandsverloop in beeld gebracht (paragraaf 4.2) en wordt aan de hand van het programma "Menyanthes" het grondwaterstandsverloop nader geanalyseerd (paragraaf 4.3). In paragraaf 4.4 wordt de waterkwaliteitssituatie weergegeven.

In hoofdstuk 5 worden een aantal locaties met waardevolle, (grond)watergebonden natuurwaarden (Vogelmeer, Groeterzandgat, Pirolavallei, Hargergat, Baaknol-plasje, De Zanderij en De Kerf) op gedetailleerde wijze nader onderzocht. Door het leggen van relaties tussen de hydrologische en hydrochemische omstandigheden op subregionaal en lokaal niveau en de aanwezige vegetaties en wordt het functioneren van de ecohydrologische systemen inzichtelijk gemaakt. Hierbij is gebruik gemaakt van de meetresultaten van het hydrologisch meetnet, de resultaten van aanvullend waterkwaliteitsonderzoek en de resultaten van een aantal vegetatiekarteringen.

In hoofdstuk 6 zijn de synthese en de conclusies weergegeven en worden aanbevelingen gedaan voor optimalisatie van het meetnet.

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Topografische ligging

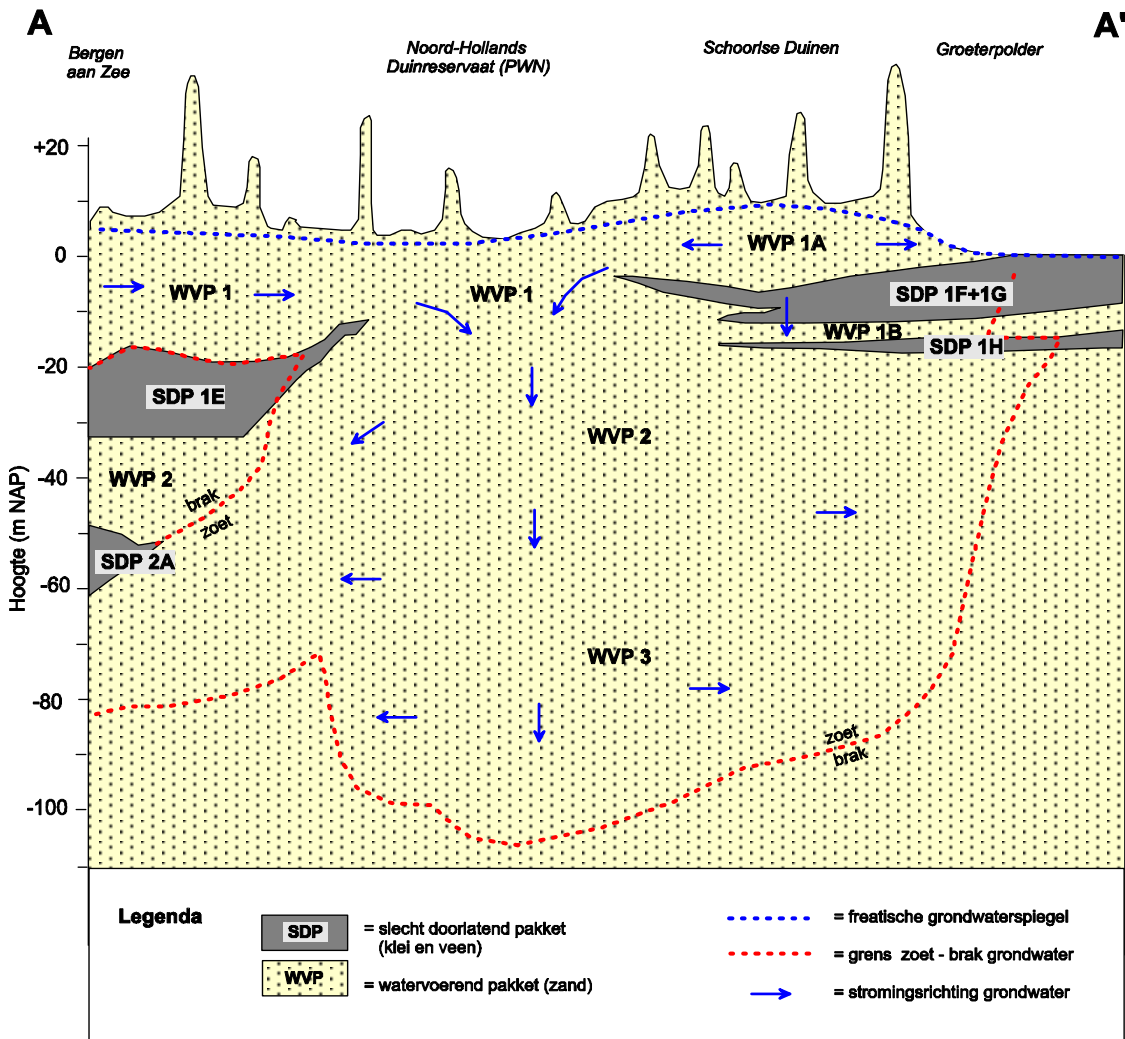
De ligging en begrenzing van het natuurgebied is aangegeven op de topografische kaart van figuur 2.1. Het natuurgebied de Schoorlse Duinen bestaat uit een groot aaneengesloten duinmassief van circa 1850 ha. Het gebied wordt begrensd door de zeereep tussen strandpalen 26 en 31 en de bebouwing van Camperduin, Hargen, Groet, Catrijp, Schoorl en Aagtdorp, die grenst aan de binnenduinrand. In het zuiden ligt het Noord-Hollands Duinreservaat, dat wordt beheerd door het Provinciaal Waterleiding Bedrijf van Noord-Holland (PWN). De oude gemeentegrens tussen Bergen en Schoorl vormt de grens. Landschapsecologisch vormt het gebied ten zuiden en noorden van deze grens één geheel.

De Schoorlse duinen bestaan voornamelijk uit bos en struweel (958 ha), open duin (611 ha) en heide (190 ha). De bossen bestaan hoofdzakelijk uit naaldbos. Hoewel de gehele beheereenheid in bezit is van Staatsbosbeheer is een deel van de buitenste duinstrook (van circa 300 meter breed) in technisch beheer bij het Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen, omdat deze strook fungeert als zeewering.

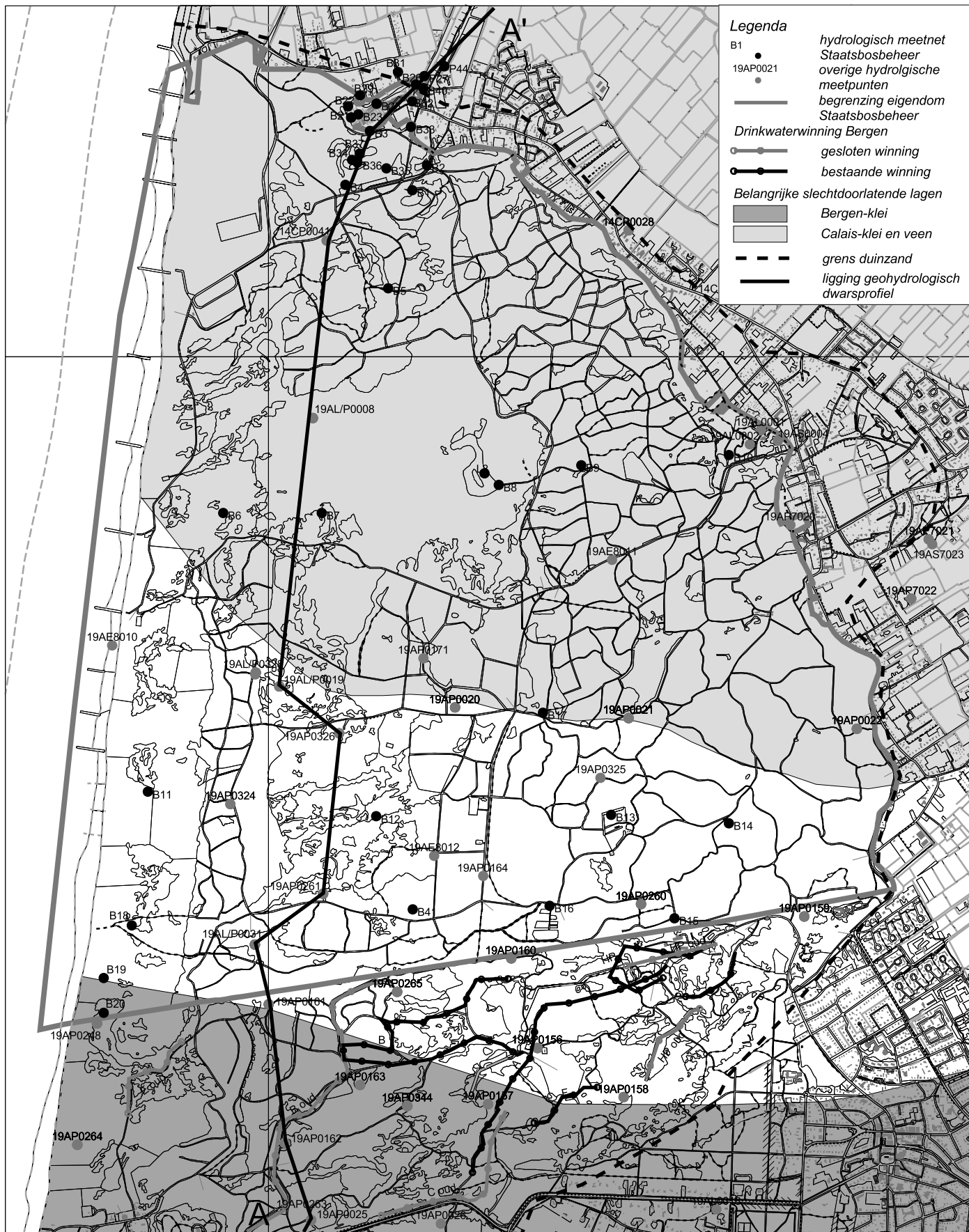
2.2 Geohydrologische opbouw

In de dwarsdoorsnede van figuur 2.2 wordt de geohydrologische opbouw van de Schoorlse Duinen en omgeving weergegeven. De raai van het dwarsprofiel is aangegeven op de kaart van figuur 2.3. Bij de schematisatie van de geohydrologische opbouw is de indeling van Stuyfzand gevolgd (Stuyfzand, 1989). Deze indeling is toegespitst op het duingebied en daarom beter toepasbaar dan die van de grondwaterkaart (Lageman & Homan, 1979).

In het gebied worden drie watervoerende pakketten (afgekort als WVP) en een aantal slecht doorlatende pakketten (afgekort als SDP) onderscheiden. Voor de Schoorlse Duinen is de combinatie van SDP 1F + 1G van groot belang. SDP 1F bestaat uit Calaisklei (= kleiige wadafzettingen) en veen. De laag ligt globaal tussen -2 en -4,5 mNAP en de dikte loopt uiteen van 1,5 tot 3 m. Direct hieronder ligt SDP 1G, bestaande uit kleihoudende zanden (Calais II) en basisveen. De top van dit pakket bevindt zich op -4,5 mNAP en het basisveen op circa -7 mNAP. Ter plaatse van de Schoorlse duinen bedraagt de totale weerstand van SDP 1F + 1G circa 5.000 à 10.000 dagen (IWACO, 1997).



Figuur 2.2 Geohydrologische dwarsdoorsnede A-A'. Voor ligging van dwarsdoorsnede zie figuur 2.3 (bron gegevens: Stuyfzand, 1989).



Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Meetnet evaluatie en ecohydrologische systeemanalyse Schoorlse duinen

Figuur 2.3 Verbreiding van belangrijkste slecht doorlatende lagen

1:30000

De verbreiding van SDP 1F + 1G is weergegeven op de kaart van figuur 2.3. De laag komt voor onder het noordelijke deel en het middendeel van de Schoorlse Duinen, ongeveer tot aan de Mariaweg. In de polders ligt deze laag aan de oppervlakte en vormt hier de deklaag. Verder naar het zuiden, in het gebied van het Noord-Hollands Duinreservaat in de richting van Bergen aan Zee, is SDP1E van groot belang. Deze slecht doorlatende laag wordt gevormd door de zogenaamde Bergen-klei (Calais IV). Ook de verbreiding van deze laag is op de kaart van figuur 2.3 aangegeven.

In het noordelijke deel van het waterwingebied en het zuidelijk deel van Schoorlse duinen is een zone aanwezig waar tot op een diepte van 100 m beneden NAP geen goed ontwikkelde slecht doorlatende lagen aanwezig zijn. Dit komt doordat in deze zone het voormalig zeegat van Bergen ligt met afzettingen van marien zand en zandige randfracties van kleiïge sedimenten van verder noordelijk en zuidelijk gelegen gebieden.

In de Schoorlse duinen ligt boven SDP 1F + 1G het watervoerende pakket WVP 1A. Dit watervoerende pakket bestaat uit duin- en strandzand (Westlandformatie). Onder SDP 1F+1G komt nog een dun watervoerend pakket WVP1B voor (Formatie van Twente). Het tweede watervoerende pakket bestaat uit zanden van de Formatie van Twente en Eem-formatie. Vanuit deze laag wordt door de drinkwaterwinning van Bergen duinwater onttrokken (zie paragraaf 2.5). Op nog grotere diepte ligt het derde watervoerende pakket (WVP III). Op zo'n 80 à 100 meter beneden NAP bevindt zich de overgang van zoet naar brak grondwater.

2.3 Geomorfologie en bodem

De hoogteligging van het gebied is tezamen met het isohypsenpatroon weergegeven in figuur 4.1. Het isohypsenpatroon wordt behandeld in hoofdstuk 4 (hydrologische analyse).

Het gebied wordt gekenmerkt door hoge en lage kustduinen met bijbehorende vlakten en laagten. In de binnenduinstrand hebben de duinen een grote hoogte (tot +54 mNAP). In westelijke en zuidwestelijke richting neemt de hoogteligging geleidelijk af. In de laagste delen heeft het maaiveld een hoogteligging van circa +2 mNAP.

Eind jaren negentig (van de 20^e eeuw) is op een aantal plekken de bovengrond verwijderd om verstuiwing van zand en het spontaan ontstaan van vochtige tot natte duinvalleien mogelijk te maken. Op een aantal plaatsen is het duin afgegraven. Aanvankelijk werd dit in gedaan om zand te winnen (Hargergat, Pirolavallei, Groeterzandgat en Brouwerskom). Later gebeurde dit ook in het kader van natuurontwikkeling (Vogelmeer, Pirolavallei en de Kerf).

De bodem van het gebied bestaat overal uit kalkloze duinvaaggronden. De kalkarmoede van deze "blonde" duinen ten noorden van Bergen aan Zee hangt samen met de herkomst van de zanden van de Noordduitse laagvlakte: deze zanden zijn miljoenen jaren lang uitgeloogd. Ten zuiden van Bergen aan Zee liggen kalkrijke, gele duinen, voornamelijk bestaande uit Rijnzand. De scherpe grens tussen de kalkarme en kalkrijke duinen komt mede door de ligging van het voormalige zeegat tussen Egmond en Bergen.

2.4 Oppervlaktewaterhuishouding

Zowel op de topografische kaart en de hoogtekaart is het oppervlaktewaterstelsel aangegeven. In de duinen komt oppervlaktewater voor in de vorm van duinmeertjes en vennetjes. Centraal in het gebied ligt het Vogelmeer. Aan de noordzijde van het gebied liggen in het Groeterzandgat en de Pirolavallei enkele kleine, ondiepe vennetjes.

Aan de rand van het duinmassief ontspringen op twee plaatsen duinrellen. Eén van de duinrellen ligt aan de oostzijde van het duinmassief, net ten noorden van het bezoekerscentrum. De andere duinrel ligt in het Hargergat, aan de noordzijde van het duinmassief. De duinrel van het Hargergat stroomt uit in de Hargervaart, die op zijn beurt afwatert op het slotenstelsel van het noordoostelijk gelegen poldergebied. Loodrecht op de duinrel en de Hargervaart is in het dal van het Hargergat een greppel-systeem aangelegd. Bij de behandeling van de ecohydrologische detailstudies (hoofdstuk 5) wordt de oppervlaktewaterhuishouding van het Hargergat nader beschreven.

In de omringende poldergebieden zijn uitgebreide waterlopenstelsels aangelegd. Omdat het poldergebied voornamelijk bestaat uit zand en klei treedt nauwelijks klink van de bodem op. De polderpeilen in de omringende polders zijn daarom de laatste honderd jaar nagenoeg ongewijzigd gebleven. De polderpeilen lopen uiteen van circa $-0,5$ mNAP tot $-1,4$ mNAP. Plaatselijk wordt langs de binnenduinrand een hoger polderpeil gehanteerd van circa $0,0$ tot $+1,0$ mNAP (IWACO, 1997).

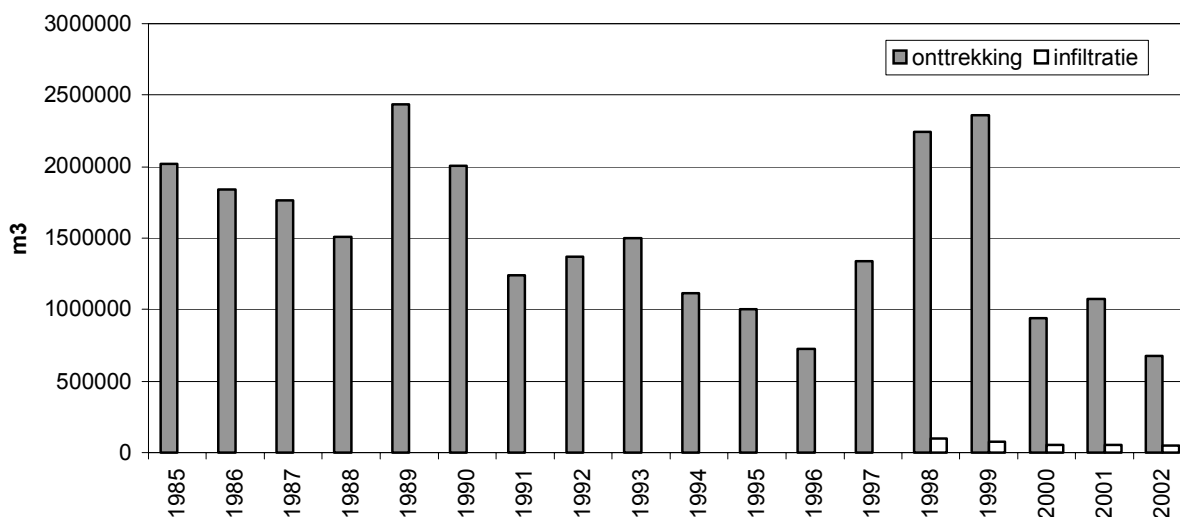
2.5 Drinkwaterwinning Bergen

Ten zuidoosten van het eigendom van Staatbosbeheer ligt de drinkwaterwinning Bergen (zie topografische kaart, figuur 2.1). Hier wordt vanuit het tweede watervoerend pakket grondwater onttrokken. De winning van dit duinwater vindt plaats door middel van langgerekte series van pompputten die elk gekoppeld zijn aan een pompgebouwtje, de zogenaamde secundairs (secundaire pompstations).

De duinwaterwinning van Bergen is eind jaren tachtig gerenoveerd. Secundairs E-oud, D-oud, C-oud en HP-oud zijn toen gesloten (zie figuur 2.1). Deze secundairs hadden allen filters in WVP II, behalve E-oud, die ondiepe pompfilters in WVP 1A had. De onttrekkingshoeveelheid van secundair E-oud was echter beperkt. Bij de renovatie zijn secundairs B en C gebouwd op nieuwe locaties. Secundair A is gerenoveerd op dezelfde locatie, secundair F is gehandhaafd. Secundair HP-oud is vervangen voor een zevental ondiepe pompputten voor terugwinning van voorbehandeld proceswater dat ten westen van het pompstation wordt geïnfiltreerd in de zogenaamde meertjes van Bergen. Deze secundair is ook bedoeld om het pompstation bij hevige regenval te vrijwaren van wateroverlast.

Eind jaren tachtig is de PWN ook begonnen om de duinwaterwinning in het totale wingebed (Bergen en Wijk aan Zee/Castricum) verder te verminderen van circa 6.000.000 m³/jaar in de jaren tachtig naar maximaal 2.000.000 m³/jaar. De winning wordt daarbij in principe gelijk verdeeld over de twee wingebeden (Wijk aan Zee-Castricum 1.000.000 m³/jaar en Bergen 1.000.000 m³/jaar). De duinwaterwinning wordt daarbij vooral ingezet voor opvang van verbruikspieken

De totale jaarlijkse onttrekkingshoeveelheden voor de winning van Bergen zijn aangegeven in de grafiek van figuur 2.4. In de jaren tachtig werd jaarlijks circa 2 miljoen m³/jaar onttrokken. In de jaren negentig vond eerst een afname plaats naar een niveau van circa 1.000.000 m³/jaar. In 1998 en 1999 werd echter toch weer ruim 2.000.000 m³/jaar gewonnen. Vanaf 2000 bedraagt de jaarlijks onttrokken hoeveelheid echter weer circa 1.000.000 m³/jaar



Figuur 2.4 Totale jaarlijkse onttrekkingshoeveelheden pompstation Bergen in de periode 1985-2002 (bron gegevens: PWN)

3 Technische staat van het hydrologisch meetnet

In paragraaf 3.1 wordt een toelichting gegeven op de opbouw van het meetnet en de herkomst van de meetpunten. In paragraaf 3.2 wordt ingegaan op de detectie van fouten in de gegevens met behulp van de waterstandsreeksen. In paragraaf 3.3 worden de resultaten weergegeven van het veldbezoek met de opnemers.

Een overzicht van alle uit te voeren correcties in de databank en inmetings- en herstelwerkzaamheden voor het meetnet is weergegeven in bijlage 8. Dit overzicht is enerzijds gebaseerd op de technische evaluatie (paragrafen 3.2 en 3.3) en anderzijds op de resultaten van de systeemanalyse: op grond hiervan wordt uiteindelijk beslist welke meetpunten het best beëindigd / gehandhaafd kunnen worden.

3.1 Opbouw van het meetnet

Alle meetpunten van het meetnet in de huidige situatie zijn aangegeven op de topografische kaart van figuur 2.1. Behalve de meetpunten van Staatsbosbeheer zijn ook de meetpunten van derden aangegeven. De meetpunten van Staatsbosbeheer zijn in zwart weergegeven en de overige meetpunten in rood.

De meetnetevaluatie heeft betrekking op alle meetpunten van het meetnet van Staatsbosbeheer. In bijlage 1 is een overzicht opgenomen van de technische gegevens van alle meetpunten van Staatsbosbeheer zoals weergegeven in de databank DINO van NITG-TNO. Een aantal meetpunten van derden zijn overigens wel gebruikt als aanvulling bij de hydrologische analyse, met name in het gebied van de drinkwaterwinning Bergen (isohypsenkaart en tijdreeksanalyse).

Het meetnet van Staatsbosbeheer omvat peilbuizen B1 t/m B41, een aantal piketten en een peilschaal en is onder te verdelen in:

- B1 t/m B14 = oude deel meetnet SBB vanaf 1984.
- B15 t/m B20 & L8: bijgeplaatst door Grontmij bij de revisie in 1994. Peilschaal L8 is echter niet ingemeten en ook nooit opgenomen.
- B21 t/m B26, P27, P28, B40 (Hargergat): overgenomen van Stichting Noord-Hollands Landschap: geplaatst in 1991. B23 in 1994 door Grontmij herplaatst.
- B29 t/m B33 (Hargergat): overgenomen van hogeschool Alkmaar. Geplaatst in 1993.
- B34 en B35 (Pirolavallei): overgenomen van provincie Noord-Holland
- B36 en B37 (Pirolavallei): in 1994 door Grontmij geplaatst bij meetnetrevisie.
- B41: later bijgeplaatst door SBB, nooit ingemeten.

Een aantal SBB-meetpunten zijn inmiddels beëindigd. Ook in de databank zijn deze beëindigingen doorgevoerd (zie overzicht stamgegevens bijlage 1). Deze meetpunten zijn dus niet op de kaart van het meetnet in de huidige situatie aangegeven (figuur 2.1). Het betreft:

- P1 (beëindigd in 1985).
- B24 en B30 (beëindigd in 1998)
- P42, P43 en P44: oude meetpunten van Stichting Noord-Hollands Landschap.

3.2 Controle van de meetgegevens

Detectie en correctie van meetfouten met behulp van grafieken van het (grond)-waterstandsverloop

Voor het opsporen van fouten in de meetreeksen zijn met behulp van de gegevens uit de databank DINO (niet gecorrigeerde) grafieken gemaakt van het verloop van de (grond)waterstand in de tijd. Vreemde waarden in de grafieken zijn nader onderzocht. De vreemde waarden konden grotendeels worden herleid met behulp van de opnameformulieren. Alle geconstateerde fouten zijn vermeld in het overzicht van bijlage 2. In de ordner van de opnamegegevens zijn met potlood de correcties vermeld zoals ze door Bell Hullenaar zijn toegepast ten behoeve van de verdere hydrologische analyse. Aan de hand hiervan kunnen ook correcties in de databank DINO doorgevoerd worden.

De meest voorkomende fouten zijn:

- Opnameformulier goed maar waarde fout ingevoerd in DINO.
- Opnamen van verschillende filters of buizen met elkaar verwisseld.
- Opname verkeerd vermeld: bijvoorbeeld een meter te hoog of te laag.

Resterende vragen

De vragen ten aanzien van de vreemde waarden die niet verklaard konden worden aan de hand van de opnameformulieren zijn besproken met de opnemers bij de technische opname van het meetnet. De vragen zijn weergegeven in tabel 3.1, de antwoorden worden behandeld in paragraaf 3.3.

Tabel 3.1 Resterende vragen die besproken zijn met de opnemers

SBB code	vraag
B22	Waarom niet opgenomen van 15/9/96 tot 15/12/99
B26, B32	Buis loopt vaak over – te laag afgewerkt
B29	is er reden voor onderbreking 28/11/94 tot 14/10/95
P27	Trendbreuk in 1994. Het hoogteverschil tussen de 2 meetpunten is 47 cm – komt overeen met de trendbreuk. Nog een trendbreuk na 28/8/2001.
P28	Er vindt geen opname meer plaats, meetpunt is echter niet beëindigd in databank
B34	Vreemde sprongen in reeks
B41	Referentiehoogte onbekend, geen waterstandsgegevens in databank

3.3 Veldbezoek met de opnemers

Op 1 en 2 maart 2004 zijn door Van 't Hullenaar (Bureau Bell Hullenaar) alle meetpunten met de huidige opnemers (Jos Kloppenburg en Chris Hartog) bezocht. De vragen ten aanzien van de vreemde waarden in de meetreeksen zijn besproken, de technische toestand is beoordeeld, de buizen zijn schoongepompt en bij elke peilbuis is een EGV-meting verricht. De resultaten van de inventarisatie van de technische toestand en de EGV-metingen zijn weergegeven in de tabel in bijlage 3. In de onderstaande tekst worden de resultaten nader toegelicht. De resultaten van de EGV-metingen worden echter behandeld in paragraaf 4.4 (waterkwaliteit).

Beantwoording van resterende vragen (tabel 3.1)

- B22 is niet opgenomen van 15-9-1996 tot 15-12-1999 omdat de buis onder een baggerdepot belandt is (vrijkomende materiaal uit Hargervaart). De buis is eind 1999 naast het depot herplaatst maar de buis is niet opnieuw ingemeten. In de databank worden de nieuwe metingen (vanaf eind 1999) gerelateerd aan de oude referentiehoogte van B22, waardoor een sprong in de reeks aanwezig is. Deze buis moet dus opnieuw ingemeten worden.
- B26 en B32 lopen vaak over door een te lage afwerking (buizen in putje).
- Bij P27 (oppervlaktewatermeetpunt stuw Hargervaart) zijn twee sprongen in de reeks aanwezig als gevolg van onjuistheden in de gehanteerde referentiehoogte van het meetpunt.
 - De eerste sprong treedt op in 1994, als het meetpunt bij de revisie opnieuw ingemeten wordt (Grontmij, 1995) en het referentie-niveau 47 cm hoger wordt (van $-0,29$ naar $+0,18$ mNAP). De trendbreuk in de ongecorrigeerde waterstandsreeks komt hiermee precies overeen. Dit wijst erop dat de hoogten van de referentie-niveau's voor en na de revisie in feite aan elkaar gelijk zijn terwijl in de databank twee verschillende waarden worden aangehouden.
 - De tweede sprong treedt op doordat vanaf 28-10-2001 vanaf een ander referentiepunt de waterstand opgenomen wordt (bij overname van de opname van het meetnet door een nieuwe opnemer). Voor die datum was de beschoeiing voor de stuw het referentiepunt, na die datum de bovenkant van de stuw.
- P28 is komen te vervallen, maar het meetpunt is nog niet beëindigd in de databank.
- De reeks van B29 heeft een onderbreking tussen 28-11-1994 en 14-10-1995. De reden hiervan is het tijdelijk zoek raken van de buis.
- Uit de tijdreeksanalyse met behulp van Menyanthes is gebleken dat bij B34 vreemde sprongen in de reeks optreden. Het beeld komt daarbij niet overeen met dat van nabij gelegen buizen B36 en B37.
- Peilbuis B41 wordt wel opgenomen maar in de databank is de referentie-hoogte van de buis onbekend. Dit komt doordat B41 nooit is ingemeten. Bovendien functioneert de buis niet goed omdat hij veel te ondiep is: (vrijwel) elke zomer valt de buis langdurig droog. Het is dus weinig zinvol om de buis alsnog in te meten.

Belangrijkste bevindingen opnameronde

Tijdens de opnameronde op 1 en 2 maart 2004 is geconstateerd dat opname van peilbuizen B1 t/m B14 plaatsvindt vanaf de bovenrand van de metalen beschermkokers. De metalen kokers zijn te smal en de buizen zitten te diep om vanaf de bovenkant van de peilbuis te meten. Bovendien is aan de hand van de technische gegevens geconstateerd dat bij de meetnetrevisie in 1994 de referentie-niveau's van B1 t/m B14 allen verlaagd zijn. Uit de (eerste) tijdreeksanalyse met behulp van Menyanthes bleken juist op dit moment grondwaterstands dalingen op te treden die niet verklaarbaar waren uit het verloop van de neerslag en de verdamping. Deze constatering deden vermoeden dat bij het opnieuw inmeten van de peilbuizen bij de revisie in 1994 de (bovenkanten van de) peilbuizen als referentie gehanteerd zijn terwijl bij de plaatsing in 1984 en de opname vanaf 1984 tot heden de metalen beschermkokers als referentie gehanteerd zijn.

Om dit te controleren zijn bij de opname op 1 en 2 maart 2004 de hoogten van de beschermkokers en de hoogten van de bovenkanten van de peilbuizen ten opzichte van maaiveld ingemeten. Uit de stamgegevens (bijlage 1) zijn de hoogten van de referentie-niveau's ten opzichte van maaiveld van de periodes voor en na revisie van 1994 afgeleid. In tabel 4.1 worden deze gegevens met elkaar vergeleken.

Uit de vergelijking blijkt dat in de meeste gevallen (B4 t/m B14) de hoogte van de beschermkoker nagenoeg overeen komt met de referentie-hoogte van het meetpunt voor 1994 terwijl na 1994 de hoogte van de bovenkant van de peilbuis overeenkomt met het referentie-niveau. De mate waarin de referentie-niveau's in 1994 verlaagd zijn komen dan ook overeen met de hoogteverschillen tussen de bovenkanten van de beschermkokers en de peilbuizen. Het beeld wordt enigszins vertroebeld door andere wijzigingen die in de loop der tijd kunnen optreden. Zo kan door opstuiving of afglijding van zand langs de helling het maaiveldsniveau stijgen (bijvoorbeeld bij B1, terwijl het hoogteverschil tussen mantel en buis hier wel goed overeenstemt met de verlaging van het referentie-niveau in de databank) of kan door andere oorzaken het referentieniveau van peilbuizen wijzigen (meetfouten van enkele centimeters in de landmeting of daadwerkelijke kleine verandering van de referentiehoogte).

Tabel 3.2 *Vergelijking van niveau's (tov maaiveld) van beschermkokers en peilbuizen bij opname in 2004 met stamgegevens in de databank*

Meet-punt	opname 2004			stamgegevens databank			
	Hoogte beschermkoker tov MV (cm)	Hoogte peilbuis tov mv (cm)	Hoogte-verschil koker en peilbuis (cm)	Ref.niveau peilbuis tov MV volgens stamgeg. 1984-1994 (cm)	Ref. niveau peilbuis tov MV volgens stamgeg. vanaf 1994 (cm)	Hoogte-verschil stamgeg. bij meting tov MV (cm)	Hoogte-verschil stamgeg. in databank (cm)
B1	18	5	-13	26	18	-12	-14
B2	26	10	-16	37	15	-22	-21
B3	20	9	-11	30	9	-21	-14
B4	25	10	-15	22	15	-7	-20
B5	30	16	-14	33	18	-15	-16
B6	43	32	-11	46	33	-13	-14
B7	35	23	-12	34	23	-11	-14
B8	30	19	-11	27	19	-8	-14
B9	32	20	-8	29	19	-10	-15
B10	36	26	-10	39	26	-13	-12
B11	30	19	-11	30	21	-9	-15
B12	34	21	-13	33	21	-12	-19
B13	29	17	-12	29	18	-11	-16
B14	38	25	-13	38	26	-12	-16

Ondanks de vertroebeling van het beeld is het duidelijk dat de in 1994 optredende grondwaterstandsdingen die met behulp van Menyanthes zijn afgeleid te wijten zijn aan hantering van afwijkende referentie-niveaus bij de revisie in 1994 ten opzichte van de plaatsing van de meetpunten in 1984 en de opname vanaf 1984 tot heden. Deze fout resulteerde in fictieve grondwaterstandsdingen van 14 tot 21 cm in de (niet gecorrigeerde grondwaterstandsmeetreeksen). Voor de verdere hydrologische analyse zijn de reeksen hierop gecorrigeerd.

Ook een groot aantal van de overige peilbuizen (B19, B20, B21A, B21B, B22, B25A, B25B, B34, B36 en B37) zijn in metalen beschermkokers geplaatst (zie bijlage 3), maar met uitzondering van B34 wordt de opname van de grondwaterstand hier gewoon vanaf de bovenkant van de peilbuis verricht (dus geen fouten in databank).

Bij B34 (Pirolavallei) wordt in de huidige situatie bij de opnamen de metalen beschermkoker als referentie gehanteerd. Ook hier is echter bij de revisie in 1994 de buis zelf als referentie gehanteerd (hoogteverschil 40 cm). Omdat de buis pas bij de revisie geplaatst is en in de databank het referentie-niveau altijd ongewijzigd is gebleven treden als gevolg van de verschillende hantering van referentie-niveaus bij de inmeting ten opzichte van de opnamen echter geen sprongen in de meetreeks op. Toch is uit de tijdreeksanalyse met behulp van Menyanthes (zie paragraaf 4.3) gebleken dat in de reeks van B34 een aantal vreemde sprongen zit die niet verklaarbaar zijn uit het verloop van het neerslagoverschot (of eventuele effecten van ingrepen in het gebied en de omgeving). In sommige perioden zijn de meetwaarden systematisch hoger en andere perioden zijn de meetwaarden systematisch lager dan de gesimuleerde reeks op grond van het neerslagoverschot. Het lijkt erop dat deze vreemde sprongen veroorzaakt worden door hantering van verschillende referentie-niveaus in verschillende perioden van opname: sommige perioden is gemeten vanaf de bovenkant van de peilbuis en andere perioden vanaf de bovenkant van de beschermkoker. Het is echter lastig om precies te traceren wat er gebeurd is waardoor correctie ook niet goed mogelijk is. Daarbij is buis B34 ook niet onmisbaar voor het inzichtelijk maken van het hydrologisch systeem van de Pirolavallei.

Alle overige meetpunten (B15 t/m B18, B23, B26, B29, B31, B32, B33, B35 en B40) zijn in putjes met deksels geplaatst: bovengenoemde problemen doen zich hier niet voor.

Overige geconstateerde fouten en gebreken tijdens opnameronde

- Bij B4 is het maaiveld vanaf 13-4-1994 verkeerd vermeld in de databank.
- Bij B5 ontbreekt de kap en het slot van de beschermkoker.
- B21: grondwaterstand A-filter is altijd gelijk aan B-filter: er treedt lekkage op via het boorgat of een slecht doorlatende laag ontbreekt.
- B33: functioneert niet goed, bij het doorpompen van de buis trad geen goede toestroming van grondwater op (filter verstopt), uit de meetreeks-analyse met behulp van Menyanthes is gebleken dat de buis naijlt, en de buis is vrij ondiep waardoor soms droogval in de zomer optreedt.
- In het Vogelmeer is peilschaal L8 aanwezig (geplaatst door Grontmij bij meetnetrevisie in 1994), maar dit meetpunt is nooit ingemeten en wordt ook niet opgenomen.

4 Hydrologische analyse

4.1 Grondwaterstroming

Het isohypsenpatroon van het duingebied is tezamen met de hoogteligging weergegeven op de kaart van figuur 4.1 (isohyps = lijn van gelijke stijghoogte, ofwel grondwaterstand). De isohypsenkaart is gebaseerd op de grondwaterstandsgegevens van het meetnet van Staatbosbeheer (Schoorlse Duinen) en gegevens van derden (onder andere PWN). Op de kaart wordt de situatie van 14-4-2000 weergegeven: op deze datum was bij benadering een GHG-situatie aanwezig (GHG = Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand). Dit is dus een “normale” natte wintersituatie waarbij het afstromingspatroon goed tot uitdrukking komt.

Voor de situatie van 14-4-2000 is ook een hydrologisch dwarsprofiel van het duingebied vervaardigd (figuur 4.2). De raai van dit profiel loopt vanaf de binnenduinrand en drinkwaterwinning in het zuidoosten tot en met het bovenstroomse gedeelte van het Hargergat in het noorden (profiel B-B'). In het profiel is tevens de hydrochemische opbouw van het grondwatersysteem weergegeven, gebaseerd op gegevens van een promotieonderzoek aan de Vrije Universiteit in Amsterdam (Stuyfzand, 1989). De hydrochemie wordt behandeld in paragraaf 4.4.

Op de isohypsenkaart is te zien dat in het hooggelegen middendeel en noordelijke deel van de Schoorlse Duinen een radiaal afstromingspatroon aanwezig is met het Vogelmeer als middelpunt. In de omgeving van het Vogelmeer bedraagt de grondwaterstand circa +10 mNAP (B8 = 10,10 mNAP). Aan de randen van het duingebied treedt het grondwater als kwelwater uit in de omringende polders en de Noordzee. Aan de zuidoostzijde stroomt het grondwater af naar de drinkwaterwinning Bergen.

In het dwarsprofiel is de sterke opbolling van de grondwaterspiegel in de Schoorlse Duinen goed zichtbaar. De sterke opbolling hangt samen met de aanwezigheid van de zeer slecht doorlatende laag op circa -2 tot -7 mNAP (veen- en kleilaag). Vergelijking van de isohypsenkaart met de kaart van de verbreiding van de slecht doorlatende laag (figuur 2.3) geeft aan dat ook elders in het duingebied de sterke opbolling samenhangt met de aanwezigheid van de slecht doorlatende laag.

In het zuidelijke en zuidwestelijke deel van de Schoorlse Duinen en grotendeels ook in het aangrenzende gedeelte van het Noord-Hollands Duinreservaat ontbreekt een weerstandsbiedende laag. In samenhang hiermee is in dit gebied een vlakke en lage grondwaterspiegel aanwezig. In het zuidoostelijke gedeelte leidt de grondwaterwinning Bergen tot extra lage grondwaterstanden. In paragraaf 4.4 wordt het effect van de winning op de grondwaterstand in de Schoorlse Duinen door middel van een tijdreeksanalyse van de gemeten grondwaterstanden nader in beeld gebracht.

Uit de isohypsenkaart blijkt tevens dat aan de noordzijde van het duingebied een sterke toestroming van grondwater optreedt naar het Hargergat: het grondwater kwelt hier op naar het hier aanwezige duinrel- en greppelsysteem en de Hargervaart. De sterke toestroming is het gevolg van de diepe aansnijding van het freatische watervoerende pakket (WVP 1A) door de waterlopen in het diep uitgegraven dal in combinatie met de aanwezigheid van het omvangrijk intrekgebied met zeer hoge grondwaterstanden (als gevolg van de aanwezigheid van de slecht doorlatende laag). Zelfs in extreem droge zomers neemt de omvang van dit enorme reservoir aan duinwater nauwelijks af waardoor ook in deze situaties nog een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig is (grondwaterstand ter plaatse van B8 bedraagt dan nog altijd 8,9 mNAP, zie bijlage 4) en in het Hargergat permanent kwel optreedt. Bij de behandeling van de detailstudies zal dieper worden ingegaan op het ecohydrologisch functioneren van dit gebied en andere gebieden met (grond)watergebonden natuurwaarden.

4.2 Grondwaterstanden

Grondwaterstandsverloop gedurende de laatste decennia (1985 tot heden)

In bijlage 4 zijn voor alle functionerende meetpunten van de Schoorlse Duinen grafieken van het (grond)waterstandsverloop opgenomen. Met uitzondering van B34 zijn de grafieken daarbij gecorrigeerd op de fouten die in hoofdstuk 3 beschreven zijn. Bij elke grafiek is tevens het maaiveldsniveau, de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) aangegeven. Voor de interpretatie van de grafieken is het verloop van het neerslagoverschot van belang. Het verloop hiervan wordt in figuur 4.3 weergegeven. In de grafiek zijn tevens de normale maandwaarden weergegeven. De neerslagcijfers zijn afkomstig van het KNMI-neerslagstation Bergen. De verdampingcijfers zijn afkomstig van weerstation De Kooy.

Aan de hand van de grafieken van het grondwaterstandsverloop worden in deze paragraaf een aantal algemene karakteristieken van het fluctuatiepatroon in de Schoorlse Duinen behandeld. In paragraaf 4.3 worden de reeksen met behulp van het programma Menyanthes nader geanalyseerd.

Uit de grafieken blijkt ten eerste dat in het duingebied naast een seizoensafhankelijk, jaarlijks fluctuatiepatroon ook een meerjarig fluctuatiepatroon aanwezig is. Dit is in de sterkste mate het geval in het centrale en noordelijke deel van het duingebied (B5, B7, B8, B9 en B17: zie bijlage 4). In de reeks droge jaren van 1989 t/m 1992 zakten de grondwaterstanden zeer diep weg en in de natte winters van 1994/1995 en 2000/2001 stijgen de grondwaterstanden bijzonder ver. Het fluctuatiebereik in het centrale deel van het duingebied bedraagt circa 2 meter. Hetzelfde patroon, maar in gedempte vorm, is aanwezig langs de randen van het duinmassief: het maximale bereik bedraagt hier circa 1 meter (B10, B11, B14, B18, B19, B20, zie bijlage 4).

De verklaring van het sterke meerjarige fluctuatiepatroon is als volgt. Het duingebied vormt een groot reservoir dat zelfs in zeer natte perioden niet (oppervlakkig) overstroomt. Al het regenwater wordt in de zandbodem geconserveerd en als gevolg van de aanwezigheid van de slecht doorlatende laag aan de basis van het duinzand bolt de grondwaterspiegel bovendien ver op. Via zijdelingse afstroming verliest het sterk opgebolde grondwaterlichaam in het duinmassief (op gedempte wijze) wel water naar de omgeving. Als dit verlies niet voldoende aangevuld wordt met het neerslagoverschot in de winter dan blijft in de loop der jaren een voortschrijdende grondwaterstandsval optreden. Dit effect is het sterkst in het centrale deel omdat hier ook de opbolling van de grondwaterspiegel het sterkst is. Langs de randen van het duinmassief wordt de opbolling tegengegaan door de vaste, lage waterspiegels van de zee en de polders.

In het zuidelijke deel van het duingebied is de dynamiek een stuk geringer dan in het middendeel en noordelijke deel: het fluctuatiebereik bedraagt hier circa 1,5 meter (B12, B13, B15 en B16). Hier komt dat door het ontbreken van de slecht doorlatende laag onder het duinzand, waardoor het ondiepe (eerste) watervoerende pakket mee beweegt met de diepere watervoerende pakketten, die een tragere dynamiek in stijghoogteverloop hebben.

Het gebied met sterke (meerjarige) grondwaterstandsdynamiek strekt zich ver tot in noordelijke richting uit: bij B1 (Groeterzandgat) en B2 bedraagt het fluctuatiebereik nog altijd 1,6 à 1,7 meter. Vanaf B4 (Pirolavallei) neemt het bereik in de richting van het Hargergat steeds verder af (B4: 1,3 m, B3: 0,9 m, B23 en B26 0,2 meter).

Door het meerjarig fluctuatie-patroon liggen de GHG- en GLG-waarden vaak erg dicht bij elkaar (zie bijlage 4). Dit suggereert een geringe grondwaterstandsdynamiek terwijl er op grond van het meerjarige verloop in feite een sterke dynamiek aanwezig is. Bij het leggen van relaties tussen het grondwaterstandsverloop en de vegetaties moet hier dus rekening mee gehouden worden.

Grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld in de huidige situatie

Verder is uit de grafieken af te leiden dat de grondwaterstanden ter plaatse van de locaties van veel van de peilbuizen het gehele jaar door behoorlijk ver onder maaiveld liggen. Alleen op de plekken waar gegraven is (Vogelmeer, de Pirolavallei, het Groeterzandgat, het Hargergat en de Kerf) zijn in de huidige situatie vochtige of natte omstandigheden aanwezig. Uit het dwarsprofiel B-B' volgt hetzelfde beeld. De peilbuizen staan daarbij in veel gevallen op relatief lage plaatsen in het duingebied. Ook op deze lage plekken (B5, B7, B8, B11, B12, B19 en B20) ligt de GHG nog altijd 0,5 à 1,0 m beneden maaiveld en bedraagt de GLG 0,8 à 1,6 m. Alleen incidenteel, in zeer natte winters, komt de grondwaterstand hier nog nabij maaiveld.

Grondwaterstanddaling in de periode 1900 - 1980

In de periode 1900 – 1980 zijn de grondwaterstanden in het totale duingebied ruim een meter gedaald (De Weger, 1980). Hoewel in het zuidoostelijke gedeelte van het gebied de drinkwaterwinning van Bergen hieraan deels debet is (zie paragraaf 4.3, tijdreeksanalyse) wordt deze sterke verlaging van de grondwaterstand met name veroorzaakt door een afname in de aanvulling van het duinmassief met neerslagwater (met gemiddeld circa 25 %) als gevolg van een toename van de verdamping door ingrijpende wijzigingen in de begroeiing van het duingebied: de oppervlakte onbegroeid terrein met een zeer lage verdamping (verdampingsfactor van 0,25 x de neerslag) is afgenomen en de oppervlakte naaldbos, met een zeer hoge verdamping (verdampingsfactor 0,8 x de neerslag) is sterk toegenomen (De Weger, 1980). Nabij de kust (onder meer bij De Kerf) speelt daarnaast ook kustafslag een rol. Aangezien de polderpeilen in de omringende polders de laatste 100 jaar nagenoeg ongewijzigd zijn gebleven speelt deze factor dus geen rol bij de geconstateerde verdroging.

Mogelijkheden voor ontwikkeling van natte natuurwaarden bij herstel verstuiving

In de tijd dat in de Schoorlse Duinen nog op grote schaal verstuiving plaatsvond (voor 1900) zijn de duinvlakten tot op de toenmalige grondwaterspiegel uitgestoven en kwamen op grote schaal (circa 30 % van de totale oppervlakte) natte duinvalleien voor (De Weger, 1980). Als gevolg van de verdroging bevinden de grondwaterstanden zich nu ver beneden het deflatie-niveau (= niveau tot waarop de duinvlakten zijn uitgestoven). Als relictten van de vroegere situatie komen hier nu nog wel (verarmde) dopheide-vegetaties voor.

Juist deze lage plekken, die op grote schaal in het gebied voorkomen, bieden goede mogelijkheden voor ontwikkeling van vochtige vegetaties door middel van herstel van verstuiving van het duingebied. In de nabijheid van B7 is recentelijk (1999) ook een oude stuifkuil weer geactiveerd en zijn op kleine schaal weer vochtige omstandigheden ontstaan.

Voor het gebied ten noorden en ten zuiden van peilbuizen B6 en B7 zijn er ideeën voor een verdergaand herstel van verstuiwing van het duingebied. Op de kaarten van figuren 2.1 en 4.1 zijn deze gebieden aangegeven als Verstuivingsgebied noord en Verstuivingsgebied zuid. De beschikbare gegevens zijn te beperkt om aan te geven hoe ver de grondwaterstanden in deze gebieden in de huidige situatie onder maaiveld liggen, temeer omdat hier een sterk verhang in de grondwaterspiegel aanwezig is (zie figuur 4.1). Voor een nauwkeurig beeld is het noodzakelijk aanvullende grondwaterstandsmetingen in boorgaten te verrichten.

4.3 Tijdreeksanalyse

Methodiek

De grondwaterstandsmetreeksen zijn nader geanalyseerd met behulp van het programma Menyanthes. Dit is een door Kiwa, Artesia en TU Delft ontwikkeld programma voor het uitvoeren van tijdreeksanalyses op grondwaterstanden. Een tijdreeksanalyse is een statistische methode waarmee de invloed van factoren zoals neerslag, verdamping, grondwateronttrekking en verandering van drainage-niveau (de zogenaamde verklarende factoren) op de grondwaterstanden bepaald kunnen worden. Bij Menyanthes wordt hiervoor de PIRFICT-methode gehanteerd (Von Asmuth, Bierkens, et al 2002).

Om een goed tijdreeksmodel te kunnen maken is een zo lang mogelijke, foutloze reeks grondwaterstanden nodig. Aanwezige foutieve waarden dienen zo mogelijk aangepast of anders verwijderd te worden. Daarnaast zijn reeksen van de verklarende factoren over dezelfde periode nodig. Het tijdreeksmodel wordt gemaakt door de variatie in de gemeten grondwaterreeks zo goed mogelijk te verklaren uit de verklarende reeksen. Het model heeft een aantal belangrijke kentallen: de verklaarde variantie (ofwel mate van verklaring) geeft een maat van hoe goed het model de grondwaterstand verklaart. Een goed model moet een verklaarde variantie van minstens 70% hebben. De zogenaamde gain van een verklarende reeks geeft aan wat de uiteindelijke verlaging of verhoging van de grondwaterstand is wanneer die invloed constant is en tot in lengte van dagen voort zou duren (bijvoorbeeld een bepaalde hoeveelheid grondwater die onttrokken wordt).

Een belangrijke aanname in een tijdreeksanalyse is dat de modellen uitgaan van een lineaire reactie van het grondwatersysteem. Lineariteit wil zeggen dat de grondwaterstand altijd hetzelfde reageert op een eenheids-hoeveelheid neerslag. Het verloop van deze reactie in de tijd wordt de impulsrespons-functie genoemd. Niet-lineariteit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden door de invloed van een (dikke) onverzadigde zone, door het droogvallen van een ontwateringsmiddel of door het stijgen van de grondwaterspiegel tot boven maaiveldsniveau.

Voor het meetnet van de Schoorlse Duinen zijn van peilbuizen B1 tot en met B14 lange meetreeksen vanaf 1985 beschikbaar. Peilbuizen B15 tot en met B40 en P27 hebben kortere meetreeksen vanaf 1991 of 1994. Voor elke peilbuis van het meetnet is in eerste instantie een tijdreeksmodel gemaakt met twee verklarende reeksen, namelijk de neerslag en de verdamping. Voor de neerslag zijn de gegevens van KNMI-neerslagstation Bergen gebruikt (maandelijkse waarden vanaf 1987). Voor de verdamping zijn de gegevens van weerstation De Kooij gebruikt. Waar nodig zijn ook modellen gemaakt met aanvullende verklarende reeksen zoals de onttrekking van pompstation Bergen en een stap-trend na het uitvoeren van een ingreep in de Hargervaart in september 1996 (uibaggeren / verdiepen).

Resultaten

In bijlage 5 worden de resultaten van de tijdreeks-analyse met behulp van het programma Menyanthes weergegeven. In de tabel van bijlage 5 staan zijn voor alle meetpunten de belangrijkste resultaten samengevat. Met name de kolom EXPVAR is van belang: in deze kolom wordt de verklaarde variantie weergegeven. Van een aantal locaties zijn grafieken opgenomen. In de meeste gevallen betreft het grafieken waarbij alleen de neerslag en verdamping als verklarende reeksen zijn ingevoerd. Voor een aantal locaties zijn daarnaast ook grafieken opgenomen op basis van aanvullende verklarende reeksen.

Middendeel van het duingebied

In dit deelgebied betreft het peilbuizen B5 t/m B10. De de tabel van bijlage 5 zijn de resultaten van alle uitgevoerde tijdreeksanalyse samengevat en zijn de volgende grafieken weergegeven: B5, B6, B8, B10 & B10 met step. In dit deelgebied zijn naast het verloop van de neerslag en de verdamping geen ingrepen of ontwikkelingen bekend die van invloed zouden kunnen zijn op het grondwaterstandsverloop.

Bij B5 kan de grondwaterstandsfluctuatie goed verklaard worden uit het verloop van de neerslag en de verdamping (verklaarde variantie = 89%). In de raai van B6 t/m B10 worden in de richting van de binnenduinrand de verklaarde varianties van de grondwaterstandsfluctuatie op basis van het verloop van de neerslag en de verdamping steeds geringer: bij B6 en B7 bedraagt de verklaarde variantie 93%, bij B8 88%, bij B9 82 % en bij B10 = 76 %. Ten noorden van B10 ligt ook een duinrel die steeds vaker lijkt droog te vallen. Bij een tijdreeksmodel met een step (van -12 cm) op 1-1-1997 (in aanvulling op de neerslag- en verdampingsreeksen) wordt verklaarde variantie bij B10 veel beter, namelijk 89 % (zie tabel en grafiek B10 met step). Ook bij een lineaire trend van 30 cm grondwaterstandsval over de gehele meetperiode is de verklaarde variantie veel beter (88 %, pas later toegevoegd, nog niet in tabel of grafiek weergegeven). Dit wijst erop dat er een verlaging van de grondwaterstand is opgetreden. De oorzaak hiervan is onbekend.

Zuidelijke en zuidoostelijk deel duingebied

In dit deelgebied betreft het de peilbuizen B12 t/m B17. Hier speelt de vraag in hoeverre de drinkwaterwinning van Bergen de grondwaterstanden in de Schoorlse Duinen beïnvloed. De belangrijkste resultaten zijn in relatie tot de afstand tot de dichtstbijzijnde winputten van de drinkwaterwinning in de onderstaande tabel 4.1 weergegeven. In de tabel van bijlage 5 zijn de totale resultaten van de tijdreeksanalyse samengevat en zijn de volgende grafieken weergegeven: B12, B13 (zonder en met onttrekking), B14 (zonder en met onttrekking), B15 en B17. Omdat de meetreeks van B17 vrij kort is en op grond van de reeks het effect van de winning niet goed bepaald kan worden is in tweede instantie ook een tijdreeksanalyse uitgevoerd voor het nabij gelegen meetpunt 19AP0021. De grafiek hiervan is als laatste in bijlage 5 opgenomen.

Peilbuizen B15 en B16 staan dichtbij winputten van de drinkwaterwinning Bergen: de afstand bedraagt slechts circa 500m. Peilbuizen B13 en B14 staan op ongeveer 1 km van de winning en peilbuizen B12 en B17 staan op 1,5 km. De verklaarde varianties van de grondwaterstandsmeetreeksen op basis van het verloop van de neerslag en de verdamping zijn al behoorlijk goed (84 à 91 %, zie tabel 4.1). Indien daarnaast ook de jaarlijks onttrokken hoeveelheden drinkwater (zie grafiek 2.4) als verklarende variabele in de analyse wordt opgenomen wordt de verklaarde variantie nog beter. Er lijkt dus toch wel sprake te zijn van een klein effect. Voorzichtigheid is echter geboden omdat de verklaarde variantie zonder onttrekking ook al goed scoort.

Aan de hand van de gain (één van de kengetallen van het tijdreeksmodel) is afgeleid wat ter plaatse van de peilbuizen de invloed van de drinkwaterwinning is bij een constante onttrekking van 1.000.000 m³/jaar (= nagestreefde onttrekkingshoeveelheid vanaf de jaren negentig, zie paragraaf 2.3). Bij B12, op 1,5 km van de winning, bedraagt de berekende verlaging 15 cm. Op 1 km van de winning (B13, B14) bedraagt de berekende verlaging circa 20 cm.

Tabel 4.1 Resultaten tijdreeksanalyse in relatie tot afstand van peilbuizen tot dichtstbijzijnde winputten van drinkwaterwinning Bergen

peilbuis	Afstand tot dichtstbijzijnde winputten	verklaarde variantie uit neerslag en verdamping (%)	verklaarde variantie uit neerslag, verdamping en onttrekking (%)	toename verklaarde variantie (%)	Berekende verlaging grondwaterstand bij onttrekking van 1.000.000 m ³ /j (cm)
B15	0,5	84	87	+3	-15
B16	0,5	89	91	+4	-14
B13	1,0	88	93	+5	-21
B14	1,0	86	93	+7	-22
B12	1,5	91	94	+3	-15
B17	1,5	88	97	+5	-714*
19AP0021	1,5	87	93	+6	-63*

* = onbetrouwbare afleiding

Bij B15 en B16 wordt een verlaging van 15 cm afgeleid. De analyse is hier echter minder nauwkeurig omdat B15 en B16 zo dicht bij wingebed staan dat hier eigenlijk de onttrekking per "secundair" (= serie van pompputten) onderzocht moet worden. In plaats daarvan is echter gerekend met de jaarlijks onttrokken hoeveelheden voor het totale wingebed. Bovendien zijn de grondwaterstands-meetreeksen van B15 en B16 een stuk korter (dan B1 t/m B14): deze peilbuizen zijn pas vanaf 1994 aanwezig (B1 t/m B14 al vanaf 1985).

Hoewel bij B17 de verklaarde variantie met onttrekking beter is dan zonder onttrekking geeft de absurd hoge waarde voor de berekende verlaging aan dat alleen de onttrekking niet de verklaring kan zijn voor de afwijkingen van de gemeten grondwaterstanden ten opzichte van het gesimuleerde verloop op basis van de neerslag- en verdampingsreeksen. Omdat de reeks van B17 vrij kort is is in tweede instantie ook een tijdreeksmodel van de nabijgelegen peilbuis 19AP0021, waarvan een meetreeks vanaf 1987 beschikbaar is. Ook bij dit meetpunt wordt echter nog steeds een te groot effect aan de winning toegekend. Dit geeft aan dat hier ook iets anders aan de hand moet zijn. Uit het grote onderlinge verschil tussen het afgeleide effect bij B17 en 19AP0021 blijkt bovendien het gevaar van gebruik van korte meetreeksen.

In 1998 en 1999 werd veel meer grondwater onttrokken als de nagestreefde 1.000.000 miljoen m³/jaar: toen bedroegen de onttrokken hoeveelheden ruim 2.000.000 m³/jaar. Bij deze hoeveelheden zijn de berekende verlagingen ook twee keer zo groot. Dit betekent dus dat op een afstand van 1 km een grondwaterstandsverlaging van ruim 40 cm berekend wordt en op 1,5 km een verlaging van ruim 30 cm.

Voorzichtig kan gesteld worden dat de drinkwaterwinning binnen een straal van 1 à 1,5 km leidt tot een grondwaterstandsval van enkele decimeters. In het grootste deel van het beïnvloedingsgebied zijn daarbij binnen het eigendom van Staatsbosbeheer geen vochtige of natte natuurwaarden in het geding: de grondwaterstanden liggen in het gebied ook zonder onttrekking vrij ver onder maaiveld.

Kerf en omgeving

In dit deelgebied betreft het de peilbuizen B11, B18, B19 en B20. In de tabel van bijlage 5 zijn de resultaten van alle uitgevoerde tijdreeksanalyse samengevat en zijn de volgende grafieken weergegeven: B11, B18 en B20. In dit deelgebied is het de vraag in hoeverre de aanleg van de Kerf (eind 1997) de grondwaterstanden in de omgeving beïnvloed heeft. Het gebied ligt buiten de invloedssfeer van de huidige drinkwaterwinning. In het verleden lag nabij B20 wel secundair E-oud van de winning (zie figuur 2.1). Deze secundair is echter al in 1990 beëindigd en peilbuis B20 en ook de nabij gelegen B18 en B19 zijn pas vanaf 1995 aanwezig. Overigens is uit een onderzoek van de PWN wel gebleken dat bij peilbuis 19AP0248, die nabij B20 staat, een grondwaterstandsverhoging van 10 cm is opgetreden door sluiting van secundair E-oud (Rolf en Lebbink, 1998).

Het grondwaterstandsverloop bij B11, B18 en B19 is goed verklaarbaar uit het verloop van neerslag en verdamping (verklaarde variantie 85 à 90%). De grondwaterstandsmeetreeksen van B20 laat zich minder goed verklaren uit de neerslag en verdamping (verklaarde variantie 76 %). De grondwaterstandsmetingen wijken op onregelmatige wijze af van de gesimuleerde reeks (zie grafiek in bijlage 5). Het gaat daarbij zowel om afwijkingen in positieve als in negatieve zin, er is dus geen sprake van een trend. Wellicht hebben de afwijkingen te maken met eb- en vloed-bewegingen. Het is echter opmerkelijk dat hetzelfde verschijnsel niet waargenomen wordt bij de nabijgelegen B19. Wellicht bevindt B19 zich boven een stagnerende laagje waardoor de beïnvloeding door eb en vloed geringer is.

Uit de grafieken van B11 en B18 blijkt ook dat de afwijkingen tussen de gemeten grondwaterstanden en de gesimuleerde meetreeksen op basis van het neerslagoverschot zowel voor als na de ingreep (eind 1997) ongeveer even groot zijn. Dit wijst erop dat als gevolg van de aanleg van de Kerf geen noemenswaardige veranderingen in het grondwaterstandsverloop zijn opgetreden in de omgeving van de Kerf, zelfs niet op korte afstand hiervan (B18).

Pirolavallei en Zandgat

In dit deelgebied betreft het de peilbuizen B1, B2, B4 & B34 t/m B37. In de tabel van bijlage 5 zijn de resultaten van alle uitgevoerde tijdreeksanalyse samengevat en zijn de volgende grafieken weergegeven: B1, B4, B34, B35 en B36. In dit deelgebied bestaat de mogelijkheid dat de ingreep in het Hargergat doorwerkt. Verder is ten behoeve van ontwikkeling van natte natuurwaarden in de Pirolavallei in 1991 tot op circa 70 cm diepte zand ontgraven. De meeste meetpunten zijn echter pas vanaf 1995 geplaatst. Alleen B4 is al vanaf 1985 aanwezig.

De grondwaterstandsmeetreeksen van B1 (Groeterzandgat) en B2 (laagte ten noorden van het Zandgat) kunnen goed verklaard worden uit de neerslag- en verdampingsreeksen (verklaarde variantie van 89 à 90%). Het grondwaterstandsverloop van peilbuizen B36 en B37 (Pirolavallei) kan slechts matig verklaard worden uit de neerslag- en verdampingsreeksen (73 à 75 %) en bij B34 is de verklaarde variantie op grond hiervan slecht (55 %). De matige verklaarde variantie van B36 en B37 heeft te maken met de aanwezigheid van onderbrekingen in de opname van de grondwaterstanden, in perioden dat het water in de vennen waarin de buizen staan zo hoog staat dat de buizen moeilijk bereikbaar zijn. De slechte verklaarde variantie van B34 wordt veroorzaakt door hantering van verschillende referentie-niveaus in verschillende meetperioden (zie ook hoofdstuk 3, technische staat van het meetnet).

De lange reeks van B4 en de korte reeks van B35 zijn goed verklaarbaar met het verloop van de neerslag en de verdamping (85% bij B35 en 87% bij B4). In de grafiek van B4 is te zien dat het patroon van afwijkingen tussen de gemeten en de gesimuleerde reeks voor en na 1991 niet wezenlijk van elkaar verschilt. Dit geeft aan dat in ieder geval langs de rand van de vallei geen noemenswaardige verandering in de grondwaterstand is opgetreden als gevolg van ontgraving van zand in het kader van het natuurontwikkelingsproject. Bij het toevoegen van een trendstep in september 1996 worden de verklaarde varianties van zowel B4 als B35 beter (94% bij B35 en 91 % bij B4). Dit doet vermoeden dat de ingrepen in het Hargergat wellicht doorwerken tot in de Pirolavallei (zie ook volgende subparagraaf).

Bovenstroomse gedeelte Hargergat

In dit deelgebied betreft het de peilbuizen B3 & B21 t/m B25. In de tabel van bijlage 5 zijn de resultaten van alle uitgevoerde tijdreeksanalyse samengevat en zijn de volgende grafieken weergegeven: B1, B21A (zonder en met step), B23 (zonder en met step) en B25A (zonder en met step). In dit deelgebied speelt de vraag of de grondwaterstanden zijn verandert door het uitbaggeren van de vaart en uitdiepen van de duinrel in 1996.

Het grondwaterstandsverloop van peilbuizen B21A, B23 en B25A is slecht tot zeer slecht te verklaren uit alleen de neerslag- en verdampingsreeksen (39% bij B21A, 67% bij B23, en 31 % bij B25A). Bij het invoeren van een trendstep in september 1996 (uitbaggeren Hargervaart en uitgraven duinrel) wordt de verklaarde variantie veel beter: B21A = 89%, B23 = 77 % en B25A = 82 %. De door het model berekende trendstep bedraagt daarbij voor B21A en B25A 16 à 17 cm en voor B23 10 cm. Hieruit is af te leiden dat door het uitgraven van de duinrel en opschonen van de Hargervaart in 1996 een grondwaterstands daling van 10 à 20 cm is opgetreden in het laaggelegen gedeelte van de graslanden van de bovenstroomse deel van het dal.

De verklaarde varianties van de reeksen van de peilbuizen langs de rand van het dal (B3, B22 en B29) zijn zonder trendstep al goed (circa 89%) maar worden met het invoeren van een trendstep in 1996 over het algemeen wel iets beter (+3%). Hoewel het effect niet heel duidelijk is lijkt langs de randen van het dal ook een zekere grondwaterstands daling (van 0 à 10 cm) te zijn opgetreden door het verdiepen van de duinrel en het uitbaggeren van de Hargervaart.

Benedenstroomse gedeelte Hargergat

In dit deelgebied betreft het de peilbuizen B26, B31, B32, B33 en B40. In de tabel van bijlage 5 zijn de resultaten van alle uitgevoerde tijdreeksanalyse samengevat en zijn de volgende grafieken weergegeven: B26, B32 en B33. In dit deelgebied speelt de vraag of de grondwaterstanden zijn verandert door het uitbaggeren van de vaart en uitdiepen van de verder bovenstrooms gelegen duinrel in 1996.

Bij B26 is een goede verklaarde variantie van de reeks niet mogelijk omdat de buis vaak overstroomt doordat hij te kort is (peilbuis in putje). Aan de hand van de grafiek van het grondwaterstandsverloop (bijlage 4) kan echter wel wat afgeleid worden. Opvallend is dat vanaf 15-1-2003 de grondwaterstand met circa 20 cm daalt. De grondwaterstand in Hargergat is nauw gerelateerd aan het drainage-niveau van het oppervlaktewater-systeem, niet alleen dat van de Hargervaart maar ook dat van de greppels: de greppels draineren namelijk grondwater. Zodoende kan bijvoorbeeld het opentrekken van de naastgelegen greppel kan de grondwaterstands daling vanaf eind 2002 verklaren.

Op grond van het verloop van de neerslag- en verdampingsreeksen kan het grondwaterstandsverloop van B32 en B40 voor 78 à 79 % verklaard worden. Bij het invoeren van een trendstep in 1996 verandert dit percentage niet. De (relatief) matige verklaarde variantie van de reeksen hangt hier samen met de onvolledigheid van de grondwaterstands-meetreeksen, met name in de periode 1998-2001 (zie grafiek B32). Toch kan op grond van het beeld van de grafiek van B32 afgeleid worden dat er in dit deel van het Hargergat (vanaf 1993) geen significante veranderingen in de grondwaterstand zijn opgetreden. Het uitbaggeren van de Hargervaart en het verdiepen van de duinrel heeft in het benedenstroomse gedeelte van het Hargergat dus geen invloed gehad.

Van de peilbuizen in de aangrenzende hooggelegen gronden wordt bij B31 een goede verklaarde variantie verkregen op grond van het verloop van de neerslag- en verdampingsreeksen (87 %). Bij B33 is de verklaarde variantie minder goed (78%). Bij de technische opname van het meetnet is gebleken dat het filter van deze buis verstopt is waardoor geen goede toestroming van grondwater optreedt. De (relatief) matige verklaarde variantie van de reeks kan zodoende het gevolg zijn van het afwijken van de gemeten grondwaterstanden ten opzichte van de daadwerkelijk aanwezige grondwaterstanden.

4.4 Waterkwaliteit

In de loop van de jaren tachtig (van de twintigste eeuw) is op uitgebreide schaal de hydrochemie van de Schoorlse Duinen en omgeving onderzocht (Stuyfzand, 1989). Een aantal van de bemonsterde punten liggen in of nabij de raai van dwarsprofiel B-B' (met peilbuizen van het hydrologisch meetnet van Staatsbosbeheer). Met behulp van de meetgegevens van deze monsterpunten is in aanvulling op de hydrologische situatie ook de hydrochemische zonering van het duinmassief in het profiel weergegeven. Voor de bemonsterde punten zijn ook de meetwaarden van enkele belangrijke parameters in het profiel weergegeven. De ligging van de raai van het dwarsprofiel is aangegeven op de kaart van figuur 4.1 (hoogte- en isohypsenkaart).

De hoofdindeling van de zonering is gebaseerd op het classificatie-systeem van Stuyfzand. Onderverdeling van de watertypen vindt daarbij in dit geval plaats op basis van de alkaliniteit (= bicarbonaat-, ofwel HCO_3 -concentratie = zuurbufferend vermogen). De volgende watertypen worden aangetroffen:

- F*NaCl: zuur, kalkarm duinwater
- F0NaCl: matig gebufferd, kalkarm duinwater
- F2CaHCO₃: kalkrijk duinwater

Analoog aan de typologie van vennen vanuit het OBN (Arts & Van Duinhoven) is in aanvulling op het classificatie-systeem van Stuyfzand voor de interpretatie van het functioneren van de vennen en natte duinvalleien het F*NaCl type onderverdeeld in:

- Sterk zuur duinwater ($\text{HCO}_3 < 0,1 \text{ meq/l}$; $\text{pH} < 5$).
- Zeer zwak gebufferd duinwater ($0,1 < \text{HCO}_3 < 0,5$; $5 < \text{pH} < 6,5$).

Al het grondwater van het freatische watervoerende pakket (WVP1A, boven de slecht doorlatende laag) is kalkarm (codes F*NaCl, F0NaCl en F1NaCl). Regenwater dat in het duinmassief is geïnfiltreerd heeft op zijn weg door de zandondergrond alleen kalkarme duinzanden doorstroomt. Als gevolg van zoute zeewind-invloeden zijn natrium en chloride daarbij het dominante kation en anion. Het diepe grondwater (WVP1B, II en III) is als gevolg van snelle aanrijking vanuit de kalkrijke (peri)mariene afzettingen van de slecht doorlatende laag kalkrijk (F2CaHCO₃). Calcium en bicarbonaat zijn het dominante kation en anion.

Hoewel het ondiepe grondwater uitsluitend kalkarme duinzanden doorstroomt is het grondwater vanaf een diepte van circa 2 m onder de grondwaterspiegel toch zwak gebufferd en vanaf een diepte van 7 m matig gebufferd. Hiervoor zijn de volgende oorzaken aan te geven (Stuyfzand, 1989): in het kalkarme duinzand kan toch nog een geringe oplossing plaatsvinden van de laatste kalkfragmenten en / of er kan sprake zijn van ouder duinwater, waardoor minder effecten van de recente verzuring door luchtverontreiniging aanwezig zijn. Daarnaast kan plaatselijk aanrijking plaatsvinden door oplossing van kalk ter plaatse van schelpenpaden en eventueel door toediening van kalk in bosgebieden.

Doordat het Vogelmeer hoog in het hydrologisch systeem ligt overheerst hier de infiltratie van zuur regenwater waardoor het duinmeer binnen de invloedssfeer van het ondiepe, sterk zure duinwater ligt. Het Hargergat daarentegen ligt aan de voet van het duinmassief: hier treedt sterke kwel op en wordt (zeer) zwak gebufferd grondwater aangetrokken dat afkomstig is van de diepere bodemlagen van de duinen. De vennen in de Pirolavallei nemen wat dit betreft een intermediaire positie in. Het ecohydrologisch functioneren van deze en andere inzoomgebieden wordt in hoofdstuk 5 nader toegelicht.

Uit het onderzoek van Stuyfzand is tevens gebleken dat het begroeiingstype van invloed is op de samenstelling van het grondwater. Het grondwater onder dennenbos is rijker aan ionen (en heeft daardoor dus een hogere EGV) door een hogere droge depositie van

zeezouten en antropogene emissies. Kustnabij dennenbos is het meest ionenrijk door een sterkere zeezout invloed. Verder is het opvallend dat in het onderzoek van Stuyfzand landinwaarts dennenbos gemiddeld de hoogste pH heeft ($\text{pH} = 5,3$; $\text{HCO}_3 = 0,1 \text{ mg/l}$). Dit heeft wellicht te maken met toevoeging van kalk (bij het inplanten). In schraal begroeid terrein is de verzuring het verst gevorderd omdat er geringe buffering optreedt door de biomassa en de bodemlaag en omdat de grootste waterflux aanwezig is als gevolg van geringere verdamping.

Bij de technische opname van het SBB-meetnet is bij elk meetpunt de EGV gemeten. De meetwaarden zijn vermeld in de tabel in bijlage 3. Ook bij deze metingen kan de ionenrijkdom gerelateerd worden aan de afstand tot de kust en het begroeiingstype. Zo neemt in het open duingebied vanaf B6 tot en met B8 (nabij Vogelmeer) de EGV af van $229 \mu\text{S/cm}$ bij B6 naar $165 \mu\text{S/cm}$ bij B7 en $103 \mu\text{S/cm}$ bij B8. De metingen van de peilbuizen in bosgebied liggen allen in de oostelijke helft van het duingebied (dus het verst verwijderd van de kust) maar toch worden hier hoge EGV-waarden gemeten (180 à $260 \mu\text{S/cm}$, muv B9).

5 Ecohydrologische detailstudies

5.1 Inleiding

Voor het nader in beeld brengen van het ecohydrologisch functioneren van de deelgebieden met (grond)watergebonden vegetaties zijn een aantal detailstudies verricht. Vier deelgebieden zijn in maart 2004 onderzocht:

- Vogelmeer.
- Groeterzandgat.
- Pirolavallei.

Drie deelgebieden zijn in juni 2004 onderzocht:

- Baaknol-plasje
- De Zanderij
- De Kerf

In het kader van de detailstudies zijn voor elk deelgebied op basis van bestaande gegevens en aanvullend veldonderzoek ecohydrologische dwarsprofielen vervaardigd. Bij elk deelgebied wordt daarbij eerst een inleiding gegeven en wordt op basis van bestaande literatuur- en onderzoeksgegevens een beschrijving gegeven van de ontwikkeling van vegetatie en flora.

De gegevens waarmee de ecohydrologische dwarsprofielen zijn vervaardigd omvatten de meetgegevens van het hydrologisch meetnet, aanvullend hydrologisch en hydrochemisch veldonderzoek en bestaande gegevens ten aanzien van de flora en vegetatie. Het veldonderzoek bestaat uit de volgende onderdelen:

- Met behulp van elektronische meetapparatuur zijn EGV- en pH-metingen verricht van het grondwater in peilbuizen en ondiepe boorgaten (tot circa 10 cm onder de grondwaterspiegel) en van het oppervlaktewater in vennen en waterlopen.
- Door middel van chemische bepalingen (met behulp van MERCK-veldsets) zijn op een aantal locaties ook een aantal aanvullende parameters bepaald, te weten: alkaliniteit (HCO₃), totale hardheid (TH) en chloride (Cl). De analysesresultaten van dit waterkwaliteitsonderzoek zijn weergegeven in bijlage 6.
- In elke raai zijn verder met behulp van landmeetapparatuur ingemeten (zie bijlage 7) :
 - Grondwaterstanden in de boorgaten (en peilbuizen).
 - Oppervlaktewaterstanden in vennen en waterlopen.
 - Maaiveldshoogten.

5.2 Vogelmeer

Inleiding

Het Vogelmeer ligt centraal in het duingebied. Het is een duinplas die in de periode 1960 – 1963 gegraven is. Al vanaf het begin staat de plas bekend vanwege het voorkomen van vegetaties die behoren tot de Oeverkruid-klasse en Dwergbiezen-verbond, met soorten als Oeverkruid, Borstelbies en Pilvaren.

In de zeventiger en tachtiger jaren van de twintigste eeuw vestigde zich rond de plas een grote meeuwenkolonie, met als gevolg eutrofiëring en versnelde slibvorming. Onder invloed van het voedselrijke water kwam tevens veel karper in de plas voor. Het water van de plas werd troebel en de kenmerkende vegetaties verarmden. In de negentiger jaren deed de vos zijn intrede in het Noord-Hollandse duingebied met als gevolg dat de meeuwenkolonie geheel verdween. In samenhang hiermee verdween dus ook de eutrofiëringsbron. Dit vormde de aanleiding om het duinmeer uit te baggeren: in 1999 is in een brede oeverzone de sliblaag tot op de minerale bodem afgegraven.

Ontwikkeling vegetatie & flora (Ten Haaf & Bakker, 2002 en 2003)

Na het uitbaggeren zijn langs bijna de gehele oever vegetaties van de Oeverkruid-klasse teruggekeerd. In een zone van enkele meters tot meer dan tien meter zijn uitgestrekte velden Oeverkruid tot ontwikkeling gekomen. Daarnaast is ook Knolrus aanwezig. Pilvaren is echter niet teruggekeerd. Aanvankelijk (2000) waren enkele pollen Veelstengelige waterbies aanwezig, in 2003 is deze soort uitgebreid tot tientallen pollen.

Op de hogere delen van de oever aan de oostzijde zijn plaatselijk ook weer vegetaties van het Dwergbiezen-verbond. Behalve Dwergbies waren aanvankelijk (in 2000) soorten als Dwerggras en Waterpostelein aanwezig, deze zijn echter in 2003 niet meer aangetroffen. Hoger op de oever groeit opvallend veel Bleekgele droogbloem.

De toename van soorten van zure milieu's, zoals Veelstengelige waterbies en de afname van soorten van gebufferde omstandigheden, als Dwerggras en Waterpostelein, is bedenkelijk. Als deze trend doorzet dan zou dat betekenen dat er verzuring optreedt.

Het is gewenst om aan de hand van het nader ecohydrologisch onderzoek een beter beeld te krijgen van het al dan niet optreden van verzuring. Aangezien de waterkwaliteit van het duinmeer de afgelopen jaren niet is gemonitord is dit nader onderzoek grotendeels beperkt tot een momentopname. Uit de jaren tachtig zijn echter wel een aantal bemonsteringen verricht, waarmee de waterkwaliteitssituatie voor het uitbaggeren in beeld kan worden gebracht. Ook doordat de lokale situatie in verband wordt gebracht met het subregionale hydrologische systeem van de Schoorlse Duinen kan toch wel inzicht verkregen worden in de te verwachten waterkwaliteitsontwikkeling.

Ecohydrologisch dwarsprofiel

De ligging van de raai van het ecohydrologisch dwarsprofiel van het Vogelmeer is weergegeven op de kaart van figuur 5.1 en het dwarsprofiel zelf is weergegeven in figuur 5.2.

Het oppervlaktewater van het Vogelmeer is in de huidige situatie ionenarm (EGV = 111 $\mu\text{S/cm}$), sterk zuur (pH = 4,6) en geheel ongebufferd ($\text{HCO}_3 = 0,0 \text{ meq/l}$). Ook de totale hardheid is laag (0,2 mmol/l). De chloride-concentratie bedraagt 40 mg/l. Het ondiepe grondwater in de boorgaten in de oeverzone van de plas is iets minder zuur (pH = 4,9). Het grondwater aan de zuidzijde is ionenarmer (EGV = 63 $\mu\text{S/cm}$) dan dat aan de noordzijde (EGV = 136 $\mu\text{S/cm}$).

De grondwaterstanden in de boorgaten aan weerszijden van het ven zijn een fractie (3 à 5 cm) hoger dan de oppervlaktewaterstand in het ven: er treedt een lichte toestroming van grondwater op naar het ven. Dit is het gevolg van het verschil in waterbergings eigenschappen van open water ten opzichte van zand. In natte perioden stijgt de waterstand in de zandbodem sneller omdat de bergingscoëfficiënt van zand (bergingscoëfficiënt $\mu = 0,1$) veel geringer is ten opzichte van die van open water ($\mu = 1,0$).

Vanuit de directe omgeving wordt het ven in natte perioden in zekere mate gevoed met lateraal toestromend, ondiep grondwater vanuit de directe omgeving. Hoewel dit grondwater iets minder zuur is dan het venwater zelf, wordt het ven hiermee niet echt gebufferd. Het Vogelmeer bevindt zich binnen de invloedssfeer van het ondiepe, sterk zure duinwater, buiten het bereik van het zwak gebufferde grondwater dieper in de bodem (zie ook dwarsprofiel figuur 4.2).

Deze situatie hangt samen met de positie van het Vogelmeer binnen het hydrologisch systeem van de Schoorlse duinen: het duinmeer maakt deel uit van een infiltratiegebied en ligt bovendien op het hoogste gedeelte hiervan. Doordat in dit gebied onvoldoende verhang in de grondwaterspiegel aanwezig is is het ven niet in staat het diepere, zwak gebufferde grondwater te draineren (in tegenstelling tot bijvoorbeeld de vennen van de Pirolavallei).

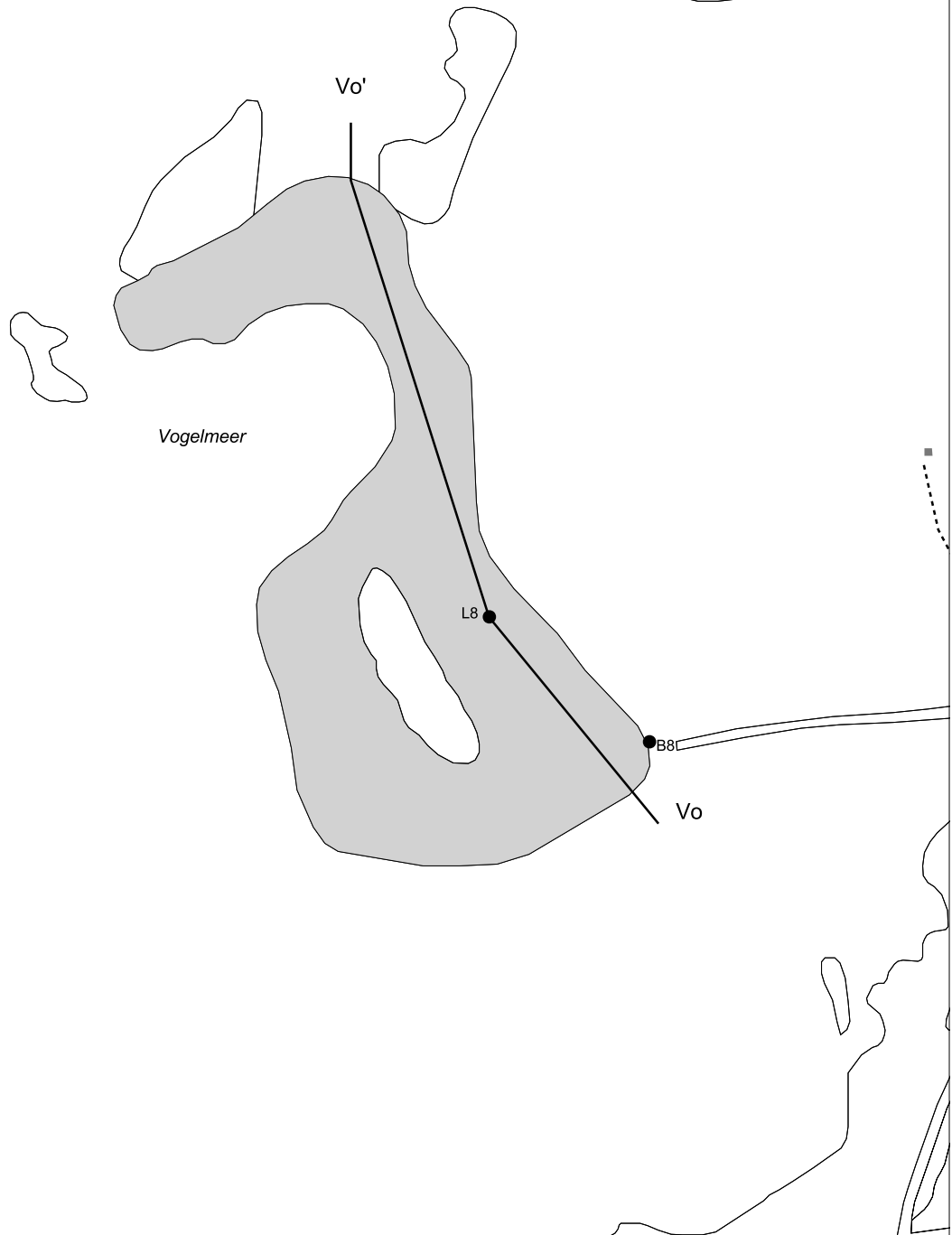
Voordat het duinmeer werd uitgebaggerd was het water wel gebufferd maar ook zeer voedselrijk. De meetwaarden van drie bemonsteringen in 1986 van enkele belangrijke parameters bedroegen: pH 6,5 à 6,9 , EGV 217 à 310, HCO_3 0,2 à 0,5 en P-totaal (in zomer) 2,5 mgP/l (Stuyfzand, 1989).

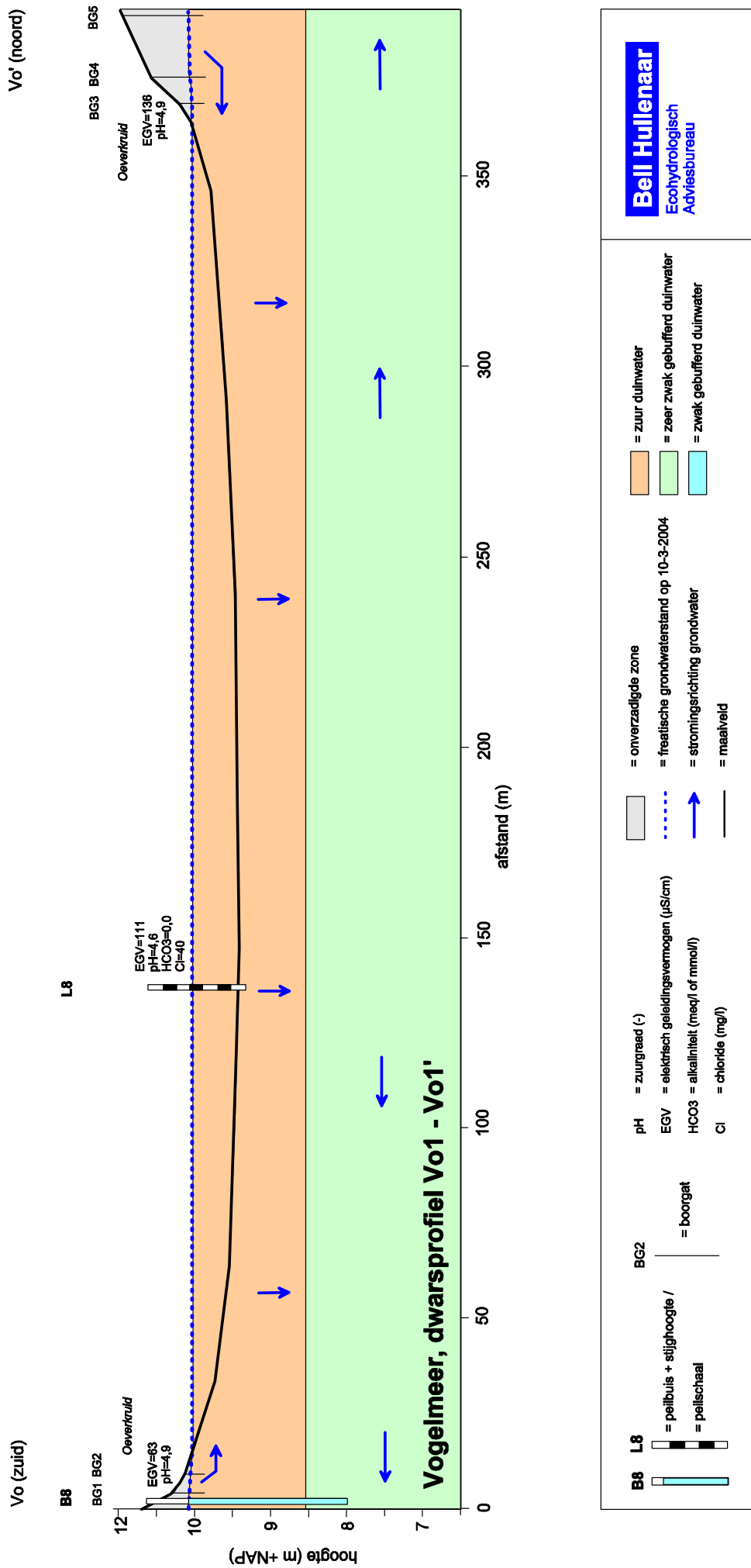
Synthese en conclusies

In het verleden zorgden de uitwerpselen van meeuwen en de baggerlaag voor buffering van het duinmeer. Na het verdwijnen van de meeuwenkolonie en het uitbaggeren van de plas was het water als gevolg van de vroegere omstandigheden aanvankelijk waarschijnlijk nog enigszins gebufferd, wat goede vestigingsmogelijkheden biedde voor soorten van het Oeverkruid- en Dwergbiezenverbond. Inmiddels in het venwater al sterk zuur geworden. Dit hangt samen met de hoge ligging van het Vogelmeer in het hydrologische systeem van de Schoorlse duinen, binnen de invloedssfeer van de ondiepe laag van zuur duinwater. Op grond hiervan mag verwacht worden dat ook de venvegetatie meer en meer een zuur karakter zal krijgen met soorten als Knolrus en Veelstengelige waterbies. Aangezien het ondiepe grondwater in de oeverzone van het ven iets minder zuur is zijn hier wellicht toch mogelijkheden voor handhaving van soorten als Oeverkruid en Moerasdroogbloem.

Legenda

- B8 • hydrologisch meetnet
Staatsbosbeheer
- ligging ecohydrologisch
dwarsprofiel





Figuur 5.2 Ecohydrologisch dwarsprofiel Vogelmeer

5.2 Groeterzandgat

Inleiding

Het Zandgat is een vrij jonge duinvallei die in de jaren zestig van de twintigste eeuw door zandwinning ontstaan is. Tot en met 1991 vonden er geen beheeringrepen plaats. In de winter van 1991/1992 werd een deel van de vallei gemaaid en is tevens een dikke strooisellaag verwijderd. Ook vonden er toen plagproeven plaats. In de winter van 1993/1994 werd vrijwel de gehele vallei gemaaid en werden er opnieuw delen geplagd.

Ontwikkeling vegetatie en flora (Baas, 1998)

In het kader van de Provinciale Natuur Informatie (PNI) werd de vallei in 1979, 1986 en 1993 op planten geïnventariseerd. Deze gegevens tonen aan dat er sprake was van een snelle successie. In 1979 werd de vegetatie nog beschreven als een pioniersvegetatie van kalkarme, natte bodem en vochtige heide. Aspectbepalende soorten waren Zomprus, Knolrus, Kruiwilg, Drienerfzegge en Struikheide. In 1986 was er sprake van een goed ontwikkelde vegetatie van het Oeverkruid-verbond met Knolrus, Drienerfzegge en Pitrus als dominante soorten. Langs de randen van de vallei ontstond veel opslag van berken. In 1993 is de situatie weer geheel anders. De vallei wordt nu gedomineerd door berken en van een goed ontwikkeld Oeverkruid-verbond is geen sprake meer. Wel zijn enkele interessante soorten van zure milieu's verschenen: Moeraswolfsklauw en (op plagplekken) Ronde zonnedaauw.

In 1988 startte de provincie met het Meetnet Duinen. De locatie in het Zandgat is één van de negen locaties in de Noord-Hollands duinen. Uit het onderzoek is gebleken dat de vegetatie in het Zandgat door de sterk wisselende grondwaterstand grote fluctuaties vertoont. In zeer natte jaren, wanneer de vallei tot in de zomer onder water staat, zijn natte soorten als Oeverkruid en Knolrus goed ontwikkeld. De meeste andere freatofyten (Drienerfzegge, Kruiwilg, Waternavel, Dopheide etc) hebben in dergelijke jaren een (zeer) lage kwantiteit. In de minder natte jaren herstellen deze freatofyten zich weer, om na droge jaren of juist zeer natte jaren opnieuw af te nemen. Oeverkruid en Knolrus zijn in droge jaren nauwelijks in de vallei te vinden.

Daarnaast is ook het beheer van grote invloed op de ontwikkeling van de vegetatie. Maaien is van belang voor afvoer van voedingsstoffen, het tegengaan van verbossing en handhaving van een open vegetatie waarin soorten goed kunnen kiemen. Door periodiek kleinschalig plaggen kan Ronde zonnedaauw en wellicht ook Moeraswolfsklauw zich handhaven.

Op de vegetatiekaart van figuur 5.3 is voor de gehele vallei en omgeving de situatie van 2000 weergegeven (Bureau Bakker, 2001). In het grootste gedeelte is voedselarme ven-vegetatie van het Knolrus-type aanwezig. Aan de noordzijde komt over een kleine oppervlakte het Oeverkruid-type voor. Midden in de vallei ligt een struweel van het type Grauwe wilg, Geoorde wilg en Gagel en aan de noordzijde een Kruiwilgstruweel.

Ecohydrologisch dwarsprofiel

De ligging van de raai van het ecohydrologisch dwarsprofiel van het Groeterzandgat is aangegeven op de kaart van figuur 5.4. Het dwarsprofiel is weergegeven in figuur 5.5.

Vanaf de venoever aan de zuidzijde loopt de grondwaterstand snel op: de grondwaterstand ter plaatse van BG10 (op 12 m van de oeverlijn) is 13 cm hoger dan het oppervlaktewaterpeil in de vallei. Aan de zuidzijde is de grondwaterstand al snel beduidend lager dan het oppervlaktewaterpeil in de vallei (6 cm lager op 8 m van de oeverlijn). Dit wijst erop dat aan de zuidzijde van de vallei kwel optreedt en aan de noordzijde wegzijging. Ook de aanwezigheid van veel kwelvlies (oliefilm op het water) geeft aan dat aan de noordzijde behoorlijk sterke kwel aanwezig is.

Het ondiepe grondwater in het boorgat aan de noordzijde heeft een EGV van 88 $\mu\text{S}/\text{cm}$, een pH van 6,5. Het kwelwater dat aan de voet van de helling in de vallei uittreedt heeft een veel hogere EGV (EGV=168 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en is zelfs pH-neutraal (pH=7,1). Hoewel het kwelwater pH-neutraal is bedraagt de alkaliniteit echter slechts 0,1 meq/l en de totale hardheid 0,3 mmol/l. In benedenstroomse richting neemt de EGV van het oppervlaktewater geleidelijk aan steeds verder af maar het water blijft wel pH-neutraal. In het boorgat aan de noordzijde is het grondwater zwak zuur (pH=6,0).

Synthese en conclusies

Doordat het Zandgat is gesitueerd nabij de rand van het duinmassief is er een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig (zie isohypsenkaart figuur 4.1). Het Zandgat snijdt de grondwaterspiegel aan en zorgt voor een kortsluiting in het grondwatersysteem: aan de bovenstroomse zijde draineert de vallei grondwater en dit water stroomt zonder weerstandsverlies via de oppervlakte naar de benedenstroomse zijde van de vallei waar het weer infiltreert. Via dit mechanisme wordt relatief diep, sterker gebufferd grondwater aangetrokken. Naarmate de waterstand verder stijgt wordt het kortsluitingseffect vergroot en de toevoer van gebufferd kwelwater versterkt. Als de waterstand echter beneden het bodemniveau van de vallei wegzakt stopt het kortsluitingseffect en verdwijnt de toevoer van kwelwater. In die situatie kan de invloed van zuur regenwater dus gaan domineren.

Doordat de vallei toch betrekkelijk hoog in het hydrologische systeem ligt zijn de waterstandsfluctuaties groot (zie grafiek B1, bijlage 4). Gedurende lange perioden ligt de grondwaterstand onder het bodemniveau van de ondiepe vallei (grondwaterstand < 6,0 mNAP voor ongeveer de helft van de meetperiode van 1985 tot heden). In de jaren 1989 t/m 1993 was dit zelfs over een aaneengesloten periode van 5 jaar het geval. Hoewel dankzij de kwel bij de huidige hoge grondwaterstand nu zwak gebufferd water aanwezig is kan in droge perioden door de dominantie van zuur regenwater de pH dus weer sterk dalen. Dit betekent dat er behalve een sterke waterstandsdynamiek ook een sterke dynamiek in de zuurgraad aanwezig is. In samenhang hiermee zal ook de vegetatie aan schommelingen onderhevig blijven.

5.3 Pirolavallei

Inleiding

De Pirolavallei is ontstaan door zandwinning. Tot in de zestiger jaren van de vorige eeuw werd er zand afgegraven, dat met schuiten via de Hargervaart werd afgevoerd. De natte valleibodem die door de afgraving ontstond was een geschikte vestigingsplaats voor planten van vochtige duinvalleien en natte heide. In de zestiger jaren kwamen er soorten voor als Oeverkruid, Moeraswolfsklauw, Strandduizendguldenkruid, Bonte paardestaart en Koningsvaren (Ten Haaf, 1979). Aan het eind van de zeventiger jaren waren deze soorten verdwenen. Plaatselijk werden nog wel Trekrus, Ronde zonedauw en Klein wintergroen gevonden.

Om de terugkeer van planten van vochtige en natte milieu's mogelijk te maken werd in 1991 een deel van het gebied tot een maximale diepte van 70 cm afgegraven (Nieuwenhuis, 1991). Hierdoor ontstond een vochtige duinvallei met aantal duinmeertjes met zwak glooiende oevers, die alleen in zeer droge zomers helemaal droogvallen. Daarnaast werd in de vallei ook begrazing met schapen ingesteld.

Ontwikkeling vegetatie & flora

De eerste jaren na inrichting was de ontwikkeling teleurstellend. De plasjes en de oevers werden in bezit genomen door grote aantallen meeuwen, waardoor de begroeiing met name bestond uit Straatgras, Engels raaigras en Zomprus (Gutter, 1994). Met het verdwijnen van de meeuwenkolonie door de intrede van de vos werd in de loop van de jaren negentig de begroeiing snel soortenrijker, maar bestond aanvankelijk (1993-1994) nog voor een belangrijk deel uit verstroringssoorten als Geknikte vossestaart, Herderstasje, Grote weegbree, Perzikkruid en Blaartrekkende boterbloem. Wel vestigden zich toen ook kritischer soorten als Waterpostelein, Duinrus, Trekrus en Knolrus. Over de ontwikkelingen tussen 1994 en 2000 is niets vastgelegd. Wel is bekend dat Oeverkruid zich al in 1996 in klein aantal gevestigd had.

In augustus 2000 heeft onderzoek plaatsgevonden naar het voorkomen van hogere planten in de Pirola-vallei (Ten Haaf en Bakker, 2000). Op de in 1991 afgegraven delen heeft zich een gevarieerde vegetatie ontwikkeld met verschillende zeldzame tot zeer zeldzame soorten. Op de hogere delen van de oevers zijn soorten uit het Dopheideverbond aanwezig, waaronder Trekrus en Moeraswolfsklauw. Verder vallen in deze zone een aantal aan elkaar verwante composieten op: Dwergviltkruid, Moerasdroogbloem en Bleekgele droogbloem. De laatste is een kensoort van de associatie van Strandduizendguldenkruid en Krielparnassia.

In de oeverzone zijn de afgelopen jaren ook een aantal soorten levermossen en bladmossen aangetroffen (losse inventarisatie-gegevens Wondergem, 2004). Het betreft de volgende levermossen: *Cephaloziella divaricata* (Gewoon draadmos), *Fossombronia foveolata* (Grof goudkorrelmos), *Gymnocolea inflata* (Broedkelkje), *Lophozia capitata* (Violet trapmos), *Pellia epiphylla* (Gewoon plakkaatmos) en *Riccardia chamedryfolia* (Gewoon moerasvorkje). Karakteristieke bladmossen die in de oeverzone zijn aangetroffen zijn: *Pohlia bulbifera* (Bolletjespeermos) en *Warnstorfia fluitans* (Vensikkelmos). Al deze soorten zijn min of meer karakteristiek voor de zure vochtige oevers in zowel vensystemen als duinvalleien. De soorten zijn veelal begeleidende soorten van de Associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies maar ook van het Dwergbiezenverbond. De associatie van Moeraswolfsklauw en Snavelbies komt het dichtst bij doordat de Moeraswolfsklauw ook voorkomt.

Op de lage delen van de oevers, die vrijwel elke winter geïnundeerd worden, zijn soorten uit het Oeverkruid-verbond aanwezig. Oeverkruid en Knolrus komen massaal voor. Andere soorten die in deze zone groeien zijn: Waterpostelein, Sterrekroos, Waternavel, Zomprus, Greppelrus, Duinrus en plaatselijk Egelsboterbloem en Pitrus. De diepere delen van de twee grotere plasjes zijn begroeid met Drijvend fonteinkruid, Sterrekroos, Gewone waterbies en Slanke waterweegbree. De kleinere plasjes zijn nagenoeg onbegroeid.

Uit de vegetatiekaart van 2000 (zie figuur 5.3) blijkt dat met name langs noord- en noordoostoevers van de grote vennen in de Pirolavallei (vennen B36 en B37) het Oeverkruid-type voorkomt. Dit type groeit bij voedselarme en (matig) kalkrijke standplaatsen die 's-winters nat zijn en 's-zomers mogelijk uitdrogen, maar wel vochtig blijven. Het zijn echte pioniervegetatietypen en groeien vaak op nog nauwelijks begroeide minerale bodems, bijvoorbeeld langs duinmeren en in jonge secundaire duinvalleien. De vorm met Oeverkruid treedt vaak op als echte pionier, waarin zich nog nauwelijks andere soorten hebben gevestigd. Ontwikkelingen naar soortenrijkere, goed ontwikkelde pioniervegetaties hangen veelal samen met enige buffering.

In de twee kleine vennen en langs de zuidoostoevers van de grote vennen komt het Knolrus-type voor. Dit type is kenmerkend voor wat zuurdere omstandigheden, wat meer onder invloed staat van atmosferische depositie. Onder natte, voedselarme en zure omstandigheden is het vooral Knolrus die profiteert van de extra input van stikstof. Door deze extra input van stikstof daalt bovendien de pH van het water waardoor veel van de bijzondere eenjarige pioniersoorten verdwijnen en knolrus gaat domineren (Schaminée et al., 1995).

In de oeverzone van de grote vennen (met name zuidwestelijke delen) komt het type van Dwergzegge en Fraai duizendguldenkruid voor. Fraai duizendguldenkruid zelf komt hier echter niet voor: deze soort is gebonden aan zwak brakke omstandigheden. Van dit type komt in Pirolavallei de vorm van Dwergzegge en Waterpostelein voor (rompgemeenschap Dwergbiezen-verbond, kenmerkend voor zoete, geplagde oude duinvalleien). Bleekgele droogbloem komt vrij algemeen voor in deze vegetaties.

In de diepe delen van de grote vennen is het type van Drijvend fonteinkruid aanwezig. In de laagte ten noordoosten van B35 en ook in de laagte ten noordwesten van B2 groeit struweel van het type van Grauwe wilg, Geoorde wilg en Gagel. Dit type struweel komt voor op natte plaatsen waar een beheer van niets doen gevoerd wordt. In het zuidelijke deel van de Pirolavallei komt duinheide voor van het Type Gewone dophei en Kraaihei. Duinheide komt voor op plaatsen waar kalk (vrijwel) uitgelooft is. Het type van Gewone dophei en Kraaihei komt voor in zure duinvalleien met een hoge grondwaterspiegel.

Ecohydrologisch dwarsprofiel

De ligging van de raai van het ecohydrologisch dwarsprofiel van de Pirolavallei is aangegeven op de kaart van figuur 5.4. Het dwarsprofiel is weergegeven in figuur 5.5.

In het gebied is een sterk verhang in waterspiegel aanwezig: tussen boorgaten BG1 en BG9 (over een afstand van 200 m) daalt de (grond)waterstand 1,44 meter. Ter plaatse van peilbuis B37 (die aan de bovenstroomse oever van het benedenstroomse ven staat), is de stijghoogte van het grondwater (op 2,5 tot 3 m onder maaiveldsniveau) 6 cm hoger dan het venpeil. Bij B36, die middenin het bovenstroomse ven staat, is de grondwaterstand gelijk aan het venpeil.

Het ondiepe grondwater van het heidegebied aan de noordzijde is ionenarm (EGV = 43 à 72 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en heeft een pH van 5,5. Het grondwater in de peilbuizen en het venwater is in vergelijking hiermee rijker aan ionen (EGV = 174 à 202 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Het bovenstroomse ven heeft een pH van 5,6 en HCO_3 -concentratie van 0,1 mmol/l terwijl het benedenstroomse ven een pH van 5,9 en een HCO_3 -concentratie van 0,2 mmol/l heeft.

Synthese en conclusies

Doordat de Pirolavallei is gesitueerd nabij de rand van het duinmassief is er een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig (zie isohypsenkaart figuur 4.1). De vennen in de vallei snijden de grondwaterspiegel aan en zorgen voor kortsluitingen in het grondwatersysteem: aan de bovenstroomse zijde draineren de vennen grondwater en dit water stroomt zonder weerstandsverlies via de oppervlakte naar de benedenstroomse zijde van de vennen af waar het weer infiltreert. De aanwezigheid van kwelvlies langs de gehele bovenstroomse zijden van de oevers bevestigen dit beeld van de kwelsituatie. Uit de overdruk van B37 ten opzichte van het venpeil blijkt dat via dit mechanisme met name in het grote benedenstroomse ven vanuit vrij grote diepte grondwater wordt aangetrokken.

Door de drainerende werking van de vennen op het grondwater worden ze gevoed het iets diepere, ionenrijkere, zeer zwak gebufferd grondwater van het duinmassief (zie ook dwarsprofiel 4.2). Het grote, benedenstroomse ven trekt daarbij wat dieper en sterker gebufferd grondwater aan dan het bovenstroomse, kleine ven.

Naarmate de waterstand verder stijgt wordt het kortsluitingseffect vergroot en de toevoer van gebufferd kwelwater versterkt. Als de waterstand echter beneden het bodemniveau van de vennen wegzakt stopt het kortsluitingseffect en verdwijnt de toevoer van kwelwater. In die situatie kan de invloed van zuur regenwater dus gaan domineren. Bij de vennen van de Pirolavallei treedt deze situatie echter veel minder snel op dan in het Groeterzandgat. Dit komt doordat de vennen dieper zijn dan de vallei van het Zandgat en doordat de (grond)waterstandsfluctuaties in de Pirolavallei geringer zijn (zie grafieken B36 en B37 in bijlage 4) door de lagere ligging in het hydrologische systeem. Alleen in extreem droge zomers vallen de vennen droog en werkt het mechanisme niet meer. Op grond hiervan mag verwacht worden dat ook het pH-verloop in de vennen van de Pirolavallei een stuk stabielere is dan dat in het Groeterzandgat.

In samenhang met de sterke waterstandsdynamiek kunnen dankzij de zeer zwak gebufferde omstandigheden Dwergzegge/Waterpostelein- en Oeverkruid-vegetaties voorkomen. De verzurende depositie als gevolg van luchtverontreiniging heeft als gevolg van de voeding met zwak gebufferd grondwater uit het duinmassief relatief weinig invloed op de waterkwaliteit van de vennen (in tegenstelling tot bijvoorbeeld het Vogelmeer). Ook bij eventuele verdere voortschrijding van de verzuring van het duinwater zullen de vennen nog lange tijd gevoed worden met zwak gebufferd grondwater (ivm behoorlijk lange verblijftijd van grondwater in het systeem van de Schoolse Duinen). Het is daarom de verwachting dat soorten van zwak gebufferde vennen zich hier (de komende eeuw) kunnen handhaven en dat ook vestiging van nieuwe soorten mogelijk is.

5.4 Hargergat

Inleiding

Het Hargergat is ontstaan door zandwinning. Het gebied vormt een dal in de noordflank van het massief van de Schoorlse Duinen. Het dal loopt door tot aan het noordoostelijke polderland. Centraal in het dal ligt de Hargervaart. In het verleden werd het gewonnen zand via de vaart met schuiten afgevoerd.

In het bovenstroomse deel van het dal ontspringen twee bovenloopjes die al snel (op 50 meter van de oorsprong) samenstromen tot één duinrel. De duinrel stroomt na circa 50 meter uit in de Hargervaart. Ter plaatse van de Heereweg is de Hargervaart afgedamd. Via een smalle regelbare schotbalkenstuw en een duiker wordt het water onder de weg door geleid naar een poldersloot van het gebied de Lange Rond. Voor de ontwatering van de graslanden in het dal zijn loodrecht op de duinrel en de vaart op korte onderlinge afstand (om de 10 à 15 m) een groot aantal greppels aangelegd.

De graslanden worden sinds de jaren vijftig begraasd. De huidige begrazing vindt jaarrond plaats met 3 à 4 paarden. Er vindt geen bemesting plaats. Vanaf 1999 is getracht het benedenstroomse graslandje nabij de Heereweg te maaien. Door de zeer geringe draagkracht van de bodem is dit echter niet gelukt: ook met aangepaste lichte apparatuur was het nauwelijks mogelijk te werken en leidde de werkzaamheden tot verstoring van de bodem. Inmiddels wordt ook dit gebied weer begraasd.

Ontwikkeling vegetatie & flora

In 1994 is het grootste deel van de graslanden gekarteerd als Kamgrasweide (Bloemen, 1998). Bij de kamgrasweiden kan onderscheidt gemaakt worden in een vochtige en wat drogere variant. De drogere en ook iets schralere variant kwam voor langs de randen van het Hargergat en wordt gekenmerkt door soorten als gewone Veldbies en Biggekruid. In de vochtige variant in de laaggelegen gebieddelen kwamen soorten voor als Moerasrolklaver, Echte koekoeksbloem, Zwarte zegge, Veldrus en Pitrus. Deze soorten geven een overgang aan richting het Dotterverbond. In de uiterste noordoosthoek (ten noordoosten van B26) had de Kamgrasweide een nog sterkere inslag van het Dotterverbond. Het oostelijke deel van het gebied (eigendom van Van Til) is als Dotterbloemhoiland gekarteerd.

Op de vegetatiekaart van figuur 5.3 is de situatie van 2000 weergegeven. In het Hargergat liggen matig voedselrijke graslanden. Slechts een kleine oppervlakte in het bovenstroomse gedeelte is gekarteerd als "type van Kamgras" (G251b, natte en basische variant). De overige laaggelegen graslanden van het bovenstroomse gedeelte van het Hargergat zijn gekarteerd als rompgemeenschappen met Gewoon struisgras en Gewoon reukgras. Het betreft hierbij meestal het type van Gewoon struisgras, Rood zwenkgras en Gewoon Reukgras (G331). Bij dit type speelt beweiding vaak een belangrijke rol. Zowel de droge (G331a) als vochtige en gebufferde variant (G331f) komen voor. In het gebied tussen de twee bovenlopen van de duinrel komt het type van Gewoon struisgras, Tandjesgras en Borstelgras voor (G333a). Dit type is al zover verschaald dat er soorten inkomen van heischrale graslanden.

In het benedenstroomse gedeelte van het Hargergat komt het type van Gestreepte witbol (G292) veel voor, zowel de schrale en droge (G292c) als vochtige en gebufferde variant (G292g). Deze Witbolgraslanden zijn wat minder schraal dan het type van Gewoon struisgras, Rood zwenkgras en Gewoon reukgras (G331). In afwisseling met de Witbolgraslanden is dit schralere type ook het benedenstroomse gedeelte aanwezig.

In de duinrel groeit de zeldzame Klimopwaterranonkel in grote getale. Ook in de greppels is deze soort op enkele plekken aangetroffen. De Klimopwaterranonkel is een pioniersoort van bronvegetaties. Bij verdergaande successie wordt de soort weggeconcentreerd door hoogopgaande moerasplanten. De soort groeit vooral in smalle, ondiepe stroompjes met een geringe waterstandsfluctuatie. De optimale standplaats wordt gevormd door situaties waar constante kwel van kalkarm tot matig kalkrijk (zacht tot matig hard) water optreedt. Onder Nederlandse omstandigheden wordt dit watertype veel gevonden in betrekkelijk kleine hydrologische systemen, waarin het water een vrij korte weg door de ondergrond heeft afgelegd. Omdat deze systemen vaak een betrekkelijk klein voedingssysteem hebben vallen de kwelgebieden meestal veel eerder droog dan grote, diepe systemen.

Ecohydrologische dwarsprofielen

Voor het Hargergat zijn twee ecohydrologische dwarsprofielen vervaardigd: één van het bovenstroomse deel (raai Ha1-Ha1') en één voor het benedenstroomse deel (raai Ha2-Ha2'). De dwarsprofielen zijn weergegeven in figuur 5.5 De ligging van de raaien van de dwarsprofielen zijn weergegeven op de kaart van figuur 5.4.

In beide gebiedsdelen is een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig en treedt permanent kwel op naar de waterlopen (greppels, duinrel en Hargervaart). De sterkste kwel aanwezig in bovenstroomse uiteinden van de duinrellen en de zuidelijke uiteinden van de greppels nabij B32 in het benedenstroomse gedeelte van het Hargergat.

In het bovenstroomse gedeelte (Ha1-Ha1') heeft het grondwater van B22 en B3 en het kwelwater in de duinrel en de greppels een pH van 5,9 à 6,0 en een EGV van 174 à 245 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Het kwelwater in de duinrel is zeer zwak gebufferd ($\text{HCO}_3 = 0,1 \text{ meq/l}$) en heeft een totale hardheid van 0,4 mmol/l. De chloride-concentratie bedraagt 65 mg/l. Het grondwater van B22 heeft een vergelijkbare samenstelling. Het betreft zwak gebufferd duinwater dat toestroomt vanuit het duinmassief van de Schoorlse Duinen en dat wordt gedraineerd door de waterlopen (zie ook dwarsdoorsnede figuur 4.2).

In het ondiepe boorgat bij B23 wordt echter een pH van 5,3 en een EGV van 99 gemeten: dit water is dus een stuk zuurder en ionenarmer als het kwelwater in de waterlopen. Dit wijst op een sterke regenwaterinvloed in het ondiepe grondwater van de graslanden. Door het lage drainage-niveau van het oppervlaktewaterstelsel (duinrel en greppels) is het kwelwater niet in staat deze zone te bereiken en zijn tussen de greppels kleine infiltratie-gebiedjes van zuur regenwater aanwezig. Ook uit vergelijking van de grafieken van B25A en B25B (bijlage 4) volgt dat ter plaatse van de laaggelegen graslanden in het dal altijd infiltratie optreedt: de freatische grondwaterstand (B25A, ondiepe filter) is altijd hoger is dan de stijghoogte van het diepere grondwater (B25B, diepe filter)

In het benedenstroomse gedeelte van het Hargergat (Ha2-Ha2') heeft het grond- en kwelwater een pH van 6,2 à 6,3 en een EGV van 217 à 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Het water heeft een HCO_3 -concentratie van 0,6 mmol/l en is hiermee dus duidelijk sterker gebufferd dan in het bovenstroomse gedeelte. De totale hardheid bedraagt 0,6 à 0,7 mmol/l en de chloride-concentratie 65 mg/l. Door de lagere ligging in het hydrologische systeem van de Schoorlse duinen trekken de waterlopen in het gebied relatief diep, zwak gebufferd duinwater aan (zie dwarsdoorsnede figuur 4.2: F0NaCl-watertype met HCO_3 -concentratie van 0,5 à 1,0 meq/l). Door het lage drainage-niveau van de greppels en de Hargervaart is ook in het benedenstroomse gedeelte het zwak gebufferde kwelwater echter niet in staat de wortelzone van de vegetatie te bereiken: ook hier is het ondiepe grondwater vrij zuur (pH = 5,2) en ionenarm (EGV = 105).

Verdroging als gevolg van het opschonen en verdiepen van waterlopen

In het bovenstroomse gedeelte van het Hargergat is de hydrologische situatie in 1996 verslechterd door het uitbaggeren en verdiepen van de duinrellen en de Hargervaart. Vooral de verdieping van de duinrellen is nadelig omdat hierdoor het drainage-niveau verlaagd is. Uitgaande van een grondwaterstandsaling van één à twee decimeter in de laaggelegen delen (B21 en B25, zie resultaten tijdreeks-analyse in bijlage 5) wordt geschat dat het waterpeil in de duinrellen in de oude situatie twee à drie decimeter hoger was dan in de huidige situatie. Aangezien het peil nu circa 80 cm beneden maaiveld ligt bedroeg dat voor 1996 dus ongeveer 50 à 60 cm. Dit betekent overigens niet dat de oude situatie wel goed was: bij een drainage-niveau van 50 cm beneden maaiveld voor zowel de greppels als de duinrellen wordt het kwelwater ook volledig door de waterlopen afgevangen.

Door het opschonen en uitdiepen van de greppels zijn ook de grondwaterstanden in het benedenstroomse gedeelte van het Hargergat recentelijk (sinds 2003) gedaald met circa 2 decimeter (zie grafieken B26 en B32). Het effect van deze verandering is groter dan in het bovenstroomse gedeelte omdat het een vlakdekkende verlaging van het drainage-niveau betreft en omdat de grondwaterstanden in de oude situatie hier in tegenstelling tot het bovenstroomse gedeelte wel behoorlijk dicht aan maaiveld lagen (circa 20 à 30 cm – mv in de oude situatie en 40 à 50 cm –mv in de nieuwe situatie). In de oude situatie kon met name langs de rand van het dal (nabij B32) het kwelwater de wortelzone van de vegetatie wel periodiek bereiken.

Synthese en conclusies

Het waterlopenstelsel van het Hargergat wordt vanuit het duinmassief permanent gevoed met kwelwater. De sterke toestroming is het gevolg van de diepe aansnijding van het freatische watervoerende pakket door de waterlopen in het diep uitgegraven dal in combinatie met de aanwezigheid van een omvangrijk intrekgebied met een sterk opgebolde grondwaterspiegel. Zelfs in extreem droge perioden neemt de omvang van dit enorme reservoir aan duinwater nauwelijks af waardoor in het Hargergat ook in deze kritieke perioden goed voorzien wordt van kwelwater. In samenhang met de hydrochemische zonerings van het grondwater in het duinmassief treedt in het bovenstroomse gedeelte van het Hargergat zwak gebufferd duinwater aan de oppervlakte terwijl het benedenstroomse gedeelte gevoed wordt met matig gebufferd duinwater dat van grotere diepte afkomstig is.

Door de constante toevoer van zwak tot matig gebufferd kwelwater is in de zandige beddingen van de greppels en de duinrellen permanent ondiep stromend water aanwezig, waardoor de zeer zeldzame Klimopwaterranonkel hier een geschikte groeiplaats vindt. Door het lage drainage-niveau van de waterlopen is het kwelwater echter niet in staat de wortelzone van de graslandvegetaties van het Hargergat te bereiken, waardoor de toplaag van de bodem droog is en het ondiepe grondwater een zuur, regenwaterachtig karakter heeft. Van de verschillende graslandtypen worden dan ook voornamelijk de droge varianten aangetroffen terwijl de vochtige en gebufferde varianten meestal beperkt zijn tot de smalle en vrij steile oeverzones van de greppels.

Hoewel de hydrologische situatie in het bovenstroomse gedeelte van het Hargergat in 1996 is verslechterd door het verdiepen van de duinrellen was het kwelwater hier ook in de oude situatie niet goed in staat de wortelzone van de vegetatie te bereiken. Het effect van de recentelijke verdieping van de greppels in het benedenstroomse gedeelte is in vergelijking hiermee groter. Het betreft hier namelijk een ingreep met een vlakdekkend effect in een gebied waar de grondwaterstanden in de oude situatie wel dicht nabij maaiveld lagen en kwelwater plaatselijk in staat was de wortelzone van de vegetatie te bereiken.

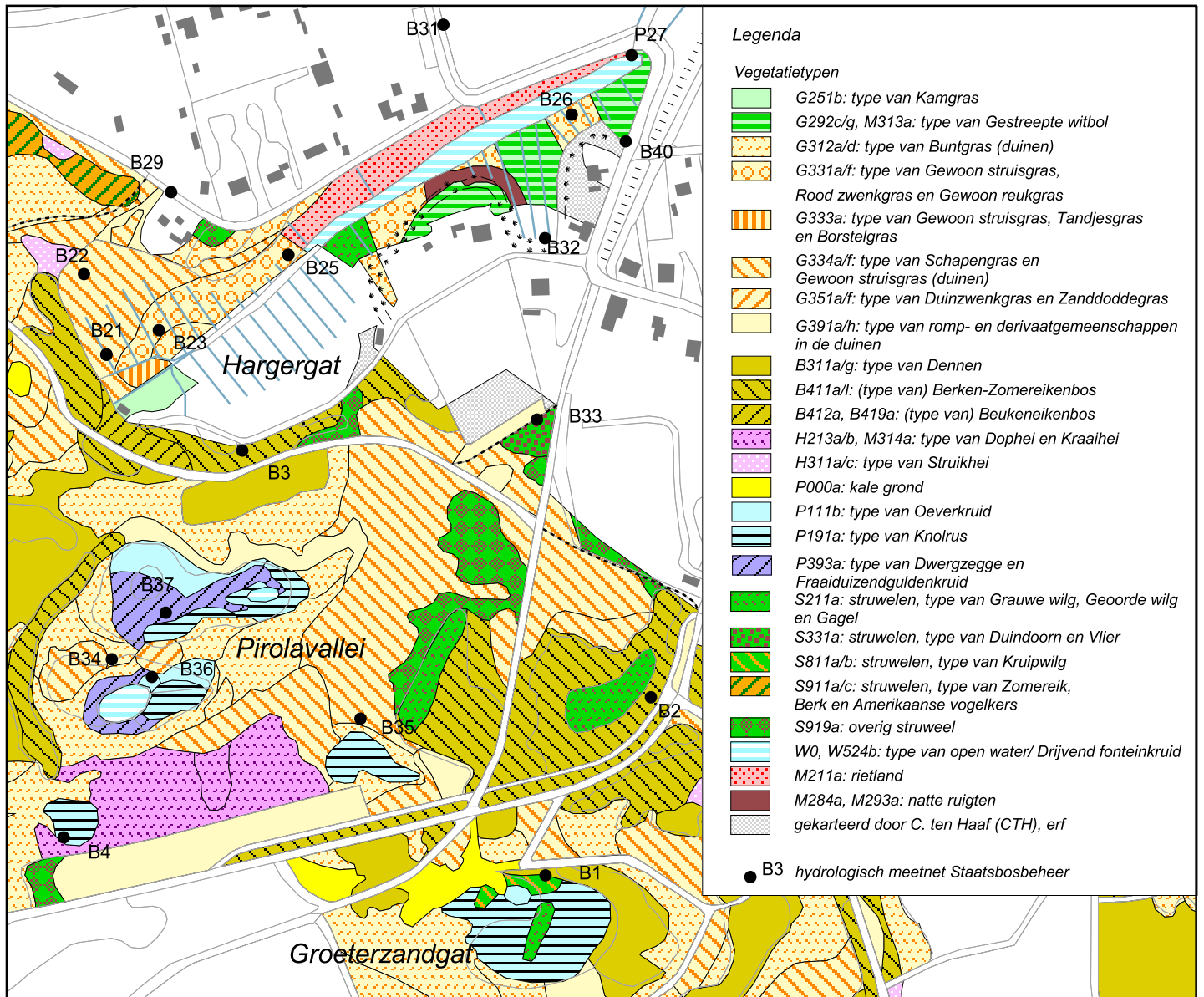
In de huidige situatie worden de unieke potenties die geboden worden door het goed intacte kwelsysteem van het Hargergat niet optimaal benut. In tegenstelling tot veel andere gebieden in Nederland kan in dit gebied door verbetering van de interne waterhuishoudkundige inrichting op vrij eenvoudige wijze kwel van zwak tot matig gebufferd grondwater tot in de wortelzone van de vegetatie hersteld worden. In samenhang met een maaibeheer kunnen zo waardevolle natte, gebufferde schraalgrasland-vegetaties tot ontwikkeling gebracht worden.

Belangrijk probleem is echter dat onder de vrijwel permanent natte omstandigheden die dan ontstaan het maaibeheer zeer lastig uitvoerbaar is. Verder moet er voor gezorgd worden dat ook de juiste omstandigheden voor behoud van de klimopwaterranonkel-vegetaties in de waterlopen gehandhaafd blijven. Een mogelijkheid om met een goed uitvoerbaar beheer de potenties voor ontwikkeling van vochtige en natte, gebufferde schraalgraslandvegetaties beter te benutten en tegelijkertijd de juiste omstandigheden te handhaven voor de klimopwaterranonkel-vegetaties is het omvormen van de huidige greppels met steile oevers naar greppels met (zeer) flauwe oevers. Op deze wijze ontstaan aan weerszijden van de greppels brede zones met geschikte omstandigheden voor graslandsoorten van natte/gebufferde omstandigheden, blijven in de middendelen van de greppels de juiste omstandigheden voor klimopwaterranonkel gehandhaafd en kan het beheer uitgevoerd worden vanaf de hogere delen tussen de greppels.

Ook bij deze oplossing moet een zekere verhoging van het drainage-niveau echter wel mogelijk zijn zonder dat het beheer onmogelijk wordt. De huidige drooglegging van 50 cm bij de greppels en 80 cm bij de duinrellen is wel erg groot. Ook bij een drooglegging van 30 cm bij de greppels en 40 à 50 cm voor de duinrellen moet het mogelijk zijn met aangepaste lichte apparatuur te maaien en af te voeren. De verhoging dient daarbij gerealiseerd te worden door middel van het verondiepen van de waterlopen met schoon duinzand.

De duinrellen (waar een sterk verhang aanwezig is) gaan al snel (ter hoogte van B23) over in de Hargervaart (waar vrijwel geen verhang meer aanwezig is). Om een optimaal herstel van de kwelsituatie te kunnen realiseren is het noodzakelijk ook het peil in de Hargervaart te verhogen. Aangezien dit in het benedenstroomse gedeelte door de aanwezigheid van de weg lastiger realiseerbaar is kan overwogen worden ter hoogte van B25 een stuw in de vaart te plaatsen om in ieder geval een peilverhoging in het bovenstroomse deel door te kunnen voeren. De afwatering van het externe gedeelte van de graslanden aan de zuidoostzijde komt daarbij niet direct in gevaar: ter plaatse van de mondingen van de greppels ligt het waterpeil in de greppels circa 25 cm hoger dan het waterpeil in de vaart.

Indien herstel gewenst is dan is het raadzaam op grond van aanvullende metingen een concreet herstelplan op te stellen. Daarbij is het enerzijds van belang om het watersysteem op gedetailleerde wijze in te meten zodat op goed onderbouwde wijze een ontwerp voor verbetering van de waterhuishoudkundige inrichting opgesteld kan worden. Anderzijds is het ook zinvol om uitgebreider waterkwaliteitsonderzoek uit te voeren (behalve bicarbonaat, hardheid en chloride ook ijzer-, sulfaat- en voedingsstoffen-concentraties onderzoeken).



Bell Hullenaar

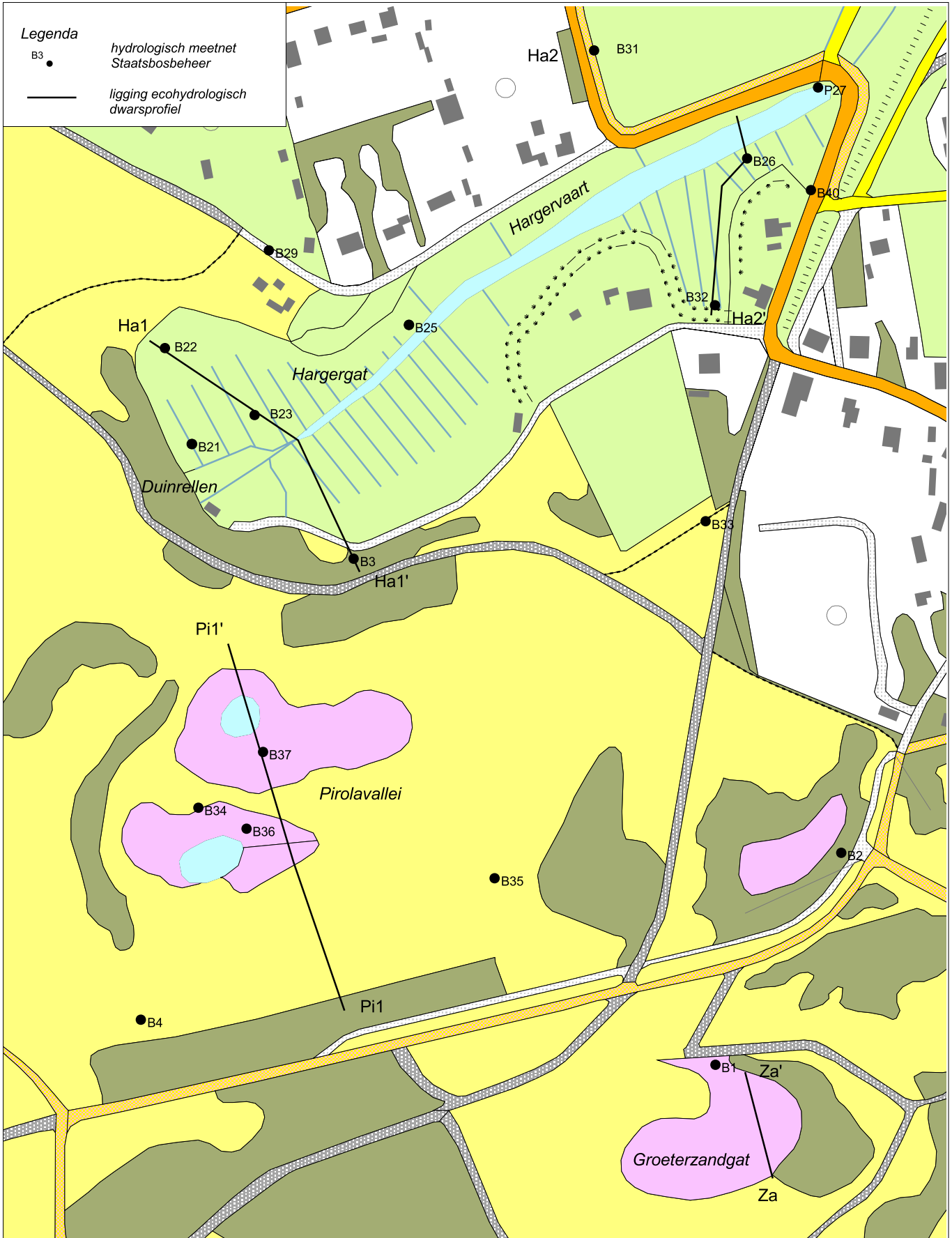
Ecohydrologisch
Adviesbureau

Meetnet evaluatie en ecohydrologische systeemanalyse Schoorlse duinen

Figuur 5.3 Vegetatiekaart Hargergat, Pirolavallei en Zandgat

(Bron: Bakker, Dijk, Inberg en Platinga, 2001)

1:5000



Bell Hullenaar

Ecohydrologisch
Adviesbureau

Meetnet evaluatie en ecohydrologische systeemanalyse Schoorlse duinen

Figuur 5.4 Detailkaart Hargergat, Pirolavallei en Zandgat

1:3500

5.6 Baaknol-plasje

Inleiding

Het Baaknol-plasje ligt in het noordwestelijke deel van het duingebied, op 600 m van de kust, nabij de Hargerstrandweg. Het is een klein en smal vennetje (circa 15 x 70 meter) dat omringd wordt door hoge duinen. In het centrale deel van het ven is een gedeelte uitgegraven (zie dwarsprofiel figuur 5.7).

Vegetatie

In het centrale, diepe deel van het ven is een Knolrus-vegetatie aanwezig met veenmos langs de oevers. In zowel het westelijke als oostelijke deel van het ven is een Riet-vegetatie aanwezig. Ten oosten van het vennetje ligt een dennenbos, aan de zuid- en zuidwestzijde ligt een gebied met struweel van Zomereik, Berk en Amerikaanse vogelkers en aan de noord- en noordoostzijde ligt een gebied met een Buntgras-vegetatie.

Ecohydrologisch dwarsprofiel

De ligging van de raai van het ecohydrologisch dwarsprofiel van het Baaknol-plasje is weergegeven op de bovenste kaart van figuur 5.6. Het dwarsprofiel is weergegeven in figuur 5.7.

Van oost naar west is een duidelijk verhang in (grond)waterspiegel aanwezig: over een afstand van 75 m bedraagt het grondwaterstandsverschil tussen boorgaten bg16 en bg17 25 cm (= 33 cm/100m). Langs de oostoever van het centrale, diepe deel en ook in het westelijke ondiepe plasje is kwelvlies geconstateerd.

Het venwater en het ondiepe grondwater is sterk zuur (pH 4,6 à 4,9) en vrijwel ongebufferd ($\text{HCO}_3 = 0,1 \text{ meq/l}$). Het water is echter wel ionenrijk (EGV 605 à 843 $\mu\text{S/cm}$) en de chloride-concentratie van het venwater is zeer hoog (210 mg/l). De totale hardheid van het venwater bedraagt 0,9 mmol/l. In bijlage 6 zijn de volledige analyse-resultaten weergegeven.

Synthese en conclusies

Het plasje snijdt de grondwaterspiegel aan en zorgt voor een zekere kortsluiting in het grondwatersysteem waardoor een lichte kwel optreedt. In de zomer wordt de kwel bovendien gestimuleerd door de verdamping van water: in het ven kan door verdamping van de vegetatie en het open water verdamping water aan het duinmassief onttrokken worden waardoor de toestroming van grondwater dus bevorderd wordt.

Het kwelwater is afkomstig uit het duingebied direct ten oosten van het vennetje. Door de vrij hoge ligging in het hydrologische systeem, en doordat het vennetje klein is en bovendien door de (grotendeels) geringe diepte snel droogvalt is de aantrekkingskracht ervan op het grondwater echter gering en vindt alleen voeding plaats met ondiep, sterk zuur duinwater.

De ionen- en chloride-rijkdom van het water worden veroorzaakt door een sterke depositie van zeezouten. Dit komt ten eerste door de ligging van het gebied nabij de kust (afstand 600 m). De depositie wordt nog eens versterkt door de aanwezigheid van dennenbos in het infiltratiegebied aan de oostzijde van het plasje. Als gevolg van verdamping is de ionenconcentratie van het venwater nog hoger dan die van het toestromende grondwater aan de oostzijde.

5.7 De Zanderij

Inleiding

De Zanderij is een laagte aan de rand van het duingebied (zie hoogtekaart figuur 4.1) die ontstaan is door zandwinning. Het gebied ligt direct ten zuidwesten van het bezoekerscentrum. In het zuidwestelijke deel van de laagte is een informatief wandelpad aangelegd: dit gedeelte wordt daarom ook wel de Infotuin genoemd. In het noordoostelijke deel is een speelbos aangelegd.

Vegetatie

In het grootste deel van de laagte is een Struikheide-vegetatie aanwezig. In de laagte zijn ook een kleine poel en een klein slenkje uitgegraven. De laagte wordt omzoomd door Berken-Zomereikenbos. Aan de voet van de helling is het bos vochtig: hier groeit Berkenbroekbos. In het Speelbos is kaal zand aanwezig. Tussen het Speelbos en de parkeerplaats is een strook met Elzenbroekbos aanwezig.

Ecohydrologisch dwarsprofiel

De ligging van de raai van het ecohydrologisch dwarsprofiel van de Zanderij is weergegeven op de onderste kaart van figuur 5.6. Het dwarsprofiel is weergegeven in figuur 5.7.

Er is een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig: over een afstand van 200 m bedraagt het grondwaterstandsverschil tussen peilbuis B10 en boorgat bg 14 136 cm (= 68 cm/100m). In het zuidwestelijke deel van de raai (B10 en bg 11) ligt de grondwaterstand op 29-6-2004 op 0,5 m beneden maaiveld en in het middendeel (bg 12 en bg 13) op 0,7 m -mv. In het Elzenbroekbos aan de noordoostzijde ligt de grondwaterstand slechts 15 cm beneden maaiveld. Omdat ter plaatse van boorpunt bg 14 het maaiveld iets verlaagd is ligt de grondwaterstand hier nabij maaiveld (2 cm -mv). Aan de oppervlakte zijn hier ook duidelijke kwelverschijnselen aanwezig (kwelvlies + ijzerafzetting).

Van zuidwest naar noordoost is een gradiënt aanwezig van zeer zwak naar matig sterk gebufferd grondwater. Bij B10, bg11 en bg12 is het grondwater zeer zwak tot zwak gebufferd ($\text{HCO}_3 = 0,3 \text{ à } 0,5 \text{ mmol/l}$, $\text{pH} = 6,1 \text{ à } 6,3$). Bij bg13 is het grondwater matig gebufferd ($\text{HCO}_3 = 1,0 \text{ mmol/l}$ en $\text{pH} = 6,4$). Bij bg 14 is het grondwater vrij sterk gebufferd ($\text{HCO}_3 = 2,5 \text{ mmol/l}$, $\text{pH} = 6,6$).

Vanaf B10 naar bg 12 neemt de EGV steeds verder af terwijl verder naar het oosten (bg13 en bg 14) de EGV-waarden weer toenemen. Bij bg12 is de totale hardheid zeer gering (0,1 mmol/l) en is ook de chloride-concentratie erg laag (15 mg/l). Bij B10 is een totale hardheid van 0,7 mmol/l gemeten en een chloride-concentratie van 60 mg/l. Dit wijst erop dat het grondwater van bg12 een sterker regenwaterkarakter heeft. De hoger wordende EGV-waarden (en hogere hardheid en chloride-concentratie) aan weerszijden van het meetpunt wijzen op een toenemende grondwaterinvloed.

Aanvullende meetpunten

Ook het water van de poel, de pomp en een extra punt in het Elzenbroekbos (bg 15) is onderzocht. Deze punten liggen echter buiten de raai en zijn dus niet in het dwarsprofiel opgenomen. De meetresultaten van de EGV-, pH en HCO_3 -metingen die hier zijn uitgevoerd zijn vermeld in bijlage 7.

Het water van de poel is zwak gebufferd ($\text{HCO}_3 = 0,5 \text{ mmol/l}$, $\text{pH} = 6,7$). De EGV van het water in de poel bedraagt $170 \mu\text{S/cm}$. Langs de zuidoostoever van de poel is kwelvlies aanwezig. Het pompwater is matig gebufferd ($\text{HCO}_3 = 1,0 \text{ mmol/l}$, $\text{pH} = 6,4$) en heeft een EGV van $252 \mu\text{S/cm}$. De diepte van de pomp is circa 6 meter (= +1 mNAP): het filter bevindt zich dus boven de kleilaag. Dit stemt overeen met het watertype dat hier is aangetroffen. Het water van bg 15 is vrij sterk gebufferd ($\text{HCO}_3 = 1,8 \text{ mmol/l}$, $\text{pH} = 6,6$) en heeft een EGV van $210 \mu\text{S/cm}$.

Hydrochemisch onderzoek Stuyfzand in de jaren tachtig

In de jaren tachtig (van de twintigste eeuw) is in het kader van het onderzoek van Stuyfzand ook de samenstelling van het grondwater in de Zanderij en het westelijk gelegen intrekgebied (gebied tussen Vogelmeer en Zanderij) onderzocht (Stuyfzand, 1989).

In het intrekgebied is daarbij op een diepte van +6 tot +8 mNAP zuur tot zeer zwak gebufferd grondwater aangetroffen ($\text{HCO}_3 < 0,5 \text{ mmol/l}$). Op een diepte van 1 à 2 mNAP was het grondwater zwak gebufferd ($0,5 < \text{HCO}_3 < 1,0 \text{ mmol/l}$) en het diepe grondwater was vrij sterk gebufferd (kalkrijk grondwater: $2,0 < \text{HCO}_3 < 4,0 \text{ mmol/l}$).

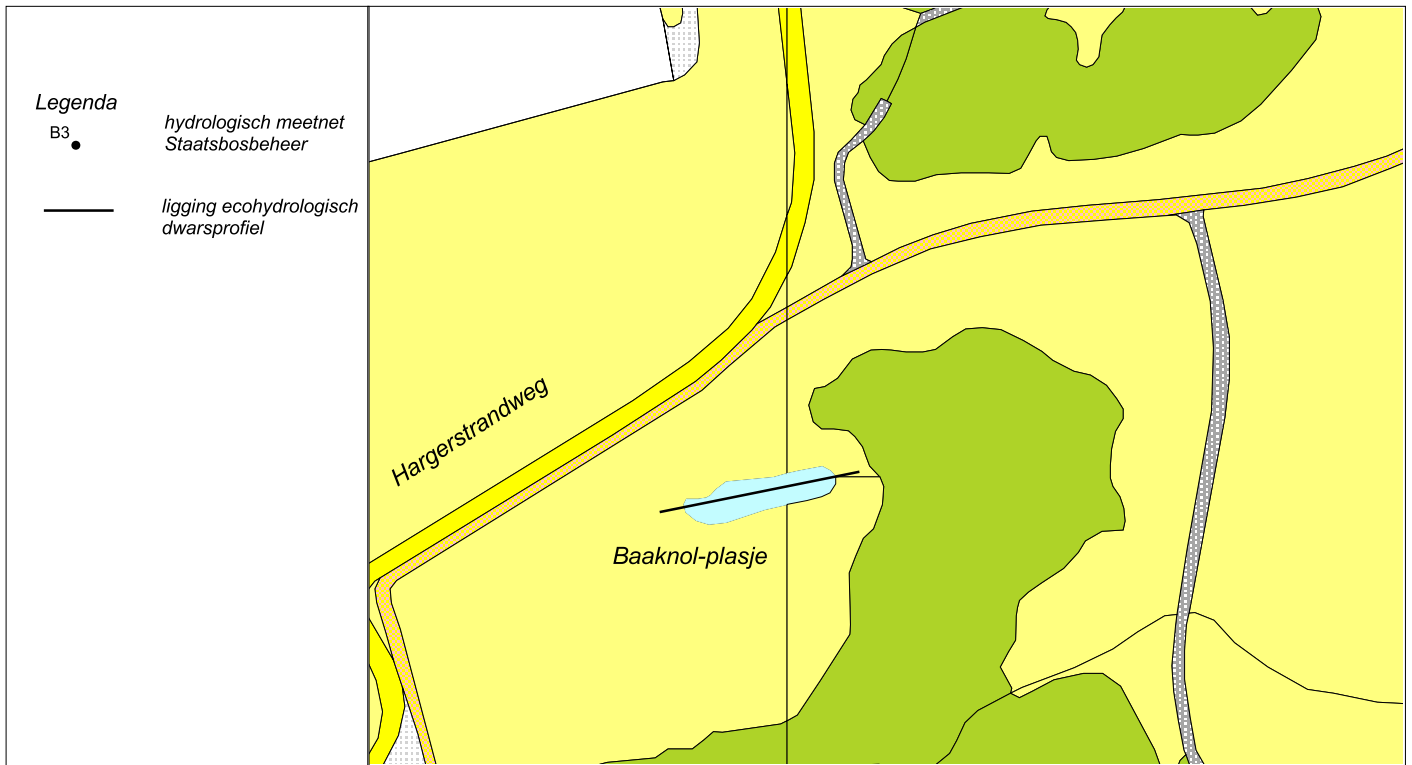
In de Zanderij zelf werd ter hoogte van bg13 in 1986 op een diepte van +1 mNAP (= circa 6 m -mv) matig gebufferd grondwater aangetroffen ($\text{HCO}_3 = 1,2 \text{ mmol/l}$, $\text{pH} = 6,2$). Tussen bg11 en bg12 werd in 1986 op een diepte van +5,5 mNAP zeer zwak gebufferd grondwater aangetroffen.

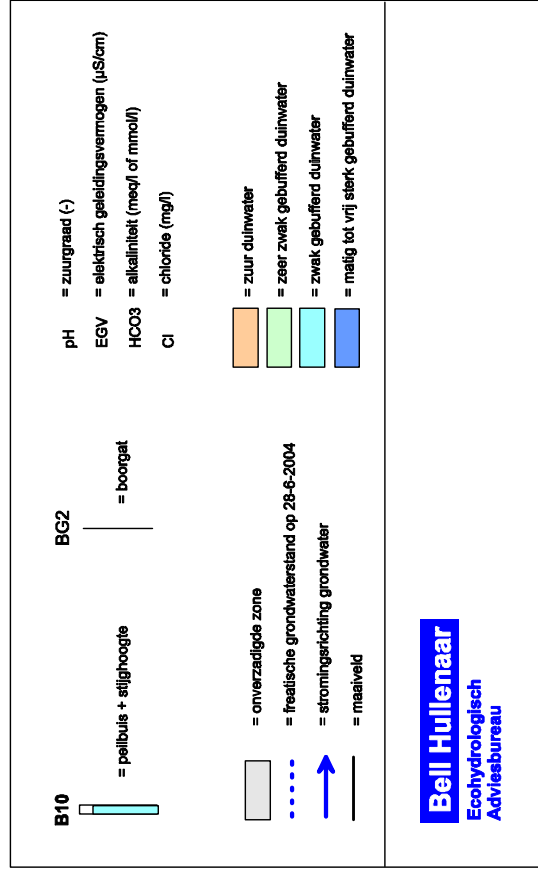
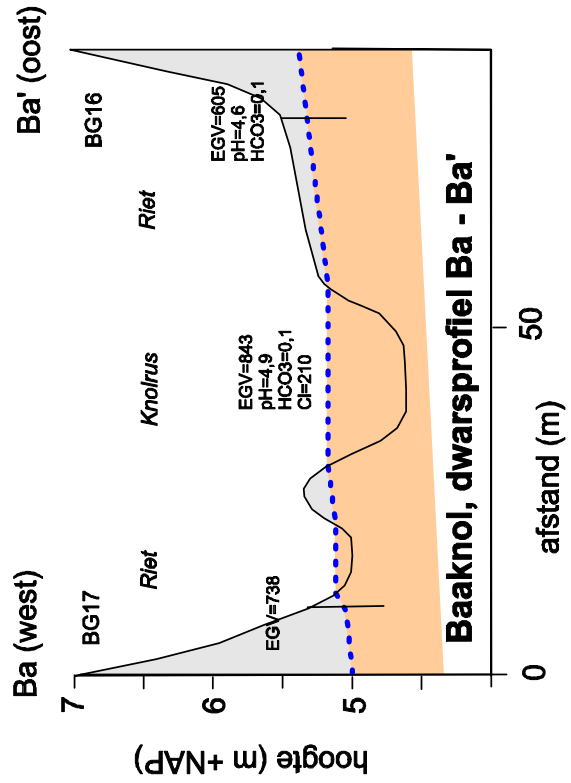
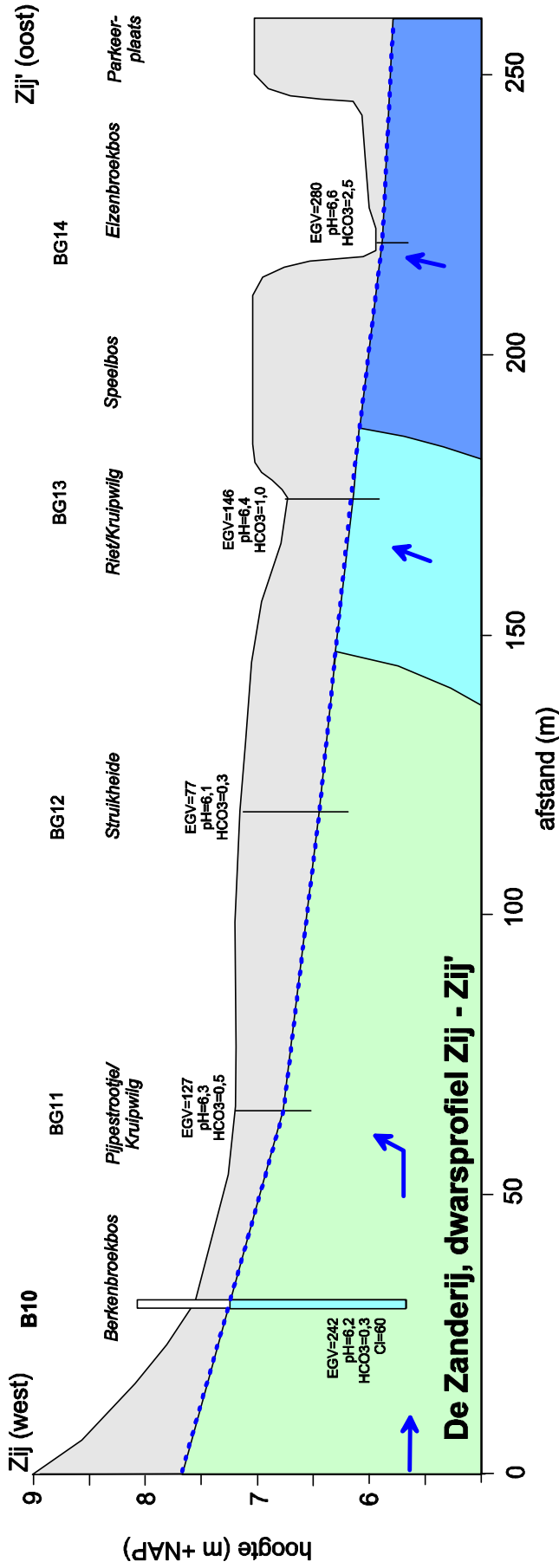
Synthese en conclusies

Doordat de Zanderij is gesitueerd nabij de rand van het duinmassief is een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig. In het gebied is een gradiënt aanwezig van zeer zwak tot matig sterk gebufferd grondwater. Deze gradiënt hangt samen met de voeding van het gebied vanuit verschillende hydrochemische zones van het duinmassief. Het gebied aan de voet van het duinmassief (B10, bg11 en poel) wordt gevoed met ondiep, zwak gebufferd duinwater. Het gebied tegen het Speelbos aan (bg 13 en pomp) wordt gevoed met matig gebufferd grondwater dat afkomstig is van het diepe deel van het eerste watervoerende pakket (nog boven de eerste scheidende laag). Het Elzenbroekbos tussen de parkeerplaats en het Speelbos (bg14 en bg15) wordt gevoed met vrij sterk gebufferd grondwater dat afkomstig is vanuit grotere diepte (van beneden de kleilaag). Middenin het heidegebied (bg 12) is de grondwatervoeding wat minder sterk waardoor infiltrerend regenwater hier sterker het karakter van het grondwater bepaald.

Omdat de laagte van de Zanderij vrij hoog in het systeem ligt en er met uitzondering van het Elzenbroekbos ook geen sterke kwelverschijnselen aanwezig zijn (ook niet in de winter) is vooral de aanwezigheid van matig tot vrij sterk gebufferd grondwater opmerkelijk. In de zomer wordt de opwaartse stroming wel gestimuleerd door de verdamping: met name door de diepe wortelstelsels van bomen kan onbepaald water aan het duinmassief onttrokken worden waardoor de toestroming van grondwater dus sterk bevordert wordt.

De aanwezigheid van de pomp in het Speelbos zal het grondwatersysteem in de directe nabijheid ervan in principe enigszins beïnvloeden, met name in de omgeving van bg13. Toch lijkt er sprake te zijn van een vrij ongestoorde waterkwaliteitsgradiënt.





Figuur 5.7 Ecohydrologische dwarsprofielen de Zanderij en Baaknol

5.8 De Kerf

Inleiding

In het najaar van 1997 werd tussen Bergen en Schoorl "De Kerf" aangelegd. De buitenste duinenrij werd over een breedte van tientallen meters doorgraven en de achterliggende Parnassiavallei werd over een oppervlakte van circa 8 ha afgeplagd. Ook het onderhoud aan de zeereep tussen paal 29 en 32,5 is gestaakt.

Doel van het project is het laten terugkeren van de oorspronkelijke dynamiek, die kenmerkend is voor een natuurlijk duingebied. Processen als het overspoelen door de zee, verstuing van zand en uitstuing tot op het grondwaterniveau moeten leiden tot het ontstaan van gradiënten in het landschap en tot een grotere variatie in levensgemeenschappen.

Bij aanleg bedroeg het niveau van de drempel en het laagste deel van de vallei +1,5 mNAP. Bij zeer hoog water kan de zee sindsdien naar binnen stromen. Bij het ontwerp is uitgegaan van gemiddeld drie inundaties per jaar. Het eerste jaar na de aanleg liep de Kerf meer dan tien keer vol. In 1999 en 2000 vormde zich een drempel in de Kerfmonding en nam het aantal overstromingen af. In de huidige situatie overstroomt de Kerf nog één à twee keer per jaar. De laatste keer dat de vallei is overstroomd is eind februari / begin maart 2004.

Vegetatie (Ten Haaf & Kat, 2003)

De natuurwaarden zijn door de getroffen maatregelen in belangrijke mate toegenomen. Het aantal rode-lijst soorten is verdubbeld en ook het aantal groeiplaatsen van Rode lijstsoorten is toegenomen. Een aantal kenmerkende, zeldzame tot zeer zeldzame natuurtypen heeft zich kunnen vestigen of uitbreiden. Het betreft hierbij de volgende typen: brakwatervegetatie, vloedmerkgemeenschappen, kweldervegetaties, embryonale duinvegetaties en kalkrijk duingrasland.

Vanuit ecohydrologisch oogpunt zijn met name de brakwater- en kweldervegetaties van belang. Op de vegetatiekaart van figuur 5.7 is de situatie van 2002 aangegeven. Een groot deel van de Kerf is onbegroeid. In het noordelijke deel is een plasje aanwezig met een brakwatervegetatie met onder meer de zeldzame *Snavelruppia*. Ten zuidoosten en zuiden van het plasje is een behoorlijk groot areaal (1,8 ha) aan kweldervegetatie aanwezig. Kweldersoorten die hier zijn aangetroffen betreffen: Zulte, Heen, Zilte Rus, Zeerus, Zilt torkruid, Zilte schijnspurrie en Schorrezoutgras.

Ecohydrologische dwarsprofielen

Voor De Kerf zijn twee ecohydrologische dwarsprofielen vervaardigd: één profiel van zuidwest naar noord (Ke1-Ke1') en één profiel van west naar oost (Ke2-Ke2'). De ligging van de raaien van de dwarsprofielen is weergegeven op de vegetatiekaart van figuur 5.8. De dwarsprofielen zijn weergegeven in figuur 5.9.

In samenhang met het grondwaterstromingspatroon vanuit het duinmassief naar de Noordzeekust is in het gebied van oost naar west een verhang in grondwaterspiegel aanwezig: tussen bg5 en bg9 (dwarsprofiel Ke2-Ke2') daalt over een afstand van 220 m de grondwaterstand met 25 cm (= gemiddeld 11 cm/100m). In dwarsprofiel Ke1-Ke1' daalt de grondwaterstand tussen bg1 en B18 met 15 cm. Dit komt dus ook door de geringere afstand van B18 tot de kust ten opzichte van bg1.

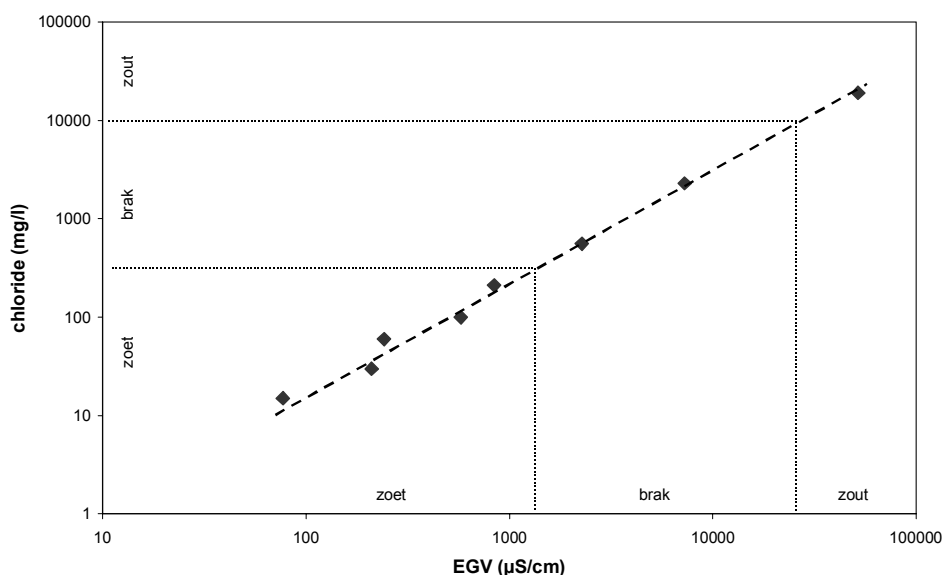
Niet alleen de hoogteligging van het maaiveld maar ook de afstand tot de kust is dus bepalend voor de diepte van de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld. Zo wordt de vallei in zuidwestelijke richting door een combinatie van een licht oplopend maaiveld en een licht dalende grondwaterstand steeds droger (grondwaterstand van 27 cm –mv bij bg1, 45 cm –mv bij bg3 en 70 cm –mv bij bg 4).

In boorgaten bg1, bg4 en peilbuis B18 is behalve de EGV en de pH ook de chloride-concentratie, alkaliniteit en totale hardheid onderzocht. In boorgat bg1 is een chloride-concentratie van 2.300 mg/l gemeten en bij bg4 bedroeg de chloride-concentratie 560 mg/l. In beide gevallen betreft het brak grondwater (cl = 300 tot 10.000 mg/l). Het grondwater van bg4 is zwak brak (cl = 300 tot 1.000 mg/l) en dat van bg1 is sterk brak (cl = 1.000 tot 10.000 mg/l). Bij peilbuis B18, ten zuidwesten van de Kerf, bedraagt de chloride-concentratie 100 mg/l: dit is zoet grondwater (cl < 300 mg/l).

Voor alle meetpunten uit het onderzoek van juni 2004 (De Kerf, Baaknol en de Zanderij) en voor zeewater zijn de chloride-concentraties uitgezet tegen de EGV (zie grafiek van figuur 5.10). Uit de grafiek blijkt dat de EGV duidelijk gecorreleerd is aan de chloride-concentratie. Dit betekent dat de EGV een goede variabele is voor afleiding van het zoutgehalte van het grondwater. Daarbij is bij EGV-waarden tussen 1.300 en 26.000 sprake van brak water. De grens van sterk en zwak brak water (cl = 1.000 mg/l) ligt ongeveer bij een EGV-waarde van 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

In de overige boorgaten in de Kerf zijn EGV-waarden van 2.270 tot 10.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemeten: ook hier is dus brak grondwater aanwezig. Er is daarbij sprake van een gradiënt van sterk brak water in het noordelijke deel naar zwak brak water in het zuidelijke deel. De gemeten EGV-waarden in de omgeving lopen uiteen van 270 tot 728 $\mu\text{S}/\text{cm}$: hier is dus alleen zoet grondwater aangetroffen.

Het brakke grondwater is matig sterk gebufferd (HCO_3 2,4 à 3,0 mmol/l, pH 6,4 à 6,6), in boorgat bg1 is de totale hardheid hoog (9,0 mmol/l) terwijl in boorgat bg4 de totale hardheid slechts 0,8 mmol/l bedraagt. Het grondwater van B18 is zeer zwak gebufferd ($\text{HCO}_3 = 0,3$ mmol/l, pH = 5,5).



Figuur 5.10 Correlatie EGV en chloride-concentraties van meetpunten de Kerf, Baaknol, de Zanderij en zeewater

EGV-metingen Kerfmeertje 2000 / 2001

In het kader van het monitoringsprogramma van De Kerf is in de periode juli 2000 t/m augustus 2001 in het meertje van de Kerf twee keer per maand het zoutgehalte gemeten (Vertegaal et al, 2003). Overigens zijn ook in 2002 en 2003 metingen verricht maar omdat deze meetperiodes te kort zijn en niet op elkaar aansluiten zijn ze verder buiten beschouwing gelaten. Voordat de metingen in 2000/2001 plaatsvonden is de Kerf voor het laatst op 9-2-2000 nog overstromd, tijdens de meetperiode niet meer. In juli 2000 is het water nog sterk brak (EGV = 10.000) en ook bij aanvang van de herfst is het water nog brak. In de loop van de herfst neemt het zoutgehalte echter snel af en al vanaf eind oktober 2000 is het water zoet (EGV = 1.000). In 2001 blijft het water zoet door het ontbreken van een overstroming.

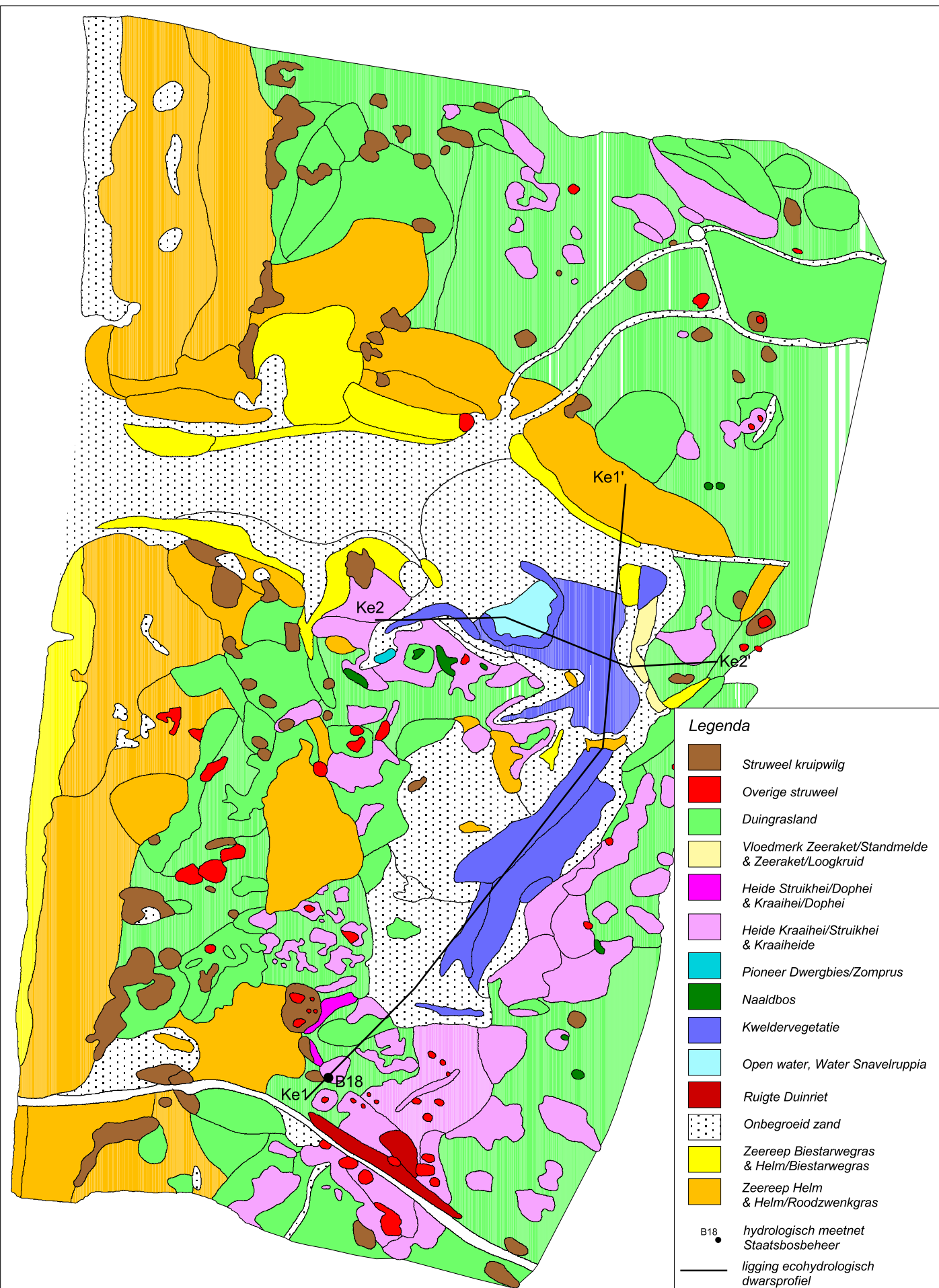
Synthese, conclusies en aanbevelingen

Als gevolg van de periodieke overstroming met zout zeewater en de hierop volgende verdunning met ionenarm regenwater is het ondiepe grondwater in De Kerf brak. Er is daarbij een gradiënt aanwezig van sterk brak grondwater in het noordelijke deel naar zwak brak grondwater in het zuidelijke deel. In het noordelijke deel is de invloed van zout zeewater het grootst omdat dit gebied het laagst ligt en omdat het nabij het instroompunt van het zoute zeewater ligt. Zo raakt bijvoorbeeld bij een inundatieniveau van +2,0 mNAP het noordelijke deel (met maaiveld van 1,6 à 1,9 mNAP) overstromd met zeewater terwijl het zuidelijke deel (maaiveld 2,0 tot 2,3 mNAP) buiten bereik blijft. De ligging ten opzichte van het instroompunt is van belang omdat bij een overstroming het zoete grondwater in de grofzandige bodem wordt opgestuwd naar het zuidwestelijke uiteinde van de vallei.

Omdat water met een hoog zout-gehalte zwaarder is dan zoet water infiltreert het zoute / brakke water van de Kerf naar de ondergrond en wordt de omgeving van de Kerf dus niet beïnvloed. In samenhang hiermee zijn langs de randen van de vallei scherpe overgangen van brak naar zoet grondwater aanwezig.

Aangezien kwel in het gebied afwezig is wordt de afname van het zoutgehalte die na een overstroming met zout zeewater optreedt dus veroorzaakt door verdunning met neerslagwater. In perioden met een hoog neerslagoverschot, ofwel het winterhalfjaar, verloopt de verdunning snel waardoor het water snel zoet wordt. In perioden met een gering neerslagoverschot of een neerslagtekort (= verdampingsoverschot), ofwel het zomerhalfjaar, verloopt de verdunning en dus verzoeting veel trager. Dit betekent dat voor de aanwezigheid van een brakwatermilieu in het vegetatie seizoen (voorjaar en zomer) met name een jaarlijkse overstroming aan het einde van de winter / in het vroege voorjaar van prominent belang is. Een overstroming in de herfst is dus veel minder effectief: tegen de tijd dat de groei van de vegetatie weer op gang komt is de vallei alweer verzoet.

Om het verloop van de zoutwaterinvloed in de Kerf goed in beeld te kunnen brengen is inrichting van twee nieuwe meetlocaties gewenst: één meetlocatie in het noordelijke deel met kweldervegetatie en één in het zuidelijke deel met kweldervegetatie (zie kaart figuur 5.8). Elke meetlocatie dient te bestaan uit een combinatie van peilbuizen met filters op verschillende diepten (0-50 cm –mv, 50-100 cm –mv en 100-150 cm –mv). Aan de hand van maandelijkse metingen van de EGV in de peilbuizen kan op eenvoudige wijze het verloop van de zoutwaterinvloed in de tijd en de diepte gemeten worden. Met behulp van een kogelkleppompje dient hiertoe water uit de peilbuizen opgepompt te worden. De metingen kunnen na instructie door een deskundige in principe gewoon door de opnamer van het meetnet uitgevoerd worden. Voordat het water uit de buizen wordt opgepompt dient telkens eerst de grondwaterstand gemeten te worden. Om bij overstroming van de Kerf verstoring van de meetpunten te voorkomen dienen ze goed in de zandondergrond verankerd te worden.



6 Synthese, conclusies en aanbevelingen

6.1 Hydrologisch functioneren van het totale duingebied

Fysiografische opbouw

Het natuurgebied de Schoorlse Duinen bestaat uit een omvangrijk duinmassief van circa 1850 ha, dat zeer breed is (4 km) en een bijzonder sterk reliëf heeft (met toppen op +54 mNAP en lagen op +2m NAP). De zandbodem is tot op grote diepte kalkloos (- 2 mNAP). In het noordelijke deel en het middendeel van het gebied ligt op een diepte van -2 tot -7 mNAP een zeer slecht doorlatende veen- en kleilaag. Het hierboven gelegen duinzand vormt het freatische watervoerend pakket (WVP 1A). In het zuidelijk en zuidwestelijke deel van het natuurgebied is geen goed ontwikkelde scheidende laag aanwezig: het eerste watervoerende pakket staat min of meer in direct contact met de diepere watervoerende pakketten (WVP II + III).

Hydrologie van het noordelijke en middendeel van de Schoorlse Duinen

In samenhang met het voorkomen van de zeer slecht doorlatende laag is in het noordelijke deel en middendeel van de Schoorlse duinen een radiaal afstromingspatroon aanwezig met een sterke opbolling in het centrum, ter plaatse van het Vogelmeer (grondwaterstand +10 mNAP in april 2000, ongeveer GHG-omstandigheden). Het duinmassief vormt een enorm reservoir dat zelfs in extreem natte perioden niet overstroomt waardoor de grondwaterstanden in deze perioden bijzonder ver kunnen oplopen. Via zijdelingse afstroming verliest het sterk opgebolde waterlichaam wel water naar de omgeving: de Noordzee, de duinrellen langs de binnenduinrand, de polders en het zuidelijke duingebied. Als dit verlies in een reeks van droge jaren perioden niet voldoende aangevuld wordt met neerslag dan treedt een meerjarige voortschrijdende grondwaterstands daling op. Als gevolg van deze eigenschappen is met name in het centrale deel van het duingebied een sterke (meerjarige) grondwaterstandsdynamiek aanwezig.

Ondanks de sterk opgebolde grondwaterspiegel liggen de grondwaterstanden in het noordelijke en middendeel van het duingebied behoorlijk ver onder maaiveld (GHG in laaggelegen delen bedraagt circa 1m -mv). De grondwaterspiegel bevindt zich ver beneden het deflatieniveau uit periode dat nog veel verstuiving aanwezig was. Vanaf 1900 is de grondwaterstand ruim 1 m gedaald. De grondwaterstands daling is met name (voor 80 à 90 %) het gevolg van een afname van de aanvulling van het duinmassief met neerslagwater door een toename van de verdamping door ingrijpende wijzigingen in de begroeiing van het duingebied: de oppervlakte onbegroeid terrein met een zeer lage verdamping (verdampingsfactor 0,25) is afgenomen en de oppervlakte naaldbos, met een zeer hoge verdamping (verdampingsfactor 0,8) is sterk toegenomen. Nabij de kust speelt daarnaast ook kustafslag een rol. De polderpeilen in de omringende polders zijn de laatste 100 jaar nagenoeg ongewijzigd gebleven: deze factor speelt dus geen rol bij de geconstateerde verdroging.

Uit de tijdreeksanalyse die in het kader van de meetnetevaluatie is uitgevoerd blijkt dat in de periode 1984-2004 over het algemeen geen (verdere) daling van de grondwaterstand in het noordelijke en middendeel van het duingebied is opgetreden. In het oostelijke gedeelte is echter wel een grondwaterstandsverlaging geconstateerd (B10: lineaire trend met verlaging van 30 cm). De oorzaak hiervan is niet bekend.

Hydrologie van het zuidelijke deel van de Schoorlse Duinen

Door het ontbreken van een slecht doorlatende laag is in het zuidelijke en zuidwestelijke deel van het duingebied een vlakke en lage grondwaterspiegel aanwezig. In het zuidoostelijke deel zijn de grondwaterstanden extra laag door de drinkwaterwinning Bergen. Het effect van de winning is in de huidige situatie echter beperkt. Eind jaren tachtig is bij renovatie van de winning de onttrekkingshoeveelheid verminderd van 2 naar 1 miljoen m³/jaar en zijn de winputten meer landinwaarts geconcentreerd. Op grond van de tijdreeksanalyse is voor de huidige situatie voor het meest zuidoostelijke deel van het natuurgebied als gevolg van de winning een verlaging van 2 decimeter op een afstand van 1 km tot de winning afgeleid. Ten opzichte van de situatie in de jaren tachtig is het effect van de winning ongeveer gehalveerd. Sommige jaren (1998 en 1999) is echter toch weer een grotere hoeveelheid water onttrokken (ruim 2 miljoen m³/jaar), waarbij het effect weer vergelijkbaar was met dat van de oude situatie in de jaren tachtig.

In het gehele zuidelijke en zuidwestelijke deel van het natuurgebied liggen de grondwaterstanden ook in de laaggelegen delen behoorlijk ver onder maaiveld (GHG circa 1 m onder maaiveld) terwijl hier rond 1900 uitgestrekte natte duinvalleien voorkwamen. Hoewel in het zuidoostelijke deel de waterwinning dus een duidelijke verdrogende invloed heeft speelt ook hier de toegenomen verdamping als gevolg van bosaanplant een grote rol. Het zuidwestelijke deel van het natuurgebied (Kerf en omgeving) ligt buiten de invloedssfeer van de winning. De lage grondwaterstanden worden hier grotendeels veroorzaakt door een sterke grondwaterstandsaling als gevolg van kustafslag (in de eerste helft van de twintigste eeuw).

Hydrochemische samenstelling van het grondwater

Al het grondwater van het freatische watervoerende pakket is kalkarm. Als gevolg van zoute zeewind-invloed zijn chloride en natrium het dominante anion en kation (Stuyfzand-watertypen F*NaCl en F0NaCl). Hoewel het ondiepe grondwater uitsluitend kalkarme duinzanden doorstroomt is het grondwater vanaf een diepte van circa 2 m onder de grondwaterspiegel toch zwak gebufferd ($\text{HCO}_3^- = 0,1 \text{ à } 0,5 \text{ mmol/l}$) en vanaf een diepte van circa 7 m zelfs matig gebufferd ($\text{HCO}_3^- 0,5 \text{ à } 1,0 \text{ mmol/l}$). Alleen het meest ondiepe grondwater (tot 2 m beneden de grondwaterspiegel) is niet gebufferd en sterk zuur ($\text{pH} < 5$).

Mogelijkheden voor ontwikkeling van (grond)watergebonden natuurwaarden door herstel van verstuiving

Aangezien op veel plaatsen in het duingebied de grondwaterstand niet heel erg ver onder maaiveld ligt (GHG circa 1 m beneden maaiveld) zijn er goede mogelijkheden om door herstel van verstuiving nieuwe (grond)watergebonden natuurwaarden tot ontwikkeling te laten komen. Locaties op de flank van het sterk opbollende waterlichaam van het noordelijke en middendeel van het duingebied zijn daarbij extra interessant omdat hier bij aansnijding van de grondwaterspiegel net als in de Pirolavallei en het Zandgat voeding op kan treden met zwak gebufferd kwelwater. Het is daarbij echter de vraag of bij verstuiving het bodemniveau van de nieuwe vallei voldoende laag komt te liggen om het kwelwater in voldoende mate aan te trekken.

6.2 Ecohydrologisch functioneren van de inzoomgebieden

Vogelmeer

In het verleden zorgden de uitwerpselen van meeuwen en de baggerlaag voor buffering van het duinmeer. Na het verdwijnen van de meeuwenkolonie en het uitbaggeren van de plas was het water als gevolg van de vroegere omstandigheden aanvankelijk nog enigszins gebufferd, wat goede vestigingsmogelijkheden biedde voor soorten van het Oeverkruid- en Dwergbiezenverbond. Inmiddels in het venwater al sterk zuur geworden. Dit hangt samen met de hoge ligging van het Vogelmeer in het hydrologische systeem van de Schoorlse duinen, binnen de invloedssfeer van de ondiepe laag van zuur duinwater. Op grond hiervan mag verwacht worden dat ook de venvegetatie meer en meer een zuur karakter zal krijgen met soorten als Knolrus en Veelstengelige waterbies. Aangezien het ondiepe grondwater in de oeverzone van het ven iets minder zuur is zijn hier wellicht toch mogelijkheden voor handhaving van soorten als Oeverkruid en Moerasdroogbloem.

Zandgat en Pirolavallei

Het Zandgat en de Pirolavallei zijn gesitueerd nabij de noordelijke rand van het duinmassief, waar een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig is. De vennen van het Zandgat en de Pirolavallei snijden de grondwaterspiegel aan en zorgen voor kortsluitingen in het grondwatersysteem: aan de bovenstroomse zijde draineren de vennen grondwater en dit water stroomt zonder weerstandsverlies via de oppervlakte naar de benedenstroomse zijden van de vennen af waar het weer infiltreert. Via dit mechanisme worden de vennen gevoed met kwelwater dat afkomstig is van wat diepere waterlaag met het zwak gebufferd duinwater.

Naarmate de waterstand verder stijgt wordt het kortsluitingseffect vergroot en de toevoer van gebufferd kwelwater versterkt. Als de waterstand echter beneden het bodemniveau van de vennen wegzakt stopt het kortsluitingseffect en verdwijnt de toevoer van kwelwater. In die situatie kan de invloed van zuur regenwater dus gaan domineren. Bij de vennen van de Pirolavallei treedt deze situatie veel minder snel op dan in het Groeterzandgat. Dit komt doordat de vennen van de Pirolavallei dieper zijn en doordat de (grond)waterstandsfluctuaties in de Pirolavallei geringer zijn door de lagere ligging in het hydrologische systeem. Op grond hiervan mag verwacht worden dat ook het pH-verloop in de vennen van de Pirolavallei een stuk stabiel is dan dat in het Groeterzandgat.

Hargergat

Het waterlopenstelsel van het Hargergat wordt vanuit het duinmassief permanent gevoed met kwelwater. De sterke toestroming is het gevolg van de diepe aansnijding van het freatische watervoerende pakket door de waterlopen in het diep uitgegraven dal in combinatie met de aanwezigheid van een omvangrijk intrekgebied met een sterk opgebolde grondwaterspiegel. Zelfs in extreem droge perioden neemt de omvang van dit enorme reservoir aan duinwater nauwelijks af waardoor in het Hargergat ook in deze kritieke perioden goed voorzien wordt van kwelwater. In samenhang met de hydrochemische zonering van het grondwater in het duinmassief treedt in het bovenstroomse gedeelte van het Hargergat zwak gebufferd duinwater aan de oppervlakte terwijl het benedenstroomse gedeelte gevoed wordt met matig gebufferd duinwater dat van grotere diepte afkomstig is.

Door de constante toevoer van zwak tot matig gebufferd kwelwater is in de zandige beddingen van de greppels en de duinrellen permanent ondiep stromend water aanwezig, waardoor de zeer zeldzame Klimopwaterranonkel hier een geschikte groeiplaats vindt. Door het lage drainage-niveau van de waterlopen is het kwelwater echter niet in staat de wortelzone van de graslandvegetaties van het Hargergat te bereiken, waardoor de toplaag van de bodem droog is en het ondiepe grondwater een zuur, regenwaterachtig karakter heeft. Van de verschillende graslandtypen worden dan ook voornamelijk de droge varianten aangetroffen terwijl de vochtige en gebufferde varianten meestal beperkt zijn tot de smalle en vrij steile oeverzones van de greppels.

Hoewel de hydrologische situatie in het bovenstroomse gedeelte van het Hargergat in 1996 is verslechterd door het verdiepen van de duinrellen was het kwelwater hier ook in de oude situatie niet goed in staat de wortelzone van de vegetatie te bereiken. Het effect van de recentelijke verdieping van de greppels in het benedenstroomse gedeelte is in vergelijking hiermee groter. Het betreft hier namelijk een ingreep met een vlakdekkend effect in een gebied waar de grondwaterstanden in de oude situatie wel dicht nabij maaiveld lagen en kwelwater plaatselijk in staat was de wortelzone van de vegetatie te bereiken.

In de huidige situatie worden de unieke potenties die geboden worden door het goed intacte kwelsysteem van het Hargergat niet optimaal benut. In tegenstelling tot veel andere gebieden in Nederland kan in dit gebied door verbetering van de interne waterhuishoudkundige inrichting (verhoging van het drainage-niveau) op vrij eenvoudige wijze kwel van zwak tot matig gebufferd grondwater tot in de wortelzone van de vegetatie hersteld worden. In samenhang met een maaibeheer kunnen zo waardevolle natte, gebufferde schraalgrasland-vegetaties tot ontwikkeling gebracht worden.

Belangrijk probleem is echter dat onder de vrijwel permanent natte omstandigheden die dan ontstaan het maaibeheer zeer lastig uitvoerbaar is. Verder moet er voor gezorgd worden dat ook de juiste omstandigheden voor behoud van de klimopwaterranonkel-vegetaties in de waterlopen gehandhaafd blijven. Een mogelijkheid om met een goed uitvoerbaar beheer de potenties voor ontwikkeling van vochtige en natte, gebufferde schraalgraslandvegetaties beter te benutten en tegelijkertijd de juiste omstandigheden te handhaven voor de klimopwaterranonkel-vegetaties is het omvormen van de huidige greppels met steile oevers naar greppels met (zeer) flauwe oevers. Op deze wijze ontstaan aan weerszijden van de greppels brede zones met geschikte omstandigheden voor graslandsoorten van natte/gebufferde omstandigheden, blijven in de middendelen van de greppels de juiste omstandigheden voor klimopwaterranonkel gehandhaafd en kan het beheer uitgevoerd worden vanaf de hogere delen tussen de greppels.

In combinatie met deze oplossing is een zekere verhoging van het drainage-niveau echter wel mogelijk zonder dat het beheer onmogelijk wordt of externe belangen in het geding zijn. Indien herstel gewenst is dan is het raadzaam voor het totale Hargergat op grond van aanvullende metingen een concreet waterhuishoudkundig / ecohydrologisch herstelplan op te stellen. Daarbij is het enerzijds van belang om het watersysteem op gedetailleerde wijze in te meten zodat op goed onderbouwde wijze een ontwerp voor verbetering van de waterhuishoudkundige inrichting opgesteld kan worden. Anderzijds is het ook zinvol om uitgebreider waterkwaliteitsonderzoek uit te voeren (behalve bicarbonaat, hardheid en chloride ook ijzer,- sulfaat- en voedingsstoffen-concentraties onderzoeken).

Baaknol-plasje

In het plasje treedt lichte kwel op. Door de hoge ligging in het hydrologische systeem en de geringe dimensies van het plasje betreft het ondiep, sterk zuur kwelwater. Doordat het gebied nabij de kust ligt treedt er sterke depositie van zeezouten op en is het water ionenrijk, met name wat betreft chloride en natrium.

De Zanderij

Doordat de Zanderij is gesitueerd nabij de rand van het duinmassief is een sterk verhang in grondwaterspiegel aanwezig. In het gebied is een gradiënt aanwezig van zeer zwak tot matig sterk gebufferd grondwater. Deze gradiënt hangt samen met de voeding van het gebied vanuit verschillende hydrochemische zones van het duinmassief.

De Kerf

Als gevolg van de periodieke overstroming met zout zeewater en de hierop volgende verdunning met ionenarm regenwater is het ondiepe grondwater in De Kerf brak. Er is daarbij een gradiënt aanwezig van sterk brak grondwater in het noordelijke deel naar zwak brak grondwater in het zuidelijke deel. In het noordelijke deel is de invloed van zout zeewater het grootst omdat dit gebied het laagst ligt en omdat het nabij het instroompunt van het zoute zeewater ligt.

Omdat water met een hoog zout-gehalte zwaarder is dan zoet water infiltreert het zoute / brakke water van de Kerf naar de ondergrond en wordt de omgeving van de Kerf dus niet beïnvloed. In samenhang hiermee zijn langs de randen van de vallei scherpe overgangen van brak naar zoet grondwater aanwezig.

Na een periode van overstroming met zout zeewater neemt door verdunning met neerslagwater het zoutgehalte in De Kerf in de loop der tijd steeds verder af. De snelheid van verzoeting is afhankelijk van de neerslag- en verdampingshoeveelheden.

Door de aanleg van de Kerf zijn geen veranderingen in de grondwaterstanden in de omgeving opgetreden en ook de invloedssfeer van zeewater blijft beperkt tot de Kerf zelf. Aangezien de aangrenzende valleien als gevolg van verdroging een beperkte ecologische waarde hebben is het gezien de positieve ervaringen in de Kerf aan te bevelen in de verdroogde valleien vergelijkbare maatregelen te treffen.

Om het verloop van de zoutwaterinvloed in de Kerf goed in beeld te kunnen brengen is inrichting van twee nieuwe meetlocaties gewenst: één meetlocatie in het noordelijke deel met kweldervegetatie en één in het zuidelijke deel met kweldervegetatie. Aan de hand van maandelijkse metingen van de EGV in de peilbuizen (met filters op verschillende diepten) kan op eenvoudige wijze het verloop van de zoutwaterinvloed in de tijd en de diepte gemeten worden.

6.3 Technische staat van het meetnet en mogelijkheden voor optimalisatie

Het hydrologisch meetnet functioneert redelijk goed. Wel zijn er een behoorlijk aantal kleine fouten in de opname-gegevens geconstateerd maar met behulp van de opname-formulieren konden de fouten veelal gecorrigeerd worden. Van groter belang zijn de geconstateerde fouten in de technische gegevens van de peilbuizen. Ook deze kunnen grotendeels eenvoudig gecorrigeerd worden maar voor enkele correcties is het noodzakelijk meetpunten (opnieuw) in te meten. Een volledig overzicht van uit te voeren correcties en inmetings- en herstelwerkzaamheden is in bijlage 8 opgenomen.

Nu dat het hydrologische systeem van de Schoorlse Duinen in kaart is gebracht kan het hydrologische meetnet in afgeslankte vorm worden voortgezet. Alleen in deelgebieden met natte natuurwaarden en/of bedreigingen is het zinvol goed functionerende meetpunten te handhaven. Daarbij is ook in deze deelgebieden vaak een uitdunning van het meetnet mogelijk. In het overzicht van tabel 6.1 wordt op grond van de resultaten van de evaluatie en de systeemanalyse een advies gegeven ten aanzien van de op te heffen en te handhaven meetpunten. Indien bij de voorgestelde halvering van het meetnet de meetinspanning nog steeds te hoog wordt geacht dan kan ook nog overwogen worden de meetfrequentie te verlagen van tweemaal naar eenmaal per maand.

Om het verloop van de zoutwaterinvloed in de Kerf goed in beeld te kunnen brengen is inrichting van twee nieuwe meetlocaties en maandelijkse meting van de EGV-waarden en grondwaterstanden gewenst. Voor het verkrijgen van een beter inzicht in de kwelsituatie in de Pirolavallei dient peilbuis B37 (in de oeverzone van het noordelijke ven) ook als piket (P37) te worden opgenomen en in de databank te worden ingevoerd. Hiertoe dient bij de opname de oppervlaktewaterstand aan de buitenzijde van de peilbuis gemeten te worden. Bij B36 is dit niet zinvol omdat dit meetpunt midden in het ven staat: hier is geen kwel aanwezig.

Tabel 6.1 Advies op te heffen / te handhaven meetpunten

DINO-code	SBB-code	Opheffen	Handhaven	Verbeteren inrichting meetpunt	Opnieuw inmeten
14CP7000	B1	x			
14CP7001	B2	x			
14CP7002	B3		x		
14CP7003	B4		x		
14CP7004	B5	x			
14CP7025	B21A	x			
14CP7025	B21B		x		
14CP7026	B22		x		
14CP7027	B23		x		
14CP7029	B25A		x		
14CP7029	B25B		x		
14CP7030	B26		x	x	x
14CP7031	B29	x			
14CP7033	B31	x			
14CP7034	B32		x	x	x
14CP7035	B33	x			
14CP7048	B34	x			
14CP7049	B35	x			
14CP7050	B36		x		
14CP7051	B37		x		
14CP7052	B40	x			
14CS7036	P27		x		
14CS7037	P28	x			
19AP7000	B6	x			
19AP7001	B7	x			
19AP7002	B8		x		
19AP7003	B9	x			
19AP7004	B10		x		
19AP7005	B11	x			
19AP7006	B12		x		
19AP7007	B13		x		
19AP7008	B14	x			
19AP7010	B15		x		
19AP7011	B17	x			
19AP7012	B19	x			
19AP7013	B20	x			
19AP7014	B16		x		
19AP7015	B18		x		
19AP7025	B41	x			
19AS7009	L8		x		x
	Totaal	20	20	2	3

Literatuur

ARENS, S.M, P.D. JUNGERIUS & J.H. VAN BOXTEL, 1997. Duurzame verstuiving in de Schoorlse Duinen – Een inventarisatie van potentiële lokaties. Arens bureau voor strand- en duinonderzoek, Amsterdam.

ARENS, S.M., M. WITTEVELD & F. ERINKVELD, 2000. Duurzame verstuiving in de Schoorlse Duinen. Ontwikkeling 1999-2000. Arens bureau voor strand- en duinonderzoek, Amsterdam.

ARENS, S.M., M. WITTEVELD & F. ERINKVELD, 2001. Duurzame verstuiving in de Schoorlse Duinen. Ontwikkeling 2000-2001. Arens bureau voor strand- en duinonderzoek, Amsterdam.

ARENS, S.M., M. WITTEVELD, J. KLOPPENBURG & F. ERINKVELD, 2002. Duurzame verstuiving in de Schoorlse Duinen. Ontwikkeling 2001-2002. Arens bureau voor strand- en duinonderzoek, Amsterdam.

ARTS, G. & G. VAN DUINHOVEN, 2000. Sleutelen aan vennen. OBN-brochure van ministerie van Landbouw, natuurbeheer en visserij, 's-Gravenhage.

BAAS, T, 1998. Korte evaluatie van het meetnet duin over de periode 1988-1997. Provincie Noord-Holland, Haarlem.

BLOEMEN, S., 1998. Het Hargergat, analyse van hydrologie en vegetatie. Staatsbosbeheer, Alkmaar.

BAKKER, N.J. & L.J. VAN DER ENT, 1995. Vegetatiekartering van 20 natuurgebieden in de regio Hollands Noorden 1993-1994. Buro Bakker, Assen.

BAKKER, N.J., E. DIJK, J.A. INBERG & J.E. PLANTINGA, 2001. Vegetatiekartering van de open duinen van Schoorl 2000. Buro Bakker, Assen.

DIGGELEN, R.VAN & J. KLOOKER, 1990. Het voorkomen van de Klimopwaterranonkel in Nederland in relatie tot de hydrologie. In Gorteria 16.

EELERWOUDE, 1996/1998. Dynamiek in de kustzone – Dwarsprofielen voor en na ontgraving.

ERINKVELD, F.J.M., S. GOEDHART, H.P.G. GRIFFIOEN, J.R. JORRITSMA, H.E. WONDERGEM & S. DE HEIJ, 2001. Interne kwaliteitsbeoordeling Schoorlse Duinen 2001. Staatsbosbeheer, Alkmaar.

ERINKVELD, F.J.M., S. GOEDHART, H.P.G. GRIFFIOEN, J.R. JORRITSMA, P. VAN KRANENBRUG, H.E. WONDERGEM & S. DE HEIJ, 2001. Uitwerkingsplan Schoorlse Duinen & Binnenduintrand Schoorl, 2002 - 2012. Staatsbosbeheer, Alkmaar.

GIESKE, 1996. Landelijke hydrologische systeemanalyse – Deelrapport 4 – Deelgebied Noord-Holland: beschrijving van regionale grondwaterstromingsstelsels. TNO, Delft.

GRONTMIJ, 1990. Bodemonderzoek natuurbouwproject te Schoorl. Grontmij, Nieuwegein.

GRONTMIJ, 1995. Staatsbosbeheer Het Hollands Noorden – Hydrologisch meetnet district Schoorl. Staatsbosbeheer, Alkmaar.

HAAF, C. TEN & E. KAT, 2002. Vogelmeer Schoorl – Monitoring van flora en vegetatie in 2000 en 2002. Ten Haaf en Bakker, Groet.

HAAF, C. TEN & E. KAT, 2003. Vogelmeer Schoorl – Monitoring van flora in 2003. Ten Haaf en Bakker, Groet.

HAAF, C. TEN & BAKKER, 2000. De Pirolavallei – Monitoring van hogere planten in 2000. Ten Haaf en Bakker, Groet.

HAAF, C. TEN & E. KAT, 2000. De Kerf bij Schoorl – Monitoring van vegetatie en flora in 2000. Ten Haaf en Bakker, Groet.

HAAF, C. TEN & E. KAT, 2001. De Kerf bij Schoorl – Monitoring van vegetatie en flora in 2001. Ten Haaf en Bakker, Groet.

HAAF, C. TEN & E. KAT, 2002. De Kerf bij Schoorl – Monitoring van vegetatie en flora in 2002. Ten Haaf en Bakker, Groet.

HAAF, C. TEN & E. KAT, 2003. De Kerf – Evaluatie monitoring vegetatie en flora 1998-2002. Ten Haaf en Bakker, Groet.

IWACO, 1997. Grondwatermodellering Bergen-Egmond-Schoorl. IWACO, Rotterdam.

LAGEMAN, R. & M. HOMAN, 1979. Grondwaterkaart van Nederland, 19 Oost, 19 West en 20A – Inventarisatierapport. TNO, Delft.

LEKAHENA, E.G. & J.B.M. LANGBEIN, 1980. Grondwaterkaart van Nederland, 14 Oost, 14 West – Inventarisatierapport. TNO, Delft.

ROLF, H.L.M., & J.J. LEBBINK, 1998. Hydrologische effecten als gevolg van de reductie duinwaterwinning in het Noord-Hollands Duinreservaat. PWN, Velsbroek.

STUYFZAN, P.J., 1989. Hydrochemie en hydrologie van duinen en aangrenzende polders tussen Egmond aan Zee en Petten. KIWA, Nieuwegein.

STUYFZAND, P.J. & L. REINIERS, 1990. Verzuring van grondwater in kalkarme duinen bij Schoorl met gevolgen voor sporenelementen. In H₂O, 23^e jaargang, nummer 2.

WEGER, G. DE, 1980. De daling van de grondwaterstand in de duinen bij Schoorl. Scriptie Landbouwhogeschool, Wageningen.

WESTERHOFF, W.E., E.F.J. MULDER & W. DE GANS, 1987. Geologische kaart van Nederland, Alkmaar West (19W) & Alkmaar Oost (19O). Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

WILDSCHUT, J.T., 1973. Grondwaterstands daling in het duingebied van Schoorl. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

WOERLEE, J.A., 1993. Herziening hydrologisch meetnet regio 10: Hollands noorden. Staatsbosbeheer, Driebergen.

Bijlagen

- 1 Overzicht technische gegevens hydrologisch meetnet Schoorlse Duinen
- 2 Overzicht van fouten in de opnamen
- 3 Resultaten veldbezoek met opnemers
- 4 Grafieken (grond)waterstandsverloop
- 5 Resultaten tijdreeksanalyse met behulp van het programma Menyanthes
- 6 Analyseresultaten waterkwaliteitsonderzoek
- 7 Resultaten metingen ecohydrologische dwarsprofielen
- 8 Overzicht van uit te voeren databank-correcties en inmetings- en
herstelwerkzaamheden

Bijlage 1

Overzicht echnische gegevens hydrologisch meetnet Schoorlse Duinen

LOCATIE	SBB-code	X COOR	Y COORD	MAAI- VELD (cm NAP)	MEET- PUNT (cm NAP)	BOVENKANT FILTER (cm NAP)	ONDERKANT FILTER (cm NAP)	START DATUM	EIND DATUM
14CP7000	B001	105800	526000	693	719		406	01/06/84	01/09/84
14CP7000	B001	105800	526000	693	719		406	01/09/84	13/04/94
14CP7000	B001	105830	525990	687	705	410	386	13/04/94	
14CP7001	B002	105900	526095	629	666		321	01/09/84	13/04/94
14CP7001	B002	105900	526090	630	645	305	281	13/04/94	
14CP7002	B003	105665	526320	360	390		49	01/09/84	13/04/94
14CP7002	B003	105610	526290	367	376	55	29	13/04/94	
14CP7003	B004	105480	526005	629	651		401	01/09/84	13/04/94
14CP7003	B004	105500	525990	516	631	258	233	13/04/94	
14CP7004	B005	105720	525400	880	913		678	01/09/84	13/04/94
14CP7004	B005	105680	525390	879	897	688	663	13/04/94	
14CP7025	B021A	105460	526370	157	190	30	-20	17/06/91	13/04/94
14CP7025	B021A	105460	526370	157	187	25	-25	13/04/94	
14CP7025	B021B	105460	526370	157	188	-162	-212	17/06/91	13/04/94
14CP7025	B021B	105460	526370	157	186	-164	-214	13/04/94	
14CP7026	B022	105460	526403	361	361	198	188	17/06/91	13/04/94
14CP7026	B022	105440	526410	360	357	192	182	13/04/94	19/04/94
14CP7026	B022	105440	526410	360	357	190	182	19/04/94	
14CP7027	B023	105520	526390	121	121	21	11	17/06/91	03/05/94
14CP7027	B023	105500	526380	118	113	-15	-65	03/05/94	
14CP7028	B024	105583	526308	233	233	133	123	17/06/91	01/01/98
14CP7029	B025A	105600	526430	44	57	-81	-131	17/06/91	13/04/94
14CP7029	B025A	105600	526430	43	54	-83	-133	13/04/94	
14CP7029	B025B	105600	526430	44	55	-266	-316	17/06/91	13/04/94
14CP7029	B025B	105600	526430	43	52	-269	-319	13/04/94	
14CP7030	B026	105853	526550	30	44	-91	-141	17/06/91	13/04/94
14CP7030	B026	105820	526540	26	25	-96	-146	13/04/94	
14CP7031	B029	105520	526470	642	647	189	123	15/02/93	13/04/94
14CP7031	B029	105520	526490	644	638	177	111	13/04/94	
14CP7032	B030	105570	526540	392	397	165	95	15/02/93	13/04/94
14CP7032	B030	105560	526560	393	388	170	100	13/04/94	01/01/98
14CP7033	B031	105737	526615	165	170	112	42	15/02/93	13/04/94
14CP7033	B031	105737	526615	176	169	112	42	13/04/94	
14CP7034	B032	105809	526449	178	182	148	78	15/02/93	13/04/94
14CP7034	B032	105800	526460	181	173	140	70	13/04/94	
14CP7035	B033	105810	526310	628	633	397	327	15/02/93	13/04/94
14CP7035	B033	105810	526310	636	625	397	327	13/04/94	
14CP7048	B034	105430	526180	566	553	310	278	13/04/94	
14CP7049	B035	105670	526070	675	666	384	334	13/04/94	
14CP7050	B036	105490	526130	480	531	417	367	19/04/94	
14CP7051	B037	105510	526150	429	469	359	309	19/04/94	
14CP7052	B040	105880	526530	147	142	94	44	13/04/94	
14CS7005	P001	105800	526100		667			01/09/84	01/06/85
14CS7005	P001	105800	526100		666			01/06/85	14/06/85
14CS7036	P027	105880	526578	-100	-29			17/06/91	13/04/94
14CS7036	P027	105870	526590	-82	18			13/04/94	
14CS7037	P028	105889	526588	-100	-29			17/06/91	08/12/95
14CS7037	P028	105889	526588		43			08/12/95	
14CS7067	P042	105889	526575		14			22/07/91	01/03/93
14CS7068	P043	105930	526650		-37			22/07/91	01/03/93
14CS7069	P044	106000	526655		-3			22/07/91	01/03/93
19AP7000	B006	104810	524150	586	632		290	01/09/84	13/04/94
19AP7000	B006	104740	524110	585	618	310	285	13/04/94	
19AP7001	B007	105280	524100	942	976		625	01/09/84	13/04/94
19AP7001	B007	105300	524110	939	962	640	614	13/04/94	
19AP7002	B008	106370	524240	1098	1125		796	01/09/84	13/04/94
19AP7002	B008	106310	524270	1092	1111	805	781	13/04/94	

LOCATIE	SBB-code	X COOR	Y COORD	MAAI- VELD (cm NAP)	MEET- PUNT (cm NAP)	BOVENKANT FILTER (cm NAP)	ONDERKANT FILTER (cm NAP)	START DATUM	EIND DATUM
19AP7003	B009	106790	524370	1169	1198		753	01/09/84	13/04/94
19AP7003	B009	106780	524380	1164	1183	760	735	13/04/94	
19AP7004	B010	107650	524430	769	808		565	01/09/84	13/04/94
19AP7004	B010	107620	524440	770	796	589	564	13/04/94	
19AP7005	B011	104305	522520	267	297		-48	01/09/84	13/04/94
19AP7005	B011	104310	522520	261	282	-35	-61	13/04/94	
19AP7006	B012	105475	522455	364	397		-49	01/09/84	13/04/94
19AP7006	B012	105610	522380	357	378	-30	-55	13/04/94	
19AP7007	B013	106980	522390	352	381		-69	01/09/84	13/04/94
19AP7007	B013	106950	522390	347	365	-48	-73	13/04/94	
19AP7008	B014	107610	522355	268	306		-167	01/09/84	13/04/94
19AP7008	B014	107620	522340	264	290	-147	-173	13/04/94	
19AP7010	B015	107310	521800	695	688	8	-42	13/04/94	
19AP7011	B017	106560	522970	719	719	457	407	13/04/94	
19AP7012	B019	104060	521460	266	328	111	61	13/04/94	
19AP7013	B020	104060	521260	244	302	104	54	13/04/94	
19AP7014	B016	106600	521870	267	267	53	3	13/04/94	
19AP7015	B018	104220	521760	307	305	100	50	20/04/94	
19AP7025	B041	105819	521850					01/01/95	
19AS7009	L008	106155	524375		948			01/09/84	14/08/87

Bijlage 2

Overzicht van fouten in de opnamen

Correcties in potlood aangegeven in de ordner met de opnameformulieren

code SBB	code TNO	datum	correcties / opmerkingen
B3	14CP7002	15/03/1994	opnameformulier is goed, waarde fout in DINO
B3	14CP7002	28/03/1994	opnameformulier is goed, waarde fout in DINO
B3	14CP7002	28/07/1996	opname verwisseld met B4
B3	14CP7002	28/02/1997	opname 103 ipv 130
B3	14CP7002	14/02/2000	opname verwisseld met B4
B3	14CP7002	15/07/2001	opname verwisseld met B4
B3	14CP7002	28/07/2001	opname verwisseld met B4
B4	14CP7003	28/07/1996	opname verwisseld met B3
B4	14CP7003	14/02/2000	opname verwisseld met B3
B4	14CP7003	15/07/2001	opname verwisseld met B3 (niet gemeten, waarde gewist)
B4	14CP7003	28/07/2001	opname verwisseld met B3
B6	19AP7000	14/02/1991	niet gemeten 'B' – staat in DINO als 0
B6	19AP7000	15/03/1994	opnameformulier is goed, waarde fout in DINO
B6	19AP7000	18/03/1994	opnameformulier is goed, waarde fout in DINO
B8	19AP7002	17/09/1996	meterfout opnameformulier
B9	19AP7003	27/04/2001	fout in opnameformulier
B9	19AP7003	28/01/2003	meterfout opnameformulier
B11	19AP7005	27/02/1998	meterfout opnameformulier
B12	19AP7006	14/02/2003	meterfout opnameformulier
B12	19AP7006	28/02/2003	meterfout opnameformulier
B16	19AP7014	14/12/1999	meterfout opnameformulier
B21A	14CP7025_1	28/09/1992	(moet 1,07 ipv 1,27)
B21A	14CP7025_1	14/02/2000	opname verwisseld met B21B
B21B	14CP7025_2	16/02/1998	opname 74 ipv 94
B21B	14CP7025_2	14/10/2000	opname 8 ipv 80
B21B	14CP7025_2	14/02/2000	opname verwisseld met B22
B22	14CP7026	14/02/2000	opname verwisseld met B21A
B22	14CP7026	28/06/2002	meterfout opname
B25A	14CP7029_1	tot 28/11/94	opname verwisseld met B25B
B25B	14CP7029_2	tot 28/11/94	opname verwisseld met B25A
B29	14CP7031	15/08/1994	2meterfout opname
B29	14CP7031	15/11/1995	2meterfout opname
B32	14CP7034	15/08/1993	opname 31 ipv 71?
B32	14CP7034	28/08/1993	opname 32 ipv 72?
B32	14CP7034	15/11/1999	opname verwisseld met B33
B32	14CP7034	28/11/1999	opname verwisseld met B33
B32	14CP7034	16/06/2000	opname verwisseld met B33
B32	14CP7034	27/06/2000	opname verwisseld met B33
B32	14CP7034	14/08/2000	opname verwisseld met B33
B32	14CP7034	28/08/2000	opname verwisseld met B33
B32	14CP7034	15/09/2000	opname verwisseld met B33
B32	14CP7034	28/09/2000	opname verwisseld met B33
B33	14CP7035	31/03/1994 tot en met 15/05/1994	mogelijk meterfouten – nog niet gecorrigeerd in grafiek

B33	14CP7035	15/11/1999	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	28/11/1999	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	14/08/2000	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	28/08/2000	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	15/09/2000	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	28/09/2000	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	14/10/2000	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	28/10/2000	opname verwisseld met B32
B33	14CP7035	14/11/2000	opname verwisseld met B32, alleen fout in opnameformulier, waarde in DINO is goed
B33	14CP7035	28/11/2000	opname verwisseld met B32, alleen fout in opnameformulier, waarde in DINO is goed
B34	14CP7048		uitschieters op 15/9/2000 & 14/12/2000 maar geen fout ontdekt: uit databank verwijderen
B35	14CP7049	14/06/1998	meterfout opname
B35	14CP7049	14/01/2000	meterfout opname
P27	14CS7036	14/08/1991 28/08/1991	vreemde waarden – uit databank verwijderen

Bijlage 3

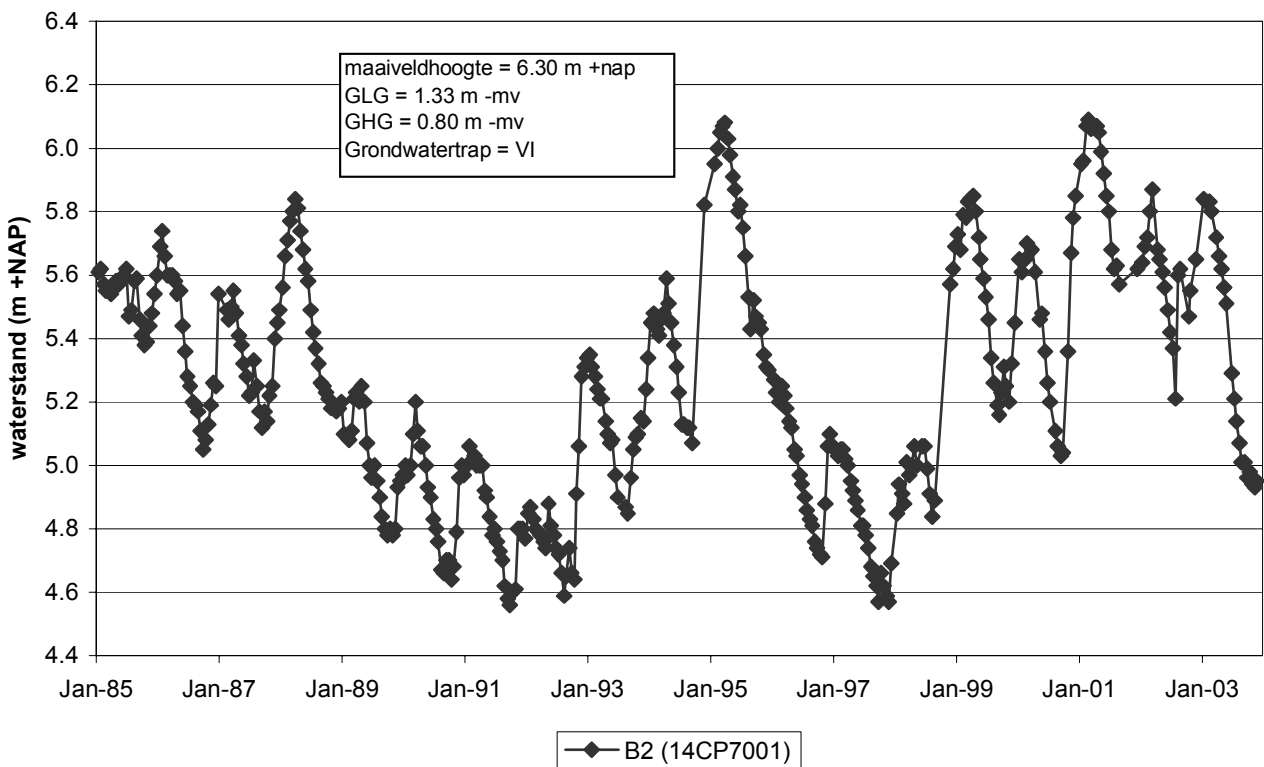
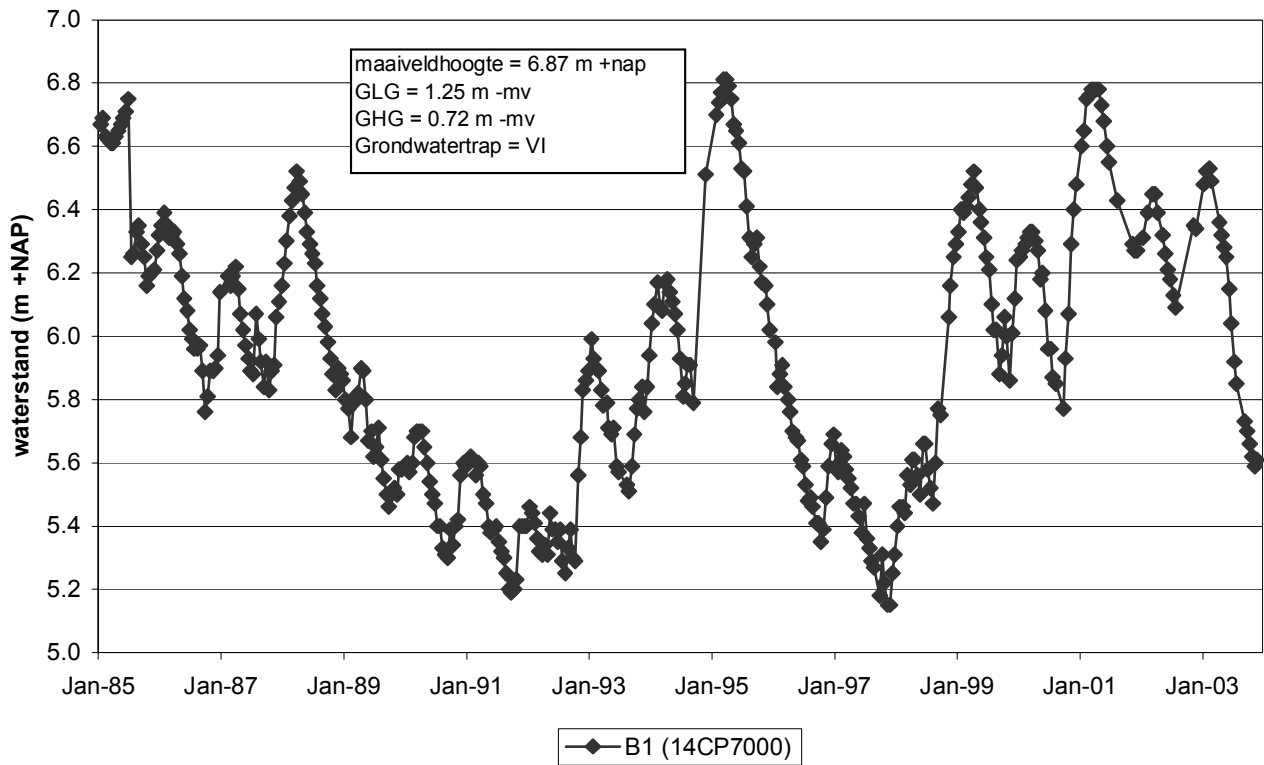
Resultaten veldbezoek 1 & 2 maart 2004

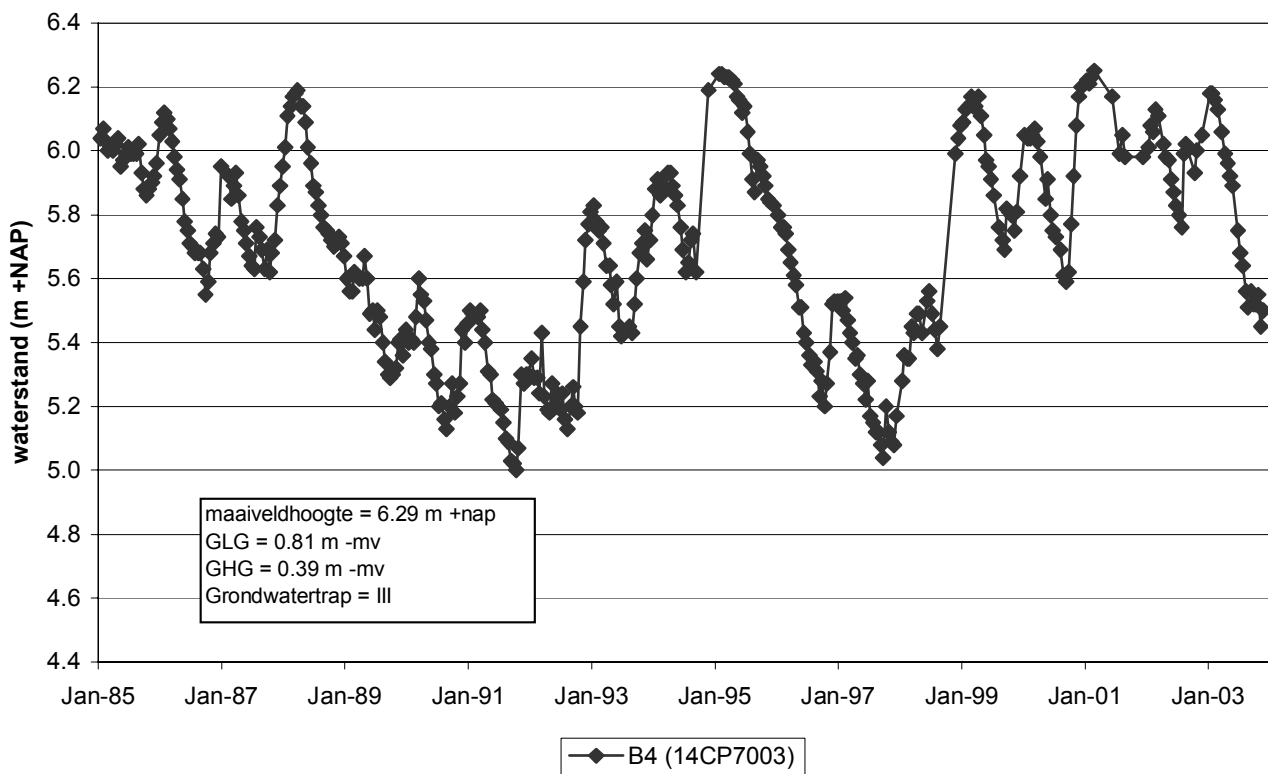
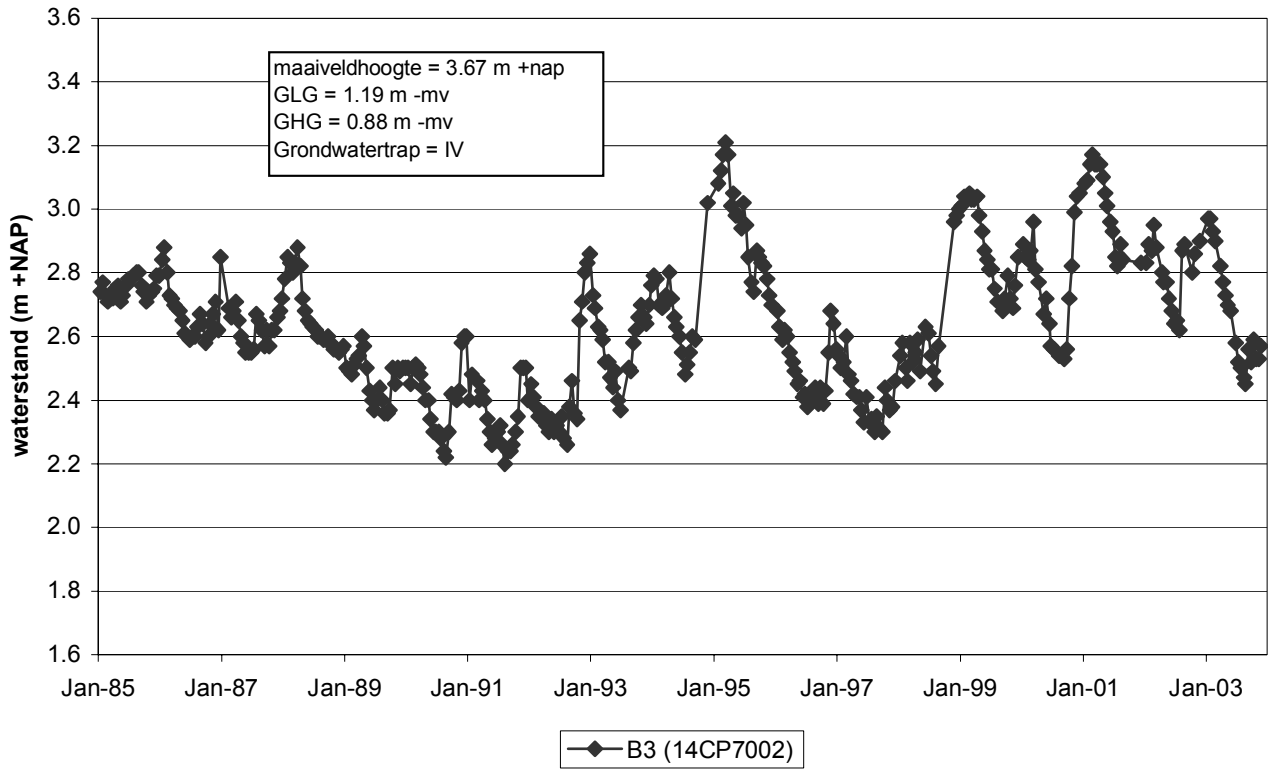
- Inventarisatie technische toestand
- EGV-meting

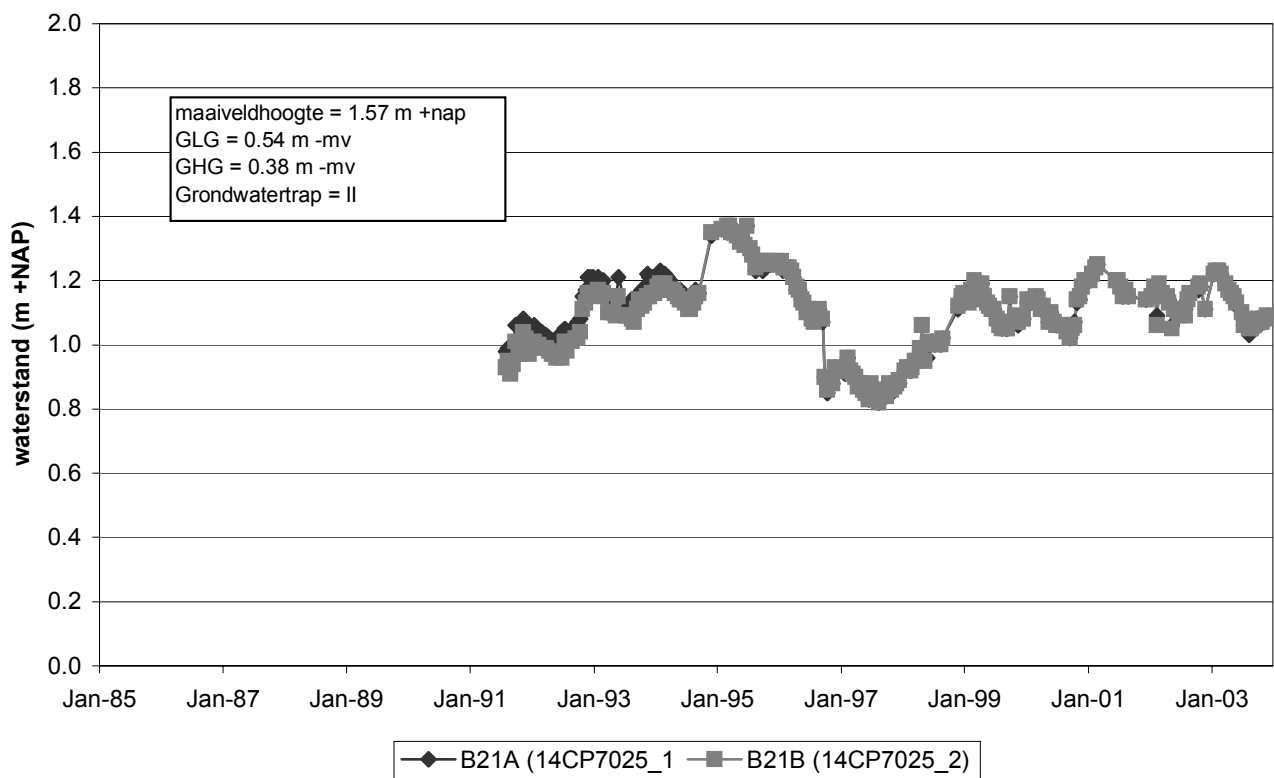
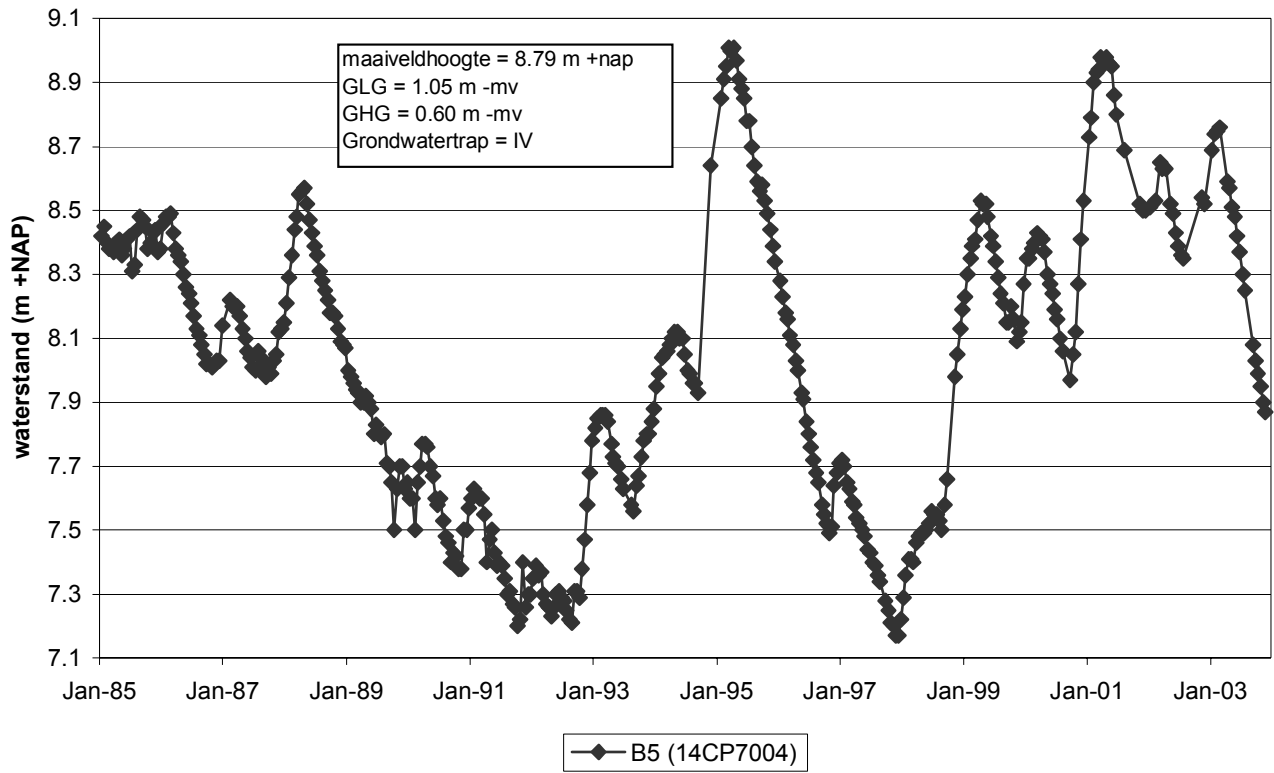
code SBB	EGV (µS/cm)	Afwerking	Referentie-niveau	Opmerkingen
B1	489	beschermkoker	beschermkoker	
B2	288	beschermkoker	beschermkoker	
B3	242	beschermkoker	beschermkoker	
B4	112	beschermkoker	beschermkoker	
B5	316	beschermkoker	beschermkoker	kap + slot ontbreekt
B6	229	beschermkoker	beschermkoker	
B7	165	beschermkoker	beschermkoker	
B8	103	beschermkoker	beschermkoker	
L8			0-niveau peilschaal	wel aanwezig, niet ingemeten en wordt niet opgenomen
B9	93	beschermkoker	beschermkoker	
B10	205	beschermkoker	beschermkoker	
B11	200	beschermkoker	beschermkoker	
B12	162	beschermkoker	beschermkoker	
B13	191	beschermkoker	beschermkoker	
B14	186	beschermkoker	beschermkoker	
B15	205	putje met deksel	peilbuis	
B16	266	putje met deksel	peilbuis	
B17	68	putje met deksel	peilbuis	
B18	266	putje met deksel	peilbuis	
B19	239	beschermkoker	peilbuis	opstuiving
B20	324	beschermkoker	peilbuis	opstuiving
B21A	178	beschermkoker	peilbuis	wp-B21A = wpB21B
B21B	210	beschermkoker	peilbuis	wp-B21A = wpB21B
B22	169	beschermkoker	peilbuis	peilbuis herplaatst, niet opnieuw ingemeten
B23	194	putje met deksel	peilbuis	
B25A	206	beschermkoker	peilbuis	
B25B	460	beschermkoker	peilbuis	
B26	170	putje met deksel	peilbuis	
P27			bovenkant stuw	foute referentie-niveau's
B29	143	putje met deksel	peilbuis	peilbuis tijdelijk zoek
B31	283	putje met deksel	peilbuis	
B32	259	putje met deksel	peilbuis	
B33	-	putje met deksel	peilbuis	ondiep + slechte toestroming
B34	193	beschermkoker	beschermkoker	
B35	167	putje met deksel	peilbuis	
B36	192	beschermkoker	peilbuis	
B37	197	beschermkoker	peilbuis	
B40	598	putje met deksel	peilbuis	
B41	-	kale peilbuis	peilbuis	niet ingemeten + valt vaak droog

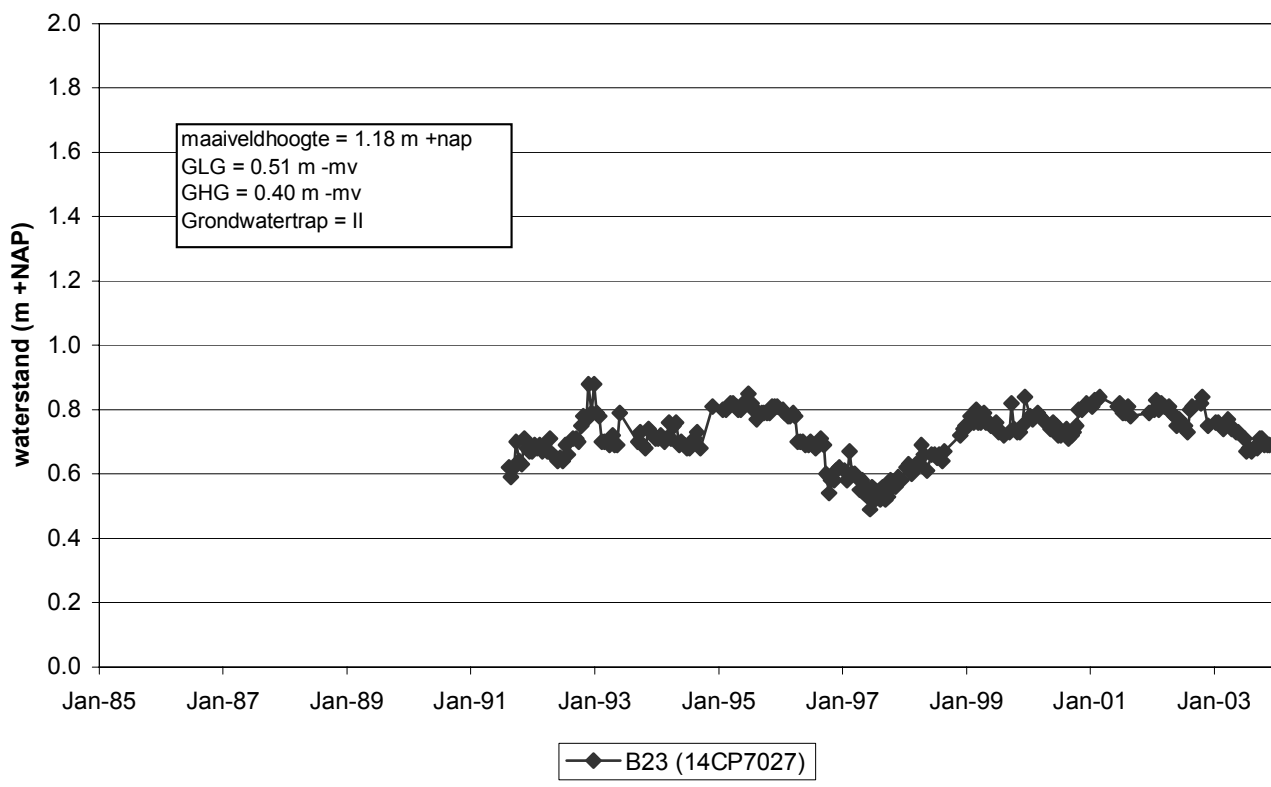
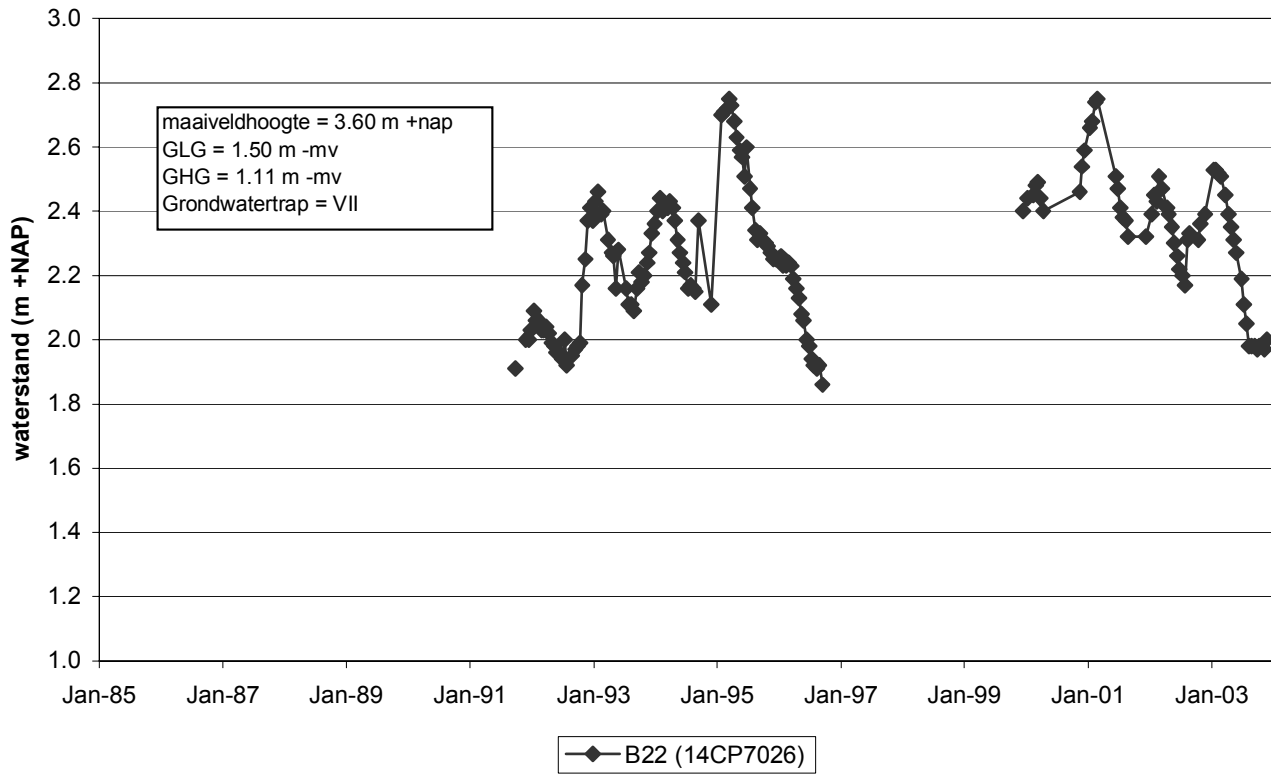
Bijlage 4

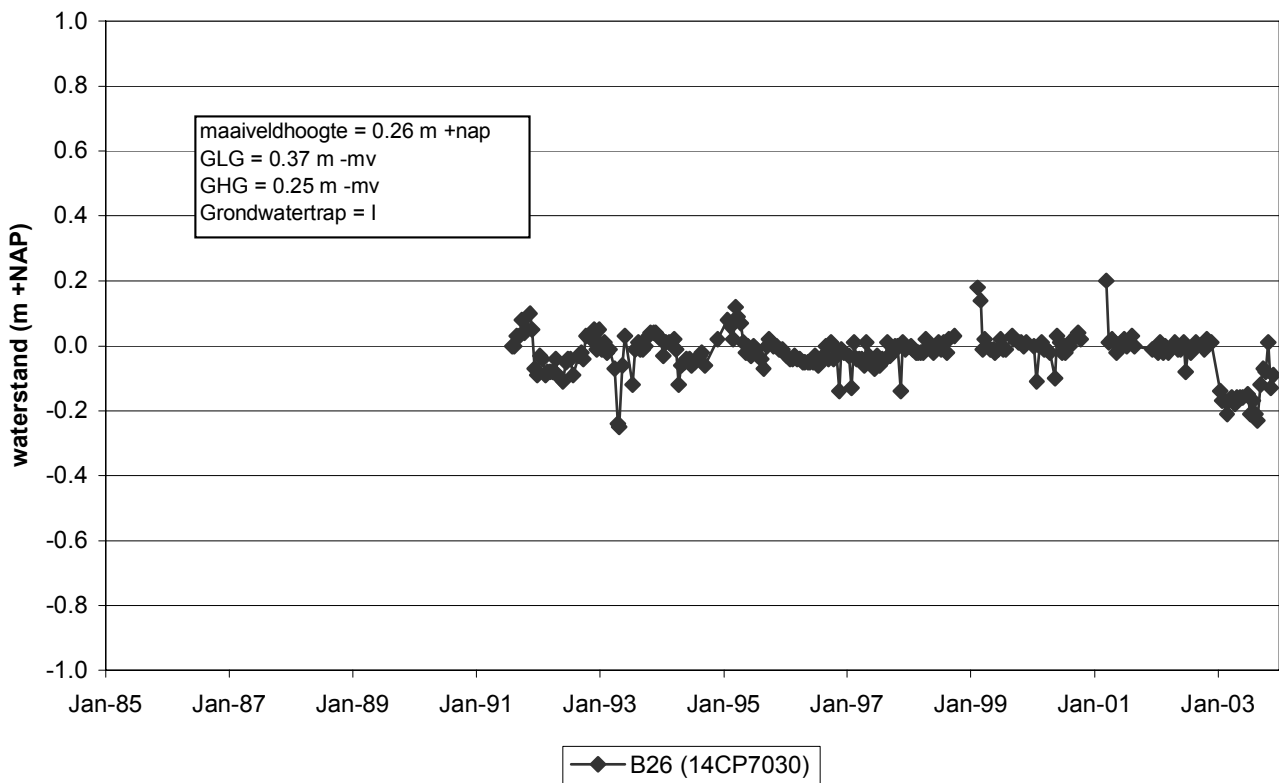
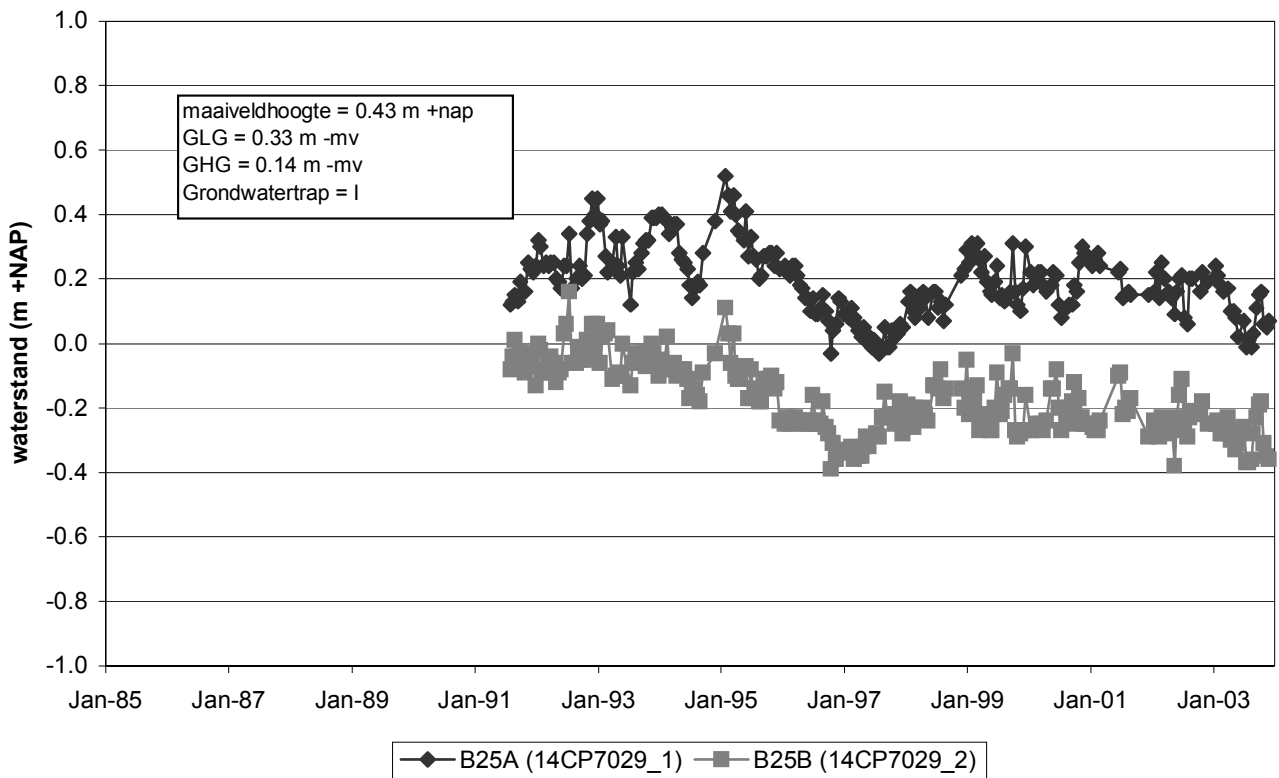
Grafieken (grond)waterstandsverloop

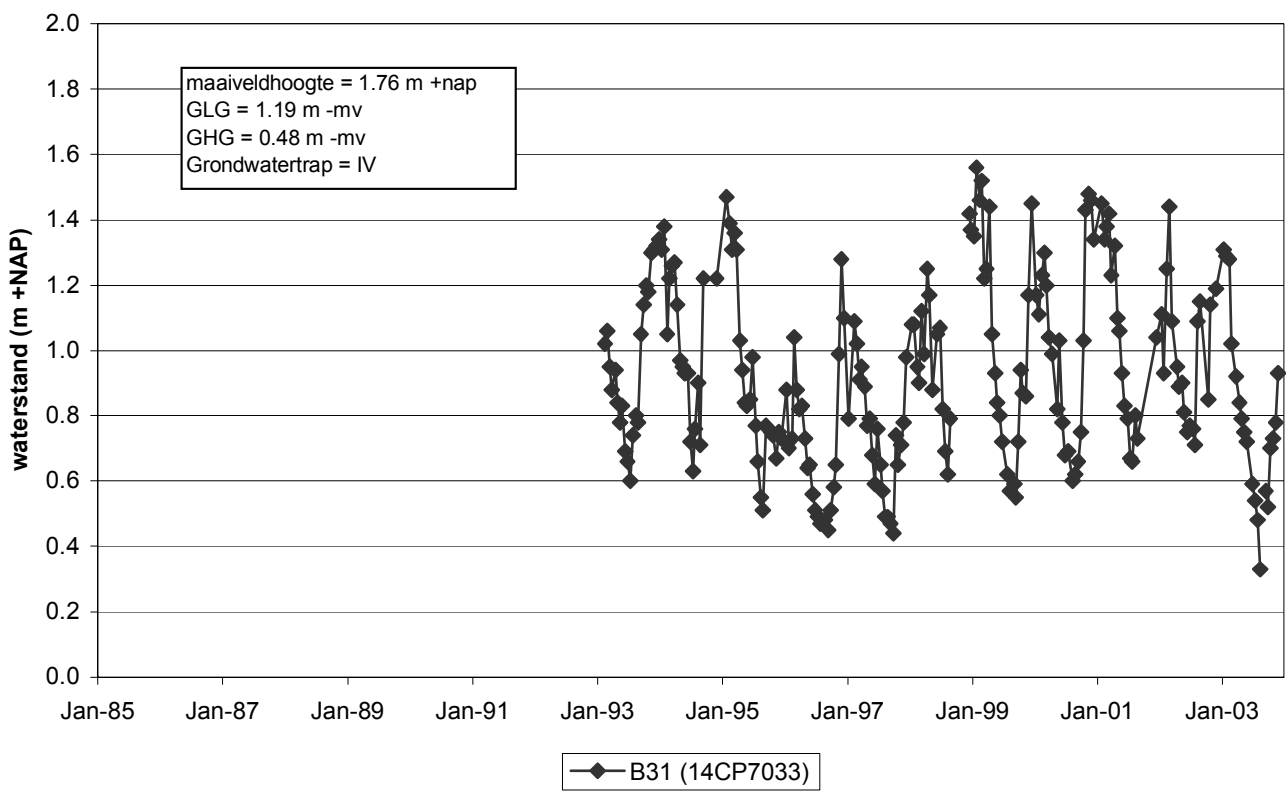
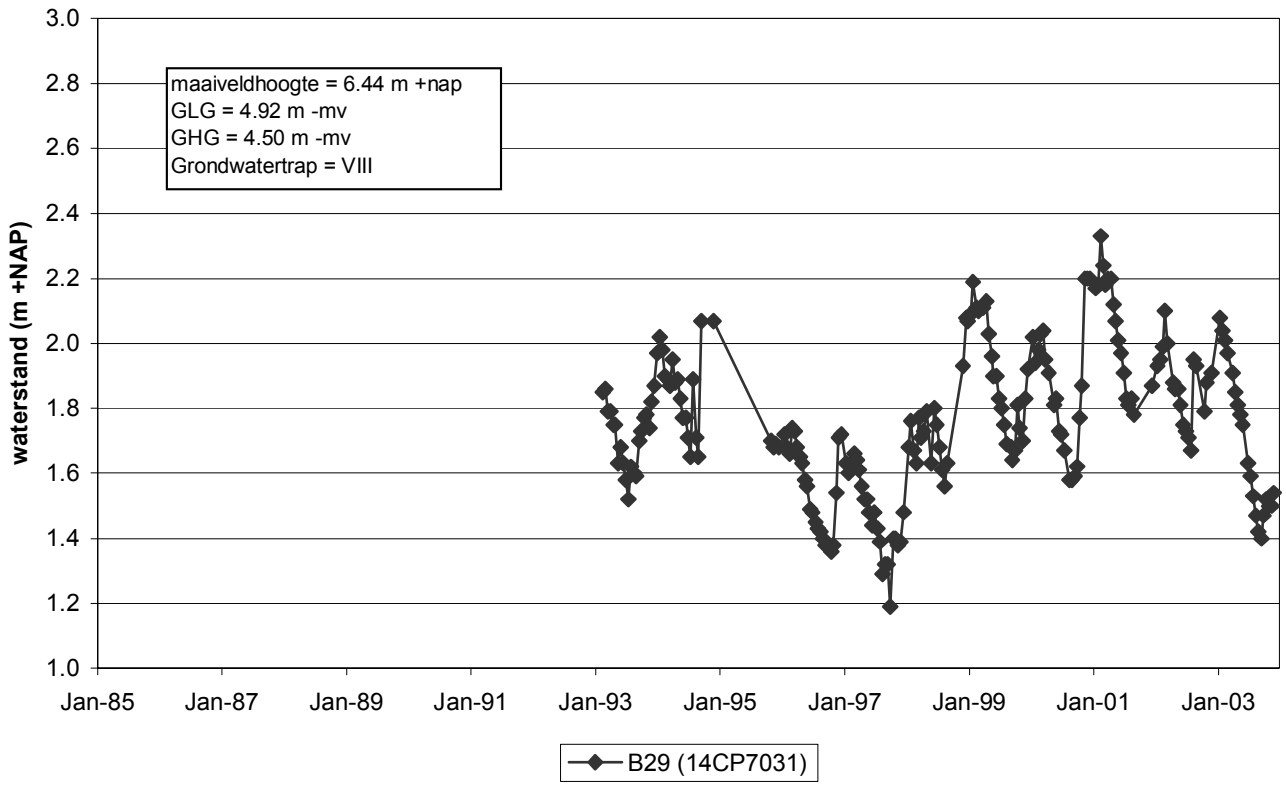


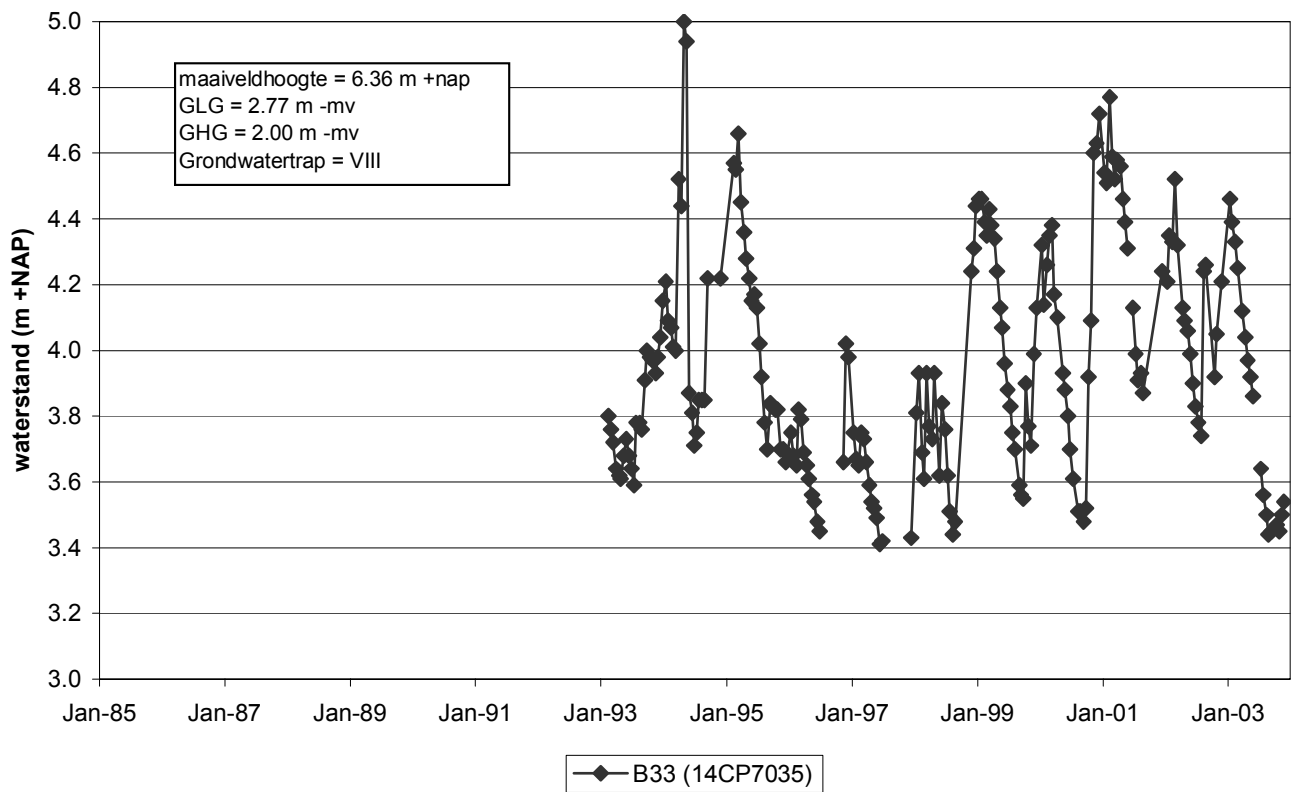
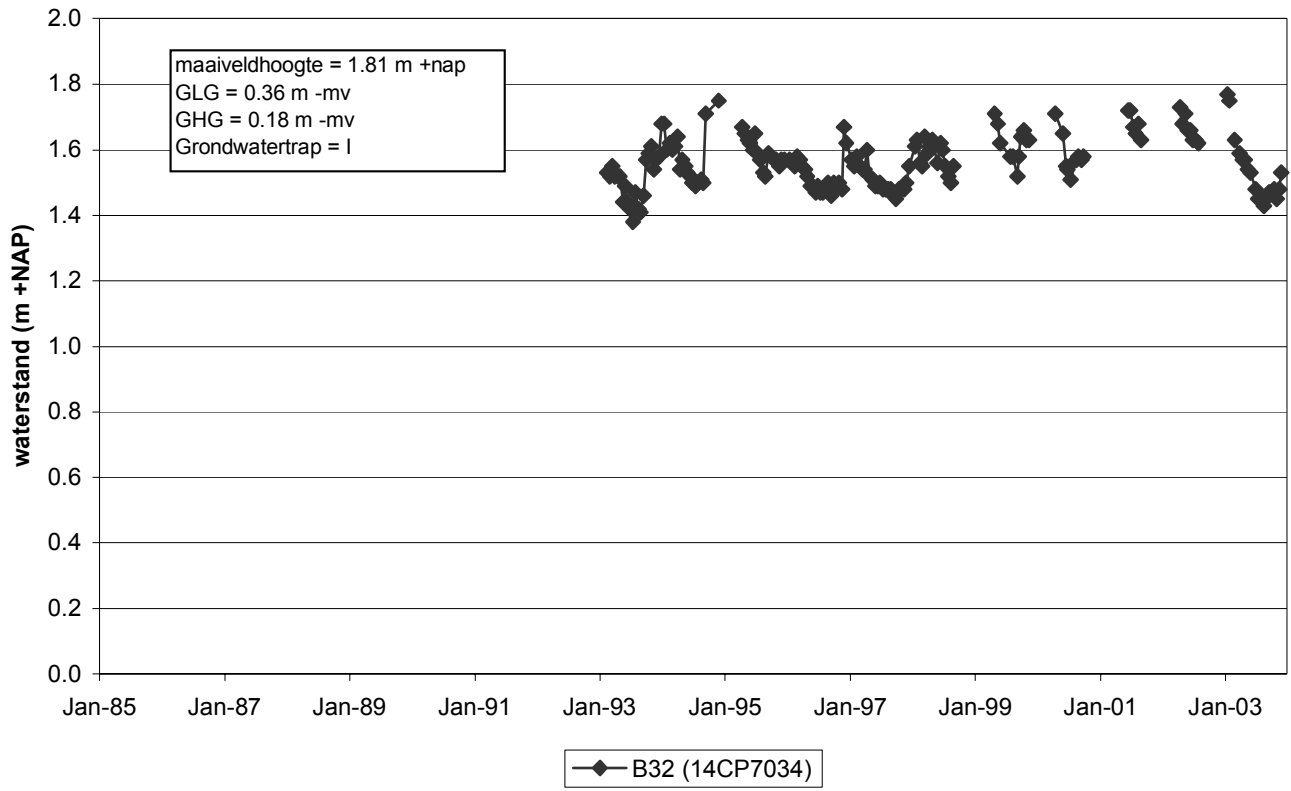


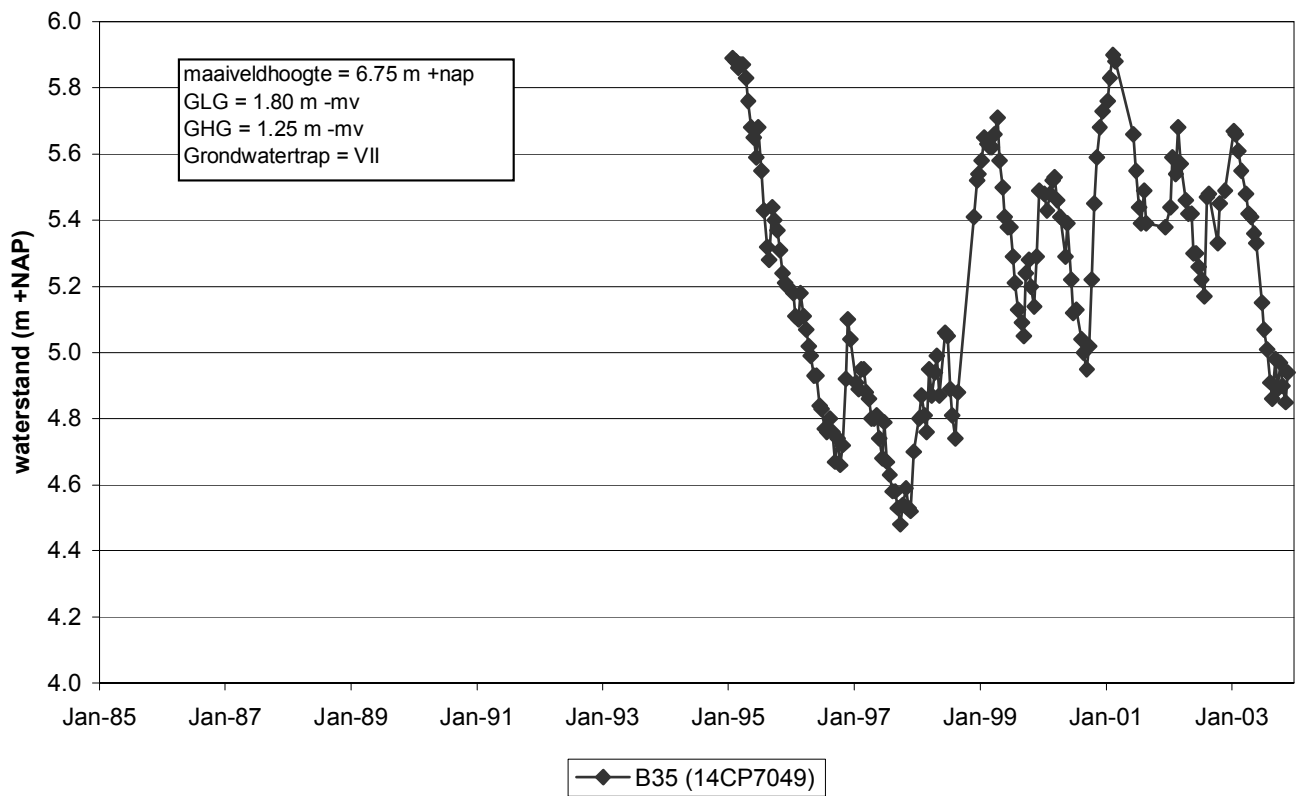
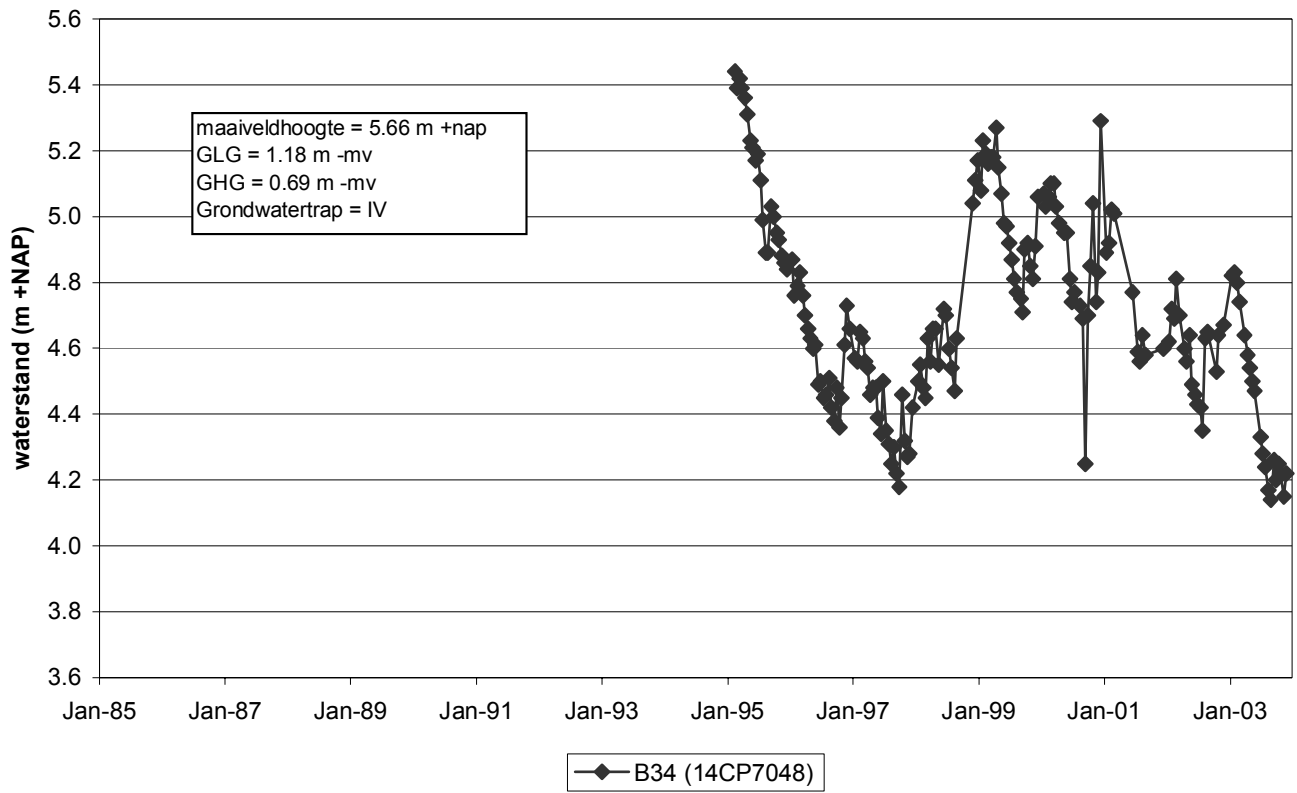


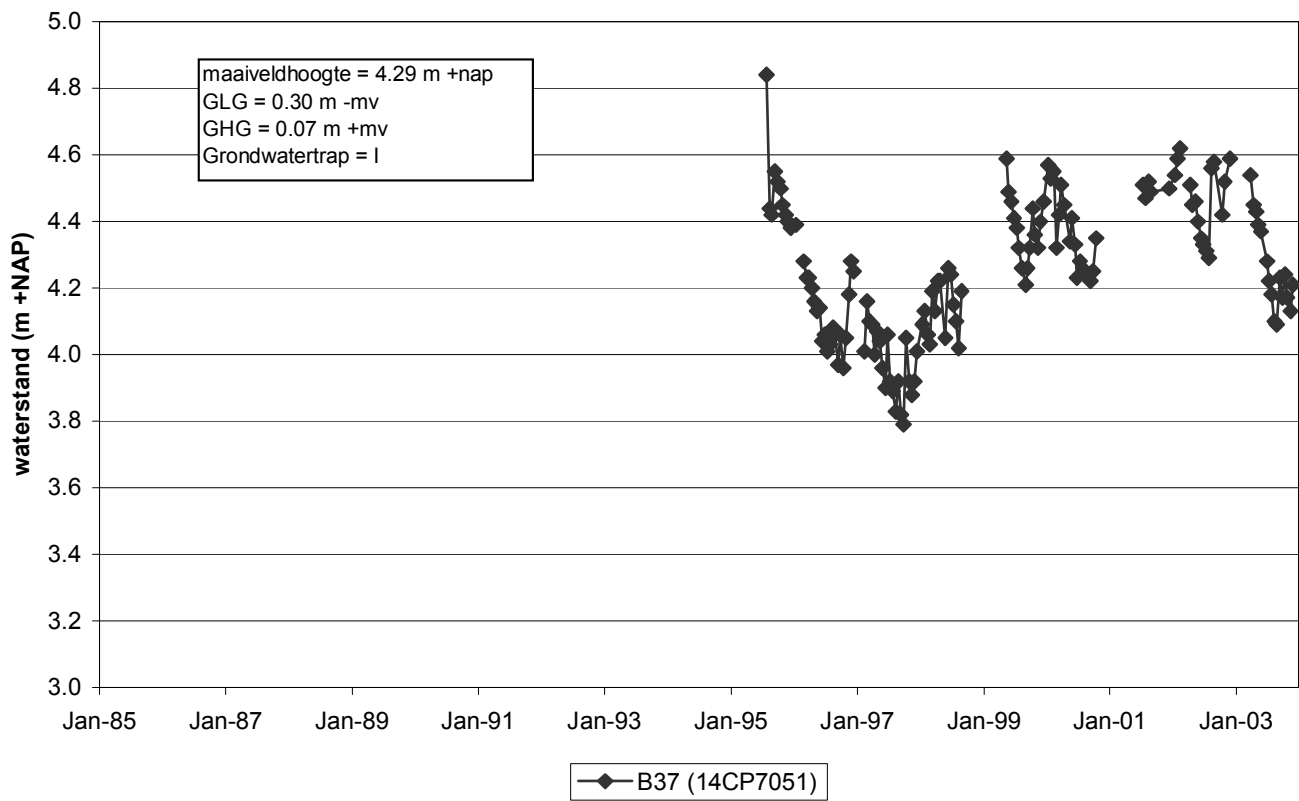
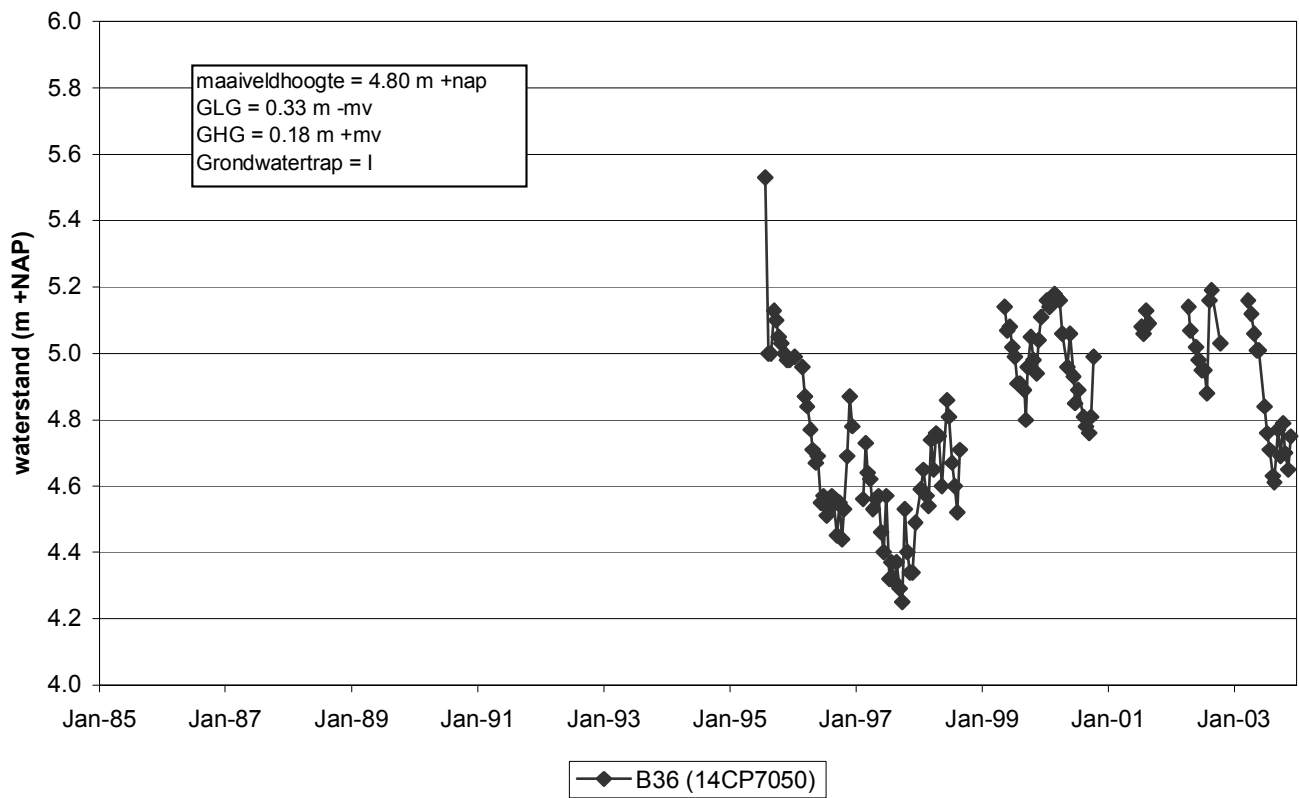


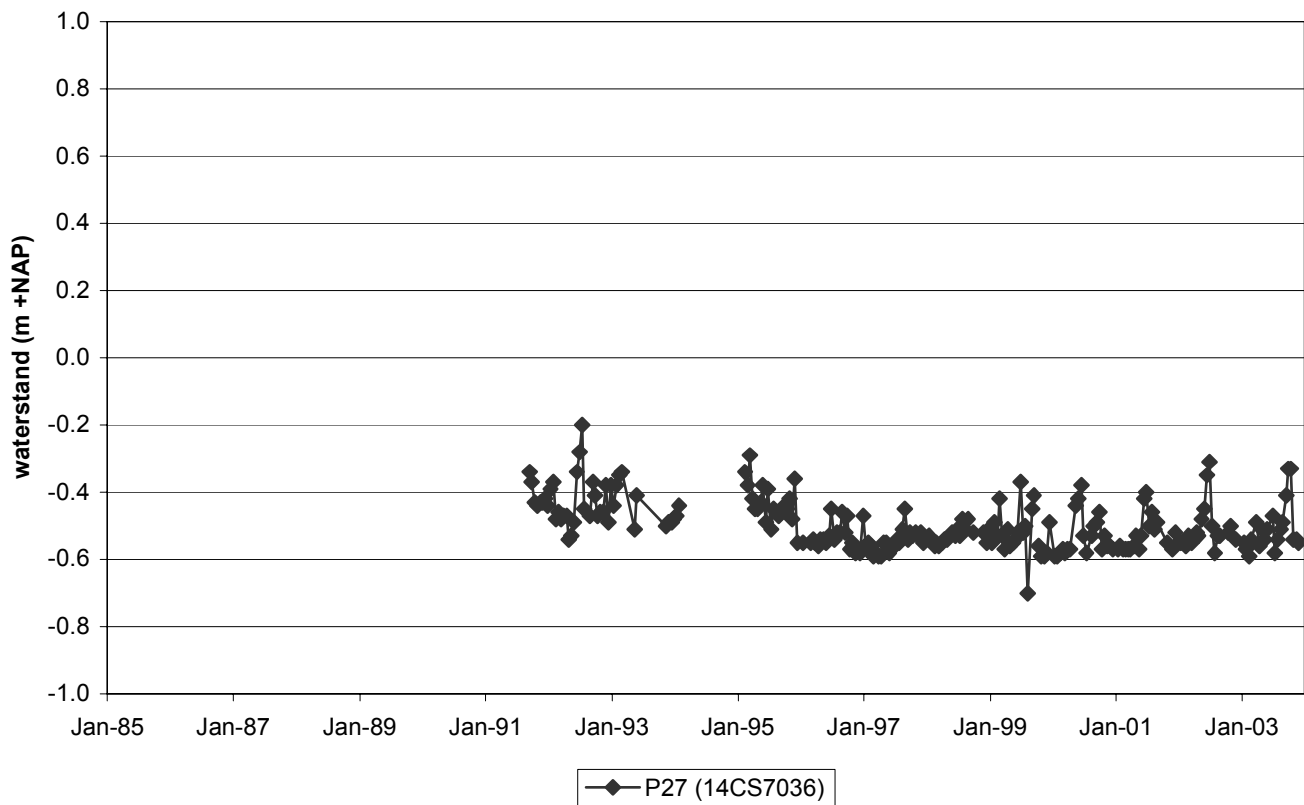
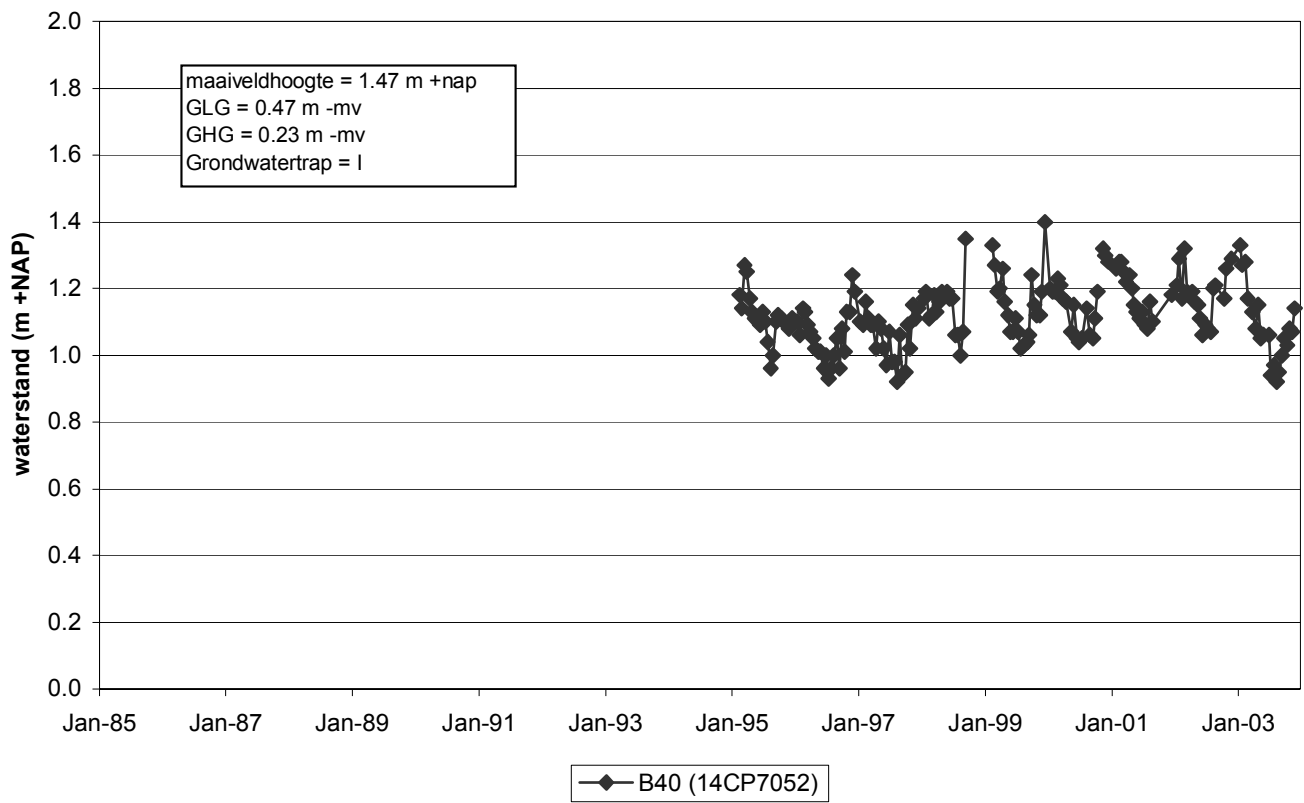


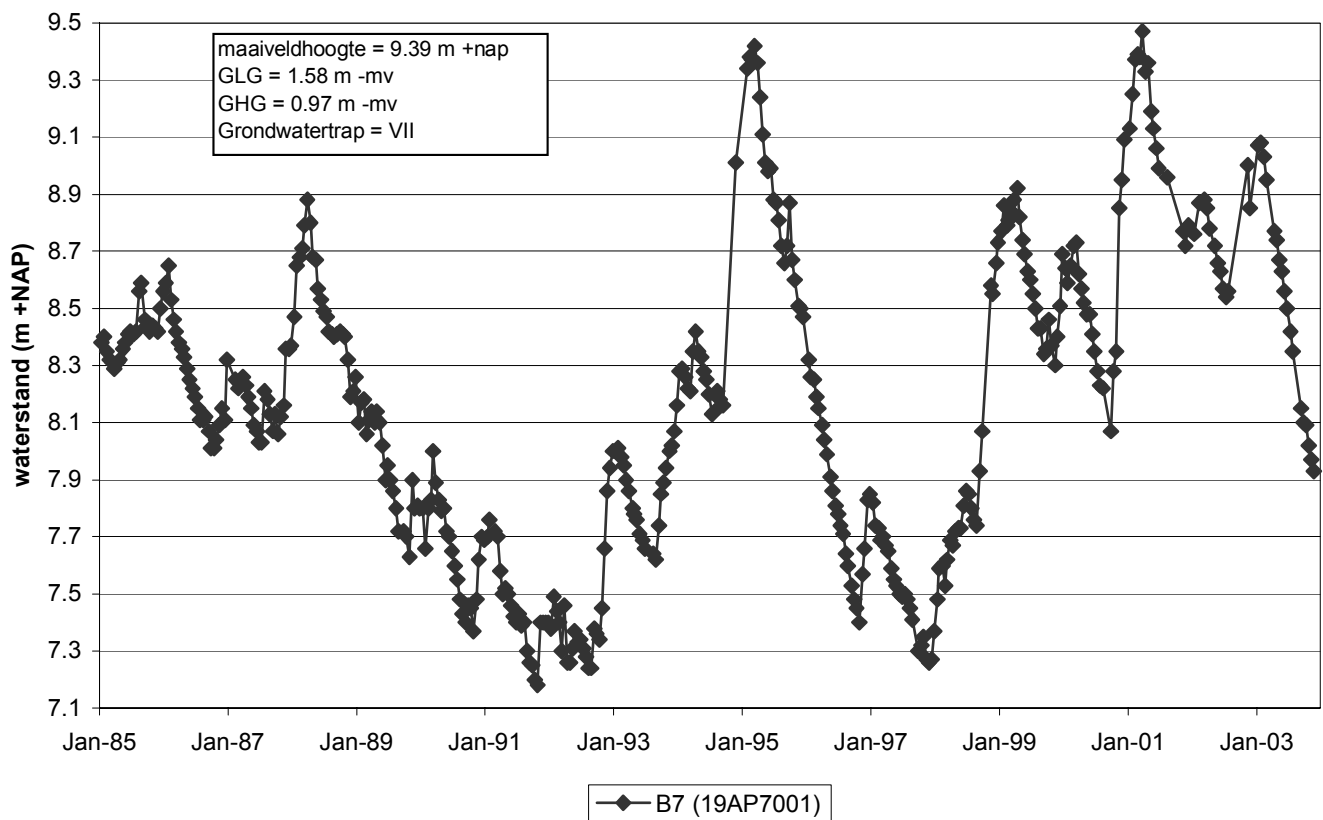
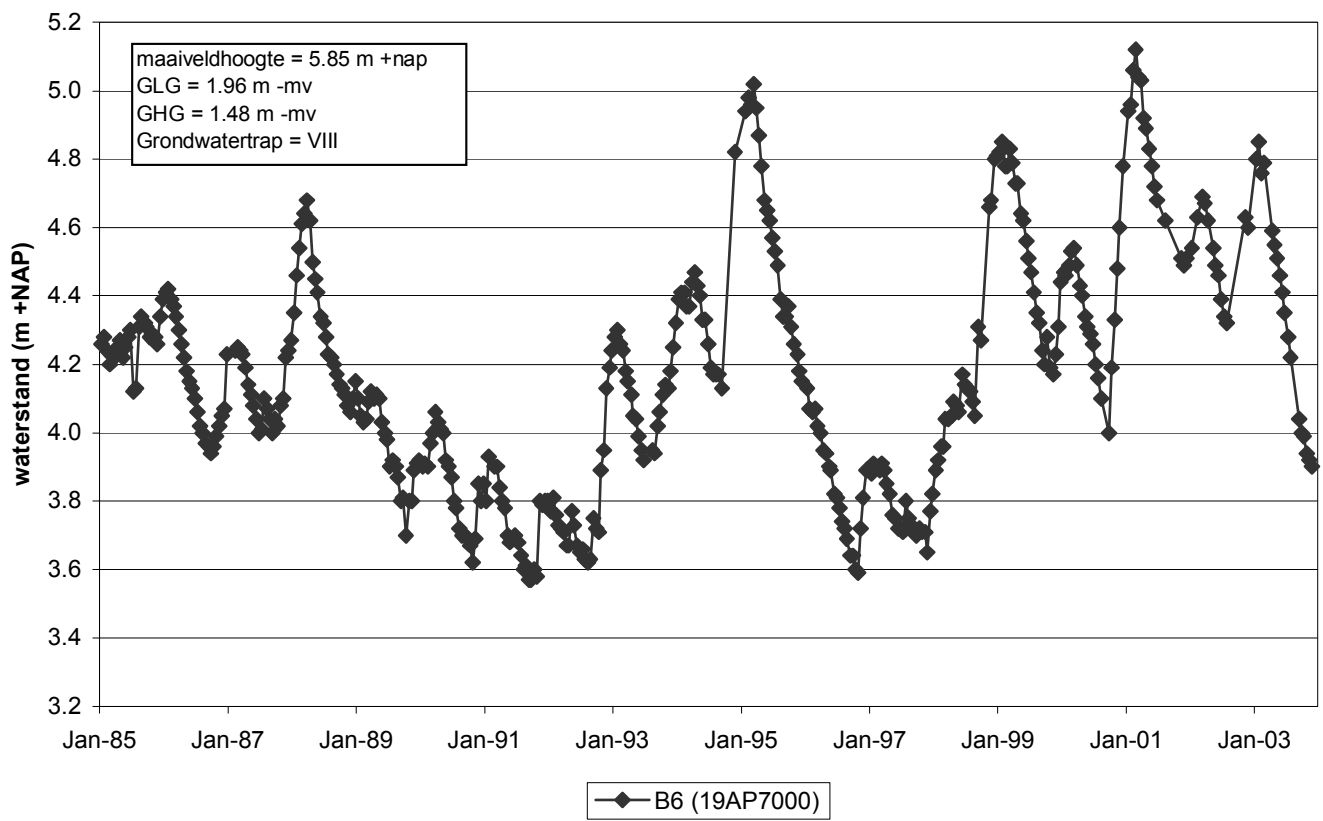


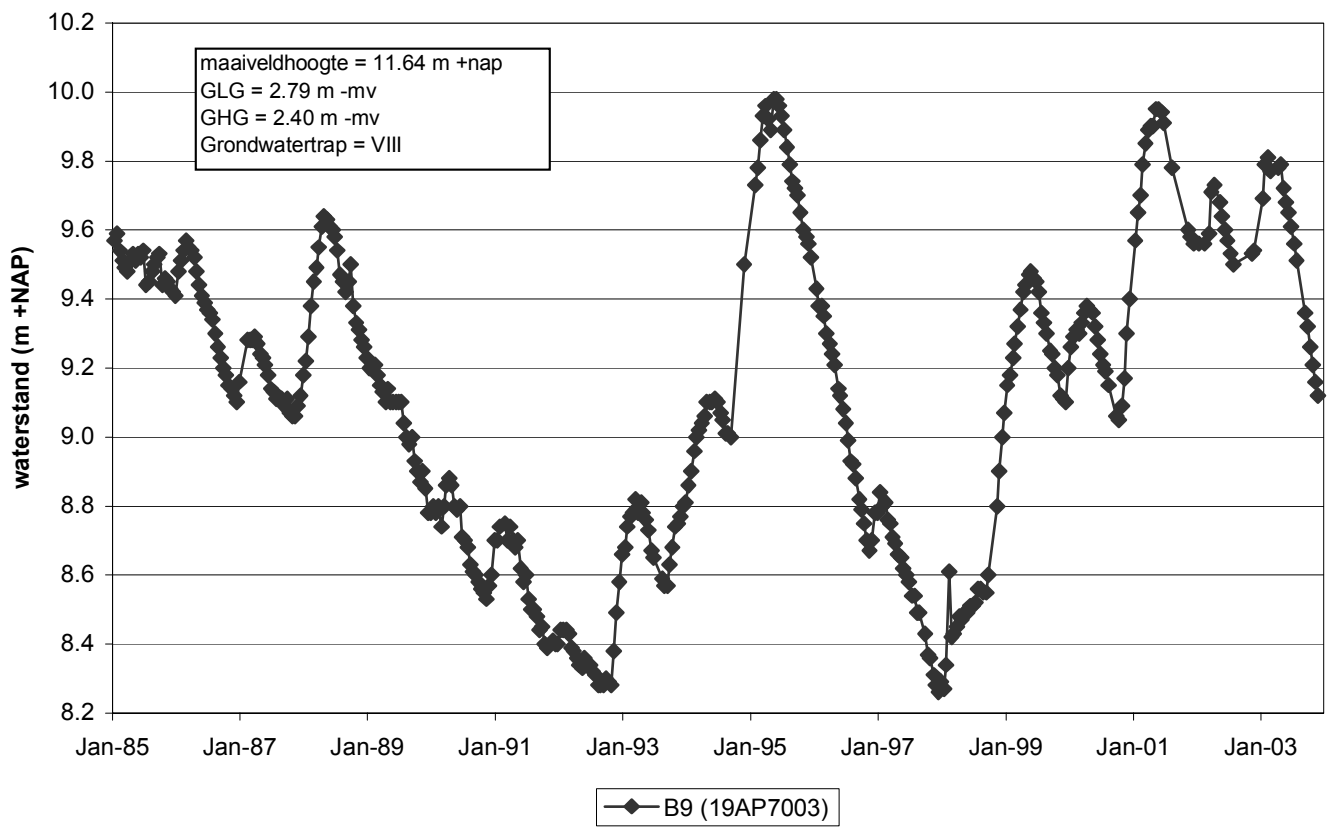
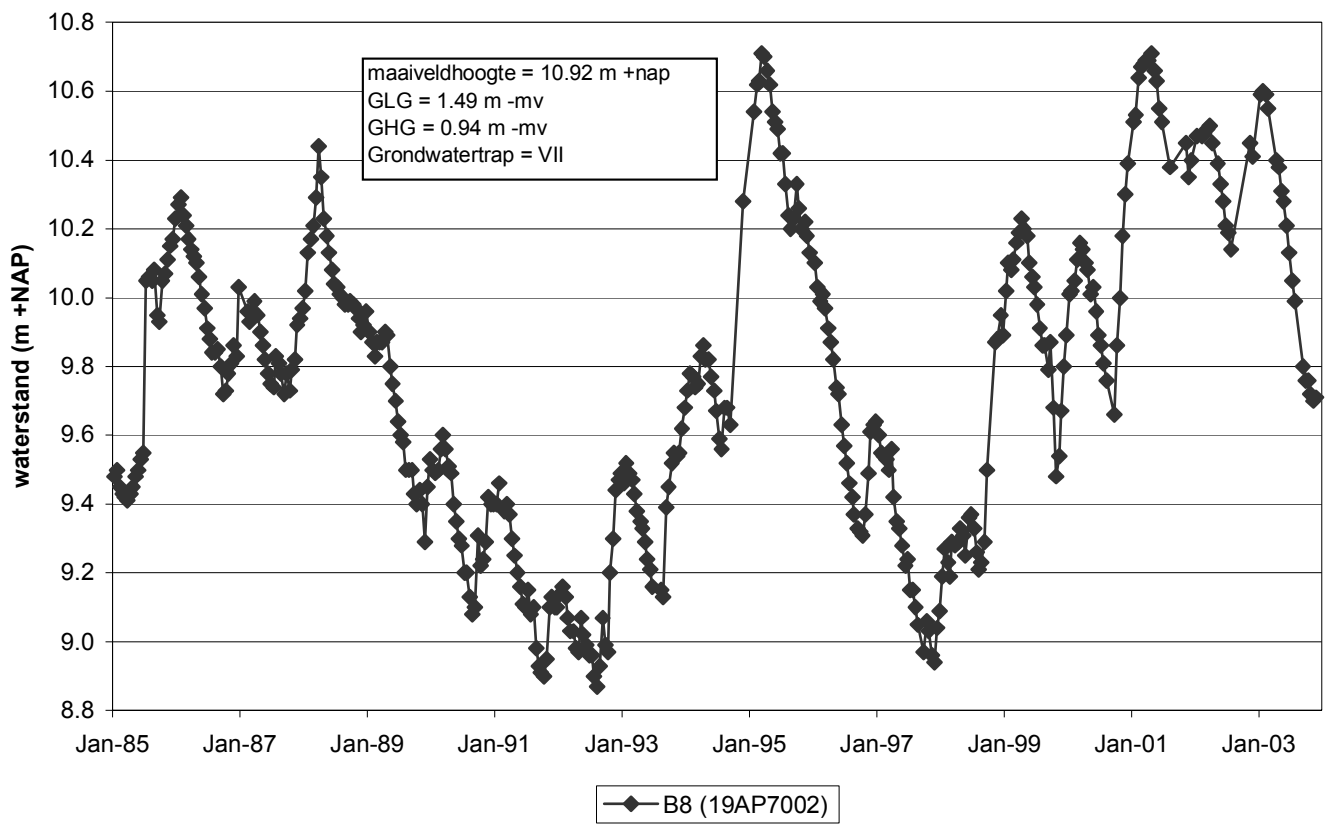


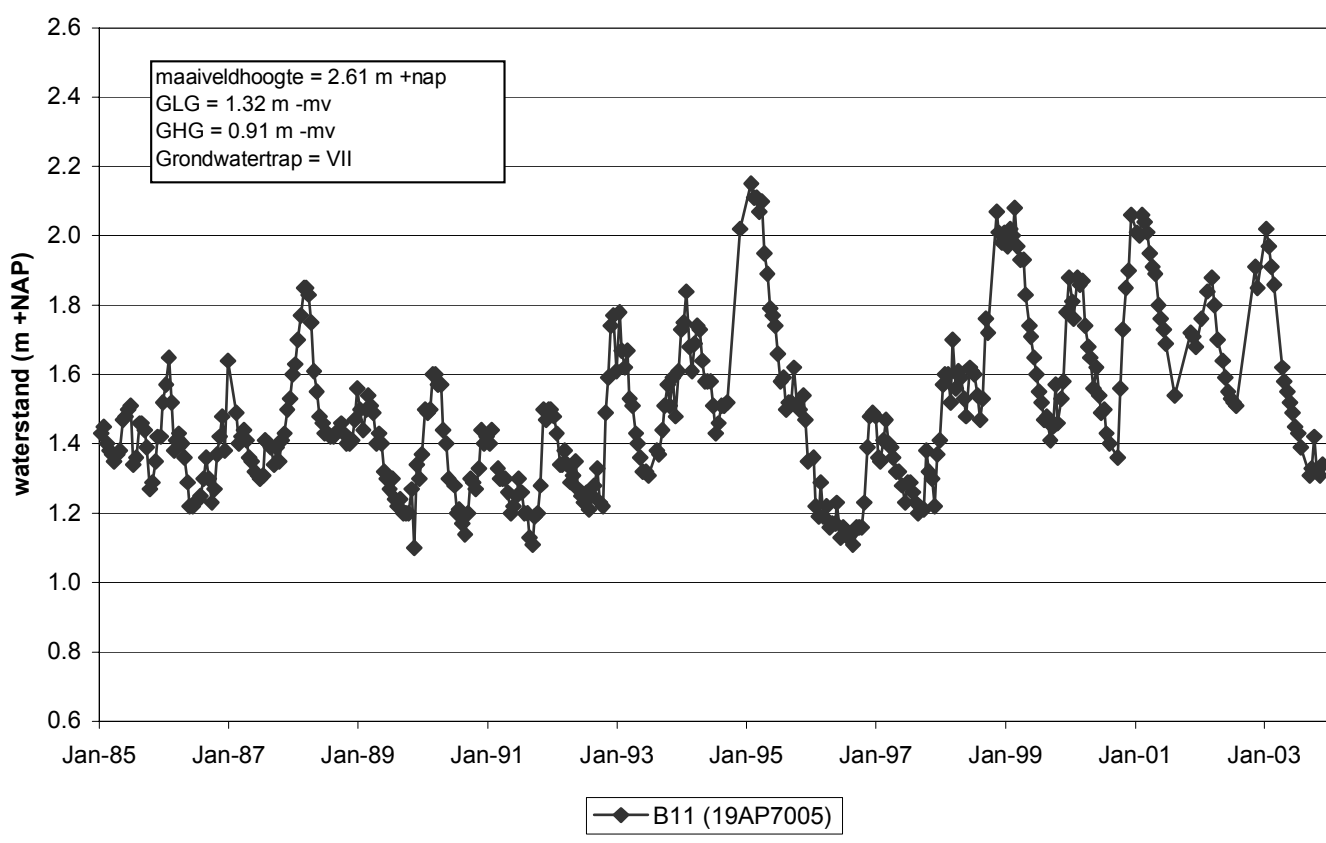
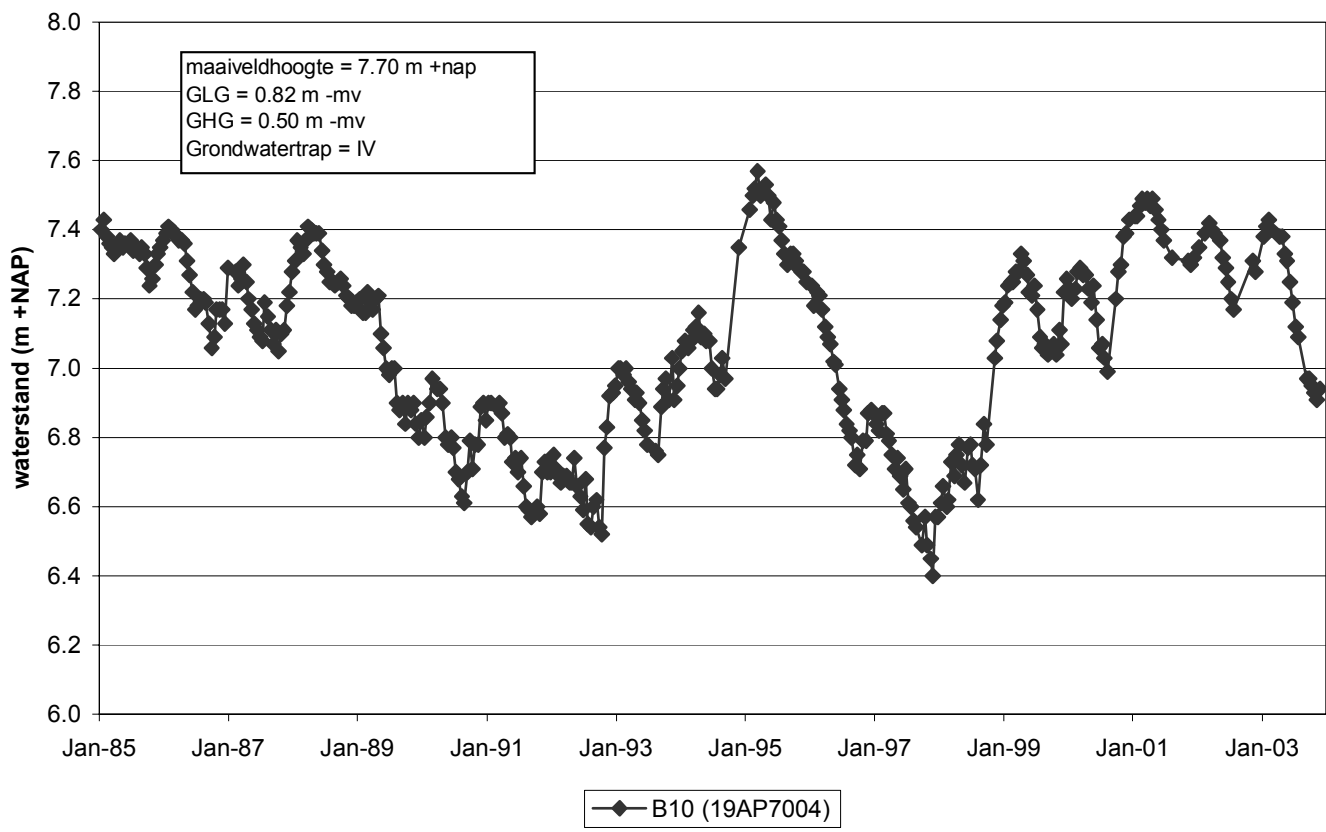


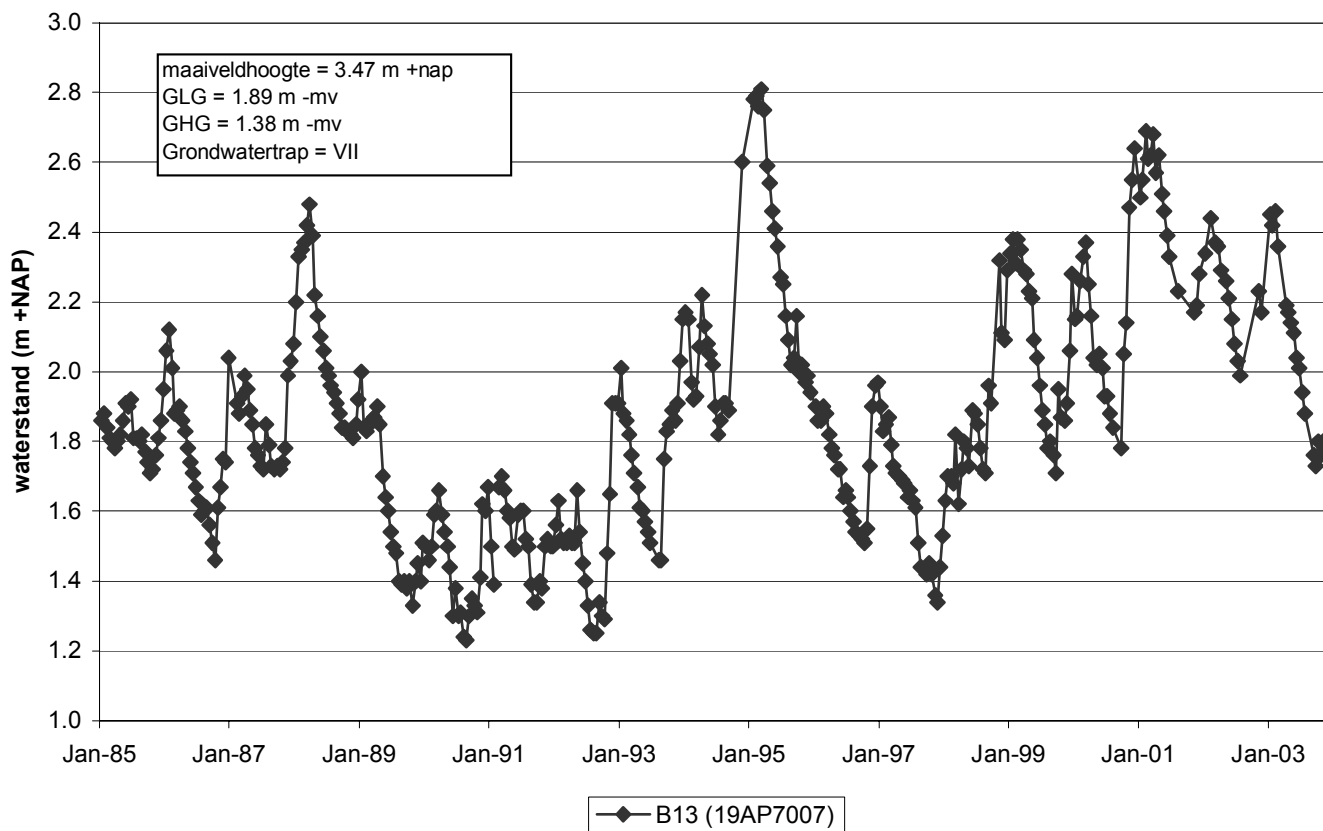
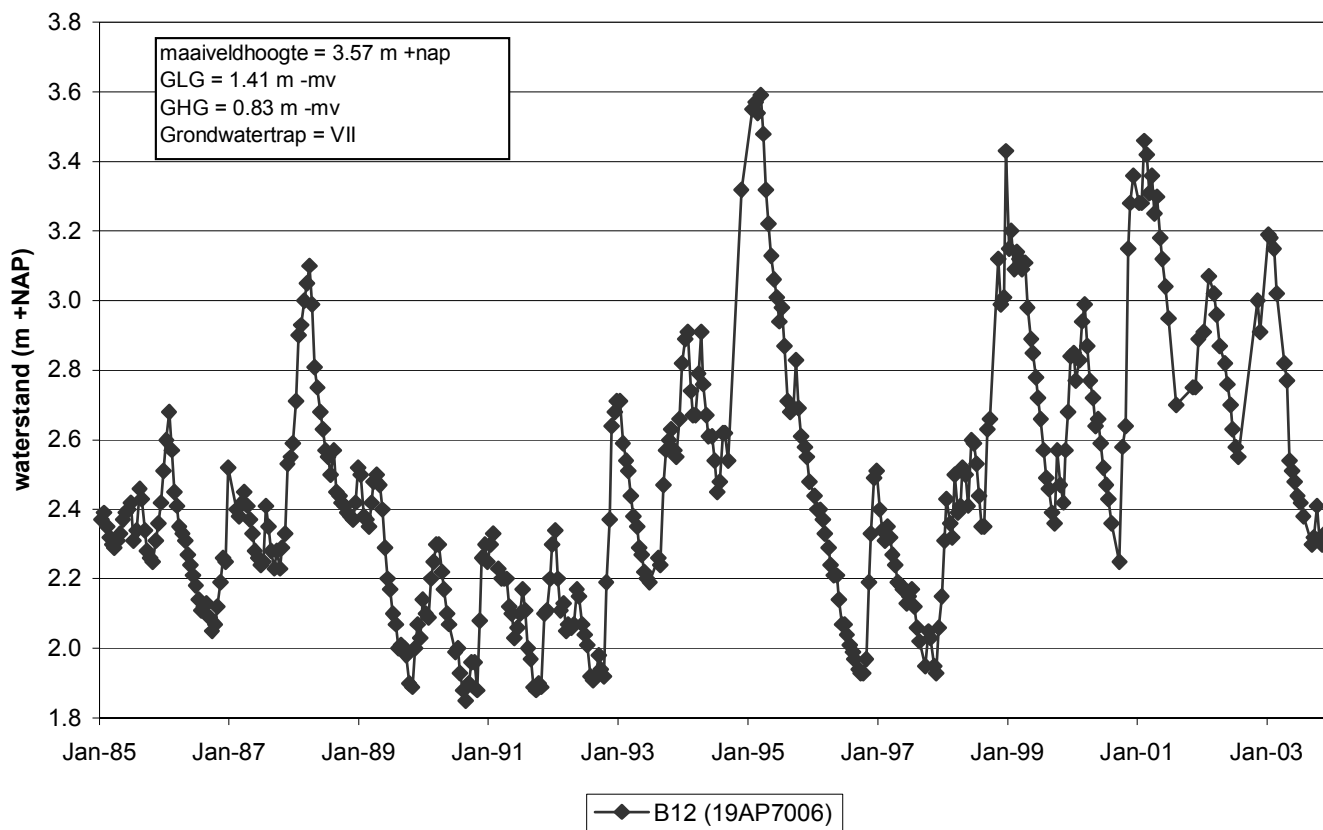


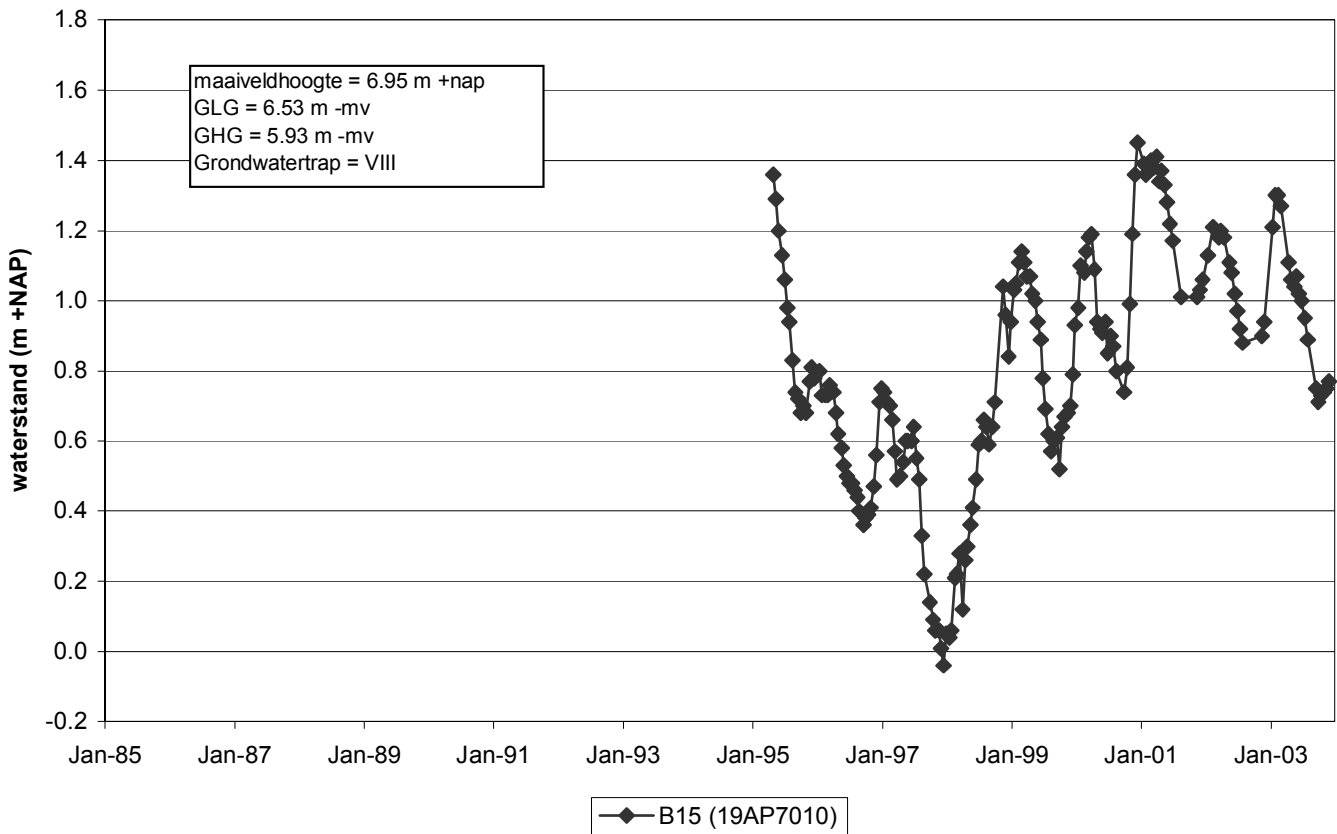
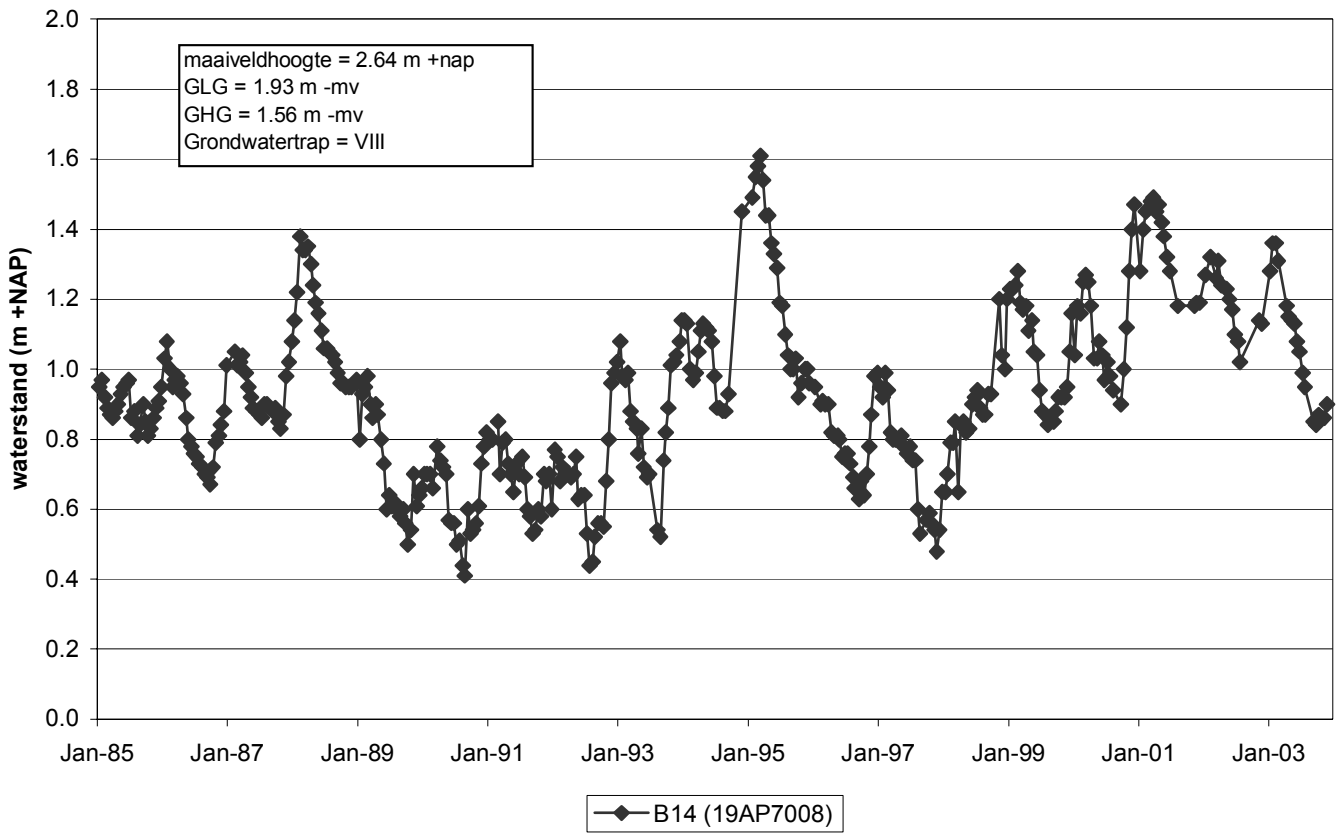


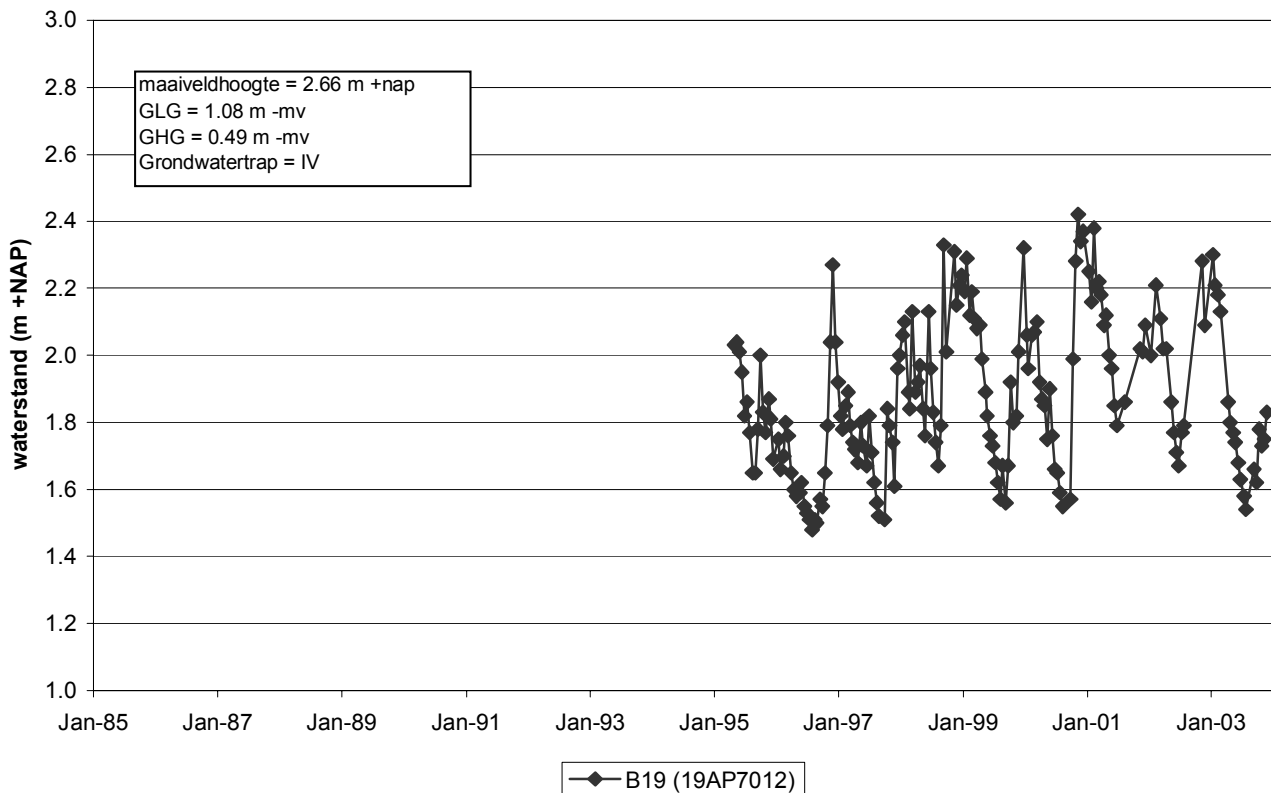
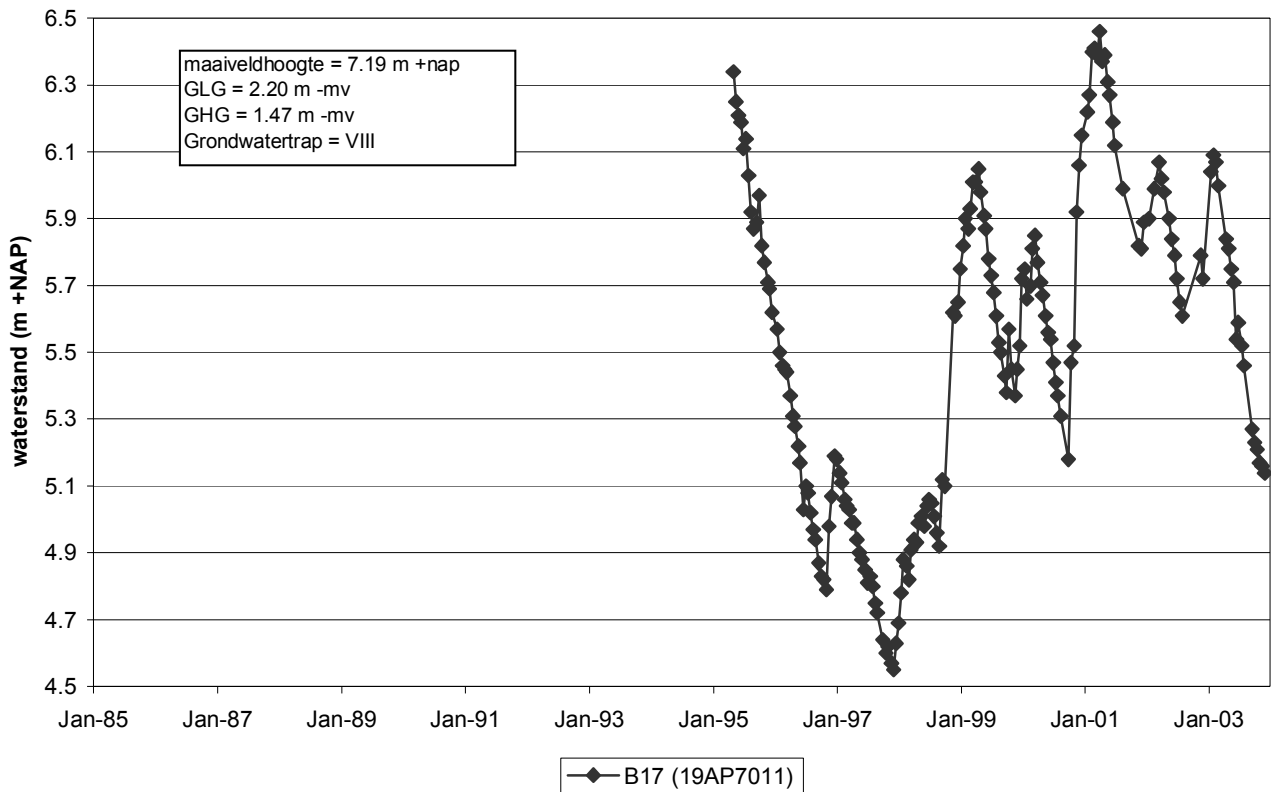


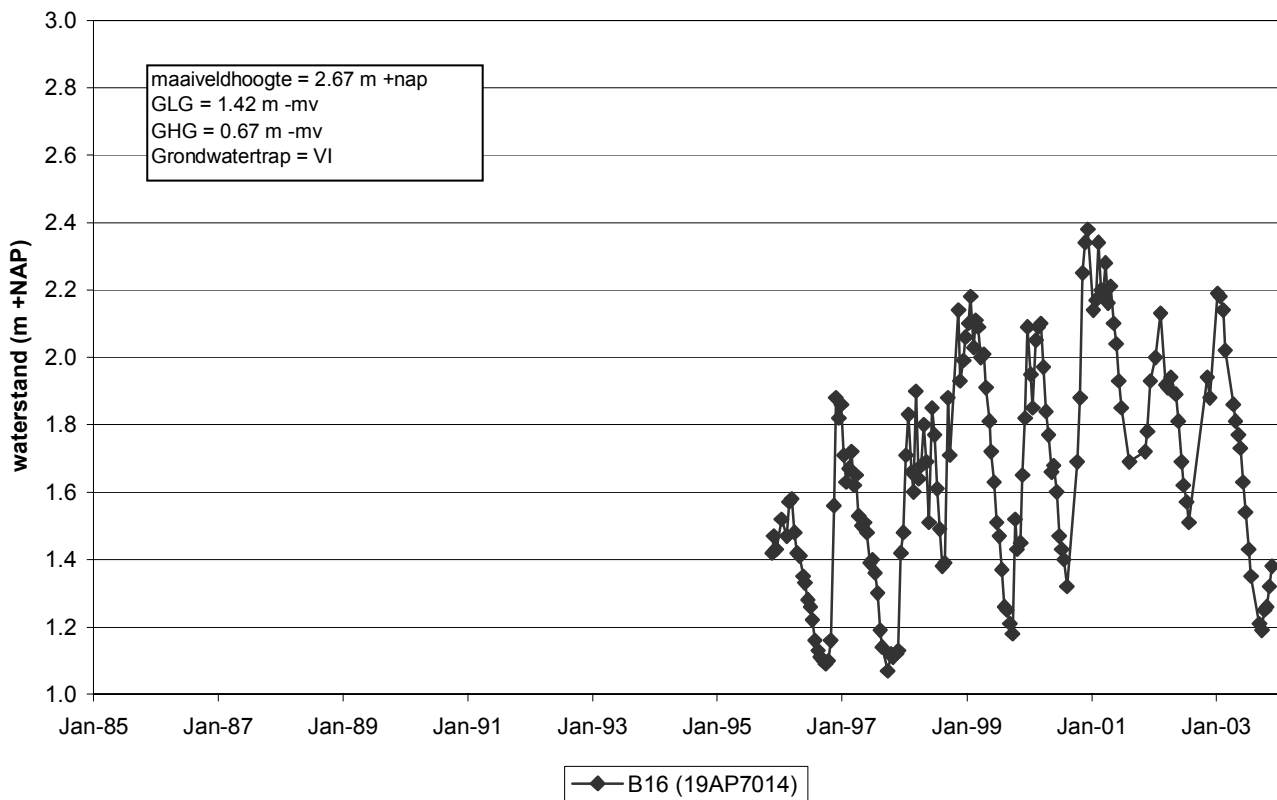
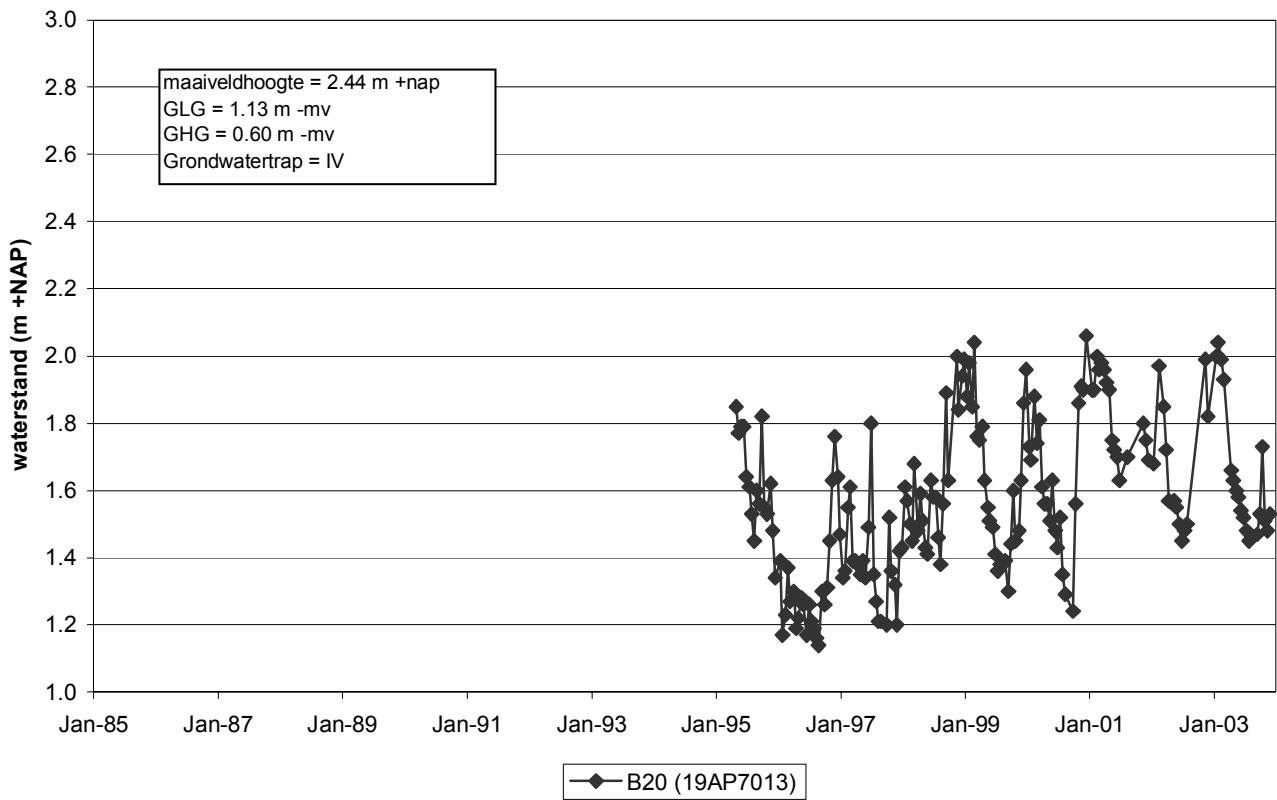


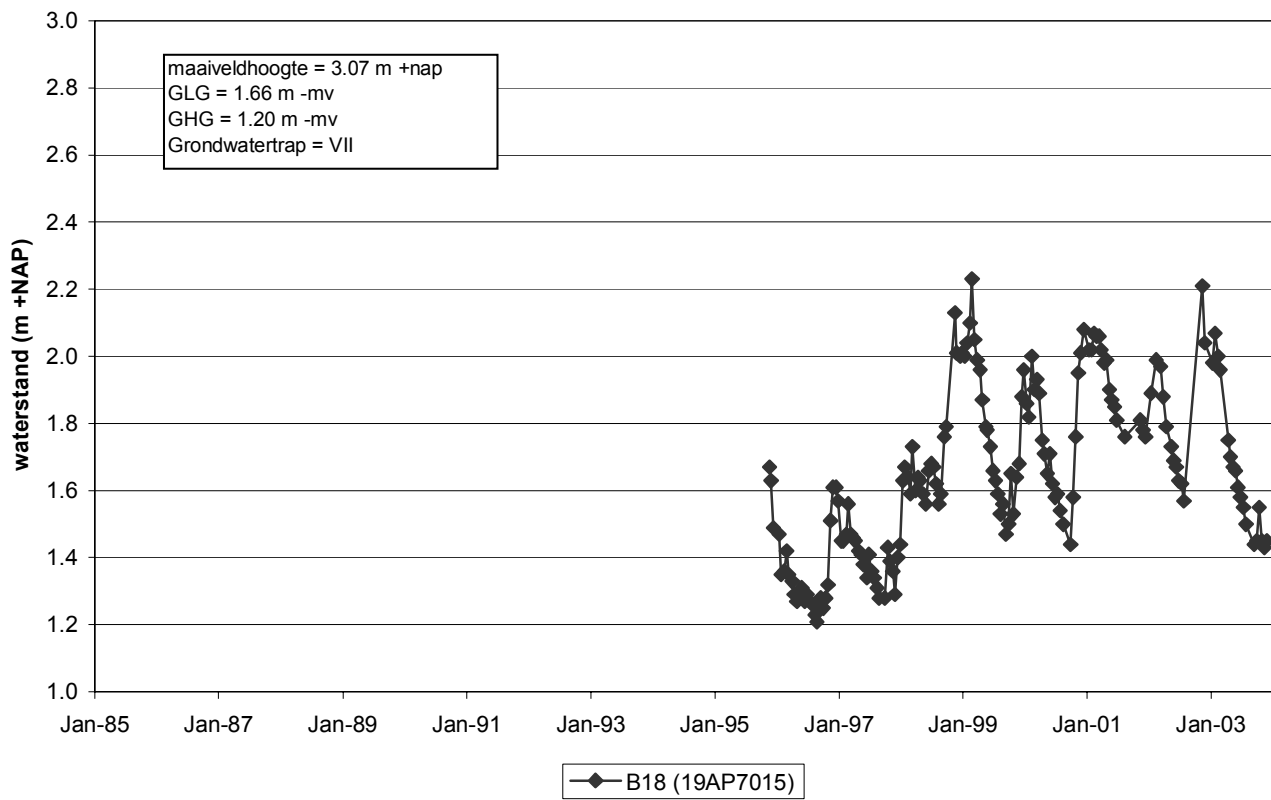












Bijlage 5

Resultaten tijdreeksanalyse met behulp van het programma Menyanthes

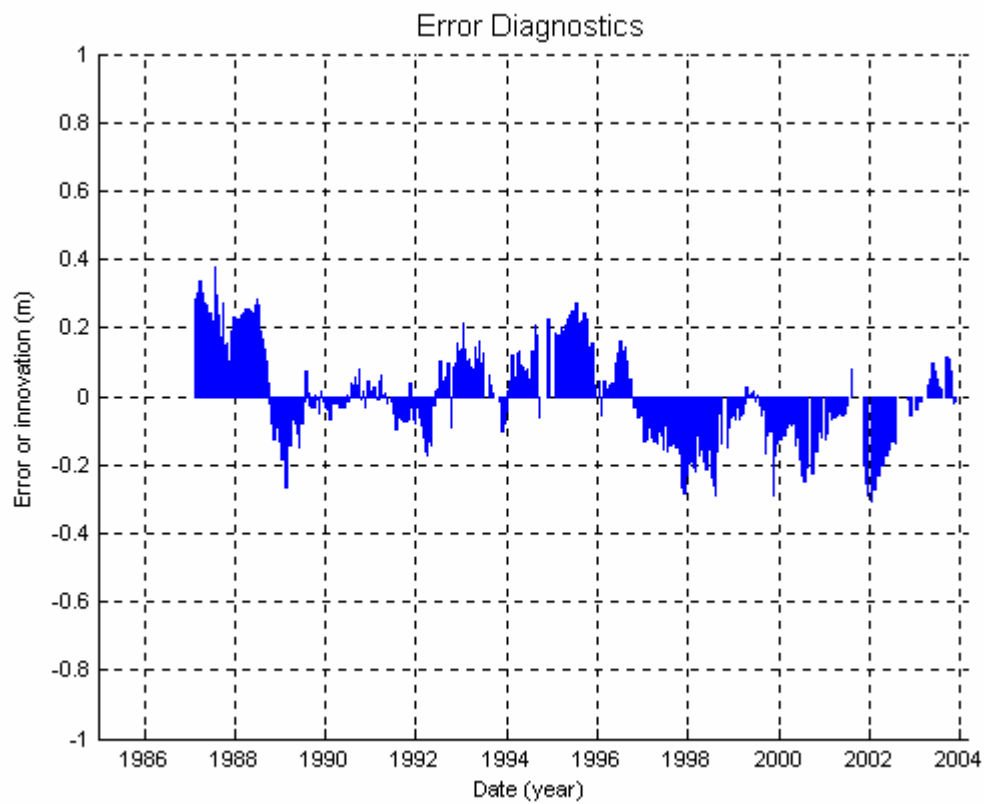
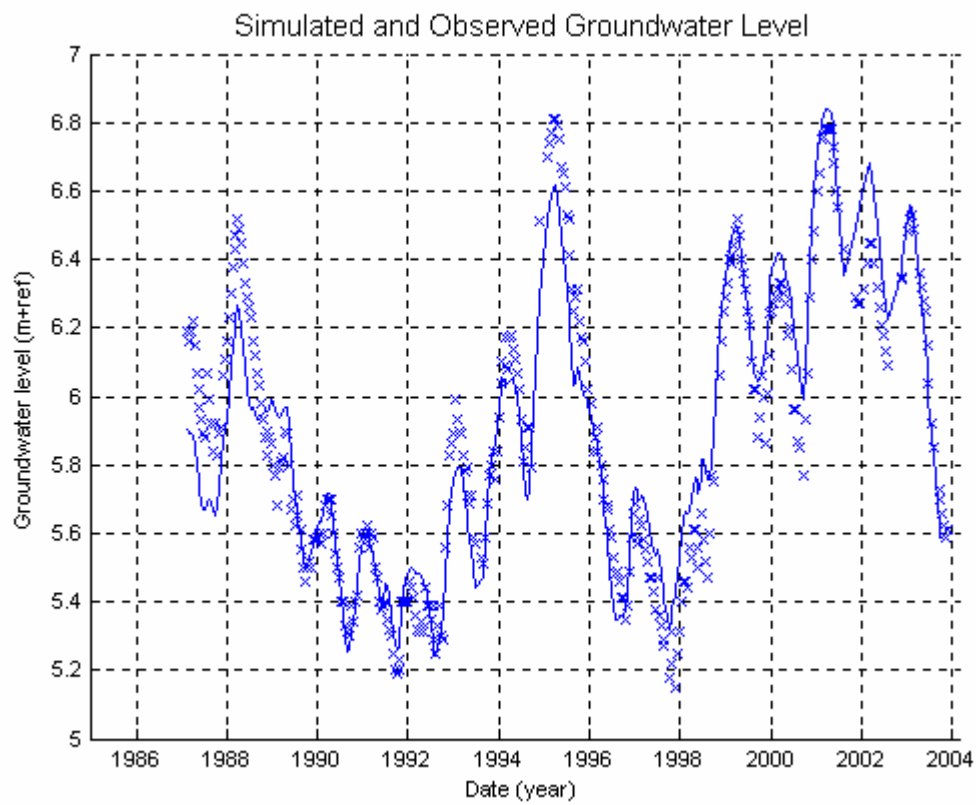
- tabel
- grafieken

TABLE WITH STATISTICS AND RESULTS OF ALL MODELS.

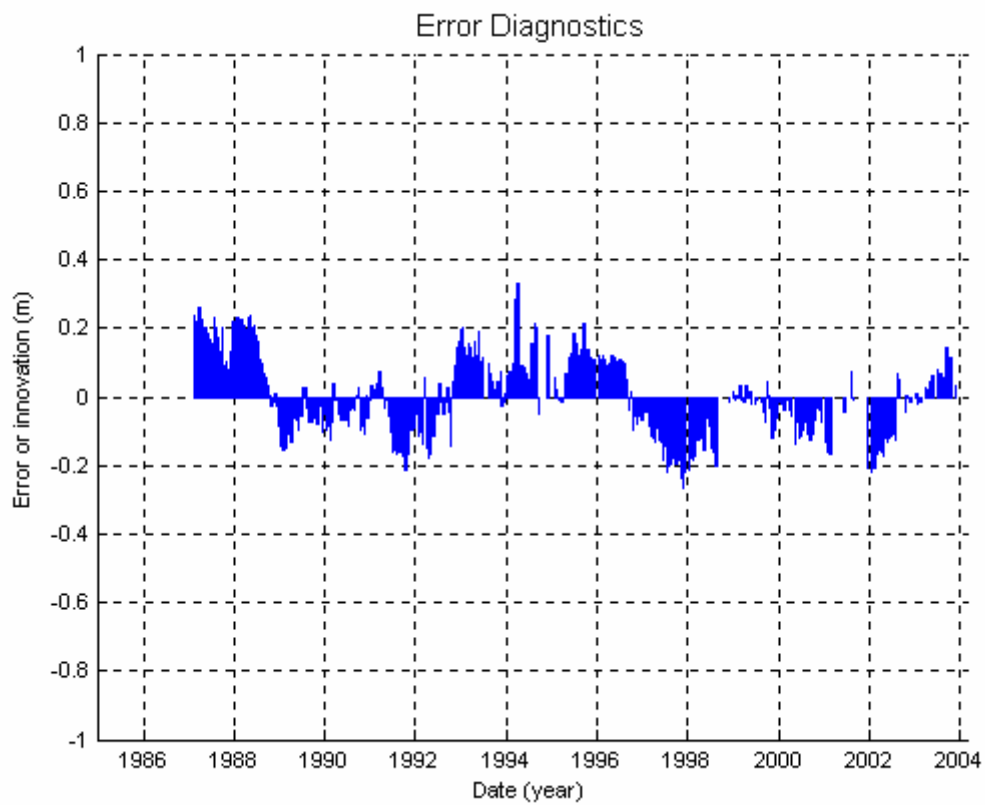
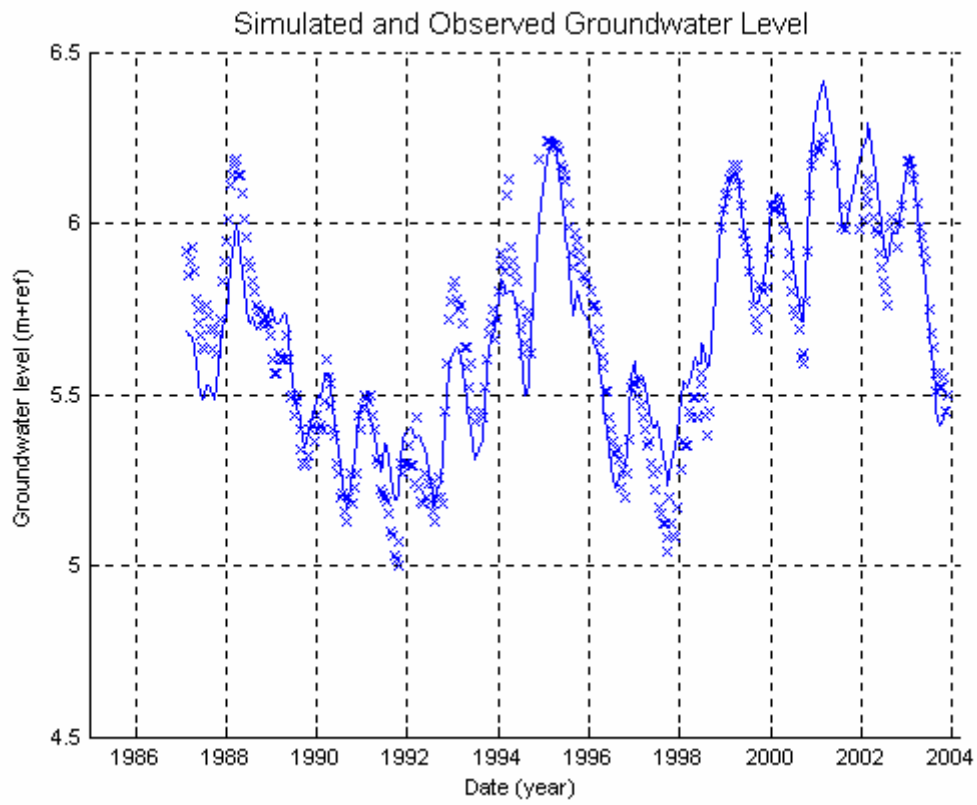
MODEL NAME	EXPVAR	RMSE	RMSI	D.BASE	M0 PREC	SDEV	EVAP F	SDEV	STEP TREND (cm)	M0 WELL	SDEV	verlaging (cm) bij Q = 1 Mm3/jaar
14CP7000_1	B1	88.8	0.1390	0.0497	3.78	1350	157	0.095				
14CP7000_1 STEP 28/09/1996	B1	91.4	0.1220	0.0496	3.70	1389	133	0.089	-7			
14CP7001_1	B2	89.8	0.1220	0.0484	3.66	1186	124	0.066				
14CP7001_1 STEP 28/09/1996	B2	92.9	0.1020	0.0479	3.56	1292	106	0.065	-4			
14CP7002_1	B3	89.0	0.0744	0.0441	1.39	647	55	0.079				
14CP7002_1 STEP 28/09/1996	B3	89.4	0.0730	0.0439	1.29	699	65	0.076	-13			
14CP7003_1	B4	86.7	0.1180	0.0512	4.09	1006	117	0.110				
14CP7003_1 STEP 28/09/1996	B4	90.7	0.0987	0.0503	3.83	1156	103	0.089	-3			
14CP7004_1	B5	88.7	0.1600	0.0356	4.59	1715	204	0.067				
14CP7004_1 STEP 28/09/1996	B5	89.9	0.1510	0.0356	4.61	1711	195	0.066	-2			
14CP7025_1	B21A	38.7	0.0949	0.0288	0.61	257	130	0.270				
14CP7025_1 STEP 28/09/1996	B21A	38.6	0.0409	0.0276	0.35	366	37	0.07	-17			
14CP7025_2	B21B	44.1	0.0912	0.0306	0.60	273	135	0.37				
14CP7025_2 STEP 28/09/1996	B21B	86.9	0.0441	0.0295	0.25	414	45	0.11	-16			
14CP7026_1	B22	86.8	0.0785	0.0444	1.78	457	71	0.85				
14CP7026_1 STEP 28/09/1996	B22	88.8	0.0723	0.0441	1.65	560	123	0.80	-8			
14CP7027_1	B23	67.3	0.0453	0.0307	-0.06	164	22	-1.42				
14CP7027_1 STEP 28/09/1996	B23	77.2	0.0378	0.0290	0.02	310	48	0.00	-9			
14CP7029_1	B25A	30.8	0.0899	0.0478	0.07	95	53	0.70				
14CP7029_1 STEP 28/09/1996	B25A	81.6	0.0464	0.0413	-0.04	166	16	0.29	-16			
14CP7029_2	B25B	3.9	0.1060	0.0597	-0.30	33	38	-0.86				
14CP7029_2 STEP 28/09/1996	B25B	57.0	0.0709	0.0556	-0.31	66	22	-0.62	-16			
14CP7030_1	B26	24.2	0.0554	0.0441	-0.20	62	16	-0.28				
14CP7030_1 STEP 28/09/1996	B26	26.7	0.0544	0.0439	-0.19	67	17	-0.28	-2			
14CP7031_1	B29	88.7	0.0758	0.0573	1.11	494	49	0.70				
14CP7031_1 STEP 28/09/1996	B29	92.2	0.0630	0.0546	1.05	565	38	0.66	-10			
14CP7033_1	B31	87.3	0.0995	0.0921	0.67	309	31	1.00				
14CP7033_1 STEP 28/09/1996	B31	87.8	0.0974	0.0911	0.68	319	30	0.97	-5			
14CP7034_1	B32	78.0	0.0366	0.0320	1.19	286	30	0.64				
14CP7034 STEP 28/09/1996	B32	78.4	0.0363	0.0319	1.20	277	33	0.64	1			
14CP7035_1	B33	78.5	0.1600	0.1240	2.81	773	95	0.65				
14CP7035_1 STEP 28/09/1996	B33	82.3	0.1450	0.1200	2.75	931	105	0.68	-17			
14CP7048_1	B34	54.9	0.2040	0.0937	4.20	437	255	0.79				
14CP7048_1 STEP 28/09/1996	B34	77.7	0.1430	0.0913	4.23	470	111	0.60	-28			
14CP7048_1 (3)	B34	83.8	0.1220	0.0896	3.62	756	156	0.42				
14CP7049_1	B35	85.0	0.1380	0.0607	3.24	1329	358	0.61				
14CP7049 STEP 28/09/1996	B35	94.0	0.0872	0.0585	3.27	1286	136	0.53	-20			
14CP7050_1	B36	72.5	0.1340	0.0730	2.90	1388	370	0.61				
14CP7050 STEP 28/09/1996	B36	89.8	0.0814	0.0656	2.81	1268	95	0.42	-19			
14CP7051_1	B37	75.4	0.1030	0.0660	2.78	899	152	0.47				
14CP7051 STEP 28/09/1996	B37	87.5	0.0733	0.0604	2.66	911	75	0.32	-15			
14CP7052_1	B40	79.3	0.0433	0.0430	0.93	198	41	0.89				
14CP7052 STEP 28/09/1996	B40	79.4	0.0431	0.0430	0.93	189	39	0.90	1			

19AP7000_1	B6	93.3	0.0941	0.0428	2.36	1010	79	0.38	0.076				
19AP7001_1	B7	92.8	0.1490	0.0617	4.25	1941	171	0.24	0.076				
19AP7002_1	B8	87.6	0.1660	0.0466	6.08	2203	357	0.44	0.083				
19AP7003_1	B9	82.4	0.1920	0.0335	5.82	1772	253	0.35	0.087				
19AP7004_1	B10	76.2	0.1320	0.0417	5.71	1154	371	0.76	0.170				
19AP7004_1 STEP 01/01/1997	B10	88.8	0.0906	0.0415	5.41	1199	156	0.61	0.120	-12			
19AP7005_1	B11	90.1	0.0746	0.0540	0.62	507	33	0.40	0.074				
19AP7006_1	B12	91.3	0.1150	0.0690	0.73	1011	73	0.40	0.080				
19AP7006_1 onttrekking	B12	93.7	0.0983	0.0673	1.02	935	52	0.38	0.066	-5.65E-05	2.53E-05		-15
19AP7007_1	B13	88.3	0.1190	0.0621	0.31	1086	117	0.58	0.110				
19AP7007_1 onttrekking	B13	93.3	0.0905	0.0607	0.79	892	55	0.53	0.080	-7.69E-05	1.44E-05		-21
19AP7008_1	B14	86.2	0.0934	0.0528	-0.09	734	73	0.62	0.130				
19AP7008_1 onttrekking	B14	92.9	0.0673	0.0511	0.26	601	33	0.50	0.080	-8.14E-05	1.13E-05		-22
19AP7010_1	B15	83.8	0.1370	0.0525	-0.90	1437	347	0.81	0.220				
19AP7010_1 onttrekking	B15	87.2	0.1240	0.0523	-0.32	811	156	0.58	0.200	-5.35E-05	3.29E-05		-15
19AP7011_1	B17	88.4	0.1650	0.0566	2.40	1813	315	0.49	0.130				
19AP7011_1 onttrekking	B17	97.3	0.0812	0.0540	1.52	2598	317	0.42	0.084	-2.61E-03	1.18E-03		-714
19AP7012_1	B19	85.4	0.0867	0.0803	1.42	355	50	0.73	0.110				
19AP7012_1 onttrekking	B19	89.7	0.0729	0.0730	1.47	540	92	0.56	0.057	-1.31E-04	3.16E-05		-36
19AP7013_1	B20	76.2	0.1130	0.0952	4.78	4630	61000	0.54	0.140				
19AP7013_1 onttrekking	B20	83.9	0.0939	0.0904	0.48	746	204	0.30	0.074	-1.18E-04	4.21E-05		-32
19AP7014_1	B16	88.8	0.1110	0.0854	1.25	820	138	1.22	0.190				
19AP7014_1 onttrekking	B16	91.0	0.0987	0.0855	1.25	621	103	0.96	0.150	-5.05E-05	2.77E-05		-14
19AP7015_1	B18	88.0	0.0867	0.0582	0.56	587	86	0.39	0.140				
19AP7015_1 onttrekking	B18	91.0	0.0765	0.0584	0.66	592	123	0.34	0.120	-3.75E-05	6.22E-05		-10

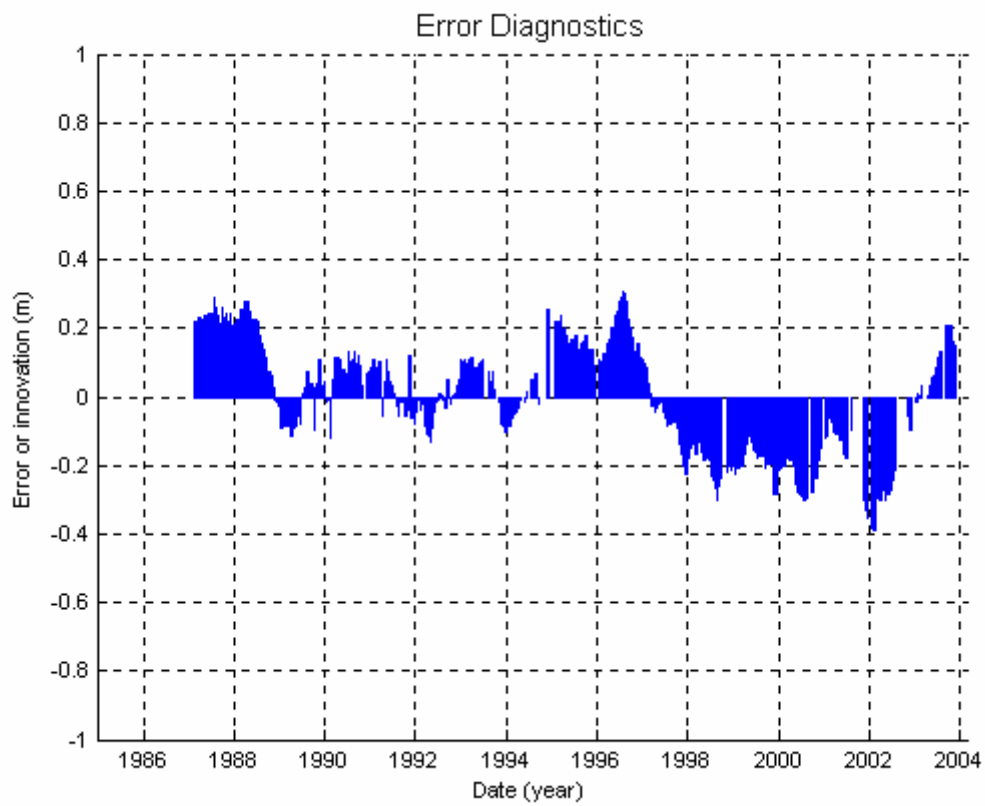
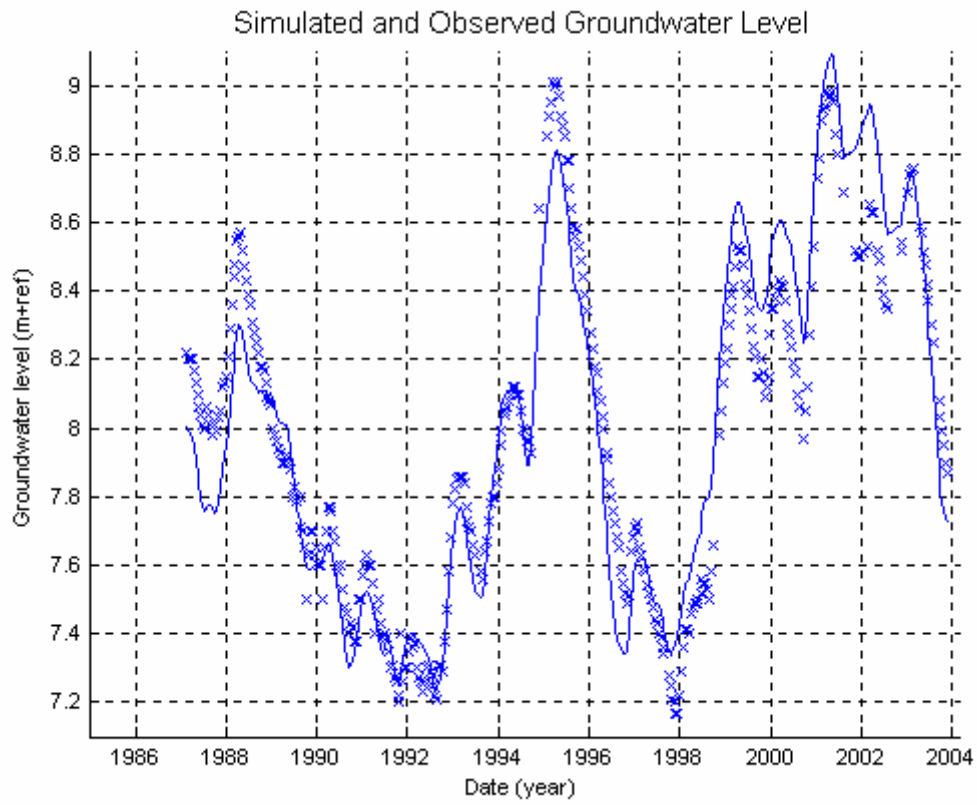
B1



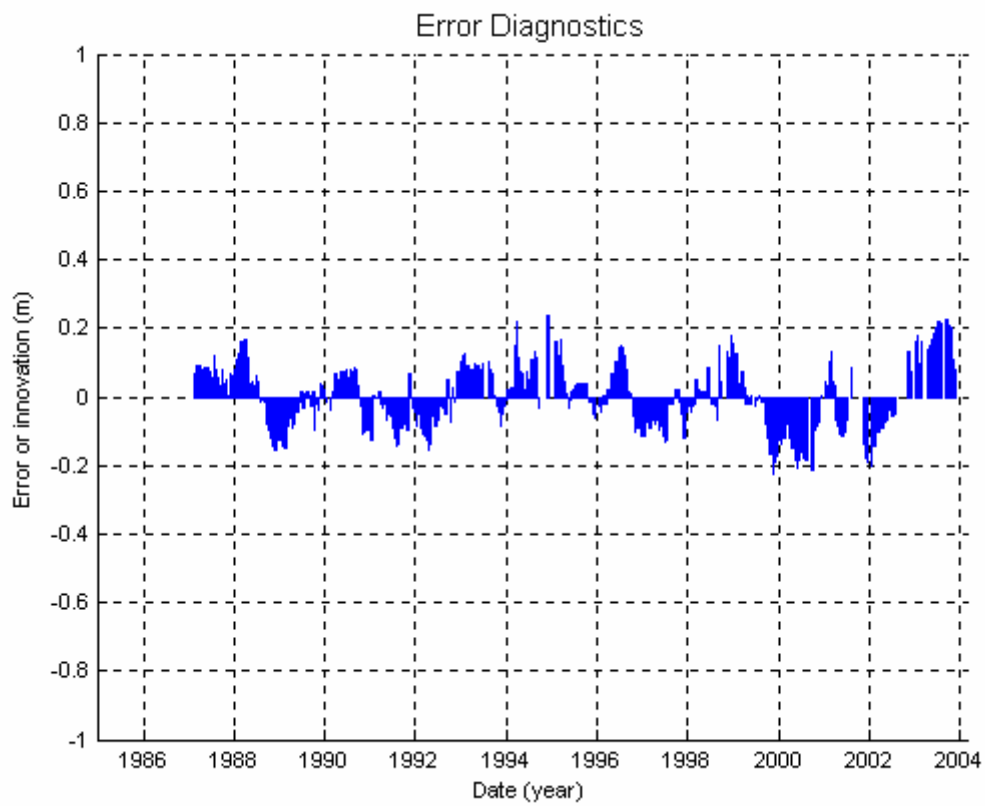
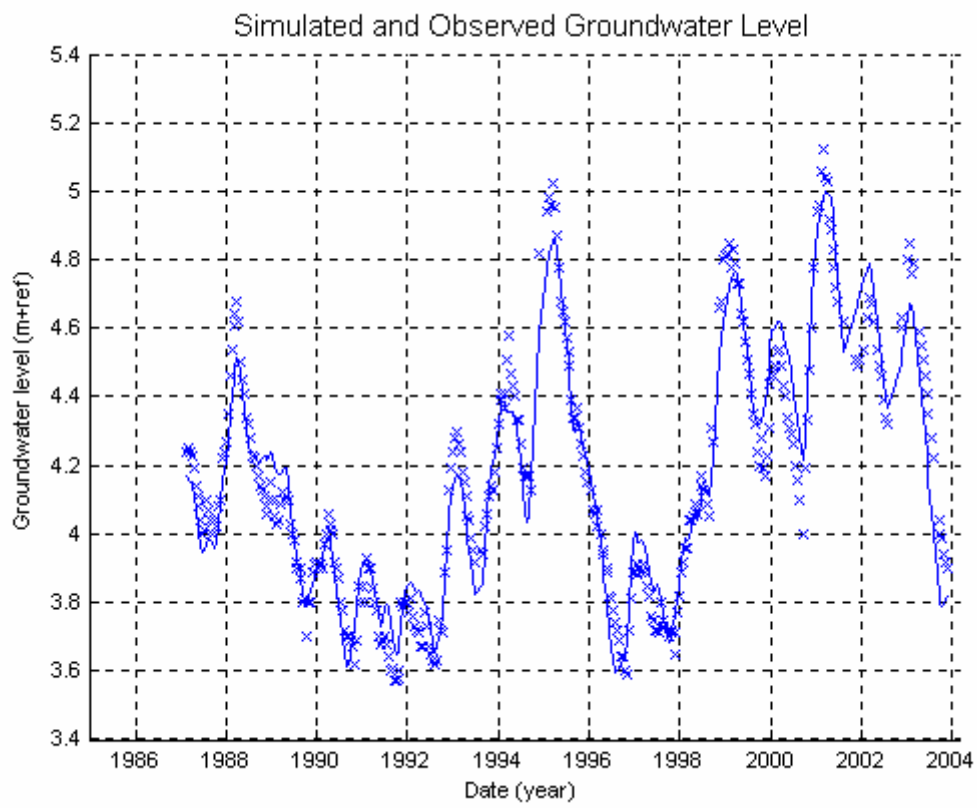
B4

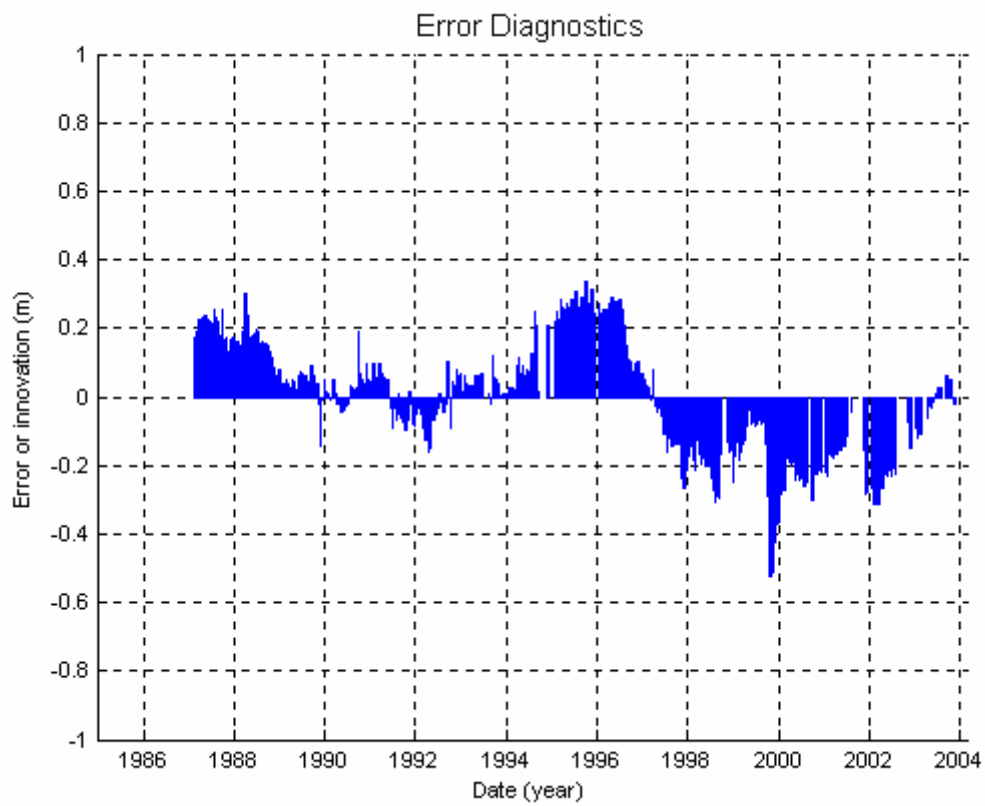
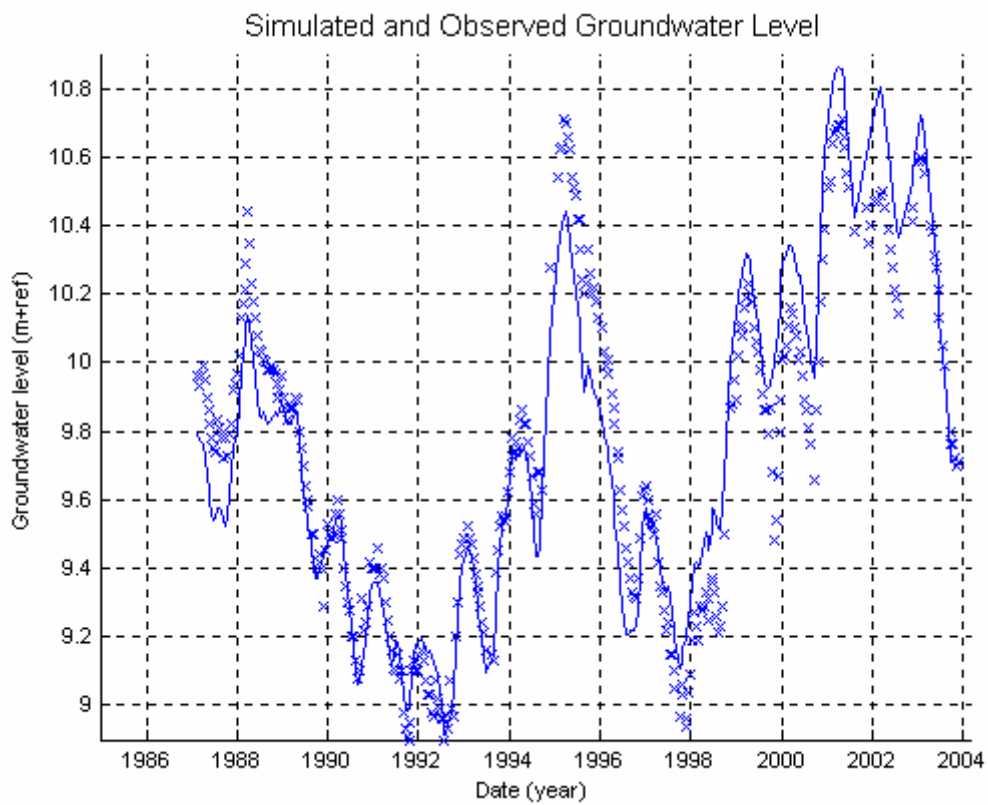


B5

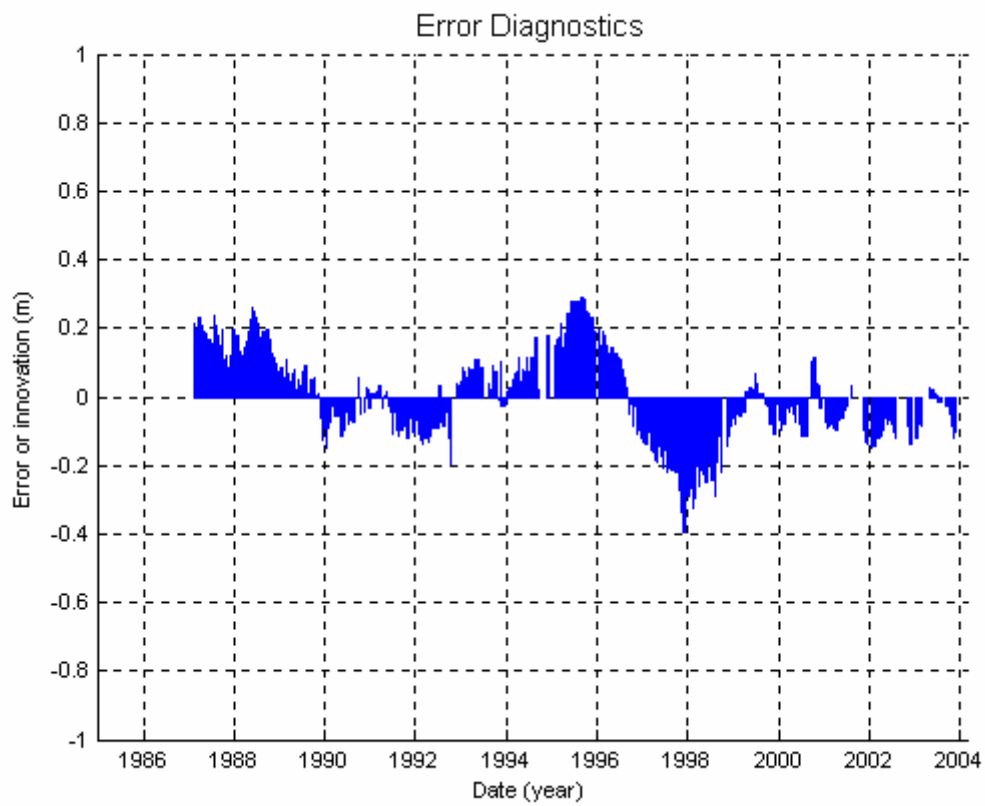
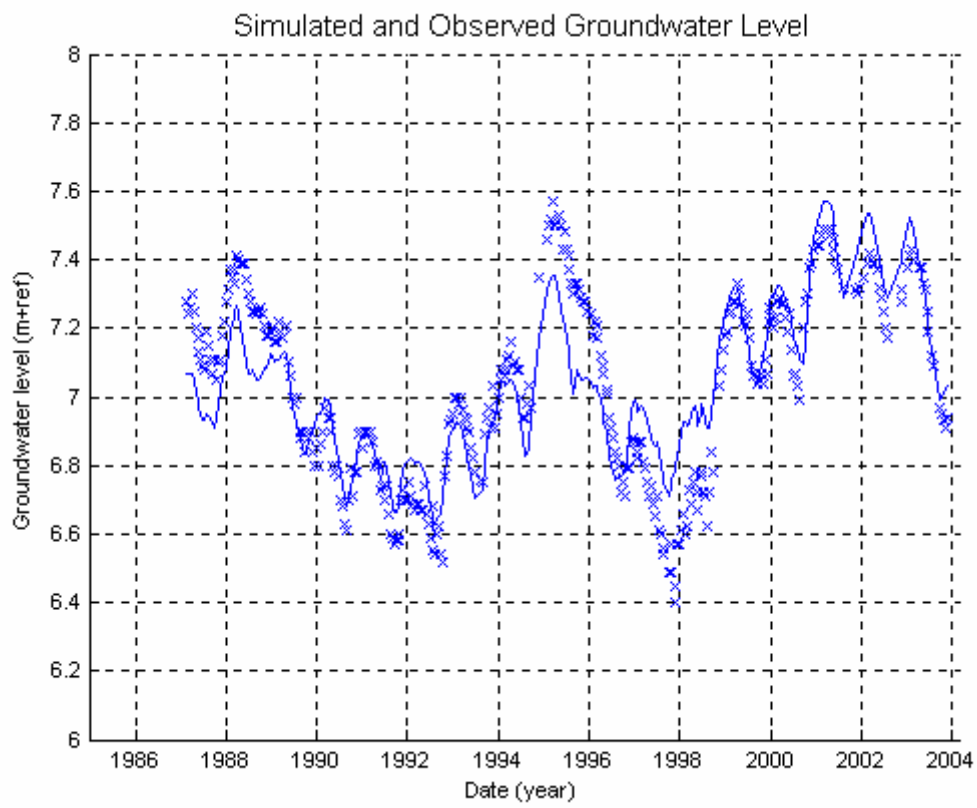


B6

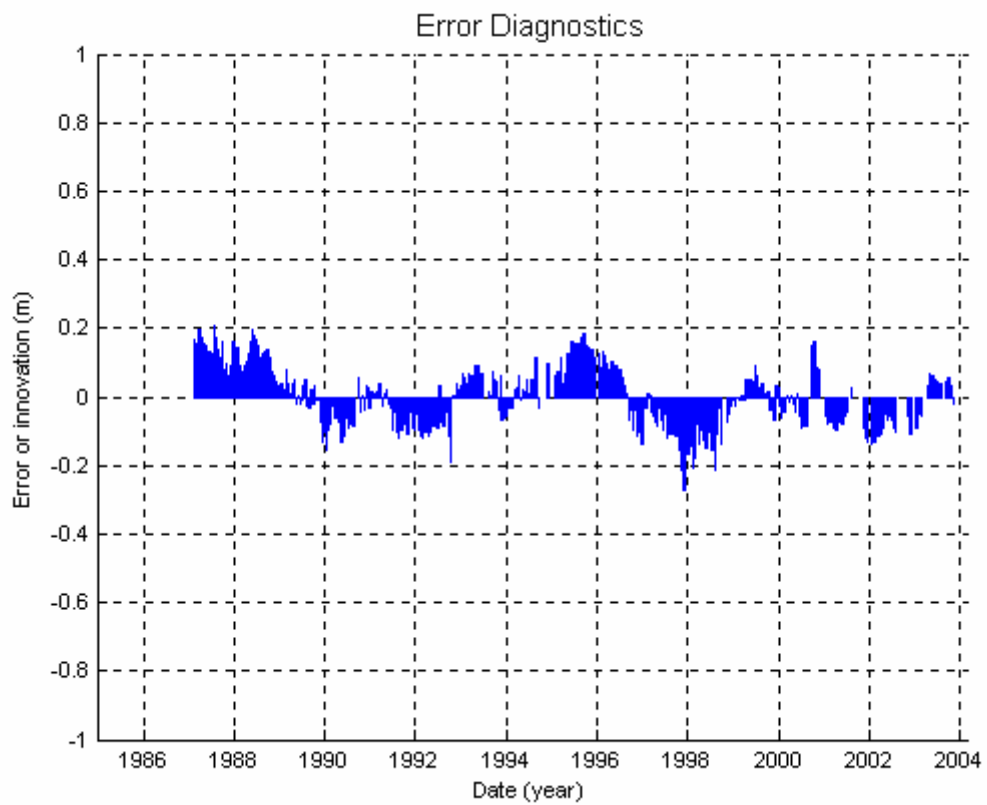
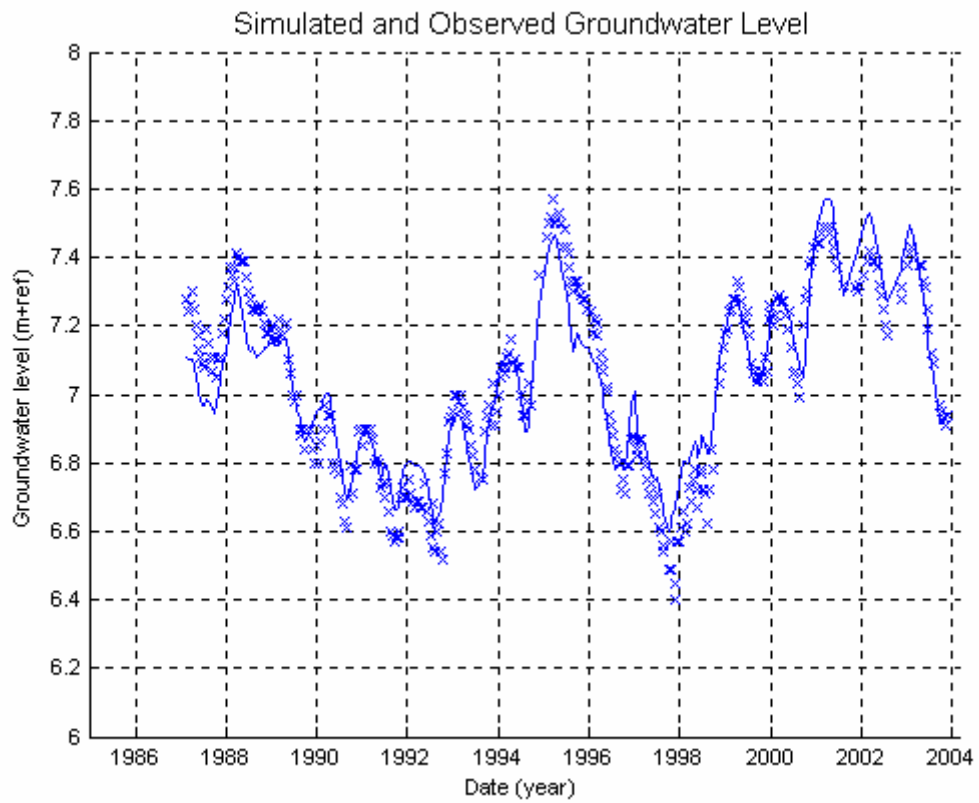


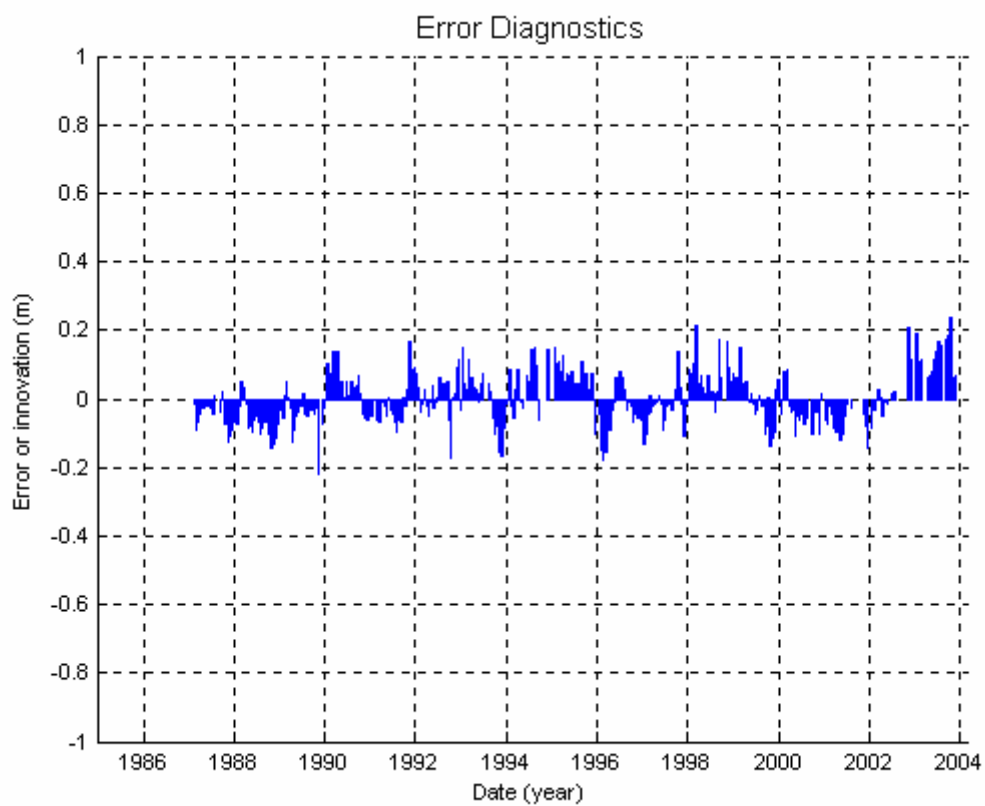
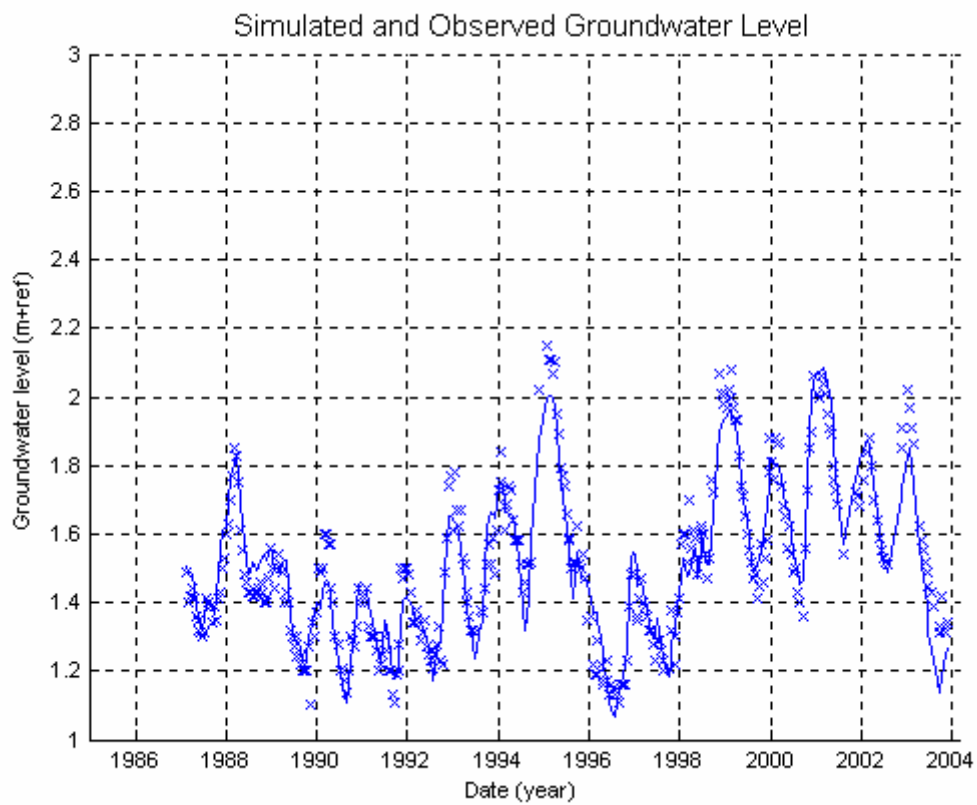


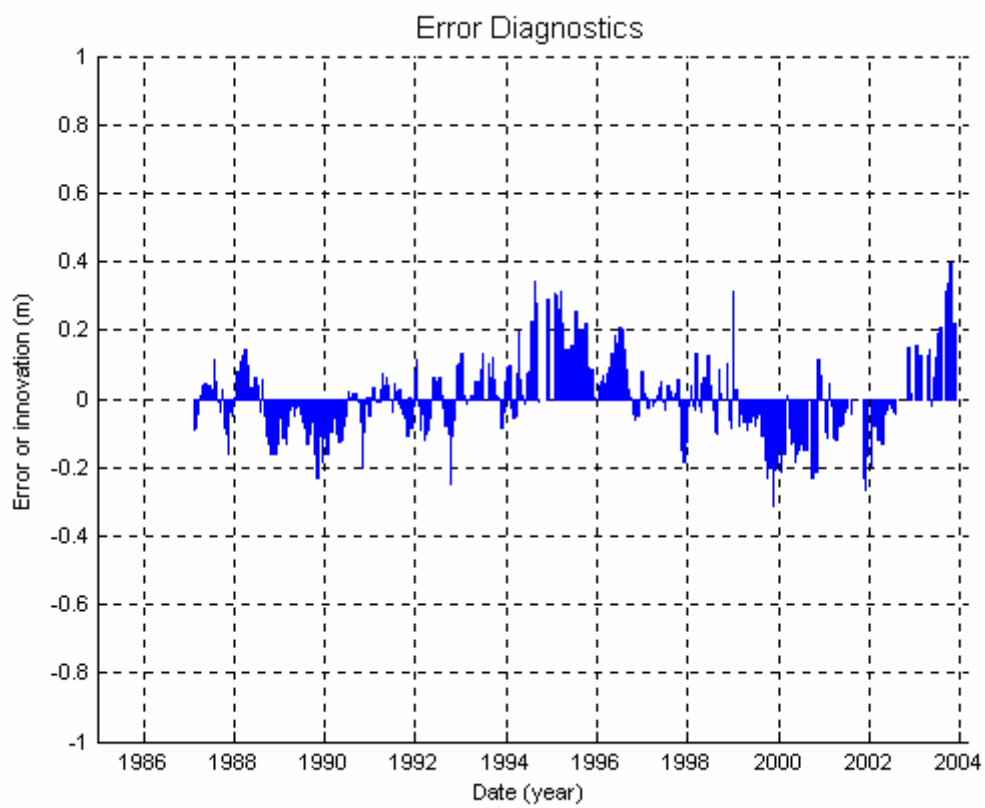
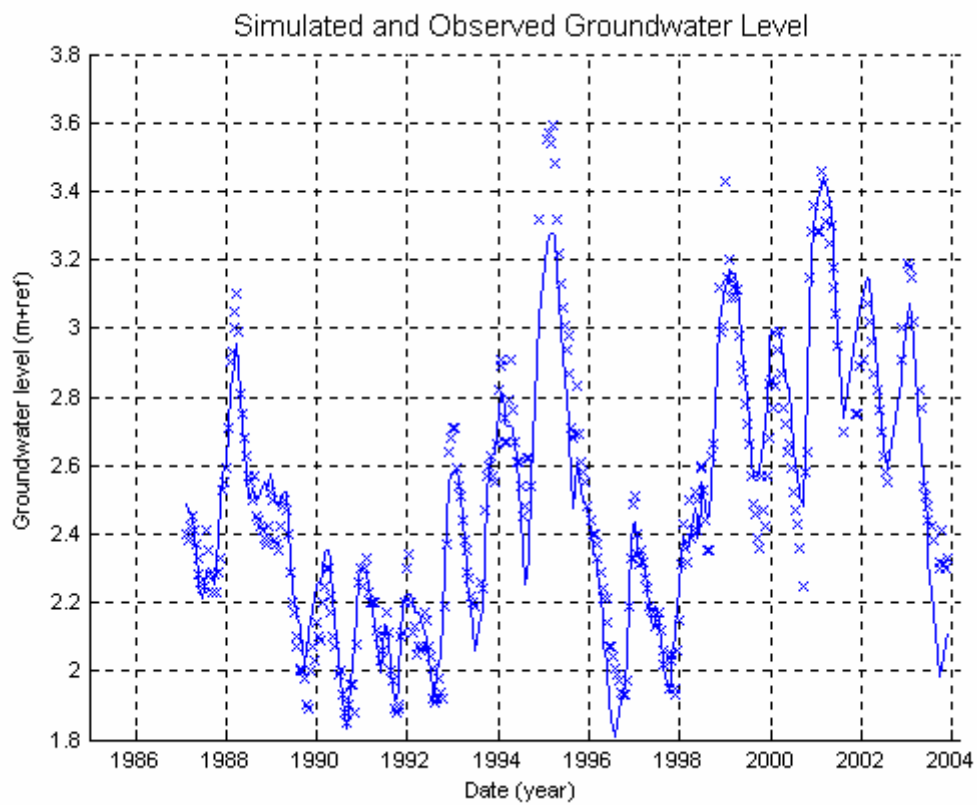
B10

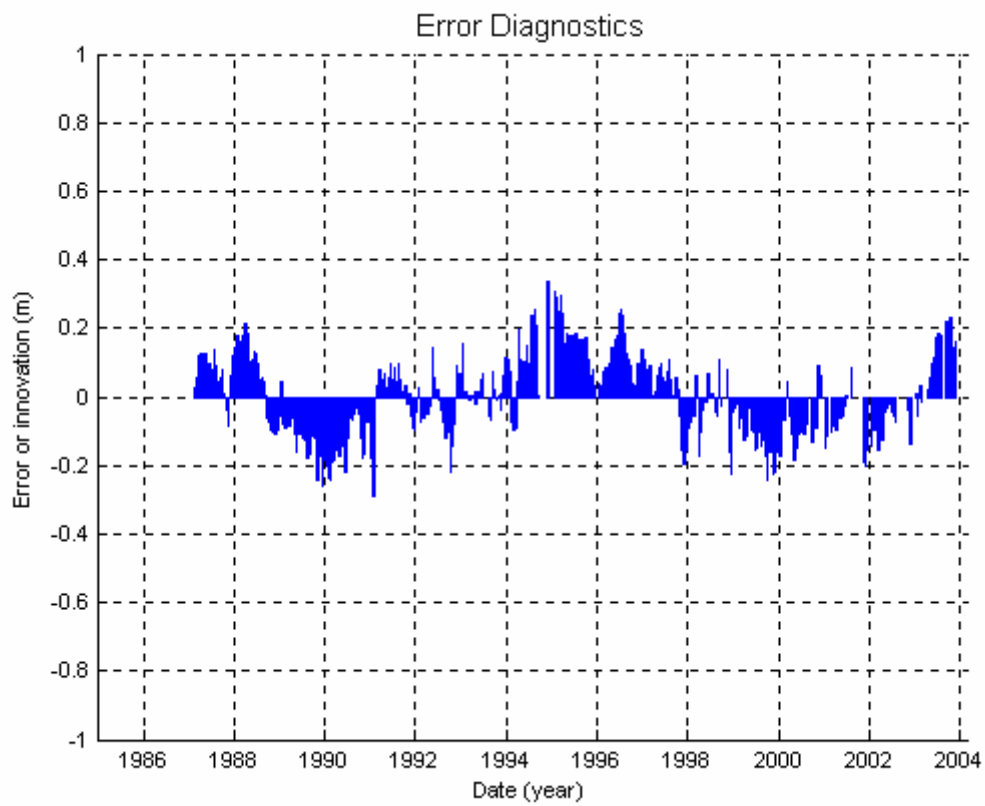
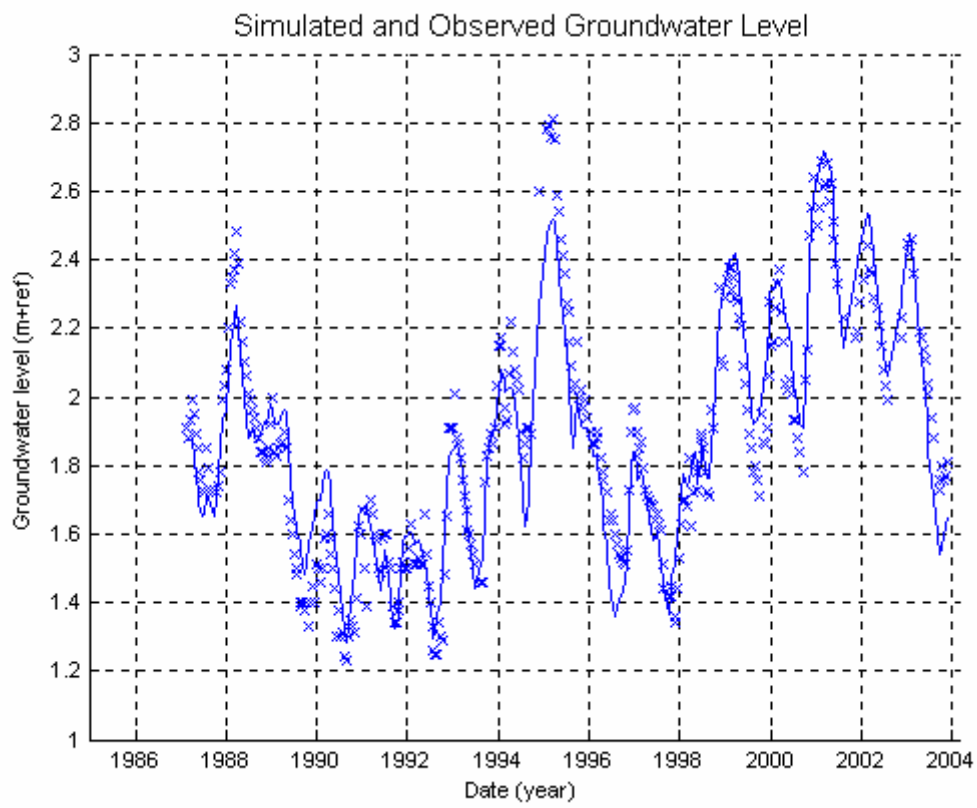


B10 met step

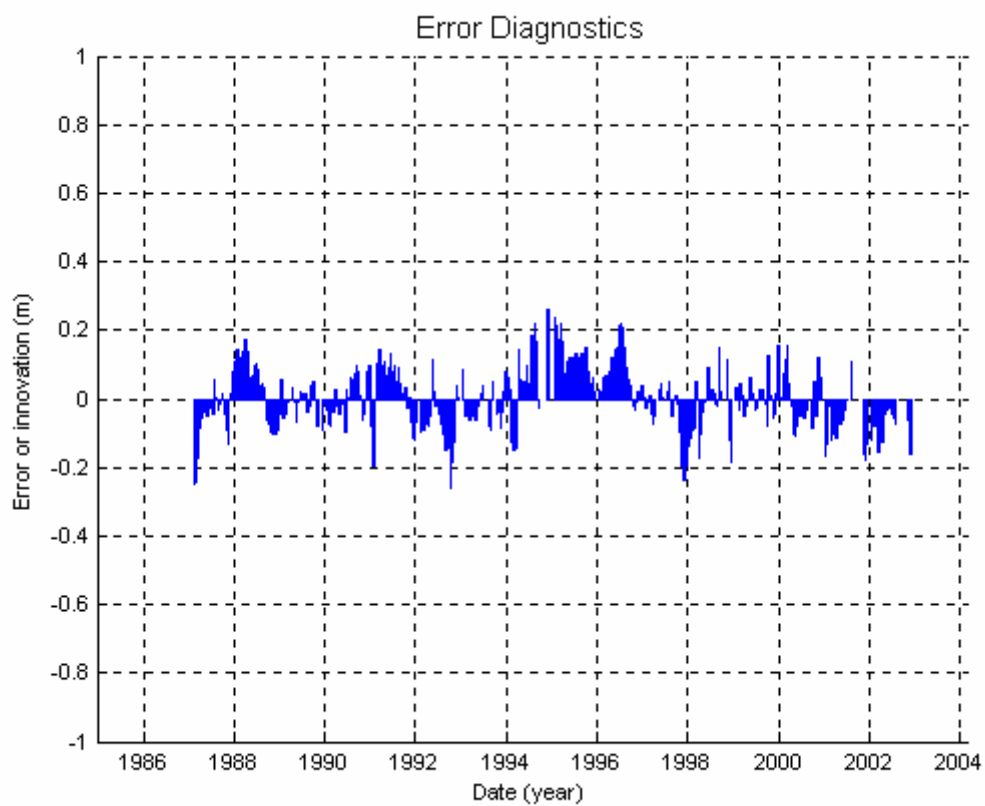
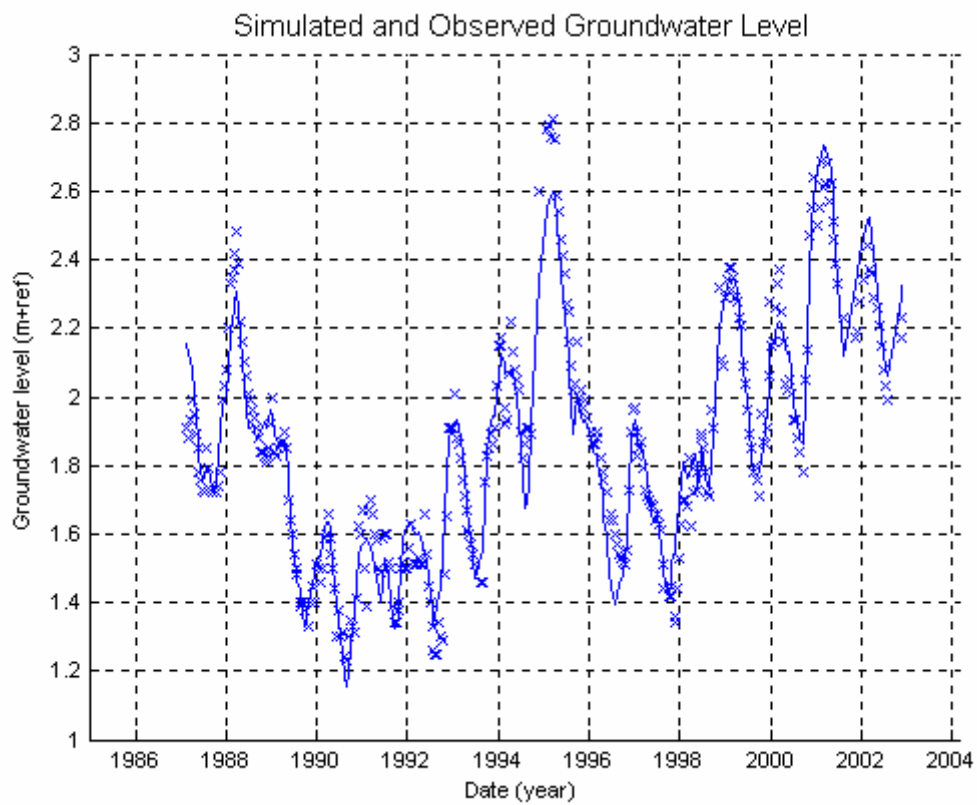


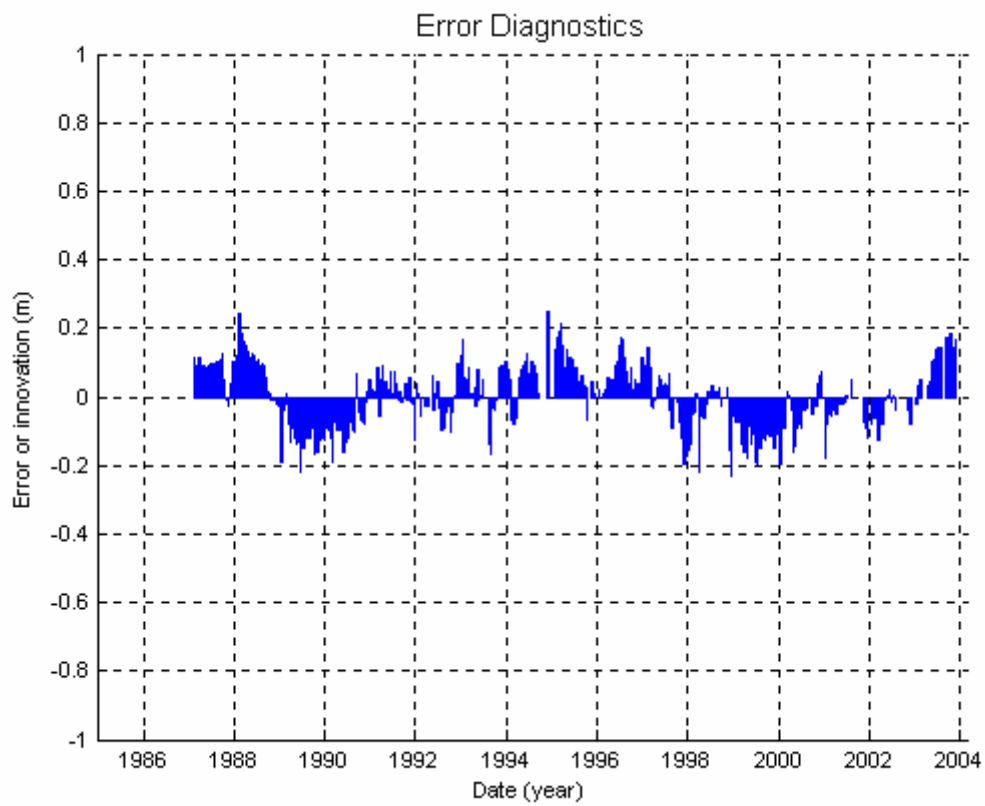
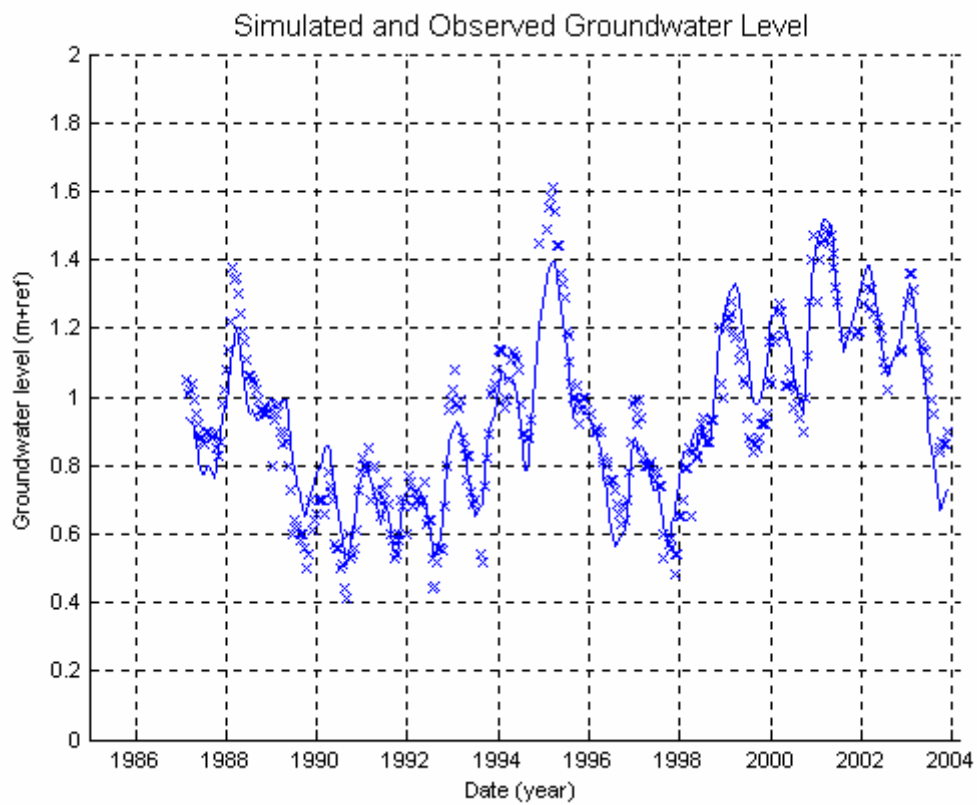




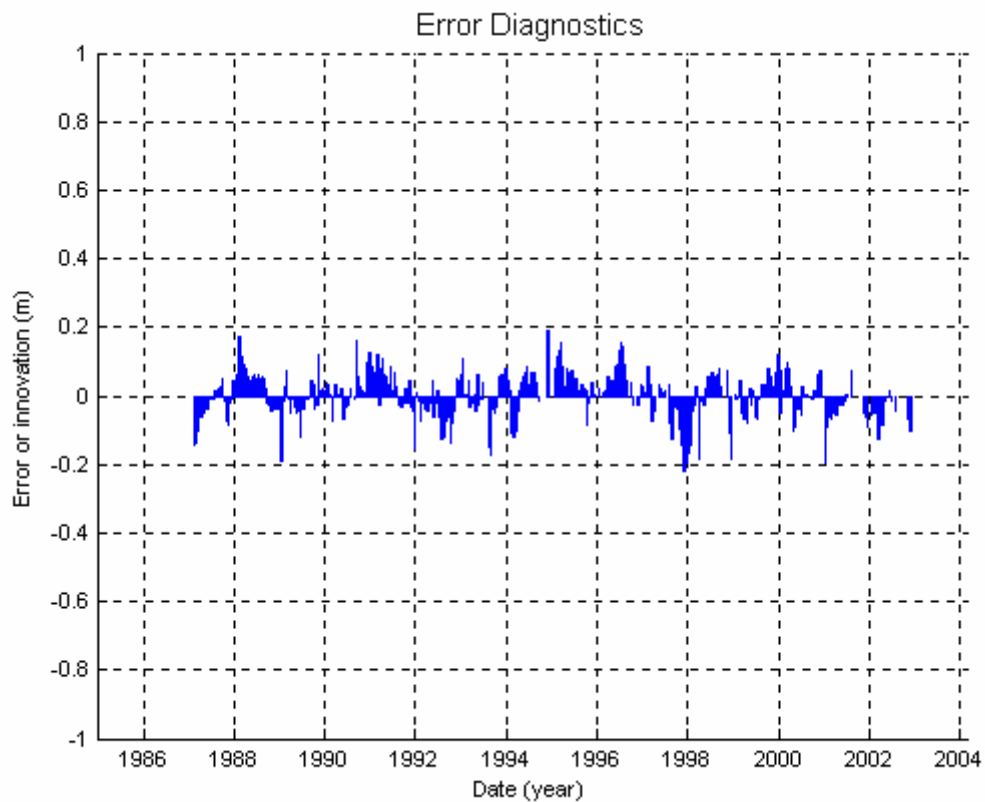
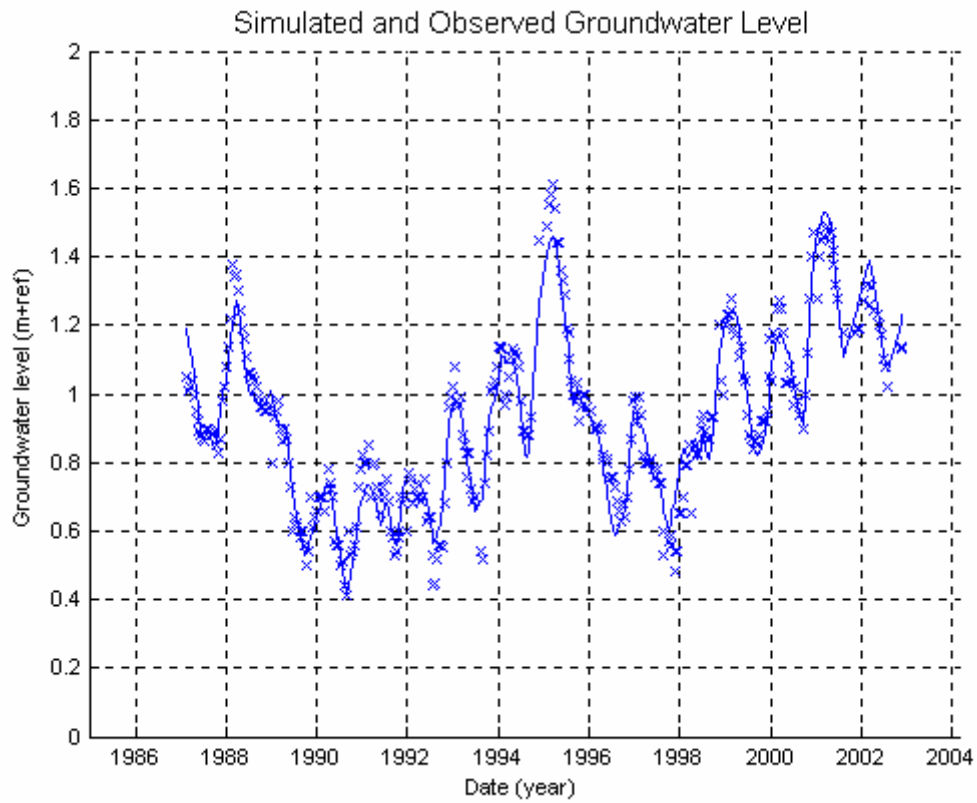


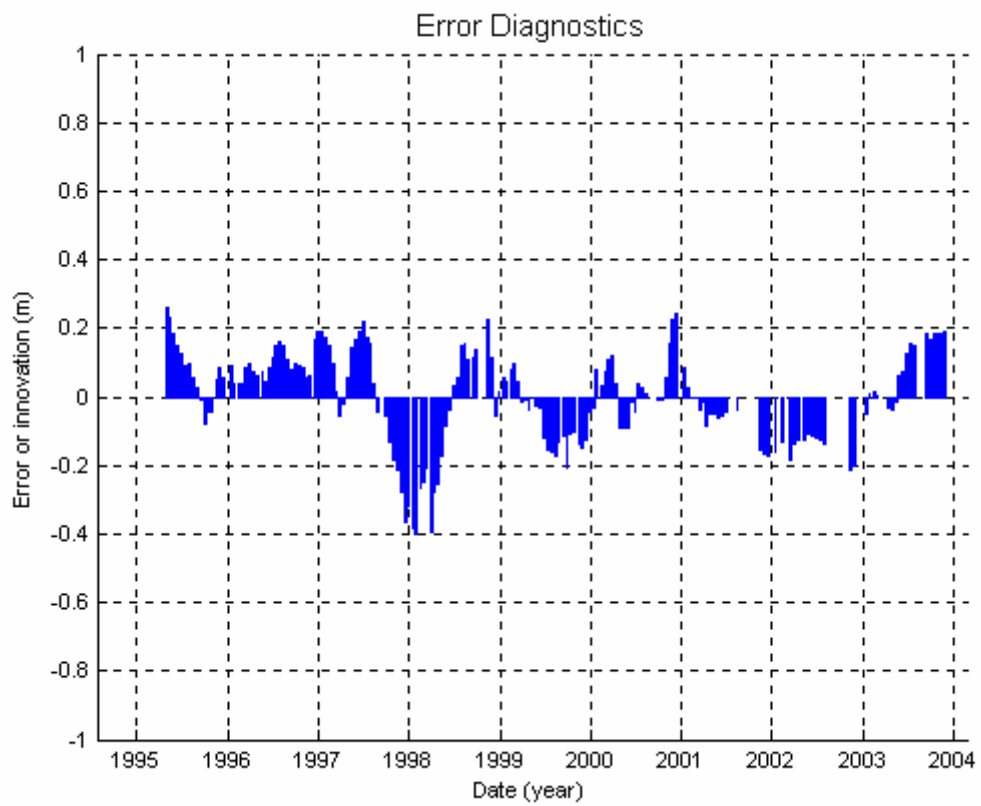
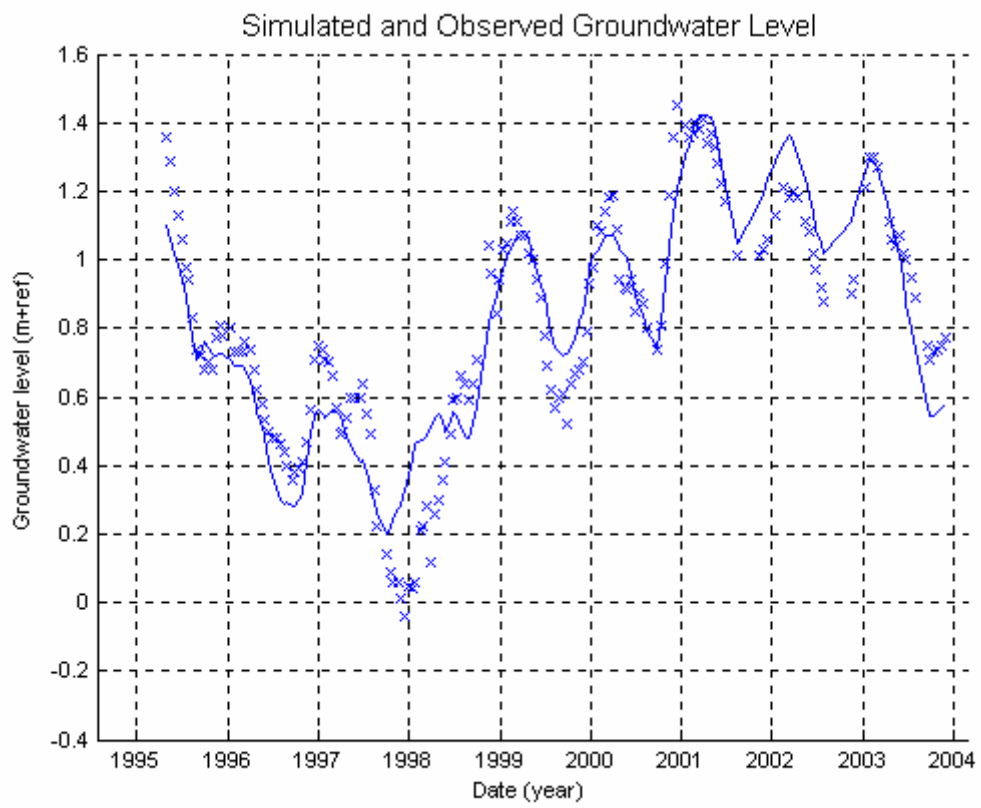
B13 met onttrekking

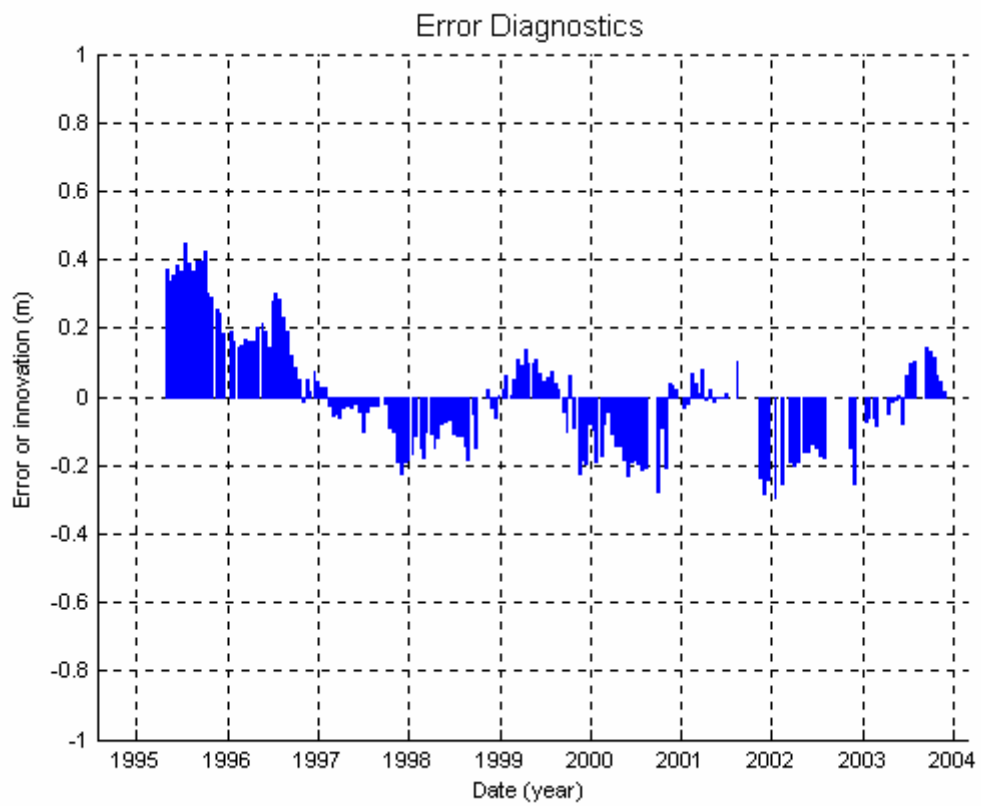
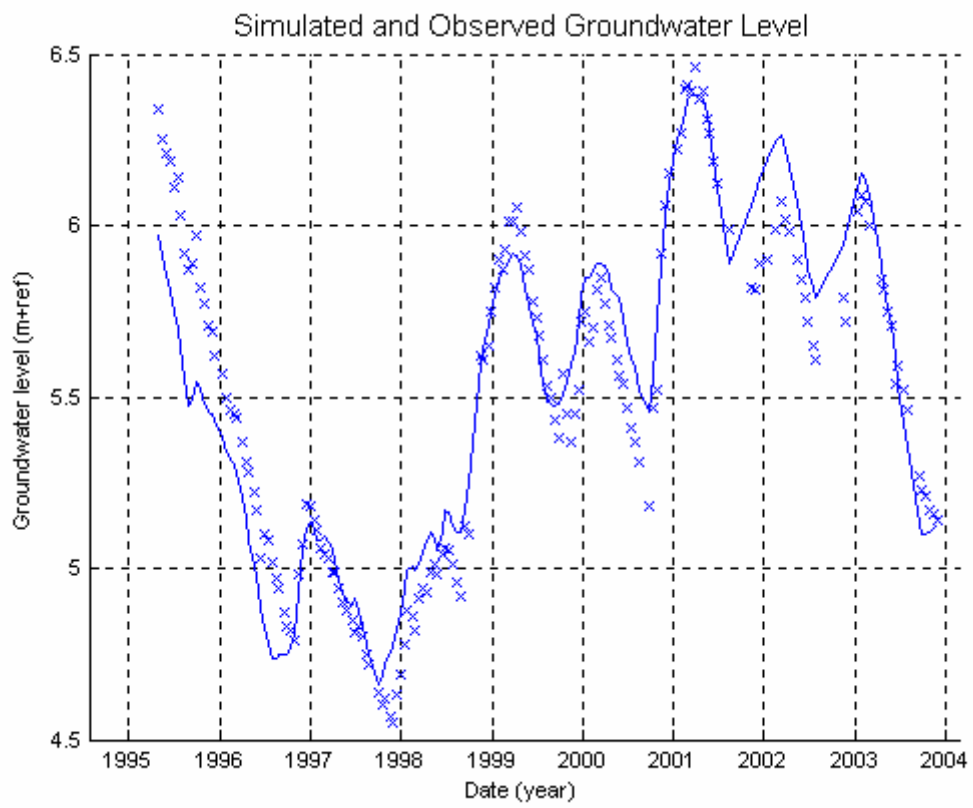


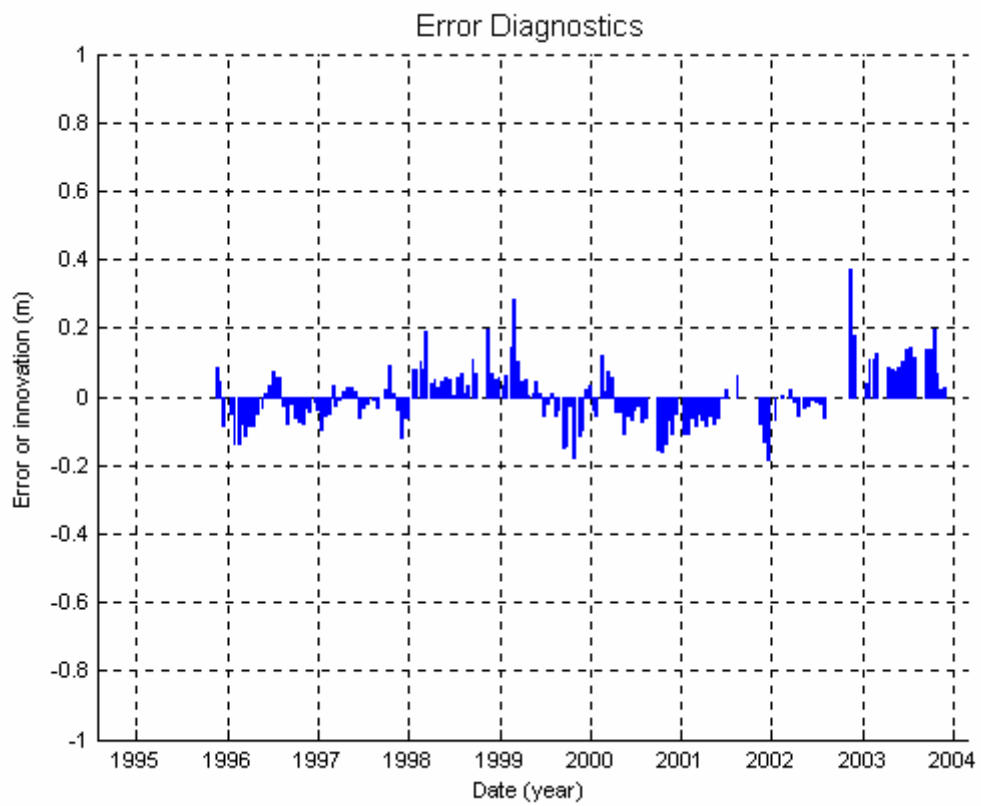
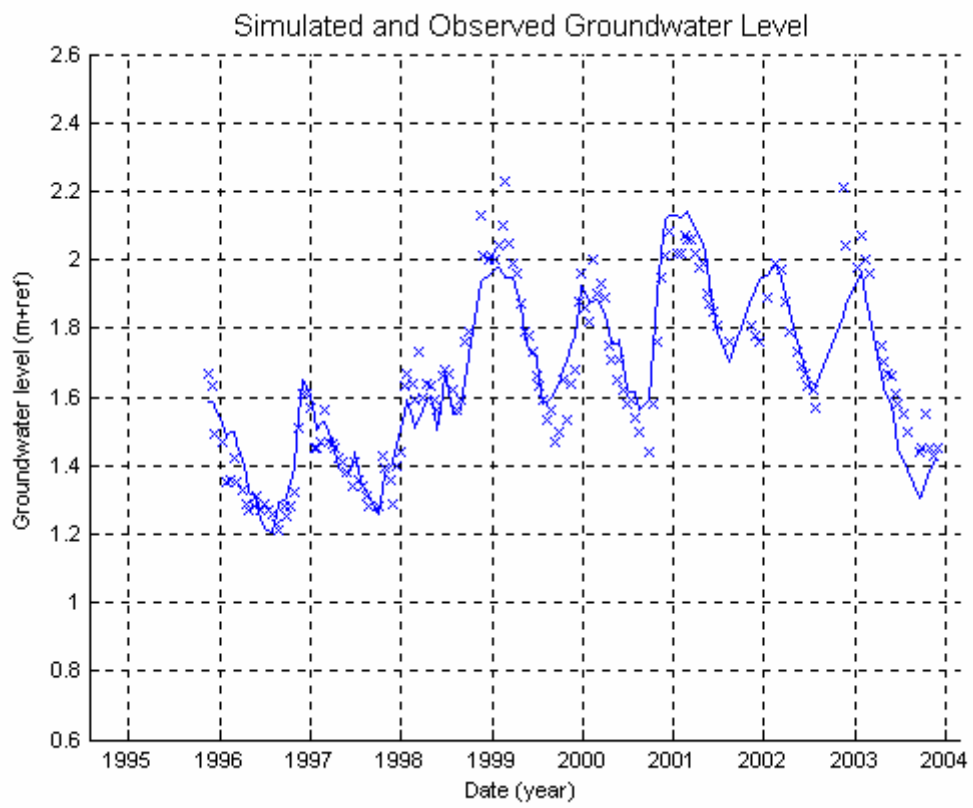


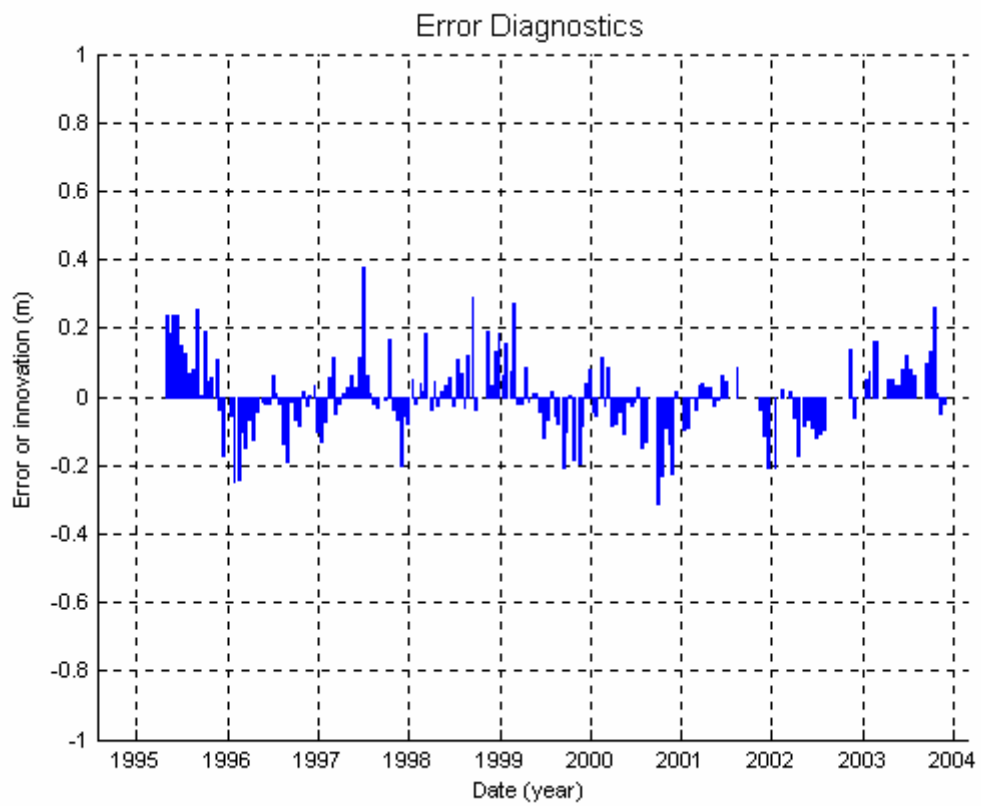
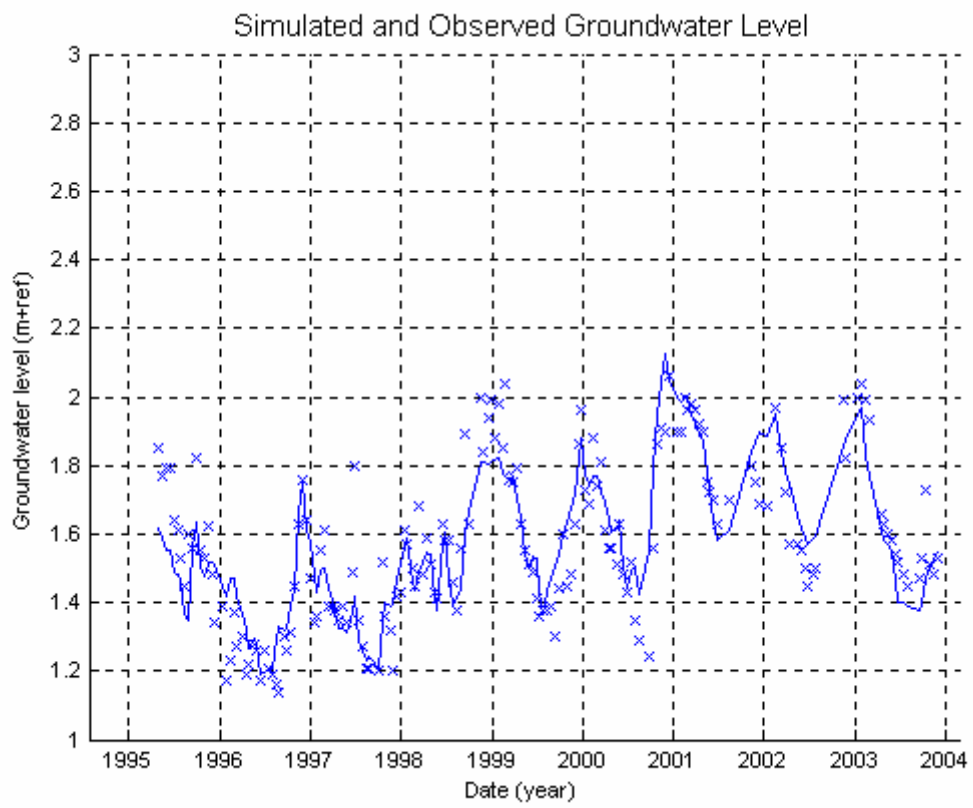
B14 met onttrekking



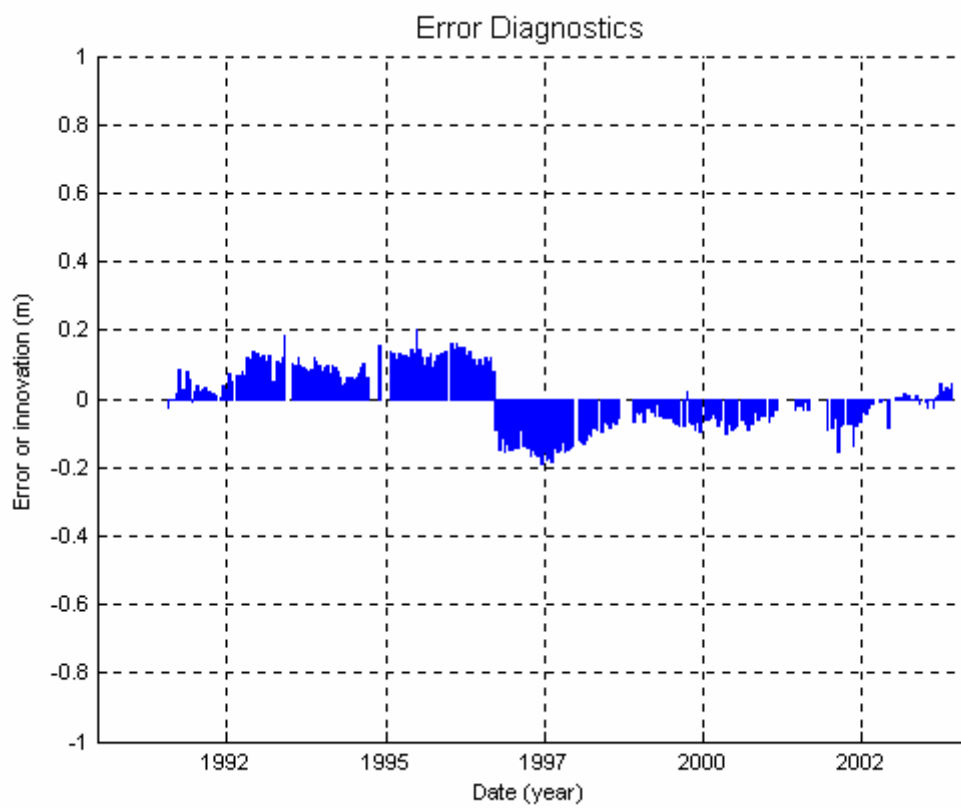
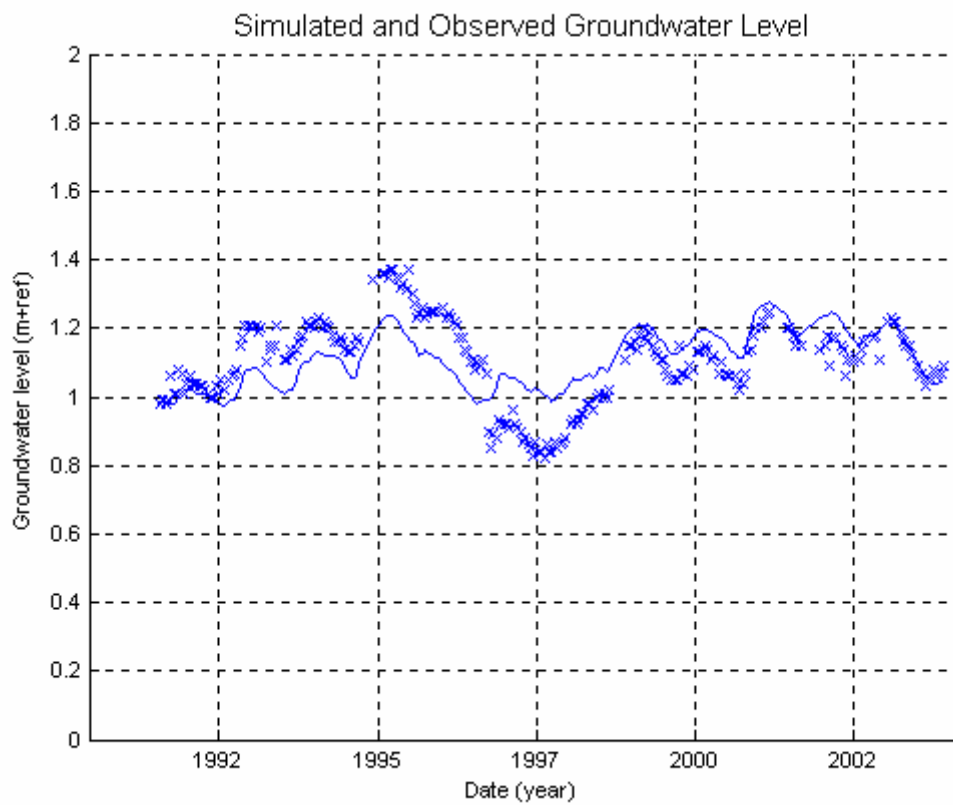




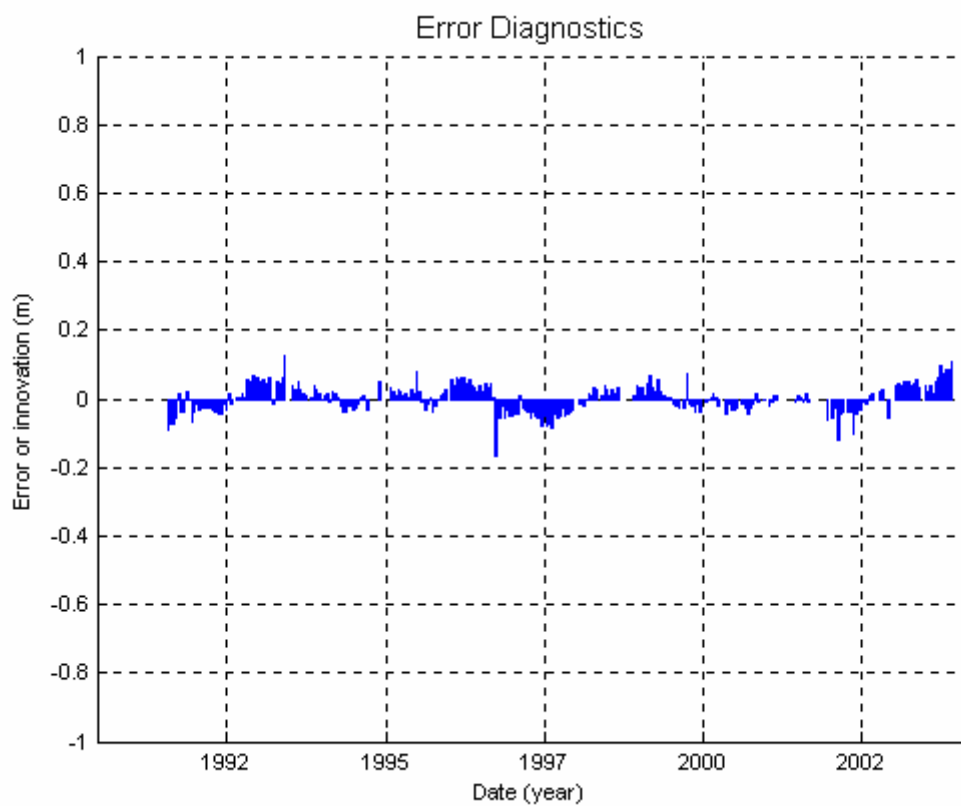
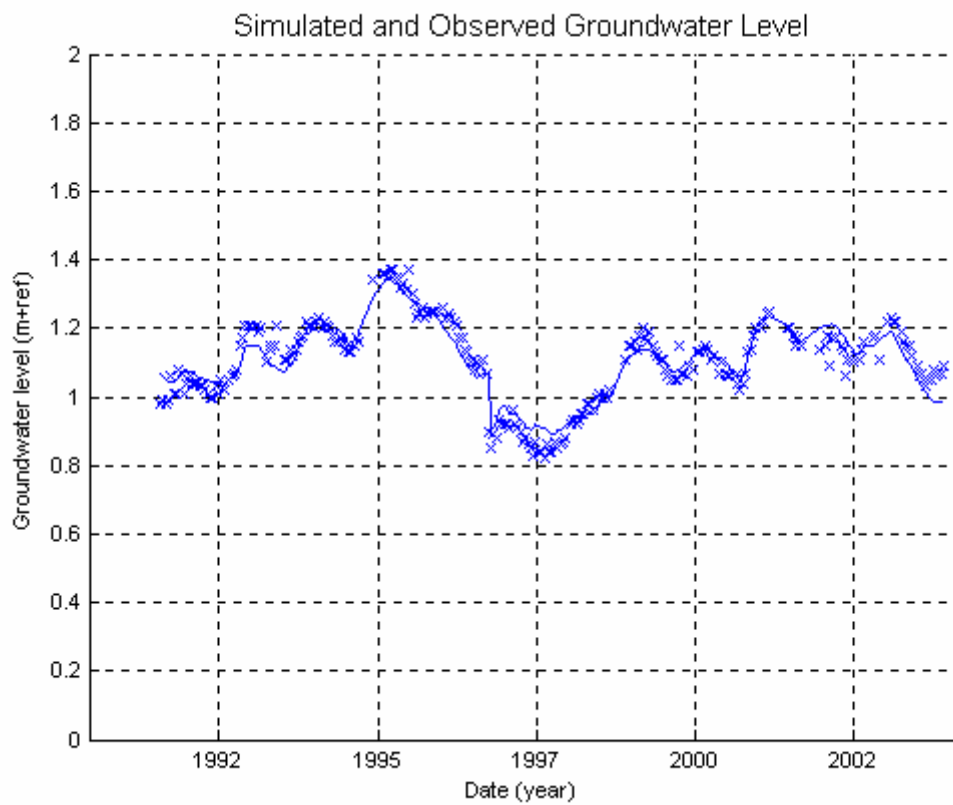


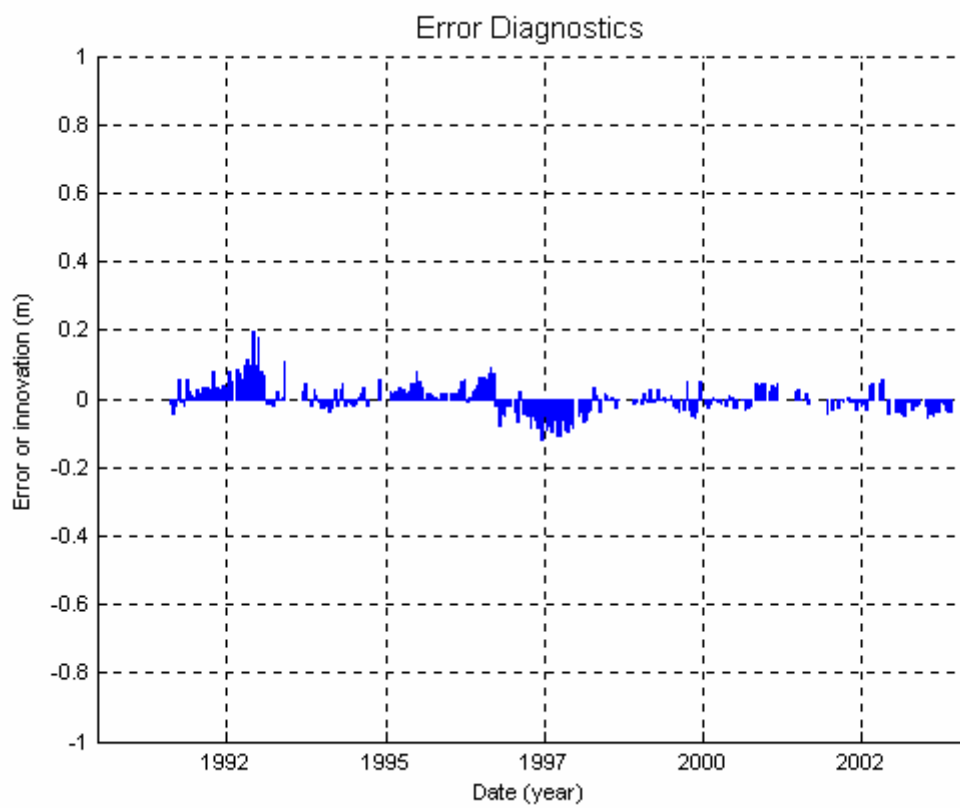
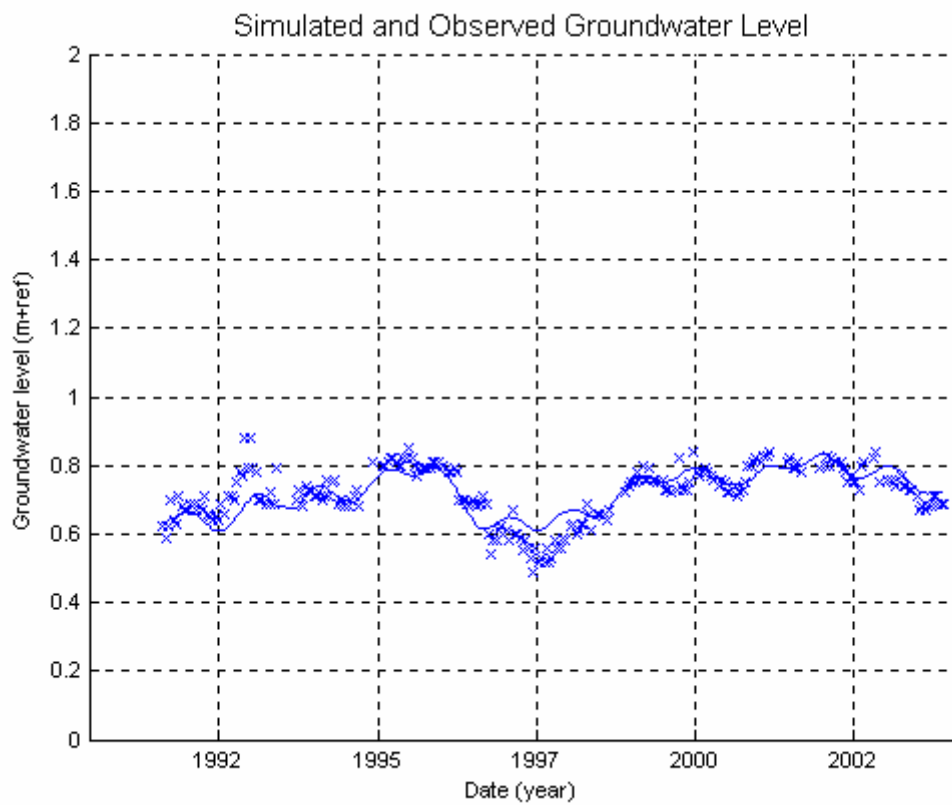


B21A

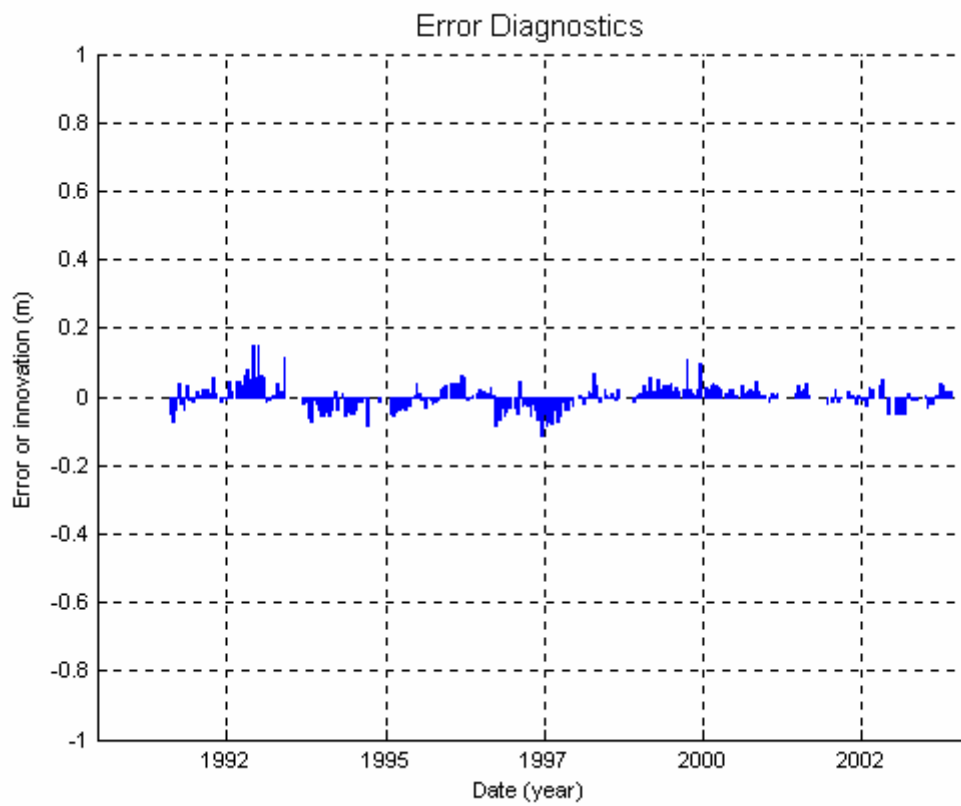
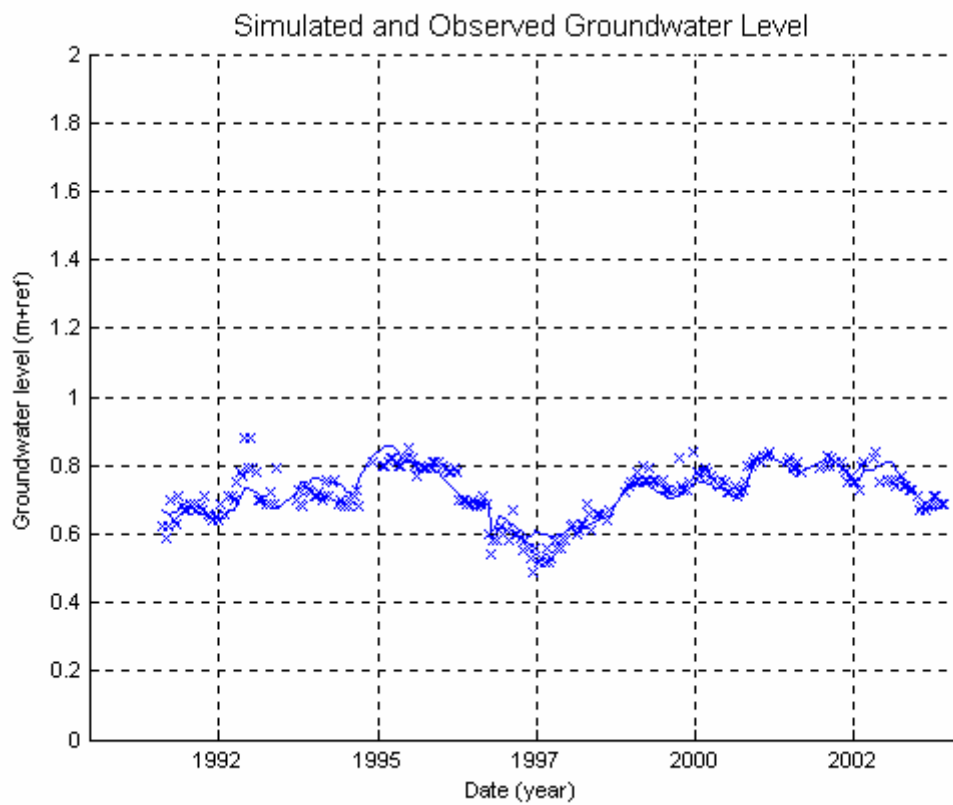


B21A met step

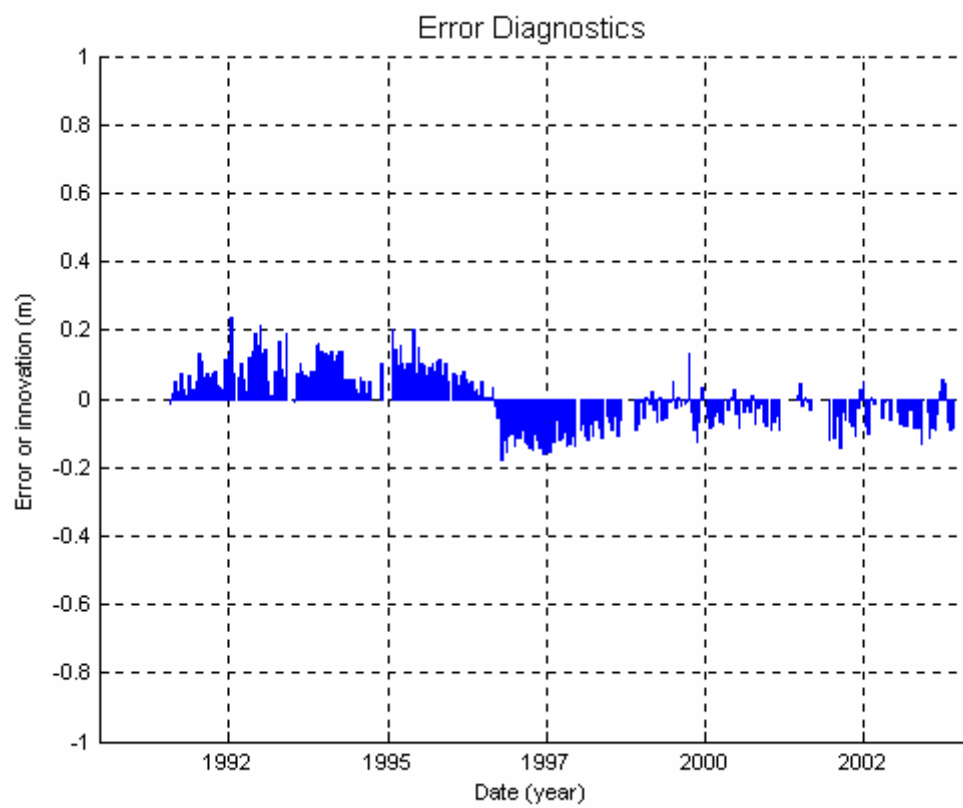
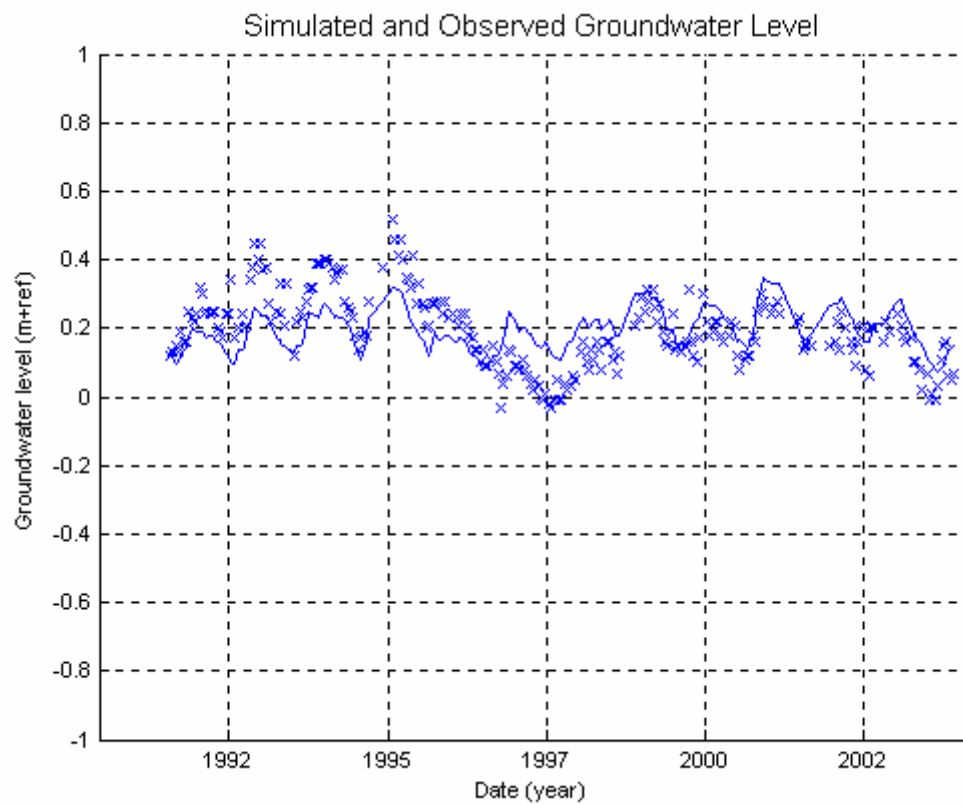




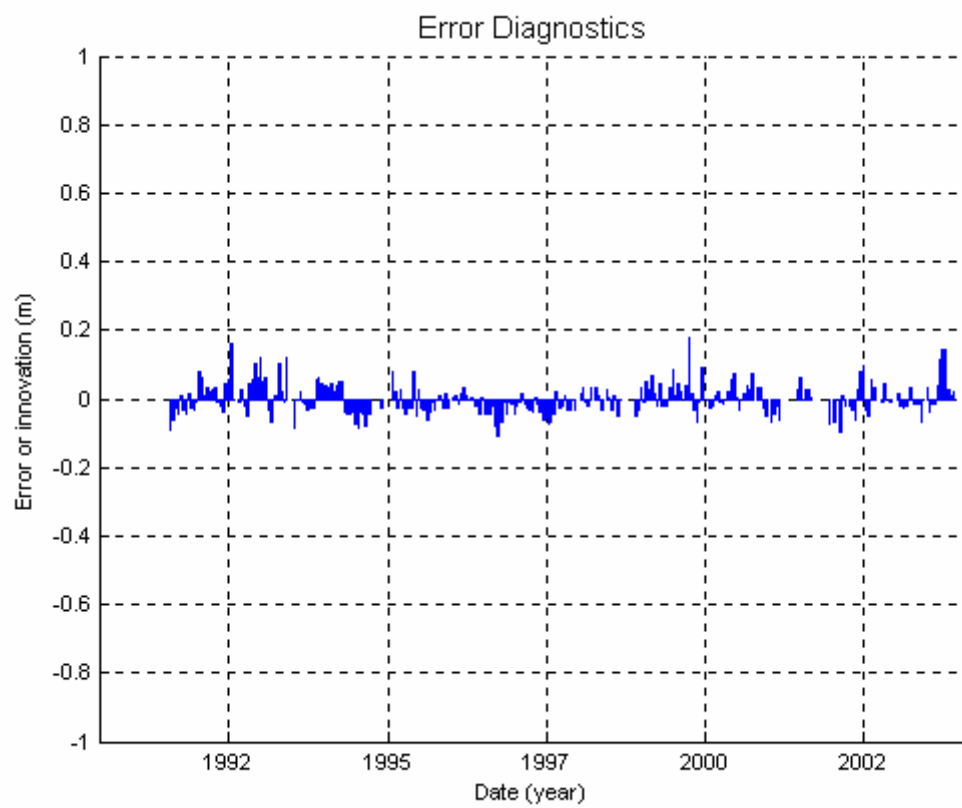
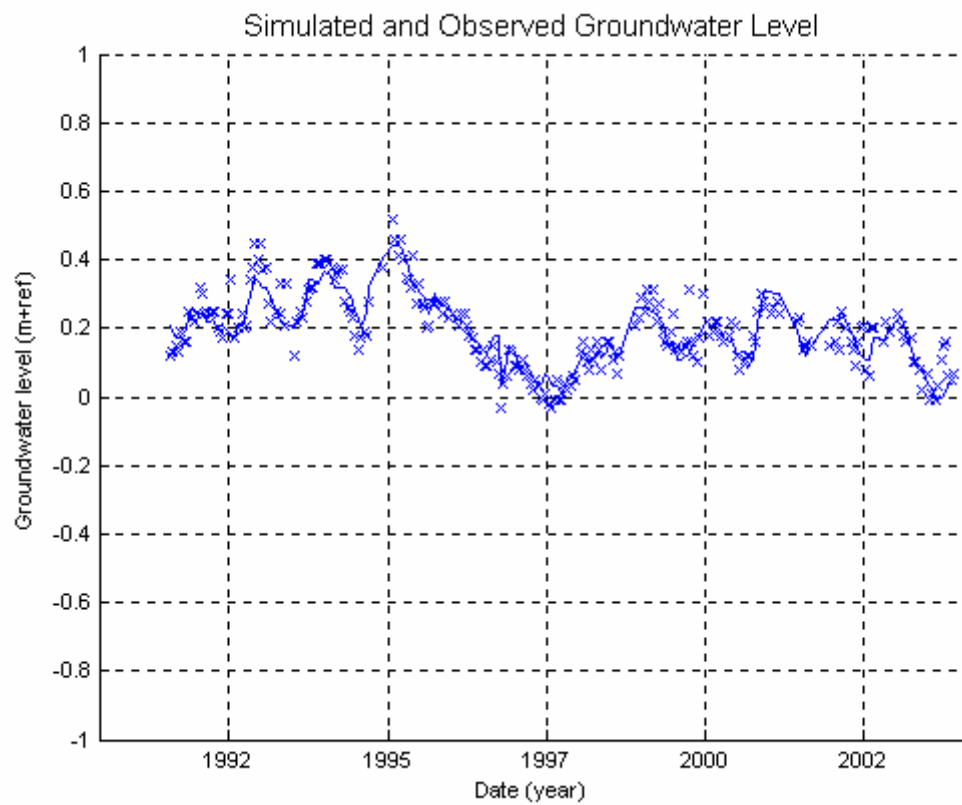
B23 met step

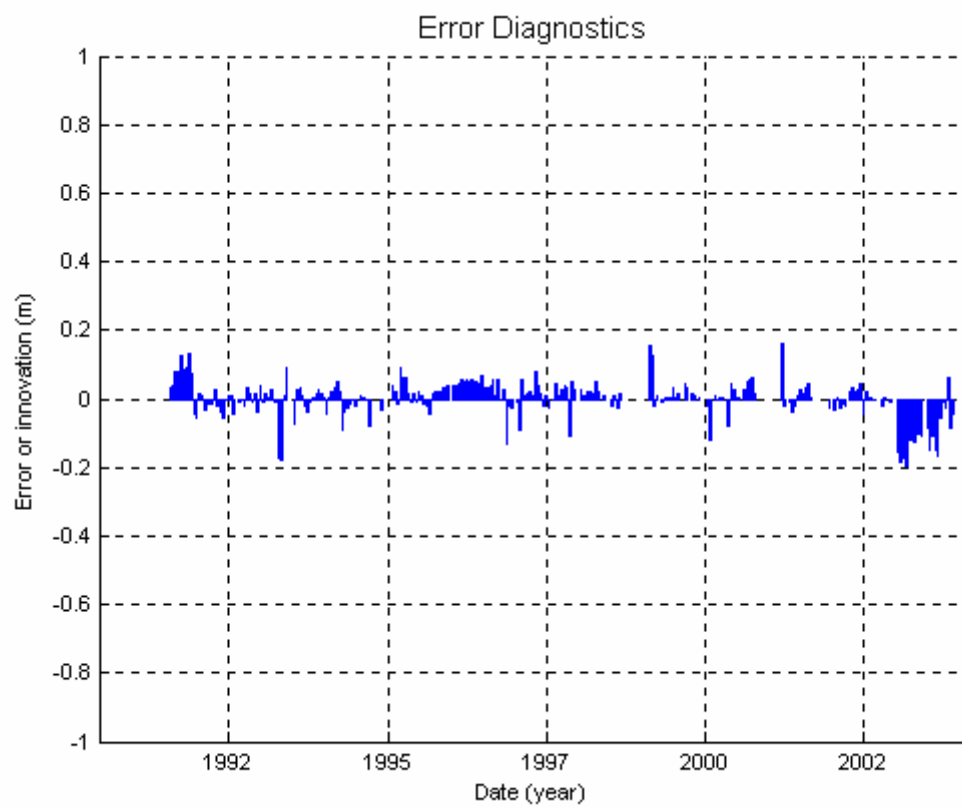
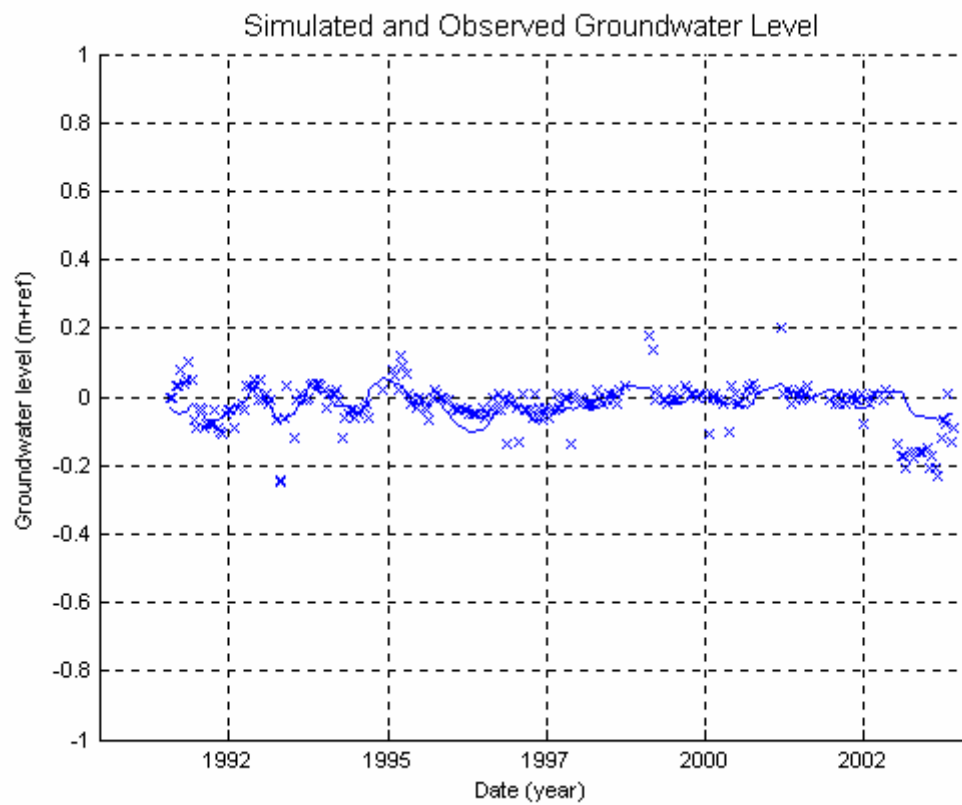


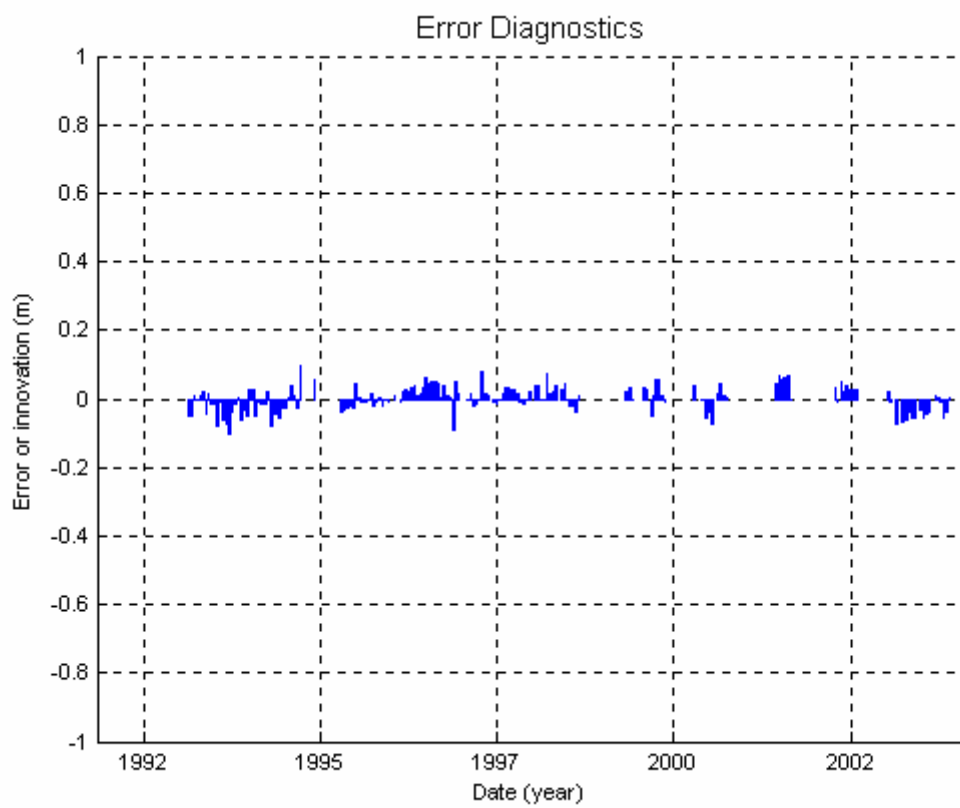
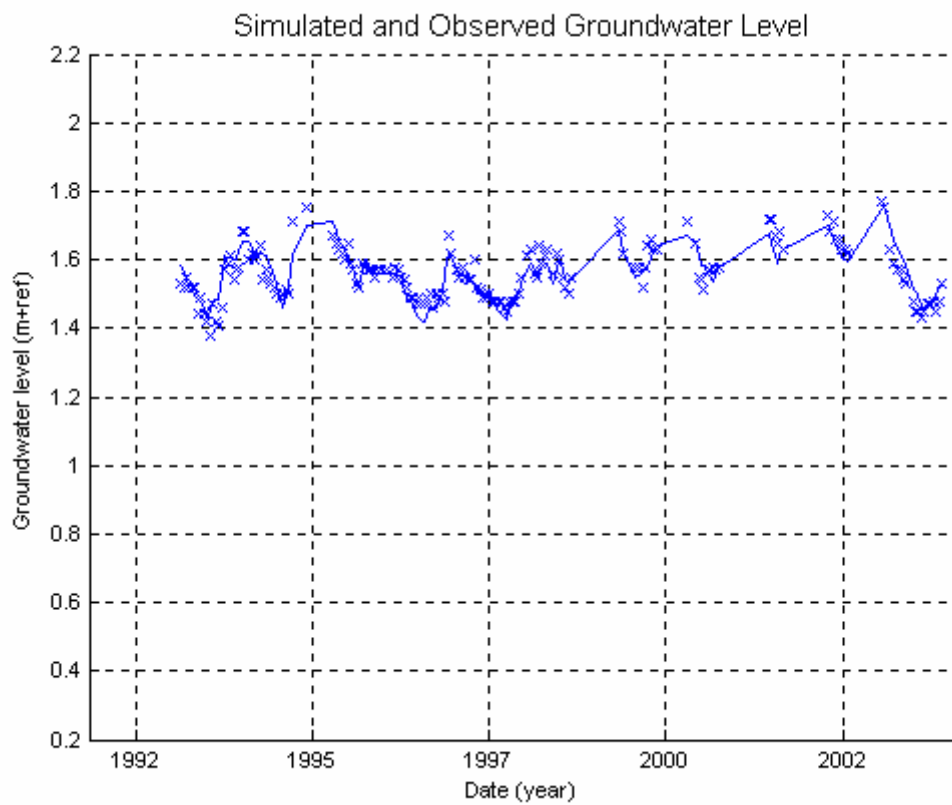
B25A

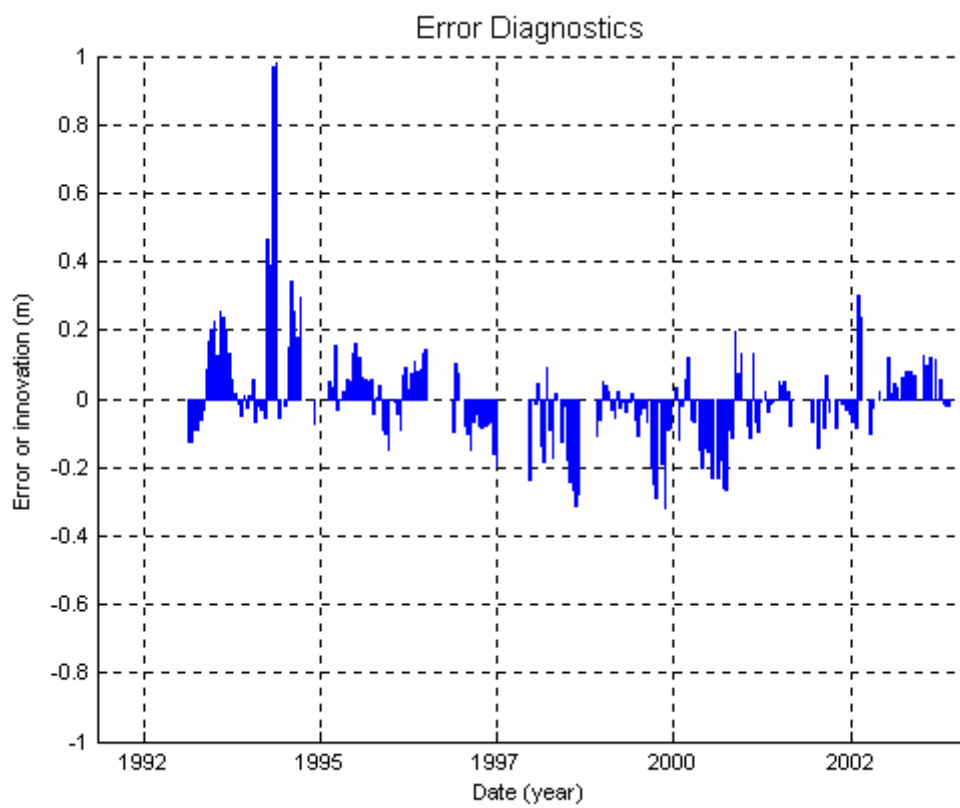
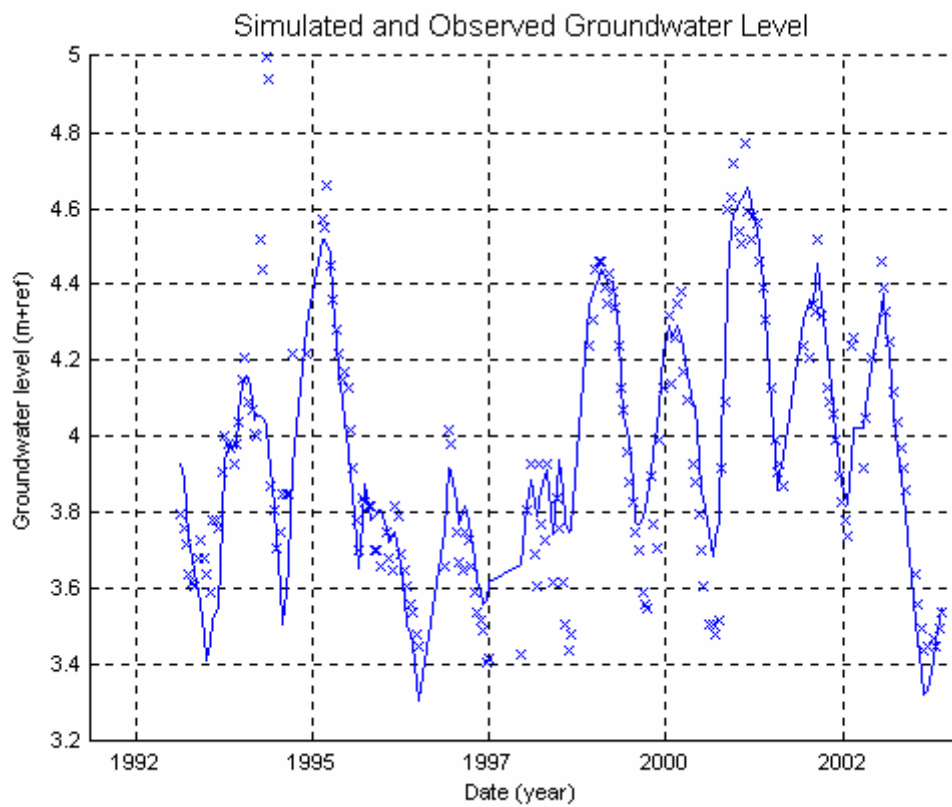


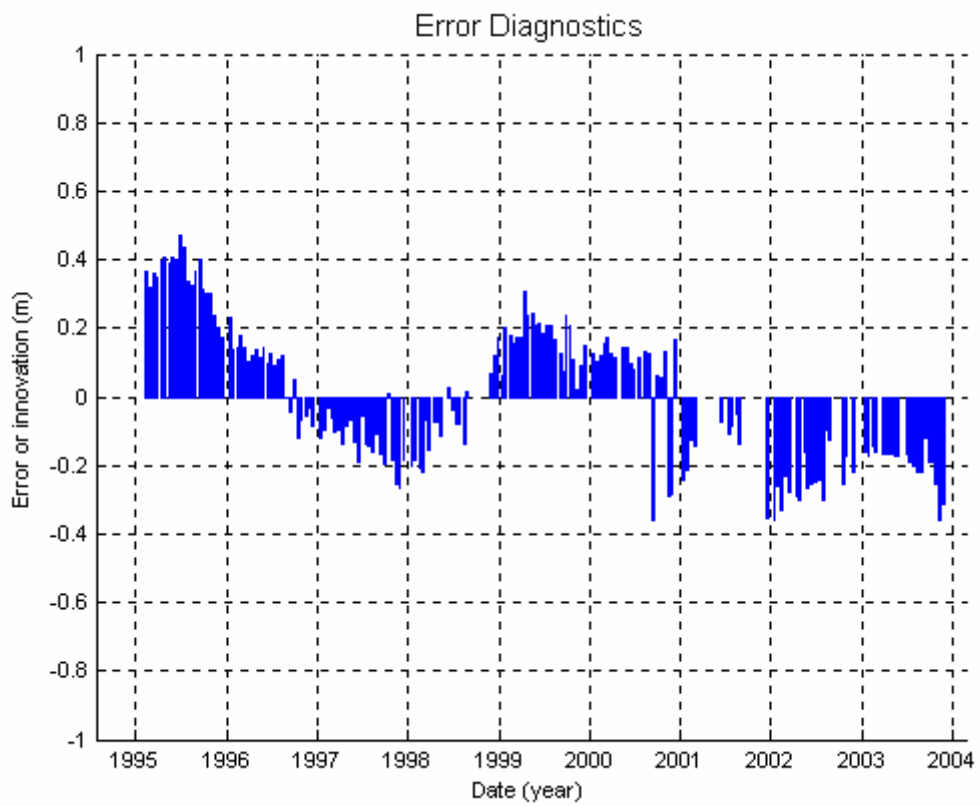
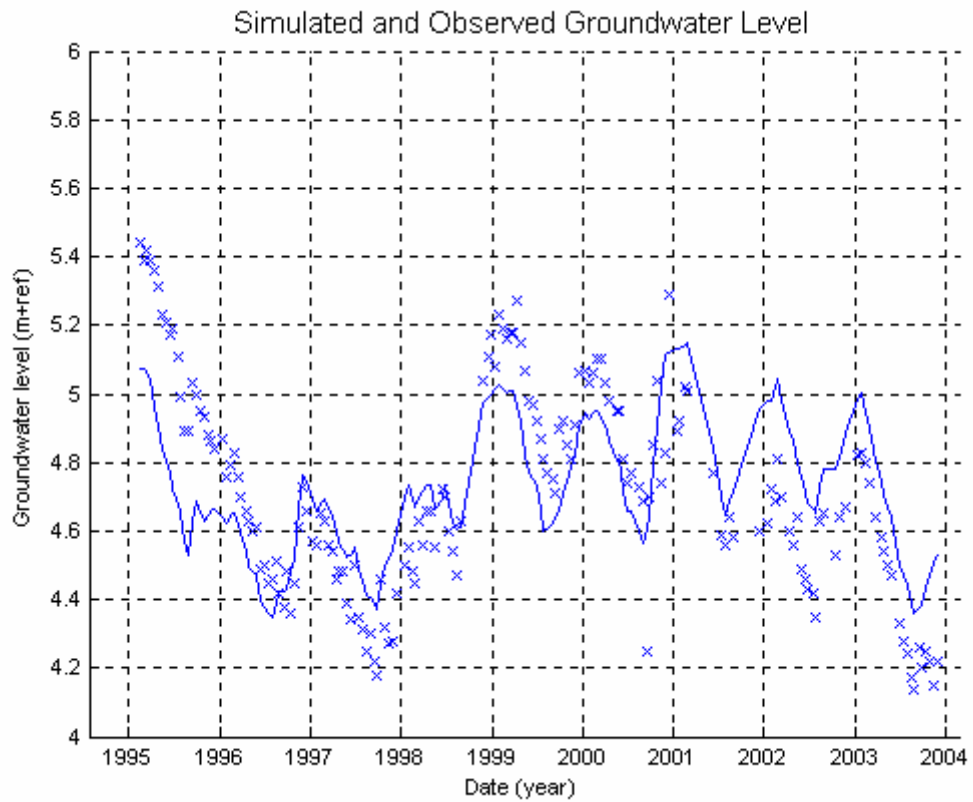
B25A met step

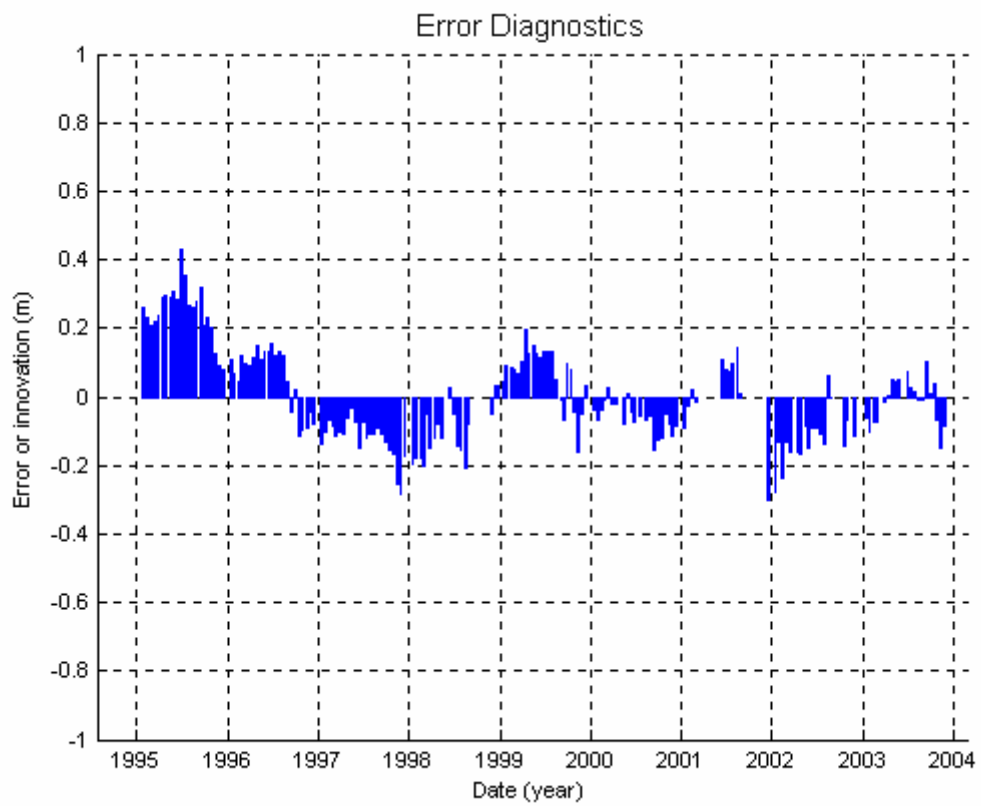
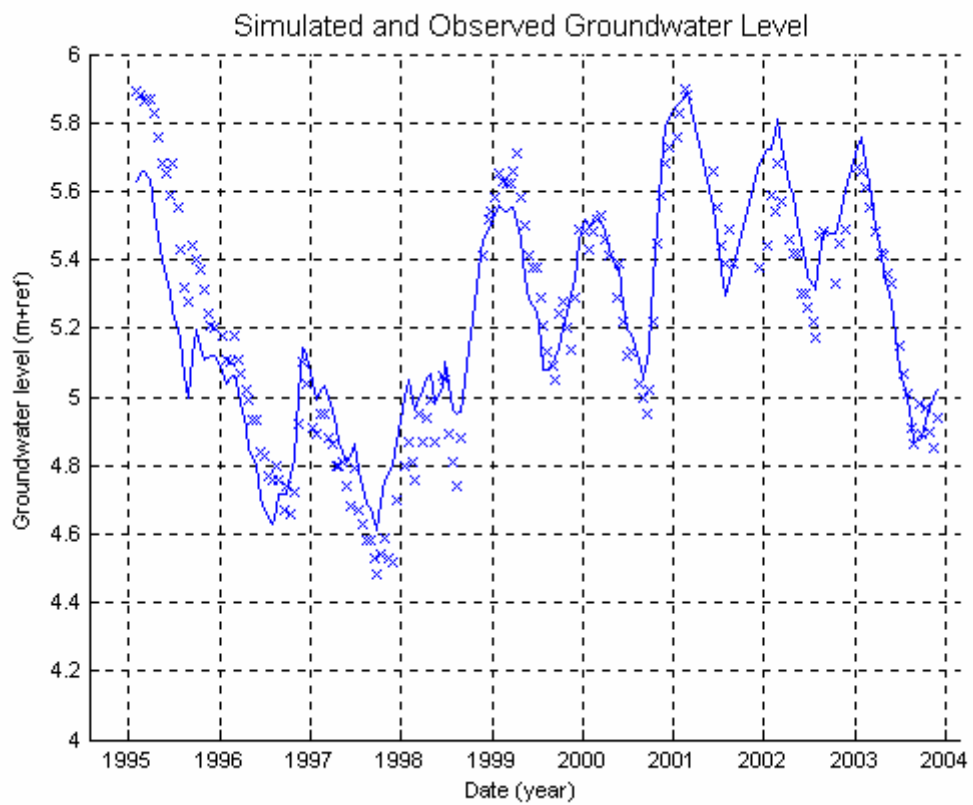


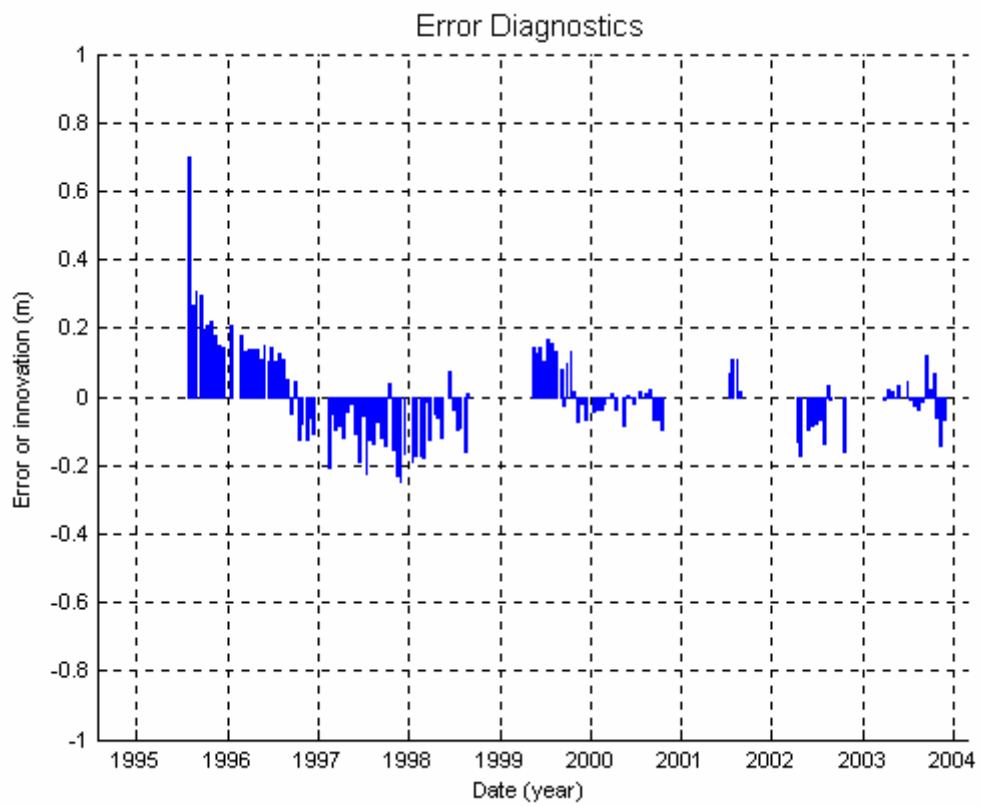
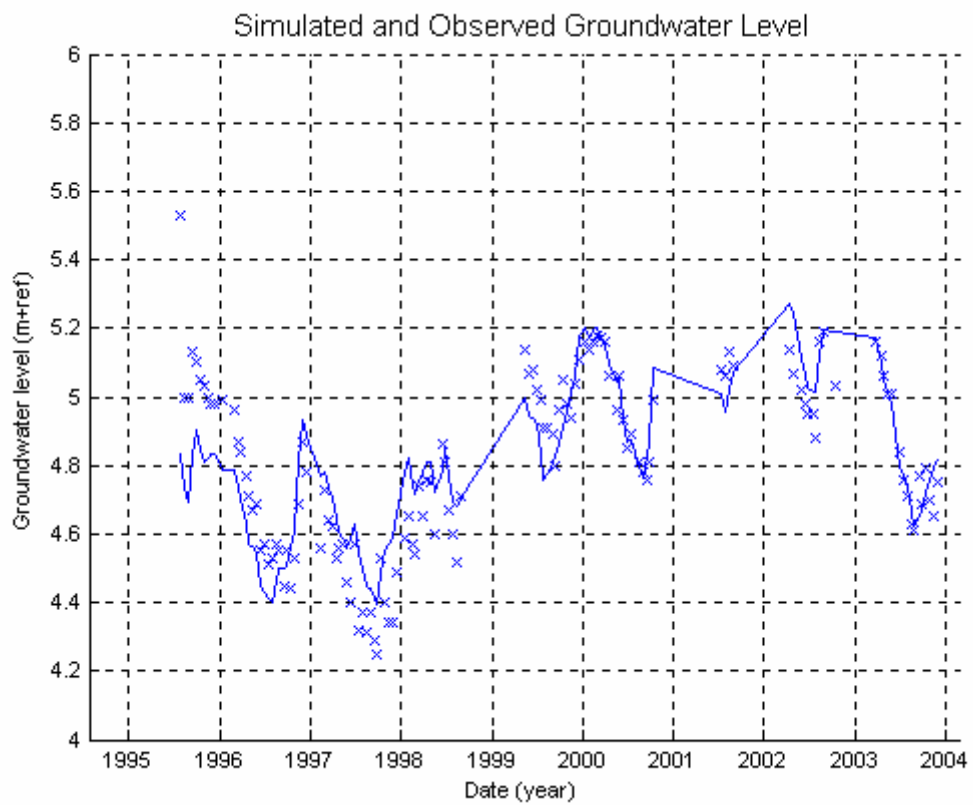




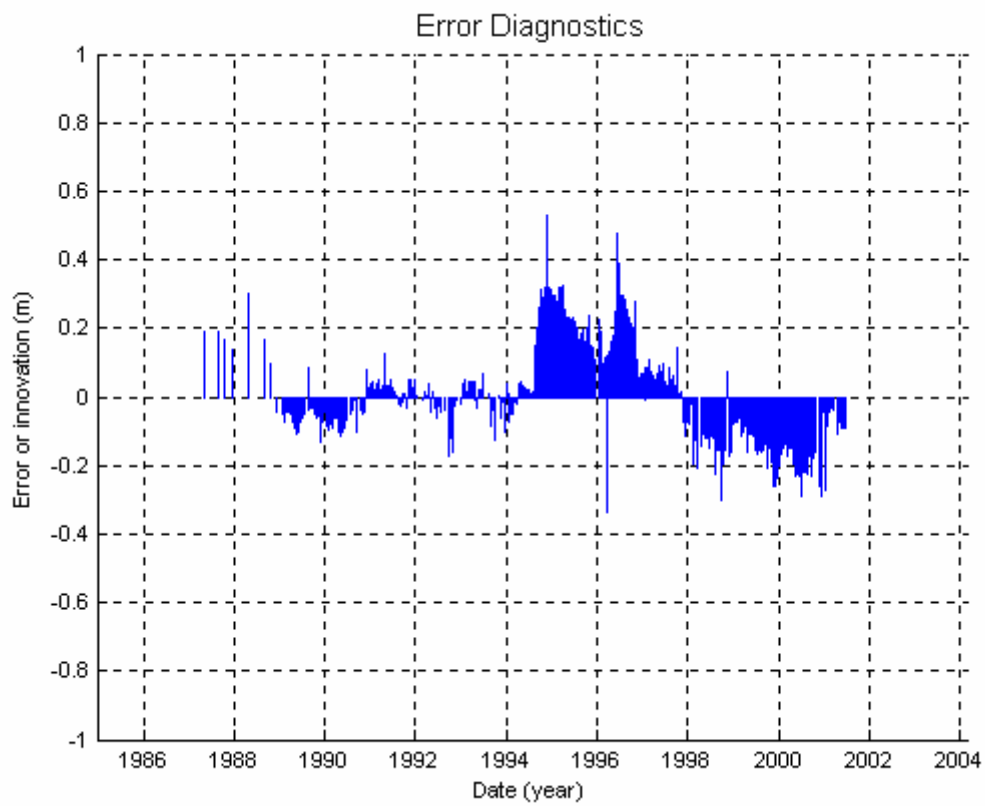
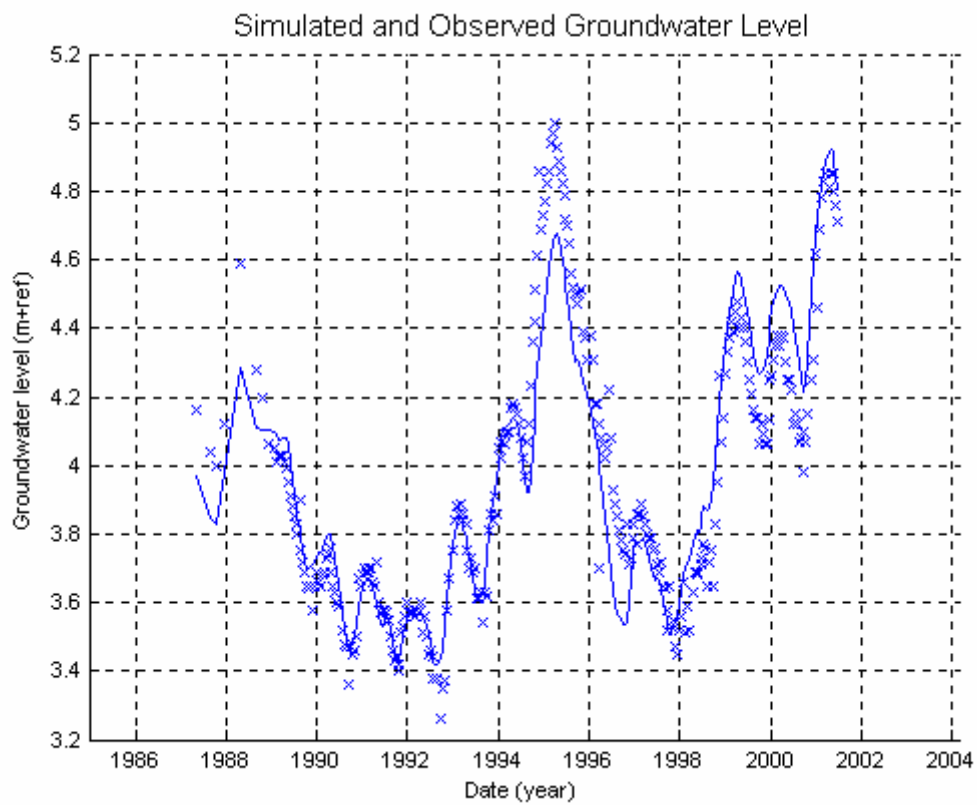








19AP0021



Bijlage 6

Analyseresultaten waterkwaliteitsonderzoek

Waterkwaliteitsonderzoek 10 & 11 maart 2004

- Analyse HCO₃, TH en Cl: 12 maart 2004
- pH- en EGV: veldbepalingen met pH- / EGV-meter

monsternr.	locatie	EGV (μ S/cm)	pH (-)	HCO ₃ (mmol/l)	TH (mmol/l)	Cl (mg/l)
568	B22	174	5.9	0.1	0.3	60
571	greppel B32	250	6.3	0.6	0.7	65
579	B26	217	6.2	0.6	0.6	65
583	ven B37	174	5.9	0.2	0.4	70
584	B23	229	5.2	0.0	0.7	55
585	Vogelmeer	111	4.5	0.0	0.2	40
604	Duinrel-west Hargergat	198	6.0	0.1	0.4	65
606	Zandgat, oever zuid	168	7.1	0.1	0.3	55
611	B4	131	6.6	0.2	0.3	35
612	B37	187	6.1	0.2	0.3	70
613	ven B36	202	5.6	0.1	0.4	85

Waterkwaliteitsonderzoek 28 & 29 juni 2004

- Analyse HCO₃, TH en Cl: 30 juni 2004
- pH- en EGV: veldbepalingen met pH- / EGV-meter

monsternr.	locatie	EGV (μ S/cm)	pH (-)	HCO ₃ (mmol/l)	TH (mmol/l)	Cl (mg/l)
595	Kerf, boorgat 1	7280	6.4	3.0	9.0	2300
576	Kerf, boorgat 4	2270	6.6	2.6	0.8	560
578	Kerf, peilbuis B18	397	5.5	0.4	0.4	100
577	Infotuin, B10	242	6.2	0.3	0.7	60
602	Infotuin, boorgat 12	77	6.1	0.3	0.1	15
594	Infotuin, boorgat 15	210	6.6	1.8	0.7	30
610	Baaknol, ven	843	4.9	0.1	0.9	210

Bijlage 7

Resultaten metingen ecohydrologische dwarsprofielen

Schoolse Duinen - Zandgat 10-3-2004

achter	voor	verschil	hoogte	code	afstand	EGV	pH	omschrijving
154			630	wp ven				
	115	39	669	Gr 1A	0			provincie
	116	38	668	Gr 1B				provincie
	161	-7	623	wp Gr1A				provincie
	162	-8	622	wp Gr1B				provincie
	143	11	641	mv3	4			boorgat
	160	-6	624	wp3				
	153	1	631	mv4	7	145	6.0	boorgat
	158	-4	626	wp4				
	154	0	630	mv4a	12			oeverlijn
	154	0	630	wp5	26	117	7.1	ven
	154	0	630	wp6	43	154	6.8	ven
	162	-8	622	mv6				
	151	3	633	wp7	62	168	7.1	oeverlijn
	145	9	639	mv8	67			boorgat
	146	8	638	wp8				
	162	-8	622	mv6				
	157	-3	627	mv5				
	137	17	647	mv9	69	86	6.5	boorgat
	145	9	639	wp9				
	110	44	674	mv10	74			boorgat
	141	13	643	wp10				
	98	56	686	Gr 2A				provincie, verstoep
	99	55	685	Gr 2B				provincie, verstoep

Schoolse Duinen - Vogelmeer 11-3-2004

achter	voor	verschil	hoogte	code	afstand	EGV	pH	omschrijving
Zuidoever								
80			1127	B8				deksel mantelbuis
	82	-2	1125	B8				schatting ref-niveau
	265	-185	942	L8		111	4.6	0-niveau
	205	-125	1002	wp ven	0			Vogelmeer
180								
	163	17	1019	mv1	4			
	178	2	1004	wp1		63	4.95	
	155	25	1027	mv2	9	84	4.97	
	177	3	1005	wp2				
Noordoever								
253			1002	wp ven	0			Vogelmeer
	236	17	1019	mv3	5			
	252	1	1003	wp3		136	4.95	
	200	53	1055	mv4	12			
	253	0	1002	wp4				
	160	93	1095	mv5	30			
	248	5	1007	wp5				

Schoorlse Duinen - Pirolavallei 10-3-2004

achter	voor	verschil	hoogte	code	afstand	EGV	pH	omschrijving
165			532					B36-ref
	92	73	605	mv1	0	47	5.5	dophei
	125	40	572	wp1				
	123	42	574	mv2	25	72		plagplek
	141	24	556	wp2				
	147	18	550	mv3	90	43		oever droog
	185	-20	512	wp3				
	182	-17	515	mv4	96	69	5.9	1m van oever
	190	-25	507	wp4				
	232	-67	465	mv5	100	202	5.6	ven B36
	192	-27	505	wp5				
	160	5	537	B36-mantel				brede mantel
	165	0	532	B36-ref				
	193	-28	504	B36-wp				
	215	-50	482	B36-mv				
	178	-13	519	mv6b	126			2m van oever
	200	-35	497	wp6b				
	184	-19	513	mv6a	125	185	5.7	1m van oever
	198	-33	499	wp6a				
	248	-83	450	mv7	157	72	5.7	oever nat
	251	-86	447	wp7				
	256	-91	442	wp8	163	174	5.9	ven B37
	216	-51	482	B37-mantel				brede mantel
	218	-53	479	B37-ref				
	249	-84	448	B37-wp		187	6.1	
	265	-100	433	B37-mv				
	253	-88	444	mv9	223	173	6	1m van oever
	269	-104	428	wp9				
	256	-91	442	wp9a	220	172	5.9	ven 2
	105	61	593	B34-mantel				brede, diepe mantel
	145	21	553	B34-ref				
	211	-46	487	B34-wp				
	132	33	565	B34-mv				
	109	56	588	mv11				35m west van ven
	169	-4	528	wp11				
				B4				smalle mantel
				ven-B4		161	6.3	noordoever
				ven-B35		204	6.8	noordoever
				ven-B35		361	6.1	zuidoever
				B35				putje

Schoolse Duinen - Hargergat bovenstrooms 11-3-2004

achter	voor	verschil	hoogte	code	afstand	EGV	pH	omschrijving
31			187	B21A	0	165	6	Raai Ha2
	31	0	187	B21B		206	6.1	
				B21-wp				
				B3		245	5.9	
	55	-24	163	greppel				
	150	-119	68	westtak bron		198	6.0	
	85	-54	133	oosttak bron				
	5	26	213	mv oosttak				
	50	-19	168	mv westtak				
	121	-90	97	wp g8	18			greppel
	125	-94	93	bdm g8				
	36	-5	182	mv	7			
	86	-55	132	mv9	24			boorgat
	127	-96	91	wp9				
	146	-115	72	wp g10	32	185	5.9	
	105	-74	113	B23	43	229	5.2	
	95	-64	123	B23-mv				
	141	-110	77	B23-wp				
	94	-63	124	mv11	43	99	5.3	boorgat bij B23
	138	-107	80	wp11				
	154	-123	64	wp g12	47			
	117	-86	101	mv 12a				
	176	-145	42	wp g13	62	152	5.9	
	135	-104	83	mv14	70	135		
	174	-143	44	wp14				
	180	-149	38	wp g15	77			
	129	-98	89	mv16	90			
	182	-151	36	wp 917	95			
	droog			g18	100			
	147	-116	71	mv19	106			
	191	-160	27	wp19				
				g-droog	112			
				g-droog	122			
	162	-131	56	B25A	159	173	5.7	
	165	-134	53	B25B		307	6.4	
	183	-152	35	B25-mv				
				B25-wp				
	121	-90	97	mv 5m				5m van B25
	266	-235	-48	wp vaart				mondning greppel
	223	-192	-5	wp g18				mondning greppel
	223	-192	-5	wp g17				mondning greppel
	223	-192	-5	wp g15				mondning greppel
	218	-187	0	wp g13				mondning greppel
	266	-235	-48	wp vaart13				
	210	-179	8	wp g12				mondning greppel
	260	-229	-42	wp vaart 12				
	198	-167	20	wp g10				mondning greppel
	169	-138	49	mv 11				bij vaart
	178	-147	40	wp g8				mondning greppel
	202	-171	16	wp vaart8				
	139	-108	79	mv8				bij vaart
	105	-74	113	B23				
304								
	19	285	398	B22	0	174	5.9	Raai Ha1
	74	230	343	B22-mv				
	28	276	389	B22-mantel				
	184	120	233	B22-wp				
	349	-45	68	B22-onder				onderkant filter
	159	145	258	mv	25			25m vanaf B22
	216	88	201	mv	45			etc
	260	44	157	wp g	46	185	5.9	
	208	96	209	mv	47			
	296	8	121	mv	75			B23-mv
	319	-15	98	mv	84			
	375	-71	42	wp g	85			
	381	-77	36	mv	100			
				vaart	105			

Schoolse Duinen - Hargergat benedenstrooms 11-3-2004

achter	voor	verschil	hoogte	code	afstand	EGV	pH	omschrijving
44			173	B32		250	6.3	
	165	-121	52	mv	4			
	197	-153	20	wp g	5			
	155	-111	62	mv	6			
	160	-116	57	mv	11			
	159	-115	58	mv	16			
	211	-167	6	wp g	17			
	159	-115	58	mv	18			
	166	-122	51	mv	26			
	203	-159	14	wp g	27			
	164	-120	53	mv	28			
	131	-87	86	mv	37			
	116	-72	101	mv	43			
	159	-115	58	wp g	44			
	55	-11	162	B32-mv	0			
	123	-79	94	mv	25			
	168	-124	49	wp g	26			
	119	-75	98	mv	27			
	154	-110	63	mv	50			
	178	-134	39	mv	80			
	227	-183	-10	wp g	81			
	182	-138	35	mv	82			
	188	-144	29	mv	92			
	243	-199	-26	wp g	93			
	192	-148	25	B26	98	217	6.2	
	190	-146	27	B26-mv				
	192	-148	25	mv	109			
	240	-196	-23	wp g	110			
	264	-220	-47	wp-vaart				
	213	-169	4	P27				stuw, breedte=22cm
	235	-191	-18					beschoeiing
	281	-237	-64					stuw drempel
	170	-126	47	mv-weg				weg
	265	-221	-48	wp				poldersloot

Schoorlse Duinen - Kerf 28-6-2004

achter (cm)	voor (cm)	verschil (cm)	hoogte (cm NAP)	code	EGV (μ S/cm)	pH	HCO ₃ (mmol/l)	omschrijving
105.7			237.6	bg1				boorgat Kerf
			210.6	wp1	7280	6.37	3.0	
	97.0	8.7	246.3	bg2				boorgat Kerf
			167.3	wp2	10100	6.5	-	
	181.4	-75.7	161.9	bg8				boorgat Kerf
			148.9	wp8	6200	-	-	
	137.2	-31.5	206.1					
199.3								
	205.7	-6.4	199.7	bg9				
			140.7	wp9	681	-	-	
	205.0	-5.7	200.4	bg10				
			142.4	wp10	504	-	-	
	199.3	0.0	206.1					
167.0								
	179.4	-12.4	193.7	bg1				boorgat Kerf
	169.0	-2.0	204.1	bg7				boorgat Kerf
			167.1	wp7	728	-	-	
	142.2	24.8	230.9	bg6				boorgat Kerf
			171.9	wp6	326	-	-	
	167.2	-0.2	205.9	bg3				boorgat Kerf
			160.9	wp3	3340	6.4	2.4	
	158.4	8.6	214.7					
155.0								
	145.0	10.0	224.7	bg4				boorgat Kerf
			154.7	wp4	2270	6.6	2.6	
	58.4	96.6	311.3					
153.8								
	160.1	-6.3	305.0	B18				peilbuis Kerf
			152.0	wp B18	397	5.5	0.4	
160.1								
	153.8	6.3	311.3					
56.9								
	148.4	-91.5	219.8					
173.3								
	130.0	43.3	263.1	bg5				boorgat Kerf
			175.1	wp5	270	6.3	0.4	
	200.8	-27.5	192.3	bg1				boorgat Kerf

Schoorlse Duinen - De Zanderij 29-6-2004

achter (cm)	voor (cm)	verschil (cm)	hoogte (cm NAP)	code	EGV (μ S/cm)	pH	HCO3 (mmol/l)	omschrijving
72.8			808.0	B10				bovenkant mantelbuis
	84.0	-11.2	796.8	B10				bovenkant peilbuis
			726.0	wp B10	242	6.17	0.3	
			772.0	mv B10				
	128.0	-55.2	752.8	mv 13m				maaiveld op 13 m
	111.1	-38.3	769.7					
136.8								
	186.0	-49.2	720.5	bg11				boorgat
			673.5	wp11	127	6.3	0.5	
	192.0	-55.2	714.5	bg12				boorgat
			645.5	wp12	77	6.1	0.3	
	260.0	-123.2	646.5	wp poel	170	6.7	0.5	
	184.6	-47.8	721.9					
131.7								
	182.0	-50.3	671.6	bg13				boorgat
			615.6	wp13	146	6.4	1.0	
	263.0	-131.3	590.6	bg14				boorgat
	265.0	-133.3	588.6	wp14	280	6.6	2.5	
				bg15	210	6.63	1.8	boorgat
					252	6.4	1.0	pomp

Schoorlse Duinen - Baaknol 29-6-2004

achter (cm)	voor (cm)	verschil (cm)	hoogte (cm NAP)	code	EGV (μ S/cm)	pH	HCO3 (mmol/l)	omschrijving
274.0			550.0	bg16				boorgat
			532.0	wp16	605	4.6	0.1	
	306.0	-32.0	518.0	wp-ven	843	4.9	0.1	ven-midden
	361.0	-87.0	463.0	venbodem				
	295.0	-21.0	529.0	bg17				boorgat
			507.0	wp17	738	-	-	
	312.0	-38.0	512.0	wp-ven				ven-west
	297.0	-23.0	527.0	wp-ven				ven-oost

Bijlage 8

Overzicht van uit te voeren databank-correcties en inmetings- en herstelwerkzaamheden

Correcties in databank

- Corrigeren van fouten in opnamen met behulp van overzicht in bijlage 2 en met potlood vermelde correcties in de opname-formulieren.
- B1 t/m B14: wijzigingen van referentie-niveau's op 13-4-1994 in databank ongedaan maken en gewoon oude referentie-niveau's (van 1984) hanteren !
- B4: maaiveldshoogte vanaf 13-4-1994 corrigeren, oude niveau (van 1984) aanhouden.
- B22 is eind 1999 herplaatst maar niet opnieuw ingemeten. Bij de ecohydrologische detailstudie in het Hargergat is de buis door Bell Hullenaar ingemeten. De nieuwe stamgegevens vanaf 15-12-1999 in databank invoeren. Op deze wijze ontstaat juiste grafiek van het grondwaterstandsverloop zoals weergegeven in bijlage 4. Nieuwe gegevens:
 - Referentiehoogte: +3,98 mNAP
 - Maaiveld +3,43 mNAP
 - Onderkant filter +0,68 mNAP
- P27 is bij ecohydrologische detailstudie Hargergat door Bell Hullenaar opnieuw ingemeten om het huidige referentiehoogte (bovenkant stuw) vast te stellen: hoogte = +0,04 mNAP, deze referentie-hoogte vanaf 28-10-2001 in databank invoeren. Metingen voor deze datum zijn allen gerelateerd aan oude referentiehoogte (beschoeiing): hoogte = -0,18 mNAP. Deze referentie-hoogte in de databank invoeren vanaf de start van het meetpunt op 17-6-1991. Op deze wijze ontstaat de juiste grafiek van het waterstandsverloop zoals weergegeven is in bijlage 4.

Inmetings- en herstelwerkzaamheden meetnet

- L8 inmeten en opnemen.
- B26: verlengen en beschermkoker aanbrengen.
- B32: verlengen en beschermkoker aanbrengen.

Nieuwe meetpunten inrichten / invoeren in databank

- Plaatsen twee nieuwe meetpunten in De Kerf (voor nadere beschrijving: zie pagina 55).
- B37 ook gebruiken als piket: invoeren P37 in databank met referentiehoogte van B37 (+4,69 mNAP), doorgeven aan opnemer.

Niet goed functionerende meetpunten die beëindigd kunnen worden (zie ook tabel 6.1)

- B5: kap en slot op beschermkoker ontbreken. Niet opnieuw aanbrengen: meetpunt is nu overbodig dus beëindigen.
- B33: functioneert niet goed, meetpunt is nu overbodig dus beëindigen.
- B34: functioneert niet goed, meetpunt is nu overbodig dus beëindigen.
- B41: functioneert niet goed, meetpunt is nu overbodig dus beëindigen.