ALTERRA
WAGENINGEN UR

Actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland

Opzet van het onderzoek

Alterra-rapport 2280
ISSN 1566-7197

M. Knotters, T. Hoogland en M. Pleijter

Actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het programma BIS 2014 in opdracht van het ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I)
Projectcode BO-11-017-012

BIS Nederland: Dé bron voor bodeminformatie: www.BISNederland.wur.nl

Actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland

Opzet van het onderzoek

M. Knotters, T. Hoogland, M. Pleijter

Alterra-rapport 2280

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2011

Referaat

M. Knotters, T. Hoogland, M. Pleijter, 2011, *Actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland; Opzet van het onderzoek*, Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2280. 78 blz.; 57 fig.; 3 tab.; 18 ref.

De informatie over de diepte tot het freatische grondwater in het holocene deel van Nederland is verouderd, en daardoor niet goed bruikbaar bij milieu- en natuurbeleid, water- en bodembeheer en de inrichting van de leefomgeving. Doel van dit rapport is om de aanpak te beschrijven waarmee actuele informatie wordt verzameld over de seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in het holocene klei- en veengebied. De inhoud van de kaarteenheden van de bestaande grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 50.000, wordt geactualiseerd. Hierbij onderscheiden we gebieden met stagnerende lagen en gebieden waar sinds de landelijke bodemkartering is ingegrepen in de waterhuishouding in het kader van een landinrichtingsproject. In 59 deelgebieden (strata) werden middels een kanssteekproef grondwaterstanden waargenomen in de zomer en de winter. Tijdreeksen van grondwaterstanden werden gescreend en waarnemingslocaties werden beoordeeld in het veld. Uit een analyse van vijftien tijdreeksen concluderen wij dat de actuele GxG's in het holocene deel van Nederland nauwkeurig uit waargenomen tijdreeksen van de periode 2002-2010 kunnen worden geschat.

Trefwoorden: freatisch grondwater, grondwaterstand, grondwaterstandsdiepte, grondwaterstandsfluctuatie

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2011 Alterra (Instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2280
Wageningen, november 2011

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 13
1.1 Aanleiding en probleemstelling . . . 13
1.2 Doel . . . 14
1.3 Leeswijzer . . . 14

2 Vereiste informatie 15
2.1 Inleiding . . . 15
2.2 Doelpopulatie . . . 15
2.3 Domeinen . . . 15
2.4 Doelvariabele . . . 15
2.5 Doelparameters . . . 17
2.5.1 Beschrijving van de temporele variatie . . . 17
2.5.2 Beschrijving van de ruimtelijke variatie . . . 18
2.6 Doelgrootheden en type resultaat . . . 18
2.7 Presentatie . . . 18

3 Randvoorwaarden 19
3.1 Planning, budget . . . 19
3.2 Gebruik van voorinformatie . . . 19

4 Voorinformatie 21
4.1 Inleiding . . . 21
4.2 Actuele GHG's en GLG's . . . 21
4.2.1 GxG's uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK) . . . 21
4.2.2 GxG's uit DINO-reeksen . . . 21
4.3 Invloed van het neerslagoverschot op schattingen van GxG's . . . 24

5 Indeling in deelgebieden (stratificatie) 31

6 Selectie van locaties voor gerichte opnamen 35

7 Resultaten beoordeling buislocaties 37

8 Conclusies en aanbevelingen 39

Bibliografie 41

Bijlagen 43

A Beschrijving en beoordeling van locaties van grondwaterstandsbuizen 43
A.1 Doelpopulatie . . . 43
A.2 Doelvariabele . . . 43
A.3 Veldinstructie . . . 44

B Waarnemingen op gerichte-opnamelocaties: veldinstructie 49
B.1 Inleiding . . . 49
B.2 Doelpopulatie . . . 49
B.3 Doelvariabele . . . 49
B.4 Steekproefopzet . . . 50
B.5 Veldinstructie . . . 50
B.5.1 Selectie van de locaties . . . 50

B.5.2 Waarnemen van de grondwaterstandsdiepte 50
B.5.3 Overige waarnemingen 51

C Geselecteerde filters 53

Woord vooraf

De actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland is onderdeel van het programma BIS 2014 dat wordt gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Wij zijn ir. E.J. van Beusekom en ing. J.T.M. Huinink MSc van dit ministerie erkentelijk voor hun nuttige inbreng bij de definitie van dit project. Onze collega's ing. A.H. Heidema MSc en ing. F. de Vries bedanken wij voor hun hulp bij GIS-analyses. Dr. D.J. Brus en drs. D.J.J. Walvoort bedanken wij voor het ontwerpen en uitvoeren van de steekproef van locaties voor de gerichte opnamen. Ing. E. Kiestra, G.H. Stoffelsen en M.M. van der Werff bedanken wij voor hun inzet bij de gerichte opname van grondwaterstanden in november 2011. Wij bedanken de grondeigenaren voor hun medewerking bij deze gerichte opname.

Wageningen/Ede, najaar 2011

Martin Knotters, Tom Hoogland, Matheijs Pleijter

Samenvatting

Inleiding

Het grondwater bevindt zich in Nederland meestal op geringe diepte, en is daarom van invloed op ecosystemen, gewasgroei, uitspoeling van nutriënten, berijdbaarheid etc. Informatie over de grondwaterstand wordt onder meer gebruikt in het verdrogingsbeleid, bij het berekenen van schadeuitkeringen aan agrariërs in waterwingebieden, bij het schatten van de uitspoeling van nutriënten naar het grondwater en bij de voorbereiding van civieltechnische werken. De huidige informatie over de diepte tot het freatische grondwater in het holocene deel van Nederland is verouderd, en daardoor niet goed bruikbaar bij de ontwikkeling van mileu- en natuurbeleid, water- en bodembeheer en de inrichting van de leefomgeving in dit deel van Nederland. Doel van dit rapport is om de aanpak te beschrijven waarmee actuele informatie wordt verzameld over de seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in het holocene klei- en veengebied. Randvoorwaarden voor deze aanpak zijn dat beschikbare kennis en informatie zoveel mogelijk worden benut, dat de kwaliteit van de geactualiseerde informatie kan worden gekwantificeerd en dat actualisatie na toekomstige veranderingen in het hydrologische regime eenvoudig tegen geringe kosten kan worden voortgezet.

Vereiste informatie

Een nauwkeurige definitie van de vereiste informatie is bepalend voor de opzet van de actualisatie. De actualisatie beperkt zich tot grofweg het holocene deel van Nederland, namelijk het gebied dat nog niet is geactualiseerd bij de kartering van de grondwaterdynamiek (Gd-kaart). Hierbinnen beperkt het studiegebied zich tot alle onbebouwd en onverhard land, uitgezonderd taluds e.d. De actualisatie richt zich in eerste instantie op het kwantificeren van de actuele inhoud van de kaarteenheden van de bestaande grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 50.000 (de domeinen). Daarnaast onderscheiden we gebieden met stagnerende lagen en gebieden waar na de landelijke bodemkartering, schaal 1 : 50.000, is ingegrepen in de waterhuishouding in het kader van een landinrichtingsproject.

De doelvariabele is de *grondwaterstandsdiepte*: de afstand tussen het grondoppervlak (= bodemoppervlak) en de *grondwaterstand* (m). De *grondwaterstand* is de hoogte ten opzichte van een referentieniveau (meestal N.A.P.) van een punt waar het *grondwater* een drukhoogte gelijk nul heeft (m). Onder *grondwater* verstaan we al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met bodem of ondergrond staat. Naast de grondwaterspiegel onderscheiden wij de *schijngrondwaterspiegel*: de grondwaterspiegel waaronder een onverzadigde zône voorkomt, met op nog grotere diepte de grondwaterspiegel die via het grondwater in verbinding staat met het grotere (regionale) grondwaterlichaam.

De actualisatie richt zich op de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG en GLG), en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG), samengevat als GxG. De GHG (GLG) is gedefinieerd als het gemiddelde van de *HG3* (*LG3*) over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden, waarbij de *HG3* (*LG3*) het gemiddelde is van de drie hoogste (laagste) grondwaterstanden in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) bij een meetfrequentie van tweemaal per maand. De *Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG)* is het gemiddelde van de *VG3* over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden, waarbij de *VG3* het gemiddelde is van de grondwaterstanden op 14 maart, 28 maart en 14 april in een bepaald kalenderjaar.

De ruimtelijke variatie van GxG's wordt op grondwatertrappenkaarten aangegeven met polygonen die grondwatertrappen afgrenzen. Grondwatertrappen (Gt's) zijn klassen van combinaties van GHG's en GLG's. Voor elk domein zal de ruimtelijke variatie van actuele grondwatertrappen, GHG en GLG worden beschreven met een geschatte frequentieverdeling. De geactualiseerde grondwatertrappenkaart zal voor elk domein percentielen weergeven van de ruimtelijke frequentieverdelingen van GxG.

Randvoorwaarden

Voor de actualisatie is totaal 1 mln. Euro beschikbaar. De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand wordt waargenomen met zogeheten gerichte opnamen, waarbij in een groot aantal boorgaten de grondwaterstand gemeten, tijdens campagnes van slechts enkele dagen op een moment met ondiepe standen (meestal de

winter) en op een moment met diepe standen (meestal de zomer). Deze boorgatmetingen worden omgerekend naar GxG's met behulp van regressiemodellen die de relatie beschrijven tussen grondwaterstanden en GxG's. In totaal kunnen op maximaal 1200 meetlocaties gerichte opnamen worden uitgevoerd. Om per domein de ruimtelijke frequentieverdelingen van GxG's nauwkeurig te kunnen schatten, streven we naar tenminste 20 steekproeflocaties per domein, wat een maximum van 60 domeinen betekent. Bestaande gegevens moeten zo efficiënt mogelijk worden gebruikt, zoals profielbeschrijvingen in BIS, GxG-schattingen voor locaties uit de LSK-steekproef of voor locaties van DINO-peilbuizen en informatie uit het nationaal hydrologisch modelinstrumentarium.

Voorinformatie

Schattingen van GHG en GLG zijn bekend voor een aantal locaties uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK) en voor een aantal locaties uit het DINO-meetnet. De LSK bestaat uit twee steekproeven, A en B. De schattingen in steekproef A zijn 21 tot 23 jaar geleden verricht, de schattingen in steekproef B 10 tot 18 jaar geleden. Gezien de ouderdom worden de LSK-gegevens niet gebruikt bij de actualisatie. De DINO-locaties zijn voor uiteenlopende doeleinden gericht geselecteerd. Deze locaties moeten in het veld worden bezocht en de reeksen moeten worden beoordeeld op bruikbaarheid. Het DINO-bestand bevat 604 reeksen die zijn waargenomen op locaties in het holocene deel van Nederland, gedurende tenminste de laatste vijf tot acht jaar, met een frequentie van tenminste tweemaal per maand, in buizen met een filterdiepte van maximaal vijf meter beneden maaiveld. Na visuele beoordeling van de reeksen op meetfouten, hiaten, e.d., bleven 390 reeksen over. Hiervan zijn er 77 waargenomen in filters die zich geheel of gedeeltelijk in de fluctuatiezône van het grondwater bevinden, waarbij de fluctuatiezône is vastgesteld op basis van de GLG die uit de waarnemingen is berekend. Of de 313 resterende reeksen kunnen worden gebruikt voor het berekenen van GxG's moet worden beoordeeld op basis van het bodemprofiel.

GxG's kunnen worden geschat met het gemiddelde van de xG3's van een waargenomen reeks grondwaterstandsdieptes van tenminste acht jaar lang, of met het gemiddelde van de xG3's van stochastisch gesimuleerde reeksen van grondwaterstandsdieptes van 30 jaar lang. Deze simulaties vinden plaats op basis van een gemodelleerde relatie tussen neerslag, verdamping en grondwaterstandsdiepte en reeksen van neerslag en verdamping met lengtes van tenminste 30 jaar. De tweede methode is vooral relevant voor regimes waarin de grondwaterstandsfluctuatie sterk wordt bepaald door de fluctuatie van het neerslagoverschot. De vraag is in hoeverre dit het geval is in regimes met beheerste peilen, zoals in het holocene deel van Nederland. Om dit te beoordelen zijn voor 15 locaties in verschillende bodemkundig-hydrologische situaties de resultaten van beide schattingsmethoden met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat schattingen van de GxG op basis van metingen in de periode 2002-2010 niet veel afwijken van schattingen uit reeksen die met behulp van tijdreeksmodellen zijn verlengd tot te periode 1980-2010. Wij concluderen dat actuele GxG's voor holoceen Nederland nauwkeurig kunnen worden geschat uit waargenomen tijdreeksen voor de periode 2002-2010.

Indeling in deelgebieden (stratificatie)

De kaarteenheden van de bestaande grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 50.000, zijn domeinen waarvoor apart informatie moet worden verstrekt. Daarnaast onderscheiden we gebieden met stagnerende lagen en gebieden waar na de landelijke bodemkartering, schaal 1 : 50.000, is ingegrepen in de waterhuishouding in het kader van een landinrichtingsproject. Om zeer kleine strata te voorkomen, is bij een aantal kleine bodem- en Gt-klassen geen onderscheid gemaakt naar het vóórkomen van stagnerende lagen en de uitvoering van landinrichtingswerken na de totstandkoming van de bodemkaart. Op basis van een verdere indeling naar regio (noord, midden, zuid) bedraagt het totaal aantal strata 59.

Selectie van locaties voor gerichte opnamen

De basis voor de selectie van locaties voor de gerichte opnamen is een GIS-bestand met daarin de grenzen van 59 strata op basis van grondwatertrap, aanwezigheid van stagnerende lagen en de uitvoering van landinrichtingswerken na de totstandkoming van de bodemkaart. Om een goede ruimtelijke verdeling van de locaties over de strata te bereiken worden de 59 strata onderverdeeld in een aantal compacte geografische strata (geostrata). In elk geostratum worden twee locaties geloot. Omdat het totaal aantal locaties 1200 moet bedragen, zijn er totaal 600 geostrata gevormd. Elk van de 59 strata bevat ten minste vijf geostrata.

De resterende $600 - (5 \times 59) = 305$ geostrata zijn proportioneel naar oppervlakte verdeeld over hoofdstrata die groter zijn dan 10.000 hectare.

Resultaten beoordeling buislocaties

In 2011 werden 136 filters in het veld beoordeeld. Hiervan werden 24 filters als goed beoordeeld.

Conclusies en aanbevelingen

De voorbereiding van de actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland leidde tot de volgende conclusies:

1. Veldbezoek is noodzakelijk om de bruikbaarheid van tijdreeksen in het DINO-bestand bij de actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland te kunnen beoordelen.
2. Uit veldbezoek bleek dat een aantal reeksen die zijn geregistreerd met automatische drukopnemers niet bruikbaar zijn, omdat de metingen niet betrouwbaar zijn door luchtinsluiting in de buis.
3. Het aantal reeksen dat is waargenomen in filters die zich in de fluctuatiezône van de grondwaterstand bevinden is beperkt: 77 van de 390 reeksen voldoen aan criteria zoals compleetheid van gegevens, voldoende lengte etc.
4. Bij 313 reeksen bevindt het filter zich dieper dan de fluctuatiezône van het grondwater. Alleen op basis van informatie over het bodemprofiel, aangevuld met een boorgatmeting van de grondwaterstand, kan de bruikbaarheid van deze reeksen worden beoordeeld.
5. Uit een analyse van 15 tijdreeksen concluderen wij dat de actuele GxG's in het holocene deel van Nederland nauwkeurig uit waargenomen tijdreeksen van de periode 2002-2010 kunnen worden geschat.

Om toekomstige veranderingen in de grondwatertrappen te kunnen monitoren bevelen we aan het meetnet van freatische grondwaterstanden goed te onderhouden en bij voorkeur uit te breiden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en probleemstelling

Het grondwater bevindt zich in Nederland meestal op geringe diepte, en is daarom van invloed op ecosystemen, gewasgroei, uitspoeling van nutriënten, berijdbaarheid etc. Betrouwbare actuele informatie over de seizoensfluctuatie van de grondwaterstand is voor een groot aantal instanties (ministeries van EL&I en I&M, DLG, RWS, provincies, waterschappen, gemeenten, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), onderzoeksinstellingen, ingenieursbureaus, onderwijs, enz.) voor een groot scala van toepassingen gewenst, zoals landbouwbeleid, landinrichting, natuurbeleid, waterbeleid, ruimtelijke ordening, milieubeleid en klimaatbeleid. Informatie over de grondwaterstand wordt onder meer gebruikt in het verdrogingsbeleid (Landelijk Steunpunt Verdroging, Taskforce Verdroging(sbestrijding), TOP-gebieden), bij het berekenen van schadeuitkeringen aan agrariërs in waterwingebieden (Dienst Landelijk Gebied, Commissie Deskundigen Grondwaterwet), bij het schatten van de uitspoeling van nutriënten naar het grondwater (onderbouwing van het mestbeleid, Ministerie van EL&I, Directie AKV) en bij de voorbereiding van civieltechnische werken (Besluit Bodemkwaliteit). De huidige informatie over de diepte tot het freatische grondwater in het holocene deel van Nederland is verouderd (Braat et al., 1989). Daardoor is deze informatie niet goed bruikbaar bij de ontwikkeling van mileu- en natuurbeleid, water- en bodembeheer en de inrichting van de leefomgeving in dit deel van Nederland.

Informatie ter ondersteuning van beleidsbeslissingen moet actueel, compleet en begrijpelijk zijn. Deze eisen gelden steeds sterker door de toenemende *accountability* (afrekenen op prestaties, verantwoording van beleid, voorbeeld: monitoring TOP-gebieden) en juridisering (bijvoorbeeld: de afwikkeling van schadeclaims bij grondwateronttrekkingen, de behandeling van bezwaarschriften zoals bij de aanwijzing van uitspoelingsgevoelige percelen). Deze ontwikkelingen raken alle beleidsterreinen waarbij de grondwaterstand een rol speelt. Daarnaast moet informatie efficiënt zijn, wat betekent dat de kosten van informatievergaring zich moeten verhouden tot de risico's die met die informatie worden verkleind.

Compleetheid betekent dat alle informatie die nodig is om een beslissing te nemen wordt geleverd. Beleidsmakers en waterbeheerders moeten rekening houden met meerdere, vaak tegengestelde belangen ten aanzien van de grondwaterstand. Daarom moeten grondwaterbeheerders beschikken over nauwkeurige informatie. Om risico's te kunnen beheersen moet de betrouwbaarheid van deze informatie bekend zijn. Daarnaast mag de kwaliteit van de informatie niet afhangen van veronderstellingen waarvan het realiteitsgehalte moeilijk is vast te stellen, en de resultaten van de actualisatie moeten reproduceerbaar zijn.

Tijdens de workshops die de afgelopen jaren zijn georganiseerd werden als belangrijke tekortkomingen in de huidige grondwaterstandsinformatie genoemd:

- de Gt-informatie is verouderd en daardoor niet geschikt voor het ontwikkelen van bodem- en grondwaterbeleid en voor het ontwikkelen van waterbeheer;
- de schaal van de beschikbare informatie is te grof (beleidsmakers en waterbeheerders willen vaak verder inzoomen dan mogelijk is, zelfs tot het perceelsniveau);
- de informatie over de dynamiek (variatie van de grondwaterstand in de tijd) is te onnauwkeurig.

De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand wordt gekarakteriseerd met de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand (GHG en GLG). Deze worden sinds de jaren zestig gelijktijdig en in samenhang met de bodem gekarteerd. Hierbij worden de GHG en GLG gecombineerd en ingedeeld in klassen, de zogenoemde grondwatertrappen (Gt's). De ruimtelijke patronen van Gt's vallen hierdoor vaak samen met die van bodemtypen. Bij de kartering wordt gebruik gemaakt van metingen in grondwaterstandsbuizen en boorgaten, van 'hydromorfe' profielkenmerken die samenhangen met de fluctuatiediepte van het grondwater, en van landschappelijke kenmerken. De landsdekkende 1 : 50.000 Bodem- en Gt-kaart is opgenomen in het huidige BIS.

Het belang van betrouwbare actuele grondwaterinformatie blijkt uit de recente karteringen van de grondwaterdynamiek (Gd) voor pleistoceen Nederland, die tot doel hadden het landelijke mestbeleid van het ministerie van LNV (tegenwoordig EL&I) te onderbouwen en het grondwaterbeheer door provincies en waterschappen te ondersteunen. In tegenstelling tot de Gt-kaart, waarop de GHG en GLG samengevat zijn als Gt's voor kaartvlakken, geeft de Gd-kaart een continu kaartbeeld van voorspellingen van GxG's voor rastercellen van 25×25 meter.

Ongeacht het type grondwaterinformatie, Gt of Gd, is het belangrijk om de nauwkeurigheid van informatie over de grondwaterstand te kennen, zodat kan worden beoordeeld of deze toereikend is om goede beslissingen te kunnen nemen. Ook in risicoanalyses is informatie over de nauwkeurigheid noodzakelijk.

1.2 Doel

Doel van dit rapport is om de aanpak te beschrijven waarmee actuele informatie wordt verzameld over de seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in het holocene klei- en veengebied. Randvoorwaarden voor deze aanpak zijn dat beschikbare kennis en informatie zoveel mogelijk worden benut, dat de kwaliteit van de geactualiseerde informatie kan worden gekwantificeerd en dat actualisatie na toekomstige veranderingen in het hydrologische regime eenvoudig tegen geringe kosten kan worden voortgezet.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 definieert nauwkeurig welke informatie vereist is. Hoofdstuk 3 geeft de randvoorwaarden waaronder deze informatie tot stand moet komen. Hoofdstuk 4 beschrijft de voorinformatie die kan worden benut bij de actualisatie van de grondwatertrappenkaart. Op basis van deze voorinformatie onderscheiden we deelgebieden (strata), die in hoofdstuk 5 worden beschreven. In hoofdstuk 6 beschrijven wij de selectie van locaties waar gerichte opnamen van de grondwaterstand zijn verricht. Voordat wij gebruik maken van tijdreeksen van grondwaterstanden, beoordelen wij eerst de tijdreeks en de locatie waar deze is waargenomen op basis van een aantal criteria. Hoofdstuk 7 geeft de resultaten van deze beoordeling. Hoofdstuk 8 sluit af met enkele concluderende opmerkingen en aanbevelingen.

2 Vereiste informatie

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven wij nauwkeurig welke informatie de actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland moet opleveren. Een nauwkeurige definitie van de vereiste informatie is bepalend voor de opzet van de actualisatie. Bij de definitie van de vereiste informatie volgen wij de systematiek van De Gruijter et al. (2006).

2.2 Doelpopulatie

Recent is de grondwatertrappenkaart van een groot deel van Nederland geactualiseerd in de vorm van een kaart van de grondwaterdynamiek (Gd-kaart) (Finke et al., 2004; Van Kekem et al., 2005). De huidige actualisatie richt zich op het gebied waarvoor de informatie over de grondwaterstand nog niet is geactualiseerd. Hierbinnen beperkt het studiegebied zich tot alle onbebouwd en onverhard land, met uitzondering van:

1. taluds en bermen langs watergangen, wegen en kunstwerken;
2. onverhard land binnen de bebouwde kom, en bij woningen en bedrijven in het landelijk gebied (erven, tuinen bij woningen, plantsoenen e.d.);
3. gebied waaraan op de kaart, schaal 1 : 50.000, geen Gt-klasse is toegekend;
4. gebieden waar het grondwater buiten het boorbereik ligt (Zuid-Limburgs heuvelland, duinen, stuwwallen etc.).

Figuur 2.1 geeft de ligging van het studiegebied weer. In het verleden werden waarnemingen aan de grondwaterstandsdiepte of gerelateerde profielkenmerken hoofdzakelijk verricht op geruime afstand van waterlopen. Deze praktijk leidde ertoe dat voor gebieden met veel sloten op korte afstand, zoals het veenweidegebied en komkleigebieden, de grondwatertrappenkaart voornamelijk de situatie in de perceelsmiddens weerspiegelde. Bij de huidige actualisatie rekenen wij percelen 'van slootkant tot slootkant' tot de doelpopulatie.

Een argument om alleen in de perceelsmiddens waar te nemen zou kunnen zijn dat deze informatie met een eenvoudig model van opbolling en informatie over slootpeilen is te vertalen naar grondwaterstandsdieptes op perceelsschaal. De vraag is echter of gebruikers van informatie de vertaling met dit model zullen toepassen. Bovendien is het niet consistent met de Gd-kaart (Finke et al., 2004; Van Kekem et al., 2005), wat tot verwarring bij de gebruikers kan leiden.

2.3 Domeinen

De actualisatie richt zich in eerste instantie op het kwantificeren van de actuele inhoud van de kaarteenheden van de bestaande grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 50.000. Deze kaarteenheden zijn dus domeinen waarvoor apart informatie moet worden verzameld. De kaarteenheden zullen verder worden verdeeld naar geografische regio, aanwezigheid van stagnerende lagen, en ingrepen in de waterhuishouding sinds de bodemkartering. Om per domein de ruimtelijke frequentieverdelingen van GxG's nauwkeurig te kunnen schatten mag het aantal domeinen niet te groot zijn. Wij streven naar tenminste 20 steekproeflocaties per domein, wat betekent dat bij 1200 locaties van gerichte opnamen het aantal domeinen maximaal 60 zal bedragen (zie paragraaf 3.1).

2.4 Doelvariabele

Bij de definiëring van de doelvariabele baseren wij ons op definities die zijn verzameld door de werkgroep 'Meten en interpreteren van grondwaterstanden' van Alterra, onderdeel van Wageningen UR (Ritzema et al., in voorbereiding). De doelvariabele van deze actualisatie is de *grondwaterstandsdiepte*. Deze heeft de volgende definitie:

Figuur 2.1
Ligging van het studiegebied

grondwaterstandsdiepte = de afstand tussen het grondoppervlak (= bodemoppervlak) en de *grondwaterstand* (m);
grondwaterstand = de hoogte ten opzichte van een referentieniveau (meestal N.A.P.) van een punt waar het *grondwater* een *drukhoogte* gelijk nul heeft (m);
grondwater = al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met bodem of ondergrond staat;
drukhoogte = potentiaal van het bodemwater ten gevolge van de interactie tussen bodemwater en de matrix; uitgedrukt in een energiehoogte-equivalent (m).

Opgemerkt moet worden dat 'grondwaterstand' in de context van grondwatertrappen en grondwaterdynamiek altijd de betekenis heeft van 'grondwaterstandsdiepte': het referentieniveau is altijd de lokale maaiveldshoogte.

De actualisatie richt zich op *freatisch water*, gedefinieerd als
freatisch water = ondiep grondwater, vrij grondwater = water in de verzadigde zone met een vrije *grondwaterspiegel*;
grondwaterspiegel = freatisch vlak = het vlak door de punten waar het grondwater een drukhoogte gelijk nul heeft.

Naast de grondwaterspiegel onderscheiden wij *schijngrondwaterspiegels*, gedefinieerd als
schijngrondwaterspiegel = grondwaterspiegel waaronder een onverzadigde zone voorkomt; op nog grotere diepte bevindt zich de grondwaterspiegel die via het grondwater in verbinding staat met het grotere (regionale) grondwaterlichaam.

Het optreden van schijngrondwaterspiegels kan worden beschouwd als plasvorming beneden maaiveld. Uit het oogpunt van plantenfysiologie is het onderscheid tussen grondwaterspiegel en schijngrondwaterspiegel relevant voor wat betreft de chemische samenstelling van het water en de duur waarmee water op een bepaalde diepte aanwezig is. Schijngrondwater zal voornamelijk van het regenwatertype (atmoclien) zijn, terwijl grondwater een bepaalde mate van rijping kan hebben (lithoclien) of zilt kan zijn (thallasoclien). Het onderscheid tussen grondwaterspiegel en schijngrondwaterspiegel is voor water- en bodembeheerders relevant. Ingrepen in de waterbeheersing hebben namelijk wel invloed op de diepte van de grondwaterspiegel, maar niet op de diepte van schijngrondwaterspiegels. De laatste zijn alleen door ingrepen in de bodem te beïnvloeden: door diepe grondbewerking kunnen schijngrondwaterspiegels op stagnerende lagen worden

opgeheven, terwijl door verdichting als gevolg van het berijden en bewerken van land ook schijngrondwaterspiegels kunnen worden gecreëerd. Gezien de relevantie van het onderscheid tussen grondwaterspiegels en schijngrondwaterspiegels voor de gebruikers zal dit onderscheid ook op de geactualiseerde kaart worden gemaakt.

2.5 Doelparameters

2.5.1 Beschrijving van de temporele variatie

Onder invloed van neerslag, verdamping en waterbeheersing varieert de grondwaterstandsdiepte in de tijd, met een min of meer duidelijke seizoenstrend. Deze temporele variatie van de grondwaterstandsdiepte kan op verschillende manieren worden beschreven. Onderscheid moet hierbij worden gemaakt tussen de beschrijving van de variatie die in een bepaalde, afgebakende, periode heeft plaatsgevonden en de beschrijving van de variatie die plaatsvindt gegeven een bepaald regime van neerslag, verdamping en hydrologie. In het eerste geval gaat het om populatieparameters, bijvoorbeeld de gemiddelde grondwaterstandsdiepte tussen 1 april 2003 en 31 maart 2010. In het tweede geval gaat het om procesparameters, bijvoorbeeld de gemiddelde grondwaterstandsdiepte die optreedt gegeven het huidige peilbeheer op een bepaalde locatie, onder een neerslag- en verdampingsregime dat bijvoorbeeld wordt gekarakteriseerd met de neerslag en verdamping die gedurende de laatste 30 jaar optrad, of met een voorspeld neerslag- en verdampingsregime op basis van een klimaatmodel.

Veelgebruikte parameters die de seizoensfluctuatie van de grondwaterstandsdiepte beschrijven zijn de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand (GHG en GLG), en de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Deze kunnen worden gedefinieerd als populatieparameters of als procesparameters. Bij toepassingen in planvorming en landevaluatie, zoals het opstellen van waterbeheersingsplannen, het schatten van verwachte rendementen van investeringen in de waterhuishouding, het schatten van verwachte reducties in gewasopbrengsten met het oog op schadeuitkeringen, het vaststellen van het effect van maatregelen ter bestrijding van verdroging van natuurgebieden etc. zijn procesparameters relevant.

De definities van GHG, GLG en GVG (samengevat GxG) zijn in het verleden onderwerp van discussie geweest, en meerdere definities werden tegelijkertijd gehanteerd. Van der Sluijs (1990, blz. 169) definieerde de GHG (resp. GLG) als 'de statistische verwachtingswaarde van de HG3's (resp. LG3's) over een periode waarin het grondwaterregime niet door ingrepen is gewijzigd'. De werkgroep 'Meten en interpreteren van grondwaterstanden' (Alterra, onderdeel van Wageningen UR; Ritzema et al. (in voorbereiding)) heeft in 2011 consensus bereikt over de volgende definities:
Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) = gemiddelde van de *HG3* over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden.
Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) = gemiddelde van de *LG3* over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden.
Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) = gemiddelde van de *VG3* over een periode van 30 jaar onder gegeven klimatologische en waterhuishoudkundige omstandigheden.
Hierbij is:
HG3 = gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) bij een meetfrequentie van tweemaal per maand.
LG3 = gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden in een hydrologisch jaar (1 april t/m 31 maart) bij een meetfrequentie van tweemaal per maand.
VG3 = gemiddelde van de grondwaterstanden op 14 maart, 28 maart en 14 april in een bepaald kalenderjaar.

In de definitie wordt uitgegaan van een periode van 30 jaar, zodat jaarlijkse schommelingen in de HG3, LG3 en VG3 voldoende worden uitgemiddeld. In het verleden heeft men ook kortere perioden aangehouden. De invloed van afwijkende jaren (bijvoorbeeld jaren die beduidend natter of droger zijn dan gewoonlijk) bij perioden korter dan 30 jaar kunnen echter sterk doorwerken op de schatting van de GxG, waardoor de informatie minder bruikbaar is bij planvorming (Knotters, 2001, blz. 36-38).

De definitie van de GxG vermeldt ook dat de waterhuishoudkundige omstandigheden gelijk moeten zijn gedurende de periode van 30 jaar waarover wordt gemiddeld. Met andere woorden, er mogen tussentijds geen belangrijke hydrologische ingrepen of veranderingen in het systeem hebben plaatsgevonden. Als belangrijke ingrepen of veranderingen wel hebben plaatsgevonden dan zal de tijdreeks in stukken moeten worden geknipt en moet de GxG per deelperiode worden geschat met behulp van een tijdreeksmodel dat dertig jaar neerslag en verdamping als invoer heeft (Knotters en Van Walsum, 1997). Het is overigens de vraag of bij ondiepe grondwaterregimes in poldergebieden reeksverlenging met behulp van een tijdreeksmodel nodig is. Het peilbeheer zou dermate bepalend kunnen zijn voor de grondwaterstandsfluctuatie dat de procesparameters

(GxG's) ook nauwkeurig kunnen worden geschat uit een korte tijdreeks (zeg vijf tot tien jaar lang). Dit zou aan het begin van de actualisatie moeten worden onderzocht door GxG-schattingen op basis van korte reeksen van waargenomen grondwaterstanden te vergelijken met GxG-schattingen op basis van langjarige simulaties met tijdreeksmodellen.

2.5.2 Beschrijving van de ruimtelijke variatie

De temporele variatie van de grondwaterstandsdiepte op een bepaalde locatie wordt beschreven met GxG's. De ruimtelijke variatie van GxG's wordt op grondwatertrappenkaarten aangegeven met polygonen die grondwatertrappen afgrenzen. Grondwatertrappen zijn klassen van combinaties van GHG's en GLG's. Gd-kaarten (Finke et al., 2004; Van Kekem et al., 2005) geven lokale voorspellingen van de GHG en GLG, inclusief een geschatte nauwkeurigheid van deze lokale voorspellingen.

Voor elk domein (zie paragraaf 2.3) zal de ruimtelijke variatie van actuele grondwatertrappen, GHG en GLG worden beschreven met een geschatte frequentieverdeling.

2.6 Doelgrootheden en type resultaat

Voor het gebied, gedefinieerd in paragraaf 2.2, en voor elk domein, gedefinieerd in paragraaf 2.3, zullen frequentieverdelingen van actuele grondwatertrappen, GHG's en GLG's en optreden van schijngrondwaterspiegels worden geschat. De informatie over GHG's en GLG's is kwantitatief, de informatie over grondwatertrappen en het vóórkomen van schijngrondwaterspiegels is kwalitatief.

2.7 Presentatie

De geactualiseerde grondwatertrappenkaart zal percentielen weergeven van de ruimtelijke frequentieverdelingen van GxG. Op deze wijze ontstaat inzicht in de variatie die er is binnen kaarteenheden.

3 Randvoorwaarden

3.1 Planning, budget

Voor het gebied dat is aangegeven in paragraaf 2.2 moet uiterlijk in 2014 een geactualiseerde grondwatertrappenkaart beschikbaar te zijn. Daarvoor is een totaal budget van 1 mln. Euro beschikbaar. Afgesproken is om nieuwe waarnemingen van de seizoensfluctuatie van de grondwaterstand te verrichten met zogeheten gerichte opnamen. Bij een gerichte opname wordt in een groot aantal boorgaten de grondwaterstand gemeten, tijdens campagnes van slechts enkele dagen op een moment met ondiepe standen (meestal de winter) en op een moment met diepe standen (meestal de zomer). Deze boorgatmetingen worden omgerekend naar GxG's met behulp van regressiemodellen die de relatie beschrijven tussen grondwaterstanden en GxG's. Omdat deze modellen zijn opgesteld op basis van metingen die zijn verricht in grondwaterstandsbuizen, ook wel 'stambuizen', wordt de methode 'stambuisregressie' genoemd (Te Riele en Brus, 1991). In totaal kunnen op maximaal 1200 meetlocaties gerichte opnamen worden uitgevoerd. Om per domein de ruimtelijke frequentieverdelingen van GxG's nauwkeurig te kunnen schatten mag het aantal domeinen niet te groot zijn. Wij streven naar tenminste 20 steekproeflocaties per domein, wat betekent dat bij 1200 locaties van gerichte opnamen het aantal domeinen maximaal 60 zal bedragen.

3.2 Gebruik van voorinformatie

Naast nieuw te verzamelen informatie dient zo efficiënt mogelijk gebruik te worden gemaakt van bestaande gegevens, zoals profielbeschrijvingen in BIS, GxG-schattingen voor locaties uit de LSK-steekproef (Finke et al., 2001; Visschers et al., 2007) of voor locaties van DINO-peilbuizen (Van Bracht, 1988) en informatie uit het nationaal hydrologisch modelinstrumentarium (NHI; Kleinendorst et al. (2009)). Om van bestaande gegevens gebruik te kunnen maken dienen een aantal zaken te worden uitgezocht. Bijvoorbeeld moet worden uitgezocht hoe bij een ontwerpgebaseerde actualisatie gebruik kan worden gemaakt van de insluitkansen van de LSK. Verder moeten de nauwkeurigheid en actualiteit van bestaande GxG-schattingen voor LSK- en DINO-locaties worden beoordeeld.

In het actualisatieproces is afgesproken om samen te werken met de waterschappen en de beschikbare gegevens en kennis daar zo goed mogelijk te benutten. Hiervoor dient een aantal overlegmomenten met de gezamenlijke en afzonderlijke waterschappen te worden gepland. Informatiebronnen die mogelijk relevant zijn voor de actualisatie afkomstig van de waterschappen zijn: peilgebieden en streefpeilen, informatie over gerealiseerde peilen en bemalingsgegevens en inlaat van water. Daarnaast is wellicht specifieke gebiedskennis over hydraulische eigenschappen bij de waterschappen beschikbaar die nog niet in het NHI is opgenomen.

4 Voorinformatie

4.1 Inleiding

Er is veel informatie beschikbaar over grondwaterstanden en over variabelen die met de grondwaterstand samenhangen. Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van alle bruikbare informatie, zowel over de doelparameters (GHG en GLG) als over hulpvariabelen.

4.2 Actuele GHG's en GLG's

4.2.1 GxG's uit de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK)

De LSK bestaat uit twee steekproeven, A en B (Visschers et al., 2007). Steekproef A is een gestratificeerde tweetrapssteekproef uit de gebieden die op de bodemkaart, schaal 1 : 50.000, staan aangegeven als veldpodzolgronden met leemarm of zwak-lemig fijn zand en Gt V en VI, en als beekeerdgronden met fijn zand en Gt III. Steekproef B is een gestratificeerde enkelvoudig aselecte steekproef, met alle onbebouwde en onverharde bodem in Nederland als doelpopulatie, met grondwatertrappen als strata en bodemkundig homogene deelgebieden en gebieden waarvoor apart informatie is vereist, zoals natuurgebieden, als substrata. De doelpopulatie van steekproef A valt volledig binnen de doelpopulatie van steekproef B. Voor de steekproeflocaties van zowel steekproef A als B zijn de GHG's en GLG's geschat. Tabel 4.1 geeft de perioden waarin schattingen van de GHG en GLG voor de steekproeflocaties werden verricht. De schattingen in steekproef A zijn 21 tot 23 jaar geleden verricht, de schattingen in steekproef B 10 tot 18 jaar geleden. Vanwege de ouderdom zijn de gegevens van de LSK niet gebruikt bij deze actualisatie.

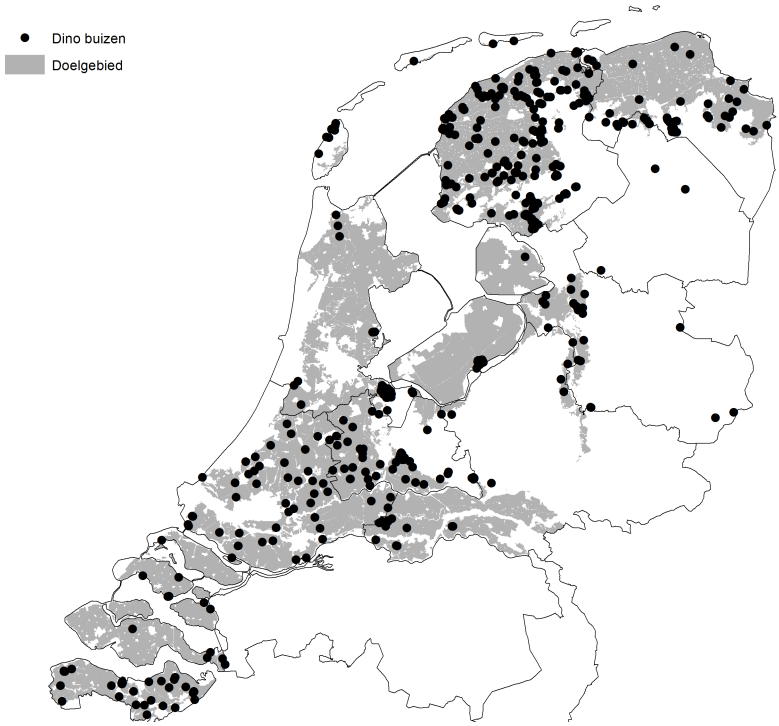
4.2.2 GxG's uit DINO-reeksen

Figuur 4.1 geeft de locaties uit de DINO-databank (voorheen OLGA; Van Bracht (1988)) waarvoor actuele schattingen van de GHG en GLG bekend zijn. De DINO-locaties zijn voor uiteenlopende doeleinden gericht geselecteerd. Uit praktische overwegingen kunnen locaties zijn geselecteerd die goed bereikbaar zijn, en locaties waar geen beschadiging van de buis optreedt. Belangrijk is dat deze locaties in het veld worden bezocht en de reeksen worden beoordeeld op bruikbaarheid, waarbij wordt gelet op het volgende:

1. de buis moet zijn geplaatst binnen de doelpopulatie, zie paragraaf 2.2. Veel buizen die zijn geplaatst in bermen en taluds, erven, tuinen en plantsoenen vallen dus af. Een uitzondering vormen buizen op locaties die grenzen aan de doelpopulatie (rand van erf, tuin etc.), en waarvan na veldcontrole is vast komen te staan dat maaiveldshoogte en grondwaterstand overeenstemmen met de dichtstbijzijnde locatie in de doelpopulatie;

Tabel 4.1
Periodes waarin schattingen van GHG en GLG werden gedaan voor de LSK-locaties (naar Visschers et al. (2007)).

Steekproef	Cluster van kaarteenheden	Periode
A	Veldpodzolgronden	1988-1990
A	Beekeerdgronden	1989-1990
B	Gt I	1998-1999
B	Gt II	1994-1996
B	Gt III	1993-1995
B	Gt IV	1999-2000
B	Gt V	1996-1998
B	Gt VI	1996-1998
B	Gt VII	1998-1999
B	Associatie van Gt's	2000-2001
B	Geen Gt	2000-2001



Figuur 4.1
Locaties waarvoor schattingen van de actuele GHG en GLG beschikbaar zijn

2. filterdiepte: deze moet zodanig zijn dat de grondwaterstand (freatisch grondwater) wordt waargenomen, zie paragraaf 2.4;

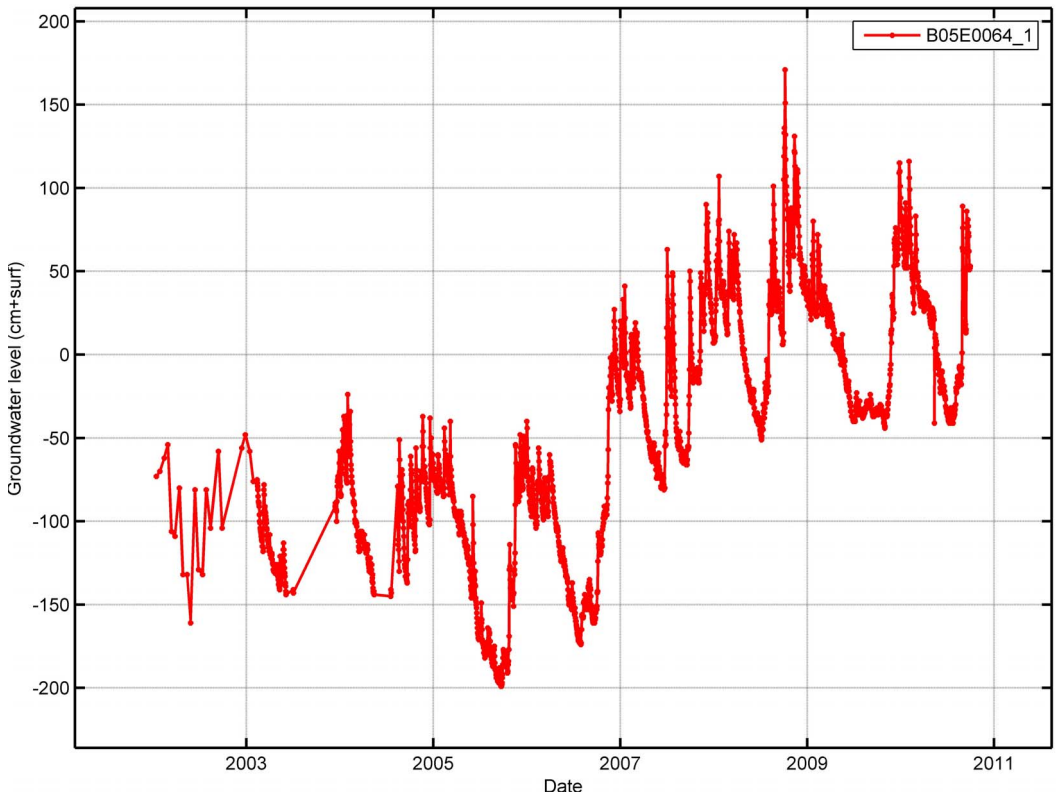
3. de hoogte van de bovenkant buis (meetpunt) t.o.v. maaiveld moet bekend zijn, alsook de maaiveldshoogte. Deze gegevens zijn nodig voor het berekenen van de grondwaterstandsdiepte, zie paragraaf 2.4;

4. de waargenomen reeks mag geen trends als gevolg van ingrepen bevatten. Dit kan worden vastgesteld door visuele controle van de reeks, en van de residuen die overblijven na het filteren van de component als gevolg van neerslag en verdamping. Een veel voorkomende ingreep is verplaatsing van de buis. Deze verplaatsingen zijn uit de gegevens in DINO af te leiden;

5. de reeks moet ten minste een halfmaandelijkse frequentie hebben in verband met de definitie van de GxG, zie paragraaf 2.5. Er mogen waarnemingen ontbreken, maar dit mag niet structureel zijn: als bijvoorbeeld altijd de zomermaanden ontbreken vanwege de vakantie van de opnemer, dan kan de seizoensfluctuatie niet goed worden beschreven;

6. de reeks moet zorgvuldig worden gecontroleerd op meetfouten. Als buizen droogvallen worden weleens metingen geregistreerd op het niveau van onderkant filter, te herkennen uit een vrijwel horizontaal verloop. Deze metingen moeten worden verwijderd uit de reeks. Dit kan ertoe leiden dat in bepaalde perioden van het jaar, bijvoorbeeld de zomermaanden, waarnemingen structureel. ontbreken. Hierdoor biedt de reeks onvoldoende informatie over de seizoensfluctuatie. Plotselinge uitschieters kunnen duiden op meetfouten. Vooral uitschieters naar beneden zijn verdacht. Uitschieters naar boven kunnen het gevolg zijn van plotselinge neerslaggebeurtenissen. Deze gebeurtenissen kunnen lokaal zijn, zeker 's zomers, waardoor zij niet voorkomen in de beschikbare reeksen van dagneerslagsommen van het KNMI.

Bij gerichte opnamen wordt in een groot aantal boorgaten en grondwaterstandsbuizen de grondwaterstand gemeten wanneer deze zich rond GxG-niveau bevindt. Er wordt een model opgesteld voor de relatie tussen de grondwaterstand op dat moment en de GxG. Dit model kan worden opgesteld aan de hand van de gegevens die zijn verzameld op de locaties van de grondwaterstandsbuizen. Het regressiemodel wordt vervolgens gebruikt om de GxG te voorspellen voor locaties waarop de grondwaterstand in boorgaten is waargenomen. Verondersteld wordt dat de relatie tussen grondwaterstand en GxG die gevonden is voor de



Figuur 4.2
Voorbeeld van een staptrend in een reeks grondwaterstanden. Merk op dat na eind 2006 vaak grondwaterstandsdieptes boven maaiveld zijn waargenomen. Uitvoer van het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2002)

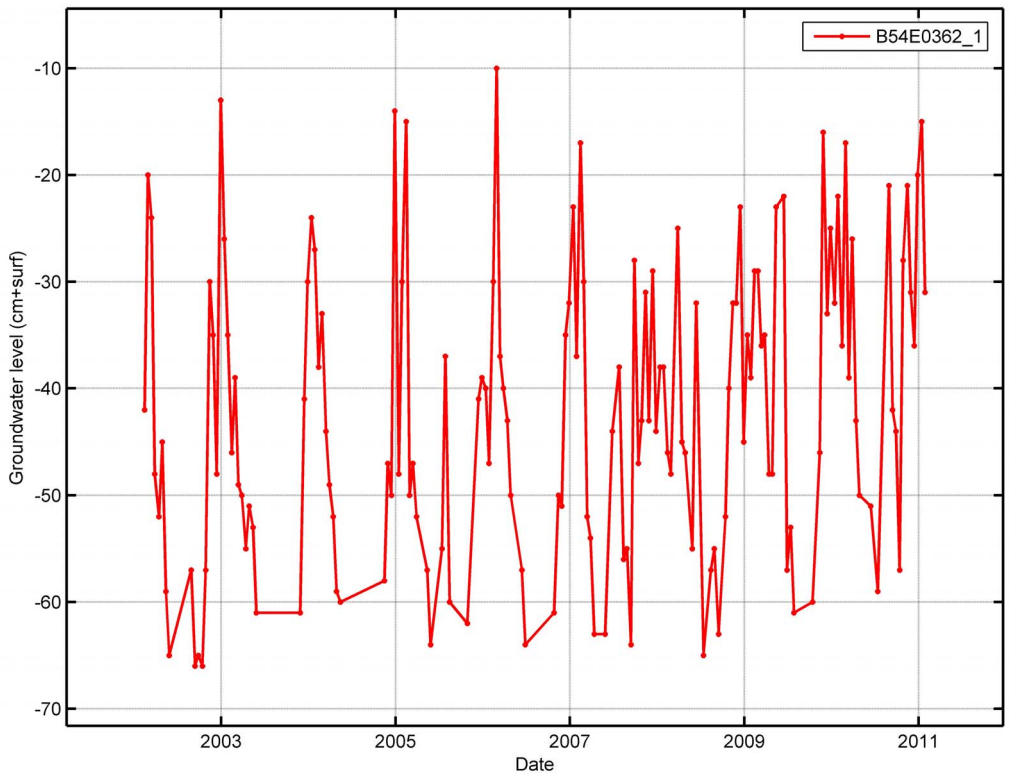
locaties van de grondwaterstandsbuizen ook geldt voor de locaties van de boorgaten. Dit wordt ook wel 'hydrologische homogeniteit' genoemd.

Het DINO-bestand bevat 604 reeksen (figuur 4.1) die zijn waargenomen op locaties in het holocene deel van Nederland, gedurende tenminste de laatste vijf tot acht jaar, met een frequentie van tenminste tweemaal per maand, in buizen met een filterdiepte van maximaal vijf meter beneden maaiveld. Deze reeksen voldoen alle aan criterium 3. Deze reeksen zijn visueel beoordeeld met behulp van het programma Menyanthes voor tijdreeksanalyse van grondwaterstanden (Von Asmuth et al., 2002). Na visuele beoordeling van de reeksen op criteria 4, 5 en 6 bleven 390 reeksen over. Figuur 4.2 geeft een voorbeeld van een reeks die niet voldeed aan criterium 4. Figuur 4.3 geeft een voorbeeld van een reeks waarin tijdens zomers vaak waarnemingen ontbreken, waardoor de seizoensfluctuatie van de grondwaterstand niet goed is te beschrijven. Figuur 4.4 geeft een voorbeeld van een reeks met een vermoedelijke meetfout. Deze waarneming is uit de reeks verwijderd.

Van de 390 reeksen die voldeden aan criteria 4, 5 en 6 zijn er 77 waargenomen in filters die zich geheel of gedeeltelijk in de fluctuatiezône van het grondwater bevinden, waarbij de fluctuatiezône is vastgesteld op basis van de GLG die uit de waarnemingen is berekend. Bij 23 hiervan zijn vermoedelijke meetfouten verwijderd, of zijn de standen verwijderd die zijn waargenomen voorafgaand aan een vermoedelijke ingreep. Figuur 4.5 geeft de ligging van de locaties waarop de 77 geselecteerde reeksen zijn waargenomen. Merk op dat er geen reeksen zijn geselecteerd die in de Flevopolders zijn waargenomen, en dat er reeksen zijn geselecteerd voor slechts enkele locaties in het westelijke deel van Noord-Holland.

Bij 313 reeksen bevindt het filter zich dieper dan de fluctuatiezône van het grondwater. Of deze reeksen kunnen worden gebruikt voor het berekenen van GxG's kan worden beoordeeld op basis van een beoordeling van het bodemprofiel. Als de bodem tussen het filter en de fluctuatiezône van de grondwaterstand goed doorlatend is, en boorgatmetingen uitwijzen dat de stijghoogten die in het filter worden gemeten de freatische grondwaterstanden benaderen, dan kunnen deze reeksen worden gebruikt.

Om criteria 1 en 2 te beoordelen is veldbezoek nodig. Hierbij moet een grondboring worden verricht om te beoordelen of zich stagnerende lagen in het profiel bevinden. Volgens het formulier in bijlage A.3 wordt



Figuur 4.3
Voorbeeld van ontbrekende waarden in de zomers in een reeks grondwaterstanden. Uitvoer van het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2002)

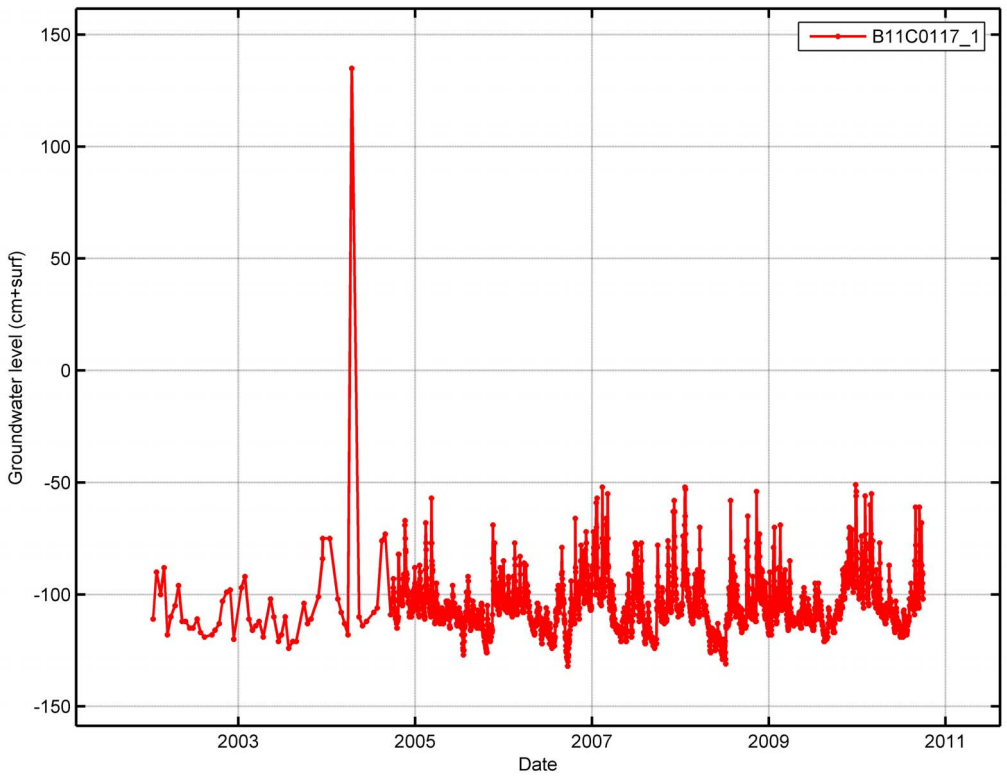
de locatie van het filter beschreven en beoordeeld. Figuur 4.6 geeft een impressie van de locatie waar de reeks in figuur 4.7 is waargenomen. Figuur 4.8 geeft als voorbeeld de schetsen en de beoordeling van de locatie van filter B16A0081.

4.3 Invloed van het neerslagoverschot op schattingen van GxG's

GxG's kunnen op twee manieren worden geschat:

1. met het gemiddelde van de xG3's van een waargenomen reeks grondwaterstandsdiepten van ten minste acht jaar lang;
2. met het gemiddelde van de xG3's van stochastisch gesimuleerde reeksen van grondwaterstandsdiepten van 30 jaar lang. De simulaties vinden plaats op basis van een gemodelleerde relatie tussen neerslag, verdamping en grondwaterstandsdiepte en reeksen van neerslag en verdamping met lengtes van ten minste 30 jaar.

De tweede methode is ontwikkeld om de schattingen minder gevoelig te maken voor droge of natte perioden die optraden tijdens de monitoring (Knotters en Van Walsum, 1997). Dit is vooral relevant voor regimes waarin de grondwaterstandsfluctuatie sterk wordt bepaald door de fluctuatie van het neerslagoverschot. De vraag is in hoeverre dit het geval is in regimes met beheerste peilen, zoals in het holocene deel van Nederland. Om te beoordelen of voor deze regimes schattingsmethode 2 nodig is, of volstaan kan worden met schattingsmethode 1, zijn voor vijftien locaties de resultaten van beide schattingsmethoden met elkaar vergeleken. De vijftien locaties liggen verspreid over holoceen Nederland, in verschillende bodemkundig-hydrologische situaties (figuur 4.9). De reeksen beslaan de periode 2002-2010. Tijdreeksmodellen zijn met behulp van het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2002) gekalibreerd, en met dit programma zijn ook stochastische simulaties uitgevoerd voor de periode 1980-2010 (100 realisaties). Tabel 4.2 geeft de resultaten van de twee schattingsmethoden en de verschillen. Figuur 4.10 geeft de twee verschillende GxG-schattingen tegen elkaar uitgezet. Uit de analyse blijkt dat schattingen van de GxG op basis van



Figuur 4.4
Voorbeeld van een vermoedelijke meetfout in een reeks grondwaterstanden. Merk op dat de uitschieter op 14 april 2004 zich 135 cm boven maaiveld bevindt. Uitvoer van het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2002)

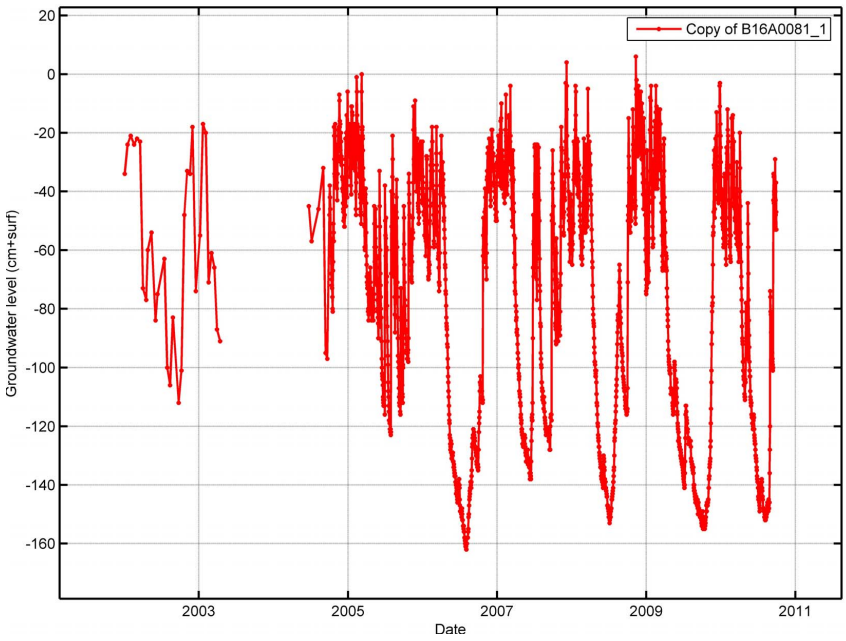
metingen in de periode 2002-2010 niet veel afwijken van schattingen uit reeksen die met behulp van tijdreeksmodellen zijn verlengd tot te periode 1980-2010. Dit kan erop duiden dat de invloed neerslag en verdamping op de grondwaterstandsfluctuatie niet zodanig groot is dat tijdreeksmodellering en simulatie nodig is om nauwkeurige schattingen van de GxG te verkrijgen. Een andere verklaring kan zijn dat de fluctuaties van grondwaterstand en neerslagoverschot over de periodes 2002-2010 en 1980-2010 gemiddeld niet sterk van elkaar verschilden. Wij concluderen dat actuele GxG's voor holoceen Nederland nauwkeurig kunnen worden geschat uit waargenomen tijdreeksen voor de periode 2002-2010.

Figuur 4.5
Ligging van de 77 geselecteerde reeksen uit het DINO-bestand (figuur gemaakt met het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2002))

Tabel 4.2
Schattingen van GxG's uit tijdreeksen van 2002-2010, en uit simulaties voor de periode 1980-2010. De simulaties zijn uitgevoerd met modellen die de relatie tussen neerslag, verdamping en grondwaterstandsdiepte beschrijven (kalibratieperiode 2002-2010).

Filter	Schattingen uit waarnemingen (1)			Schattingen uit simulaties (2)			(1–2)		
	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG	GLG	GVG	GHG
B02G0367_1	74	33	25	83	33	16	-9	0	9
B06B0139_1	164	90	59	168	89	63	-4	1	-4
B11C0329_1	63	27	14	62	27	12	1	0	2
B12E0446_1	77	33	7	82	36	14	-5	-3	-6
B14B0162_1	151	106	88	157	106	90	-6	0	-2
B21D0566_1	123	99	95	123	99	93	0	0	2
B21E0171_1	69	57	48	70	56	45	-1	1	3
B25H0659_1	104	93	86	105	93	85	-1	0	1
B25H0734_2	57	41	24	60	40	23	-3	1	1
B31A0103_1	163	97	70	169	88	62	-6	9	8
B31G0304_1	102	71	48	105	71	45	-3	0	3
B39B0476_1	155	110	89	170	111	85	-15	-1	4
B43C0369_1	96	17	-2	100	15	-7	-4	2	5
B43D0295_1	76	42	12	82	38	9	-6	4	3
B43E0281_2	123	63	40	120	61	36	3	2	4

Figuur 4.6
Foto-impressie van de locatie van grondwaterstandsbuis B16A0081 (zie figuur 4.7)

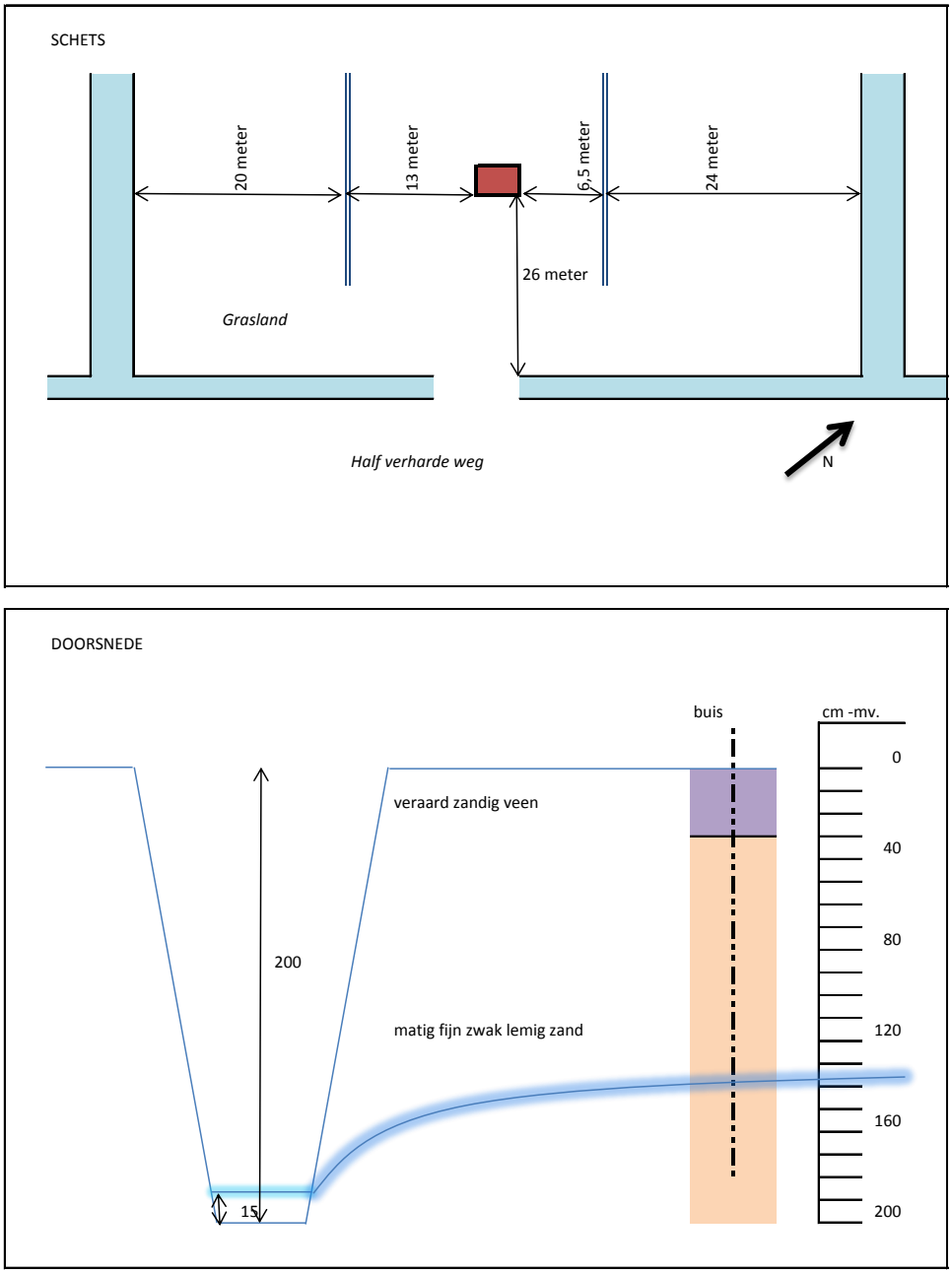


Figuur 4.7
Reeks waargenomen in filter B16A0081_1 (zie figuur 4.6). Uitvoer van het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2002)

5235655-28 ACTUALISATIE GT. 16AB0081 Matheijs Pleijter

BUIS:	16AB0081	Grondwaterstand boorgat:	155
X-COORD:	187174	Grondwaterstand buis:	135
Y-COORD:	547092	Lengte buis:	200
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	20
DATUM:	26-mei-11	Drainage:	Waarschijnlijk niet

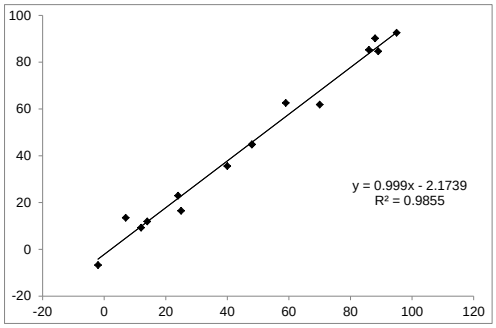
BEOORDELING: GOED

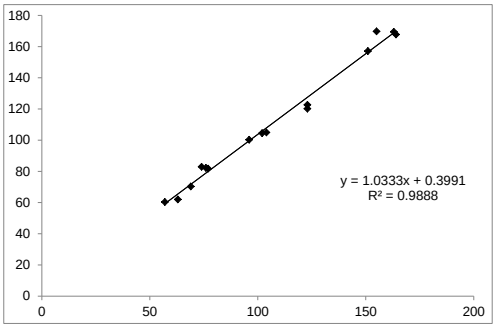


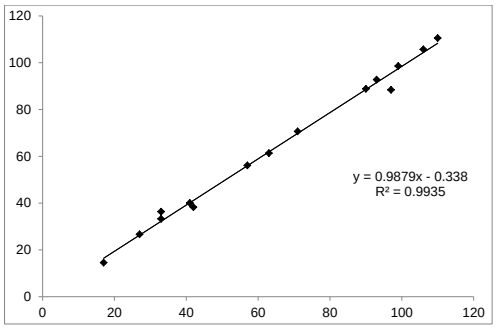
ALTERRA Wageningen-UR

Figuur 4.8
Situatieschetsen en beoordeling van locatie B16A0081

Figuur 4.9
Ligging van de vijftien locaties waarvoor de invloed van schommelingen in het neerslagoverschot op de schatting van de GxG is geanalyseerd







Figuur 4.10
GxG-schattingen uit waarnemingen (2002-2010) versus GxG-schattingen uit simulaties (1980-2010) met tijdreeksmodellen voor de relatie tussen neerslag, verdamping en grondwaterstandsdiepte (kalibratieperiode 2002-2010). Linksboven: GHG. Rechtsboven: GLG. Onder: GVG. Waarden in cm.

5 Indeling in deelgebieden (stratificatie)

De indeling van het studiegebied in deelgebieden noemen we stratificatie. We stratificeren omdat we voor deelgebieden afzonderlijk informatie willen verstrekken. Zoals beschreven in paragraaf 2.3 richt de actualisatie zich in eerste instantie op het kwantificeren van de actuele inhoud van de kaarteenheden van de bestaande grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 50.000. Deze kaarteenheden zijn dus domeinen waarvoor apart informatie moet worden verzameld. Om per domein de ruimtelijke frequentieverdelingen van GxG's nauwkeurig te kunnen schatten streven we naar tenminste 20 steekproeflocaties per domein, wat betekent dat bij 1200 locaties van gerichte opnamen het aantal domeinen maximaal 60 zal bedragen (zie paragraaf 3.1). Figuur 5.1 geeft de indeling in deelgebieden op basis van bodemtypen en Gt-klassen van de bodemkaart schaal 1 : 50.000.

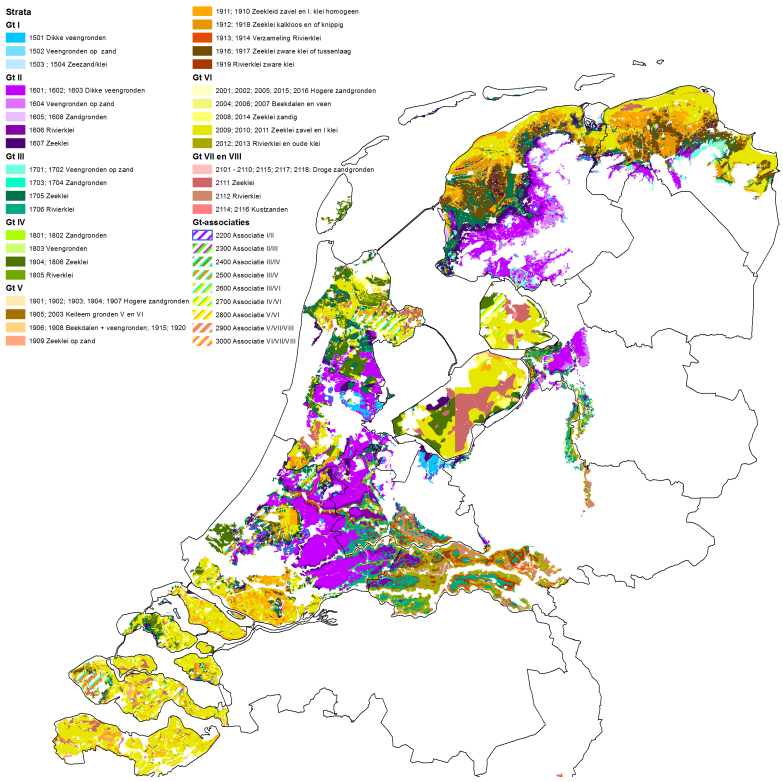
Naast de bovengenoemde domeinen onderscheiden we gebieden met stagnerende lagen en gebieden waar na de landelijke bodemkartering, schaal 1 : 50.000, is ingegrepen in de waterhuishouding in het kader van een landinrichtingsproject. Gebieden met stagnerende lagen onderscheiden we omdat we willen aangeven waar schijnspiegels voorkomen (zie paragraaf 2.4). Figuur 5.2 geeft de ligging van de gebieden waar volgens de bodemkaart schaal 1 : 50.000 stagnerende lagen voorkomen. Dit zijn de volgende bodemeenheden:

- met zware klei in het profiel, zoals de profielen met profielverloop 3 en 4;
- de komkleigronden waarbij het gehele profiel uit zware klei bestaat;
- drechtvaaggronden met zware klei op veen;
- gronden met leemlagen (die komen in het holocene gebied overigens bijna niet voor).

De indeling is gemaakt voor de eenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50000, aan de hand van de informatie in de code en aan de hand van de profielschetsen (De Vries, 1999).

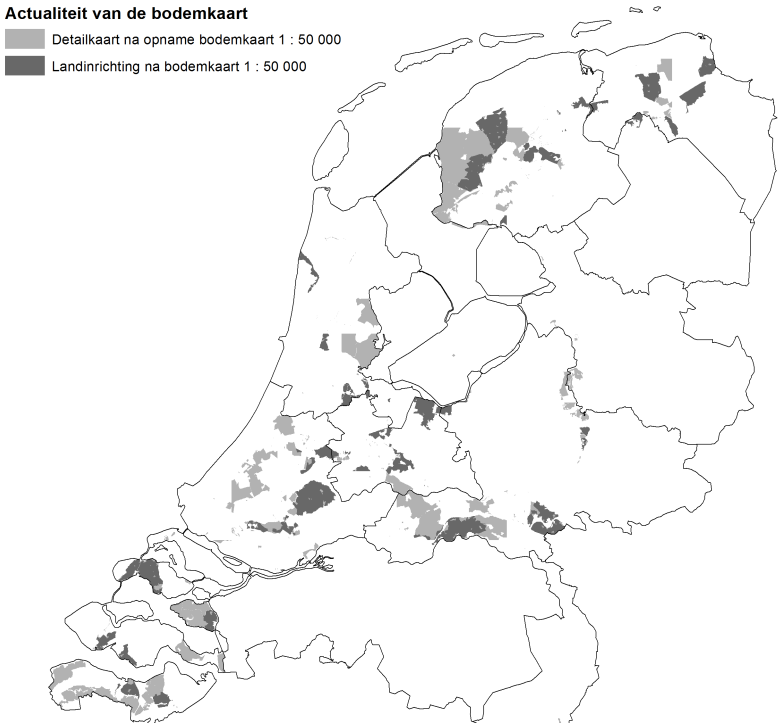
Gebieden waar sinds de bodemkartering is ingegrepen in de waterhuishouding onderscheiden we omdat in deze gebieden de kans groot is dat grondwaterstandsdiepten zijn gewijzigd. Figuur 5.3 geeft de ligging van de gebieden waar de grondwaterstandsdiepten waarschijnlijk zijn gewijzigd als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding na de veldopname voor de bodemkaart schaal 1 : 50.000. De ligging van deze gebieden is afgeleid van een vergelijking tussen de opnamedata van de bladen van de bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50.000 (Alterra-WUR) met informatie over informatie over landinrichtingsprojecten (Dienst Landelijk Gebied), aangevuld met informatie over detailkarteringen van de bodem voor landinrichtingswerken (Alterra, onderdeel van Wageningen UR).

Via een *overlay*-procedure, waarbij de kleinste deelgebieden zijn toegewezen aan grotere, zijn op basis van figuur 5.1, 5.2 en 5.3 41 deelgebieden onderscheiden, zie figuur 5.4. Om zeer kleine strata te voorkomen, is bij een aantal kleine bodem- en Gt-klassen geen onderscheid gemaakt naar het vóórkomen van stagnerende lagen en de uitvoering van landinrichtingswerken na de totstandkoming van de bodemkaart. Op basis van een verdere indeling naar regio (noord, midden, zuid) bedraagt het totaal aantal strata 59.

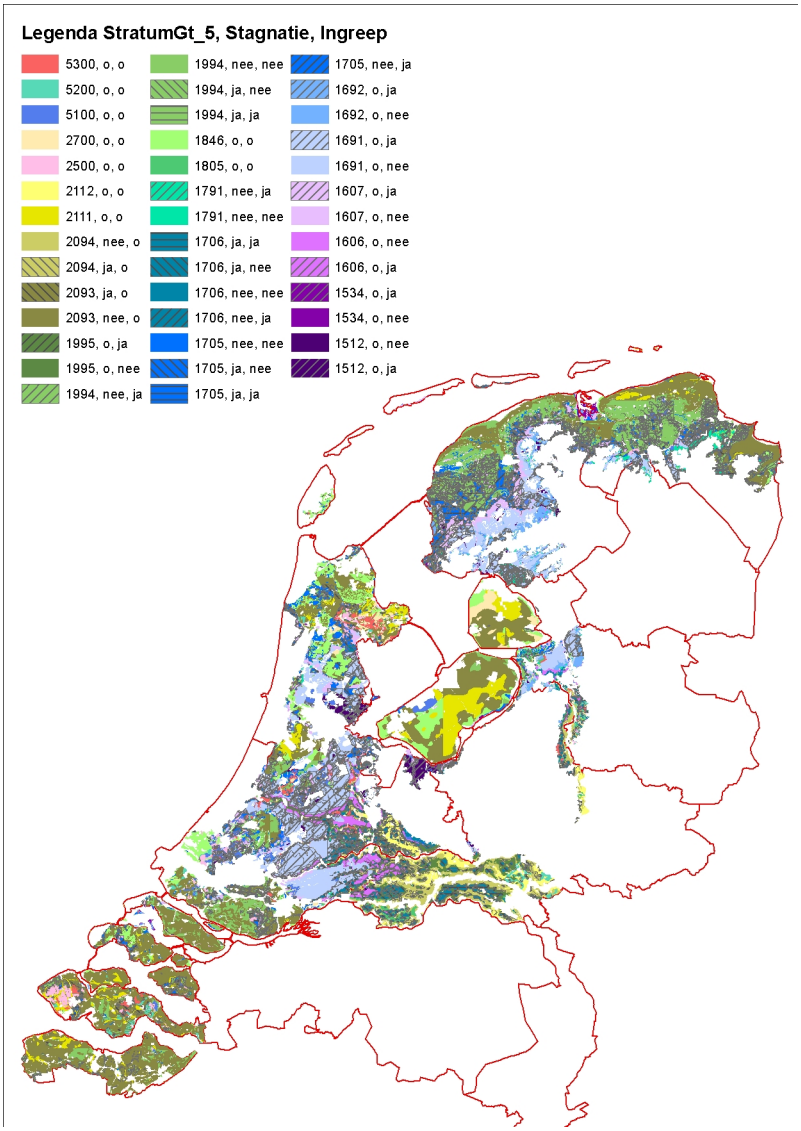


Figuur 5.1
Indeling in 43 deelgebieden op basis van bodemtypen en Gt-klassen van de bodemkaart schaal 1 : 50.000

Figuur 5.2
Ligging van gronden met stagnerende lagen, volgens informatie van de bodemkaart schaal 1 : 50.000



Figuur 5.3
Ligging van gebieden waar de grondwaterstandsdiepten waarschijnlijk zijn gewijzigd als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding na de veldopname voor de bodemkaart schaal 1 : 50.000. De ligging van deze gebieden is afgeleid van informatie over landinrichtingsprojecten (Dienst Landelijk Gebied), detailkarteringen van de bodem t.b.v. landinrichtingswerken (Alterra, onderdeel van Wageningen UR) en de bodemkaart van Nederland schaal 1 : 50.000 (Alterra, onderdeel van Wageningen UR)



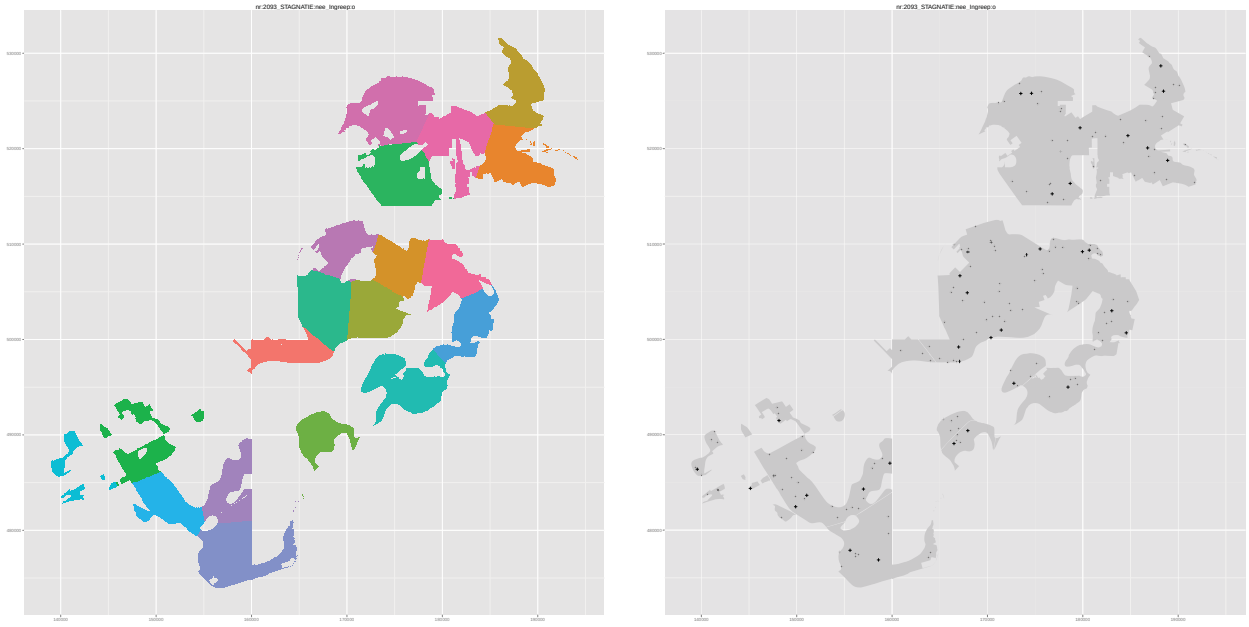
Figuur 5.4
Indeling in 41 strata op basis van bodem- en Gt-klasse, aanwezigheid van stagnerende lagen en uitvoering van landinrichtingswerken sinds de bodemkartering. Legenda: de vier cijfers geven de bodem- en Gt-klasse aan, daarna of stagnerende lagen aanwezig zijn en ten slotte of na de bodemkartering landinrichtingswerken hebben plaatsgevonden. o = onbepaald.

6 Selectie van locaties voor gerichte opnamen

De basis voor de selectie van locaties voor de gerichte opnamen is een GIS-bestand met daarin de grenzen van 59 strata op basis van grondwatertrap, aanwezigheid van stagnerende lagen en de uitvoering van landinrichtingswerken na de totstandkoming van de bodemkaart, zie hoofdstuk 5 en figuur 5.1, 5.2, 5.3 en 5.4.

De oppervlakten van de strata variëren sterk. Ook komen er strata voor die uit kleine 'eilandjes' bestaan. Als binnen de 59 strata locaties worden geloot volgens een enkelvoudig aselecte steekproef, dan is er een risico dat de locaties geclusterd komen te liggen. Dit is ongewenst, omdat clustering leidt tot onnauwkeurige schattingen van frequentieverdelingen van GxG's in de 59 strata. Om nauwkeurige schattingen mogelijk te maken streven we naar een goede ruimtelijke verdeling van de locaties over de strata. Daarom verdelen we de 59 strata eerst in een aantal compacte geografische strata (geostrata), met behulp van het R-programma spcosa (Walvoort et al., 2010). Vervolgens selecteren we in elk van deze geostrata twee locaties *at random*. Omdat het totaal aantal locaties 1200 moet bedragen, zijn er totaal 600 geostrata gevormd. Elk van de 59 strata bevat tenminste vijf geostrata. De resterende $600 - (5 \times 59) = 305$ geostrata zijn proportioneel naar oppervlakte verdeeld over strata die groter zijn dan 10 000 hectare. Op deze manier bereiken we dat in grote strata meer locaties worden geloot dan in kleine strata, waardoor de waarnemingsdichtheid over de strata constant is.

De locaties die in eerste instantie in de geostrata zijn geselecteerd, kunnen om verschillende redenen niet geschikt zijn voor het verrichten van een waarneming. Bij veldbezoek kan blijken dat een locatie niet tot het doelgebied behoort, omdat de locatie bijvoorbeeld op verhard terrein ligt. Ook kan het voorkomen dat toestemming om het land te betreden wordt geweigerd. Om toch het vereiste aantal waarnemingen te kunnen verrichten worden er vier reservelocaties geloot, waarnaar kan worden uitgeweken als locaties die in eerste instantie werden geselecteerd vervallen. Figuur 6.1 geeft ter illustratie de compacte geografische strata en de gelote locaties weer voor een deel van het gebied.



Figuur 6.1
Compacte geografische strata (geostrata) en geselecteerde locaties voor gerichte opnamen (zwarte kruisjes) in een deel van het gebied. De grijze kruisjes zijn reservelocaties.

7 Resultaten beoordeling buislocaties

Na visuele inspectie van de waargenomen reeksen met behulp van het programma Menyanthes (Von Asmuth et al., 2011) bleven 390 reeksen over. De locaties van de filters waarin deze reeksen zijn waargenomen zijn vervolgens in het veld beschreven en beoordeeld, volgens de instructie in bijlage A.3. In 2011 werden 136 filters in het veld beoordeeld. Hiervan werden 24 filters als goed beoordeeld, zie tabel 7.1.

Tabel 7.1
Filters die als goed zijn beoordeeld, in 2011.

Filter	coördinaten		filterdiepte	GxG o.b.v. tijdreeks		grondgebruik	standaardpuntencode	opmerking
	x (m)	y (m)	(cm)	GHG (cm)	GLG (cm)			
B02G0369	205190	601585	153-203	17	174	WN	M5p215a	filter in zeezand
B06A0151	184320	591420	85-135	0	65	WN	M4v221cv6	filter in veenondergrond
B06B0136	190564	594554	120-220	20	149	GR	kM5p323c	
B06D0475	193270	576715	185-285	27	74	GR	1dz5x8	buis in keileem
B06F0145	212932	597080	25-125	11	80	WN	k5k42222ak5	veentussenlaag
B06F0146	210032	594152	66-156	28	146	WN	k5k4222ak7	
B06G0146	209275	586625	110-210	8	121	GR	kM5p314c	filter staat in veen
B06G0152	208387	586275	113-213	41	105	GR	kM5p324cv11	filter staat in veen
B06G0312	206566	583464	120-140	37	69	GR	kM5v321cv5p10F	buis in pleistoceen
B10B0298	159500	574675	115-215	23	105	GR	M5p225a	
B10B0303	159325	573550	117-217	0	141	GR	M5p315a	
B10B0344	157405	574300	100-200	16	96	GR	M5p235b	
B10B0347	157505	573575	170-270	78	151	GR	gM5p233c	
B10D0153	158230	553690	157-207	51	116	GR	gM5p235c	
B10E0110	168851	570657	184-284	31	125	GR	M5p325a	
B10F0142	179680	562520	70-80	0	59	WN	1sc	
B10H0305	174860	558082	16-26???	0	64???	GR	1sc	
B10H0307	179150	557190	90-100	7	70	GR	1ss	knipkleidek op veen
B11C0329	183898	558350	50-150	15	62	WN	1rc	
B16B0392	191676	539299	102-152	14	61	WN	1rc	

8 Conclusies en aanbevelingen

Uit de inventarisaties en analyses ter voorbereiding van de actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland trekken wij de volgende conclusies:

1. Veldbezoek is noodzakelijk gebleken om de bruikbaarheid van tijdreeksen in het DINO-bestand bij de actualisatie van de grondwatertrappenkaart van holoceen Nederland te kunnen beoordelen.

2. Uit veldbezoek bleek dat een aantal reeksen die zijn geregistreerd met automatische drukopnemers waarschijnlijk niet bruikbaar zijn, omdat de metingen niet betrouwbaar zijn door luchtinsluiting in de buis. De buizen bleken namelijk te zijn afgesloten met luchtdichte doppen.

3. Het aantal reeksen dat is waargenomen in filters die zich in de fluctuatiezône van de grondwaterstand bevinden is beperkt: 77 van de 390 reeksen voldoen aan criteria zoals compleetheid van gegevens, voldoende lengte etc.

4. Bij 313 reeksen bevindt het filter zich dieper dan de fluctuatiezône van het grondwater. Alleen op basis van een beoordeling van het bodemprofiel, aangevuld met een boorgatmeting van de grondwaterstand, kan de bruikbaarheid van deze reeksen worden beoordeeld. Als de bodem tussen het filter en de fluctuatiezône van de grondwaterstand goed doorlatend is, en boorgatmetingen uitwijzen dat de stijghoogten die in het filter worden gemeten de freatische grondwaterstanden benaderen, dan kunnen deze reeksen worden gebruikt bij de actualisatie.

5. Uit een analyse van 15 tijdreeksen blijkt dat schattingen van de GxG op basis van metingen in de periode 2002-2010 niet veel afwijken van schattingen uit reeksen die met behulp van tijdreeksmodellen zijn verlengd tot te periode 1980-2010. Dit kan erop duiden dat de invloed neerslag en verdamping op de grondwaterstandsfluctuatie niet zodanig groot is dat tijdreeksmodellering en simulatie nodig is om nauwkeurige schattingen van de GxG te verkrijgen. Een andere verklaring kan zijn dat de fluctuaties van grondwaterstand en neerslagoverschot over de periodes 2002-2010 en 1980-2010 gemiddeld niet sterk van elkaar verschilden. Wij concluderen dat de actuele GxG's in het holocene deel van Nederland nauwkeurig uit waargenomen tijdreeksen van de periode 2002-2010 kunnen worden geschat.

Om toekomstige veranderingen in de grondwatertrappen te kunnen monitoren bevelen we aan het meetnet van freatische grondwaterstanden goed te onderhouden en bij voorkeur uit te breiden. Uit de inventarisatie blijkt namelijk dat slechts een beperkt aantal tijdreeksen kan worden gebruikt voor de actualisatie van de Gt-kaart.

Bibliografie

Braat, L.C., Van Amstel, A.R., Gerritsen, A.C., Van Gool, C.R., Gremmen, N., Groen, C.L.G., Rolf, H.L.M., Runhaar, J., en Wiertz, J., 1989, *Verdroging van natuur en landschap in Nederland - beschrijving en analyse*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage.

De Gruijter, J.J., Brus, D.J., Bierkens, M.F.P., en Knotters, M., 2006, *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Springer, Berlin.

De Vries, F., 1999, *Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken*. Rapport 654, DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Finke, P.A., Brus, D.J., Bierkens, M.F.P., Hoogland, T., Knotters, M., en De Vries, F., 2004, Mapping groundwater dynamics using multiple sources of exhaustive high resolution data. *Geoderma* **123**: 23–29.

Finke, P.A., De Gruijter, J.J., en Visschers, R., 2001, *Status 2001 Landelijke Steekproef Kaarteenheden en toepassingen*. Rapport 389, Alterra-WUR.

Kleinendorst, T., Van der Wal, B., en Vermulst, H., 2009, *Voorstel hydrologische bibliotheek ten behoeve van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium*. Rapport 2009-02, Stowa.

Knotters, M., 2001, *Regionalised time series models for water table depths*. Ph.D. thesis, Wageningen Universiteit.

Knotters, M. en Van Walsum, P.E.V., 1997, Estimating fluctuation quantities from time series of water-table depths using models with a stochastic component. *Journal of Hydrology* **197**: 25–46.

Ritzema, H., Heuvelink, G., De Vos, B., Heinen, M., Hack-ten Broeke, M., Hoogland, T., Knotters, M., Massop, H., Querner, E., Van der Bolt, F., en Vroon, H., in voorbereiding, *Meten en interpreteren van grondwaterstanden in relatie tot verdroging van grondwaterafhankelijke natuurgebieden*. Rapport, Alterra-WUR.

Te Riele, W.J.M. en Brus, D.J., 1991, *Methoden van gerichte grondwaterstandmetingen voor het schatten van de GHG*. Rapport 158, DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Ten Cate, J.A.M., Van Holst, A.F., Kleijer, H., en Stolp, J., 1995, *Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem*. Rapport 19A, DLO-Staring Centrum.

Van Bracht, M., 1988, *OLGA:On Line Grondwater Archief*. Rapport PN88-11, DGV-TNO.

Van der Sluijs, P., 1990, Grondwatertrappen. In: W. Locher en H. De Bakker, redactie, *Bodemkunde van Nederland. Algemene bodemkunde.*, deel 1, 167–180, Malmberg, Den Bosch.

Van Kekem, A.J., Hoogland, T., en Van der Horst, J.B.F., 2005, *Uitspoelingsgevoelige gronden op de kaart. Werkwijze en resultaten*. Rapport 1080, Alterra-WUR.

Visschers, R., Finke, P.A., en De Gruijter, J.J., 2007, A soil sampling program for the Netherlands. *Geoderma* **139**: 60–72.

Von Asmuth, J.R., Bierkens, M.F.P., en Maas, K., 2002, Transfer function-noise modeling in continuous time using predefined impulse response functions. *Water Resources Research* **38**(12): doi:10.1029/2001WR001136.

Von Asmuth, J.R., Maas, K., Knotters, M., Bierkens, M.F.P., Bakker, M., en Olsthoorn, T.N., 2011, Menyanthes: software for hydrogeologic time series analysis, interfacing data with physical insight. *Environmental modeling and software* .

Walvoort, D.J.J., Brus, D.J., en de Gruijter, J.J., 2010, An R package for spatial coverage sampling and random sampling from compact geographical strata by k-means. *Computers and Geosciences* **36**: 1261–1267.

A Beschrijving en beoordeling van locaties van grondwaterstandsbuizen

Voor de actualisatie van de Gt-/Gd-kaart van het holocene deel van Nederland maken wij gebruik van grondwaterstandsreeksen die zijn waargenomen in buizen uit het DINO-bestand. Alvorens met deze reeksen te gaan rekenen moeten eerst een aantal gegevens in het veld worden verzameld, en moet worden beoordeeld of de waarnemingen zijn verricht in de *doelpopulatie* en aan de *doelvariabele*.

A.1 Doelpopulatie

Het holocene deel van Nederland waarvoor nog geen actualisatie van de Gt-/Gd-kaart is uitgevoerd. Hierbinnen beperkt het studiegebied zich tot alle onbebouwd en onverhard land, met uitzondering van:

1. taluds en bermen langs watergangen, wegen en kunstwerken;
2. onverhard land binnen de bebouwde kom, en bij woningen en bedrijven in het landelijk gebied (erven, tuinen bij woningen, plantsoenen e.d.);
3. gebied waaraan op de 1:50.000 kaart geen Gt-klasse is toegekend;
4. gebieden waar het grondwater buiten het boorbereik ligt (Zuid-Limburgs heuvelland, duinen, stuwwallen etc.).

In het verleden werden waarnemingen aan de grondwaterstandsdiepte of gerelateerde profielkenmerken hoofdzakelijk verricht op geruime afstand van waterlopen. Deze praktijk leidde ertoe dat voor gebieden met veel sloten op korte afstand, zoals het veenweidegebied en komkleigebieden, de grondwatertrappenkaart voornamelijk de situatie in de perceelsmiddens weerspiegelde. Bij de huidige actualisatie rekenen wij percelen 'van slootkant tot slootkant', ofwel 'waar de koeien grazen', tot de doelpopulatie.

A.2 Doelvariabele

Bij de definiëring van de doelvariabele baseren wij ons op definities die zijn verzameld door de werkgroep 'Meten en interpreteren van grondwaterstanden' van Alterra, onderdeel van Wageningen UR (Ritzema et al., in voorbereiding). De doelvariabele van deze actualisatie is de *grondwaterstandsdiepte*. Deze heeft de volgende definitie:
grondwaterstandsdiepte = de afstand tussen het grondoppervlak (= bodemoppervlak) en de *grondwaterstand* (m);
grondwaterstand = de hoogte ten opzichte van een referentieniveau (meestal N.A.P.) van een punt waar het *grondwater* een *drukhoogte* gelijk nul heeft (m);
grondwater = al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met bodem of ondergrond staat;
drukhoogte = potentiaal van het bodemwater ten gevolge van de interactie tussen bodemwater en de matrix; uitgedrukt in een energiehoogte-equivalent (m).

Opgemerkt moet worden dat 'grondwaterstand' in de context van grondwatertrappen en grondwaterdynamiek altijd de betekenis heeft van 'grondwaterstandsdiepte': het referentieniveau is altijd de lokale maaiveldshoogte.

De actualisatie richt zich op *freatisch water*, gedefinieerd als
freatisch water = ondiep grondwater, vrij grondwater = water in de verzadigde zone met een vrije *grondwaterspiegel*;
grondwaterspiegel = freatisch vlak = het vlak door de punten waar het grondwater een drukhoogte gelijk nul heeft.

Naast de grondwaterspiegel onderscheiden wij *schijngrondwaterspiegels*, gedefinieerd als
schijngrondwaterspiegel = grondwaterspiegel waaronder een onverzadigde zone voorkomt; op nog grotere diepte bevindt zich de grondwaterspiegel die via het grondwater in verbinding staat met het grotere (regionale) grondwaterlichaam.

A.3 Veldinstructie

In het veld moet het formulier worden ingevuld, waarvan een voorbeeld is gegeven in figuur A.1 en A.2. Het formulier bevat de volgende onderdelen:
Filternr.: het nummer van het filter, volgens het DINO-bestand.
Datum: de datum van het veldbezoek.
Naam: de naam van de bezoeker.
GPS-coördinaten, X, Y: de X- en Y coördinaat van de buislocatie, in het veld bepaald met GPS.
Situatieschets: deze moet de volgende informatie bevatten:

- noordpijl;
- grondgebruik en begroeïingen rond de buis;
- afstand buis tot ont- en afwateringsmiddelen;
- afstand buis tot verhardingen en bebouwing.

Het bovenste deel van figuur A.1 geeft een voorbeeld van een situatieschets. Figuur A.3 geeft een legenda voor de situatieschetsen.
Dwarsprofiel buis-ontwateringsmiddel: dit dwarsprofiel geeft het volgende aan, alles in cm t.o.v. het maaiveld bij de buis:

- boven- en onderkant filter;
- bodemlagen met verschillende doorlatendheid;
- diepte ont- en afwateringsmiddelen in de omgeving van de buis;
- slootpeilen in de omgeving van de buis.

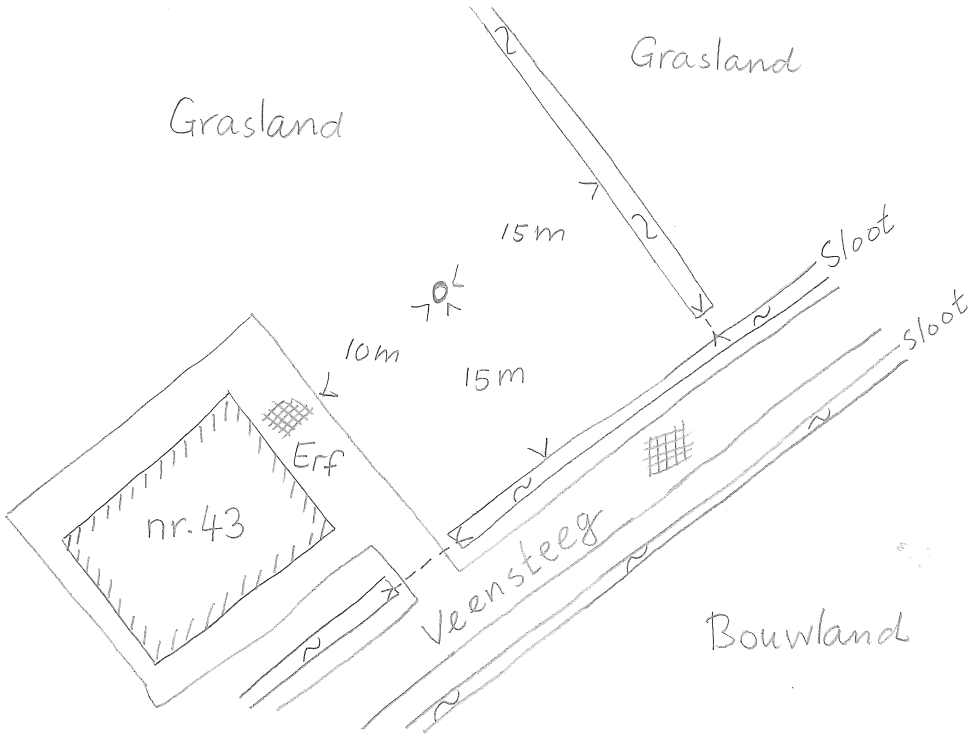
De onderste helft van figuur A.1 geeft een voorbeeld van een dwarsprofiel.
Drainage: als de buis in een gedraineerd perceel staat moet dat hier worden aangegeven, alsook de diepte van de drains.
Beoordeling: dit is een *voorlopige* beoordeling van de geschiktheid van de reeks die in de buis is waargenomen. Hierbij worden de volgende criteria gehanteerd:

- ligging buis t.o.v. doelpopulatie. Slecht: buis ligt buiten de doelpopulatie. Matig: buis ligt op de rand van de doelpopulatie, bijvoorbeeld de rand van een erf of een wegberm; fluctuatie wordt beïnvloed door bijvoorbeeld aanwezigheid van verharding. Goed: de buis ligt in de doelpopulatie.
- positie van het filter t.o.v. het freatisch vlak. Slecht: filter bevindt zich buiten de fluctuatiezône van het freatisch vlak, én waarnemingen in het filter verschillen meer dan enkele centimeters van waarnemingen in een boorgat. Slecht: filter bevindt zich in een zône met een schijngrondwaterspiegel, waardoor de grondwaterstand en schijngrondwaterstand niet goed van elkaar kunnen worden onderscheiden. Goed: filter omvat de fluctuatiezône van het freatisch vlak, en waarnemingen in het boorgat verschillen niet meer dan enkele centimeters van waarnemingen in het filter.

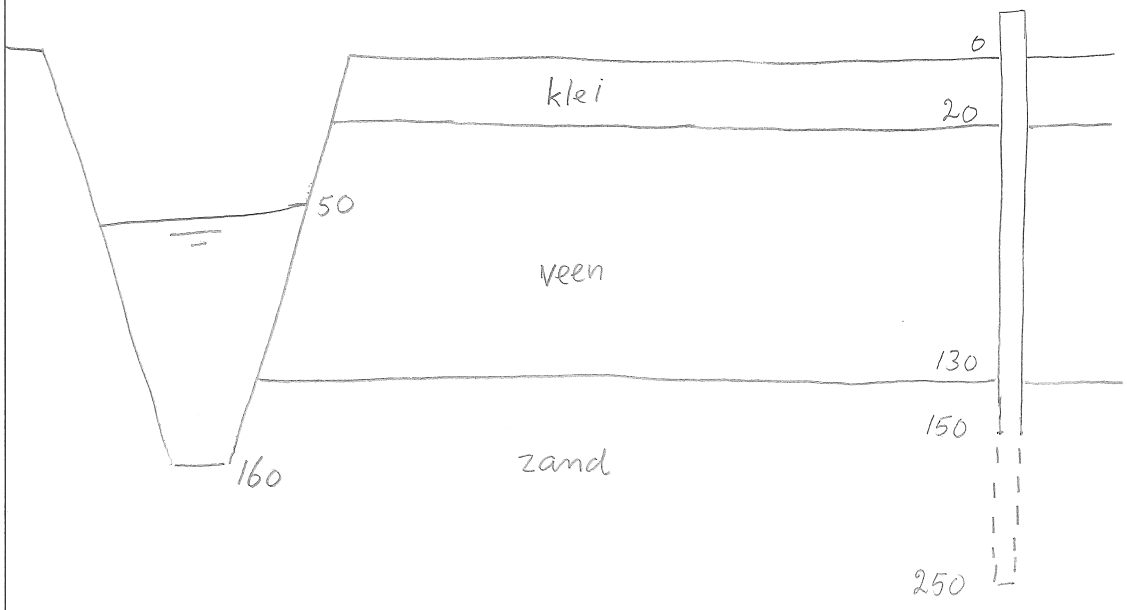
Boorstaat K85BS: Deze dient geheel te worden ingevuld, volgens de handleiding van Ten Cate et al. (1995). Dit kan eventueel in een veldcomputer worden ingevoerd.
Boorgatmeting: Als op basis van filterdiepte en profielopbouw het vermoeden bestaat dat de doelvariabele niet in het filter wordt waargenomen, kunnen boorgatmetingen plaatsvinden om dit te verifiëren. De metingen kunnen in meerdere boorgaten van verschillende diepte plaatsvinden, en op verschillende data.
Overige opmerkingen: Hier kunnen alle opmerkingen worden geplaatst die relevant zijn voor de interpretatie van de reeks die in de buis is waargenomen.

Filternr. B39E0147	Datum: 18-5-2011	Naam: Martin Knotters
GPS-coördinaten:	X= 223658	Y= 471031

Situatieschets



Dwarsprofiel buis-ontwateringsmiddel



Drainage: ja/~~nee~~, cm diep	Beoordeling: goed/matig/slecht

Figuur A.1
Voorbeeld beoordelingsformulier, blz. 1

Boorstaat K85BS Stichting voor Bodemkartering Staringgebouw Postbus 98 6700 AB Wageningen tel. 08370-19100

Top.krt.Nr.	Veldkrt.Nr. Coörd. vak	Boring Nr.	Standaardpuntencode toev.	subgr. deel	cijferdeel	kalkverl.	toev.	vergr.	Gt	GHG in cm-mv.	GLG in cm-mv.	Kroon-boring	Hoogte in m t.o.v. NAP
39E				1S	C				1116	35	110		1.5

Datum	Opsteller	Gebiedspuntencode / Code 1:50000	Bodem-gebruik	Bew.bare diepte	A	B
18/5 2011	KNO		GR	20		

Bijzonderheden

Horizont code	Diepte in cm-mv.	Mengverhouding	Org.stof %	Org.stof aard veensrt.	Textuur % <2	Textuur % <50	Textuur M50	Kalkklasse	Rijpingsklasse	Geol. form	K-verz.	C	D	Opmerkingen
1Ah	0-10		8		40			1		321				
1Cg	10-20				40			1		321				
2Cw	20-35		90	D						130				
2Cw	35-110		90	RC						130				
2Cr	110-130		90	BM						130				
3Cr1	130-150					8	170			411				
3Cr2	150-180					12	140			412				

form. 1.8.86

Boorgatmeting

Datum	Diepte boorgat (cm-mv)	Stand (cm-mv)	Stand buis (cm-mv)
18-5-2011	100	60	50

Overige opmerkingen

Kwel.

Figuur A.2
Voorbeeld beoordelingsformulier, blz. 2

Figuur A.3
Legenda voor de situatieschetsen

B Waarnemingen op gerichte-opnamelocaties: veldinstructie

B.1 Inleiding

Voor de actualisatie van de Gt-/Gd-kaart van het holocene deel van Nederland verrichten wij boorgatmetingen van de grondwaterstand op een groot aantal locaties. Deze zogeheten gerichte opnamen vinden plaats op tijdstippen waarop de grondwaterstand zich rond GHG- of GLG-niveau bevindt, in een periode zonder neerslaggebeurtenissen. Deze tijdstippen kiezen we op basis van grondwaterstandswaarnemingen in filters. De locaties waarop de gerichte opnamen worden verricht zijn geselecteerd door middel van een gestratificeerde enkelvoudig aselecte steekproef uit de doelpopulatie. Deze veldinstructie begint met een definitie van de doelpopulatie (paragraaf B.2) en de doelvariabele (paragraaf B.3). Vervolgens wordt de steekproef die ten grondslag ligt aan de gerichte opnamen kort beschreven (paragraaf B.4). Daarna volgt een stapsgewijze instructie voor het verrichten van gerichte opnamen (paragraaf B.5).

B.2 Doelpopulatie

Het holocene deel van Nederland waarvoor nog geen actualisatie van de Gt-/Gd-kaart is uitgevoerd. Hierbinnen beperkt het studiegebied zich tot alle onbebouwd en onverhard land, met uitzondering van:

1. taluds en bermen langs watergangen, wegen en kunstwerken;
2. onverhard land binnen de bebouwde kom, en bij woningen en bedrijven in het landelijk gebied (erven, tuinen bij woningen, plantsoenen e.d.);
3. gebied waaraan op de 1:50.000 kaart geen Gt-klasse is toegekend;
4. gebieden waar het grondwater buiten het boorbereik ligt (Zuid-Limburgs heuvelland, duinen, stuwwallen etc.).

In het verleden werden waarnemingen aan de grondwaterstandsdiepte of gerelateerde profielkenmerken hoofdzakelijk verricht op geruime afstand van waterlopen. Deze praktijk leidde ertoe dat voor gebieden met veel sloten op korte afstand, zoals het veenweidegebied en komkleigebieden, de grondwatertrappenkaart voornamelijk de situatie in de perceelsmiddens weerspiegelde. Bij de huidige actualisatie rekenen wij percelen 'van slootkant tot slootkant', oftewel 'waar de koeien grazen', tot de doelpopulatie.

B.3 Doelvariabele

Bij de definiëring van de doelvariabele baseren wij ons op definities die zijn verzameld door de werkgroep 'Meten en interpreteren van grondwaterstanden' van Alterra, onderdeel van Wageningen UR (Ritzema et al., in voorbereiding). De doelvariabele van deze actualisatie is de *grondwaterstandsdiepte*. Deze heeft de volgende definitie:
grondwaterstandsdiepte = de afstand tussen het grondoppervlak (= bodemoppervlak) en de *grondwaterstand* (m);
grondwaterstand = de hoogte ten opzichte van een referentieniveau (meestal N.A.P.) van een punt waar het *grondwater* een *drukhoogte* gelijk nul heeft (m);
grondwater = al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met bodem of ondergrond staat;
drukhoogte = potentiaal van het bodemwater ten gevolge van de interactie tussen bodemwater en de matrix; uitgedrukt in een energiehoogte-equivalent (m).

Opgemerkt moet worden dat 'grondwaterstand' in de context van grondwatertrappen en grondwaterdynamiek altijd de betekenis heeft van 'grondwaterstandsdiepte': het referentieniveau is altijd de lokale maaiveldshoogte.

De actualisatie richt zich op *freatisch water*, gedefinieerd als
freatisch water = ondiep grondwater, vrij grondwater = water in de verzadigde zone met een vrije *grondwaterspiegel*;
grondwaterspiegel = freatisch vlak = het vlak door de punten waar het grondwater een drukhoogte gelijk nul heeft.

Naast de grondwaterspiegel onderscheiden wij *schijngrondwaterspiegels*, gedefinieerd als
schijngrondwaterspiegel = grondwaterspiegel waaronder een onverzadigde zone voorkomt; op nog grotere diepte bevindt zich de grondwaterspiegel die via het grondwater in verbinding staat met het grotere (regionale) grondwaterlichaam.

B.4 Steekproefopzet

De locaties voor de gerichte opnamen zijn geselecteerd met een gestratificeerde enkelvoudig aselecte steekproef: in deelgebieden (strata), die vooraf zijn gedefinieerd, zijn locaties geselecteerd met een enkelvoudig aselecte steekproef. Dat wil zeggen dat elke locatie in een deelgebied evenveel kans heeft te worden geselecteerd. Het aantal gerichte opnamen dat per deelgebied moet worden verricht is vooraf vastgesteld. Locaties kunnen afvallen omdat toestemming wordt geweigerd of omdat de locatie buiten de doelpopulatie blijkt te vallen. Om het voorgeschreven aantal waarnemingen per deelgebied te kunnen verrichten zijn reservelocaties geselecteerd. Per deelgebied is een lijst met coördinaten van locaties en reservelocaties opgesteld.

B.5 Veldinstructie

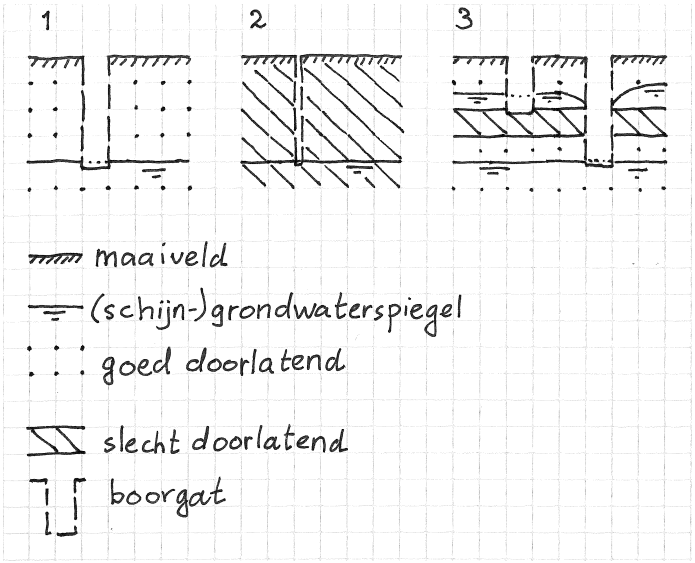
B.5.1 Selectie van de locaties

1. Per deelgebied is een lijst met coördinaten van locaties opgesteld. Belangrijk is dat bij het veldbezoek de volgorde van deze lijst wordt aangehouden.
2. Een locatie kan om vier redenen afvallen:
   (a) omdat de landeigenaar of -gebruiker toestemming weigert;
   (b) omdat het maken van een boorgat een risico oplevert voor het vee (botbreuken);
   (c) omdat het maken van een boorgat een risico oplevert voor de veldbodemkundige (stieren);
   (d) of omdat de locatie buiten de doelpopulatie valt (zie paragraaf B.2).
3. Als om één van bovenstaande redenen een locatie afvalt, dan wordt deze vervangen door de **eerstvolgende** reservelocatie voor het betreffende deelgebied. **Let op:** Locaties worden **nooit** verschoven, en **nooit** vervangen door het dichtstbijzijnde reservepunt.

B.5.2 Waarnemen van de grondwaterstandsdiepte

In de boorgaten die op de geselecteerde locaties zijn geboord wordt de doelvariabele *grondwaterstandsdiepte* waargenomen. Paragraaf B.3 geeft een definitie van grondwaterstandsdiepte. Of de doelvariabele nauwkeurig wordt waargenomen hangt onder meer af van de diepte en de diameter van het boorgat. De volgende situaties kunnen zich voordoen, zie figuur B.1:

1. de grondwaterstand fluctueert in bodemmateriaal met goede doorlatendheid. Het boorgat heeft een diepte tot enkele centimeters onder het niveau waarop de grondwaterspiegel wordt aangetroffen (het niveau waarop het bodemmateriaal volledig verzadigd is met water. Bij een gerichte opname rond het GLG-niveau zal dit niveau overeenkomen met de onderkant van de fluctuatiezône. De onderkant van de fluctuatiezône is te herkennen aan verschijnselen van permanente reductie ('de grote G'). Het boorgat heeft dan een diepte tot enkele centimeters onder de onderkant van de fluctuatiezône.
2. de grondwaterstand fluctueert in bodemmateriaal met slechte doorlatendheid, zoals zware klei: de diameter van het boorgat moet zo klein mogelijk zijn, en niet dieper dan enkele centimeters onder de grondwaterspiegel.
3. boven de onderkant van de fluctuatiezône van de grondwaterstand bevinden zich één of meerdere slecht-doorlatende lagen: hier is kans op het optreden van schijnspiegels. Er worden twee of meerdere boorgaten gemaakt: tot op de slecht-doorlatende lagen en tot enkele centimeters onder het diepste niveau waarop zich een grondwaterspiegel bevindt.



Figuur B.1
Drie situaties die zich bij gerichte opname van de grondwaterstand kunnen voordoen

Na een insteltijd van ca. 12 uur worden grondwaterstandsdiepten en diepten tot schijnspiegels in de boorgaten gemeten. De datum, het tijdstip en een toevoeging 's' bij schijnspiegels worden genoteerd.

B.5.3 Overige waarnemingen

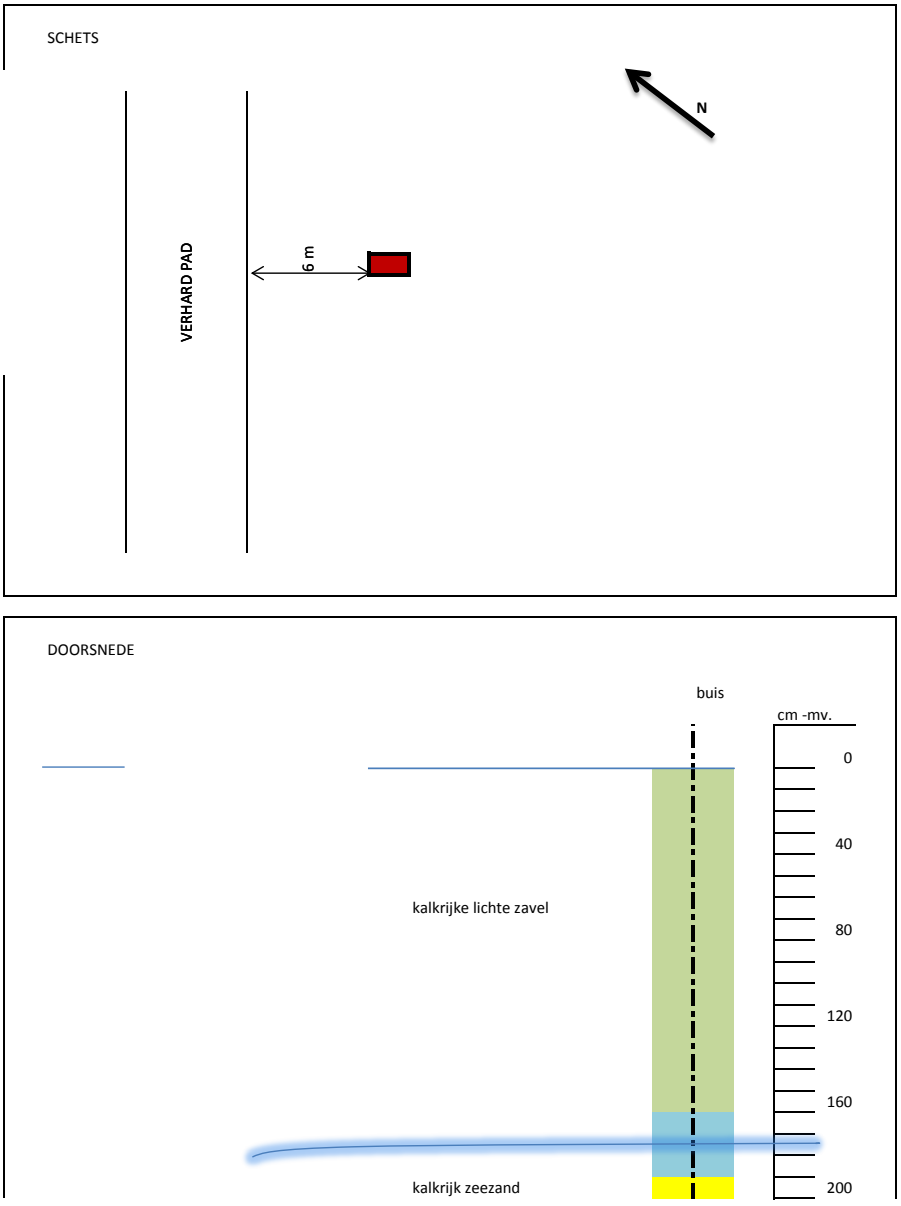
Naast waarnemingen van grondwaterstandsdiepten en diepten tot schijnspiegels wordt het volgende genoteerd:

1. optreden van plassen rond de geselecteerde locatie;
2. een bodemkundige profielbeschrijving, met diepte en dikte van slecht-doorlatende lagen en een veldschatting van GHG en GLG.

C Geselecteerde filters

BUIS:	02GB0369	Grondwaterstand boorgat:	179
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	198
Y-COORD:		Lengte buis:	248
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	20
DATUM:	27-jun-11	Drainage:	NEE

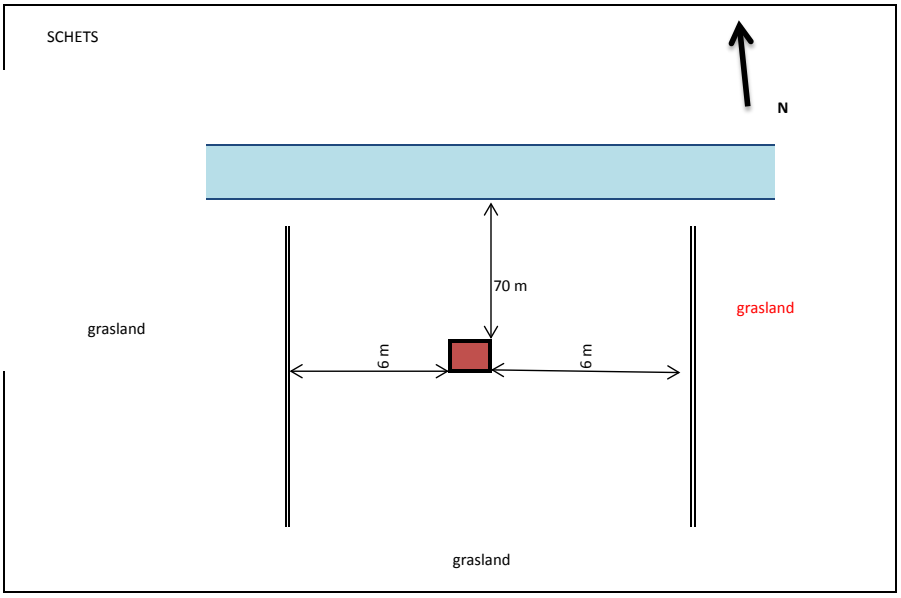
BEOORDELING: goed

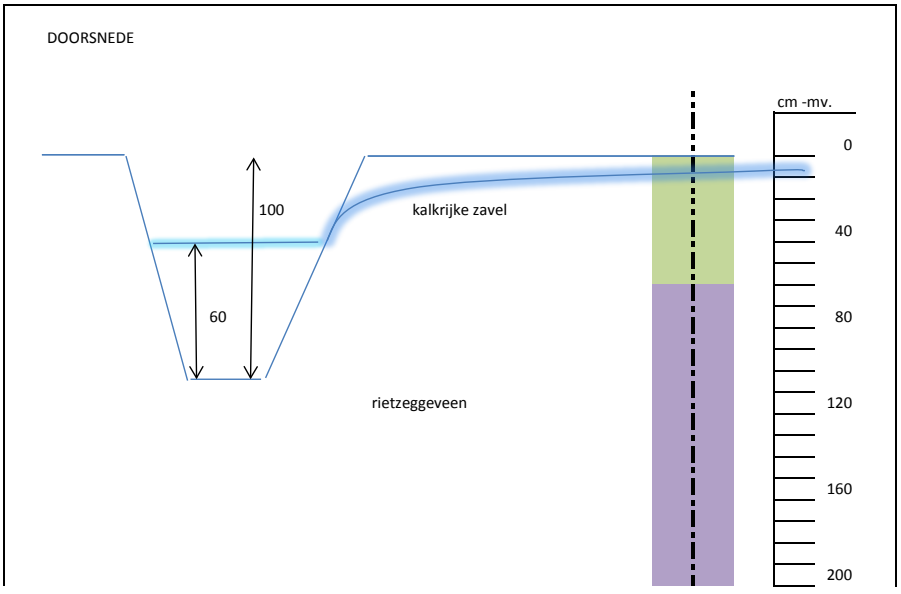


Figuur C.1
Beoordeling en situatieschets filter B02GB0369

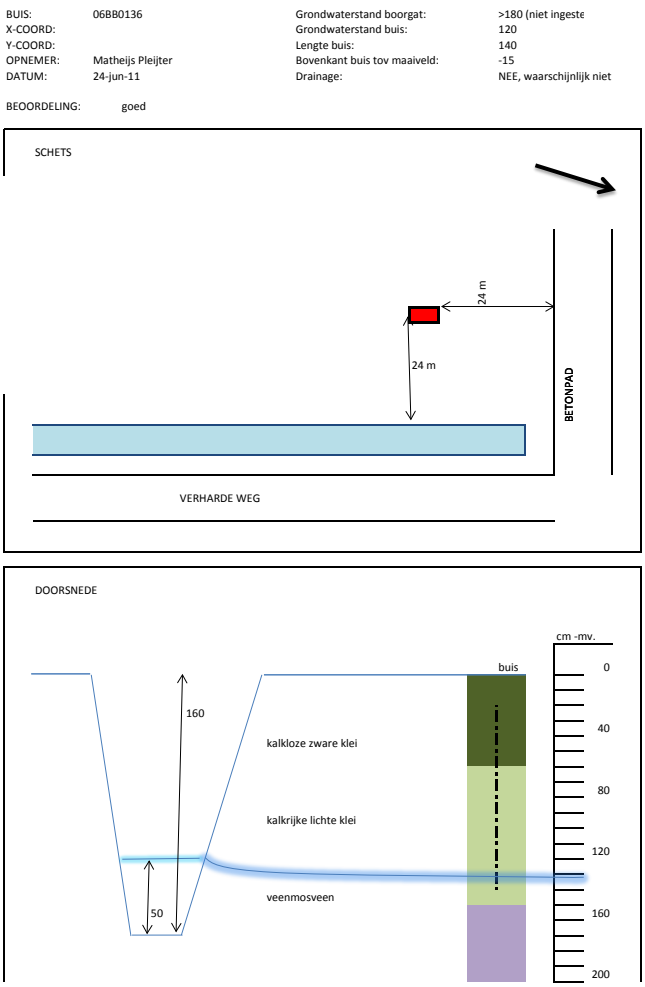
BUIS:	06AB0151	Grondwaterstand boorgat:	8
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	70 (plassen om d
Y-COORD:		Lengte buis:	buis op slot
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	70
DATUM:	24-jun-11	Drainage:	NEE

BEOORDELING: goed





Figuur C.2
Beoordeling en situatieschets filter B06AB0151

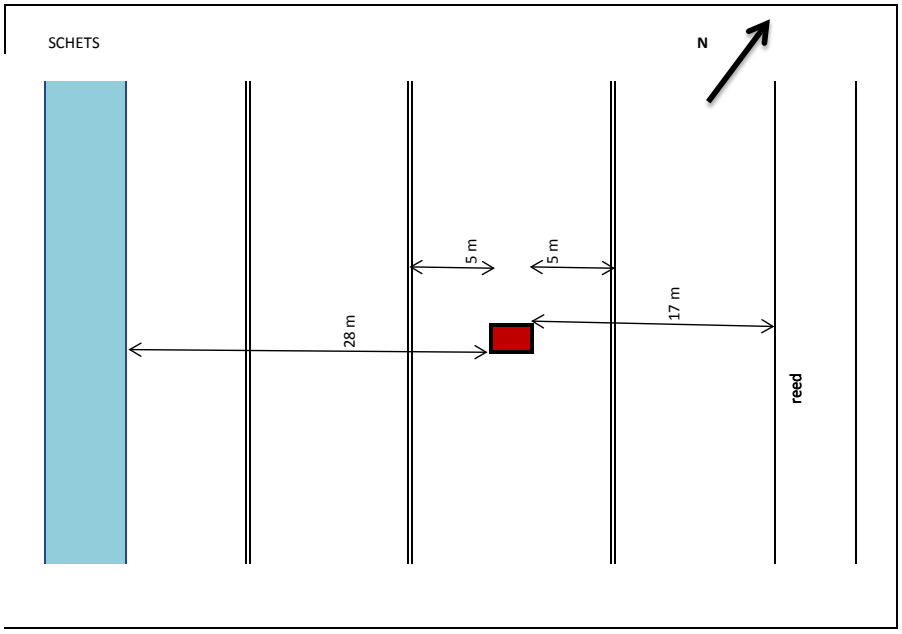


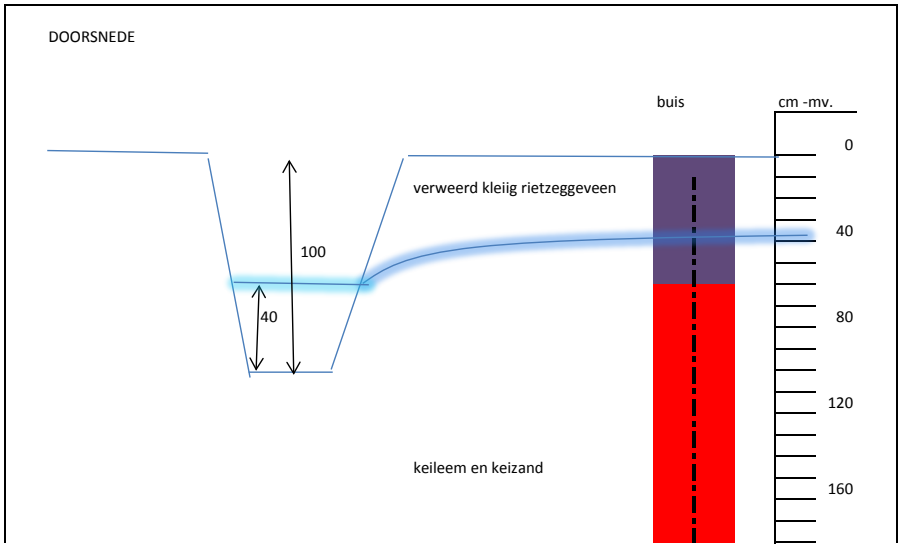
Figuur C.3
Beoordeling en situatieschets filter B06AB0136

Figuur C.4
Fotoïmpressie locatie B06AB0136

BUIS:	06DB0475	Grondwaterstand boorgat:	90 (niet ingesteld
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	28
Y-COORD:		Lengte buis:	300
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	-10
DATUM:	29-aug-11	Drainage:	geen
		telefoon beheerder:	

BEOORDELING: goed

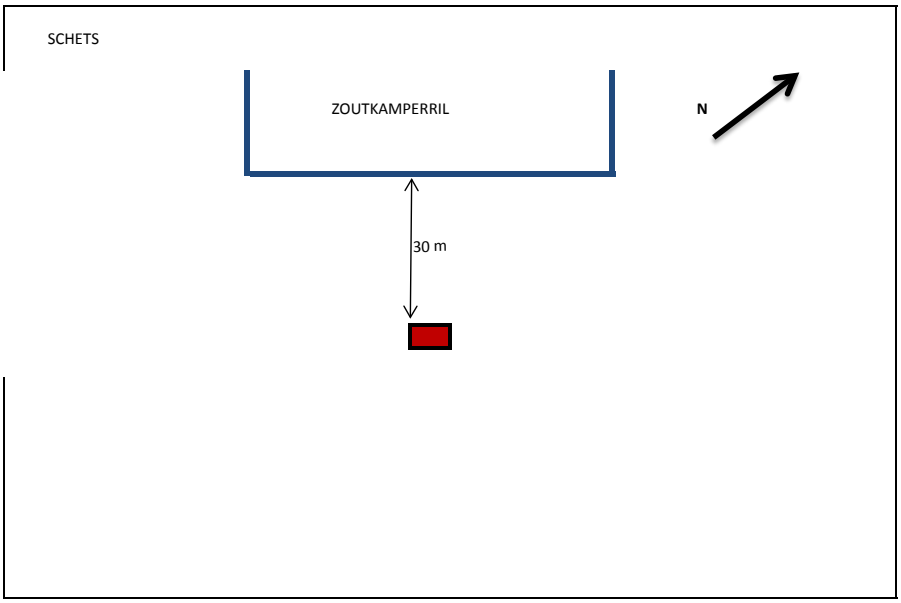


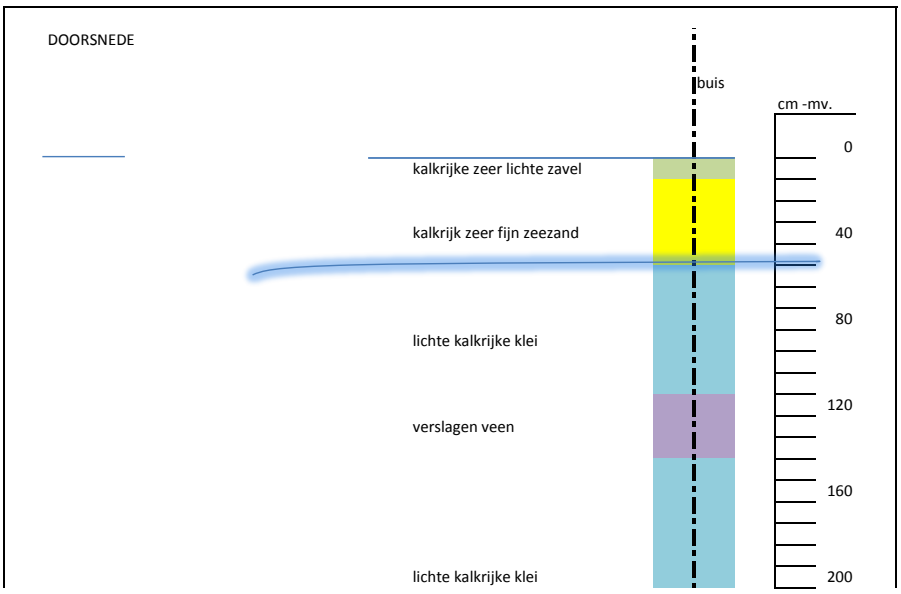


Figuur C.5
Beoordeling en situatieschets filter B06DB0475

BUIS:	06FB0145	Grondwaterstand boorgat:	48
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	buis op slot
Y-COORD:		Lengte buis:	
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	70
DATUM:	27-jun-11	Drainage:	NEE

BEOORDELING: goed, buis staat in een plas

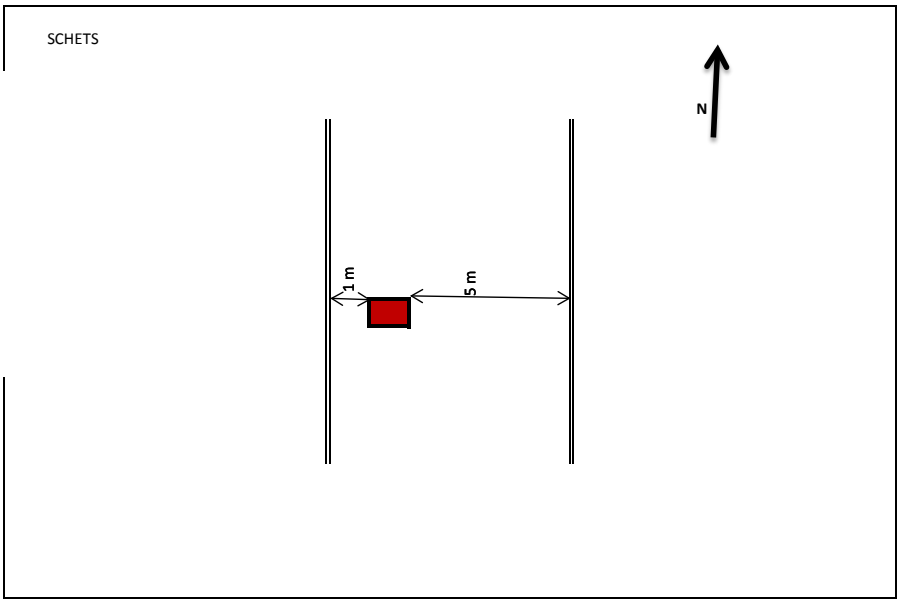


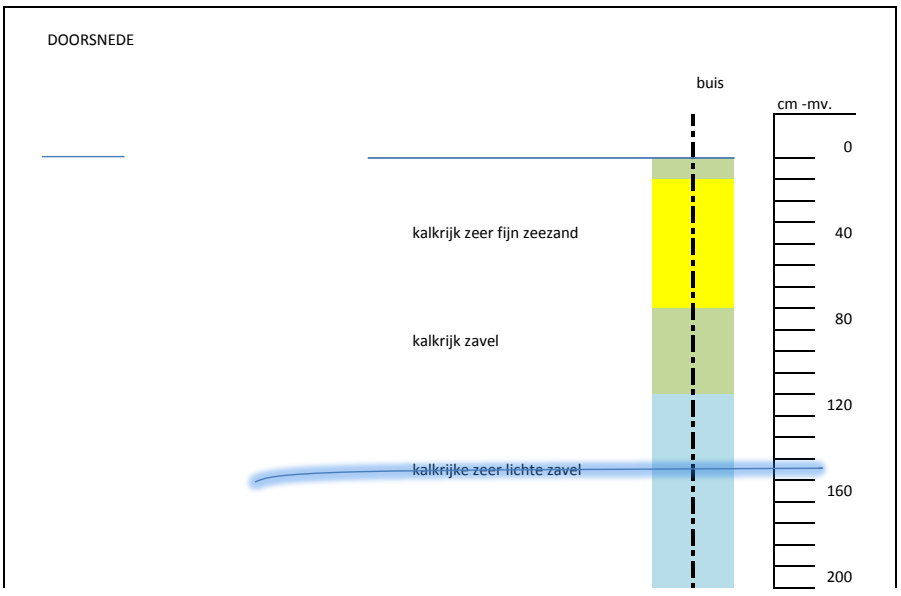


Figuur C.6
Beoordeling en situatieschets filter B06FB0145

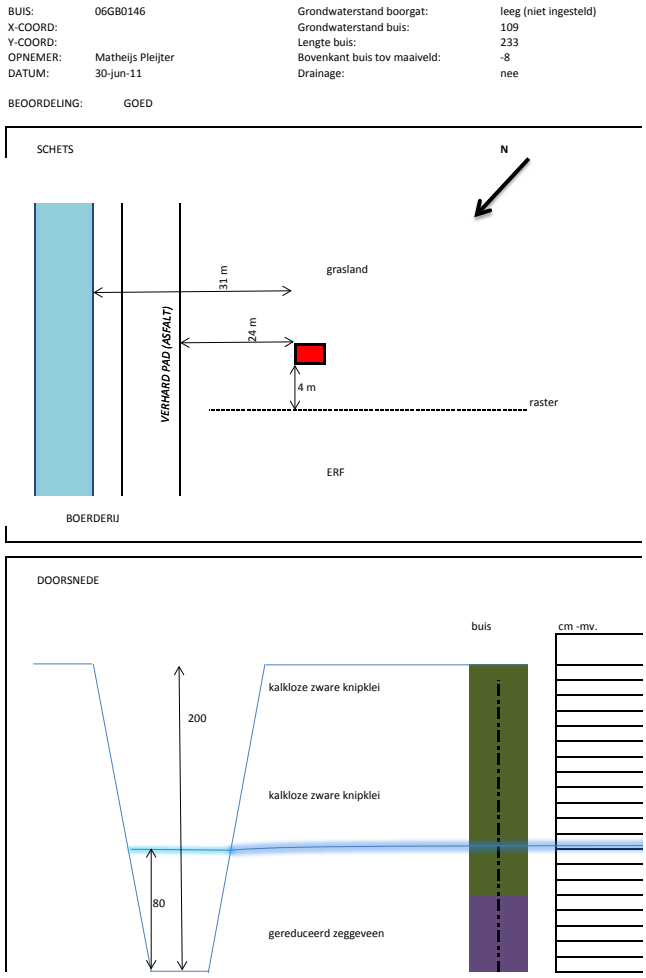
BUIS:	06FB0146	Grondwaterstand boorgat:	141
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	buis op slot
Y-COORD:		Lengte buis:	
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	70
DATUM:	27-jun-11	Drainage:	NEE

BEOORDELING: goed





Figuur C.7
Beoordeling en situatieschets filter B06FB0146

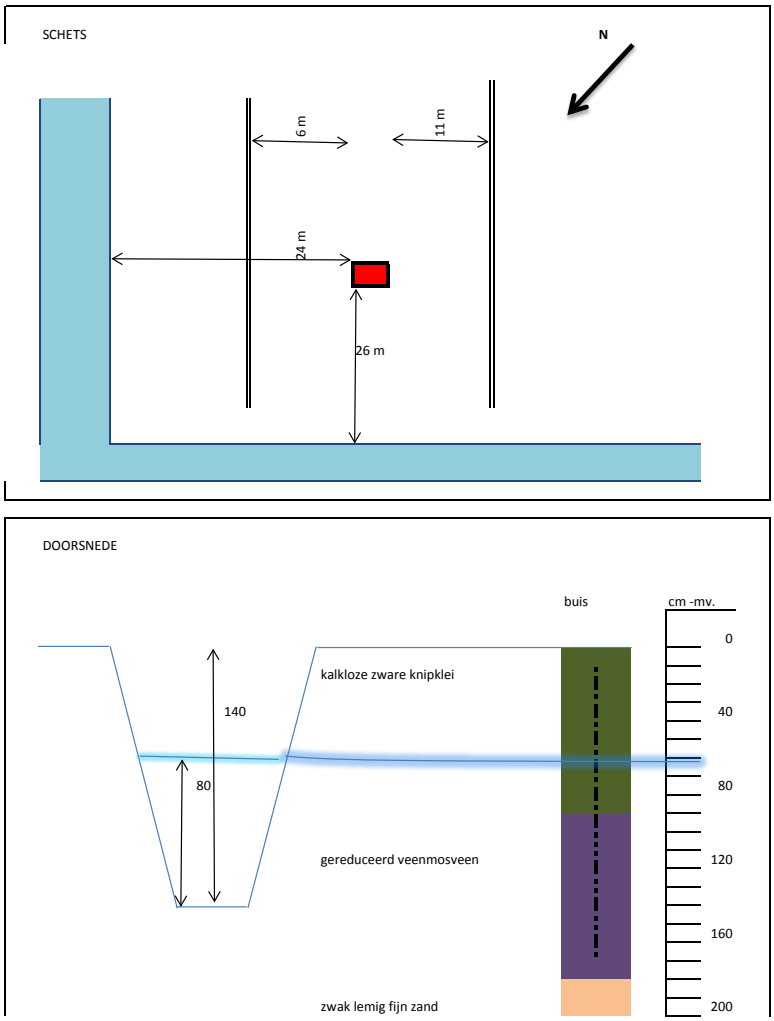


Figuur C.8
Beoordeling en situatieschets filter B06GB0146

Figuur C.9
Fotoïmpressie locatie B06AB0136

BUIS:	06GB0152	Grondwaterstand boorgat:	leeg (niet ingestel
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	72
Y-COORD:		Lengte buis:	168
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	-8
DATUM:	30-jun-11	Drainage:	nee

BEOORDELING: GOED

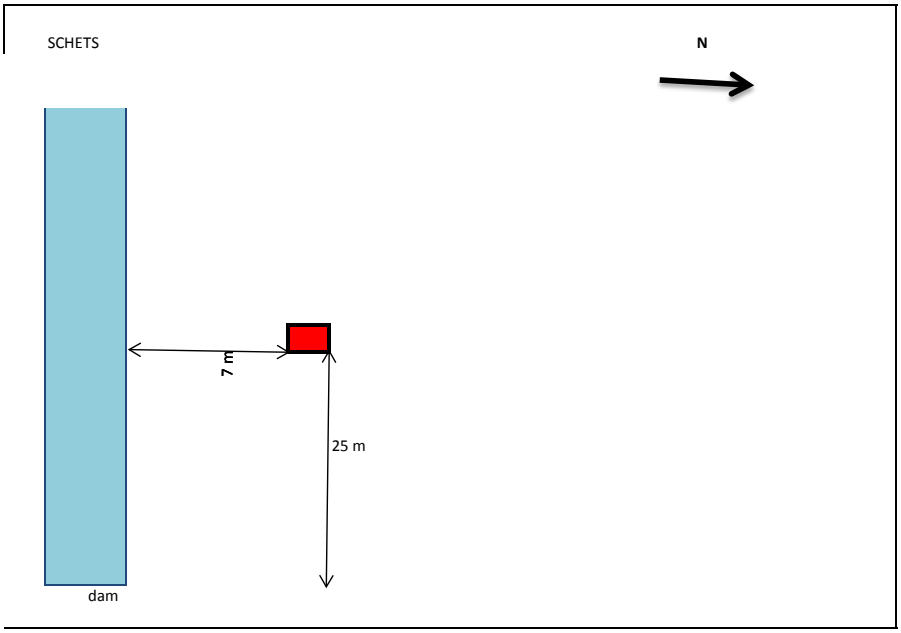


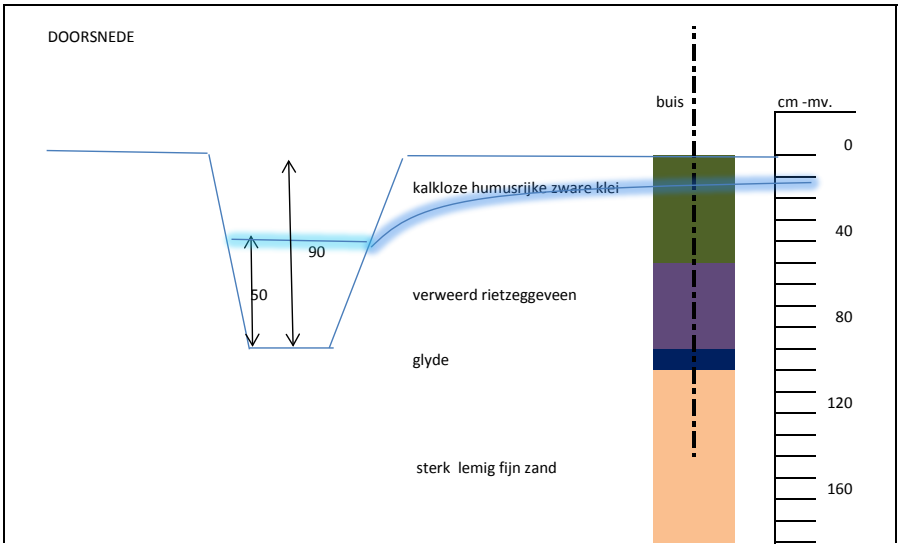
Figuur C.10
Beoordeling en situatieschets filter B06GB0152

Figuur C.11
Fotoïmpressie locatie B06GB0152

BUIS:	06GB0312	Grondwaterstand boorgat:	15
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	buis op slot
Y-COORD:		Lengte buis:	
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	
DATUM:	29-aug-11	Drainage:	geen
		telefoon beheerder:	

BEOORDELING: goed

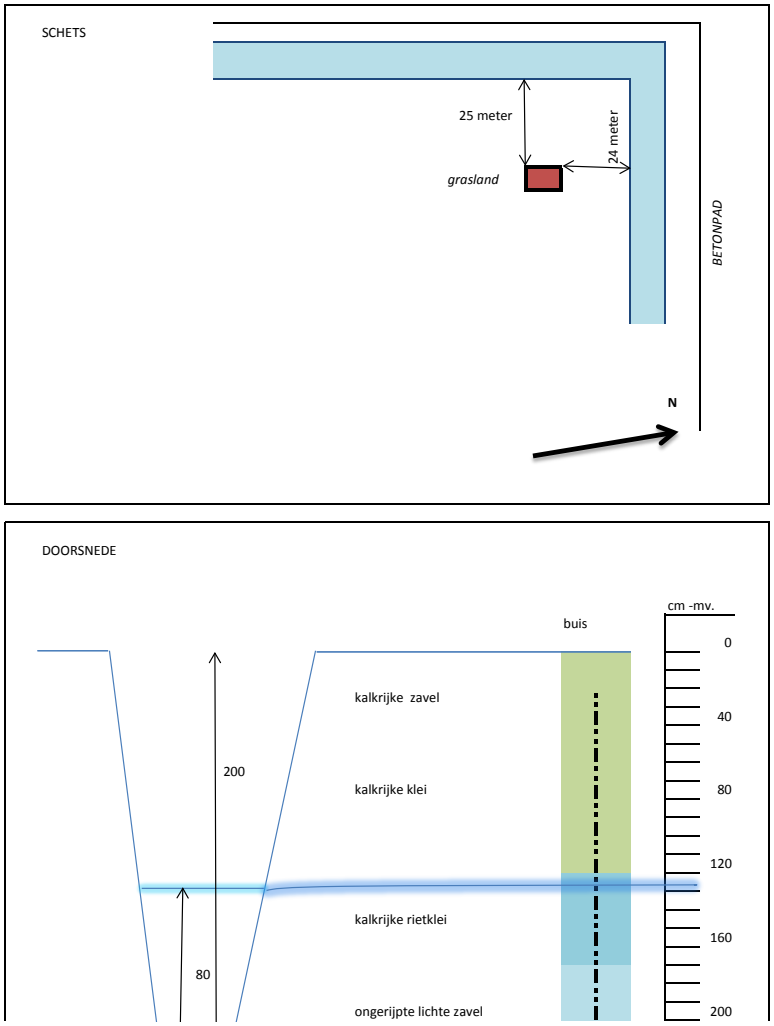




Figuur C.12
Beoordeling en situatieschets filter B06GB0312

BUIS:	10BB0298	Grondwaterstand boorgat:	172
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	105
Y-COORD:		Lengte buis:	250
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	-10
DATUM:	17-jun-11	Drainage:	onbekend

BEOORDELING: goed

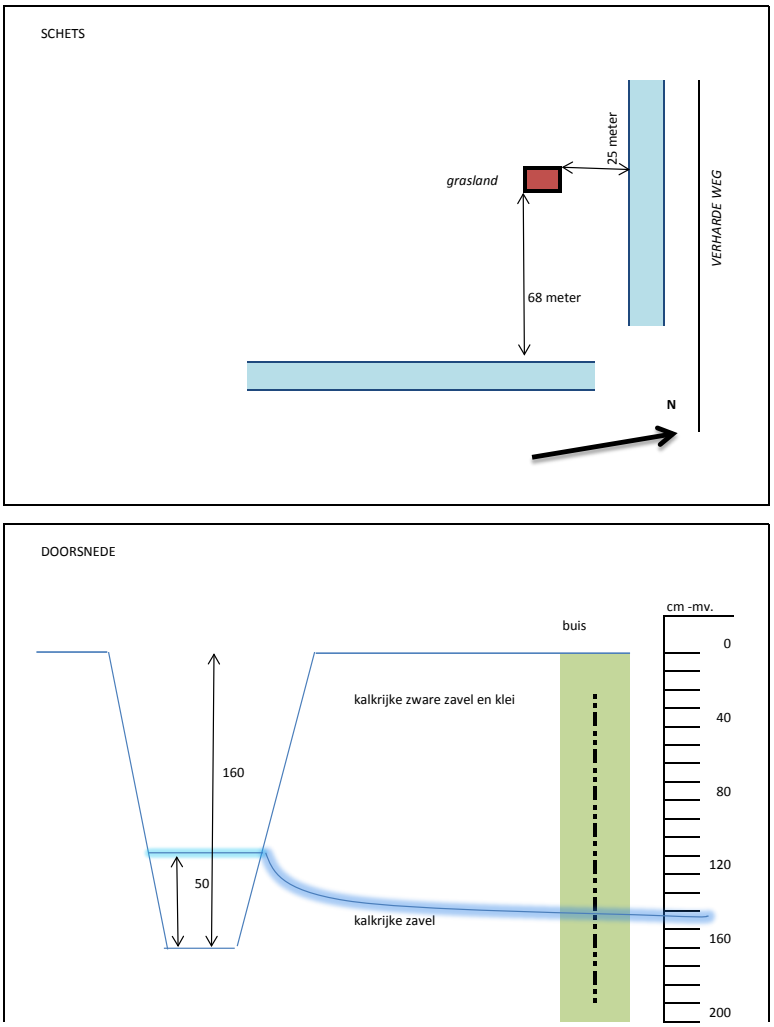


Figuur C.13
Beoordeling en situatieschets filter B10BB0298

Figuur C.14
Fotoïmpressie locatie B10B0298

BUIS:	10BB0303	Grondwaterstand boorgat:	160
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	125
Y-COORD:		Lengte buis:	230
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	-20
DATUM:	17-jun-11	Drainage:	onbekend

BEOORDELING: goed

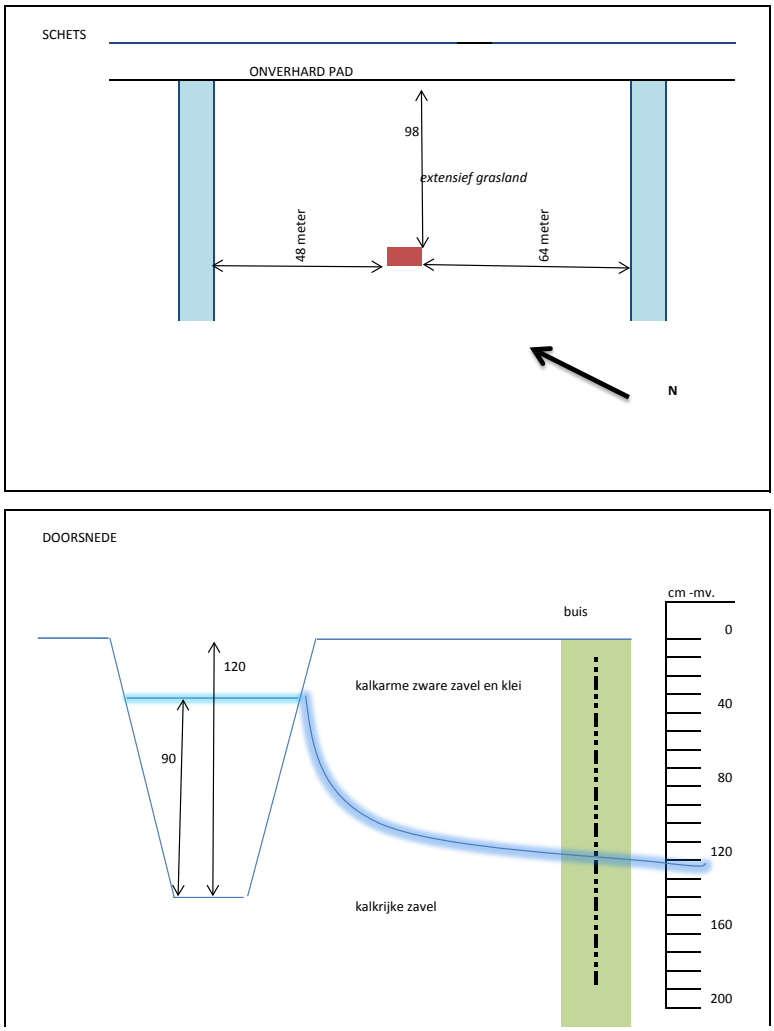


Figuur C.15
Beoordeling en situatieschets filter B10BB0303

Figuur C.16
Fotoïmpressie locatie B10B0303

BUIS:	10BB0344	Grondwaterstand boorgat:	144
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	198
Y-COORD:		Lengte buis:	290
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	75
DATUM:	17-jun-11	Drainage:	geen

BEOORDELING: goed

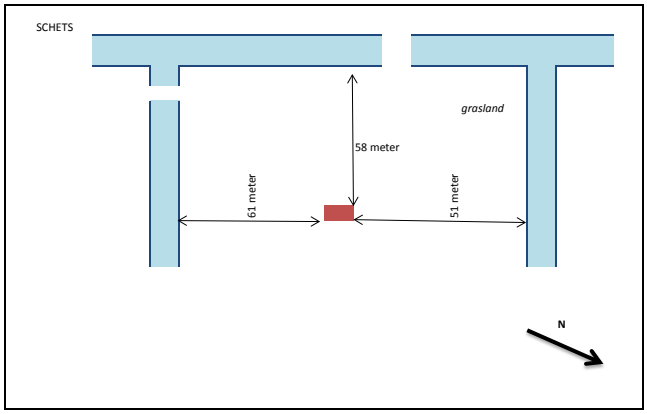


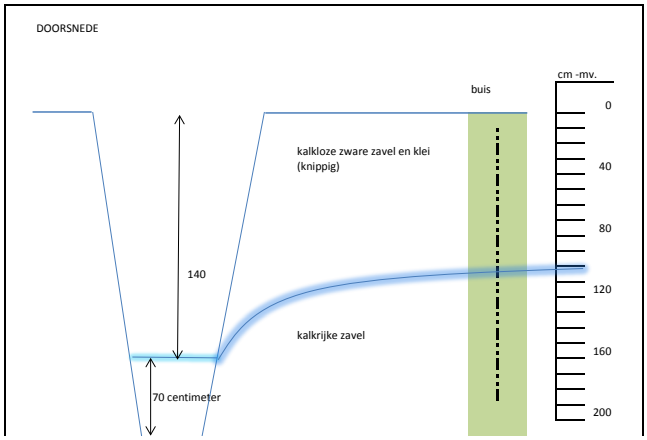
Figuur C.17
Beoordeling en situatieschets filter B10BB0344

Figuur C.18
Fotoïmpressie locatie B10B0344

BUIS:	10BB0347	Grondwaterstand boorgat:	100
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	100
Y-COORD:		Lengte buis:	190
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	-10
DATUM:	17-jun-11	Drainage:	onbekend

BEOORDELING: goed



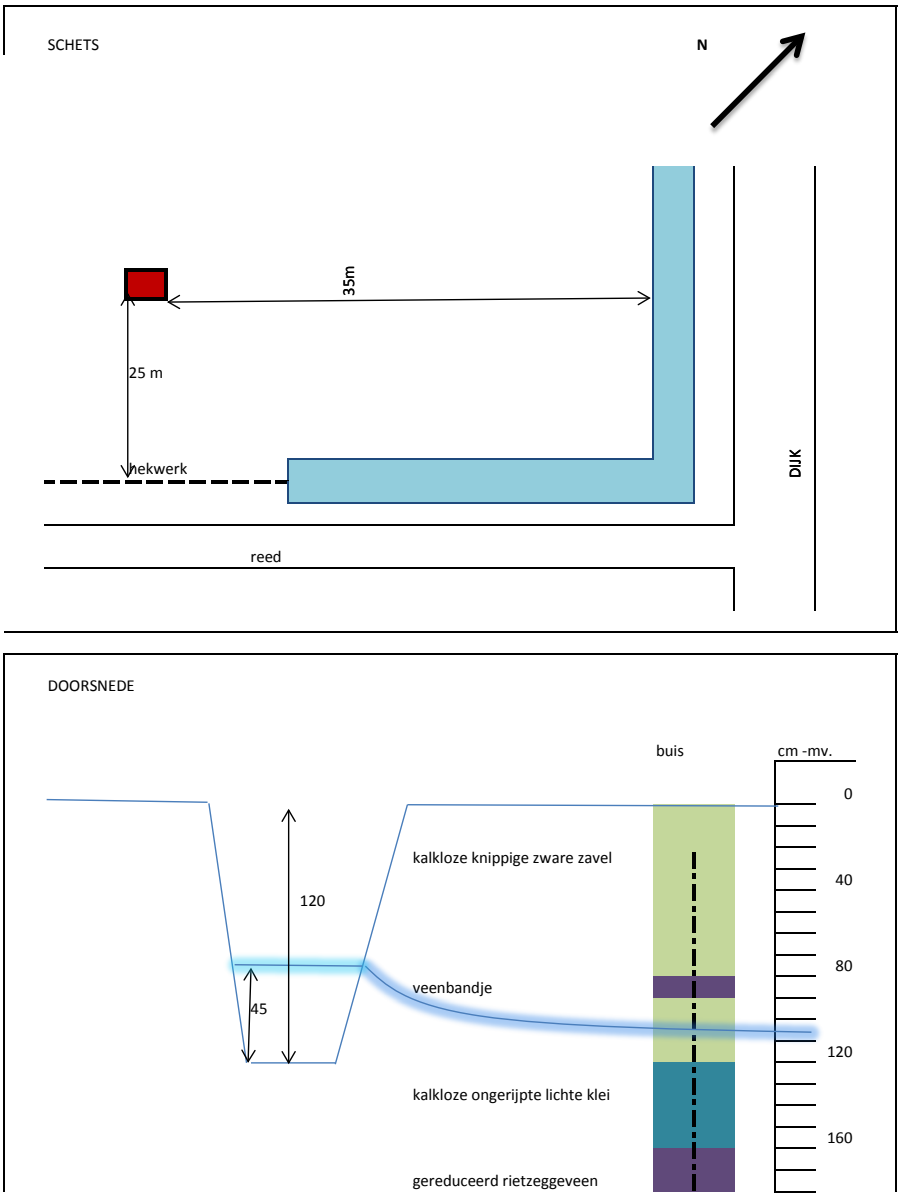


Figuur C.19
Beoordeling en situatieschets filter B10BB0347

Figuur C.20
Fotoïmpressie locatie B10B0347

BUIS:	10DB0153	Grondwaterstand boorgat:	98
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	82
Y-COORD:		Lengte buis:	250
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	-20
DATUM:	25-aug-11	Drainage:	onbekend
		telefoon beheerder:	

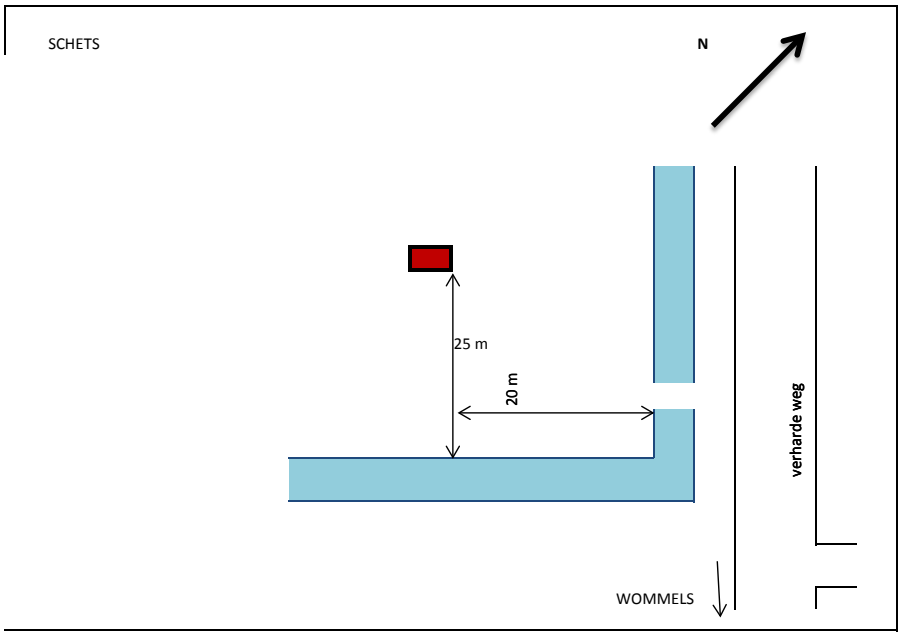
BEOORDELING: goed

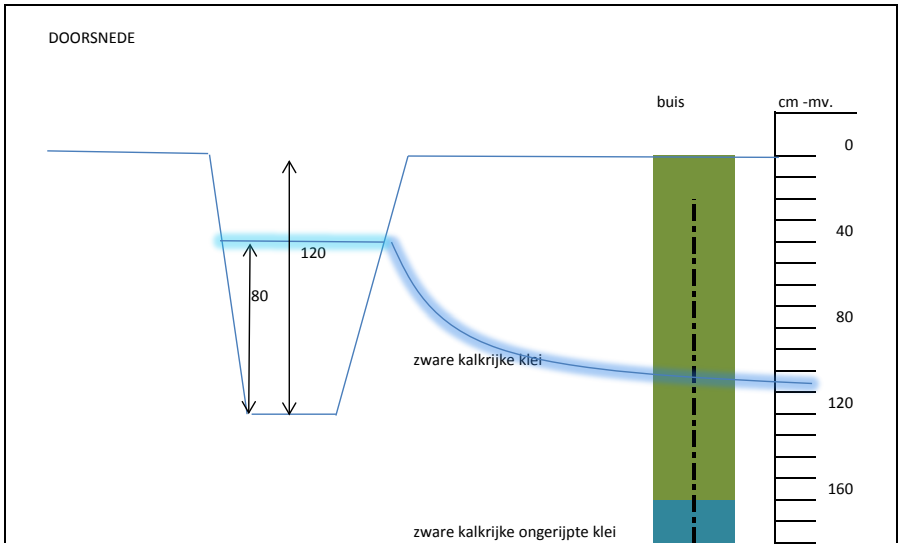


Figuur C.21
Beoordeling en situatieschets filter B10DB0153

BUIS:	10EB0110	Grondwaterstand boorgat:	117
X-COORD:	buis ligt op andere locat	Grondwaterstand buis:	89
Y-COORD:		Lengte buis:	250
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	-20
DATUM:	25-aug-11	Drainage:	onbekend
		telefoon beheerder:	

BEOORDELING: goed

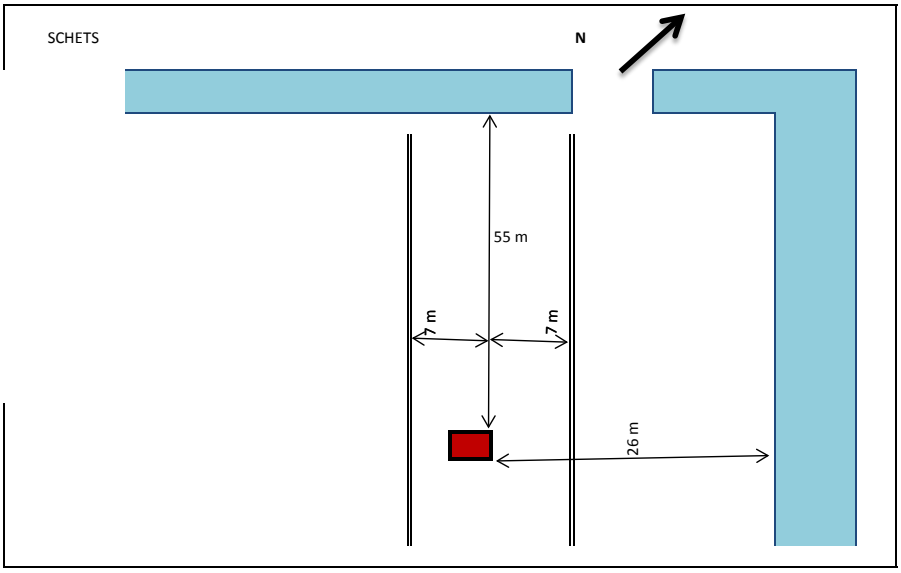


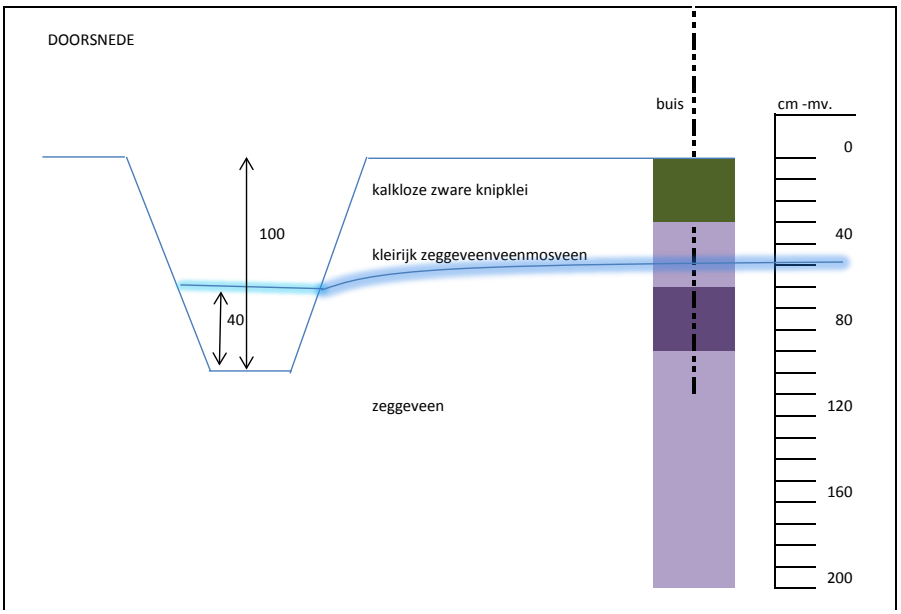


Figuur C.22
Beoordeling en situatieschets filter B10EB0110

BUIS:	10FB0142	Grondwaterstand boorgat:	55
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	123
Y-COORD:		Lengte buis:	162
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	75
DATUM:	28-jun-11	Drainage:	nee

BEOORDELING: GOED

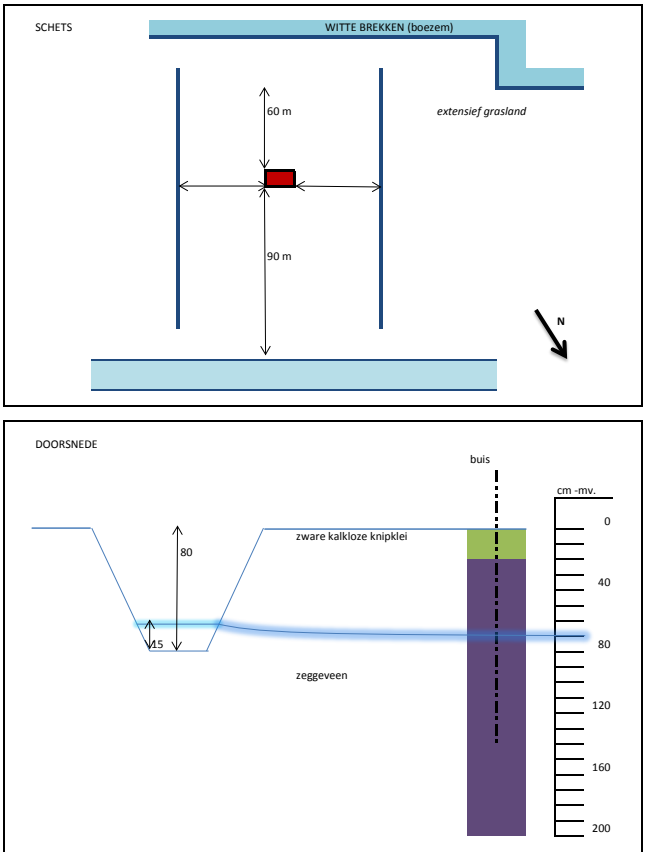




Figuur C.23
Beoordeling en situatieschets filter B10FB0142

BUIS:	10HB307	Grondwaterstand boorgat:	104
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	104
Y-COORD:		Lengte buis:	140
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	45
DATUM:	26-mei-11	Drainage:	geen

BEOORDELING: goed

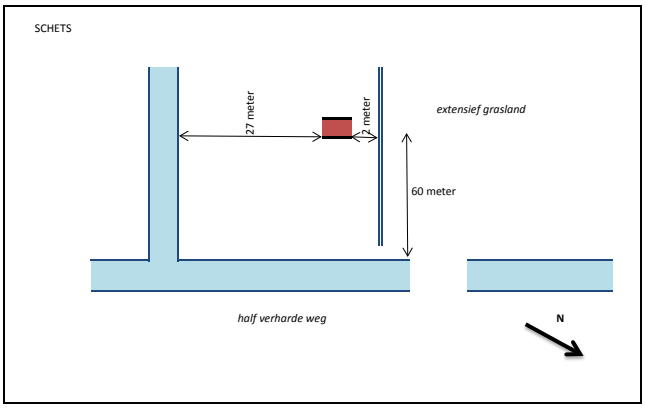


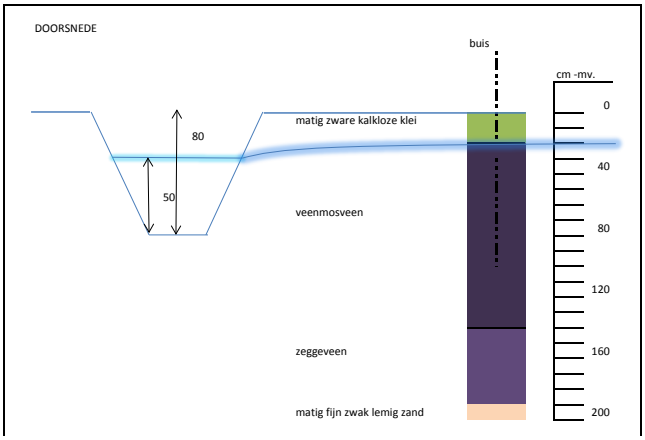
Figuur C.24
Beoordeling en situatieschets filter B10HB0305

Figuur C.25
Fotoïmpressie locatie B10H0305

BUIS:	10HB307	Grondwaterstand boorgat:	104
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	104
Y-COORD:		Lengte buis:	140
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	45
DATUM:	26-mei-11	Drainage:	geen

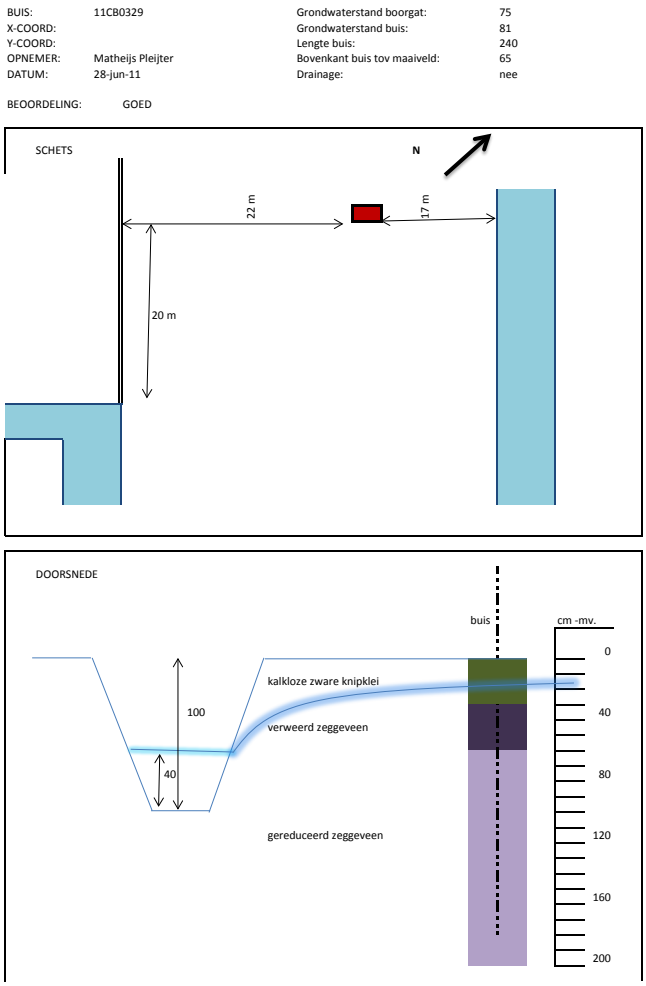
BEOORDELING: goed





Figuur C.26
Beoordeling en situatieschets filter B10HB0307

Figuur C.27
Fotoïmpressie locatie B10H0307

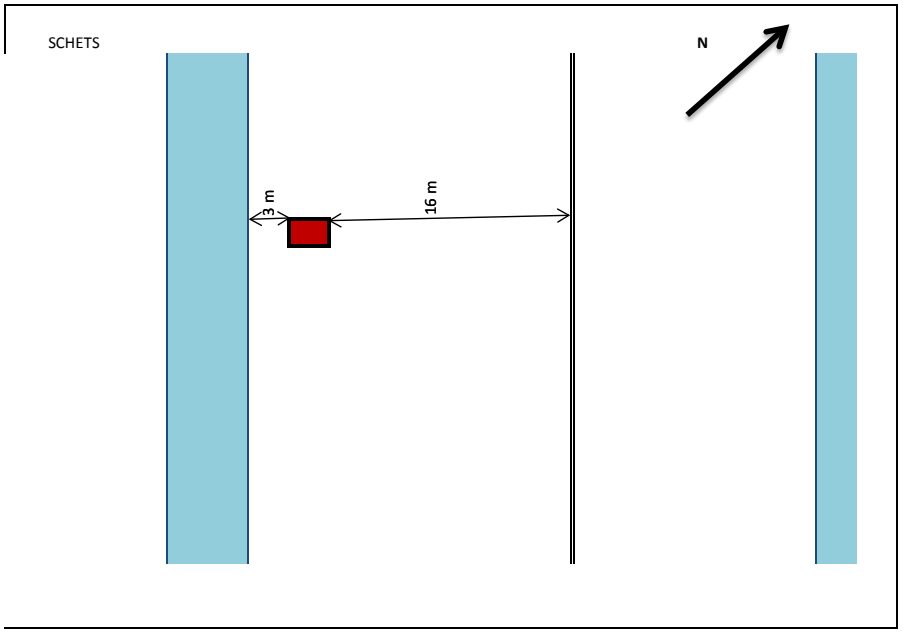


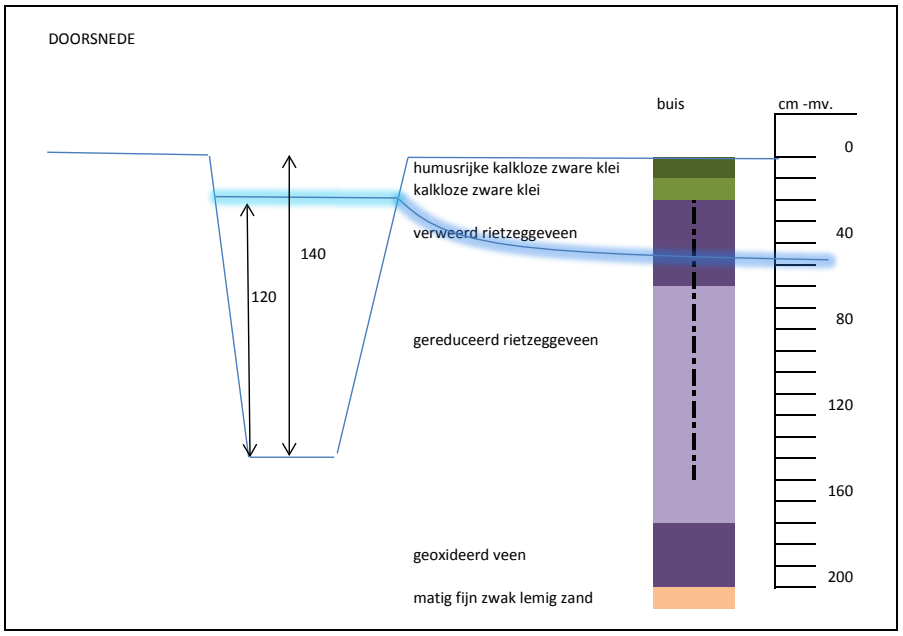
Figuur C.28
Beoordeling en situatieschets filter B11CB0329

Figuur C.29
Fotoïmpressie locatie B11CB0329

BUIS:	16BB0392	Grondwaterstand boorgat:	48
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	buis op slot
Y-COORD:		Lengte buis:	
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	65
DATUM:	25-aug-11	Drainage:	geen
		telefoon beheerder:	

BEOORDELING: goed

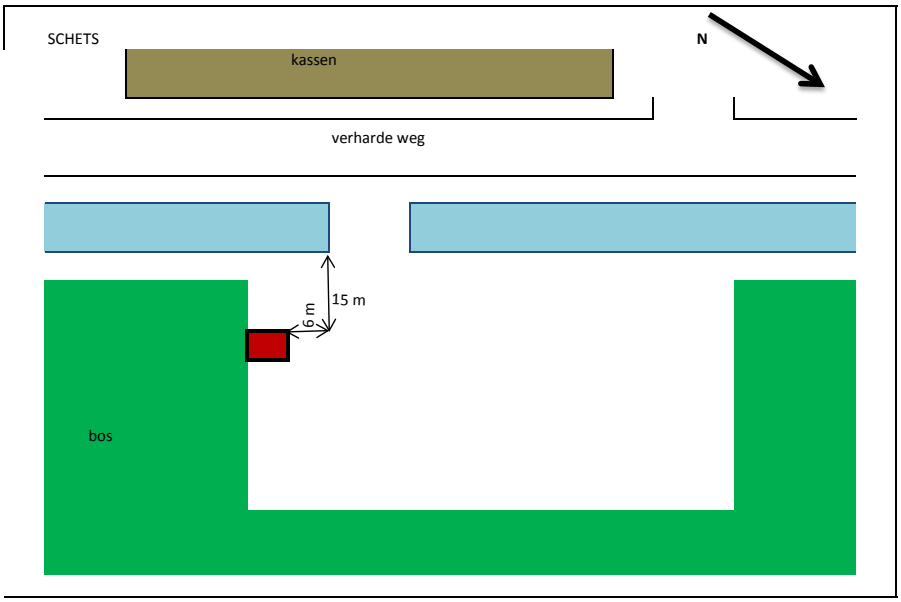


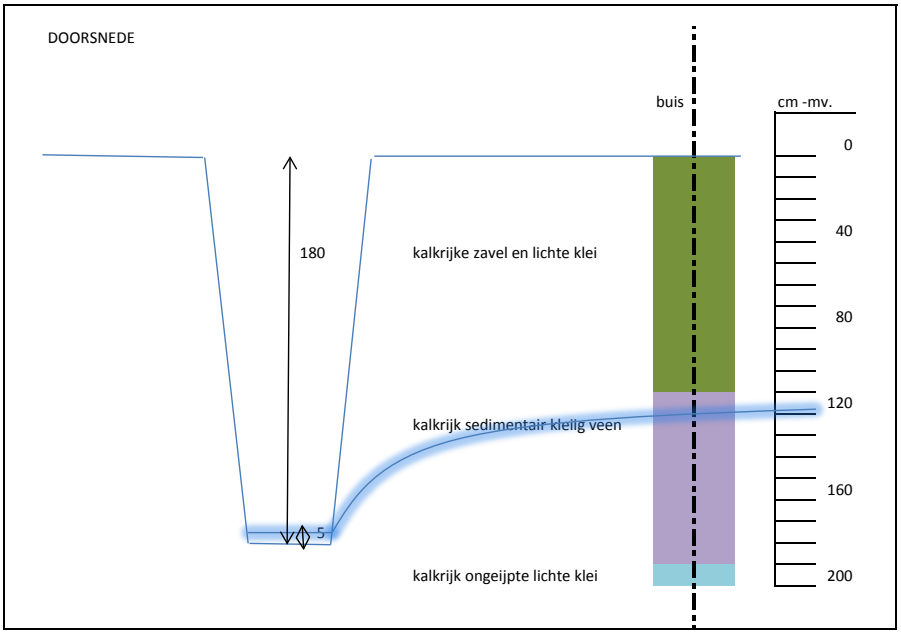


Figuur C.30
Beoordeling en situatieschets filter B16BB0392

BUIS:	26AB0256	Grondwaterstand boorgat:	175 (niet ingestel
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	op slot
Y-COORD:		Lengte buis:	
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	80
DATUM:	1-aug-11	Drainage:	geen

BEOORDELING: GOED, in speelweide

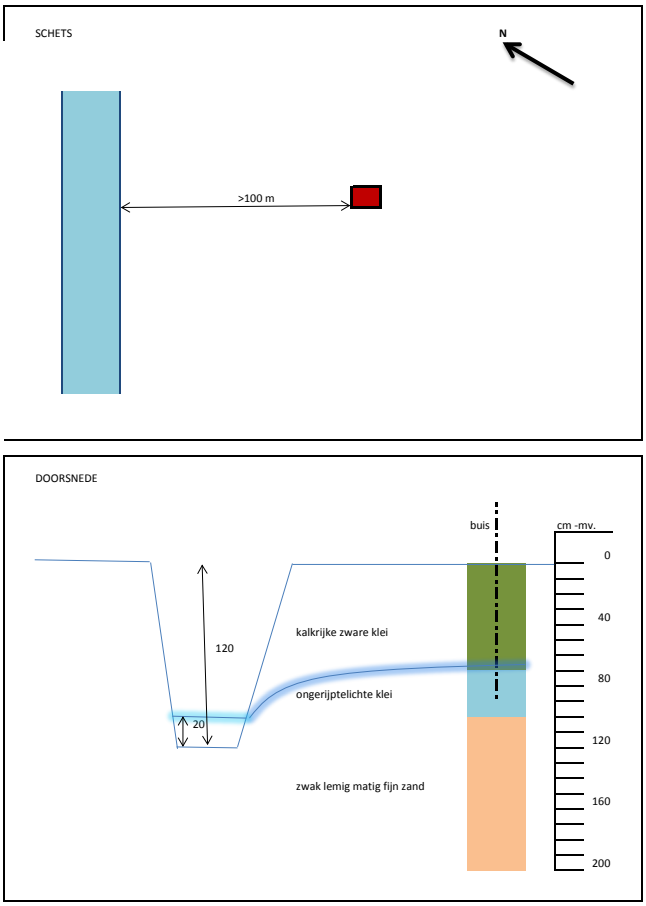




Figuur C.31
Beoordeling en situatieschets filter B26BB0256

BUIS:	26FB0315	Grondwaterstand boorgat:	35
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	68
Y-COORD:		Lengte buis:	120
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	45
DATUM:	1-aug-11	Drainage:	geen
		telefoon beheerder:	

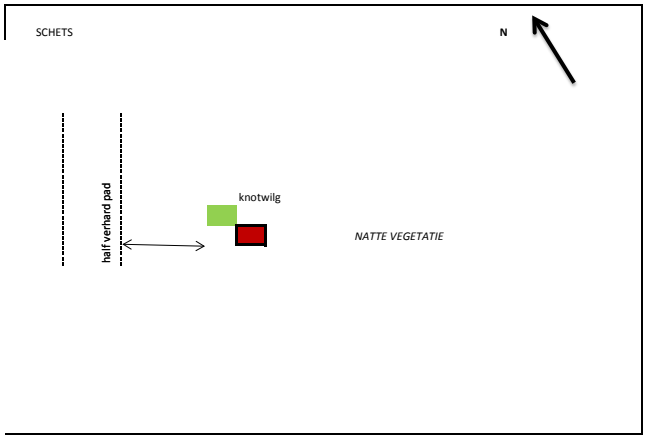
BEOORDELING: goed

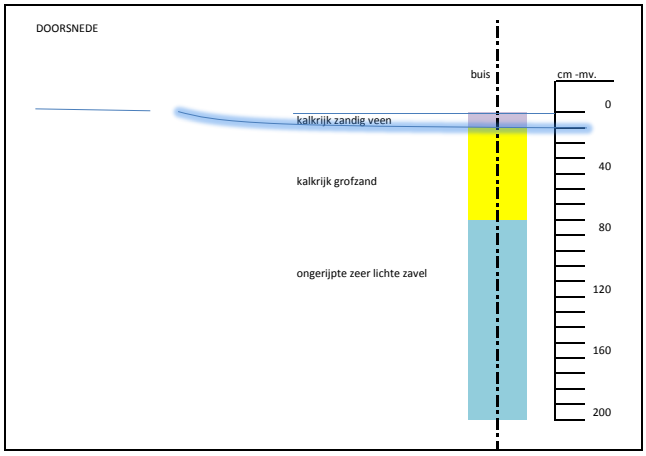


Figuur C.32
Beoordeling en situatieschets filter B26FB0315

Figuur C.33
Fotoïmpressie locatie B26FB0315

BUIS:	26GB0432	Grondwaterstand boorgat:	2
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	60
Y-COORD:		Lengte buis:	128
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	54
DATUM:	1-aug-11	Drainage:	geen
		telefoon beheerder:	06 25207721
BEOORDELING:	GOED		Buijs hydro-ecologisch onderzoek & advies



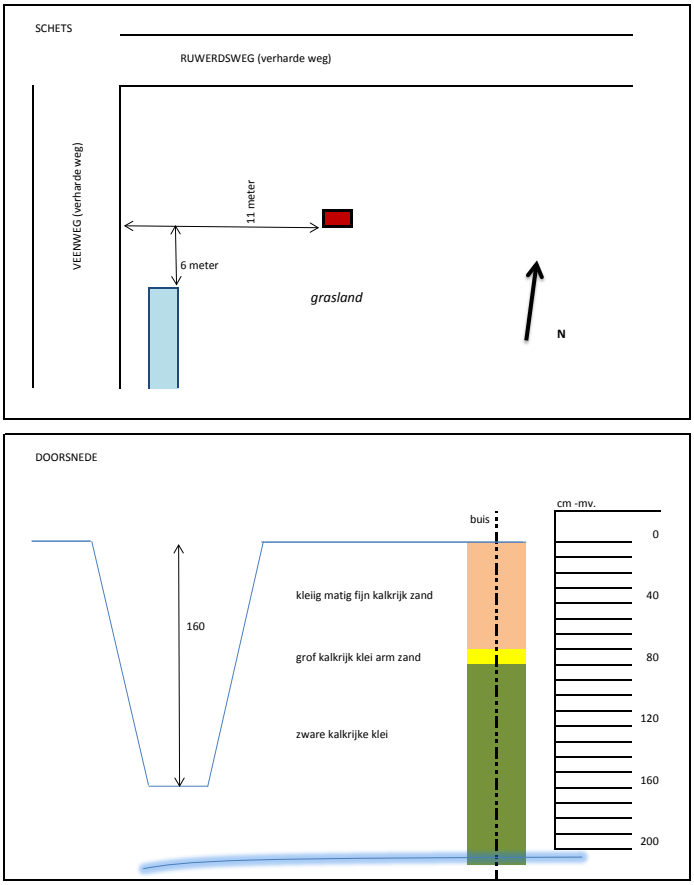


Figuur C.34
Beoordeling en situatieschets filter B26GB0432

Figuur C.35
Fotoïmpressie locatie B26GB0432

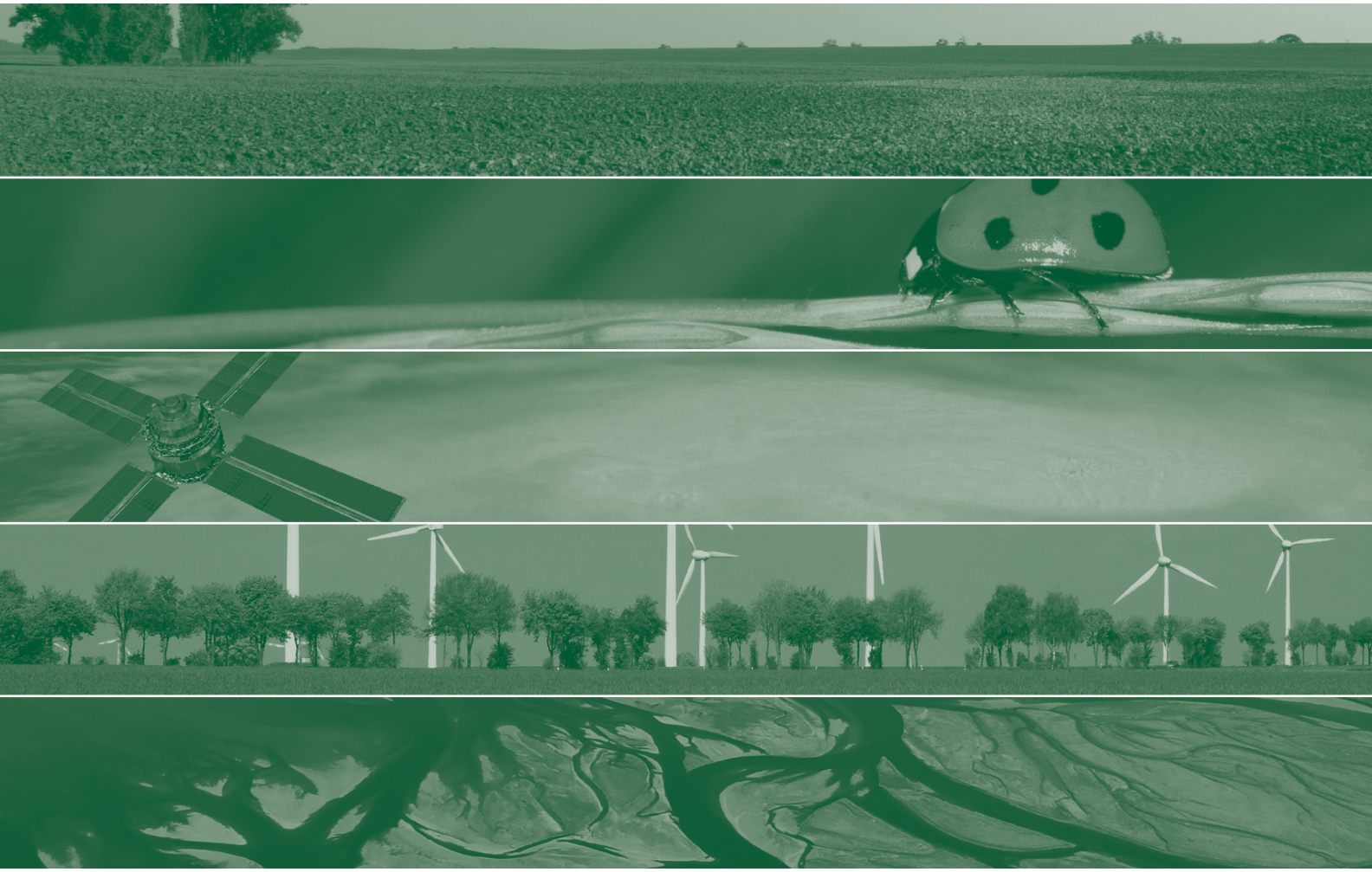
BUIS:	27GB0099	Grondwaterstand boorgat:	145
X-COORD:		Grondwaterstand buis:	niet open
Y-COORD:		Lengte buis:	driehoekssleutel
OPNEMER:	Matheijs Pleijter	Bovenkant buis tov maaiveld:	
DATUM:	10-jun-11	Drainage:	geen

BEOORDELING: goed



Figuur C.36
Beoordeling en situatieschets filter B27GB0099

Figuur C.37
Fotoïmpressie locatie B27GB0099



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is ‘To explore the potential of nature to improve the quality of life’. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is hèt kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.alterra.wur.nl