



KWR 2014.059 | Juli 2014

## Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogte gegevens

Validatiepilot; analyse van bestaande data



# Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogte gegevens

## Validatiepilot; analyse van bestaande data

KWR 2014.059 | Juli 2014

Opdrachtnummer  
400195

Projectmanager  
Martin de Haan

Opdrachtgever  
Provincie Zuid-Holland

Kwaliteitsborger  
Willem Jan Zaadnoordijk

Auteur  
Inke Leunk

Verzonden aan  
Provincie Zuid-Holland

Jaar van publicatie  
2014

Meer informatie  
ir. J.A. Boere  
T  
E

PO Box 1072  
3430 BB Nieuwegein  
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511  
F +31 (0)30 60 61 165  
E info@kwrwater.nl  
I www.kwrwater.nl



KWR 2014.059 | Juli 2014 © KWR

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd,  
opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand,  
of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze,  
hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën,  
opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande  
schriftelijke toestemming van de uitgever.

# Samenvatting

Het doel van deze Validatiepilot is om in een werkelijke set KRW-grondwaterstandsgegevens te onderzoeken welke fouten en bijzonderheden het meest voorkomen en daarmee de grootste problemen opleveren. De metadata, de gemeten data in relatie tot metadata en gemeten data onderling zijn onderzocht. Vervolgens zijn enkele automatische toetsen onderzocht om te kijken of fouten op een geautomatiseerde wijze opgespoord kunnen worden. Tot slot is specifiek en gedetailleerd gekeken naar de fouten die ontstaan bij de meting, verwerking en opslag van automatische drukopnemergegevens.

**Dit onderzoek vormt een bouwsteen voor het project 'Kwaliteitsborging van grondwaterstanden en stijghoogten in KRW-metnetten in Nederland', waarvoor door KWR en TNO een rapport wordt opgesteld.**

## Fouten en bijzonderheden in meetreeksen

De grondwaterstanden uit de Kaderrichtlijn Water (KRW) meetnetten van de provincies Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland zijn visueel gecontroleerd op fouten en bijzonderheden in de meetreeksen. Bij de controle zijn zeven aspecten onderscheiden te weten: drift, filterverwisseling, verandering van patroon, sprongen, tijdelijke verhoging of **verlaging en overige 'vreemde' metingen.**

Afhankelijk van het meetnet worden in 37 - 69% van de reeksen fouten of bijzonderheden aangetroffen. Niet alle bijzonderheden die zijn aangetroffen zijn fouten, maar deze dienen wel nader bekeken te worden en er dient een verklaring voor gevonden te worden.

## (Automatische) controle van metingen en meetreeksen

De grondwaterstanden uit de KRW meetnetten zijn eerst met zes simpele basistoetsen gecontroleerd. Deze relatief simpele toetsen zijn geschikt om metadata (technische gegevens) en metingen in relatie tot metadata automatisch te controleren.

Vervolgens is geprobeerd afwijkende metingen op te sporen met het globaal waardenbereik en tijdreeksanalyse. Met beide toetsen wordt op basis van de grondwaterstandsmetingen zelf een bandbreedte bepaald, metingen buiten de bandbreedte zijn potentieel verdacht. In deze tests is de bandbreedte bepaald op basis van dezelfde reeks die vervolgens getoetst moest worden. De bandbreedte wordt daardoor verstoord door de fouten die opgespoord moeten worden. De toetsen bleken op deze manier niet bruikbaar om afwijkingen in historische reeksen op te sporen. Voor het vaststellen van een goede bandbreedte is eerst een correcte historische reeks nodig.

Voor een goede controle van meetreeksen zijn meerdere toetsen nodig voor de verschillende soorten fouten die zich kunnen voordoen. Voor het signaleren van uitschieters kan het globale waardenbereik gebruikt worden (mist een correcte historische reeks beschikbaar is). Voor het signaleren van een sprong of een veranderend patroon moeten andere toetsen toegepast worden.

Bij het toepassen van geautomatiseerde toetsen dient te worden opgemerkt dat deze beschouwd moeten worden als een hulpmiddel bij de controle van metingen. Het is niet juist **om reeksen 'blind' goed-** of af te keuren op basis van alleen uitkomsten van automatische

toetsen. Fouten of bijzonderheden, ongeacht of deze geautomatiseerd of met visuele controle zijn aangetroffen, moeten altijd nader onderzocht worden. Dit om te bepalen of het gaat om een daadwerkelijke foute meting, of dat er sprake was van een bijzondere grondwaterstand, die wel correct gemeten is. Hiervoor is kennis nodig van de hydrologische situatie op het moment van de meting. Dat kan zowel gebiedskennis, hydrologische kennis of administratieve kennis (bijv. vergunningen voor onttrekkingen) zijn.

Visuele controle of toetsing van meetreeksen is een eerste belangrijk middel om te kunnen ontdekken of er zich vreemde situaties in een reeks voordoen (sprongen, drift, uitbijters). Grafische weergave van reeksen is daarvoor een geëigende methode. Door extra informatie aan een grafiek van de grondwaterstand toe te voegen kan de visuele controle verbeterd worden. Extra informatie kan zijn: filterdiepte, maaiveld, bovenkant peilbuis, maar ook statistische informatie zoals bandbreedtes van te verwachten grondwaterstand of stijghoogte.

#### Databases

Van 81 meetreeksen zijn de metingen uit twee verschillende databases onderzocht. Van iedere locatie is de grondwaterstand van dezelfde periode uit de twee databases opgevraagd. Uit deze controle bleek dat 79 van 81 reeksen niet exact met elkaar overeenkomen. Het is belangrijk dat dit soort verschillen wordt voorkomen, bijvoorbeeld door te zorgen voor een automatische koppeling tussen databases.

#### Opslaan van gegevens

Bij controle kan blijken dat er gegevens gecorrigeerd dienen te worden. Als data gecorrigeerd worden, dan moeten de oorspronkelijke waarden wel bewaard blijven. Daarnaast moet duidelijk zijn wie, wanneer, welke correctie heeft uitgevoerd. Speciaal met betrekking tot data van geautomatiseerde drukopnemers moeten alle ruwe datasets bewaard worden. Dat wil zeggen zowel de ruwe data van drukopnemers en de luchtdruk als de handmetingen, de inhangdiepte van de drukopnemers en gebruikte kabellengtes.

We bevelen aan om het mogelijk te maken om extra informatie aan een meetlocatie, een meetreeks of een individuele meting toe te voegen. Zo kan worden voorkomen dat eenmaal geconstateerde bijzonderheden op de meetlocatie telkens opnieuw moeten worden onderzocht bij elk nieuw gebruik van de data.

#### Drukopnemergegevens

Van tien meetpunten zijn de ruwe drukopnemergegevens onderzocht, het ging om zeven meetpunten die met Divers worden opgenomen en drie die met Kellers worden bemeaten.

Drukopnemermetingen moeten gecompenseerd worden met luchtdruk. Zowel bij Diver als bij Keller zijn fouten in de luchtdrukmetingen aangetroffen. Als lokaal gemeten luchtdruk wordt gebruikt voor luchtdruk-compensatie, dan moet deze luchtdruk gecontroleerd worden aan de hand van KNMI luchtdrukgegevens, die kwalitatief in elk geval geborgd zijn. Indien dat nodig blijkt, moet de lokaal gemeten luchtdruk gecorrigeerd worden. Dit geldt voor zowel voor Diver- als voor Kellerdrukopnemers.

De inhangdiepte van een drukopnemer is nodig om de drukmetingen om te kunnen rekenen naar een grondwaterstand. De handmetingen dienen dan gebruikt te worden ter controle. In de handmetingen zelf kunnen ook fouten voorkomen. Dat is de reden dat er meerdere handmetingen nodig zijn om een juiste controle van de kwaliteit van de drukopnemergegevens te kunnen uitvoeren.

Zowel bij Keller- als bij Diverreeksen is drift gevonden. Soms zakt de druk over langere tijd langzaam steeds verder uit. In andere gevallen stijgt de gemeten druk ineens heel snel. De drift is alleen op te sporen als er voldoende handmetingen (circa 3 tot 4 per jaar) beschikbaar zijn.

Bij geconstateerde bijzonderheden of fouten kan er voor gekozen worden om betreffende **gemeten data als 'niet betrouwbaar' te markeren, of om de data te corrigeren. Dit laatst mag** alleen als het duidelijke technische fouten of administratieve fouten betreft, die duidelijk aantoonbaar zijn en met argumenten onderbouwd kunnen worden. Bij correctie van driftgegevens moet de kwaliteitsbeoordelaar het begin- en eindtijdstip van de opgetreden drift en de grootte van de drift zo nauwkeurig mogelijk inschatten. Het is belangrijk de informatie over de aangebrachte correcties in de betreffende dataset op te slaan.

Alle benodigde datasets die gebruikt worden voor de bepaling van de grondwaterstanden en stijghoogten uit geautomatiseerde drukmetingen moeten worden vastgelegd in de database.

# Inhoud

1	<a href="#">Inleiding</a>	7
1.1	Aanleiding en doel	7
1.2	Leeswijzer	9
2	<a href="#">Testset meetreeksen</a>	11
2.2	Meetreeksen dwarsdoorsnede Nederland	12
2.3	Drukopnemerreeksen	12
3	<a href="#">Visuele controle en beoordeling KRW - meetnetten</a>	13
3.1	Zeven aspecten bij visuele beoordeling	13
3.2	Handmetingen en drukopnemermetingen	19
3.3	Meetnet Groningen	20
3.4	Meetnet Noord-Brabant	21
3.5	Meetnet Zuid-Holland	22
3.6	Aandachtspunten visuele controle	24
3.7	Conclusies visuele controle	24
4	<a href="#">Basistoetsen peilbuisgegevens</a>	26
4.1	Beschrijving van de zes basistoetsen	26
4.2	Uitkomsten voor KRW testset	26
4.3	Uitkomsten voor landelijke testset	27
4.4	Discussie naar aanleiding van de zes basistoetsen	28
4.5	Wat moet je doen als de basistest een uitslag geeft?	30
4.6	Aanbevelingen naar aanleiding van de eerste zes basis toetsen	31
5	<a href="#">Vergelijking van databases</a>	32
5.1	Vershil in technische gegevens van de meetlocaties	32
5.2	Vershil in stijghoogtemetingen	33
5.3	Aanbevelingen naar aanleiding van vergelijking tussen databases	36
6	<a href="#">Statistische toets</a>	37
6.1	Globale waardenbereik	37
6.2	Waarom werkt de statistische controle met globaal waardenbereik niet?	41
6.3	Extreme uitschieters	43
6.4	Conclusie statistische test	44
7	<a href="#">Tijdreeks- en trendanalyse</a>	45
7.1	Tijdreeksanalyse	45

7.2	Voor het controleren van historische reeksen is deze methode minder geschikt. Opsporen van een trend	47
7.3	Conclusies en aanbevelingen tijdreeks- en trendanalyse	48
8	Huidige dataverzameling en validatieprocedures	49
8.1	Provincie Zuid-Holland	49
8.2	Provincie Groningen	49
8.3	Provincie Noord-Brabant	50
9	Controle drukopnemerreeksen	52
9.1	Stijghoogte meten met drukopnemers	52
9.2	Controle luchtdruk	53
9.3	Onderzoeken naar verschillende luchtdrukcompensaties	62
9.4	Controle administratieve gegevens	64
9.5	Opsporen van fouten en bijzonderheden in drukopnemerdata	65
9.6	Controle van de tijd	72
9.7	Aanbevelingen voor controle en validatie van drukopnemers	73
10	Conclusies	75
10.1	Fouten en bijzonderheden in de metingen	75
10.2	Testen van toetsen	76
11	Aanbevelingen	79
11.1	(Automatische) controle van metingen	79
11.2	Databases / opslaan van gegevens	79
11.3	Verwerken drukopnemergegevens	80
11.4	Aanbevelingen voor QA protocol (voor inrichting meetpunt en uitvoering metingen)	80
12	Literatuur	82



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

In het voorjaar van 2013 is in opdracht van de provincies **het rapport 'Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens'**; Op weg naar een landelijke **standaard'** (Von Asmuth en Van Geer, 2013) uitgekomen. Dit rapport was de uitkomst van fase 1a van een project waarin een systeem voor kwaliteitsborging van grondwaterstanden en stijghoogtegegevens wordt opgezet. In dat rapport is onder andere een inventarisatie van mogelijke toetsen voor het detecteren van afwijkende gegevens opgenomen. Als vervolg op dit rapport is door de provincies opdracht verleent voor het opstellen van een validatieprotocol voor borging van de kwaliteit van de grondwaterstanden en – stijghoogten in grondwatermeetnetten ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water van de provincies.

Parallel aan het opstellen van dat validatieprotocol is een validatiepilot uitgevoerd, waarvan dit rapport de weerslag is.

De validatiepilot heeft de volgende doelen:

- In een voor Nederland representatieve set KRW-grondwatergegevens bepalen welke fouten en afwijkingen het meest voorkomen.
- Aangeven welke soorten fouten en afwijkingen de grootste problemen opleveren bij verdere analyse.
- Testen van verschillende – reeds bestaande – automatische validatietoetsen op hun bruikbaarheid.
- Beschrijven van de huidige validatiepraktijk.
- Controle van metingen die gedaan zijn met automatische drukopnemers.

De uitkomsten van deze pilot dienen als advies en onderbouwing in het verdere traject van het opstellen van een eerste versie van een validatieprotocol voor KRW-grondwatergegevens en het ontwikkelen van bruikbare toetsen daarvoor.

### 1.1.1 Werkelijk voorkomende fouten en bijzonderheden

In deze validatiepilot onderzoeken we welke fouten en bijzonderheden *in de praktijk* in stijghoogtereeksen van KRW-grondwaterdata voorkomen. Dit in tegenstelling tot fase 1a (Von Asmuth en Van Geer, 2013), waar het ging het over fouten die *in theorie* in dergelijke meetreeksen kunnen voorkomen. Door te kijken naar werkelijke reeksen krijgen we inzicht in welke fouten en bijzonderheden het meeste aandacht verdienen.

Het validatieprotocol is in eerste instantie bedoeld voor de KRW-datasets die door de provincies worden gegenereerd. In overleg met de opdrachtgever is daarom besloten in de validatiepilot de Kaderrichtlijn Water (KRW) meetnetten van drie verschillende provincies (Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland) te bekijken. We hebben ons beperkt tot de KRW-meetnetten van drie provincies omdat de analyses relatief arbeidsintensief zijn. Alle meetreeksen zijn bekeken en fouten en bijzonderheden zijn visueel geïdentificeerd. Daarna zijn de uitkomsten van verschillende toetsen visueel met elkaar vergeleken en beoordeeld.

Er is een duidelijk verschil tussen echte fouten en afwijkende of bijzondere metingen. Een fout is een meting die niet de werkelijke grondwaterstand op dat moment weergeeft, terwijl

een afwijking of bijzonderheid een meting is die vreemd is, maar misschien wel de werkelijke grondwaterstand weergeeft.

Op verschillende manieren kunnen fouten in een meetreeks terecht komen, bijvoorbeeld door verkeerd aflezen van een peillint, verkeerd op- of overschrijven/types van gemeten data, niet (goed) geregistreeerde wijzigingen van een peilbuis, drift in een drukopnemer, foutieve barometerdata etc.

Vreemde of bijzondere grondwaterstanden kunnen ook echt optreden, bijvoorbeeld pieken als gevolg van uitzonderlijke neerslag, of een daling van de grondwaterstand of stijghoogte door een tijdelijke bronbemaling.

Bij het valideren van meetreeksen gaat het erom de 'echte' fouten te onderscheiden van bijzondere grondwaterstanden en stijghoogten die wel echt zijn opgetreden. Slechts een klein aantal metingen is onmiskenbaar als fout aan te merken omdat ze fysiek onmogelijk zijn, of omdat ze niet te meten zijn. Hierbij kunnen we bijvoorbeeld denken aan een grondwaterstand lager dan de onderkant van het filter, dit is wel mogelijk, maar het kan onmogelijk gemeten worden met dat filter.

In dit onderzoek identificeren we de fouten en bijzonderheden, deze worden niet verder beoordeeld om te bepalen of het een fout betreft, of dat de betreffende stand werkelijk opgetreden is. Deze laatste stap zal nooit helemaal geautomatiseerd kunnen worden, maar blijft (deels) handwerk, waarbij vaak ook gebiedskennis nodig zal zijn.

#### 1.1.2 Testen van automatische validatietoetsen

Naast het visueel bepalen van fouten en afwijkingen, testen we ook enkele automatische validatietoetsen die in fase 1a benoemd zijn. Het uiteindelijke doel van automatische validatie is een geautomatiseerde eerste schifting tussen meetreeksen waar niets aan de hand is en meetreeksen met mogelijk fouten of afwijkingen. Hierbij hebben we altijd te maken met een spanningsveld tussen onterecht goedkeuren van een reeks waar wel fouten in zitten, en te veel reeksen zonder problemen aanmerken als potentieel fout of afwijkend.

In de validatiepilot voeren we een aantal verschillende toetsen uit om te kijken of deze bruikbaar zijn om geautomatiseerd de fouten en bijzonderheden op te sporen.

##### 1. Zes toetsen ten aanzien van peilbuisgegevens en metingen.

Eerst worden zes relatief simpele toetsen op de KRW reeksen losgelaten. Het gaat om controle van de technische gegevens zelf waarbij echte fouten worden opgespoord; de onderkant van een filter kan bijvoorbeeld niet boven de bovenkant van een filter liggen. Daarnaast zoeken we naar onmogelijke of onwaarschijnlijke grondwaterstandsmetingen, zoals metingen in de toekomst of metingen boven de bovenkant van het meetpunt.

De KRW meetnetten geven geen representatief beeld van stijghoogtereeksen in Nederland, daarom hebben we deze zes testen ook uitgevoerd op een dwarsdoorsnede van meetreeksen uit Dinoloket. Bij het opvragen van deze stijghoogtereeksen uit Dinoloket hebben we geprobeerd alle overige provincies te raken.

##### 2. Vergelijking van databases

De provincies zijn de bronhouders van de KRW metingen, deze worden door (of in opdracht van) de provincies uitgevoerd en beheerd. De provincies leveren

vervolgens de gegevens aan Dinoloket, waarmee de gegevens openbaar worden. Van één provincie (Groningen) vergelijken we de gegevens uit hun eigen database (Dawaco) met de openbare gegevens van dezelfde locaties uit Dino.

### 3. Statistische toets

Naast de relatief simpele ‘technische’ toetsen die onder punt 1 worden getest, onderzoeken we ook één van de statistische toetsen die in fase 1a van dit project is beschreven. Het doel van deze toets is om geautomatiseerd reeksen op te sporen waarin metingen voorkomen die (statistisch) onwaarschijnlijk zijn. De statistische toets moet onverdachte en verdachte reeksen scheiden.

### 4. Tijdreeksanalyse

Met tijdreeksanalyse onderzoeken we of stijghoogtereeksen metingen bevatten die buiten het te verwachten bereik liggen.

### 5. Trendanalyse

Met trendanalyse onderzoeken we of er een stijgende of dalende trend in de meetreeks zit die niet veroorzaakt wordt door de neerslag en verdamping.

#### 1.1.3 Beschrijven huidige validatiepraktijk

Met het validatieprotocol willen de provincies komen tot één standaard protocol waar alle provincies zich aan houden. Hiermee krijgen gegevens die afkomstig zijn van een provincie **in de toekomst een soort keurmerk: ‘goedgekeurd volgens het provinciaal validatieprotocol’**.

Dat er nu nog geen validatiestandaard is, betekent niet dat de gegevens van de verschillende provincies niet gecontroleerd en indien nodig aangepast worden. In deze validatiepilot beschrijven we de huidige validatieprocedures bij Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland. In het overkoepelende project Validatieprotocol wordt met een enquête de huidige validatiepraktijk van alle provincies geïnventariseerd.

#### 1.1.4 Controle van drukopnemergegevens

Veel provincies zijn in de afgelopen jaren overgestapt van 14-daagse handmetingen naar automatische metingen met drukopnemers. Dit type metingen brengt een heel eigen scala aan mogelijke fouten met zich mee. In deze validatiepilot controleren we daarom van tien locaties de metingen die met een drukopnemer zijn uitgevoerd. Hiermee bepalen we welke fouten er door het meten met drukopnemers in meetreeksen optreden en hoe dit mogelijk voorkomen kan worden.

## 1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving van de in dit onderzoek gebruikte meetreeksen gegeven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een overzicht gegeven van de fouten, afwijkende metingen en bijzonderheden die met behulp van visuele controle uit de aangeleverde reeksen worden gehaald.

In hoofdstuk 4, 5, 6 en 7 worden verschillende toetsen uitgevoerd om te onderzoeken of hiermee de visueel geconstateerde fouten en bijzonderheden kunnen worden opgespoord. In hoofdstuk 4 worden zes ‘basis’-toetsen uitgevoerd. In hoofdstuk 5 worden meetreeksen in twee verschillende databases met elkaar vergeleken. In hoofdstuk 6 testen we enkele statistische testen. In hoofdstuk 7 onderzoeken we tijdreeks- en trendanalyse om te kijken of deze als toets kunnen worden ingezet voor opsporen van fouten en bijzondere waarnemingen.

In hoofdstuk 8 beschrijven we hoe de huidige controle en validatie van de drie geteste KRW-meetnetten door de betreffende provincies wordt gedaan.

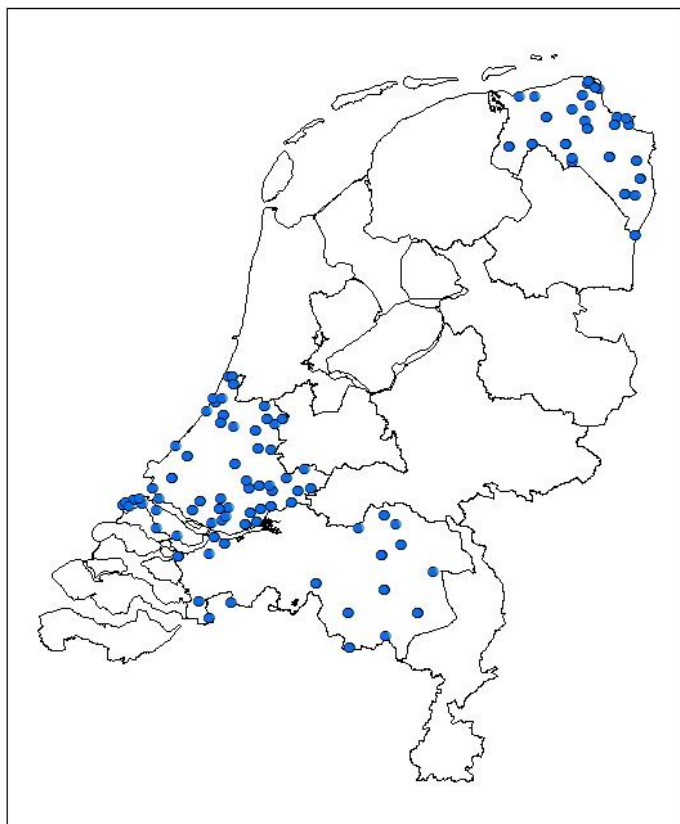
In hoofdstuk 9 onderzoeken we in detail tien KRW-meetlocaties waar de grondwaterstand met drukopnemers gemeten is. We onderzoeken de ruwe data van de drukopnemers, waarbij de handgemeten grondwaterstanden en kabelengtes en inhangdiepte als controle worden gebruikt. Daarnaast zijn de ruwe metingen van de luchtdruk apart gecontroleerd.

De conclusies en aanbevelingen worden in hoofdstuk 10 en 11 gegeven.

## 2 Testset meetreeksen

### 2.1.1 KRW meetreeksen van drie provincies

In deze Validatiepilot bekijken we de Kaderrichtlijn Water (KRW) meetnetten van de provincies Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland om te bepalen welke fouten in de praktijk het meest voorkomen in stijghoogtemetingen. De provincies hebben de gegevens van hun KRW meetnetten aangeleverd. In totaal zijn 281 stijghoogtereeksen gebruikt; 83 van Groningen, 65 van Noord-Brabant en 133 van Zuid-Holland. De ligging van de meetpunten is weergegeven in Figuur 2-1.



*Figuur 2-1 Ligging van de testset met KRW metingen in Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland*

## 2.2 Meetreeksen dwarsdoorsnede Nederland

De zes simpele toetsen (zie paragraaf 4.1) zijn ook getest op een grotere set grondwaterstanden verspreid over heel Nederland. Dit zijn 1466 stijghoogtereeksen verspreid over Nederland die uit Dinoloket (<http://www.dinoloket.nl>) zijn opgevraagd, zie Figuur 2-2.



*Figuur 2-2 Ligging van de extra testset met meetreeksen verspreid over heel Nederland*

## 2.3 Drukopnemerreeksen

Een apart onderdeel van de validatiepilot is het controleren en beoordelen van drukopnemerreeksen. Hiervoor zijn uit de datasets van de provincies Zuid-Holland en Groningen zijn zeven meetpunten gekozen die met Divers (drukopnemers van Schlumberger) worden opgenomen. Om enige variatie te krijgen in het type drukopnemer zijn daarnaast drie meetpunten in Overijssel gekozen die met Keller drukopnemers worden opgenomen. De meetpunten zijn zo gekozen dat we een aantal bijzonderheden en fouten zouden tegenkomen, het is dus geen dwarsdoorsnede van de kwaliteit van drukopnemermetingen. Van de tien gekozen meetlocaties zijn de ruwe drukopnemerreeksen in detail bekeken.

## 3 Visuele controle en beoordeling KRW-meetnetten

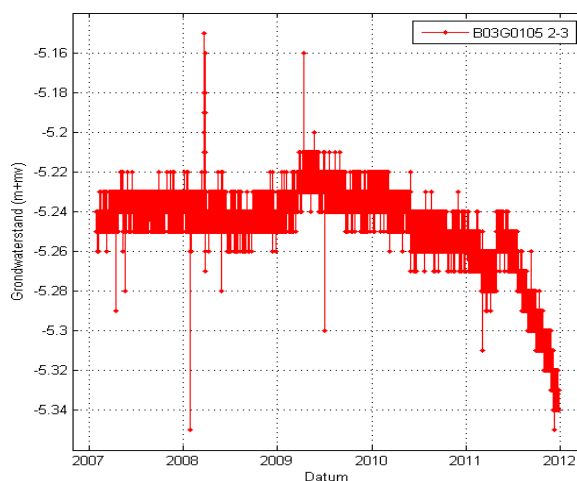
Alle meetreeksen van de KRW-meetnetten van Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland zijn visueel gecontroleerd en beoordeeld. In de grafiek van elke meetreeks is gekeken of er op het oog uitschieters, sprongen of andere bijzonderheden te zien zijn. Deze controle is uitgevoerd in Menyantes (<http://www.menyantes.nl>). Daarnaast zijn verschilreeksen gemaakt voor locaties met meerdere filters; het verschil tussen een filter met bovenliggend filter. Ook deze verschilreeksen zijn visueel beoordeeld.

We onderscheiden 7 aspecten in de visuele beoordeling, te weten drift, filterverwisseling, verandering van patroon, sprongen, tijdelijke verhoging of verlaging van de grondwaterstand en tot slot een restpost 'vreemde metingen'. **Eerst geven we een beschrijving van de zeven soorten fouten**, en vervolgens worden de uitkomsten van de controle van de drie provinciale meetnetten gegeven. Aan het eind van het hoofdstuk worden de uitkomsten samengevat in conclusies.

### 3.1 Zeven aspecten bij visuele beoordeling

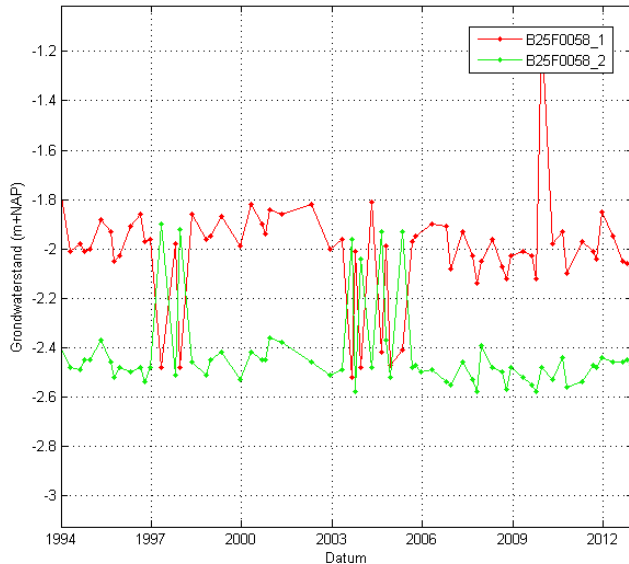
We onderscheiden 7 aspecten in de visuele beoordeling:

1. Drift. Dit is een langzame trendmatige daling of stijging. Drift is vaak niet in de reeks zelf te zien, maar wel in een verschilreeks, het verschil tussen twee filters neemt dan langzaam toe of af (Figuur 3-1). Langzaam dalen of stijgen van de stijghoogte kan werkelijk voorkomen (bijvoorbeeld door toename van een onttrekking), maar het kan ook veroorzaakt worden door drift in een drukopnemer.



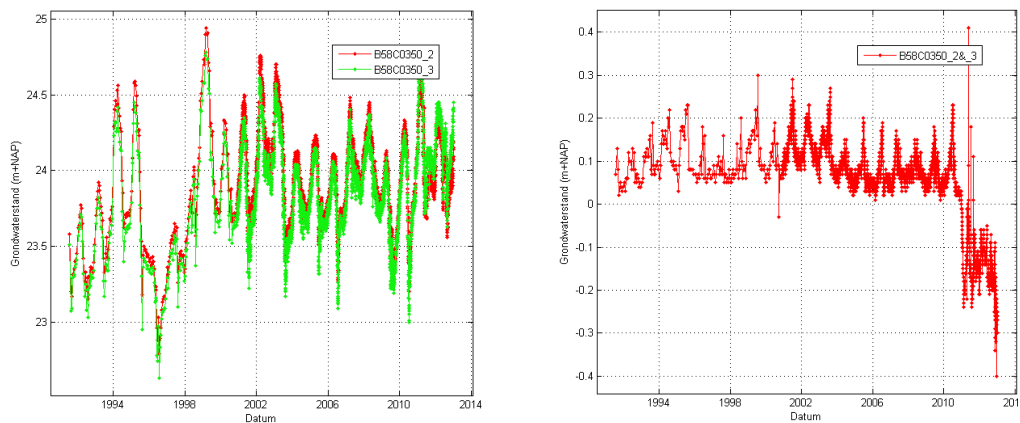
Figuur 3-1 Drift in verschilreeks

2. Filterverwisseling. Dit kan op verschillende manieren voorkomen, verspreid in de tijd kan de stand af en toe verwisseld zijn, of de filters zijn vanaf een bepaald moment structureel zijn verwisseld. Soms is het heel duidelijk te zien, soms wordt een verwisseling alleen duidelijk uit een verschilreeks.



*Figuur 3-2 Incidentele filterverwisseling in twee perioden*

In Figuur 3-2 is te zien dat de metingen van de grondwaterstand incidenteel zijn verwisseld tussen filter 1 en filter 2.

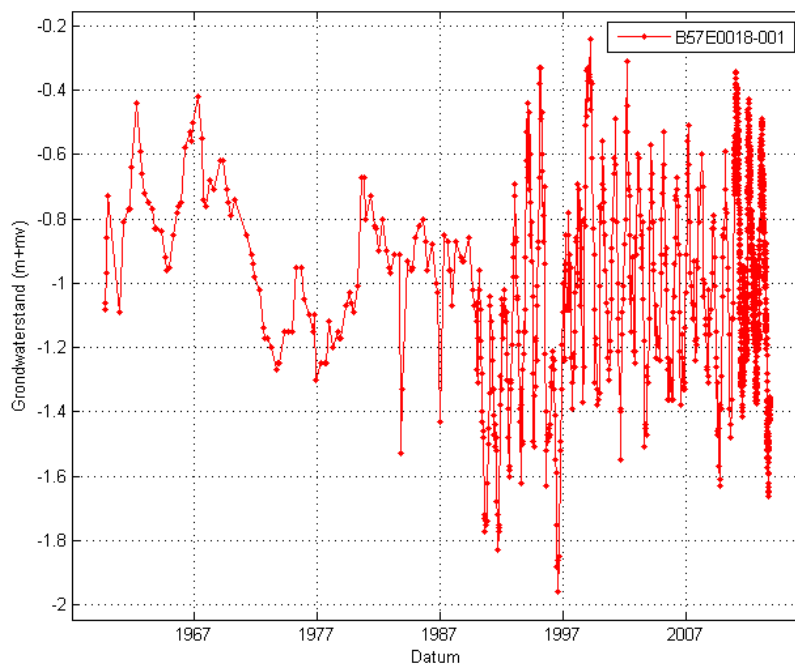


*Figuur 3-3 Filterverwisseling in het laatste deel van de meetreeks. Links de grondwaterstanden, rechts het verschil tussen de metingen.*

In Figuur 3-3 zijn links de grondwaterstanden van twee filters (2 en 3) van één locatie weergegeven. Op het eerste gezicht lijkt hierin geen bijzonderheid te zien. Pas als het verschil tussen filter 2 en filter 3 wordt geploteerd (in de rechter figuur), dan wordt duidelijk dat de filters op een bepaald moment verwisseld zijn.



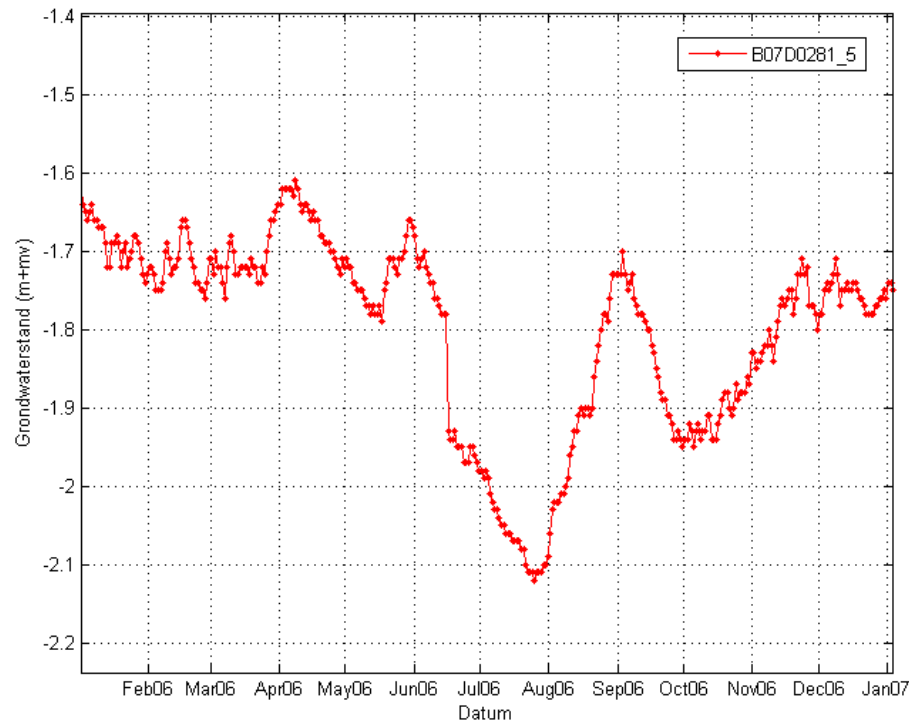
3. Verandering van patroon. Soms verandert het patroon gedurende de meetperiode, ineens zijn er meer pieken te zien, of de meting was eerst afgetopt en later niet meer. Er zijn verschillende mogelijke oorzaken voor een patroonverandering:
  - a. Herplaatsen van de buis, op een andere locatie en of andere diepte. Eigenlijk zijn er dan twee verschillende stijghoogtereeksen die onterecht aan elkaar gekoppeld zijn.
  - b. Verhogen van de bovenkant van de peilbuis. Als de buis regelmatig overstroomt topt de meting af omdat de metingen boven de bovenkant van de buis niet gemeten worden. Nadat de buis is verlengd topt de meting niet langer af, en worden pieken wel zichtbaar.
  - c. Ingrepen in de omgeving, bijvoorbeeld aanleg van drainage, of start onttrekking. Hierdoor kan het verloop van de grondwaterstand veranderen.
  - d. Aanpassen van de meetfrequentie. Hierdoor verandert de werkelijke grondwaterstand niet, maar de meetreeks verandert wel (zie ook Figuur 3-4). Bijvoorbeeld als wordt overgeschakeld van dagelijks naar uurlijks meten in een peilfilter onder invloed van eb en vloed. Ook in gebieden met een ondiepe grondwaterstand verandert het beeld van een reeks als vaker wordt gemeten, omdat de snelle fluctuaties pas in beeld komen bij een hogere meetfrequentie.



Figuur 3-4 Verandering van patroon door wijziging van meetfrequentie.

In Figuur 3-4 is een verandering van patroon in de grondwaterstanden waar te nemen, als gevolg van verandering van de frequentie van meting. De meetfrequentie is verhoogd van 4 maal per jaar naar 24 maal per jaar. Variaties door het jaar heen worden met de hogere meetfrequentie ineens zichtbaar, waar die voorheen onzichtbaar bleven.

4. Sprongen. Soms stijgt of daalt de grondwaterstand plotseling (Figuur 3-5).



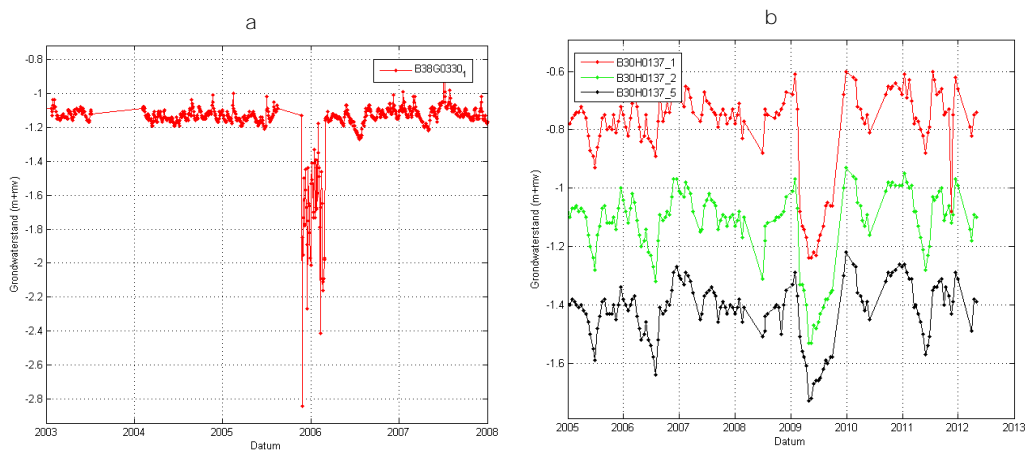
Figuur 3-5 Sprong van circa 15 cm

In Figuur 3-5 is te zien dat de grondwaterstand in juni 2006 plotseling circa 15 cm daalt.

Er zijn verschillende mogelijke oorzaken voor sprongen:

- Een sprong kan veroorzaakt worden door een hydrologische ingreep in de omgeving, bijvoorbeeld een toename van een winning, of opzetten van een oppervlaktewaterpeil. Maar meestal hebben dit soort ingrepen een meer geleidelijk effect.
- Een plotselinge sprong wordt vaak veroorzaakt door het aanpassen van het peilfilter. Als een peilfilter wordt verlengd, dan wordt de afstand van bovenkant peilbuis tot de waterspiegel groter. Als de nieuwe hoogte van de bovenkant van de peilbuis niet verwerkt is in de metagegevens, dan lijkt het of de grondwaterstand gedaald is. Het omgekeerde gebeurt als het peilfilter wordt verkort.
- Een verandering van de inhangdiepte van een datalogger die niet goed wordt doorgevoerd geeft ook een sprong.
- Door een tekenverwisseling kan een sprong in de reeks ontstaan. Bijvoorbeeld als een stand in meter + bovenkant buis wordt ingevoerd in plaats van meter - bovenkant buis.
- In een put met zout grondwater kan zoet (regen)water instromen als de put niet goed is afgewerkt. Bij monstername wordt de put schoongespoeld en daarna is de put weer gevuld met zout grondwater. Hierdoor ontstaan door het verschil in dichtheid sprongen in de gemeten druk.
- Bodemdaling zorgt voor daling van de peilbuis. Dit wordt meestal eens per 10 jaar gemeten waarbij de geleidelijke verandering als één of twee aanpassingen van de bovenkant buis wordt doorgevoerd, dit geeft dus één of twee kleine sprongen over een periode van tien tot twintig jaar.

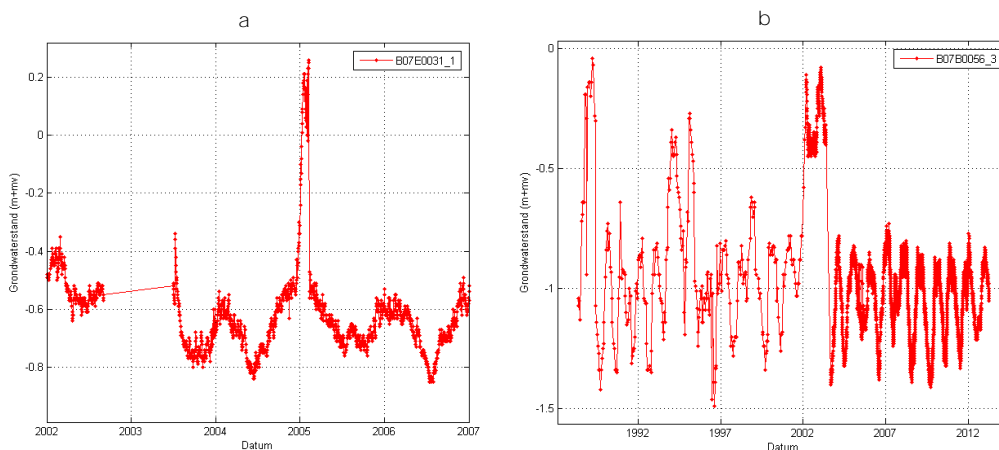
5. Tijdelijke verlaging. Net als bij een sprong daalt de grondwaterstand, maar na een **tijd (vaak maanden of jaren) 'springt' de grondwaterstand** terug naar het oude niveau. Vaak is het een fout die op dezelfde manier ontstaat als een sprong, maar de fout wordt op een gegeven moment hersteld, maar niet met terugwerkende kracht. Een verlaging kan ook werkelijk optreden, bijvoorbeeld door een tijdelijke bemaling.



Figuur 3-6 Tijdelijke verlaging van de grondwaterstandsmetingen

In Figuur 3-6 zijn twee voorbeelden te zien van een tijdelijke verlaging van de grondwaterstand. In de linker figuur (a) daalt de grondwaterstand in de winter 2005-2006 en tegelijkertijd verandert het patroon ook tijdelijk. Rechts (b) daalt de grondwaterstand gedurende ongeveer een jaar in drie filters op één locatie.

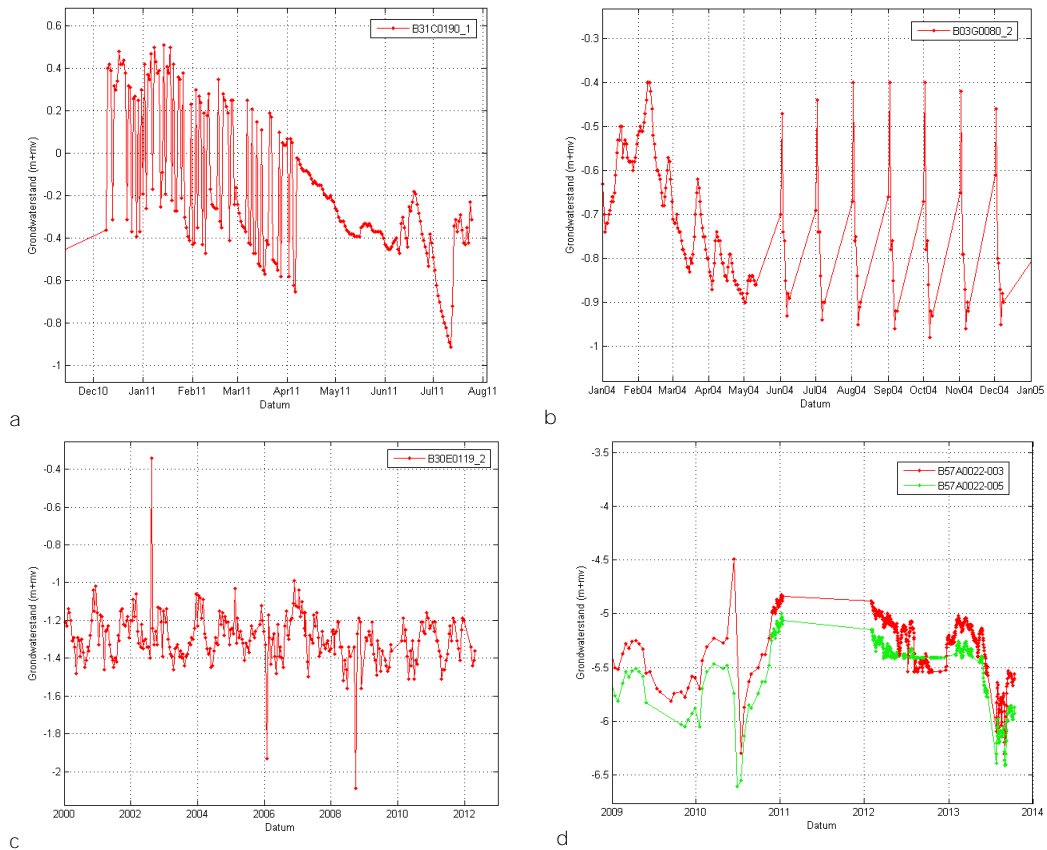
6. Tijdelijke verhoging. Hetzelfde als bij een tijdelijke verlaging, maar dan een verhoging.



Figuur 3-7 Tijdelijke verhoging van de grondwaterstandsmetingen.

In Figuur 3-7 is links (a) te zien dat de grondwaterstand geleidelijk stijgt en tijdelijk hoger is dan normaal, daarna daalt de stand met een sprong naar het oorspronkelijke niveau. In de rechter figuur (b) blijft het patroon gelijk, alleen de absolute waarde ligt tijdelijk circa 75 cm hoger.

7. Vreemde meting(en). Alle overige zaken vallen onder de verzamelterm vreemde metingen. Het gaat om pieken, uitschieters, vreemde wiebels, en alle andere bijzonderheden die opvallen in de reeks, maar niet onder een van de andere noemers vallen. Ook voor de vreemde metingen geldt dat het niet per definitie gaat om fouten, maar dat het in ieder geval metingen zijn die extra aandacht behoeven.



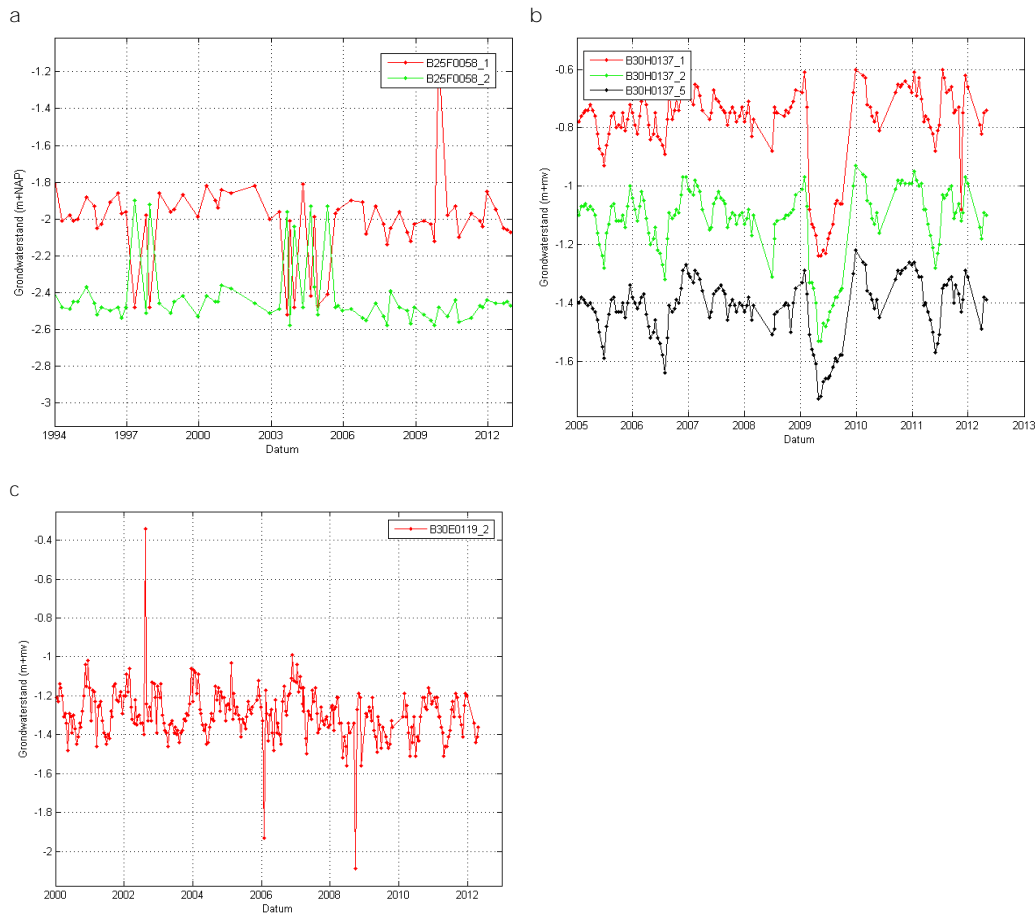
Figuur 3-8 Voorbeelden van vreemde metingen

In Figuur 3-8 a en b verandert het patroon ineens en er treden vreemde wiebels in de grondwaterstand op. Voorbeeld c laat uitschieters zien. In figuur d lijkt de grondwaterstand vanaf de start van de hoogfrequente metingen onbetrouwbaar, omdat de grondwaterstand afgekapt wordt aan de onderkant, en omdat het verschil tussen de filters veranderd.

### 3.2 Handmetingen en drukopnemermetingen

In het eerste deel van deze pilot (hoofdstuk 3 t/m 7) richten we ons op complete meetreeksen van stijghoogte. In veel gevallen bestaan de stijghoogtereeksen deels uit handmetingen, en is in de laatste jaren overgegaan op metingen met drukopnemers. In hoofdstuk 9 gaan we uitgebreid in op problemen die specifiek samenhangen met drukopnemers.

De zeven verschillende fouten die we in dit hoofdstuk onderscheiden kunnen over het algemeen zowel in drukopnemerreeksen als bij handpeilingen voorkomen.



Figuur 3-9 Fouten bij stijghoogtereeksen opgenomen met handmetingen

In Figuur 3-9 zijn voorbeelden te zien van fouten die optreden in een meetreeksen die met de hand is opgenomen. Filterverwisselingen (a) ontstaan doordat in het verkeerde filter is gemeten, de meting verkeerd is opgeschreven (of ingevoerd), of doordat de filters verkeerd gelabeld zijn. Bij een handmeting is vaker een incidentele filterverwisseling te zien. Bij metingen met een drukopnemer zien we eerder langere perioden van verwisseling doordat een drukopnemer in het verkeerde filter is gehangen. Tijdelijke verlagingen (b), of verhogingen of sprongen zien we zowel bij handmetingen als bij drukopnemermetingen. Vaak heeft het te maken met verkeerd (of niet) verwerkte aanpassing van de technische gegevens van de peilbuis, dit heeft hetzelfde effect op de handmeting als op de drukopnemermetingen. Eenmalige uitschieters (c) zijn vooral te zien bij handmetingen, deze uitschieters treden vooral op door fout aflezen van het peillint (zogenaamde meterfouten).

### 3.3 Meetnet Groningen

Het KRW meetnet van de provincie Groningen is in 2013 geanalyseerd door KWR (Leunk, 2013). Voor de validatiepilot hebben we in eerste instantie gebruik gemaakt van de gegevens die de provincie in februari 2013 heeft aangeleverd uit Dawaco (<http://www.dawaco.nl>). Uit Dawaco zijn 3 bestanden aangeleverd: een .PS, .PF en .PP file. In de .PF file zitten de filterdieptes en deze zijn als meter ten opzichte van NAP ingelezen in Menyanthes.

Bij controle bleken de waarden zeer onwaarschijnlijk, en daarom heeft de provincie Groningen de eenheden gecontroleerd. De eenheden bleken niet te kloppen, en er is in november 2013 een nieuw bestand aangeleverd met de juiste technische gegevens van de putten. Op basis van de nieuwe gegevens zijn de coördinaten, maaiveld- en buishoogte en filterdiepte in Menyanthes aangepast. Van 12 filters zijn geen nieuwe gegevens aangeleverd (Tabel 3-1), maar dit kwam pas bij de controle met de basistoetsen naar voren, zie hoofdstuk 4.

Tabel 3-1 De twaalf meetpunten waarvan geen nieuwe gegevens zijn aangeleverd.

B03G0105_1	B08A0136_1
B07D0281_1	B08A0136_2
B07D0281_2	B13B0061_1
B07D0281_3	B13B0061_6
B07D0281_4	B13C0054_3
B07D0281_5	B13C0054_5

Naast de metingen uit Dawaco, heeft de provincie Groningen de stijghoogtereeksen van dezelfde locaties opgevraagd uit Dino. De Dinogegevens zijn niet visueel beoordeeld.

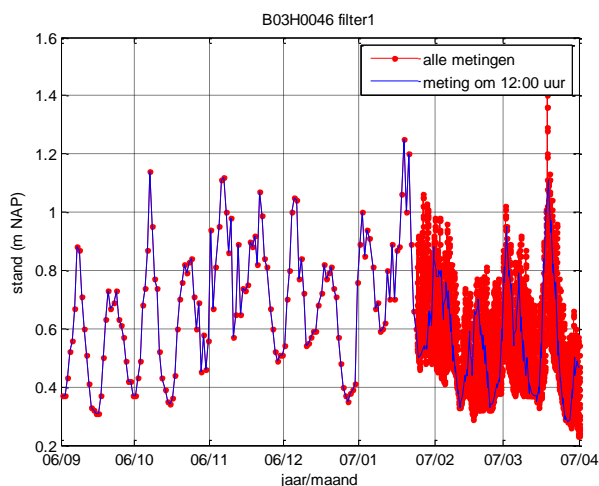
#### 3.3.1 Uitkomst visuele controle gegevens Groningen

In Tabel 3-2 is voor de meetreeksen van Groningen aangegeven welke bijzonderheden er in de meetreeksen zijn gevonden. In Bijlage I (Tabel I-1) staat per meetreeks aangegeven welke bijzonderheden gevonden zijn.

Tabel 3-2 Bijzonderheden bij visuele controle aangetroffen in meetnet Groningen

Code	Aantal
Drift	15
Filterwissel	7
Patroon	4
Sprong	16
Verhoging	8
Verlaging	5
Vreemde meting	20

In het KRW meetnet van Groningen zien we een verandering van patroon als de meetfrequentie hoger wordt in peilbuizen onder invloed van eb en vloed. Dit is te zien bij peilbuis B30H0046 (Figuur 3-10).



Figuur 3-10 Grondwaterstanden bij verhoging van meetfrequentie in peilbuis nabij de kust.

Bij dagelijkse meting is een tweewekelijkse schommeling te zien is. Op het moment dat de meetfrequentie verhoogd wordt naar eens per uur, worden eb- en vloed-invloed zichtbaar in de meetreeks.

De provincie Groningen heeft aangegeven dat er soms problemen optreden / optraden met mengen van zout en zoet grondwater. In putten die aan maaiveld zijn afgewerkt kan zoet regenwater in een peilbuis met zout water stromen. Door de lagere dichtheid van zoet water wordt bij instroom van zoet water de druk lager terwijl de waterstand gelijk blijft. Bij drukmetingen geeft dit een dalende trend die niet werkelijk in de grondwaterstand optreedt.

### 3.4 Meetnet Noord-Brabant

Het meetnet van de provincie Noord-Brabant wordt beheerd door het waterleidingbedrijf Brabant Water. Brabant Water voert de metingen uit en doet de controle en validatie van de metingen. In paragraaf 8.3 is een uitgebreide toelichting gegeven op de controle die door Brabant Water wordt uitgevoerd.

#### 3.4.1 Uitkomst visuele controle gegevens Noord-Brabant

In Tabel 3-3 is voor de meetreeksen van Noord-Brabant aangegeven welke bijzonderheden er in de meetreeksen zijn gevonden. In Bijlage I (Tabel I-2) staat per reeks aangegeven welke bijzonderheden gevonden zijn.

Tabel 3-3 Bijzonderheden bij visuele controle aangetroffen in meetnet Noord-Brabant

Code	Aantal
Drift	3
Filterwissel	6
Patroon	1
Sprong	3
Verhoging	0
Verlaging	5
Vreemde meting	12

### 3.5 Meetnet Zuid-Holland

De meetreeksen van de provincie Zuid-Holland zijn door TNO uit Dino aangeleverd. In 2013 zijn de hoogfrequente metingen uitgevoerd door Hans de Boer Advies en Uitvoering. Van de oude hoogfrequente metingen zijn de ruwe datasets niet structureel gecontroleerd of beoordeeld op hun betrouwbaarheid.

#### 3.5.1 Uitkomst visuele controle gegevens Zuid-Holland

Bij 92 meetreeksen van de provincie Zuid-Holland zijn bijzonderheden aangetroffen. In Tabel 3-4 is voor de meetreeksen van Zuid-Holland aangegeven welke bijzonderheden er in de meetreeksen zijn gevonden. In Bijlage I (Tabel I-3) staat per reeks aangegeven welke bijzonderheden gevonden zijn.

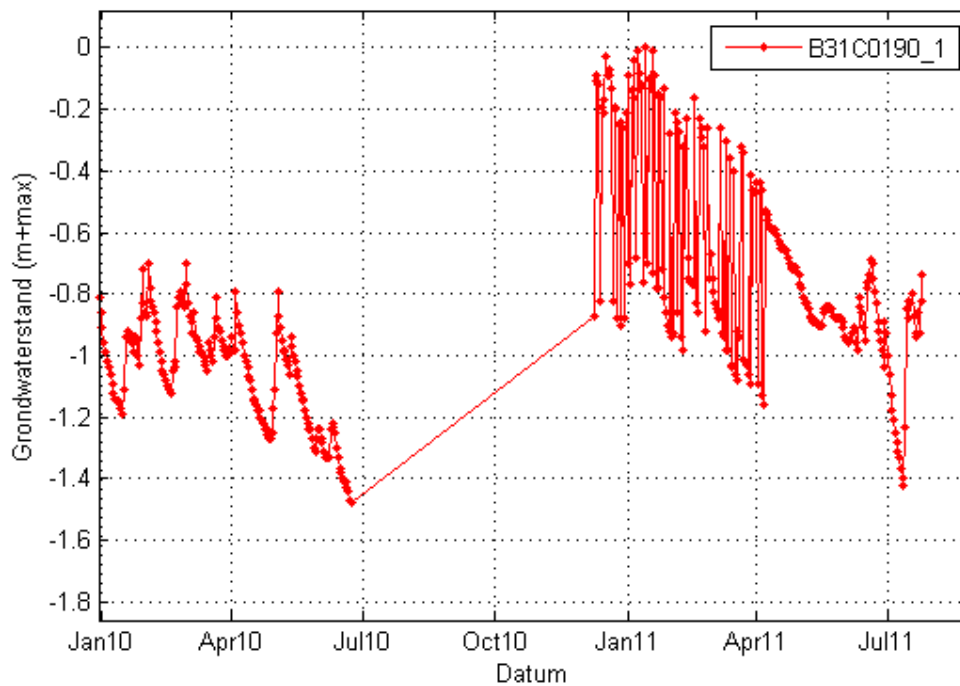
Tabel 3-4 Bijzonderheden bij visuele controle aangetroffen in meetnet Zuid-Holland

Code	Aantal
Drift	0
Filterwissel	6
Patroon	18
Sprong	20
Verhoging	3
Verlaging	7
Vreemde meting	74

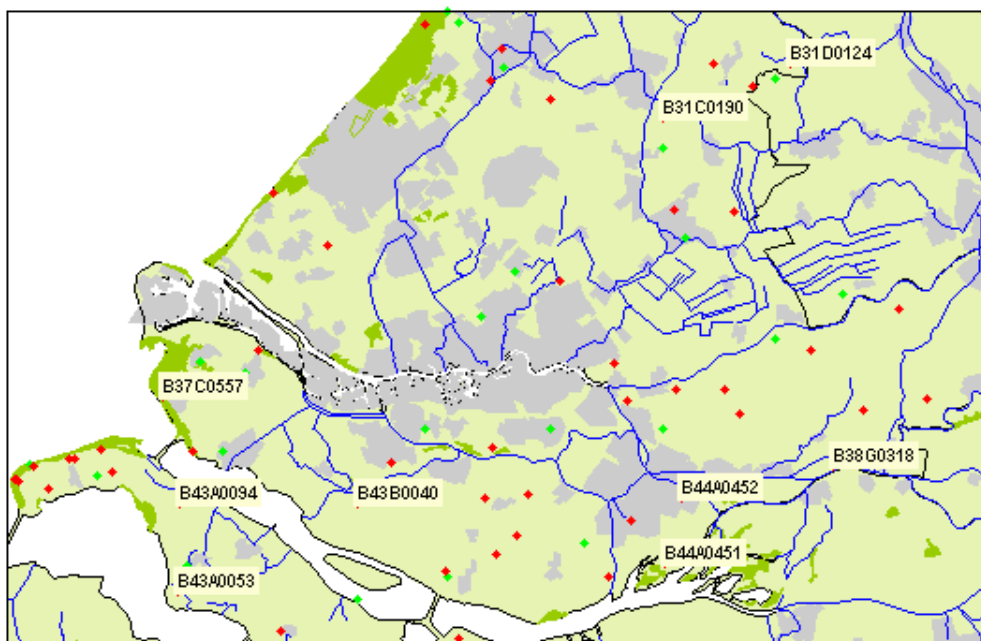
Bij de controle in Zuid-Holland vinden we bij geen enkele meetreeks een drift. Het is niet nader onderzocht hoe het mogelijk is dat er van allerlei fouten gevonden worden, maar geen drift. We denken dat er twee mogelijke oorzaken zijn, maar die zijn niet nader onderzocht. Ten eerste kan het zijn dat er wel drift is, maar dat deze wegvalt doordat er andere, veel grotere afwijkingen zijn. In een meetreeks met uitschieters van een meter valt een drift van enkele centimeters niet meer op. Ten tweede kan bij het uitlezen en verwerken van de drukopnemergegevens direct gecorrigeerd wordt voor drift. Dit kan door het instrument bij **iedere uitlezing op te trekken naar de handmeting, dan kan er een soort 'zaagpatroon'** ontstaan, dat er niet uitziet als een driftpatroon.

Verder **valt op dat er bij 10 filters 'wiebels' in de metingen** worden gevonden in de periode november/december 2010 – voorjaar 2011. De grootte van de 'wiebels' varieert van enkele cm, enkele decimeters of zelfs meters. Zie Figuur 3-11.





Figuur 3-11 Voorbeeld van een meetreeks met wiebels van enkele decimeters in de periode eind 2010-voorjaar 2011



Figuur 3-12 Locaties met wiebels in de metingen in één of meerdere filters

In Figuur 3-11 is een voorbeeld te zien van een meetreeks met zulke 'wiebels'. Het is niet duidelijk wat de oorzaak is. De tien meetfilters liggen verspreid over Zuid-Holland (Figuur 3-12) en bij een enkele buis zien we hetzelfde patroon bij twee filters, maar op de meeste locaties is het maar in één filter te zien.

### 3.6 Aandachtspunten visuele controle

Bij de visuele controle is alleen gekeken naar de meetreeks zelf en niet naar de relatie met de technische gegeven. Er is bij de visuele controle dus niet gecontroleerd op metingen onder de onderkant van het filter. Ook is niet gecontroleerd op metingen boven de bovenkant van de peilbuis.

Als er grote pieken in de meetreeks zitten, kunnen daardoor kleinere afwijkingen over het hoofd gezien worden. Om dit te voorkomen zouden grote afwijkingen eerst verwijderd moeten worden, Daarna moet de reeks opnieuw bekeken worden.

Tijdens de visuele controle zijn alle bijzonderheden benoemd, maar er is niet gezocht naar verklaringen. Ook is niet gekeken of het (waarschijnlijk) gaat om een fout of om bijzondere stijghoogten die wel werkelijk zijn opgetreden. Als een visuele controle wordt uitgevoerd door een hydroloog die bekend is in het gebied, dan kan deze waarschijnlijk al meteen verklaringen geven voor een deel van de bijzonderheden.

### 3.7 Conclusies visuele controle

De KRW meetnetten van Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland zijn visueel gecontroleerd op fouten en bijzonderheden in de meetreeksen. Bij de controle zijn zeven aspecten onderscheiden: drift, filterverwisseling, verandering van patroon, sprongen, tijdelijke verhoging of verlaging en vreemde metingen.

In Tabel 3-5 is een overzicht gegeven van de fouten en bijzonderheden die in de aangeleverde meetreeksen zijn gevonden. Het totaal aantal fouten en bijzonderheden is groter dan het aantal reeksen met fouten, omdat er soms meerdere fouten/bijzonderheden in één reeks zijn gevonden. In Noord-Brabant zijn in relatief weinig reeksen fouten en bijzonderheden gevonden; slechts in 37%. In Zuid-Holland is daarentegen in 69% van de reeksen een of meer fouten gevonden. Het valt op dat het type fouten en bijzonderheden dat veel gevonden wordt verschilt per provincie. In alle provincies vinden we veel fouten die **onder de 'restpost' vreemde metingen vallen. In Groningen zien we op veel locaties drift, en in Zuid-Holland zijn relatief veel sprongen en veranderingen van patroon gezien.**

Tabel 3-5 Overzicht van de visueel aangetroffen fouten en bijzonderheden in de KRW meetreeksen van drie provincies.

Code	Groningen (aantal)	Noord- Brabant (aantal)	Zuid- Holland (aantal)
Totaal aantal reeksen	83 reeksen	65 reeksen	133 reeksen
Aantal reeksen met fouten	47 (= 57%)	24 (= 37%)	92 (69%)
Drift	15 (18%)	3 (5%)	0 (0%)
Filterwissel	7 (8%)	6 (9%)	6 (5%)
Patroon	4 (4%)	1 (2%)	18 (14%)
Sprong	16 (19%)	3 (5%)	20 (15%)
Verhoging	8 (10%)	0 (0%)	3 (2%)
Verlaging	5 (6%)	5 (8%)	7 (5%)
Vreemde meting	20 (24%)	12 (18%)	74 (56%)

In deze validatiepilot is niet nader gezocht naar verklaringen voor de gevonden fouten en bijzonderheden. Een deel van de gevonden bijzonderheden zal de werkelijk opgetreden grondwaterstand weergeven. Bij het valideren van de grondwaterstanden zullen deze bijzonderheden nader bekeken en beoordeeld moeten worden. Hierbij is de inbreng van gebiedsdeskundigen noodzakelijk.

Bij nadere analyse zijn de vreemde metingen het grootste probleem, omdat deze fout het meest voorkomt. Daarnaast zijn sprongen een belangrijke fout, zowel enkele sprongen, als tijdelijke verhogingen en verlagingen van de grondwaterstand. Hoewel sprongen en tijdelijke verhogingen en verlagingen zeker in werkelijkheid in een grondwaterstand kunnen optreden, zijn dit belangrijke bijzonderheden om op te sporen en nader te beoordelen.

## 4 Basistoetsen peilbuisgegevens

In Von Asmuth en Van Geer (2013) wordt een groot aantal testen genoemd op het gebied van data-integriteit, consistentie en plausibiliteit. In dit hoofdstuk zijn zes relatief eenvoudige toetsen onderzocht om te kijken of, en zo ja hoeveel fouten ze kunnen opsporen in echte datasets. We hebben niet alleen de KRW meetnetten van de drie provincies getest, maar ook de 1466 meetreeksen verspreid over Nederland.

### 4.1 Beschrijving van de zes basistoetsen

De zes testen die in dit onderzoek zijn uitgevoerd vormen slechts een klein deel van de mogelijke basistoetsen. Voorafgaand aan het onderzoek is er in overleg met de opdrachtgever voor gekozen om alleen deze zes toetsen uit te voeren. Met deze zes toetsen kijken we naar een aantal technische gegevens van de meetpunten/meetfilters zelf, maar ook naar de grondwaterstandsmetingen in relatie tot de technische gegevens.

We hebben drie toetsen uitgevoerd die de technische gegevens van de peilbuis en het filter controleren:

1. Bovenkant filter moet hoger zijn dan de onderkant van het filter (consistentie; relationele test).
2. Bovenkant van het filter mag niet hoger zijn dan de bovenkant van de peilbuis (consistentie; relationele test).
3. Verschillende filters van één meetpunt moeten dezelfde coördinaten hebben (consistentie; relationele test).

Daarnaast zijn de stijghoogtemetingen zelf getest, waarbij is gekeken of:

4. Metingen in de toekomst liggen (administratieve test).
5. Metingen boven de bovenkant van de peilbuis liggen (plausibiliteit; relationele test).
6. Metingen onder de onderkant van het filter liggen (plausibiliteit; relationele test).

### 4.2 Uitkomsten voor KRW testset

We hebben de testen uitgevoerd op de 279 meetreeksen van KRW-metpunten van de drie provincies. De uitkomsten zijn weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Uitkomsten 6 basistoetsen KRW reeksen

Nr	Omschrijving van fout	Reeksen of meetpunten met deze fout		Onvoldoende gegevens
		Aantal	%	Aantal
1	Bovenkant filter lager dan onderkant filter	12	4	1
2	Bovenkant filter hoger dan bovenkant peilbuis	12	4	1
3	Verschillende filters van één meetpunt met verschillende coördinaten	10	4	0
4	Toekomstige metingen in de meetreeks	0	0	0
5	Metingen boven de bovenkant van de peilbuis	29	10	0
6	Metingen onder de onderkant van het peilfilter	12	4	0

De volgende punten vallen op:

- De 12 filters die in test 1, 2 en 6 naar voren komen zijn iedere keer dezelfde. Deze drie verschillende testen sporen hier dus eigenlijk één fout op, die op drie manieren doorwerkt.  
Het gaat om de 12 locaties uit het meetnet van de provincie Groningen, waarvoor geen nieuwe technische gegevens van de peilbuizen zijn aangeleverd (zie paragraaf 3.3), hierdoor zijn de technische gegevens weergegeven in meters ten opzichte van maaiveld, terwijl de metingen wel ten opzichte van NAP zijn. Dit is eenvoudig te verhelpen, maar het geeft wel fouten bij een automatische controle.
- Ook de uitslag bij test 3 wordt hierdoor veroorzaakt door verschillende technische gegevens, van een peilbuis is van het ene filter wel nieuwe coördinaten aangeleverd, en van het andere filter niet.
- Op één locatie (30HP0172\_1) is de bovenkant van het filter onbekend, daardoor kunnen test 1 en 2 niet uitgevoerd worden.
- Bij 10 peilfilters is een verschil gevonden tussen coördinaten van peilfilters van 1 put. Dit gaat om één put met vier peilfilters en één put met zes peilfilters. Deze fout wordt veroorzaakt doordat van filter 1 van B03G0105 en filter 1 van B13B0061 de foutieve technische gegevens uit Dawaco zijn gebruikt terwijl van de andere filters van dezelfde putten wel nieuwe coördinaten zijn aangeleverd.
- Toekomstige metingen komen niet voor.
- In 29 meetreeksen (10% van het totaal) vinden we metingen boven de bovenkant van het filter. Het percentage metingen boven de bovenkant filter varieert van minder dan 1% tot wel 11% van de metingen in een reeks.
- Bij 12 filters (4%) worden metingen onder de onderkant van het peilfilter aangetroffen.

#### 4.3 Uitkomsten voor landelijke testset

We hebben dezelfde toetsen ook uitgevoerd op de 1466 meetreeksen verspreid over Nederland uit Dino. De uitkomsten zijn weergegeven in Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Uitkomsten 6 testen op Dino reeksen

Nr	Omschrijving van fout	Reeksen of meetpunten met deze fout		Onvoldoende gegevens
		Aantal	%	Aantal
1	Bovenkant filter lager dan onderkant filter	3	0	139
2	Bovenkant filter hoger dan bovenkant peilbuis	0	0	151
3	Verschillende filters van één meetpunt met verschillende coördinaten	0	0	0
4	Toekomstige metingen in de meetreeks	0	0	0
5	Metingen boven de bovenkant van de peilbuis	106	7	0
6	Metingen onder de onderkant van het peilfilter	42	3	0

Opvallende punten:

- De testen 1 en 2 kunnen in ongeveer 10% van de reeksen niet uitgevoerd worden omdat er te weinig gegevens beschikbaar zijn.
- In de reeksen die wel getest konden worden is op 3 locaties een bovenkant filter gevonden die lager is dan de onderkant van het filter.

- Testen 2, 3 en 4 geven in geen enkel meetpunt (met voldoende gegevens) een uitslag.
- In 7% van de reeksen vinden we metingen boven de bovenkant van de peilbuis. Er zijn reeksen met maar 1 of 2 metingen in de hele reeks die boven de bovenkant van de buis uitkomen. Maar bij 7 meetpunten is meer dan 75% van de metingen boven de bovenkant van de peilbuis.
- Bij 42 filters (3%) worden metingen onder de onderkant van het filter aangetroffen. Bij 28 filters gaat het om minder dan 5 metingen in de meetreeks, maar bij 3 filters gaat het om meer dan 25% van de metingen.

Metingen onder de onderkant van het filter moeten altijd nader gecontroleerd worden. Er moet bekeken worden of het gaat om individuele metingen, geïsoleerde perioden, of de hele meetreeks. Het kan zijn dat er fouten zitten in de meting zelf, bijvoorbeeld een fout bij aflezen van het peillint, maar het kan ook gaan om een verkeerde inhangdiepte bij een drukopnemer, of een fout in de technische gegevens.

Hoewel de grondwaterstand fysiek niet te meten is als deze onder de onderkant van het filter staat, geeft dit wel informatie. Een stand onder de onderkant van het filter zou kunnen worden opgeslagen met een kleiner dan teken, analoog aan de aanduiding voor kleiner dan de detectiegrens bij chemie. Voor de grondwaterstand wordt dan bijvoorbeeld <20.3 m NAP ingevuld. Er kan ook gekozen worden voor **een code (nu wordt bijvoorbeeld 'D' gebruikt voor een droogvallend filter)**.

#### 4.4 Discussie naar aanleiding van de zes basistoetsen

Op 9 januari 2014 zijn de uitkomsten van de eerste zes toetsen besproken met verschillende meetnetbeheerders. Dit zijn de belangrijkste punten uit de discussie:

1. Metingen boven de bovenkant van de peilbuis zijn niet onmogelijk, en dus niet per se fout. Een freatische put kan overstromen, met een drukopnemer wordt dan de stand boven de bovenkant buis gemeten. Bij handmatig waargenomen peilbuizen die onder water staan wordt soms de afstand tussen bovenkant buis en de waterspiegel gemeten met een duimstok en genoteerd als grondwaterstand. Ook zijn er filters afgesteld in een watervoerende laag met overdruk. Deze filters zijn dan afgesloten met een zogenaamde drukdop.
  - a. Het zou goed zijn om bij de technische gegevens van een stijghoogtereeks op te slaan of er een drukdop op de put zit. Op deze manier wordt meteen duidelijk dat standen boven de bovenkant buis niet onmogelijk zijn.
  - b. Ook incidentele overstromingen zouden als opmerking aan de reeks gekoppeld moeten worden.
2. In het algemeen verdient het de aanbeveling om metadata, opmerkingen en veranderingen van technische gegevens van een locatie op te slaan en toegankelijk te maken voor de gebruikers van de data. Vaak is dit soort informatie een verklaring voor bijzonderheden in een meetreeks.
3. Stijghoogten onder de onderkant van het filter zijn niet onmogelijk, maar wel onbetrouwbaar:
  - a. De onderkant van het filter kan fout zijn ingevoerd, de metingen zijn dan wel correct, maar de technische data van de meetlocatie niet.
  - b. Een filter kan dieper herplaatst zijn zonder dat de nieuwe diepere filterdiepte in de technische gegevens is verwerkt.
  - c. Sommige putten hebben een zandvang, waardoor stijghoogten onder de onderkant van het filter mogelijk zijn. Deze stijghoogtemetingen zijn niet

betrouwbaar, omdat het water in de zandvang niet in contact staat met het grondwater.

4. Bij toets drie is er vanuit gegaan dat er geen verschil mag zijn tussen coördinaten van verschillende filters van één put. Geert Jan Steenbergen (provincie Groningen) geeft in het overleg aan dat kleine verschillen wel voor kunnen komen, bijvoorbeeld omdat er later een extra ondiep filter naast een bestaande put geplaatst is. Voor de coördinaten van verschillende filters moet daarom een maximaal toelaatbare afstand ingesteld worden, bijvoorbeeld meer dan 3 meter afstand is verdacht.

Zowel metingen boven de bovenkant van de peilbuis, als onder de onderkant van het filter zijn dus niet per se onmogelijk, maar zijn wel een reden om zowel de stijghoogtemetingen als de technische gegevens van een put te controleren.

#### 4.4.1 Aanbevelingen voor QA (inrichting meetpunt en uitvoering metingen)

Tijdens de discussie kwamen een aantal punten naar voren die niet in de validatiepilot of het validatieprotocol thuishoren, maar die een aanbeveling zijn richting een nog te ontwikkelen protocol op het gebied van inrichting van meetpunten en uitvoering van metingen (QA).

- Zorg dat meetpunten zodanig zijn afgewerkt dat instroom van regenwater niet mogelijk is. Dit is extra van belang bij zout grondwater.
- Bij drukmetingen wordt een meetfrequentie van eens per uur aangeraden. Bij uurlijkse waarnemingen worden processen zichtbaar die bij dagelijkse metingen wegvallen. Bijvoorbeeld eb en vloed, heftige buien, variabele verdamping gedurende een dag en veranderende onttrekkingen gedurende een dag.
- Stel instrumenten altijd in op wintertijd.
- Zorg voor de juiste instrumenten voor het uitvoeren van handmetingen, zie hiervoor Knotters et al. (2013).
- Bij het opstellen van QA-richtlijnen moet worden nagedacht over hoe er omgegaan wordt met herplaatsen van peilbuizen. Ten eerste moet de vraag beantwoordt worden of herplaatsing überhaupt wordt toegestaan. Herplaatsing kan gewenst zijn, bijvoorbeeld als een buis onherstelbaar beschadigd is. De oude peilbuis wordt dan vervangen door een nieuwe peilbuis vlakbij, en op dezelfde diepte. De nieuwe buis krijgt dezelfde naam als de oude buis en de metingen worden aan elkaar gekoppeld. Als herplaatsing wordt toegestaan, dan zijn criteria nodig voor maximale afstand zowel horizontaal als in filterdiepte.

Dinoloket geeft aan dat zij alleen criteria m.b.t. verplaatsingen hanteren voor "landbouwbuizen" (diepte t/m 5 meter). Bij een verplaatsing binnen een straal van 500 meter wordt een landbouwbuis geclusterd tenzij deze in een ander geohydrologisch gebied komt te liggen. Dit moet echter wel expliciet door de eigenaar of beheerder worden aangegeven. Dit houdt wel een risico in dat ten onrechte verschillende metingen aan elkaar gekoppeld worden. Peilputten worden niet geclusterd.

#### 4.5 Wat moet je doen als de basistest een uitslag geeft?

In dit hoofdstuk zijn zes basistoetsen getest, waarbij gekeken wordt naar:

- a. de technische gegevens van het meetpunt zelf en
- b. de metingen in relatie tot de technische gegevens.

In dit onderzoek hebben we ons alleen bezig gehouden met het opsporen van fouten en bijzonderheden. Maar het is verstandig om ook aandacht te besteden aan de wat te doen als er een dergelijke fout of bijzonderheid wordt gevonden. Daarop gaan we hieronder in.

Toets 1 en 2: onderkant van het filter is hoger dan bovenkant filter, of bovenkant filter is hoger dan bovenkant meetpunt. Dit zijn fysiek onmogelijke waarden, waarbij de volgende acties mogelijk zijn:

- **De technische gegevens krijgen het label 'onbetrouwbaar'.**
- De technische gegevens worden gecontroleerd en aangepast, daarna kan het label **weer op 'betrouwbaar' gezet worden.**

Toets 3: het verschil tussen de ligging van verschillende filters van één meetpunt is groter dan 3 meter.

- **De technische gegevens krijgen het label 'onbetrouwbaar'.**
- De technische gegevens worden gecontroleerd en aangepast, daarna kan het label **weer op 'betrouwbaar' gezet worden.**

Toets 4: er zijn metingen in de toekomst gevonden

- **Metingen krijgen het label 'onbetrouwbaar'.**
- Controle van de metingen. Als fout bekend is, en aanpassing is mogelijk, dan worden de metingen **aangepast en krijgt het label 'betrouwbaar'.**

Toets 5: er zijn metingen boven de bovenkant van de peilbuis gevonden.

- Controleer of er sprake is van artesisch water, of van een peilbuis die soms overstroomt.
  - Zo ja, geef **het label 'betrouwbaar' en maak een opmerking** bij het filter waaruit blijkt dat metingen boven bovenkant peilbuis mogelijk zijn.
  - **Zo nee, geef het label 'onbetrouwbaar'.**

Toets 6: er zijn metingen onder de onderkant van het filter gevonden.

- **Metingen krijgen het label 'onbetrouwbaar'.**
  - Als het gaat om een enkele incidentele meting, dan hoeft er niets gedaan te worden en blijft het label onbetrouwbaar.
  - Als er meer dan een enkele incidentele meting onder de onderkant van het filter is gevonden moeten de technische gegevens van het filter gecontroleerd worden. Een foute filterdiepte moet worden aangepast en vervolgens moeten de metingen opnieuw gecontroleerd worden.

**In het project "Opstellen validatieprotocol" moet worden aangegeven op welke wijze het beste invulling aan deze mogelijke labelling kan worden gegeven.**

Als de benodigde gegevens ontbreken, zodat een toets niet uitgevoerd kan worden, dan **moeten de technische gegevens het label 'twijfelachtig' krijgen.**



#### 4.6 Aanbevelingen naar aanleiding van de eerste zes basis toetsen

De uitkomsten van de zes toetsen geven aanleiding tot een aantal conclusies en aanbevelingen voor het validatieprotocol:

1. Bij het uitleveren van gegevens (zowel metingen als technische gegevens van de peilbuis) moeten de eenheden aangeleverd worden.
2. Zorg ervoor dat de technische gegevens van putten en filters bekend, correct en op orde zijn. In de testset uit Dino is in circa 10% van de gevallen de filterdiepte niet bekend. De onderkant van een filter is in bestaande putten nog wel te bepalen omdat deze (nagenoeg) gelijk aan de diepte van de put, maar de bovenkant van het filter is niet meer te meten.

Het ontbreken van technische gegevens komt in historische reeksen relatief veel voor (in circa 10% van de reeksen). Voor het controleren en valideren van historische gegevens is het waarschijnlijk niet mogelijk om alle ontbrekende gegevens te achterhalen. Ondanks het ontbreken van gegevens kan een reeks waardevol zijn, dus is het zinvol deze reeksen te bewaren.

**Reeksen waarvan technische gegevens ontbreken moeten het label 'twijfelachtig' krijgen.**

3. Meetreeksen met meerdere metingen onder de onderkant van het filter moeten per **definitie het stempel 'onbetrouwbaar' krijgen. Deze reeksen moeten door de bronhouder nader onderzocht worden.**

Als er slechts één of enkele metingen onder de onderkant van het filter vallen, dan is waarschijnlijk sprake van een enkele foute meting en is geen nader onderzoek nodig. **De meting(en) krijgen dan het label 'onbetrouwbaar'.**

4. Controleer technische gegevens van het filter als er meer dan een enkele meting onder de onderkant van het filter vallen. De kans is groot dat er dan iets anders aan de hand is. Mogelijk is de onderkant van het filter niet goed opgemeten, of de inhangdiepte die gebruikt is met omrekenen van drukopnemerreeks is niet correct.
5. As de grondwaterstand dieper staat dan de onderkant van het filter moet deze worden opgeslagen als < onderkant filter, of met een speciale code.
6. Verklaring voor metingen boven bovenkant buis als extra informatie over de reeks vastleggen:
  - a. Drukdop bovenop filterbuis aanwezig.
  - b. Artesisch water uit bijbehorend watervoerend pakket.
  - c. Inundatie van de peilbuis.
7. Eén fout kan met verschillende testen opgespoord worden. Gebruik daarom het aantal fouten niet als maat om aan te geven hoe betrouwbaar of onbetrouwbaar een meetreeks is.

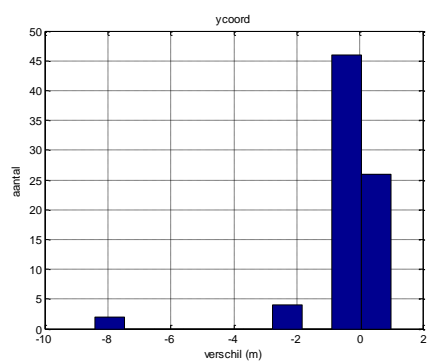
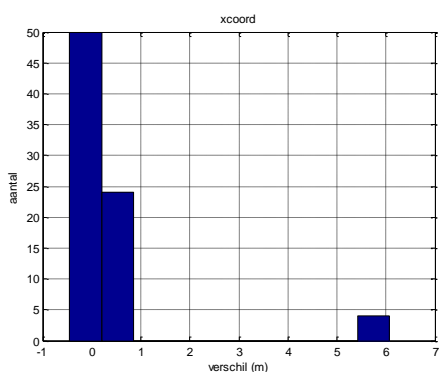
## 5 Vergelijking van databases

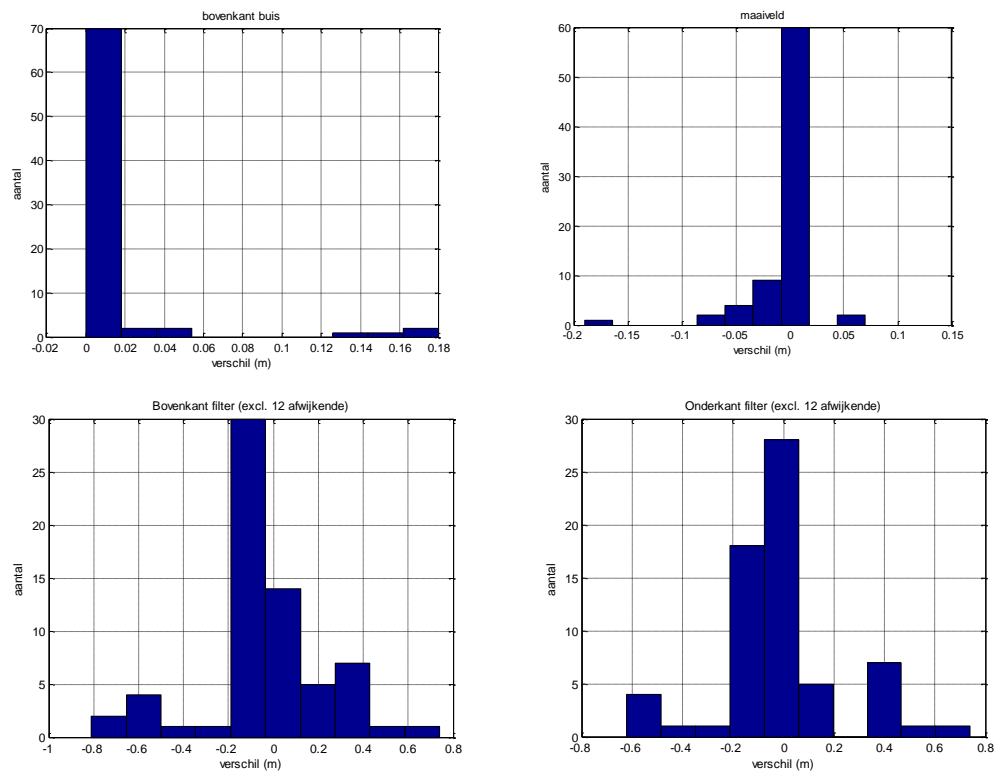
Van de provincie Groningen hebben we van 81 filters de metingen in uit twee verschillende databases ontvangen, nl uit Dawaco (<http://www.dawaco.nl>) en uit Dino. De stijghoogtereeksen uit deze twee databases zijn met elkaar vergeleken. Idealiter zijn de meetreeksen in de twee databases exact gelijk, maar uit een eerdere test in opdracht van Vitens weten we dat dit zeker niet voor alle data altijd het geval hoeft te zijn. (Leunk en von Asmuth 2013).

### 5.1 Verschil in technische gegevens van de meetlocaties

Eerst zijn de technische gegevens van de meetlocatie getest; per filter is het verschil bepaald tussen de x-, y-coördinaat, boven- en onderkant filter, maaiveld en bovenkant peilbuis in Dawaco en Dino.

- o Bij de 12 meetpunten waarvoor geen nieuwe, correcte gegevens zijn aangeleverd uit Dawaco (zie Tabel 3-1) zien we zeer grote verschillen in de bovenkant en onderkant van het filter. Dit komt omdat de gegevens uit Dawaco in m boven maaiveld waren aangegeven in plaats van m t.o.v. NAP.
- o De x-coördinaat van B07B0056 verschilt 6.07 m en de y-coördinaat verschilt 2.75 meter. Verder is bij B12E0261 een verschil in y-coördinaat van 8.42 meter gevonden. De kleine verschillen bij de andere putten worden veroorzaakt door afronding.
- o Bij acht peilbuizen is het verschil van de bovenkant filter meer dan 50 cm (exclusief de 12 eerder genoemde buizen).
- o Bij zes peilbuizen is het verschil van de onderkant filter meer dan 50 cm (exclusief de 12 eerder genoemde buizen).
- o Het verschil in maaiveld en bovenkant peilbuis is nergens groter dan 20 cm.



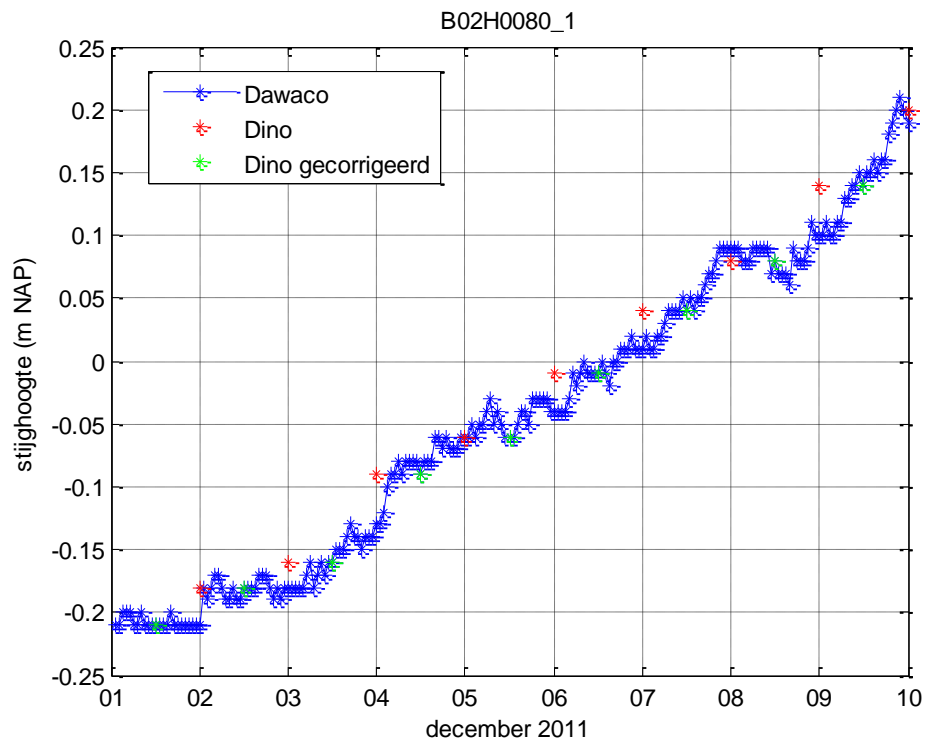


Figuur 5-1 Histogram per onderzocht locatiegegevens, met het aantal meetlocaties per afwijking

## 5.2 Verschil in stijghoogtemetingen

Vervolgens is ook gekeken naar het verschil in stijghoogtemetingen. In Dino staan de waarnemingen op 0:00 uur weergegeven, en in Dawaco op 12:00 uur. Dit geldt niet alleen voor de handmetingen, waarbij vaak geen tijdstip is opgegeven. Ook de hoogfrequente metingen staan niet correct in Dino. De waarde die om 12:00 uur gemeten is door de drukopnemer, en ook zo in Dawaco staat, staat op 0:00 uur in Dino. Dit verschil is te zien in Figuur 5-2.

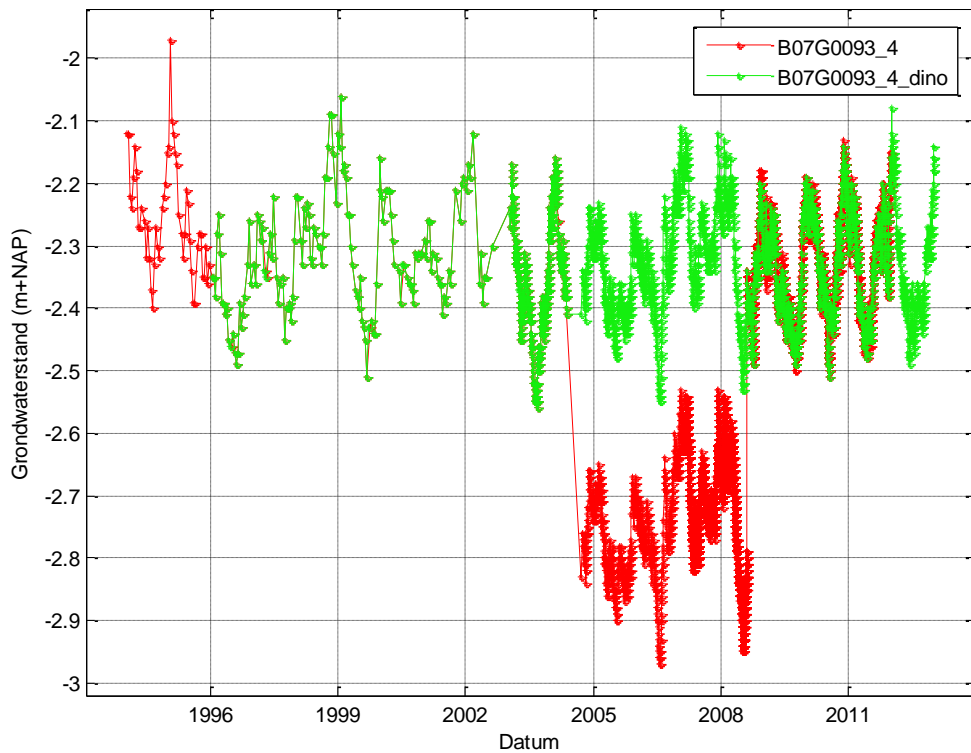
We hebben hiervoor gecorrigeerd door alle metingen uit Dino op 12:00 uur te zetten.



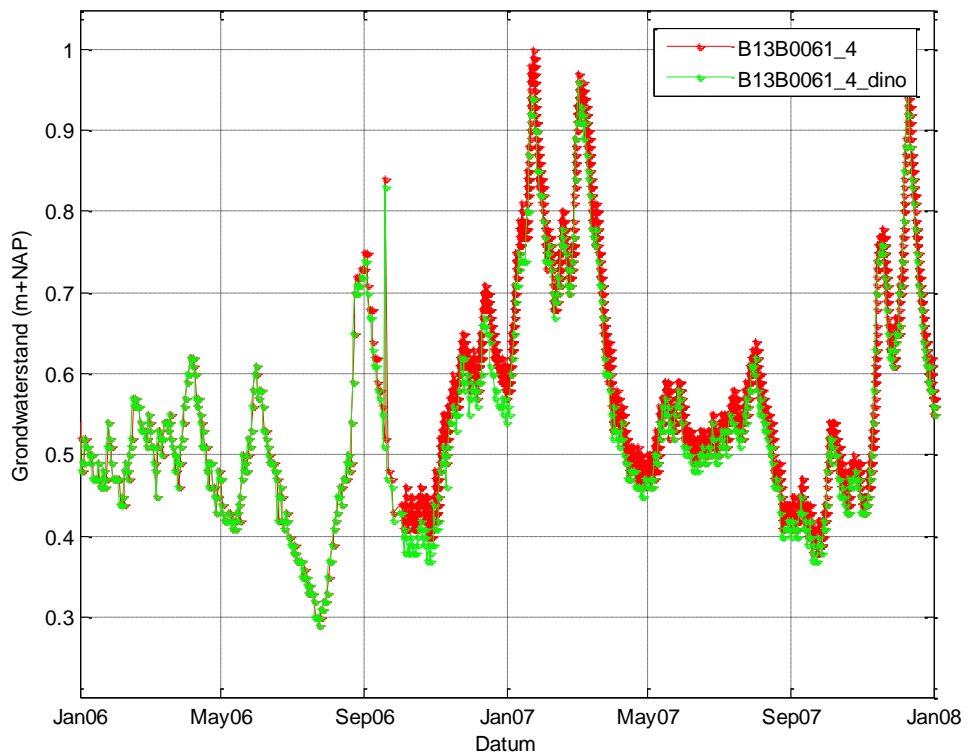
*Figuur 5-2 Detail van metingen uit Dawaco en Dino. De metingen uit Dawaco zijn in blauw weergegeven, in rood meting zoals uit Dino komt, in groen de aangepaste Dinometing (+ 12 uur).*

Bij slechts vijf meetreeksen (van de 81) zijn alle metingen uit de twee databases exact aan elkaar gelijk. Het aantal verschillende waarden heeft uiteraard ook te maken met het totaal aantal metingen in de reeks. In Bijlage II zijn figuren opgenomen van de meetreeksen waar bij 200 of meer metingen een verschil tussen de waarde uit Dawaco en uit Dino is gevonden.

Het is niet op voorhand duidelijk welke database de meest betrouwbare metingen bevat. Zo zien we in Figuur 5-3 dat de tijdelijke verlaging bij B07G0093, filter 4 in Dino is gecorrigeerd. In veel reeksen zien we bij hoogfrequente metingen kleine structurele verschillen tussen de twee metingen. Het is niet duidelijk waar de verschillen vandaan komen en welke metingen correct zijn. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figuur 5-4 (B13B0061, filter 4): tijdens de hoogfrequente metingen in 2006-2007 neemt het verschil tussen Dawaco en Dino toe van 0 naar 6 cm. Daarna blijft het structureel op 1 cm.



Figuur 5-3 Verschil tussen Dawaco en Dino voor meetpunt B07G0093\_4. De tijdelijke lagere stand in Dawaco is in Dino gecorrigeerd.



Figuur 5-4: Verschil tussen Dawaco en Dino voor meetpunt B13B0061\_4. In de periode 2006-2007 neemt het verschil toe. Vanaf najaar 2007 blijft het verschil stabiel op 1 cm.

### 5.3 Aanbevelingen naar aanleiding van vergelijking tussen databases

Zorg ervoor dat de gegevens in verschillende databases gelijk zijn. Nu dat niet het geval is kunnen verschillende conclusies getrokken worden, afhankelijk van de gebruikte database.

Zorg ervoor dat altijd de eenheden meegeleverd worden, zowel bij de technische gegevens als bij de metingen.

De provincies moeten als bronhouder verschillende gegevens bewaren: technische gegevens van de locatie, ruwe data, gevalideerde data en een logboek van validatie en aanpassingen en metadata over de meetreeks en meetlocatie. In het huidige ontwerp van de BRO is niet voor alle gegevens plek, omdat de BRO is bedoeld voor goedgekeurde, gevalideerde gegevens. De bronhouder zal daarom een eigen kopie willen hebben van alle gegevens, inclusief de ruwe gegevens. Dit is ook nodig om op een later tijdstip extra correctie te kunnen uitvoeren. De BRO is daarom niet geschikt als enige locatie om alle gegevens te bewaren.

Het is daarom beter om ervoor te zorgen dat wijzigingen in de database van de bronhouder geautomatiseerd worden verwerkt in de BRO-database. Het is in dit geval belangrijk dat de bronhouder alleen gevalideerde gegevens uitlevert aan derden. Of de bronhouder moet alle gegevensaanvragen doorsturen naar de BRO, wat daarbij als loket voor gegevensverstrekking dienst gaat doen.

## 6 Statistische toets

Van de verschillende mogelijke fouten worden bij de visuele controle sprongen en vreemde metingen/uitschieters het meest gevonden. Het zou dus goed zijn om uitbijters en spongen automatisch op te kunnen sporen. In Von Asmuth en Van Geer (2013) zijn in bijlage A een aantal statistische toetsen uitgewerkt. In dit hoofdstuk testen we de toets met globaal waardenbereik om te zien of hiermee de visueel aangetroffen sprongen en uitbijters geautomatiseerd opgespoord kunnen worden.

Het is niet de verwachting dat we met één statistische toets alle meetreeksen met alle verschillende afwijkingen kunnen opsporen. Het zou wel mooi zijn als we met de statistische toets reeksen kunnen identificeren die nagenoeg zeker géén fouten of bijzonderheden bevatten, deze reeksen kunnen we dan zonder nader onderzoek goedkeuren.

### 6.1 Globale waardenbereik

In Von Asmuth en Van Geer (2013) wordt een waarneming als extreem (= verdacht) aangemerkt als deze buiten een vooraf vastgesteld waardenbereik valt dat gebaseerd wordt op alle metingen uit de reeks. Er kan plus of min drie maal de standaardafwijking gebruikt worden, bij een normale verdeling komt dit neer op een interval waarbinnen 99% van de waarden ligt.

Voor de reeks  $h$  met  $N$  waarnemingen is het gemiddelde:

$$\text{a) } \bar{h} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i$$

en de standaardafwijking:

$$\text{b) } \sigma_h = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (h_i - \bar{h})^2}$$

#### 6.1.1 Invloed van afhankelijkheid

Bij een normale verdeling wordt uitgegaan van een onafhankelijke trekking van waarden. Ieder waarde is onafhankelijk van de vorige waarde. Dit is bij grondwaterstanden niet het geval. Zeker bij hoogfrequente metingen (eens per dag of vaker), is de grondwaterstand gecorreleerd met de voorgaande meting.

Om de afhankelijkheid te ondervangen hebben we in dit onderzoek iedere meting gewogen. Hierbij hebben we het gewicht van de meting ( $w_i$ ) als volgt bepaald:

$$w_i = (t_{i+1} - t_{i-1})/2$$

Voor de eerste en laatste meting is een alternatief nodig:

- o Weging van de eerste meting:  $w_1 = (t_2 - t_1)$
- o Weging van de laatste meting:  $w_n = (t_n - t_{n-1})$

Met het wegen van de metingen voeren we een correctie uit voor het feit dat een hogere meetfrequentie niet evenredig meer informatie genereert. Er moet wel een maximum aan de

weging gesteld worden. Dit maximum geeft aan boven welk meetinterval de metingen onafhankelijk van worden geacht. Voor dit onderzoek nemen we een maximum van 14 (dagen) aan.

$$w_i = \min(7, (t_{i+1} - t_{i-1})/2)$$

Voor de gewogen waarden kunnen het gemiddelde en de standaardafwijking niet volgens a) en b) bepaald worden. Voor  $n$  waarden  $x_i$  met gewicht  $w_i$ , gebruiken we de volgende formules voor het (gewogen) gemiddelde  $m$  en standaard deviatie  $s$ :

$$c) \quad m = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$d) \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n w_i (x_i - m)^2}{\frac{n-1}{n} \sum_{i=1}^n w_i}}$$

In de tweede formule is aangenomen dat alle gewichten ongelijk zijn aan nul. Anders moet de  $n$  in de breuk  $(n-1)/n$  vervangen worden door het aantal gewichten niet gelijk aan nul.

### 6.1.2 Uitvoeren van de toets op testset stijghoogtereeksen

Van alle stijghoogtereeksen is de boven- en ondergrens bepaald met behulp van het (gewogen) gemiddelde ( $m$ ) en standaard deviatie ( $s$ ). Dit hebben we gedaan voor het gemiddelde plus of min 2, 3, 4 en 5 keer de standaarddeviatie.

Bij de visuele controle zijn in 163 stijghoogtereeksen zijn één of meer bijzonderheden gevonden. Het doel van de toets is om geautomatiseerd reeksen met fouten op te sporen.

**Hierbij zijn twee risico's:**

1. Vals positief: de toets geeft aan dat er afwijkingen in zitten, terwijl dit niet zo is.
2. Vals negatief: de toets geeft aan dat er geen afwijkingen in de reeks zitten, terwijl die met de visuele controle wel zijn aangetroffen.

We testen of er stijghoogtemetingen buiten de bandbreedte vallen. In

Tabel 6-1 Tabel 6-1 staat de uitkomst van deze toets.

Tabel 6-1 Uitkomst van controle op metingen buiten een bepaalde bandbreedte

Nr	Bandbreedte	Vals positief	Vals negatief	Type fout dat niet wordt opgespoord
1	Gemiddelde +/- 2 keer standaarddeviatie	97	0	
2	Gemiddelde +/- 3 keer standaarddeviatie	72	27	Drift (6) Filterwissel (3) Patroon (1) Sprong (7) Verhoging (1) Verlaging (4) Vreemd (5)
3	Gemiddelde +/- 4 keer standaarddeviatie	21	83	Drift (8) Filterwissel (13) Patroon (5)



4	Gemiddelde +/- 5 keer standaarddeviatie	19	104	Sprong (18)
				Verhoging (5)
				Verlaging (7)
				Vreemd (27)
				Drift (10)
				Filterwissel (15)
				Patroon (6)
				Sprong (19)
				Verhoging (5)
				Verlaging (8)
				Vreemd (41)

Voor vier verschillende bandbreedtes hebben we per meetreeks gekeken of en metingen buiten de gestelde bandbreedte vallen.

- In de kolom 'vals positief' is aangegeven hoeveel meetreeksen metingen bevatten die buiten de bandbreedte vallen, maar waar volgens de visuele controle geen fouten in zaten.
- In de kolom 'vals negatief' is aangegeven hoeveel meetreeksen geen enkele meting bevat buiten de bandbreedte, maar waar volgens de visuele controle juist wel fouten bevat. In de laatste kolom is aangegeven welk type fout niet werd opgespoord.

Deze eerste toets alleen blijkt niet geschikt te zijn voor het automatisch opsporen van fouten. Al bij een bandbreedte van 3 keer de standaarddeviatie worden 27 reeksen ten onrechte goedgekeurd, dit is 17% van de reeksen met afwijkingen. Tegelijkertijd wordt nog steeds van 70% (72 reeksen) ten onrechte aangegeven dat ze wel afwijkingen bevatten.

We voeren de toets ook uit op een 'autoverschilreeks'. De autoverschilreeks geeft voor iedere meetdatum het verschil met de vorige meting. Ook hier moeten een wegingsfactor gebruiken, want ook hier is sprake van afhankelijkheid tussen metingen met een klein meetinterval.

Bij het toetsen van de autoverschilreeksen zien we dat alle autoverschilreeksen waarden hebben die buiten het gemiddelde plus en min twee en drie keer de standaarddeviatie, deze twee toetsen hebben dus helemaal geen onderscheidend vermogen. De toets op metingen buiten 4 of 5 keer standaarddeviatie geeft een slechter resultaat dan de toets op de hele reeks. Van een groot aantal reeksen wordt ten onrechte aangegeven dat er bijzonderheden inzitten, terwijl er ook vals negatieven zijn.

Tabel 6-2 Uitkomst van controle op verschilmetingen (verschil tussen een meting en de meting een tijdstep eerder) buiten een bepaalde bandbreedte

Nr	Bandbreedte	Vals positief	Vals negatief
3	Gemiddelde +/- 4 keer standaarddeviatie	101	8
4	Gemiddelde +/- 5 keer standaarddeviatie	63	33

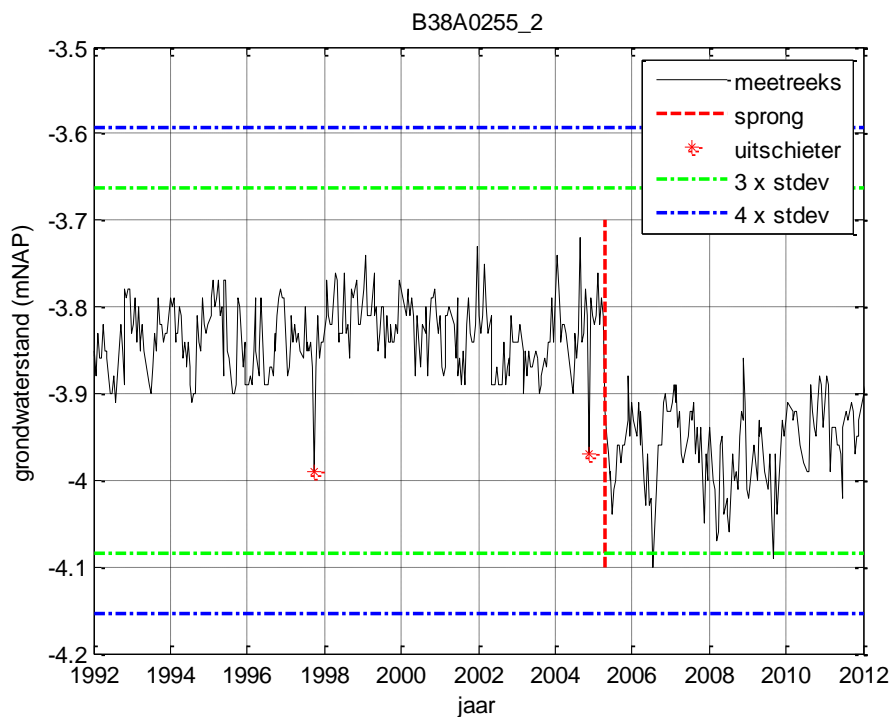
### 6.1.3 Voorbeeld van een controle

In Figuur 6-1 en Figuur 6-2 is te zien hoe een meetreeks (B38A0255, filter 2) wordt gecontroleerd. Figuur 6-1 geeft de controle van de oorspronkelijke stijghoogtemetingen, en in Figuur 6-2 is de controle van de autoverschilreeks (stijghoogte op tijdstip t minus stijghoogte op tijdstip t-1) te zien.

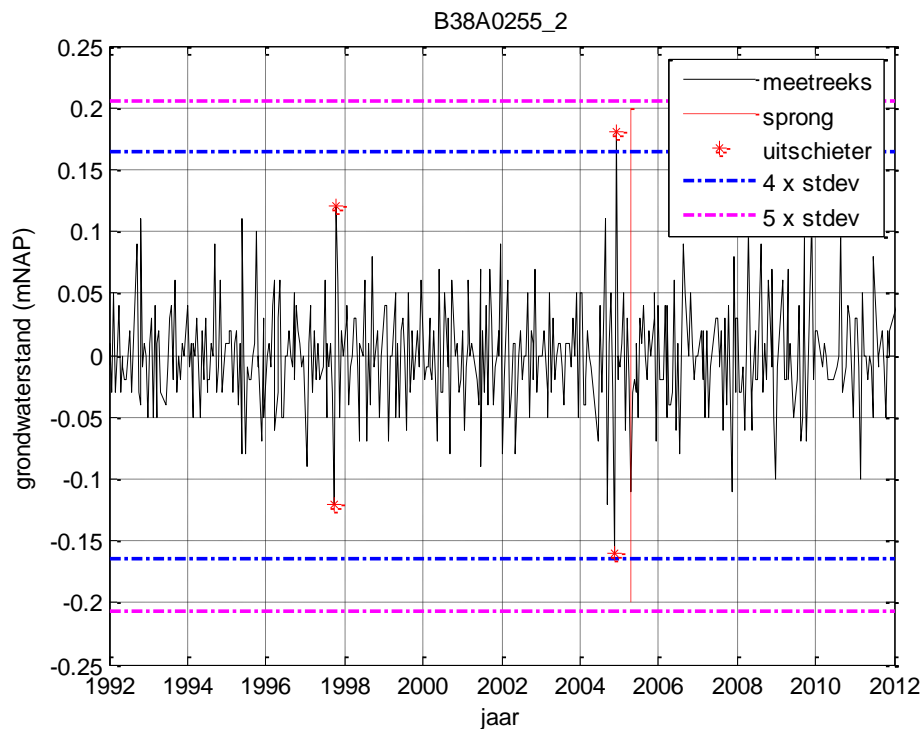
Met de visuele controle zijn twee uitschieters gedefinieerd en een sprong, deze zijn in de figuren in rood weergegeven.

In Figuur 6-1 is met groen en blauw het gemiddelde plus en min 3 en 4 keer de standaarddeviatie weergegeven. We zien dat de uitschieters en de sprong hiermee niet opgespoord worden. Wel komen aan het eind van de reeks twee metingen onder de groene lijn uit, maar dit zijn metingen die niet als uitschieter waren gedefinieerd.

Ook in de autoverschilreeks (Figuur 6-2) komen de uitschieters niet buiten de bandbreedte van gemiddelde plus en min 4 of 5 keer standaarddeviatie. In tegenstelling tot de verwachting komt ook de sprong niet naar voren in de verschilreeks. Op het oog lijkt de sprong heel duidelijk, het gemiddelde daalt 12 cm, maar omdat dit in een paar stappen gaat, is het in de autoverschilreeks niet te zien.



Figuur 6-1 Meetreeks van de stijghoogte (zwart) met in rood de visueel opgespoorde bijzonderheden. De groene en blauwe lijn geven het gemiddelde plus of min 3 en 4 keer de standaarddeviatie



Figuur 6-2 Meetreeks van het verschil (stijghoogte op tijdstip  $t$  minus stijghoogte op tijdstip  $t-1$ ) in stijghoogte (zwart) met in rood de visueel opgespoorde bijzonderheden. De blauwe en roze lijn geven het gemiddelde plus of min 4 en 5keer de standaarddeviatie

## 6.2 Waarom werkt de statistische controle met globaal waardenbereik niet?

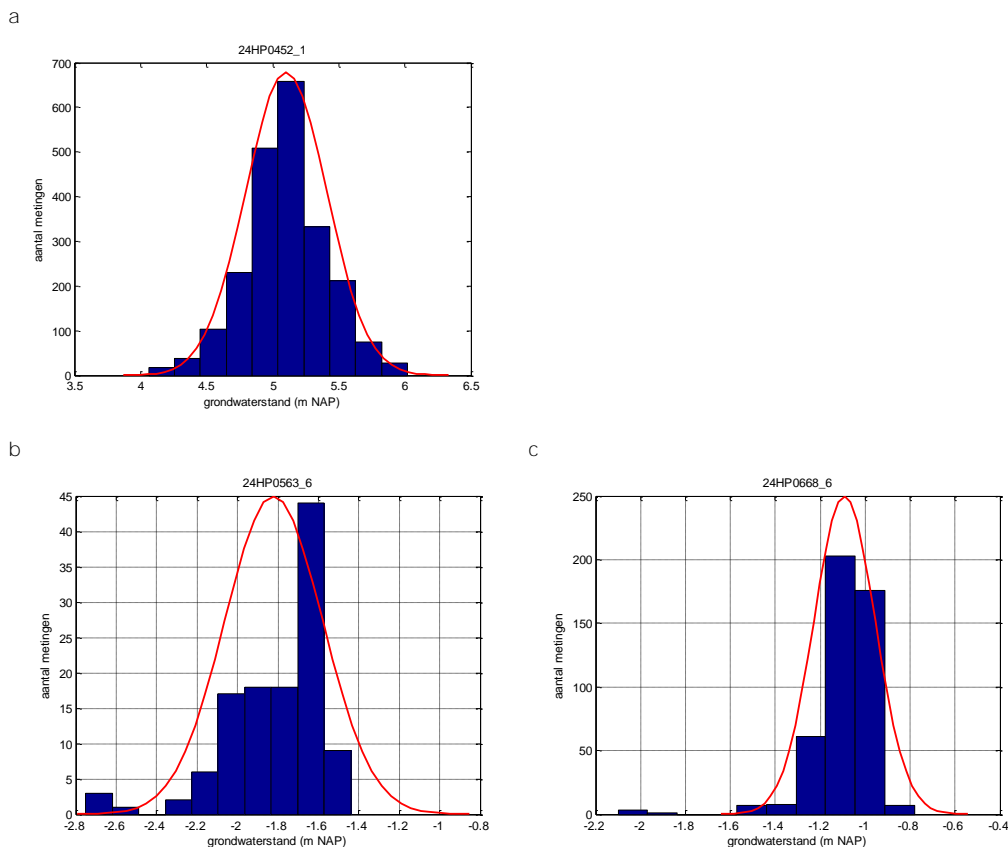
### 6.2.1 Normale verdeling, of scheve verdeling

De toets met gemiddelde en standaarddeviatie gaat er vanuit dat een reeks normaal verdeeld is. In sommige gevallen is dit het geval, maar lang niet altijd. In Figuur 6-3 is een voorbeeld van een normale verdeling, maar ook van scheve verdelingen te zien. We verwachten dat vooral bij ondiepe filters de grondwaterstanden vaak niet normaal verdeeld zullen zijn, bijvoorbeeld door:

- Aftoppen van de grondwaterstanden door drainage of doordat de grondwaterstand aan maaiveld komt.
- Variatie van het verschil tussen actuele en potentiële verdamping gedurende het jaar (verdampingsreductie bij diepere grondwaterstanden).
- Verandering van de bergingscoëfficiënt bij ondiepe standen.

Deze aspecten spelen alleen bij ondiepe grondwaterstanden dus de verwachting is dat diepere stijghoogten vaker voldoen aan een normale verdeling, maar dit is niet nader onderzocht.

Voordat een dergelijke statistische test wordt uitgevoerd moet dus eerst getest worden of er voldaan wordt aan een normale verdeling. Zo niet, dan kan gekeken worden of er een andere verdeling wordt gevolgd, bijvoorbeeld de Pearson verdeling. Een dergelijke scheve verdeling heeft eigen methoden om een globaal waardenbereik te bepalen.



Figuur 6-3 Voorbeelden van reeksen die wel (a) en niet (b en c) normaal verdeeld zijn.

### 6.2.2 Kleine afwijkingen in vergelijking met natuurlijke variatie

Een andere reden waarom de test mogelijk niet goed werkt is dat de afwijkingen relatief klein zijn ten opzichte van de natuurlijke variatie. In Figuur 6-2 is te zien dat de pieken eigenlijk niet zo extreem zijn, toch zijn dergelijke pieken met visuele controle makkelijk uit de reeks halen omdat ze op dat moment niet passen in het patroon. De sprong is lastig geautomatiseerd te herkennen omdat deze in een paar stapjes gaat, daardoor valt het helemaal weg in de verschilreeks. In de oorspronkelijke reeks tellen de waarnemingen voor en na de sprong mee bij het bepalen van de bandbreedte, waardoor er een grote bandbreedte ontstaat.

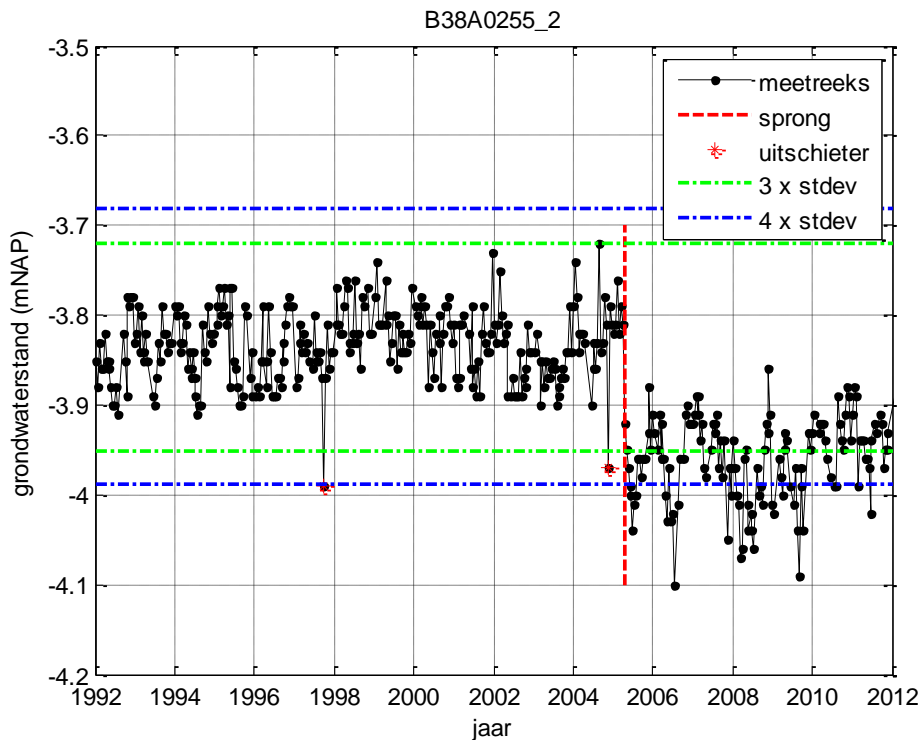
### 6.2.3 Voor het bepalen van een goed waardenbereik is een correcte reeks nodig

In dit onderzoek hebben we het globale waardenbereik getest voor historische reeksen. Het waardenbereik (de bandbreedte) wordt bepaald op basis van de reeks zelf. Dit gaat niet altijd goed omdat er in de reeks zelf al fouten kunnen zitten. Zoals in het voorbeeld in paragraaf 6.1.3 te zien is, wordt de bandbreedte dan veel te groot.

De verwachting is dat deze toets wél zal werken voor toekomstige metingen als de bandbreedte wordt bepaald op basis van een correcte (historische) reeks. De kunst is dus om **eerst een 'correcte' historische reeks te genereren. Voor het kunnen beoordelen en corrigeren van historische reeksen is zowel gebiedskennis als statistische kennis vereist.**

In Figuur 6-4 is dezelfde reeks te zien als in het voorbeeld uit paragraaf 6.1.3, maar nu zijn het gemiddelde en de bandbreedte bepaald op basis van de meetreeks voordat de sprong plaatsvond. Daarbij zijn de twee uitschieters uit de meetreeks gehouden. Het waardenbereik

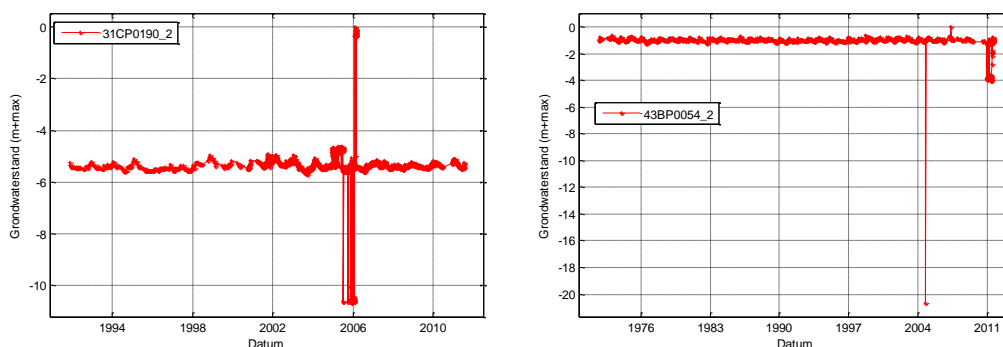
is zo op een 'correcte historische reeks' bepaald. Met deze waardenbereikbepaling is het wel mogelijk om de sprong en de uitschieters op te sporen.



Figuur 6-4: Meetreeks van de stijghoogte (zwart) met in rood de visueel opgespoorde bijzonderheden. De groene en blauwe lijn geven het gemiddelde plus of min 3 en 4 keer de standaarddeviatie. In dit geval zijn gemiddelde en standaarddeviatie bepaald op basis van de metingen vóór de sprong, waarbij de twee uitschieters eruit gelaten zijn.

### 6.3 Extreme uitschieters

In een aantal meetreeksen zitten extreme uitschieters, zie Figuur 6-5. Soms gaat het om enkele metingen, maar vooral bij hoogfrequente metingen zien we soms langere perioden met extreme uitschieters.



Figuur 6-5 Voorbeelden van meetreeksen met uitschieters

Voor het opsporen van deze extreme uitschieters is het globale waardenbereik wel geschikt. We hebben de reeksen getest op metingen die buiten het gemiddelde plus of min 10 keer de standaardafwijking.

Er komen 22 reeksen naar voren die metingen buiten het waardenbereik hebben. In al deze reeksen zijn ook met de visuele controle uitschieters/peiken gevonden. De test geeft geen vals positieven.

#### 6.4 Conclusie statistische test

Bij een test met het globale waardenbereik is een waarneming extreem, ofwel verdacht, als de waarneming buiten een vooraf ingesteld waardenbereik valt.

Deze test werkt bij historische reeksen goed voor het opsporen van extreme uitschieters door een zeer groot waardenbereik te kiezen: gemiddelde plus of min 10 keer de standaardafwijking.

Voor kleinere afwijkingen is een kleinere bandbreedte nodig. We hebben een waardenbereik van gemiddelde plus en min 2, 3, 4 en 5 keer de standaardafwijking getest. Dit is getest op de stijghoogtereeks en op een autoverschilreeks (verschil tussen waarneming en vorige waarneming). Deze toetsen werken niet goed omdat ze niet onderscheidend genoeg zijn (veel vals negatief), terwijl er al bij een klein waardenbereik (van 3 keer standaardafwijking) relatief veel reeksen ten onrechte goedgekeurd worden.

We verwachten dat de toets wel goed kan werken als het waardenbereik wordt bepaald op basis van een correcte historische reeks (zie par 6.2.2) en wordt toegepast op nieuwe metingen. Hiervoor is het noodzakelijk dat historische data gecontroleerd en gecorrigeerd worden. Voor nieuwe meetpunten zal eerst een reeks opgebouwd moeten worden voordat een van de genoemde toetsen kan werken.

Geautomatiseerde toetsen kunnen alleen gebruikt worden als hulpmiddel bij visuele controle **om bijzonderheden op te sporen. Het is niet verstandig om reeksen 'blind' goed-** of af te keuren op basis van alleen de statistische uitkomsten van een enkele toets.

Voor een goede controle van meetreeksen zijn naar verwachting meerdere toetsen nodig. Het waardenbereik is een goed hulpmiddel voor het opsporen van uitschieters. Voor een sprong of een veranderend patroon moeten waarschijnlijk geheel andere toetsen ontwikkeld worden.

## 7 Tijdreeks- en trendanalyse

### 7.1 Tijdreeksanalyse

Met tijdreeksanalyse wordt geprobeerd het verloop van de grondwaterstand te verklaren uit bekende invloeden. In dit onderzoek is alleen een tijdreeksanalyse met neerslag en verdamping als verklarende reeksen uitgevoerd. Met deze tijdreeksanalyse krijgen we inzicht in hoeverre het verloop van de grondwaterstand gestuurd wordt door neerslag en verdamping en in welke fluctuaties daarmee samenhangen. Er zijn verschillende redenen waarom een stijghoogtereeks niet goed gemodelleerd zou kunnen worden met neerslag en verdamping:

- De stijghoogte wordt door meer dan alleen neerslag en verdamping gestuurd. Dit is bijvoorbeeld het geval als er invloed is van een onttrekking of oppervlaktewater in de omgeving of ingrepen in de omgeving.
- Een andere mogelijkheid is fouten in de meetreeks, bijvoorbeeld sprongen door een verandering van de bovenkant die niet in de technische gegevens van de peilbuis is verwerkt.

Als geen goed tijdreeksmodel gemaakt kan worden, kan dit dus een aanwijzing zijn voor fouten in de meetreeks, maar dat hoeft niet, er kan ook een hydrologische oorzaak zijn.

Omgekeerd betekent een goed tijdreeksmodel niet dat er geen fouten in de reeks zitten. Als er één of twee uitschieters in een reeks zitten, dan kan vaak wel een goed model gemaakt worden. Ook kan een kleine drift wegvallen in de ruis, of ten onrechte verklaard worden door de meegegeven variabelen.

#### 7.1.1 Uitvoeren en beoordelen van de tijdreeksmodellen

We hebben in Menyanthes (<http://www.menyanthes.nl>) alle stijghoogtereeksen gemodelleerd met de neerslag en verdamping van het KNMI meetstation dat het dichtst bij ligt. De gegevens van neerslag en verdamping zijn gedownload via [www.knmi.nl/klimatologie](http://www.knmi.nl/klimatologie). Van alle modellen is de betrouwbaarheid bepaald gebaseerd op de volgende criteria:

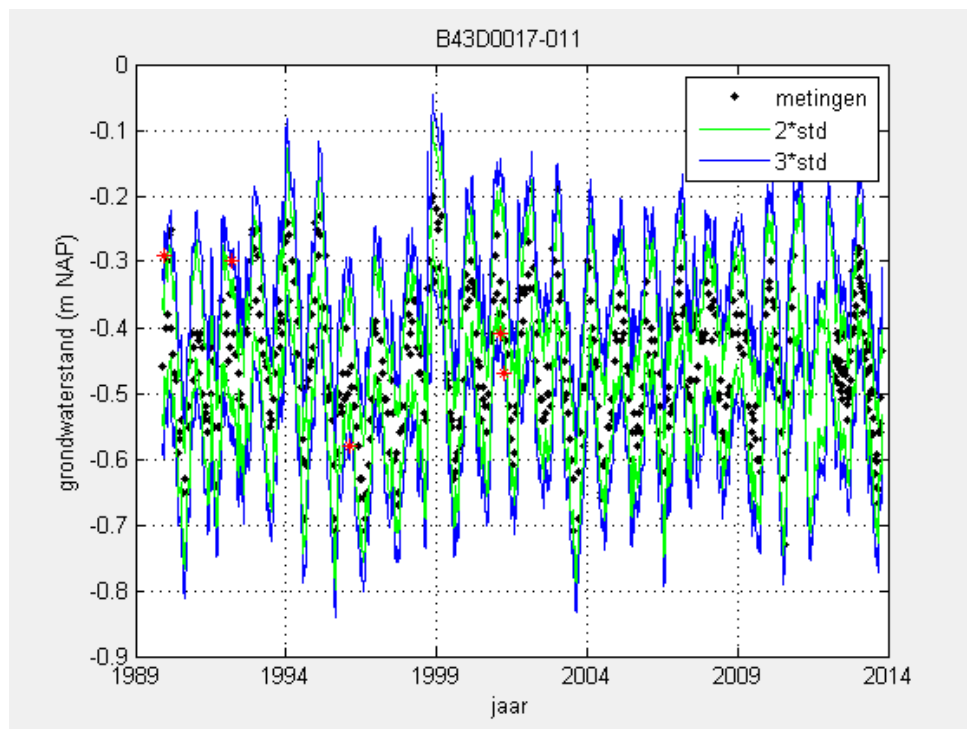
1. De verklaarde variantie moet 70% of meer zijn. De verklaarde variantie geeft aan hoe goed het model op de gemeten waarden past.
2. Het effect van de neerslag en verdamping moet betrouwbaar zijn. Dit betekent dat de waarde van het bijbehorende stationaire effect ( $M_0$ ) groter moet zijn dan twee keer de standaardafwijking ervan.
3. De verdampingsfactor moet tussen 0.5 en 2 liggen. Dit betekent dat het effect van de verdamping op een bepaalde locatie niet kleiner dan 0.5 of groter dan 2 keer het effect van eenzelfde hoeveelheid neerslag mag zijn.

Er zijn 279 tijdreeksmodellen gemaakt, waarvan er 75 betrouwbaar zijn volgens bovenstaande criteria en 204 niet betrouwbaar. Een reeks kan niet betrouwbaar gemodelleerd worden als er andere invloeden dan neerslag en verdamping een (belangrijk) effect hebben op het verloop van de grondwaterstand, maar het kan ook veroorzaakt worden doordat er fouten in meetreeks zitten.

### 7.1.2 Simulatie

Van de 75 reeksen die betrouwbaar gemodelleerd kunnen worden is de impuls-responsfunctie voor de neerslag en verdamping bekend. Dit betekent dat we weten hoe de grondwaterstand reageert op de neerslag en verdamping. Met deze impuls-responsfuncties kunnen we het verwachte stijghoogteverloop met een bandbreedte modelleren. Vervolgens kijken we of de gemeten waarden binnen deze bandbreedte vallen. Als bandbreedte hebben we twee en drie keer de variantie genomen.

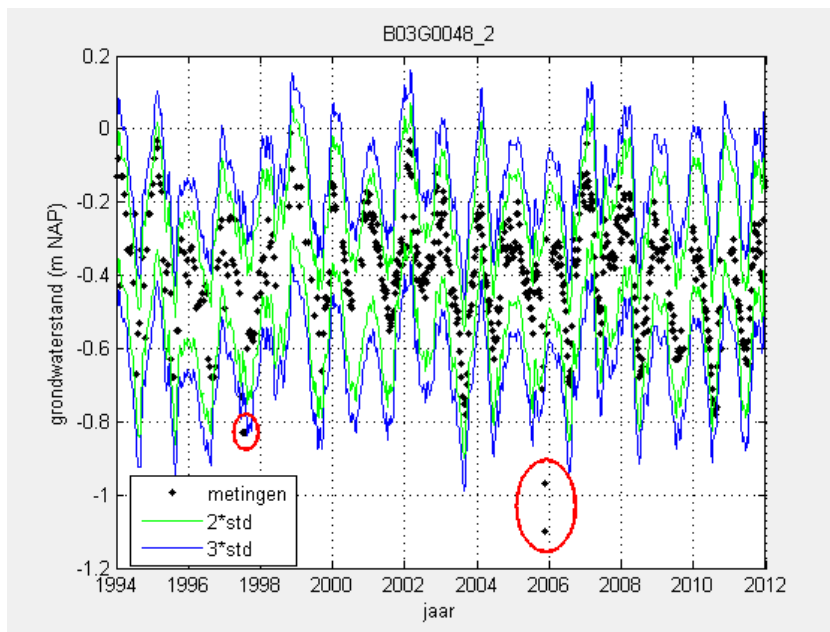
Bij 46 van de betrouwbaar gemodelleerde reeksen zijn geen bijzonderheden aangetroffen in de visuele inspectie. Toch zien we dat bij 39 van de 46 reeksen wel een of meer metingen die buiten de bandbreedte vallen. Een voorbeeld is te zien in Figuur 7-1, waar vijf metingen buiten de bandbreedte vallen.



*Figuur 7-1 Gemeten waarden (zwart) met in rood de metingen die buiten de bandbreedte van het tijdreeksmodel vallen (3 keer de standaardafwijking)*

Er zijn 28 reeksen waar wel bijzonderheden zijn aangetroffen in de visuele inspectie, maar die toch betrouwbaar gemodelleerd kunnen worden. In 25 van 28 reeksen vinden we ook één of meer metingen buiten de bandbreedte, zoals in het voorbeeld in Figuur 7-2. De drie bijzonderheden die niet opgespoord worden zijn kleine drift of kleine toename in het verschil met een ander filter.





Figuur 7-2 Gemeten waarden (zwart) met rood omcirkeld de metingen die buiten de bandbreedte vallen (bij 3 keer de bandbreedte)

We hebben een extra test gedaan met 4 keer de variantie als bandbreedte, dan worden slechts bij 14 reeksen zonder bijzonderheden in de visuele inspectie metingen buiten de bandbreedte gevonden. Dit is een afname van het aantal vals negatieven. Helaas heeft dit ook een sterke toename in het aantal vals positieven tot gevolg. Van de 28 reeksen met bijzonderheden, wordt slechts bij 14 metingen buiten de bandbreedte gevonden.

Net als bij de statistische toetsen zou er een bandbreedte moeten worden bepaald met behulp van een correcte historische reeks. Nieuwe metingen kunnen getoetst worden aan deze bandbreedte.

## 7.2 Voor het controleren van historische reeksen is deze methode minder geschikt. Opsporen van een trend

Er kunnen op verschillende manieren trends in een meetreeks komen. De meest duidelijke voorbeelden zijn toe- of afname van een winning en polderpeil aanpassingen. Maar er zijn ook andere mogelijkheden, zoals toename van de verdamping door hogere productie of aanleg van drainage. Het opsporen van langjarige trends is geen onderdeel van de validatie. De hydrologische oorzaak van een trend onderzoeken is onderdeel van de analyse van een meetreeks, niet van de validatie. Het opsporen en (tijdelijk) verwijderen van een langjarige trend kan wel nodig zijn als voorbereiding voor het zoeken naar uitschieters.

Een aparte vorm van een trend zien we soms in drukopnemerreeksen. Daarbij gaat het vaak om korte perioden. Deze drift doet zich niet werkelijk in de grondwaterstand voor, maar is een artefact door een drift van de drukopnemer of in de luchtdrukmeting die gebruikt wordt voor de vertaling van druk naar stijghoogte. Het opsporen van drift in drukopnemers is geen onderdeel van de standaardvalidatie van een hele meetreeks. Dit moet specifiek onderdeel zijn van de validatie van drukopnemerreeksen.

Een trendonderzoek is geen doel binnen de validatie, maar is een middel om onvolkomenheden van een meetreeks beter op te kunnen sporen.

### 7.2.1 Trend in het residu

In deze pilot is gekeken naar trends in het residu na modellering met neerslag en verdamping. Hiermee krijgen we een indruk van trendmatige stijging of daling (over de meetperiode) die niet door neerslag of verdamping wordt veroorzaakt. Het residu is het verschil tussen de gemeten waarden en de waarden volgens het tijdreeksmodel.

Bij 22 reeksen vinden we een significante trend in het residu, waarbij de waarde van de trend groter is dan 2 keer de standaarddeviatie ervan. In 6 van de 22 reeksen waar een significante trend gevonden is, zijn geen opmerkingen gemaakt in de visuele beoordeling. Hier gaat het om veranderingen die veroorzaakt lijken te worden door een externe hydrologische invloed, zoals bijvoorbeeld een winning in de omgeving. De reeks ziet er daarom met de visuele controle niet onbetrouwbaar uit.

Het idee was dat deze test geschikt kon zijn voor het opsporen van drift en sprongen. In 9 reeksen met een sprong of drift vinden we ook een significante trend, maar in de overige 22 reeksen met sprongen of trends vinden we geen significante trend.

### 7.3 Conclusies en aanbevelingen tijdreeks- en trendanalyse

De uitgevoerde tijdreeksanalyse met simulatie is alleen geschikt als validatietool voor stijghoogten die primair door neerslag en verdamping worden gestuurd, omdat alleen neerslag en verdamping als verklarende factoren zijn meegenomen. Net als bij de statistische toets in hoofdstuk 6, moet ook hier een bandbreedte worden vastgesteld op basis van een correcte historische reeks. Hiermee kunnen dan nieuwe metingen getoetst worden.

Het vaststellen van trends in het residu van een tijdreeksmodel is niet geschikt om drift op te sporen in historische reeksen. Als we alleen kijken naar significante trends, dan worden veel fouten genegeerd.

## 8 Huidige dataverzameling en validatieprocedures

In dit hoofdstuk beschrijven we kort de validatieprocedures die op dit moment door de drie provincies worden aangehouden.

### 8.1 Provincie Zuid-Holland

De stijghoogten van het KRW-meetnet van de provincie Zuid-Holland werden in 2013 opgenomen en gevalideerd door De Boer Advies en Uitvoering. Vóór 2013 werden de metingen door de provincie zelf uitgevoerd.

De metingen zijn gedaan met Divers (drukopnemers van Schlumberger) en er zijn baro-divers gebruikt voor de luchtdrukcompensatie. In 2013 zijn de Divers drie keer uitgelezen. Bij de eerste uitlezing bleek dat er veel slechte Divers hingen, waardoor gaten in de meetreeksen zijn gevallen. Verder bleek dat de handpeilingen voor 2013 niet altijd te vertrouwen waren, waardoor het niet mogelijk was om een goede validatie uit te voeren. In april en augustus 2013 en januari 2014 zijn handmetingen uitgevoerd door De Boer Advies en Uitvoering, met behulp van deze metingen kunnen de meetreeksen van 2013 wel gecontroleerd en gevalideerd worden.

De Boer Advies en Uitvoering heeft aangegeven dat deze validatie bestond uit de volgende stappen:

- De reeksen van de verschillende baro-divers worden met elkaar vergeleken.
- De drukmetingen worden gecorrigeerd voor luchtdruk (met goedgekeurde baro-meting).
- Van iedere reeks wordt een grafiek gemaakt waarin de meting wordt uitgezet samen met de handpeiling.  
Met een visuele controle wordt bepaald of er sprake is van een structurele afwijking, of van drift. Er wordt van een afwijking gesproken bij een verschil van meer dan 5 cm. Correctie van een verschil kleiner dan 5 cm wordt alleen gedaan als het structureel, meerdere keren achter elkaar wordt gemeten.
- Bijzonderheden worden met de opdrachtgever (provincie Zuid-Holland) afgestemd.
- Als de provincie akkoord is, worden indien nodig metingen aangepast.

### 8.2 Provincie Groningen

De provincie Groningen voert het verzamelen, controleren en valideren van stijghoogten zelf uit. Sinds 1995 worden drukopnemers (Divers) ingezet, en sinds 2008 is volledig overgeschakeld op drukopnemers met een meetfrequentie van eens per uur. De gegevens worden verwerkt en opgeslagen in Dawaco.

Historische gegevens zijn in het verleden gecontroleerd en gevalideerd op basis van de grafieken.

De drukopnemers worden vier keer per jaar uitgelezen en dan wordt ook een handmeting gedaan. De drukopnemermetingen worden na het uitlezen in Dawaco omgerekend naar

grondwaterstanden en gecontroleerd met de handmetingen. In Tabel 8-1 staan de overige controles met bijbehorende acties.

Tabel 8-1 Controles door de provincie Groningen

Controle op:	Actie
Metingen boven bovenkant buis	Geen actie want dit komt niet voor.
Metingen onder inhangdiepte	Ophanghoogte wordt aangepast.
Metingen onder onderkant filter	Diver wordt vervangen.
Metingen boven maaiveld	Geen actie. Dat is dan ook de werkelijkheid. Blijft dan wel onder meetpunt.
Metingen die langere tijd exact gelijk blijven	Dit is nog niet voorgekomen. Wel weinig variatie, maar dat ligt aan de hoge waterstand, en slecht doorlatende lagen.
Verdachte sprongen	Er wordt gekeken wat de oorzaak is, meestal tijdens uitlezingen, of monstername periodes. Deze gegevens worden verwijderd. Welke niet te verklaren zijn en langere periodes duren blijven staan.

### 8.3 Provincie Noord-Brabant

De provincie Noord-Brabant heeft het verzamelen, controleren en valideren van haar stijghoogtemetingen uitbesteed aan het waterleidingbedrijf Brabant Water. De heer Castelijns heeft een beschrijving gestuurd van de beoordeling van de metingen. Brabant Water maakt gebruik van FEWS voor opslag en controle van de gegevens. FEWS wordt ontwikkeld door Deltares ([www.deltares.nl/nl/software/479962/delft-fews](http://www.deltares.nl/nl/software/479962/delft-fews)).

#### 8.3.1 Controle gegevens

De volgende automatisch toetsen worden uitgevoerd als de data binnen komt. Dit gebeurt dus elke nacht voor de data die binnenkomt via sms. Als data naderhand handmatig wordt geïmporteerd gebeurt het opnieuw voor de hele periode waarover data is geïmporteerd.

- Zijn er metingen die boven de bovenkant van de peilbuis uitkomen (enkele artesische meetpunten uitgezonderd)?
- Is de meetwaarde lager dan de inhangdiepte?
- Zijn er meetwaarde en/of inhangdiepte lager zijn dan de onderkant van het filter?
- **Is er sprake van onlogisch "gedrag" van de tijdsreeksen? Hiermee wordt bedoeld:**
  - o Hydrologische onmogelijke sprongen.
  - o Onlogisch in relatie tot andere filters uit dezelfde put.
  - o Onlogisch in relatie met andere filters in de omgeving (vaak vergelijkbaar gedrag)
  - o Afwijkingen tussen het gedrag van de druklogger-reeks met gedrag van de historische handpeilingen-reeks.

Maandelijks wordt de laatste maand van de tijdreeks en de toetsuitslagen bekeken en beoordeeld. Vier keer per jaar, na een veldronde, wordt er handmatig data geïmporteerd (aanvullen van niet doorgekomen data) en wordt de tijdreeks beoordeeld op basis van de handpeilingen.

Bij de maandelijks controle wordt dus in eerste instantie naar de laatste maand gekeken en 4x per jaar wordt er naar het laatste kwartaal gekeken. Mocht een van deze controles daar aanleiding toe geven wordt er ook verder in de historie terug gekeken.

### 8.3.2 Werkwijze labels FEWS

In FEWS worden metingen die niet betrouwbaar zijn gelabeld. Indien een meting geen label bevat is deze dus als betrouwbaar beoordeeld. Hieronder worden de binnen FEWS beschikbare labels weergegeven en hoe ze worden toegepast:

- **Onbetrouwbaar:** Metingen waarvan duidelijk is dat ze niet juist zijn (oorzaak bekend of buiten harde grenzen).
- **Twijfelachtig:** Wordt gebruikt voor metingen waaraan wordt getwijfeld maar waar (nog) geen bewijs is dat ze onbetrouwbaar zijn. (Bijvoorbeeld eerste maal afwijking van de handpeiling).
- **Droogval:** Dit label wordt door Brabant Water niet gebruikt. Label is bedoeld voor droogvallen van een peilbuis en betekent dat de grondwaterstand lager is dan onderkant filter. Een druksensor kan wel droog komen te hangen maar dat betekent niet dat de grondwaterstand lager is dan onderkant filter. Metingen waar de druksensor droog komt te hangen worden gemarkeerd als onbetrouwbaar.
- **Inundatie:** Dit label wordt gebruikt bij metingen waarbij duidelijk is dat de peilbuis is volgelopen met regenwater of een overstroming. Alleen van toepassing bij straatpotten.
- **IJs:** Dit label wordt door Brabant Water niet gebruikt. Indien het water bovenin de peilbuis bevroren is meet de druksensor nog steeds de grondwaterstand (druk).

### 8.3.3 Automatische toetsing

Metingen worden automatisch getoetst aan enkele criteria. Indien de meting daaraan niet voldoet wordt het label door FEWS toegekend. Dit wordt als volgt toegekend:

Tabel 8-2: Toekenning van label na automatische toetsing

criterium		Label
Meting boven bovenkant buis	->	Onbetrouwbaar
Meting onder inhangdiepte	->	Onbetrouwbaar
Meting onder onderkant buis	->	Twijfelachtig
Meting boven maaiveld	->	Twijfelachtig
Meting dagen precies gelijk (op millimeter)	->	Onbetrouwbaar

### 8.3.4 Maandelijks validatie

Maandelijks controleert een hydroloog de automatisch toegekende labels, indien nodig wijzigt deze de toegekende labels. Ook worden er dan labels aan metingen toegevoegd op basis van hydrologische expertise. Bij het handmatig toekennen of wijzigingen van labels wordt indien noodzakelijk bij deze metingen een opmerking toegevoegd.

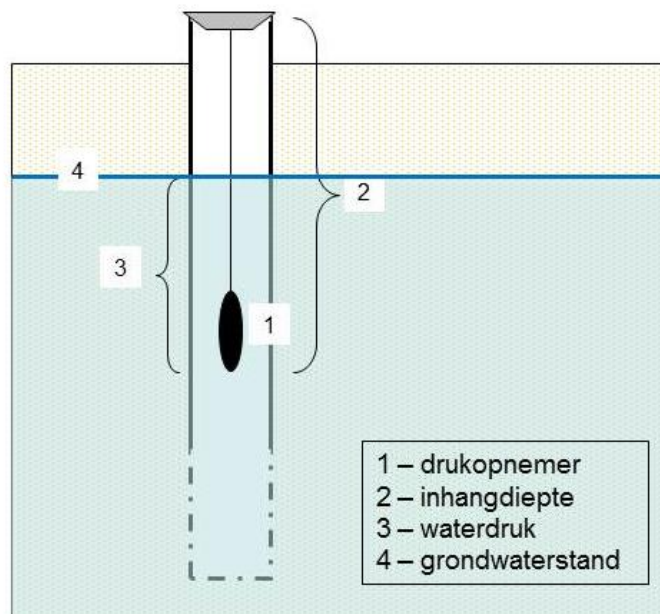
Naast het labelen van metingen worden er soms ook metingen aangepast. Dit gebeurt alleen als de oorzaak duidelijk is. Een tweetal voorbeelden hiervan zijn dat twee druksensors van filters zijn gewisseld of dat een druksensor is blijven steken in de peilbuis en dus de inhangdiepte niet correct is. Indien waarden worden aangepast wordt er altijd een opmerking bij deze metingen geplaatst. Binnen FEWS zijn ook altijd de originele waarden terug te halen.

## 9 Controle drukopnemerreeksen

Uit de datasets van de provincies Zuid-Holland en Groningen zijn 7 meetpunten gekozen die met Divers (drukopnemers van Schlumberger) worden opgenomen. Daarnaast zijn drie meetpunten in Overijssel gekozen die met Keller drukopnemers worden opgenomen. In dit hoofdstuk bekijken we de ruwe data van de drukopnemerreeksen en de luchtdrukreeksen.

### 9.1 Stijghoogte meten met drukopnemers

Het principe van de drukopnemers (zowel Keller als Diver) is dat de drukopnemer onder water wordt gehangen en vervolgens met een vast tijdsinterval de totale druk meet, dit is de waterdruk + de luchtdruk. Met behulp van de inhangdiepte en de hoogte van de bovenkant van de peilbuis kan de waterdruk boven de logger omgerekend worden naar een stijghoogte ten opzichte van NAP. De handmetingen kunnen vervolgens als controlemetingen gebruikt worden.



Figuur 9-1 Schematische weergave van een drukopnemer in een waarnemingsput

Rekenvoorbeeld met volgende metingen:

- Drukopnemer: 11,5 m H<sub>2</sub>O
- Luchtdruk: 10 m H<sub>2</sub>O
- Bovenkant peilbuis: 7,8 m NAP
- Inhangdiepte: 2,1 meter

De grondwaterstand is dan  $(7,8 - 2,1) + (11,5 - 10) = 7,2$  m NAP.

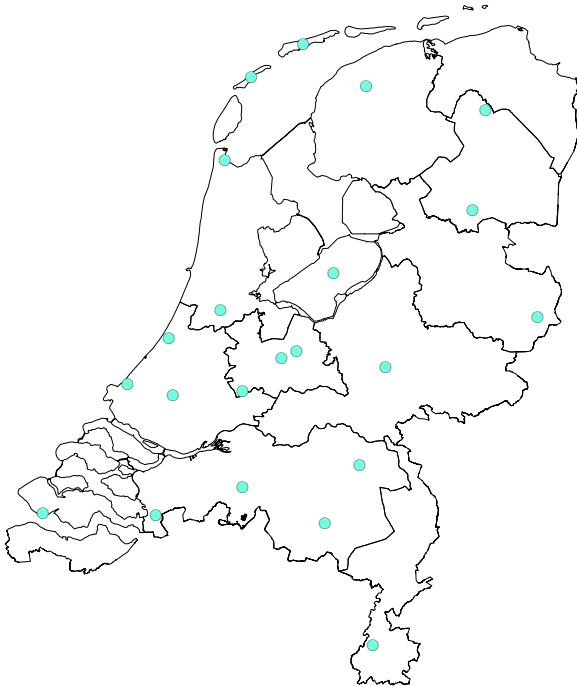
Bij iedere Keller-drukopnemer wordt ook de luchtdruk gemeten. Bij het instellen van de Keller wordt de inhangdiepte al meegegeven. Bij het uitlezen wordt dan meteen de grondwaterstand weggeschreven. Divers geven bij het uitlezen altijd de totale druk en

moeten achteraf worden gecompenseerd voor luchtdruk en omgerekend naar grondwaterstanden.

## 9.2 Controle luchtdruk

Zowel Divers als Kellers meten de totale druk boven de sensor, dit is dus de waterdruk plus de luchtdruk. Om dit om te rekenen naar een grondwaterstand moet de luchtdruk van de totale druk afgetrokken worden.

Bij het gebruik van Divers kan je kiezen tussen eigen luchtdrukmetingen met een luchtdrukdiver, of de luchtdruk van een KNMI station. Bij een Keller wordt een omgerekende waarde uitgelezen. Het is mogelijk om een andere dan de lokaal gemeten luchtdruk te gebruiken voor compensatie, maar voor zover bekend wordt dit nergens gedaan.



*Figuur 9-2 KNMI stations met luchtdrukmetingen*

In dit onderzoek gaan we er vanuit dat de KNMI metingen van de luchtdruk correct en betrouwbaar zijn. De luchtdruk die met de drukopnemers is gemeten controleren we daarom met de luchtdruk van het dichtsbijgelegen KNMI station. In Nederland zijn 22 meetstations waar de luchtdruk van beschikbaar is (zie Figuur 9-2), de luchtdruk is beschikbaar via [www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/](http://www.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/).

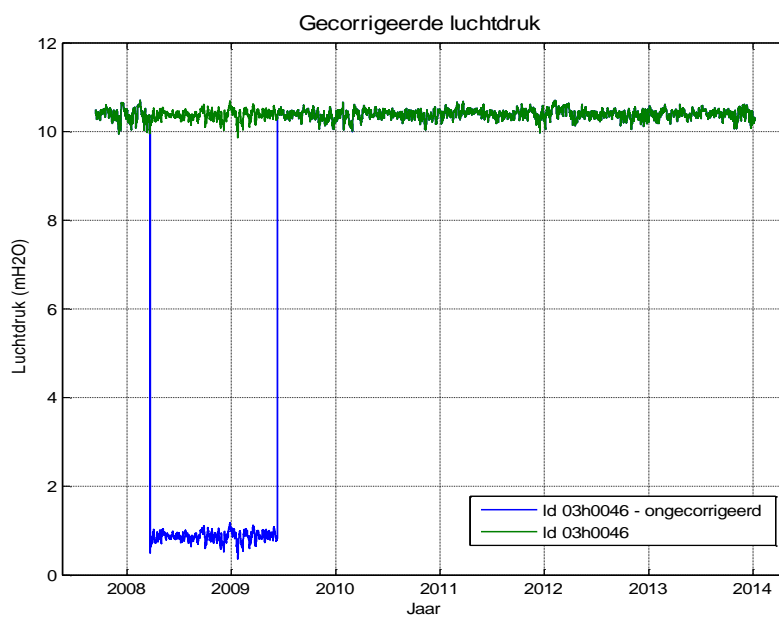
### 9.2.1 Luchtdruk Groningen

Door de provincie Groningen zijn van de volgende locaties luchtdrukreeksen aangeleverd:

Tabel 9-1 Luchtdruk aangeleverd door provincie Groningen

Locatie	Periode	Aantal bestanden
Id 03h0046	13/09/2007 - 07/01/2014	14
Id 07c1732	06/03/2008 - 18/12/2008	14
Id B06H0053a	03/11/2007 - 13/05/2008	2
Id hgz	21/09/2007 - 15/01/2009	10
Id hgz2 (zelfde locatie als Id hgz, maar als aparte reeks aangeleverd)	15/01/2009 - 13/11/2013	8

Delen van de luchtdrukreeksen van Id 03h0046, Id 07c1732, Id hgz en Id hgz2 zijn gecorrigeerd door er 9.5 m H<sub>2</sub>O bij op te tellen (zie Figuur 9-3). Van Essen heeft indertijd aangegeven dat er een fout in de programmatuur zat en dat er 950 bij de waarden opgeteld moet worden.



Figuur 9-3 Correctie met 9.5 m H<sub>2</sub>O. Oorspronkelijke luchtdruk (groen) en gecorrigeerde waarden (blauw).

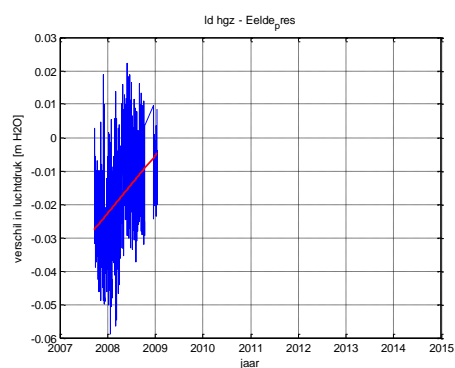
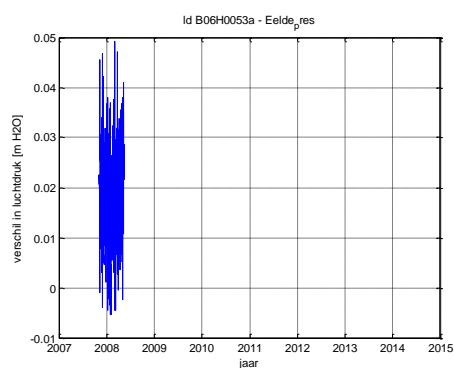
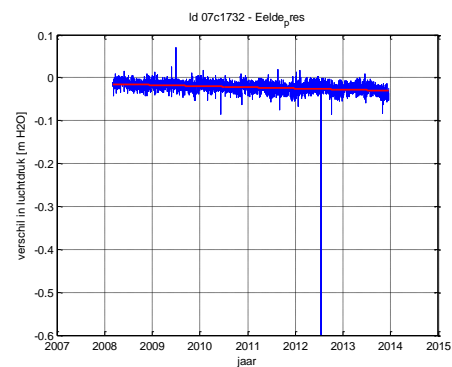
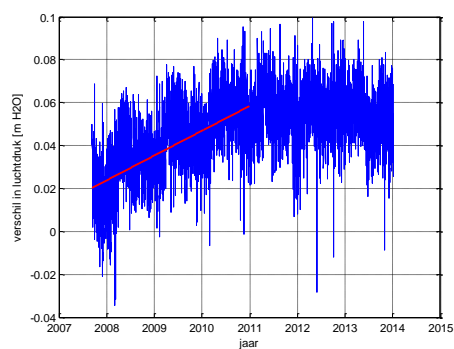


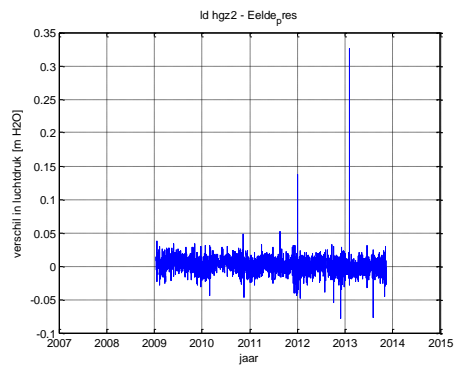
De luchtdrukmetingen van de baro-divers zijn vergeleken met de luchtdruk op het KNMI station Eelde.

Tabel 9-2 Verschil tussen de Diver luchtdruk en de KNMI luchtdruk

	Afstand tot KNMI station Eelde (km)	Gemiddelde luchtdruk over gemeten periode (m H2O)		Gemiddeld verschil (m)	Standaard deviatie (m)	Maximum verschil (m)
		Diver	Eelde			
Id03h0046	38	10.39	10.34	0.047	0.015	0.100
Id07c1732	21	10.32	10.34	-0.022	0.009	-0.600
IdB06H0053a	21	10.36	10.34	0.018	0.007	0.049
ldhgz	10	10.34	10.36	-0.017	0.011	-0.059
ldhgz2	10	10.34	10.34	0.001	0.008	0.325

Bij vier reeksen zit een (kleine) structurele afwijking tussen de Diver-luchtdruk en de KNMI-luchtdruk. Het gemiddelde verschil varieert van -2.2 tot +4.7 cm. Alleen op locatie ldhgz2 is het gemiddelde verschil kleiner dan 1 cm. Over het algemeen is het verschil tussen de Diver-luchtdruk en de KNMI-luchtdruk klein. Bij Id03h0046 en ldhgz2 zien we een uitschieter van enkele decimeters.





Figuur 9-4 Verschil tussen luchtdruk gemeten met een baro-diver en de luchtdruk op het KNMI station Eelde

Bij drie van de vijf luchtdrukmetingen met Divers is een trend te zien in het verschil tussen de luchtdrukmeting met Diver en de luchtdrukmeting door KNMI bij Eelde (Figuur 9-4):

- Bij ld03h0046 neemt het verschil toe met 0.038 m over de periode 2007 - 2010.
- Bij ld07c1732 neemt het verschil af met 0.016 m over de hele meetperiode (2008 - 2014).
- Bij ldhgz is het verschil afgenomen met 0.023 m over de meetperiode (2007 - 2009).

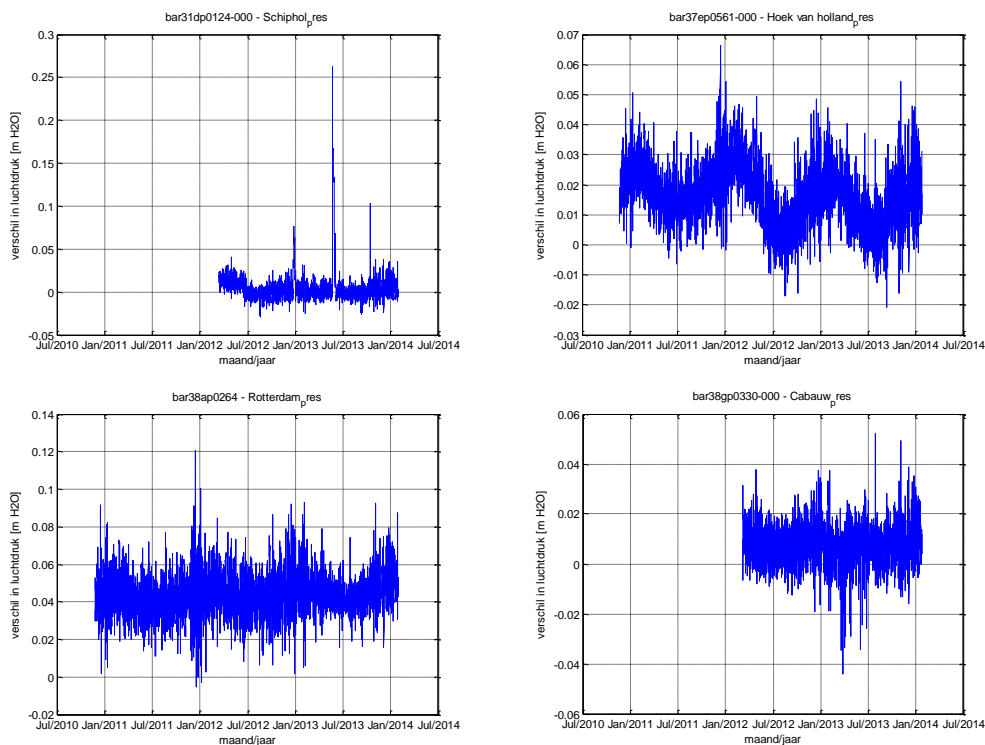
Als we er vanuit gaan dat de luchtdrukmeting door KNMI op Eelde correct is, dan wordt de verandering veroorzaakt door drift in de baro-diver.

### 9.2.2 Luchtdruk Zuid-Holland

De luchtdruk is gemeten op vier locaties met een luchtdrukdiver. De luchtdruk die met de Diver is gemeten, hebben we vergeleken met de luchtdruk van het dichtstbij gelegen KNMI station. Bij alle vier reeksen is een kleine structurele afwijking te zien tussen de Diver-luchtdruk en de KNMI-luchtdruk.

Tabel 9-3 Verschil tussen de Diver luchtdruk en de KNMI luchtdruk

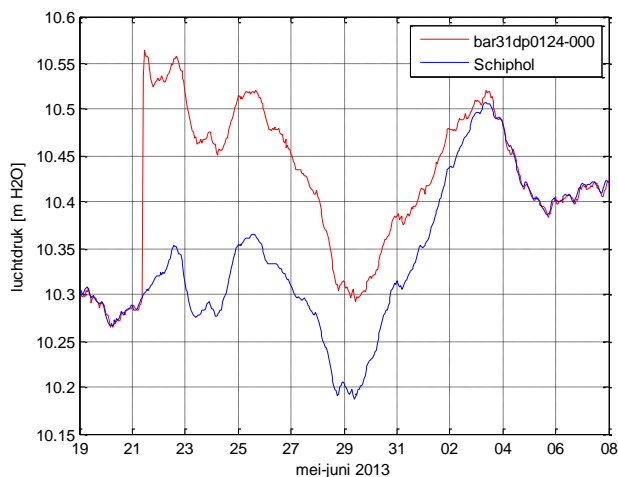
Baro-diver	Vergelijk met KNMI station	Gemiddelde luchtdruk over gemeten periode (m H2O)		Gemiddeld verschil (m)	Standaard deviatie (m)	Maximum verschil (m)
		Diver	KNMI			
bar31dp0124	Schiphol	10.34	10.33	0.006	0.020	0.263
bar37ep0561	Hoek van Holland	10.36	10.35	0.016	0.009	0.066
bar38ap0264	Rotterdam	10.39	10.35	0.044	0.009	0.121
bar38gp0330	Cabauw	10.34	10.34	0.008	0.006	0.052



Figuur 9-5 Verschil tussen luchtdruk gemeten met een baro-diver en de luchtdruk op het KNMI station

Opvallende punten:

- Bij bar31dp0124 is op 21 mei 2013 een sprong te zien in de luchtdruk (stijging van circa 25 cm). Daarna zakt de luchtdruk in circa twee weken weer naar een niveau vergelijkbaar met de luchtdruk op Schiphol (Figuur 9-6). Dit is de oorzaak voor het tijdelijke grote verschil tussen de twee metingen (Figuur 9-5). Er zijn nog twee perioden met een tijdelijk groter verschil tussen de divermeting en de luchtdrukmeting op Schiphol.

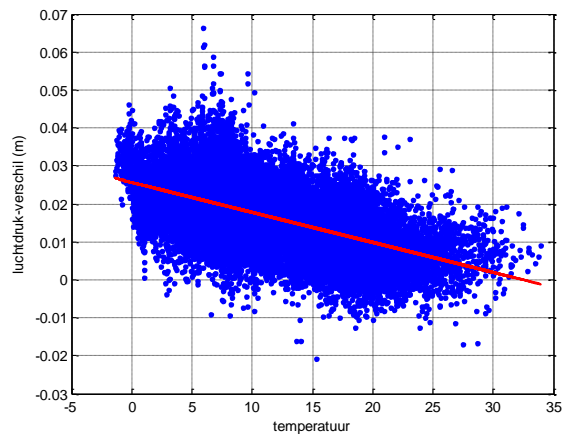


Figuur 9-6 Korte periode met afwijking tussen luchtdruk Diver en Schiphol

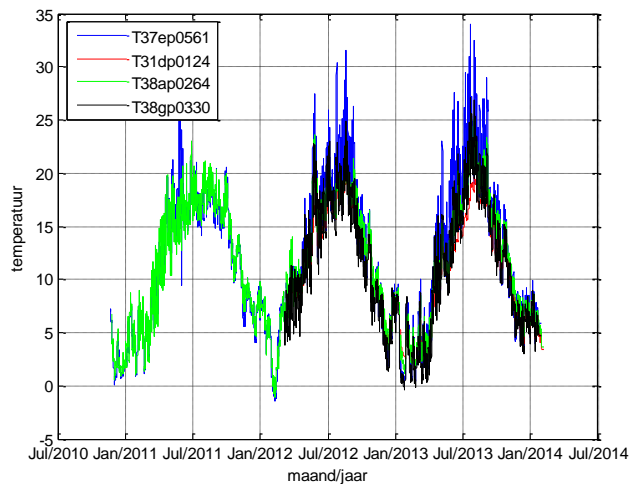
- bar38ap264: structurele afwijking van ruim 4 cm H<sub>2</sub>O tussen de Divermeting en de KNMI luchtdrukmeting van Rotterdam. Ter controle is ook het verschil bekeken met

vijf andere KNMI luchtdrukmetingen in de omgeving, en bij allemaal is een structurele afwijking van circa 4 cm H<sub>2</sub>O te zien.

- Bij bar37ep561 is een seizoensinvloed te zien in het verschil met de KNMI luchtdruk bij Hoek van Holland. In de winter is het verschil tussen de twee metingen rond 2 tot 3 cm en in de zomer is het verschil veel kleiner, rond 0 tot 1 cm. De seizoensinvloed zit in de Divermeting, en heeft mogelijk te maken met temperatuur (Figuur 9-7). Bij deze Diver lijkt de gemeten (lucht)druk beïnvloed te worden door de temperatuur. Waarschijnlijk ligt het aan de Diver en niet aan de temperatuurmeting, want in de andere drie luchtdrukdivers zijn vergelijkbare temperatuurschommelingen gemeten (zie Figuur 9-8). Het dag-nacht ritme is bij 37ep561 wel veel groter dan bij de andere drie Divers.



Figuur 9-7 Relatie tussen de luchtdrukafwijking (verschil tussen luchtdrukdiver en KNMI luchtdruk) en de temperatuur van de luchtdrukdiver.



Figuur 9-8 Temperatuurmeting van de vier verschillende luchtdrukdivers van Zuid-Holland

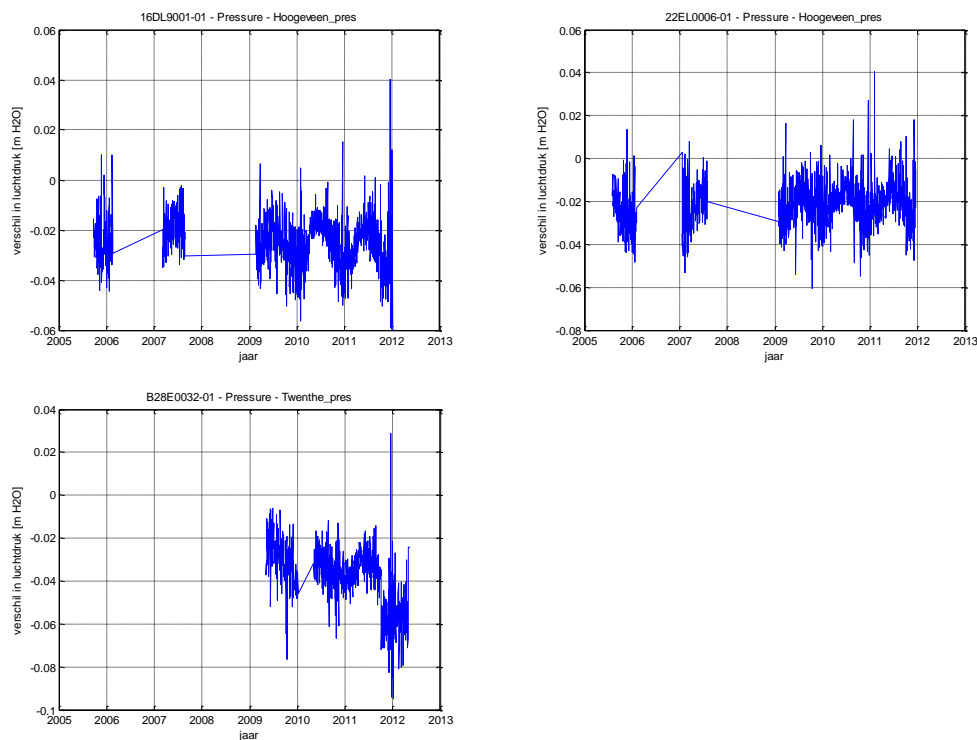
### 9.2.3 Luchtdruk Overijssel

In Overijssel wordt met drukopnemers van Keller gewerkt. Overijssel corrigeert afwijkingen door aanpassing van de kabellengte in de software. Er wordt dus een fictieve kabellengte gebruikt in plaats van de werkelijke. Die keuze is gemaakt omdat men het nulpunt van de drukopnemer vanaf de eerste meting niet wil veranderen (geen reset van de drukopnemer).

Hierdoor kan er een structureel verschil zijn tussen de lokale luchtdruk en de KNMI-luchtdruk, zonder dat dit doorwerkt in de grondwaterstand. Verloop van de luchtdruk (drift) werkt wel door in de grondwaterstand. Iedere Kellermeting heeft een eigen luchtdrukmeting. In de output files (idc files) zit de grondwaterstand, maar bij iedere idc file is ook een backup file (Back-file) aangemaakt waarin de oorspronkelijke drukmetingen (totale druk en luchtdruk) is bewaard. Van de gecontroleerde meetpunten zijn niet alle Back-files beschikbaar, daarom zitten er gaten in de metingen. De luchtdruk uit de Back-files is vergeleken met de luchtdruk op het dichtstbijzijnde KNMI station.

Tabel 9-4 Verschil tussen de Keller luchtdruk en de KNMI luchtdruk

Locatie lokale luchtdruk	Vergelijk met KNMI station	Gemiddelde luchtdruk over gemeten periode (m H <sub>2</sub> O)		Gemiddeld verschil (m)	Standaard deviatie (m)	Maximum verschil (m)
		Keller (m)	KNMI (m)			
16DL9001-01	Hoogeveen (32 km)	10.32	10.35	-0.025	0.009	-0.060
22EL0006-01	Hoogeveen (13 km)	10.32	10.35	-0.021	0.010	-0.061
B28E0032-01	Twenthe (27 km)	10.32	10.35	-0.038	0.014	-0.095



Figuur 9-9 Verschil tussen de lokale luchtdruk (Keller meting) en de KNMI luchtdruk

Opvallende punten:

- Op alle drie locaties is de luchtdrukmeting van de Keller enkele cm lager is dan de KNMI-luchtdruk. De KNMI luchtdruk is omgerekend naar NAP hoogte, terwijl de Keller op maaiveldhoogte van de peilbuis meet. De luchtdruk neemt af met 1 hPA per 8 meter. Voor 22EL0006-01 en B28E0032-01 lijkt het gemiddelde verschil deels verklaard te worden door het hoogteverschil, maar er blijft een structureel verschil over.

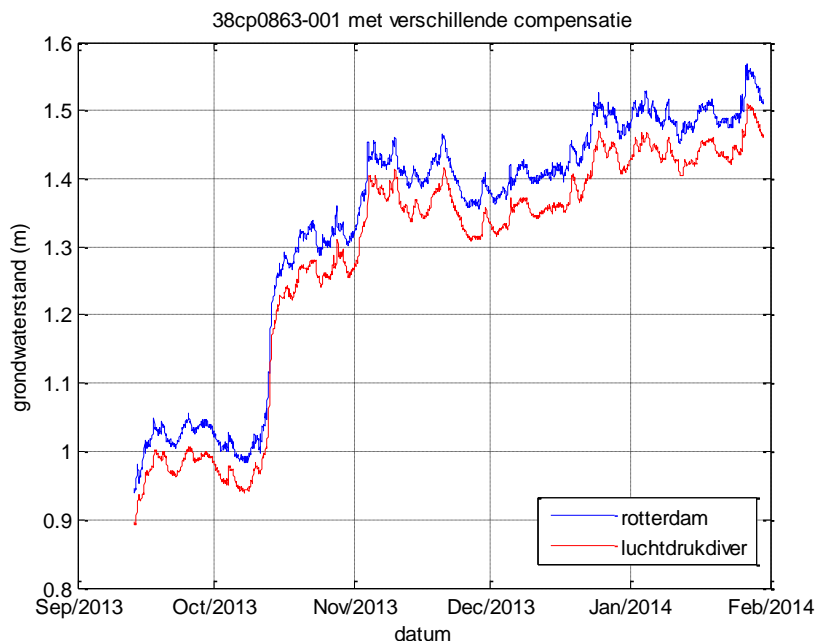
Luchtdrukdiver	Hoogte bkb (m NAP)	Structureel verschil door hoogteverschil (m)	Gemiddeld verschil Keller - KNMI (m)
16DL9001-01	3.56	0.005	-0.025
22EL0006-01	10.88	0.014	-0.021
B28E0032-01	21.26	0.027	-0.038

- Bij B28E0032-01 neemt het verschil toe van circa -3.5 tot -6 cm. De toename van het verschil ontstaat in enkele dagen, begin oktober 2011.
- Er lijkt een seizoensfluctuatie in het verschil te zitten; in de zomer is het verschil kleiner dan in de winter.

#### 9.2.4 Hoe omgaan met luchtdrukcompensatie

Omdat de luchtdruk van de totale druk afgetrokken wordt, plant een fout in de luchtdrukmeting zich voort in de waterstand van alle locaties waar deze luchtdrukmeting gebruikt wordt voor compensatie. Goede en betrouwbare luchtdrukmetingen zijn daarom van groot belang. Bij het controleren van de luchtdruk blijkt dat de met een drukopnemer gemeten luchtdruk niet altijd betrouwbaar is:

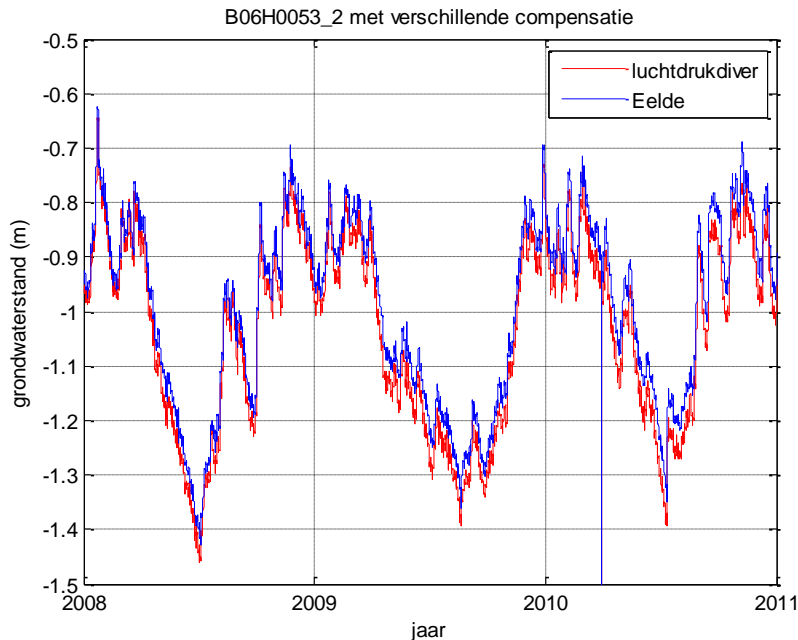
- Bij een aantal drukopnemers zien we structurele verschillen, die niet (geheel) verklaard kunnen worden door verschil in hoogte. In Figuur 9-10 is het effect van verschillende compensatie te zien. De stijghoogte is enkele cm lager als de Diver-luchtdruk wordt gebruikt in plaats van KNMI. Dit hoeft geen probleem te zijn als er voldoende handmetingen beschikbaar zijn. In dat geval wordt het structureel verschil bij de correctie aan de handmetingen opgelost.



*Figuur 9-10 Stijghoogtereeks gecompenseerd met Diver-luchtdruk en KNMI luchtdruk (structureel verschil)*

- Het verschil tussen een drukopnemer-luchtdruk en KNMI-luchtdruk neemt soms toe of af. We zien zowel sprongsgewijze verandering van het verschil als een langzame

toe- of afname. In Figuur 9-11 zien we dat de stijghoogtereeks met Diver-luchtdruk langzaam zakt ten opzichte van de stijghoogtereeks waarbij KNMI luchtdruk is gebruikt voor compensatie. Ook drift kan met handmetingen worden opgespoord en gecorrigeerd, maar dit is wel lastiger.



*Figuur 9-11 Eén stijghoogtereeks gecompenseerd met twee verschillende luchtdrukmetingen (lokaal gemeten luchtdruk met een Diver en KNMI luchtdruk)*

- Bij een aantal drukopnemers zien we seizoensfluctuatie in het verschil tussen de twee luchtdrukmetingen. In de zomer is het verschil kleiner dan in de winter. Dit is moeilijker te corrigeren.

#### 9.2.4.1 KNMI in plaats van drukopnemer-luchtdruk

Er kan voor gekozen worden om in plaats van lokaal met de drukopnemer gemeten luchtdruk de KNMI luchtdruk te gebruiken om drukmetingen te compenseren.

Voordelen:

- Luchtdruk van KNMI is zeer betrouwbaar.
- Luchtdruk van KNMI is gratis te downloaden.
- Minder kans op fouten, doordat er minder bewerkingen plaatsvinden.

Nadelen:

- De afstand tot een KNMI station is vaak groter dan de afstand tot een lokale drukopnemer. Dit nadeel is voor Kellers nog groter dan voor Divers omdat de luchtdruk bij een (relatieve) Keller ter plaatse van de peilbuis zelf gemeten wordt.
- De KNMI-luchtdruk moet omgerekend worden naar de hoogte van de drukopnemer (let op, het gaat om de diepte van de drukopnemer, niet het maaiveld).

#### 9.2.4.2 Aanpassen van de drukopnemer-luchtdruk aan de hand van de KNMI luchtdruk

Een andere optie is om wel de lokaal gemeten drukopnemer-luchtdruk te gebruiken, maar deze eerst te controleren en indien nodig aan te passen op basis van vergelijking met de KNMI luchtdruk (via een lopend mediaanfilter, zie de Meij en von Asmuth, 2011).

Voordelen:

- De afstand tot de drukopnemer luchtdruk is kleiner, dus de luchtdruk is representatiever voor de locatie en er wordt minder ruis geïntroduceerd. Dit voordeel is het grootst bij Kellers.

Nadelen:

- Extra kans op fouten doordat er meer handelingen nodig zijn.
- Soms meerdere bewerkingen nodig (temperatuur correctie, correctie van drift en correctie van offset).
- De KNMI-luchtdruk moet omgerekend worden naar de hoogte van de drukopnemer (let op, het gaat om de diepte van de drukopnemer, niet het maaiveld).

### 9.3 Onderzoeken naar verschillende luchtdrukcompensaties

In de afgelopen jaren zijn er verschillende kleine onderzoeken gedaan naar fouten en ruis die ontstaan door het gebruik van verschillende luchtdrukmetingen. Deze onderzoeken zijn allemaal vrij beperkt en kijken naar één of enkele luchtdrukmetingen. Het is lastig om op basis hiervan een algemeen geldende uitspraak te doen.

#### 9.3.1 Onderzoek KWR

In de Meij en Von Asmuth (2011) is uitgezocht wat het effect is van afstand op luchtdruk (zie Tabel 9-5). De gemiddelde verschillen zijn klein, maar incidenteel kunnen grotere verschillen ontstaan, bijvoorbeeld tijdens buien die over het land trekken.

*Tabel 9-5 Luchtdrukverschil in cm waterdruk tussen KNMI-station Hoorn (Terschelling) en vijf zuidelijker gelegen stations. Cijfers gebaseerd op vergelijking van uurwaarden over een periode van tien jaar.*

	Leeuwarden	Lelystad	Deelen	Volkel
Afstand (km)	35	112	153	196
Gemiddeld verschil (cm)	0.2	0.6	0.8	1.0
Afwijking (2 sigma, cm)	+/- 0,9	+/- 2,8	+/- 4,0	+/- 5,0
Min en max (cm)	-2,2 tot 3,1	-4,2 tot 8,2	-5,8 tot 10,2	-12 tot 12,6

In Von Asmuth (2011) is ook gekeken naar het verschil tussen twee luchtdrukmetingen op enkele meters afstand van elkaar, hierbij is een ruis te zien die meestal kleiner is dan 1 cm. Dezelfde luchtdrukmeting is ook vergeleken met een KNMI station 14 km verderop, dan is de ruis enkele cm. Een lokaal gemeten luchtdruk geeft dus een betere luchtdrukmeting met minder ruis. De lokaal gemeten luchtdruk moet wel gecontroleerd en indien nodig gecorrigeerd worden.

#### 9.3.2 Toelichting van KNMI

Brabant Water heeft bij het KNMI nagevraagd hoe het zit met luchtdrukvariaties in Noord-Brabant. KNMI heeft de volgende reactie gegeven (e-mail R. Jilderda, KNMI):

De variatie in de luchtdruk boven Nederland is in de regel gering. Slechts bij bepaalde weersomstandigheden kunnen op betrekkelijke korte afstand grote verschillen in luchtdruk ontstaan. Deze verschillen zijn op de weerkaart terug te vinden in troggen bij depressies en bij koufronten. Dit leidt tot het ontstaan van stormen en hevige windstoten bij het passeren van een koufront.

Deze verschijnselen zijn echter zeldzaam. Boven Nederland is gemiddeld genomen de luchtdrukgradiënt 0 hPa/km. De standaardafwijking hierin bedraagt ca. 0,01 hPa/km. Deze



cijfers geven aan, dat luchtdrukverschillen voornamelijk door toeval ontstaan. Omdat de verschillen bestaan langs bewegende weersystemen, verandert de luchtdrukgradiënt ook nog in betrekkelijk korte tijd.

Concluderend kan gesteld worden, dat de luchtdrukgradiënt op de meeste dagen vrijwel 0 hPa/km is. Op enkele dagen per jaar varieert deze sterk, maar vanwege de grote treksnelheden van weersystemen is het dan niet mogelijk om de representativiteit voor een bepaalde locatie aan te geven. Voor de jaren 1996 - 2007 was boven de provincie Brabant de grootste luchtdrukgradiënt ca. 0,3 hPa/km.

### 9.3.3 Onderzoek Artesia

Door Artesia (Van Baar 2010) is gekeken naar het verschil de luchtdruk op het KNMI station Woensdrecht en drie andere KNMI stations in de omgeving. De conclusie is dat er weinig verschil is tussen de vier KNMI stations. Er is daarentegen wel een groot verschil tussen de luchtdruk op het KNMI station Woensdrecht en een baro-diver. De fout bestaat uit een systematische fout van 5 cm, een temperatuurafhankelijke fout en ruis.

De conclusie van het memo is dat grondwater-divers niet gecorrigeerd moeten worden met de temperatuur afhankelijke baro-diver. Het is beter de Diver te corrigeren d.m.v. de KNMI-data.

### 9.3.4 Memo Waterschap Brabantse Delta

Brabantse Delta heeft een interne memo (Van Ouwerkerk, 2010) geschreven om te bepalen of het waterschap baro-divers of KNMI luchtdruk zal gebruiken voor compensatie. In de memo wordt gebruik gemaakt van de informatie uit onderzoek van Artesia en de e-mail van het KNMI.

Waterschap Brabantse Delta concludeert dat lokale baro-divers beter scoren op afstandsvariatie, maar op alle andere punten scoort het gebruik van KNMI-data beter. De afstandsvariatie wordt als relatief onbelangrijk gezien in relatie tot de meetdoelen van het waterschap. Het Waterschap heeft daarom besloten om over te gaan op KNMI-data als correctie.

In een telefonisch overleg heeft de heer Ouwerkerk aangegeven dat behalve waterschap Brabantse Delta, ook Aa en Maas, Brabant Water en voor een deel de provincie Noord-Brabant over gestapt zijn op KNMI luchtdruk in plaats van eigen luchtdrukmetingen. Waterschap de Dommel gebruikt geen KNMI luchtdruk, omdat ze gebruik maken van Kellers.

### 9.3.5 Samenvatting en advies luchtdruk-correctie

Fouten in de luchtdruk werken door in de grondwaterstand en kunnen leiden tot fouten van enkele centimeters in de grondwaterstand. Bij het verwerken van meetreeksen van drukopnemers moet daarom niet alleen de gemeten druk in het grondwater gevalideerd worden, maar ook de lokaal gemeten luchtdruk waarmee gecompenseerd wordt. De praktijk is dat meetnetbeheerders dit lang niet altijd niet doen.

Op grond van de beperkte beschikbare kennis lijkt het waarschijnlijk dat de fouten die ontstaan door te compenseren met luchtdrukwaarnemingen van het dichtstbijzijnde KNMI-station (op relatief grote afstand van het meetpunt) kleiner zijn dan de fouten die ontstaan bij het gebruik van ongecorrigeerde eigen luchtdrukdata op kleinere afstand van de meetlocatie. Dat geldt zeker bij het gebruik van Divers, omdat in dat geval de eigen luchtdrukdata vaak niet afkomstig zijn van het meetpunt zelf, maar van een luchtdruk-diver op meerdere kilometers afstand.

De grootste nauwkeurigheid is waarschijnlijk te bereiken door gebruik van eigen luchtdrukdata van de meetlocaties zelf (zoals bij een Keller) die gecorrigeerd zijn op basis van metingen van het dichtstbijzijnde KNMI-station. Hiervoor is nog geen gestandaardiseerde procedure ontwikkeld. Het ontbreken van een goede, eenvoudige methode/tool voor controle en aanpassing van lokaal gemeten luchtdruk leidt er nu toe dat er of niet gecontroleerd (en gecorrigeerd) wordt, of dat men helemaal overstapt op KNMI luchtdruk.

Kwantificering van de meerwaarde van gecorrigeerde lokale luchtdruk boven KNMI luchtdruk als compensatie is onderwerp van een lopend onderzoek van KWR in samenwerking met TU - Delft.

#### 9.4 Controle administratieve gegevens

Ook bij de controle van drukopnemergegevens zijn technische gegevens van de drukopnemer, peilbuis en filter van belang.

- Hoogte bovenkant peilbuis is nodig voor omrekenen naar grondwaterstand ten opzichte van NAP.
- Filterdiepte is van belang om te kunnen controleren of de drukopnemer niet te diep heeft gehangen.
- Inhangdiepte van de drukopnemer is van belang voor het omrekenen van druk naar grondwaterstand.
- Handmetingen zijn nodig om de grondwaterstand te kunnen controleren en indien nodig corrigeren.

In Tabel 9-6 is een overzicht gegeven van de beschikbare gegevens voor de verschillende drukopnemerreeksen. In Groningen en Overijssel zijn voldoende gegevens beschikbaar, maar in Zuid-Holland zijn zeer weinig gegevens van de inhangdiepte en handmetingen.

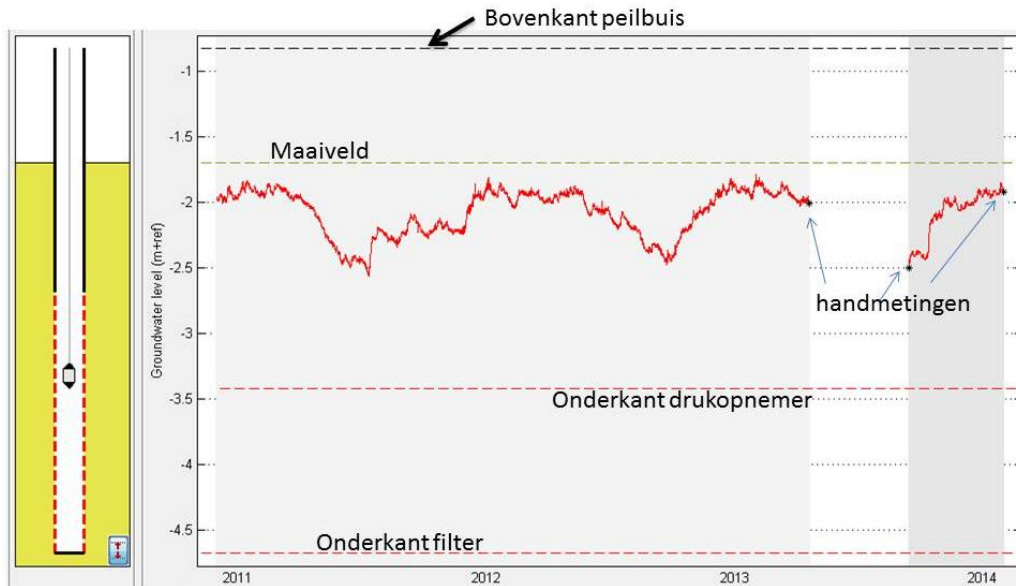
Tabel 9-6: Controle administratieve gegevens drukopnemerreeksen

Put	Provincie	Bovenkant buis (m NAP)	Onderkant filter (m NAP)	Inhang diepte	
				Aanwezig	Hand metingen aantal
B03G0105_2	Gr	5.94	-21.87	ja	24 (in 6 jr)
B06H0053_2	Gr	1.12	-54.30	Ja	26 (in 6 jr)
B07D0281_2	Gr	-1.23	-59.00	Ja	23 (in 6 jr)
31DP0124_5	ZH	-2.13	-81.01	Vanaf 18-4-2013	3 (vanaf 18-4-2013)
37BP0233_1	ZH	0.63	-5.59	Vanaf 12-4-2013	3 (vanaf 12-4-2013)
38CP0863_1	ZH	-0.82	-4.68	Vanaf 19-4-2013	3 (vanaf 19-4-2013)
38GP0318_1	ZH	2.26	2.26	Vanaf 3-4-2013	3 (vanaf 3-4-2013)
16DL9001_1	O	3.99	-1.05	ja	20 (in 10 jr)
22EL0006_1	O	10.88	7.69	ja	19 (in 10 jr)
28EP0032_1	O	21.71	16.28	ja	18 (in 10 jr)

Menyanthes heeft een speciaal scherm waarin een aantal zaken in één keer te controleren is (zie Figuur 9-12). Hiermee kunnen verschillende drukopnemerreeksen van één locatie in een keer gecontroleerd worden, ook als in de loop van de tijd andere drukopnemers zijn ingehangen, of de inhangdiepte is gewijzigd. De volgende controles zijn visueel uitgevoerd:

1. Hangt de drukopnemer hoger dan de onderkant van het filter?

2. Is de grondwaterstand gelijk aan de inhangdiepte? Dit betekent droogval.
3. Komt de stijghoogte boven de bovenkant van de peilbuis?
4. Komt de grondwaterstand boven maaiveld?



Figuur 9-12 Controle van inhangdiepte in *Menyanthes*

In Groningen is de inhangdiepte in geen van de reeksen lager dan de onderkant filter en de stijghoogte komt niet boven bovenkant buis of maaiveld. Een aantal keer is de luchtdruk gemeten, deze losse metingen (met uitlezen) zijn uit de reeks verwijderd.

In Zuid-Holland starten de meetreeksen in 2011 of 2012, maar er zijn alleen inhangdieptes en handmetingen beschikbaar vanaf april 2013. Bij het invoeren van de reeksen zijn we er vanuit gegaan dat de inhangdiepte vóór april 2013 hetzelfde was. In Zuid-Holland is de inhangdiepte nergens lager dan de onderkant filter. De drukopnemer heeft niet droog gehangen; er zijn geen metingen gelijk aan de luchtdruk. De ongecorrigeerde metingen komen in 3 van de vier reeksen boven maaiveld en in twee reeksen boven de bovenkant van de peilbuis. Het is niet bekend of er in deze buizen sprake is van overdruk, of van overstrooming.

In Overijssel is de inhangdiepte nergens lager dan de onderkant filter en de stijghoogte komt niet boven bovenkant buis of maaiveld. In 28EP0032\_1 komt de drukopnemer regelmatig droog te hangen, ook nadat deze in 2006 dieper is gehangen.

### 9.5 Opsporen van fouten en bijzonderheden in drukopnemerdata

De drukmeting is na compensatie met de luchtdruk omgerekend naar een grondwaterstand. Voor Groningen en Zuid-Holland hebben we voor dit project gebruik gemaakt van de luchtdruk van het dichtsbijgelegen KNMI station.

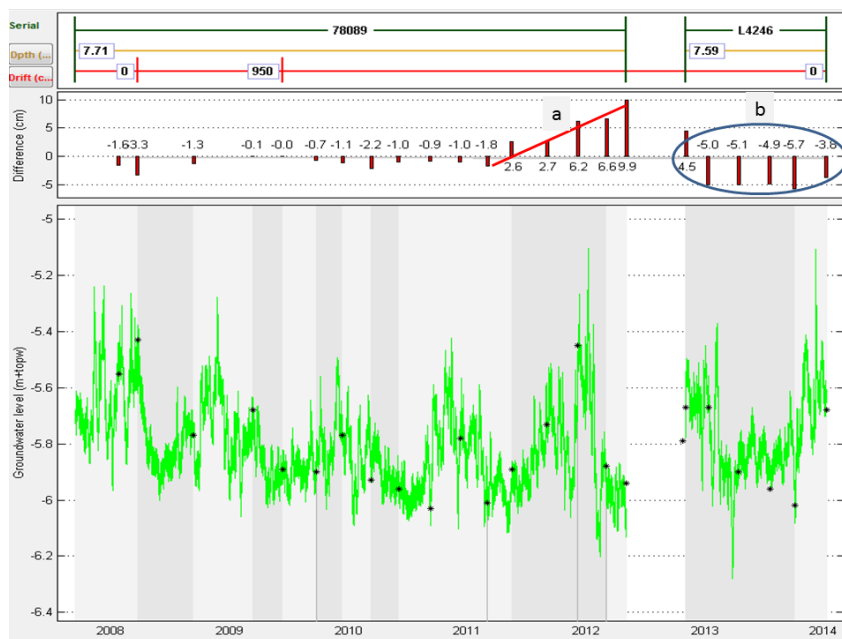
De grondwaterstanden zijn gecontroleerd met de handmetingen. De handmetingen zijn een onafhankelijke controle van de grondwaterstanden.

## 9.5.1 Groningen: bijzonderheden in Diver metingen

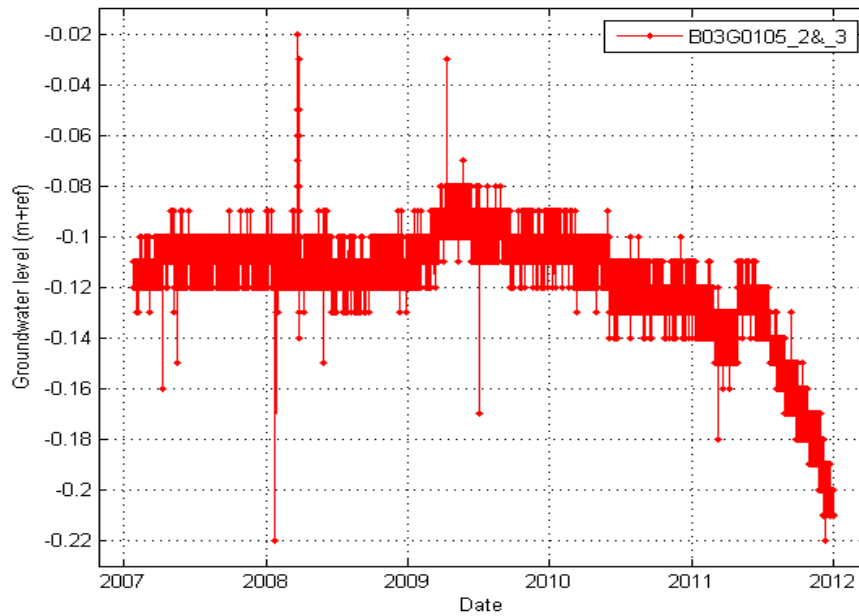
### 9.5.1.1 B03G0105 filter 2

Bij de controle van de ruwe metingen van B03G0105\_2 zien we twee bijzonderheden (Figuur 9-13):

- Na februari 2011 loopt het verschil tussen de metingen van de drukopnemer en de handmetingen snel op van -1.8 cm in feb 2011 tot 9.9 cm in maart 2012. Deze drift was bij de visuele inspectie ook al naar voren gekomen toen het verschil tussen filter 2 en 3 uitgezet werd (zie Figuur 9-14).
- In de laatste periode (november 2012 tot einde reeks) is een nieuwe Diver ingehangen, met een nieuwe inhangdiepte. Vanaf dit moment is een structurele afwijking van circa 5 cm te zien.



Figuur 9-13 B03G0105\_2: verschil tussen handmetingen en drukopnemerreeks

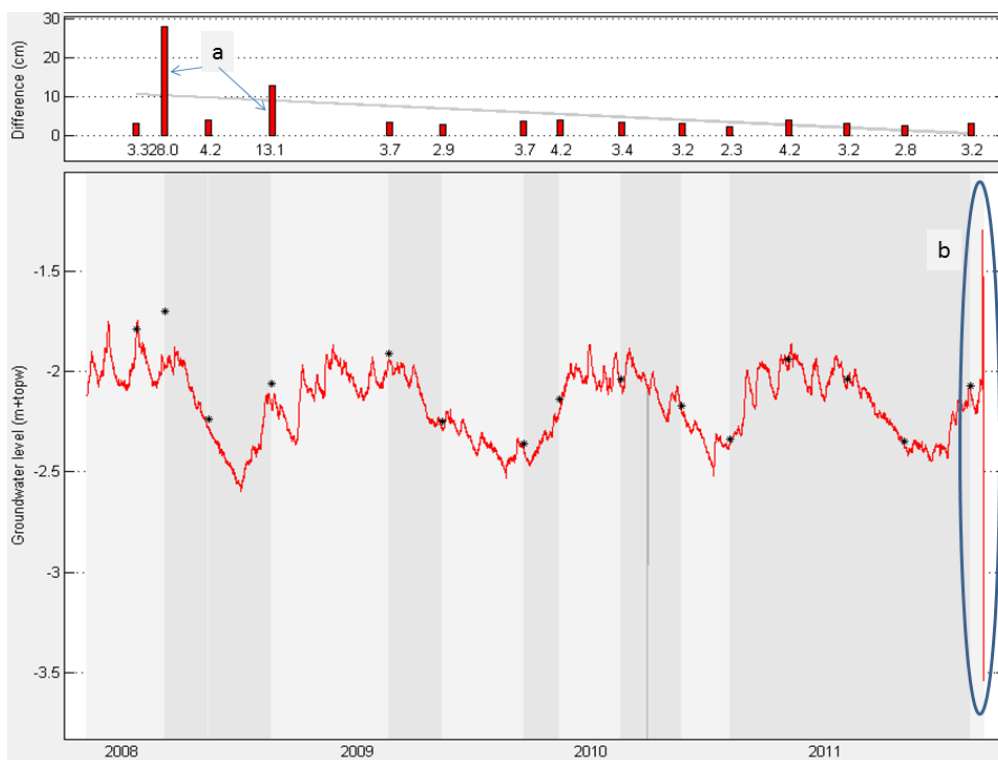


Figuur 9-14 Drift zichtbaar in het verschil tussen B03G105 filter 2 en 3.

#### 9.5.1.2 B06H0053, filter 2

In de ruwe gegevens van B06H0053, filter 2 zien we de volgende bijzonderheden:

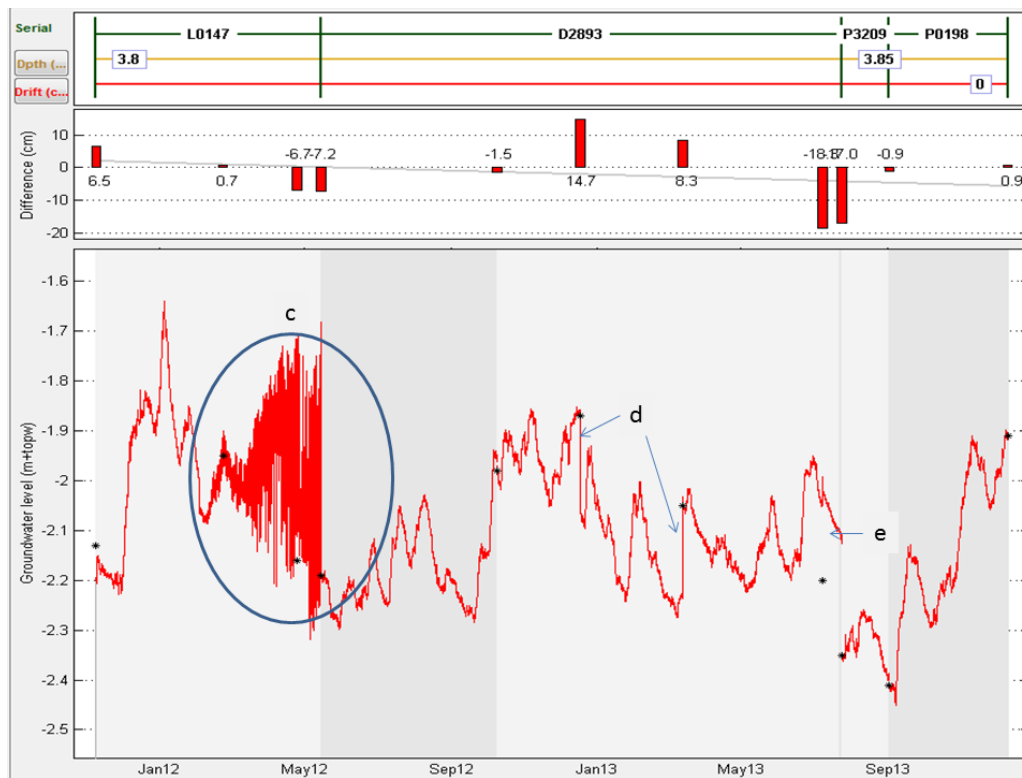
- a) In de eerste jaren zien we bij de metingen met Diver D0436 bij 13 van de 15 metingen een structureel verschil met de handmetingen van gemiddeld 3.5 cm. Bij twee handmetingen is de afwijking heel anders, deze moeten buiten beschouwing gelaten worden. Zie Figuur 9-15.  
Hier is duidelijk het belang van voldoende handmetingen te zien. Ook in handmetingen kunnen fouten gemaakt worden. Alleen als er voldoende handmetingen zijn kan een goede controle gedaan worden, en is het verantwoord om te corrigeren.
- b) Aan het eind van b06h0053-02 D0436.MON zitten tien sterk afwijkende metingen. De stand gaat in enkele uren eerst ruim een meter omhoog en dan ruim twee meter omlaag. Zie Figuur 9-15. Eén afwijkende metingen aan het begin of eind van een reeks zien we vaker, maar dan is het vaak een meting die is gedaan terwijl de drukopnemer uitgelezen werd en daarom niet onder water hing. Tien metingen is vreemd, het is niet duidelijk waardoor dit veroorzaakt wordt.



Figuur 9-15 B06H0053, filter 2: structureel verschil, met twee foute handmetingen (a)

- c) In het b06h0053-02\_120515133821\_L0147.MON ontstaat een hele vreemde wiebel in de metingen, zie Figuur 9-16.  
Deze wiebel doet denken aan een patroon dat we in een ander project zijn tegengekomen. Toen ging het om een luchtdrukmeting waarvan de klok verliep, waardoor het verschil met KNMI luchtdruk veel groter werd. We hebben de ongecorrigeerde drukopnemer metingen van b06h0053-02\_120515133821\_L0147.MON gecontroleerd, maar daar zit deze wiebel ook al in, het komt dus niet door verloop van de klok. Het is onduidelijk wat de oorzaak is.
- d) In de laatste drukopnemerreeksen is de stand in de periode 18 dec 2011 11:00 uur t/m 13 maart 2013 10:00 uur 20 cm lager dan daarvoor en daarna, zie Figuur 9-16. De verlaging in december en de verhoging terug in maart vallen precies samen met handmetingen. Mogelijk is de Diver niet goed ingehangen.
- e) Aan het eind van meting met Diver D2839 lijkt sprake te zijn van drift, waardoor de Divermeting veel hoger is dan de handmeting.

De bijzonderheden die bij de visuele controle naar voren kwamen zijn niet met de controle van de ruwe data gezien. De sprong na de start van de drukopnemermetingen is niet te zien omdat er geen vergelijking is met de metingen van daarvoor. De sprong die in de Dawaco reeks te zien was op 12 november 2009 is niet te zien in de drukopnemermetingen, maar valt wel precies samen met een uitleesronde en een nieuwe drukopnemerreeks. Waarschijnlijk is bij de verwerking één van de reeksen gecorrigeerd, waardoor de metingen niet meer goed op elkaar aansluiten.

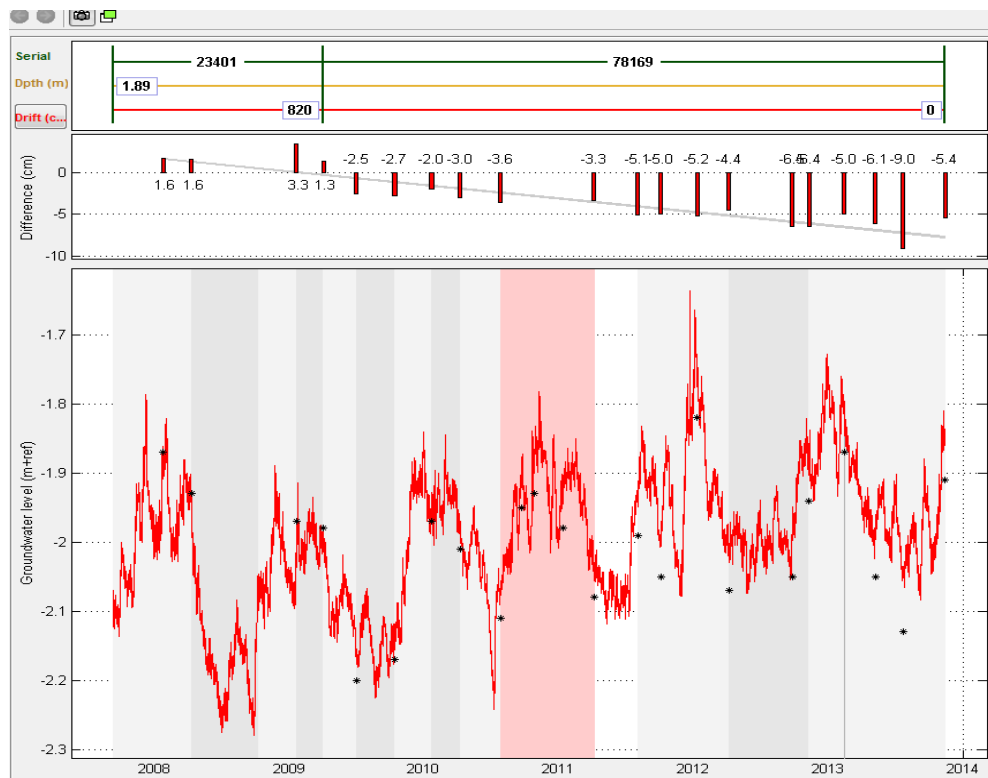


Figuur 9-16 B06H0053, filter 2: wiebel (c), sprong (d) en verloop/drift (e)

#### 9.5.1.3 B07D0281 filter 2

Bij B07D0281\_2 is een duidelijke drift te zien in de metingen met Diver 78169 (Figuur 9-17). Het verschil met de handmetingen loopt langzaam op van +1.3 bij de start van de metingen tot -5.4 cm in november 2013. In plaats van correctie van de individuele uitleesfiles zou er een trend op de hele reeks gelegd moeten worden.

Bij deze meting is het belangrijk om de reeksen van de twee verschillende Divers apart te beoordelen en apart te corrigeren. In de eerste Diver-reeks is een structureel verschil te zien en in de Diver-reeks een drift.



Figuur 9-17 B07D0281\_2: verschil met handmetingen

### 9.5.2 Zuid-Holland: bijzonderheden in Diver metingen

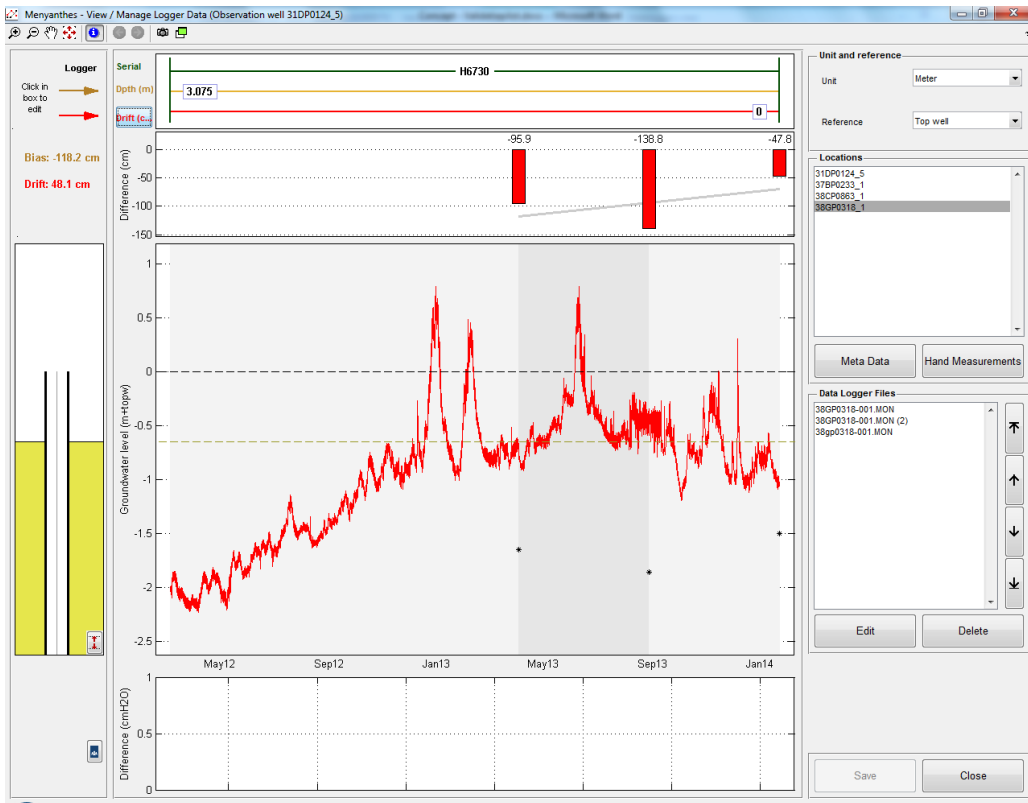
Bij alle vier de meetreeksen zijn te weinig handmetingen beschikbaar om een goede controle uit te voeren. Uit de controle in Groningen weten we dat er met de handmeting soms ook fouten worden gemaakt. Verder kan er ook in de loop van de tijd drift ontstaan, waardoor er aan het begin van de reeks geen verschil is tussen de drukopnemermeting en de handmeting, maar aan het eind van de reeks wel.

Een voorbeeld hiervan zien we bij 38GP0318\_1 (Figuur 9-18). Het is niet onwaarschijnlijk dat de drukopnemermeting aan het begin (maart 2012) wel goed was, en dat de drukopnemer in de loop van de tijd is verlopen. In april 2013 is het verschil 95 cm, maar het is niet duidelijk vanaf wanneer de drukopnemerreeks niet klopt.

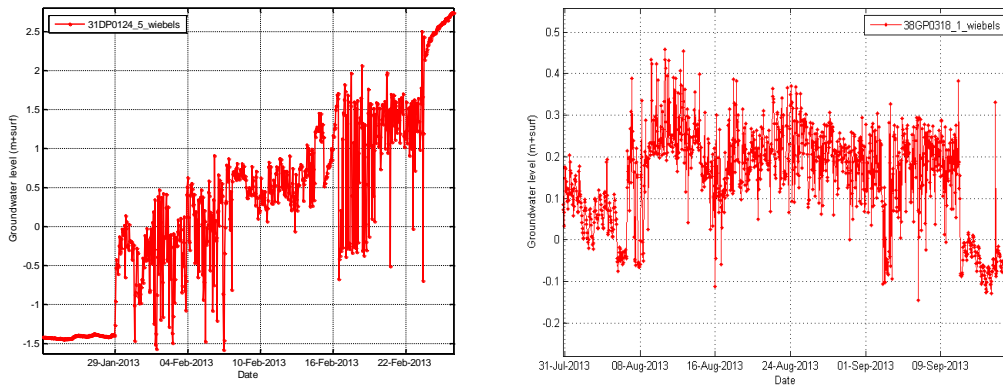
Alleen 38CP0863\_1 ziet er betrouwbaar genoeg uit om te kunnen gebruiken. De andere drie reeksen zijn zeer onbetrouwbaar en kunnen niet gecorrigeerd worden omdat er te weinig handmetingen zijn. Deze reeksen moeten geheel, of gedeeltelijk weggegooid worden dan wel als onbetrouwbaar gekenmerkt worden.

Bij 31dp0124-005 en 38gp0318-001 zijn perioden te zien dat de meting ineens sterke schommelingen laat zien (zie Figuur 9-19). Net als bij b06h0053-02 in Groningen hebben we de ongecorrigeerde metingen bekeken. Ook hier is de schommeling ook te zien in de ongecorrigeerde metingen en wordt dus niet veroorzaakt door verloop van de klok in de Diver.





Figuur 9-18 Controle 38GP0318\_1, vergelijking van drukopnemermetingen met handmetingen; te weinig handmetingen voor een goede controle en correctie



Figuur 9-19 Korte periode met sterke schommeling bij 31dp0124-005 en 38gp0318-001

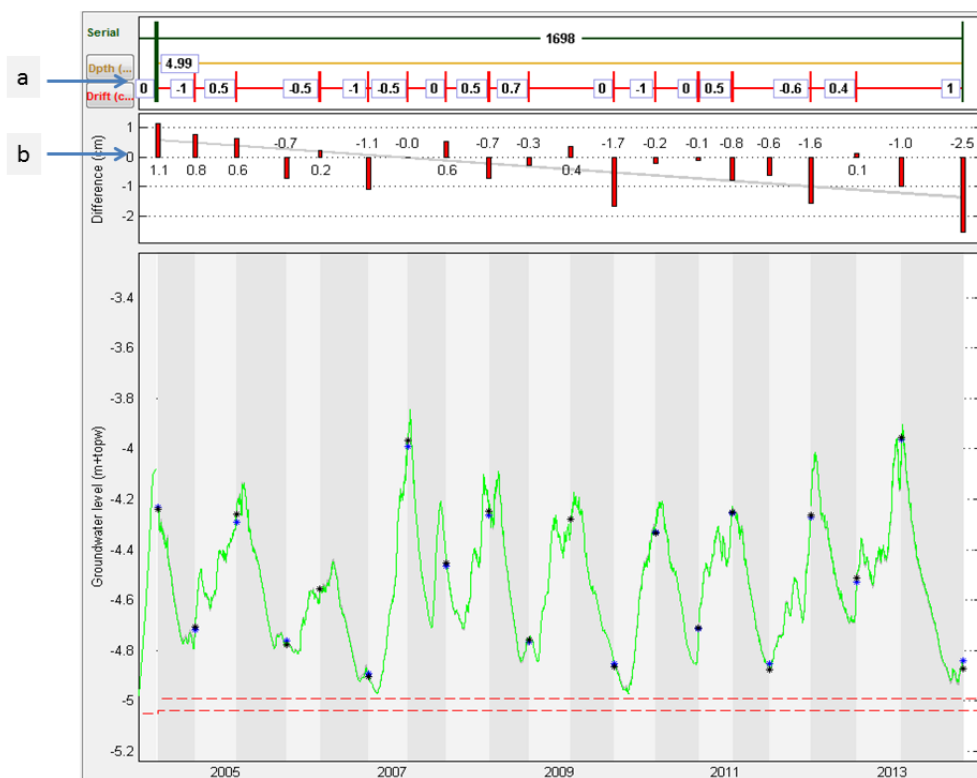
9.5.3 Overijssel: bijzonderheden in Keller-metingen

In Overijssel wordt gebruik gemaakt van Keller-drukopnemers. In de drukopnemer wordt de inhanddiepte ingevoerd, en bij het uitlezen wordt meteen een grondwaterstand uitgelezen, in plaats van een ongecorrigeerde drukmeting zoals bij Divers. Bij het uitlezen en controleren van Keller drukopnemer wordt de meting meteen gecontroleerd en als er een verschil is tussen de drukopnemer meting en de handmeting, dan wordt een correctie ingevoerd.

In alle drie de reeksen van Overijssel zien we structurele aanpassingen in een aantal uitgelezen meetreeksen. Deze hebben niet geleid tot sprongen op de uitleesmomenten.

Bij 28EP0032\_1 valt het op dat een deel van de handmetingen onbruikbaar is. De grondwaterstand staat onder de onderkant van de drukopnemer en kan dus niet door de drukopnemer gemeten worden. De metingen waarbij de drukopnemer drooggevallen is moeten uit de reeks verwijderd worden. De handmetingen kunnen niet gebruikt worden voor correctie van de reeks.

Bij het uitlezen van de Keller drukopnemer kan een loggermeting gedaan worden tegelijkertijd met de handmeting. Deze zouden exact gelijk moeten zijn. Als dit niet het geval is, wordt direct in de logger een correctie doorgevoerd (Figuur 9-20, a). In Figuur 9-20 bij a is te zien dat in de loop van de tijd kleine correcties (meestal kleiner dan 1 cm) zijn uitgevoerd. Deze kleine correcties kunnen kleine sprongetjes op de uitleesmomenten veroorzaken. Als we de hele meetperiode bekijken, dan is er nog een dalende trend zichtbaar die zich over de verschillende uitleesrondes heen voltrekt (Figuur 9-20, b).



Figuur 9-20 16DL9001, filter 1: controle drukopnemermetingen met handmetingen

## 9.6 Controle van de tijd

Vanuit de begeleidingsgroep is aangegeven dat er ook tijd-gerelateerde fouten kunnen optreden. KWR heeft geen informatie gekregen waarmee de aangeleverde gegevens hierop konden worden gecontroleerd. Omdat het wel een mogelijke foutenbron is, besteden we er toch enige aandacht aan.

Er kunnen fouten optreden door het verschil tussen wintertijd en zomertijd. Dit kan voorkomen worden door drukopnemers altijd in te stellen op wintertijd. Handmetingen kunnen opgeslagen worden in de actuele tijd en moeten tijdens de zomertijd dus omgerekend worden. Dit moet in het nog te ontwikkelen QA-protocol (voor inrichting van meetpunten en uitvoering van metingen) worden opgenomen.

Bij (vooral oudere) drukopnemers kan de interne klok verlopen. Een meting die op 6.00 uur wordt weggeschreven is dan misschien om 8.13 uur gedaan. Er zijn gevallen bekend waarbij de interne klok van een drukopnemer meer dan 24 uur verschoven was. Bij absolute drukopnemers kan dit een groot probleem geven bij het compenseren voor luchtdruk. Van de gemeten druk wordt de luchtdruk van een lokale luchtdrukmeting of een KNMI station afgetrokken. Als de klokken niet gelijk lopen, wordt de verkeerde luchtdruk ter compensatie gebruikt. Dit probleem doet zich niet voor als de meting van de luchtdruk en waterdruk volgens dezelfde klok gebeurt.

Bij de analyse van gegevens kan het verlopen van klokken ook een probleem geven, vooral in snelle systemen. Stel een dat een meting om 13:00 uur gedaan wordt, terwijl deze op 8:00 uur wordt weggeschreven. Als er een zware bui valt om 9:00 uur, dan zal in een snel systeem een stijging van de grondwaterstand te zien zijn om 13:00. Maar omdat de meting op de verkeerde tijd wordt weggeschreven, lijkt het net alsof de grondwaterstand al vóór de bui aan het stijgen is.

In het validatieprotocol moet bekeken worden hoe om te gaan met de controle en correctie van tijd-gerelateerde problemen in drukopnemers.

#### 9.7 Aanbevelingen voor controle en validatie van drukopnemers

Luchtdrukcompensatie:

- Als lokaal gemeten luchtdruk wordt gebruikt voor luchtdruk-compensatie, dan moet deze luchtdruk gecontroleerd worden aan de hand van KNMI luchtdruk. Indien nodig moet de luchtdruk gecorrigeerd worden. Dit geldt voor zowel Divers als Kellers.

Als de luchtdruk niet gecontroleerd en gecorrigeerd wordt, dan kan beter gebruik gemaakt worden van KNMI-luchtdruk.

Kwantificering van de meerwaarde van gecorrigeerde lokale luchtdruk boven KNMI luchtdruk als compensatie is onderwerp van een lopend onderzoek van KWR in samenwerking met TU-Delft.

Metingen ter controle

- Zorg ervoor dat zowel de inhanddiepte van de druksensor als handmetingen bekend zijn, hiermee zijn er twee onafhankelijke metingen om de drukmetingen om te rekenen naar waterstand en vervolgens te kunnen controleren.
- Er zijn voldoende handmetingen nodig (minimaal 3 tot 4 per jaar) om drukopnemerreeksen te kunnen controleren en indien nodig corrigeren. Bij te weinig handmetingen moeten hele reeksen als onbetrouwbaar worden aangemerkt.

Correctie van drukopnemermetingen:

- Een reeks kan pas gecorrigeerd worden als er meerdere handmetingen beschikbaar zijn. Er komen ook fouten voor bij handmetingen, dus één (grote) afwijking kan ook betekenen dat er een fout in de handmeting zit in plaats van in de drukopnemerreeks.
- Als er sprake is van drift (het verschil tussen de drukmetingen en de handmetingen neemt toe), dan zijn de metingen niet correct en moeten deze het label onbetrouwbaar krijgen of gecorrigeerd worden. Het corrigeren van deze drift is niet altijd eenvoudig, omdat de start van de drift vaak niet exact te bepalen is. Ergens tussen twee handmetingen begint er een verschil te ontstaan, maar wanneer precies is onbekend.

Er kan op twee manieren omgegaan worden met drift:

- **De metingen kunnen als 'onbetrouwbaar' gemarkeerd worden. Hiermee valt er een gat in de meetreeks; de metingen zijn voor andere partijen niet te gebruiken.**
- De metingen kunnen gecorrigeerd worden door een (lineaire) trend op te leggen die compenseert voor de drift. Hierbij zal de bronhouder zo goed mogelijk de start en de grootte van de drift moeten inschatten. Het is belangrijk de correcties te documenteren en te bewaren.
- Metingen bij drooggevallen drukopnemers moeten vervangen worden door een waarde die aangeeft dat de grondwaterstand lager was dan de onderkant van de drukopnemer.

Overig:

- Zorg ervoor dat alle ruwe data (drukopnemermetingen, luchtdruk, inhangdieptes en handmetingen) bewaard worden.
- Zorg ervoor dat vastgelegd wordt hoe de drukmetingen zijn omgerekend naar waterstanden (welke gegevens zijn hiervoor gebruikt).

# 10 Conclusies

In dit rapport zijn meetreeksen van grondwaterstanden en - stijghoogten en drukopnemers in KRW-meetnetten van drie provincies onderzocht op de meest voorkomende fouten en bijzonderheden. De technische data (metadata) en de gemeten waarden zijn onderzocht, en ook de gemeten waarden in relatie tot de technische data. De nadruk lag echter op gemeten waarden. Daarnaast zijn enkele (automatische) toetsen in de praktijk getest op bruikbaarheid voor het opsporen van fouten en bijzonderheden. De uitkomsten van dit onderzoek dienen als advies en onderbouwing in het verdere traject van het opstellen van het validatieprotocol en het ontwikkelen van toetsen.

## 10.1 Fouten en bijzonderheden in de metingen

In dit onderzoek zijn de KRW meetnetten van de provincies Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland visueel beoordeeld op het voorkomen van fouten en bijzonderheden in de meetreeksen (Tabel 10-1, 1 t/m 7). Daarbij is ook aandacht besteed aan mogelijke oorzaken daarvan in de technische data (metadata). Daarnaast zijn specifiek voor de provincie Groningen de data uit meetreeksen uit de eigen database vergeleken met de data uit dezelfde reeksen uit de database van Dinoloket (Tabel 10-1, 8).

Tot slot zijn van 10 locaties die met drukopnemers worden gemeten de ruwe data beoordeeld (Tabel 10-1, 9 en 10).

*Tabel 10-1 Overzicht van frequentie en mate van belang van het voorkomen van fouten en bijzonderheden in KRW-meetreeksen van Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland*

Nr	Soort fout of bijzonderheid	Frequentie	Mate van belang
1	Drift (trend in verschil tussen filters)	Weinig	Groot. Deze fout blijft makkelijk onopgemerkt en interfereert met werkelijk optredende trends.
2	Filterverwisseling	Weinig	Groot. Dit leidt tot foutieve waarden.
3	Patroonverandering van grondwaterstandsreeksen	Weinig	Klein/groot. Patroonverandering als gevolg van hogere meetfrequentie is geen probleem. Bij andere oorzaken is het belang wel groot, omdat het watersysteem dan gewijzigd is.
4	Sprong	Matig veel	Middelgroot. Deze is relatief eenvoudig visueel op te sporen. Een sprong kan echter zowel een foutief resultaat betreffen als werkelijk optreden in de grondwaterstand. Voor de borging is het hierbij dus van groot belang dat de beoordelaar over voldoende gebiedskennis beschikt.
5	Tijdelijke verlaging	Weinig	Middelgroot. Deze is relatief eenvoudig visueel op te sporen. Ook hiervoor geldt dat het zowel een fout in de meting kan zijn, als werkelijk kan optreden.
6	Tijdelijke verhoging	Weinig	Middelgroot. Deze is relatief eenvoudig visueel op te sporen. Ook hiervoor geldt dat het zowel een fout in de meting kan zijn, als werkelijk kan optreden.
7	Vreemde metingen	Veel	Groot. Vooral omdat niet duidelijk is wat de

8	Verskil tussen data in verschillende databases	Veel	oorzaak van de fouten of bijzonderheden is. Groot. Als uitkomsten van dezelfde metingen niet gelijk zijn, dan is tenminste een van beide reeksen fout. Gebruik van reeksen uit verschillende bronnen kan tot een verschillende uitkomst in een analyse leiden.
9	Niet gevalideerde (lokaal gemeten) luchtdruk	Veel	Groot. Een fout in de luchtdruk die gebruik wordt bij verwerking van drukopnemergegevens plant zich voort in de waterstand.
10	Fouten in drukopnemerreeksen (drift (verschil tussen drukopnemer en handmeting neemt toe) en schommelingen)	Veel	Groot. Fouten die zich hierin voordoen planten zich voort in de daaruit te berekenen grondwaterstanden/stijghoogten. De meetreeks geeft dan grondwaterstanden die in werkelijkheid niet zijn optreden.

Fouten en bijzonderheden moeten in ieder geval gemarkeerd worden, voor een efficiënter gebruik van de data. Er zijn in eerste instantie drie mogelijkheden:

1. De meting is fout, en geeft dus niet de werkelijke grondwaterstand op dat moment weer (en bevat geen zinvolle informatie voor analyse).
2. De meting geeft een bijzondere grondwaterstand weer, die wel werkelijk is opgetreden, en waarvoor dus ook een verklaring bekend is. Bij analyse van de grondwaterstand kan dan rekening gehouden worden met deze invloed.
3. De status is onbekend, het is niet duidelijk of het een fout of bijzonderheid is. De gegevens kunnen niet gebruikt worden zonder nader onderzoek.

Om te kunnen beoordelen of een aangetroffen bijzonderheid een echte fout betreft, of dat het gaat om uitzonderlijke grondwaterstand, zal vaak gebiedskennis nodig zijn.

## 10.2 Testen van toetsen

Na de visuele controle zijn verschillende automatische toetsen op de reeksen uitgeprobeerd om te kijken of hiermee de fouten en bijzonderheden in voldoende mate konden worden opgespoord.

**Er zijn zes 'basis-toetsen' onderzocht. De eerste drie daarvan betreffen onderzoek naar de consistentie van de technische gegevens (metadata). De vierde is een administratieve test. De vijfde en zesde toets betreffen de uitkomsten van de gemeten waarden in relatie tot de technische gegevens. Tabel 10-2, 1 t/m 6.**

**De zes 'basis-toetsen' onderzoeken de consistentie van de technische gegevens en meetreeksen. Met een statistische toets (op waardenbereik) (Tabel 10-2, 7) en met tijdreeksanalyse (Tabel 10-2, 8) is geprobeerd om uitschieters uit reeksen te filteren. Met deze toetsen wordt dus niet de meetreeks als geheel beoordeeld zoals bij de zes 'basis-toetsen'. In plaats daarvan wordt geprobeerd individuele afwijkende metingen op te sporen. Met trendanalyse (Tabel 10-2, 9) is geprobeerd om drift in een meetreeks op te sporen. Bij deze toetsen gaat het om plausibiliteitstoetsen.**

Tabel 10-2 Mate van effectiviteit van geteste toetsen op de meetreeksen van KRW-metnetten van de provincies Groningen, Noord-Brabant en Zuid-Holland

nr	Toets	Effectiviteit	Opmerking
1	Bovenkant filter < onderkant filter	Groot	Vaak ontbrekende gegevens, waardoor toets niet mogelijk is.
2	Bovenkant filter > bovenkant peilbuis	Groot	Vaak ontbrekende gegevens, waardoor toets niet mogelijk is.
3	Filters van één peilbuis met verschillende coördinaten	Groot	Klein verschil (maximaal 5 meter) is toegestaan.
4	Metingen in de toekomst	Groot	Metingen in de toekomst zijn in geen enkele onderzochte reeks aangetroffen.
5	Metingen > bovenkant buis	Groot	Dit zijn niet perse fouten in de meting of in de metadata. Een put kan werkelijk overstroomd zijn (metingen met drukopneming, of handmeting met opzetstuk). Het is wel belangrijk om dit te controleren.
6	Metingen < onderkant filter	Groot	Dit kan een fout in de metingen zijn, maar ook een fout in de technische gegevens van de peilbuis.
7	Globaal waardenbereik	Onvoldoende	Om een goed waardenbereik te kunnen bepalen is een gecontroleerde en gecorrigeerde historische reeks nodig. Ook moet de methodiek verbeterd worden door scheve verdelingen te gebruiken.
8	Tijdreeksanalyse	Onvoldoende	Op deze manier alleen geschikt voor stijghoogten die primair door neerslag en verdamping worden gestuurd. Ook hier is eerst een gecontroleerde en gecorrigeerde historische reeks nodig.
9	Trendanalyse	Gering	Wel geschikt als analysetool, maar niet voor opsporen van drift in historische reeksen

De zes onderzochte 'basis-toetsen' zijn goed bruikbaar om fouten in de technische gegevens en meetreeksen op te sporen. Wel is het belangrijk om bij nummer 5 en 6 (metingen boven bovenkant buis en onder onderkant filter) nader onderzoek te doen. Het is op voorhand namelijk niet te zeggen of het werkelijk een foute meting betreft, of een fout in de technische gegevens (metadata) van de peilbuis, of dat de peilbuis (in geval van meting boven bovenkant buis) werkelijk is overstroomd. De in deze pilot geteste toetsen kunnen nog verder aangevuld worden.

De toetsen op uitschieters (globaal waardenbereik en tijdreeksanalyse) zijn op deze manier niet op historische reeksen toe te passen. Er is eerst een correcte historische reeks nodig om op basis daarvan een bandbreedte vast te kunnen stellen. Met deze bandbreedte kunnen toekomstige metingen wel gecontroleerd worden. Voor een goede controle van meetreeksen zijn naar verwachting meerdere toetsen nodig. Het waardenbereik is een goed hulpmiddel voor het opsporen van uitschieters. Voor een sprong of een veranderend patroon zijn andere toetsen nodig.

Visuele controle blijkt een zeer krachtige tool voor het opsporen van afwijkende metingen. Het toevoegen van extra informatie aan een meetreeks kan de visuele controle mogelijk

verder verbeteren. Technische gegevens van de meetlocatie zoals filterdiepte, maaiveld, bovenkant peilbuis kunnen worden toegevoegd, maar daarnaast kan ook statistische informatie worden toegevoegd, zoals bandbreedtes.

KWR is in opdracht van de provincie Overijssel bezig met de verbetering en verdere ontwikkeling van plausibiliteitstoetsen, met als doel de effectiviteit daarvan voor kwaliteitscontrole te verbeteren en de toepasbaarheid te vergroten.



# 11 Aanbevelingen

Uit deze validatiepilot komen een aantal aanbevelingen naar voren voor het verbeteren van de validatie van meetreeksen. De aanbevelingen kunnen gebruikt worden bij het opstellen van het Validatieprotocol door de provincies, maar ook voor andere partijen kunnen de aanbevelingen bruikbaar zijn.

## 11.1 (Automatische) controle van metingen

- Gebruik grondwaterstandsgegevens niet zonder dat ze gevalideerd zijn. Visuele controle (eventueel met extra toegevoegde informatie) is een krachtig hulpmiddel hierbij.
- Gebruik automatische toetsen om technische gegevens van meetpunten te controleren. Bovenkant filter > onderkant filter, bovenkant filter < bovenkant meetpunt, verschil tussen coördinaten van verschillende filters < 3 meter.
- Gebruik automatische toetsen om fouten in meetreeksen en relationele fouten (of bijzonderheden) op te sporen. Laatste meting < vandaag, metingen > onderkant filter, metingen < bovenkant peilbuis. Metingen boven bovenkant peilbuis zijn niet perse fout, maar moeten wel gecontroleerd worden. Metingen onder onderkant filter zijn wel fout, maar er moet nader onderzocht worden of de meting fout is, of dat het een fout van de technische gegevens (metadata) betreft.
- Als er fouten of bijzonderheden in meetreeksen worden gevonden, met automatische controle of visuele inspectie, dan moet altijd nader bekeken worden of het gaat om een fout, of dat de afwijkende meting wel de werkelijke grondwaterstand heeft weergegeven. Hiervoor is vaak gebiedskennis en/of hydrologische kennis nodig.
- Gebruik het aantal fouten niet als maat om aan te geven hoe betrouwbaar of onbetrouwbaar een meetreeks is, één fout kan namelijk door meerdere tests opgespoord worden.

## 11.2 Databases / opslaan van gegevens

- Zorg ervoor dat gegevens in verschillende databases gelijk zijn. Wijzigingen door de bronhouder zouden in de toekomst automatisch overgezet moeten worden naar de BRO.
- Zorg ervoor dat de technische gegevens van putten en filters bekend, correct en op orde zijn. Het ontbreken van technische gegevens komt in historische reeksen relatief veel voor (in circa 10% van de reeksen). Voor het controleren en valideren van historische gegevens is het waarschijnlijk niet mogelijk om alle ontbrekende gegevens te achterhalen. Ondanks het ontbreken van gegevens kan een reeks waardevol zijn, dus is het zinvol de reeksen wel te bewaren.
- Zorg ervoor dat aanvullende informatie bij de meetreeksen kan worden opgeslagen.
  - Aanvullende informatie over het meetpunt.  
Bijvoorbeeld artesisch water met drukdop, filter valt regelmatig droog, filter overstroomt regelmatig.
  - Aanvullende informatie bij individuele metingen.  
Als na controle blijkt dat een bijzondere meting wel correct is (bijvoorbeeld een uitschieter veroorzaakt door hevige neerslag, of een tijdelijke verlaging

veroorzaakt door een bemaling), dan moet hier een opmerking bij geplaatst worden. Hiermee wordt voorkomen dat de meting iedere keer opnieuw gecontroleerd wordt.

- Als metingen gecorrigeerd worden, dan moeten de oorspronkelijke waarden bewaard blijven, en ook moet worden vastgelegd wie, wanneer, waarom, welke correctie heeft uitgevoerd.
- Bij het uitleveren van gegevens uit een database moeten altijd de eenheden van alle parameters meegeleverd worden en alle aanvullende informatie.
- De oorspronkelijke gegevens (ruwe drukopnemerdata, luchtdruk die gebruikt is voor compensatie, handmetingen, inhangdiepte) moeten bewaard worden.

### 11.3 Verwerken drukopnemergegevens

- Als lokaal gemeten luchtdruk wordt gebruikt voor luchtdruk-compensatie, dan moet deze luchtdruk gecontroleerd worden aan de hand van KNMI luchtdruk. Indien nodig moet de luchtdruk gecorrigeerd worden. Dit geldt voor zowel bij Divers als bij Kellers. Als de luchtdruk niet gecontroleerd en gecorrigeerd wordt, dan kan beter gebruik gemaakt worden van KNMI-luchtdruk.  
Lopend onderzoek van KWR in samenwerking met TU-Delft moet een kwantificering van de meerwaarde van lokale (gecorrigeerde) luchtdruk opleveren, geautomatiseerde correctie kan gebeuren via een lopend mediaanfilter.
- Gebruik de inhangdiepte om drukmetingen om te rekenen naar waterstand (rekening houdend met eventuele afwijking van de dichtheid bij bijv. brak grondwater).
- Zorg voor voldoende handmetingen (minimaal 4 per jaar) om drukopnemermetingen te kunnen controleren en corrigeren.
- Zorg ervoor dat drukopnemers altijd op wintertijd worden ingesteld.
- Controleer het verschil tussen handmeting en loggermeting liefst direct in het veld.
- In het validatieprotocol moet bekeken worden hoe om te gaan met de controle en correctie van tijd-gerelateerde problemen in drukopnemers.
- Voer pas correcties uit als er meerdere handmetingen beschikbaar zijn. Een enkele afwijking met een handmeting kan ook veroorzaakt worden door een fout in de handmeting.
- Kies bij drift in drukopnemerreeksen voor:
  - **Labelen als 'onbetrouwbaar', of**
  - corrigeren van metingen. Hierbij zal de bronhouder zo goed mogelijk de start, de vorm en de grootte van de drift moeten inschatten. Het is belangrijk de correcties te bewaren.
- Zorg ervoor dat vastgelegd wordt hoe de drukmetingen zijn omgerekend naar waterstanden (met de gegevens die hiervoor gebruikt zijn).
- Metingen bij drooggevallen drukopnemer moeten opgeslagen worden als kleiner dan onderkant drukopnemer.

### 11.4 Aanbevelingen voor QA protocol (voor inrichting meetpunt en uitvoering metingen)

De uitkomsten van de validatiepilot dienen als advies en onderbouwing richting het validatieprotocol, maar tijdens het onderzoek zijn ook aanbevelingen naar voren gekomen op het gebied van inrichten van meetpunten en uitvoering van metingen. Deze zaken maken geen onderdeel uit van het validatieprotocol, maar worden waarschijnlijk in een apart QA protocol vastgelegd.

- Zorg dat meetpunten zodanig zijn afgewerkt dat instroom van regenwater niet mogelijk is. Dit is extra van belang bij zout grondwater.
- Bij drukmetingen wordt een meetfrequentie van eens per uur aangeraden, omdat dan processen zichtbaar worden die bij dagelijkse metingen wegvallen. Bijvoorbeeld eb en vloed, heftige buien, variabele verdamping gedurende een dag en veranderende onttrekkingen gedurende een dag.
- Stel instrumenten altijd in op wintertijd.
- Zorg voor de juiste instrumenten voor het uitvoeren van handmetingen, zie hiervoor Knotters et al. (2013).
- Meet bij het inrichten van de drukopnemermeting ook de inhangdiepte van de druksensor op. De inhangdiepte kan gebruikt worden voor het omrekenen naar waterstand en de handmetingen zijn dan beschikbaar als controle.
- Bij het opstellen van QA-richtlijnen moet worden nagedacht over hoe er omgegaan wordt met herplaatsen van peilbuizen. Hierbij moet eerste de vraag beantwoordt worden of herplaatsing überhaupt wordt toegestaan. Herplaatsing kan gewenst zijn, bijvoorbeeld als een buis onherstelbaar beschadigd is. De oude peilbuis wordt dan vervangen door een nieuwe peilbuis vlakbij, en op dezelfde diepte. De nieuwe buis krijgt dezelfde naam als de oude buis en de metingen worden aan elkaar gekoppeld. Als herplaatsing wordt toegestaan, dan zijn criteria nodig voor maximale afstand zowel horizontaal als in filterdiepte.

## 12 Literatuur

De Meij, T. en Von Asmuth, J.R. (2011) Correctie van eigen luchtdrukmetingen is noodzakelijk. H2O, 4:29-32.

Von Asmuth, J.R. en F. C. Van Geer (2013) Kwaliteitsborging grondwaterstands- en stijghoogtegegevens: op weg naar een landelijke standaard; rapportnr. KWR 2013.027, KWR Watercycle Research Institute / TNO, Nieuwegein / Utrecht.

Von Asmuth, J.R. (2011) Over de kwaliteit, frequentie en validatie van drukopnemers; rapportnr. KWR 2010.001, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

Van Baar (2010) Memo. Baro-diver luchtdruk Brabantse Wal versus de luchtdrukmeting Woensdrecht (KNMI). Artesia.

Knotters, M., T. De Meij en M. Pleijter (2013) Nauwkeurigheid van handmatig gemeten grondwaterstanden en stijghoogtes. Verslag van een veldexperiment; Alterra Wageningen UR, Wageningen.

Leunk, I. en J. R. von Asmuth (2013) Hervalidatie drukopnemerdata Noardburgum; rapportnr. KWR 2013.054, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Leunk, I (2013) Tijdreeksanalyse KRW meetnet Noord Nederland 2013; rapportnr. KWR 2013.055, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.

Van Ouwerkerk, Rutger (2010) Memo. Luchtdrukmetingen voor WBD: KNMI of Baro-divers. Waterschap Brabantse Delta, Breda, 14 december 2010.

## Bijlage I Uitkomsten visuele controle

Tabel I-1: uitkomsten visuele controle Groningen

put_filter	foutcode	Wat	wanneer	opmerking
B03G0048_2	vreemd	Vreemde lage stand	okt-dec 2005	
B03G0080_1	vreemd	misschien vreemde meting?	setp2009, mrt2010	
B03G0080_2	vreemd	raar patroon, ongeloofwaardig	jun-dec 2004	
B03G0105_2	drift	Drift in filter 2 (daling)	midden 2011 (misschien al eerder)	
B03G0105_4	patroon	ander patroon (minder pieken)	vanaf eind 2008	
B03H0046_1	patroon	Hogere meetfrequentie		
B03H0088_3	sprong	sprong	juni 2009	
B03H0088_4	drift	drift	vanaf 2007	
B06H0053_2	sprong	sprong (van hoger naar lager dan filter 1)	eerste helft 2004	
	drift	sprong + verloop	2008 (na start hoogfreq)	
	sprong	sprong omhoog	2009	
B06H0053_3	drift	langzaam toenemend verschil met filter 2	1994-2004	
	sprong	toename verschil met filter 2	eind 2008	
	sprong	afname verschil met filter 2 (na niet meten)	2011	
B07B0056_2	verhoging	tijdelijke verhoging	2002-midden 2003	Deze metingen zijn in Dino verwijderd
B07B0056_3	verhoging	tijdelijke verhoging	2002-midden 2003	Deze metingen zijn in Dino verwijderd
B07B0056_4	verhoging	tijdelijke verhoging	2002-midden 2003	Deze metingen zijn in Dino verwijderd
B07C0102_4	drift	toename verschil met filter 3	1994-2004	
B07D0281_2	vreemd	pieken	2003	
	vreemd	vreemde sprongen	april 2007	
B07D0281_3	vreemd	vreemde sprongen	april 07 en april 08	
B07D0281_4	vreemd	vreemde sprongen	april 07 en april 08	
	patroon	verandering van patroon	2001,2006,2007	Eerst wel, daarna geen dagelijks piekjes

	patroon	verandering van patroon (bij gelijke meetfrequentie)	3 april 2009
B07D0281_5	vreemd	afwijkende metingen	2003-midden 2004
	sprong	sprongen	jun06, feb07, jul07
B07E0029_1	sprong	sprong	aug 2007
	drift	uit elkaar lopen met filter 2	2011
B07E0029_2	verlaging	tijdelijke verlaging	mei - aug 2007
	drift	uit elkaar lopen met filter 1	2011
B07E0030_1	filterwissel	filterverwisseling f2	april - juli 1994
	vreemd	piekjes	2003 - 2004
	sprong	sprong (bij start hogere mf)	jan 2007
B07E0030_2	filterwissel	filterverwisseling f2	april - juli 1994
	verlaging	tijdelijke verlaging	mei - aug 2004
	sprong	sprong (bij start hogere mf)	jan 2007
B07E0031_1	verhoging	vreemde tijdelijke verhoging	dec 2004 - feb 2005
	drift	verschil met f2 langzaam toegenomen	2004 - 2009
B07E0031_2	drift	verschil met f1 langzaam toegenomen	2004 - 2009
B07G0093_2	drift	verschil met f3 10 cm kleiner	okt 2011
B07G0093_4	verlaging	tijdelijk verlaging	sept 2004 - aug 2008
B08A0054_1	verhoging	tijdelijk verhoging	okt2006 sept2007
B08A0054_2	sprong	sprong	sept 2007
B08A0054_3	vreemd	piekje	jun2004
	verhoging	tijdelijk verhoging	okt2006 sept2007
	drift	verschil met f2 langzaam toegenomen	vanaf 2002
B08A0054_4	verlaging	tijdelijke verlaging	aug 2002
	sprong	sprong	sept 2007
B08A0120_1	vreemd	vreemde pieken	mei 2011
B08A0136_1	vreemd	vreemde lage piek	mei 2008
B12E0261_1	vreemd	piek	juni 1994
	filterwissel	filterverwisseling f2	maart1996
B12E0261_2	filterwissel	filterverwisseling f1	maart1996
B12F0152_2	sprong	sprong	mei 2008
	verlaging	tijdelijke verlaging	dec 2009
	sprong	sprong	sept2011
B12F0152_3	vreemd	vreemde (foute) metingen	januari2008
	sprong	sprong	mei 2008
B12F0152_4	filterwissel	omslag van inf naar kwel	1996 - 1997
B12F0152_5	filterwissel	filterverwisseling f6	juni2003
	drift	drift	mei-sept2008

B12F0152_6	filterwissel vreemd	filterverwisseling f5 vreemde metingen	juni2003 juli2007 - dec 2008
B13A0211_2	drift	drift (of in f3) verschil neemt toe	vanaf 2007
B13A0211_3	drift	drift (of in f2) verschil neemt toe	vanaf 2007
B13B0061_3	drift	verschil met filter 4 toegenomen	2002
B13B0061_4	sprong	foute meting?	sept2006
B13B0061_5	vreemd sprong	foute metingen stapsgewijs verandering in verschil met f4	mei-aug-2004 vanaf 2006
B13C0054_2	verhoging	tijdens extra hoge mf verschil met f3 groter	2002-feb2003
B13C0054_5	vreemd verhoging	vreemde metingen tijdelijk hoger dan f4	jul-sept 2003 2008 tot 2010
B18A0047_2	vreemd	vreemde metingen	sept2001
B18A0047_3	vreemd vreemd	vreemde meting meerjarige schommeling in het verschil met f2	mrt2004 2007-2012

Tabel I-2: uitkomsten visuele controle Noord-Brabant

Put-filter	Foutcode	Wat	Wanneer
B43D0017-002	filterwissel	filterverwisseling f3	jul1995
B43D0017-003	filterwissel	filterverwisseling f2	jul1995
	drift	drift + sprong	vanaf eind 2010 + sept 2011
	sprong	sprong	jul2013
B43D0017-004	filterwissel	filterverwisseling f5	mrt1972
	vreemd	vreemde meting	aug1972
B43D0017-005	filterwissel	filterverwisseling f4	mrt1972
	vreemd	vreemde metingen	jan-apr2011
B43D0017-006	vreemd	vreemde metingen	jan-apr2011
B43D0017-007	vreemd	vreemde meting	aug1972
B43D0017-009	vreemd	vreemde meting	aug1972
	verlaging	stand structureel lager dan voor hf meting	vanaf 2012
B43D0017-015	filterwissel	metingen gelijk aan filter 11	1969, 1972, 1973, 1977, 1979, 1980, 1985, 1986, 1987
B43G0110-001	verlaging	perioden met uitzonderlijk lage standen	jaren 60 en jaren 70
	drift	kleine drift?	vanaf 2011
B43G0110-002	verlaging	perioden met uitzonderlijk lage standen	jaren 60 en jaren 70
B43G0110-003	verlaging	perioden met uitzonderlijk lage standen	jaren 60 en jaren 70

B45E0173-001	vreemd	piek	mrt1989
B45E0173-003	drift	verschil met f2 neemt toe	voor 1977=10cm, 1978-1998=40 cm, vanaf 1998=50 cm
B45G0166-002	vreemd	piekje	jan 1999
B45G0166-005	vreemd	piek	jul 2006
B50F0158-003	vreemd	uitschieters	mei 1985, dec 1986
B50F0158-004	vreemd	uitschieter	sept 1986
B51C0074-002	filterwissel	filterverwisseling (f3)	1 meting in aug 1998
B51H0164-004	sprong	sprong (aanpassing buis?)	mei 1997
B51H0164-006	verlaging	tijdelijk groter verschil met filter 7	
B57A0022-001	sprong	Met start van divermeting groter verschil met filter 2	2012
B57A0022-003	vreemd	piek	jun 2010
B57A0022-005	vreemd	lijkt aan het eind van het bereik te zitten (beweegt niet meer mee met andere filters)	2012
B57E0018-001	patroon	patroon anders door vaker meten	vanaf 1990

Tabel I-3: uitkomsten visuele controle Zuid-Holland

Put_filter	Foutcode	Wat	Wanneer
B24H0668_6	vreemd	pieken (misschien verwisseling met ander filter, dat niet is aangeleverd)	2002, 2005, 2011
B30E0119_1	vreemd	pieken	2002, 2004, 2008, 2011
B30E0119_2	vreemd	pieken	2002, 2006, 2008
B30E0120_1	vreemd	pieken	2001, 2007, 2009, 2010
B30E0207_1	vreemd	pieken	1992
B30F0422_1	vreemd	pieken	2007, 2008, 2012
B30F0461_3	vreemd	pieken	2004
B30H0137_1	vreemd	piek	1987
B30H0137_5	sprong	sprong in verschil met filter 2	mei 1994
B31B0119_1	patroon	onduidelijk welke van de twee filters fout is	dec05-mrt06
B31B0119_2	patroon	onduidelijk welke van de twee filters fout is	dec05-mrt06
B31C0190_1	vreemd	wiebelen hf meting	vanaf dec 2010
B31C0190_2	vreemd	extreme fouten	dec 2004 - mrt 2006
B31D0003_1	sprong	3 momenten	jan 1971, 1982 (overgang naar 4xperjaar), april 1995
B31D0123_1	vreemd	piek	15/09/1998, 17 april2012
B31D0123_2	vreemd	piek	29/12/1994, 27 aug 2002
B31D0124_2	vreemd	wiebels	dec 2010-mrt2011
B31D0124_5	verhoging vreemd	tijdelijke verhoging, 2 keer wiebels	aug-sep2005 en nov07 - feb08 dec 2010-mrt2011
B36H0094_4	verhoging	tijdelijke verhoging	nov00-apr01
B36H0120_5	vreemd	piek, meterfout	nov02, jul07, feb08
B36H0121_5	vreemd	piek, meterfout	nov09
B36H0122_6	vreemd	piek, meterfout	apr06
B36H0206_2	verlaging	tijdelijke, geleidelijke verlaging	aug-okt2010



B36H0255_1	sprong	in hf metingen	jul en dec 2011
B37B0233_1	patroon	anders door dagelijkse metingen	okt00
	patroon	afwijkend patroon	jan-apr07
	verhoging	tijdelijke verhoging	jun-okt02, okt-dec03, nov10-mrt11(einde reeks)
	vreemd	rare pieken	dec03-jan04
	verlaging	tijdelijke verlaging	jun08
B37B0233_2	verlaging	tijdelijke verlaging	apr-jun09
B37B0233_4	vreemd	ander patroon, maar ook bij filter 2 en 5	dec06-apr07
B37B0233_5	sprong	in hf metingen (correctie drift)	sept05
	verlaging	tijdelijke verlaging	jul-okt07
	vreemd	anders dan de andere filters	okt07-jun08
B37C0557_1	verlaging	tijdelijke verlaging	jul1995-najaar 1998
	vreemd	wiebels	dec 2010-mrt2011
B37C0557_2	vreemd	piek en uitzakken	apr11-eind
	sprong	zoveel sprongen, dat het misschien toch tot patroon hoort	
B37D0134_1	vreemd	pieken	mei-jul03
B37D0134_3	vreemd	pieken	jun-aug01
B37D0134_4	vreemd	pieken	feb03
	verlaging	tijdelijke verlaging	sep-dec06
B37G0508_1	sprong	grote sprong, met daarna langzaam deels herstel	aug03
	sprong	kleine sprong	mei06
B37G0508_2	vreemd	piek	aug92
B37H0524_1	vreemd	piek	mei2001
B37H0524_2	vreemd	piek	okt1998
	patroon	twee perioden lager (groter verschil met filter 1)	okt87-apr90 en sep93-midden1995
B38A0255_1	vreemd	pieken	14 sept 2001 en 2004
B38A0255_2	vreemd	pieken	sep97 en nov04
	sprong	sprong	apr05
B38B0171_1	sprong	in beide filters, mogelijk echt	jun02
B38B0171_2	sprong	in beide filters, mogelijk echt meerdere, maar deze is	jun02
B38C0851_1	sprong	duidelijkste	jul03
	patroon	afwijkend	jul05-okt06
	vreemd	pieken	sep08 en feb09
	patroon	langzame daling, lijkt invloed winning	
B38C0851_2	vreemd	piek	jul09
	patroon	afwijkend	jul05-okt06
B38C0851_3	filterwisseling	met filter 5	vanaf 2001
B38C0851_5	filterwisseling	met filter 3	vanaf 2001
B38C0858_1	patroon	ander patroon, niet exact duidelijk vanaf wanneer	2001 of 2003 dec93-feb94, okt02-feb03
B38C0858_2	vreemd	vreemde metingen	nov10
	sprong	bij start hf	nov10
B38C0858_3	sprong	bij start hf	nov10
B38C0863_1	sprong	in hoogfrequent	mrt05
	vreemd	piek	okt08
B38C0863_3	patroon	afwijkend	jul-aug02
B38D0262_1	vreemd	ook in filter 5	jan10

B38D0262_4	sprong	sprong	aug05
B38D0262_5	vreemd	ook in filter 1	jan10
B38G0268_1	vreemd	ineens verschil tussen filters	jul88-jul89
B38G0268_6	vreemd	ineens verschil tussen filters	jul88-jul89
	vreemd	daling of sprong, lijkt wel plausibel	vanaf ca 1995
B38G0318_1	vreemd	filter 3 of 1 lijkt omgekeerd	nov05-dec05
	vreemd	rare pieken/wiebeld	nov10-jun11
B38G0318_2	vreemd	pieken: lijkt code (99.99)	dec93, jan94
B38G0318_3	vreemd	pieken: lijkt code (99.99)	dec93, jan94
	vreemd	piek	mrt99
	sprong	sprong	jun03, sep04
	vreemd	filter 3 of 1 lijkt omgekeerd	nov05-mrt06
B38G0330_1	patroon	afwijkend	nov05-feb06 en jul-okt08
B38G0330_4	patroon	afwijkend	nov05-feb06 en jul-okt08
B38G0330_5	patroon	afwijkend	nov05-feb06 en jul-okt08
	sprong	sprong	nov97
B43A0053_3	vreemd	piek	sept70, feb94, sept98
	vreemd	wiebels	dec 2010-apr2011
B43A0094_2	vreemd	wiebels	dec 2010-apr2011
	patroon	te laag	vanaf april 2011
B43B0040_1	vreemd	extreme piek	29-Sep-04
B43B0040_2	vreemd	extreme piek	29-Sep-04
	vreemd	piek	apr07
	vreemd	wiebels	dec 2010-apr2011
	patroon	te laag	vanaf april 2011
B43B0040_4	vreemd	extreme piek	29-Sep-04
			13/02/2006 en 12aug2010
B43D0269_3	vreemd	pieken	12aug2010
B43E0063_1	vreemd	piek	okt08
B43F0049_1	vreemd	pieken	jul03 en feb07
B43F0053_1	vreemd	pieken: lijkt code (99.99)	jan97
B43F0061_1	patroon	ander patroon zichtbaar door hf	vanaf 2003
B43F0061_2	vreemd	afwijkende metingen	jan-feb03
B43F0061_4	vreemd	afwijkende metingen	jul-aug02
	vreemd	extreme afwijkingen	vanaf mrt2011
B44A0334_1	vreemd	piek boven maaiveld	dec97 en dec03
	sprong	verschil met filter 2 neemt ineens af	jun02
B44A0334_2	vreemd	piek boven maaiveld	dec97 en dec03
B44A0334_5	vreemd	piek boven maaiveld	dec97 en dec03
B44A0334_6	vreemd	piek boven maaiveld	dec97 en dec03
B44A0334_9	vreemd	piek boven maaiveld	dec97
B44A0450_1	sprong	sprong in periode niet gemeten	Jan-03
B44A0450_2	vreemd	vreemde metingen	feb2002, jun2003
			jul08-jan10 en voorjaar 2011
B44A0451_1	verlaging	geleidelijke veranderingen	2011
B44A0451_2	vreemd	vreemde metingen	apr2003
B44A0451_4	vreemd	wiebels	dec 2010-apr2011
	patroon	te laag	april-jul 2011
B44A0452_1	vreemd	raar patroon, maar niet duidelijk	
B44A0452_2	vreemd	pieken	jun en sept08
B44A0452_3	vreemd	pieken	sept2004
	vreemd	wiebels	dec 2010-apr2011

B44A0452_4	patroon vreemd	te hoog vreemde metingen verschil met filter 2 neemt ineens toe	vanaf april 2011 jan2003
B44B0142_1	sprong		mrt 1994
B44B0142_2	filterwisseling	met filter 3	feb94 en sep-nov2007
B44B0142_3	filterwisseling	met filter 2	feb94 en sep-nov2007
B44B0142_4	filterwisseling	met filter 5	sep-nov2007
B44B0142_5	vreemd filterwisseling	piek met filter 4	aug02 en mrt06 sep-nov2007

## Bijlage II Figuren verschil Dawaco - Dino

