



Verkennend onderzoek naar de freatische grondwaterstand in het waterwingebied mander (fase 1)

Alterra-rapport 2325
ISSN 1566-7197

H.R.J. Vroon en G.H. Stoffelsen

Verkennd onderzoek naar de freatische grond-
waterstand in het waterwingebied mander (fase 1)

Verkennd onderzoek naar de freatische grondwaterstand in het waterwingebied mander (fase 1)

H.R.J. Vroon en G.H. Stoffelsen

Alterra-rapport 2325

Alterra, onderdeel van Wageningen UR
Wageningen, 2012

Referaat

Vroon, H.R.J. en G.H.Stoffelsen, 2012. *Verkennd onderzoek naar de freatische grondwaterstand in het waterwingebied mander (fase 1)*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2325. 64 blz.; 23 fig.; 7 tab.; 25 ref.

In opdracht van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) te Utrecht heeft Alterra in de maanden september 2010 t/m januari 2012 een verkennend bodemkundig/hydrologisch onderzoek uitgevoerd langs twee raaien in het waterwingebied Mander (fase 1). Als gevolg van grondwateronttrekkingen door de pompstations Manderheide en Manderveen van het waterleidingbedrijf Vitens is in deze omgeving een verlaging van de grondwaterstand opgetreden. Volgens een deel van de agrariërs in het onderzoeksgebied wordt schade ondervonden aan hun gewassen door een verlaging van de freatische grondwaterstand als gevolg van deze winningen. De Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) onderzoekt op verzoek van Gedeputeerde Staten (GS) de invloed van deze grondwaterwinning op de grondwaterstand. Het doel van dit onderzoek is dan ook het puntsgewijs, langs twee raaien, verzamelen van relevante informatie over de bodemgesteldheid en de huidige freatische grondwaterstand. Ook zijn op basis van een aantal vastgestelde criteria de nu in het waterwingebied aanwezige grondwaterstandsbuizen beoordeeld en geselecteerd om de GXG-schattingen van het nog uit te voeren gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek (fase 2) te kunnen onderbouwen. De resultaten worden door de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) en Alterra onder meer worden gebruikt als belangrijke hulpinformatie bij het nog uit te voeren gebiedsdekkend bodemkundig/hydrologisch onderzoek (fase 2). Verder wordt de informatie ook gebruikt om globaal het gebied te kunnen begrenzen, waar gronden voorkomen met een, relatief gezien, vrij ondiepe freatische grondwaterstand en de stuwval waarin als gevolg van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel in perioden met een neerslagoverschot veelal schijngrondwaterspiegels optreden. In een periode met een verdampingsoverschot heeft men in dit gebied namelijk te maken met het voorkomen van zeer diepe grondwaterstanden, waardoor de grondwaterstand zowel in de huidige als ook in de onbeïnvloede situatie geen invloed heeft op de groei van de gewassen. De resultaten zijn niet alleen beschreven in dit rapport, maar ze zijn ook vastgelegd in een aantal digitale bestanden.

Trefwoorden: grondwaterstandsverlaging, gewasschade, schijngrondwaterspiegels, grondwateronttrekking, grondwaterstandsmetingen, bodemkartering, bodemkaart, grondwatertrappen, vlakkenkaart, weerstandbiedende lagen.

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.

© 2012 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 2325
Wageningen, juni 2012

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergronden van het onderzoek	11
1.2 Doel van het onderzoek	12
1.3 Onderzoeksgebied	13
1.4 Werkwijze	13
2 Methode	15
2.1 Bodemgeografisch onderzoek	15
2.1.1 Bodemkundige gegevens	15
2.1.2 Hydrologische gegevens	16
2.1.3 Huidige hydrologische situatie	17
2.2 Verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens	18
2.2.1 Bodemkundige en bodemfysische gegevens	19
2.2.1.1 Effectieve wortelzone	19
2.2.1.2 Vochtcharacteristieken van de effectieve wortelzone	19
2.2.1.3 Ondergrondtype	20
2.2.2 Berekening van de GVG	20
2.3 Dwarsdoorsneden	20
2.4 Begrenzing stuwwal	23
3 Resultaten	25
3.1 Bodem en grondwatertrappen	25
3.2 Rekengegevens: resultaten van de verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens	25
3.2.1 Bodemfysische gegevens	25
3.2.1.1 Dikte en aard van de effectieve wortelzone	25
3.2.1.2 Ondergrondtypering	26
3.2.2 Hydrologische gegevens van de stambuizen	26
3.2.3 Hydrologische gegevens van de peilbuizen (AI-buizen) langs de raaien	39
3.3 Dwarsdoorsneden	47
3.3.1 Gemeten grondwaterstanden langs raai A-A1	47
3.3.2 Gemeten grondwaterstanden langs raai B-B1	49
3.4 Begrenzing stuwwal	51
Literatuur	53
Aanhangsel 1 Reken-/raadpleeggegevens	55
Aanhangsel 2 Algemene gegevens van de stambuizen en de door Alterra geplaatste peilbuizen	57
Aanhangsel 3 Gemeten grondwaterstanden in de door Alterra geplaatste grondwaterstandsbuizen en stambuizen vanaf april 2010 tot april 2011.	59

Woord vooraf

In opdracht van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) te Utrecht heeft Alterra in de maanden september 2010 t/m januari 2012 een verkennend bodemkundig-/hydrologisch onderzoek uitgevoerd langs twee raaien in het waterwingebied Mander (fase 1).

Het onderzoek omvatte het puntsgewijs vastleggen van de bodemgesteldheid en de huidige hydrologische situatie. De resultaten van dit onderzoek worden door de CDG onder meer gebruikt voor het vaststellen van de grootte en de omvang van de verlaging van de grondwaterstand door het pompstation.

Het onderzoek is uitgevoerd door ing. H.R.J. Vroon en G.H. Stoffelsen.

De organisatorische leiding van het project had dr. J.P. Okx.

De dank van Alterra gaat uit naar de grondeigenaren en de -gebruikers, die toestemming verleenden om veldwerk te verrichten.

Samenvatting

In opdracht van de CDG te Utrecht heeft Alterra in de maanden september 2010 t/m januari 2012 een verkennend bodemkundig/hydrologisch onderzoek uitgevoerd langs twee raaien in het waterwingebied Mander (fase 1).

Volgens agrariërs in het onderzoeksgebied wordt schade ondervonden aan hun gewassen door een verlaging van de freatische grondwaterstand als gevolg van deze winning. De CDG onderzoekt op verzoek van Gedeputeerde Staten (GS) de invloed van deze grondwaterwinning op de grondwaterstand. Voor het onderzoek heeft de CDG ondermeer gebiedsdekkende informatie nodig over de bodemopbouw en de hydrologische situatie. Deze informatie, die nodig is voor de uiteindelijke landbouwschadeberekeningen, is vooralsnog onvoldoende aanwezig.

Als gevolg van het veelvuldig voorkomen van weerstandbiedende lagen in het 'ondiepe' bodemprofiel, kan er een discrepantie zijn tussen de freatische grondwaterstand in het veld en de in de peilbuis gemeten 'freatische' grondwaterstand. De werkgroep Mander vindt onderzoek hiernaar wenselijk. Het onderzoek dient ook om globaal de grens van de stuwwal, waarbij de grondwaterstand te diep zit om van invloed te zijn op de gewasgroei, nader aan te geven. De CDG heeft, ter voldoening aan het verzoek van de werkgroep, aan Alterra gevraagd om eerst een verkennend onderzoek te doen naar de freatische grondwaterstand aan de hand van gemeten grondwaterstanden in tien bestaande en in vijftien nieuw geplaatste grondwaterstandsbuizen in het waterwingebied Mander.

De resultaten worden onder meer gebruikt als belangrijke hulpinformatie bij het nog uit te voeren gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek (fase 2). Verder wordt de informatie ook gebruikt om globaal het gebied te kunnen begrenzen, waar gronden voorkomen met een, relatief gezien, vrij ondiepe freatische grondwaterstand en de stuwwal waarin als gevolg van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel in perioden met een neerslagoverschot veelal schijngrondwaterspiegels optreden. In een periode met een verdampingsoverschot heeft men op de stuwwal namelijk te maken met het voorkomen van zeer diepe grondwaterstanden, waardoor de grondwaterstand zowel in de huidige als ook in de onbeïnvloede situatie geen invloed heeft op de groei van de gewassen.

In het onderzoeksgebied (binnen de 5 cm verlagingsslijn) liggen nu een groot aantal (135) grondwaterstandsbuizen waarin regelmatig een grondwaterstand wordt of werd gemeten. Voor het gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek en het onderhavige verkennende onderzoek naar de freatische grondwaterstand zijn niet alle grondwaterstandsbuizen relevant. Eerst is onderzocht in welke mate de buizen relevant zijn voor de weergave van de freatische grondwaterstand in het onderhavige gebied en/of de filterstelling aanzienlijk buiten het boorbereik van de mogelijke gebiedsdekkende kartering ligt. Dit gebeurt op basis van een aantal selectiecriteria. In eerste instantie is op basis van de diepte van de filterstelling (begindiepte filter tot maximaal ca. 5 á 6 m - mv.) en de continuïteit van de meetreeksen (ca. tien jaar vanaf voorjaar 2010) een selectie gemaakt van de buizen die bij het verdere onderzoek betrokken gaan worden. Vervolgens zijn de geselecteerde buizen in de streek bezocht en beoordeeld op representativiteit, ligging en verdeling. Op de locaties van tien grondwaterstandsbuizen, die uiteindelijk op basis van deze selectiecriteria zijn overgebleven, is met een Edelmanboor een grondboring verricht om het bodemprofiel te beschrijven. Indien er één of meerdere weerstandbiedende lagen boven de filterstelling voorkomen, dan is/zijn naast deze buis één of meerdere buizen geplaatst waarvan de diepte van de filterstelling is afgestemd op deze la(a)g(en). De informatie van de definitief geselecteerde buizen (stambuizen) worden ondermeer in het nog uit te voeren gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek (fase 2) gebruikt om de schattingen van GXG te onderbouwen.

Het doel van dit verkennende onderzoek is verder het op vijftien locaties (onderlinge afstand van ca. 500 m.) puntsgewijs, langs twee raaien, verzamelen van relevante informatie over de bodemgesteldheid en de huidige freatische grondwaterstand in het waterwingebied. De ligging van de raaien is door de CDG in nauw overleg met Alterra vastgesteld. Per boorlocatie is met een Edelmanboor informatie verzameld over de bodemgesteldheid door de gronden tot net onder het GLG-niveau (indien mogelijk of anders tot zover mogelijk), of tot maximaal ca. 6 m-mv. te beschrijven. Van elke horizont is de dikte, de aard van het materiaal, het organische stofgehalte en de textuur geschat. Verder is per boorpunt het huidige grondwaterstandsverloop (GHG en GLG) geschat op basis van hydromorfe kenmerken, vegetatie, lokale ont- en afwateringssituatie en de in boorgaten en in stambuizen gemeten grondwaterstanden.

Deze informatie is vervolgens per punt vertaald naar een TCGB-code en de GHG, GVG en GLG. Ook zijn op deze locaties één of meerdere peilbuizen geplaatst met een filterstelling die is afgestemd op de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen (indien relevant) in het fluctuatietraject van het freatisch grondwater. In deze buizen is gedurende ca. één jaar twee keer per maand (rond de 14^e en de 28^e) de grondwaterstand gemeten. Voor het meten van de grondwaterstand in de geplaatste buizen is gebruik gemaakt van een peilklokje. Het meten van de grondwaterstanden in de peilbuizen is grotendeels door Vitens uitgevoerd.

Verder zijn van iedere raai op twee momenten (een relatief droog (14-07-2011) en een relatief nat moment (14-01-2011)) in het opnamejaar dwarsdoorsneden gemaakt, waarin per boorlocatie, de maaiveldhoogte (cm t.o.v. N.A.P.) en de (freatische) grondwaterstand (cm t.o.v. N.A.P.) is weergegeven. De maaiveldhoogte is afgeleid uit het Actuele Hoogtebestand van Nederland (AHN, vijf meter grid). De profielopbouw van de bodem is van iedere boring in de vorm van een bodemkundig/bodemfysisch geschematiseerde doorsnede in een aparte tabel weergegeven.

Uit het veldbodemkundig onderzoek is gebleken dat in het onderzoeksgebied veel weerstandbiedende lagen binnen boorbereik voorkomen, zoals keileem, compacte veenlagen, lössleem en tertiaire klei, die in meer of mindere mate invloed hebben op de hoogte en de fluctuatie van de freatische grondwaterstand. Verder hebben deze lagen ook invloed op de doorwerking van de grondwaterstandverlaging vanuit het pakket waaruit grondwater wordt gewonnen naar de freatische grondwaterstand (GHG en GLG). Omdat de verticale weerstand van het doorstroomde bodemprofiel door de aanwezigheid van deze lagen tijdens het GHG-moment aanzienlijk groter is dan tijdens het GLG-moment moet men bij een eventuele toekenning van een bepaalde verlaging van de grondwaterstand rekening houden met het feit dat de GHG op deze locaties minder is verlaagd dan de GLG.

Op basis van een globale analyse van bovenstaande dwarsdoorsneden, de berekende grens van de vijf cm verlagingsslijn van het freatische grondwater, de grondwaterstandsgegevens van de geselecteerde stambuizen, informatie uit al eerder uitgevoerd bodemkundig/hydrologisch onderzoek in de jaren '80 uit de vorige eeuw, het AHN (5 m grid) en een aantal aanvullende boringen in de nabijheid van de stuwwal is uiteindelijk het gebied begrensd dat mogelijk in de nabije toekomst gebiedsdekkend bodemkundig/hydrologisch moet worden onderzocht (fase 2).

Het uiteindelijke boorpuntenbestand in de vorm van een GIS-bestand met hierin opgenomen een toegekende TCGB-code, GHG, GVG en GLG en de gemeten grondwaterstanden in de stambuizen en in de door Alterra geplaatste buizen is alleen bestemd voor de opdrachtgever. De resultaten van het onderhavige onderzoek zijn tenslotte vastgelegd in dit rapport.

1 Inleiding

1.1 Achtergronden van het onderzoek

Het waterleidingbedrijf Vitens onttrekt in het gebied rondom Mander (figuren 1 en 2) grondwater voor de drinkwatervoorziening en industriële doeleinden. Volgens een groot aantal agrariërs wordt schade ondervonden aan hun gewassen door een verlaging van de freatische grondwaterstand als gevolg van deze winning. De CDG onderzoekt op verzoek van GS de invloed van deze grondwaterwinning op de grondwaterstand. Voor het onderzoek heeft de commissie ondermeer gebiedsdekkende informatie nodig over de bodemopbouw en de hydrologische situatie. Deze informatie, die nodig is voor de uiteindelijke landbouwschadeberekeningen, is nog onvoldoende aanwezig.



Figuur 1

Pompstation Manderveen met het bijbehorend puttenveld.

Door het veelvuldig voorkomen van weerstandbiedende lagen (o.a. keileem-, lössleem-, verkitte B- en venige lagen) in het 'ondiepe' bodemprofiel (Makken, 1968, Bannink 1983 en Stoffelsen et al., 1985), kan er een discrepantie zijn tussen de freatische grondwaterstand in het veld en de in de peilbuis gemeten 'freatische' grondwaterstand. De werkgroep Mander vindt onderzoek hiernaar wenselijk. Het onderzoek geeft dient ook om globaal de grens van de stuwwal, waarbij de grondwaterstand te diep zit om van invloed te zijn op de gewasgroei, nader aan te geven. De CDG heeft, ter voldoening aan het verzoek van de werkgroep, aan Alterra gevraagd om eerst een verkennend onderzoek te doen naar de freatische grondwaterstand aan de hand van gemeten grondwaterstanden in bestaande en in een aantal nieuw te plaatsen grondwaterstandsbuizen in het waterwingebied Mander.

Om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de bodemkundig-/hydrologische toestand in het gebied Mander is het noodzakelijk dat er voldoende en betrouwbare informatie aanwezig is over de huidige freatische grondwaterstand. Het meten van de freatische grondwaterstand blijkt niet eenvoudig. Als er weerstandbiedende lagen aanwezig zijn, dan moet de filterstelling (filterdiepte) afgestemd worden op deze la(a)g(en) in de bodem. Het gebruik van een totaal geperforeerd peilfilter geeft afhankelijk van de situatie een gemiddelde stijghoogte, de diepe stijghoogte of de werkelijke freatische grondwaterstand weer (Van den Akker et al., 2010). Dit betekent ook, dat voor elk freatisch meetpunt een boorbeschrijving beschikbaar moet zijn om de kwaliteit en representativiteit zowel in ruimte als in tijd van het meetpunt in te kunnen schatten. Daarnaast is aanvullend onderzoek nodig zijn om een eventuele vertaalslag te kunnen maken tussen de meetgegevens en de freatische grondwaterstand. Dit betekent dat er gedurende een langere periode in de buizen grondwaterstanden worden gemeten, om onder andere de invloed van weerstandbiedende lagen op de freatische grondwaterstand te kwantificeren. Van de geschetste problematiek kan vooral sprake zijn in en nabij stuwwallen en in die gebieden waar weerstandbiedende lagen, zoals compact veen en/of lössleem in het bodemprofiel voorkomen.

In het oostelijk deel van het gebied ligt een stuwwal (Makken, 1968; Bannink, 1983 en Stoffelsen et al., 1985). Hier komen door weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel in perioden met een periodiek neerslagoverschot schijngrondwaterspiegels voor. In de zomer zakt de freatische grondwaterstand zeer diep weg, waardoor de winning wel invloed heeft op de grondwaterstand, maar als gevolg van een zeer diepe grondwaterstand geen invloed heeft op de groei van de gewassen (ook niet in de onbeïnvloede situatie). Het is voor de CDG belangrijk te weten waar deze grens ongeveer in het gebied voorkomt. Om hierover gefundeerd uitspraken te kunnen doen heeft de CDG aan Alterra gevraagd om het door de werkgroep Mander gewenste onderzoek uit te voeren op een aantal puntlocaties langs twee (haaks op de stuwwal) vooraf vastgestelde raaien (figuur 2). Op deze locaties worden de bodemgesteldheid en de huidige hydrologische situatie onderzocht. Het aantal en de ligging van de punten zijn door Alterra in overleg met de CDG vastgesteld.

1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het puntsgewijs, langs twee raaien, verzamelen van relevante informatie over de bodemgesteldheid en de huidige freatische grondwaterstand in het gebied Mander in verband met de grondwaterwinning. Daarnaast wordt op basis van een aantal vastgestelde criteria de nu in het waterwingebied aanwezige grondwaterstandsbuizen beoordeeld en geselecteerd om de GXG schattingen van het nog uit te voeren gebiedsdekkende bodemkundig-/hydrologisch onderzoek (fase 2) beter te kunnen onderbouwen. De resultaten worden gebruikt als belangrijk hulpinformatie bij het nog uit te voeren gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek (fase 2). Verder wordt de informatie ook gebruikt om globaal het gebied te kunnen begrenzen, waar gronden voorkomen met een, relatief gezien, vrij ondiepe freatische grondwaterstand en de stuwwal waarin door weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel in perioden met een neerslagoverschot vaak schijngrondwaterspiegels optreden. Onder schijngrondwaterspiegel wordt verstaan: 'de grondwaterspiegel van een grondwaterlichaam gelegen op een slecht doorlatende laag waaronder een onverzadigde zone voorkomt; op nog grotere diepte bevindt zich een volgende grondwaterspiegel die via het grondwater in verbinding kan staan met het grotere (regionale) grondwaterlichaam. In een periode met een verdampingoverschot komen in dit gebied zeer diepe grondwaterstanden voor, waardoor de grondwaterstand zowel in de huidige als in de onbeïnvloede situatie geen invloed heeft op de groei van de gewassen.

1.3 Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied ligt centraal rondom het dorp Vasse en wordt in het westen begrensd door de plaatsen Manderveen en Tubbergen en in het noorden door de Duitse grens (figuur 2). Het onderzochte gebied komt voor op de bladen 28E en 28F van de Topografische kaart van Nederland, schaal 1 : 25.000.

Het bodemgebruik van het onderzochte gebied bestaat hoofdzakelijk uit weidebouw (gras en maïs), akkerbouw (aardappelen, bieten en granen), grove tuinbouw (asperges), bos en woeste grond.

1.4 Werkwijze

Op vijftien puntlocaties, met een onderlinge afstand van gemiddeld ca. 500 meter langs twee vooraf vastgestelde raaien (figuur 2), heeft Alterra een verkennend bodemkundig/hydrologisch onderzoek uitgevoerd. De ligging van de raaien is door de CDG in nauw overleg met Alterra vastgesteld.

Voor het vastleggen van de bodemgesteldheid per boorlocatie is met een Edelmanboor informatie verzameld over de profielopbouw van de grond tot net onder het GLG-niveau (indien mogelijk of anders tot zover mogelijk), of tot maximaal ca. 6 m-mv. Van elke horizont is de dikte, de aard van het materiaal, het organische stofgehalte en de textuur geschat. Verder is per boorpunt het huidige grondwaterstandsverloop (GHG en GLG) geschat op basis van hydromorfe kenmerken, vegetatie, lokale ont- en afwateringssituatie en de in boorgaten en in stambuizen gemeten grondwaterstanden.

Deze informatie is vervolgens per punt vertaald naar een TCGB-code en de GHG, GVG en GLG. Ook zijn op deze locaties één of meerdere peilbuizen geplaatst met een filterstelling die is afgestemd op de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen (indien relevant) in het fluctuatietraject van het freatisch grondwater. In deze buizen is gedurende ca. één jaar twee keer per maand (rond de 14^e en de 28^e) de grondwaterstand gemeten. Voor het meten van de grondwaterstand in de geplaatste buizen is gebruik gemaakt van een peilklokje. Het meten van de grondwaterstanden in de peilbuizen is grotendeels door Vitens uitgevoerd. Alterra heeft alleen de eerste twee metingen zelf verricht om te kijken of geplaatste buizen goed functioneren en om een medewerker van Vitens de locaties van de nieuw geplaatste buizen te aan te wijzen. De meetgegevens zijn door Vitens eenmaal per maand in een Excel-bestand naar Alterra gemaïld.

Van iedere raai zijn op twee momenten (een relatief droog en een relatief nat moment) in het opname-jaar dwarsdoorsneden gemaakt, waarin per boorlocatie, de maaiveldshoogte (cm t.o.v. N.A.P.) en de (freatische) grondwaterstand (cm t.o.v. N.A.P.) is weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van het Actuele Hoogtebestand van Nederland (AHN, vijf meter grid). De profielopbouw van de bodem is van iedere boring in de vorm van een bodemkundig/bodemfysisch geschematiseerde doorsnede in een aparte tabel weergegeven.

Op basis van een globale analyse van bovenstaande dwarsdoorsneden, de berekende grens van de vijf cm verlagingslijn van het freatische grondwater, de grondwaterstandsgegevens van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen (nu aangeduid als stambuizen), informatie uit al eerder uitgevoerd bodemkundig/hydrologisch onderzoek in de jaren '80 uit de vorige eeuw, het AHN (5m grid) en een aantal aanvullende boringen in de nabijheid van de stuwwal is uiteindelijk het gebied begrensd dat mogelijk in de nabije toekomst gebiedsdekkend bodemkundig/hydrologisch wordt onderzocht (fase 2).

Er zijn op de locaties van de aanwezige grondwaterstandsbuizen in het onderzoeksgebied in het verleden geen profielbeschrijvingen gemaakt, waardoor ook geen informatie beschikbaar is over de filterstelling van de buizen in relatie tot de profielopbouw. Dit kan inhouden dat nu ook niet bekend is of deze buizen het verloop van de freatische grondwaterstanden correct weergeven in verband met het veelvuldig voorkomen van weerstandbiedende lagen in het 'ondiepe bodemprofiel'. Om dit probleem te ondervangen is van elke relevante meetlocatie een boorbeschrijving gemaakt in relatie tot de filterstelling. In het onderzoeksgebied (figuur 23, gebied binnen de rode en blauwe lijn) liggen nu 135 grondwaterstandsbuizen waarin regelmatig een grondwaterstand wordt of werd gemeten. Voor het gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek

en het onderhavige verkennende onderzoek naar de freatische grondwaterstand zijn niet alle grondwaterstandbuizen relevant. Dit betekent dat eerst is onderzocht in welke mate deze buizen relevant zijn voor de weergave van de freatische grondwaterstand in het onderhavige gebied en/of de filterstelling aanzienlijk buiten het boorbereik van de mogelijke gebiedsdekkende kartering ligt. Dit gebeurt op basis van een aantal selectiecriteria. In eerste instantie is er op basis van de diepte van de filterstelling (tot maximaal ca. 5 á 6 m-mv.) en de continuïteit van de meetreeksen (ca. tien jaar tot het voorjaar van 2010) een selectie gemaakt van de buizen die bij het verdere onderzoek betrokken worden. Vervolgens zijn de geselecteerde buizen in het veld bezocht en beoordeeld op representativiteit, ligging en verdeling. Op de locaties van de grondwaterstandsbuizen die op basis van deze selectie zijn overgebleven, is een profielbeschrijving gemaakt. Als er één of meerdere weerstandbiedende lagen boven de filterstelling voorkomen, dan is/zijn naast deze buis één of meerdere buizen geplaatst waarvan de diepte van de filterstelling is afgestemd op deze la(a)g(en). De informatie van de uiteindelijke geselecteerde buizen (stambuizen) worden ondermeer in het nog uit te voeren gebiedsdekkende bodemkundig/hydrologisch onderzoek (fase 2) gebruikt om de schattingen van GXG te onderbouwen.

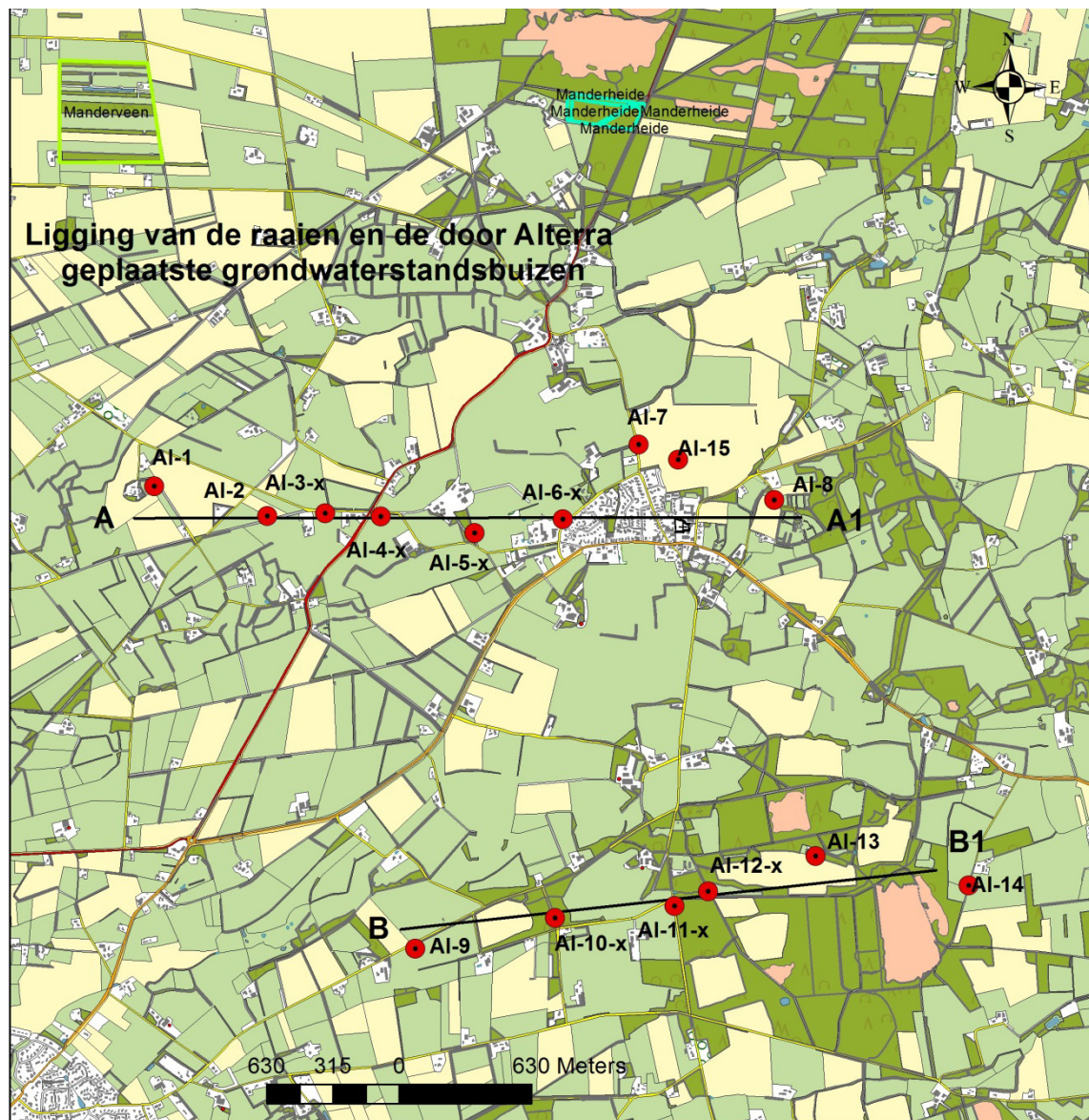
Het uiteindelijke boorpuntenbestand in de vorm van een GIS-bestand met hierin opgenomen een toegekende TCGB-code, GHG, GVG en GLG en de gemeten grondwaterstanden van iedere relevante buislocatie is alleen beschikbaar voor de opdrachtgever. De resultaten van het onderzoek zijn tenslotte vastgelegd in dit rapport.

2 Methode

2.1 Bodemgeografisch onderzoek

2.1.1 Bodemkundige gegevens

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek in de periode september (2010) tot en met januari 2011 zijn langs twee raaien vijftien grondboringen (figuur 2) verricht en grondwaterstandsbuizen (AL-buizen) geplaatst tot een diepte net onder het GLG-niveau (indien mogelijk of anders tot zover mogelijk), of tot maximaal ca. 6 m-mv.



Figuur 2

Ligging van de raaien en de door Alterra geplaatste grondwaterstandsbuizen in het waterwingebied Mander.

De filterstelling van de grondwaterstandsbuizen is, als het nodig was, afgestemd op de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen in het fluctuatietrajec van het freatisch grondwater. Hierdoor kunnen er op één locatie meerdere buizen voorkomen (figuren 2 en 3). In figuur 2 zijn deze buislocaties met een x weergegeven. De onderlinge afstand tussen de boorlocaties bedraagt gemiddeld ca. 500 m.

Verder zijn bij de boorlocaties ook de bodemprofielen beschreven en geregistreerd met een veldcomputer (Husky Hunter). In de profielbeschrijving is ondermeer vastgelegd:

- de subgroep van de bodemclassificatie (De Bakker en Schelling, 1989) op basis van dikte, aard en
- opeenvolging van de verschillende horizonten;
- de bewortelbare diepte en eventueel ook de verwerkingsdiepte;
- het organische stofgehalte, het lutumgehalte, het leemgehalte en de mediaan (M50) van de
- zandfractie van de onderscheiden lagen;
- geologische informatie;
- het voorkomen van afwijkende materiaalsoorten, zoals grof zand, moerig materiaal en keileem.



Figuur 3

Locatie (raai A-A1, A1-6-x) met twee door Alterra geplaatste grondwaterstandsbuizen.

Het boorregister is opgeslagen in het archief van Alterra en is in digitale vorm alleen beschikbaar voor de opdrachtgever.

2.1.2 Hydrologische gegevens

De gebruikswaarde van de gronden berust vooral op bodemfactoren, die sterk door de grondwaterstand en fluctuatie worden beïnvloed, bijvoorbeeld het vochtleverend vermogen, de aëratie en de stevigheid van de bovengrond.

De freatische grondwaterstand op een willekeurige plaats varieert in de loop van het jaar en van jaar tot jaar. Verder varieert de fluctuatie van het freatisch grondwater door verschil in grondsoort, profielopbouw, ont- en afwateringstoestand, grondwateronttrekkingen, neerslag en verdamping.

Het jaarlijks wisselende verloop van de freatische grondwaterstand op een willekeurige plaats is te herleiden tot een regiemcurve. De top en het dal van de grondwaterregiemcurve geven het niveau aan tot waar de grondwaterstand gemiddeld in de winter stijgt (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand, GHG) en in de zomer daalt (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand, GLG) (Stol, 1960; Knibbe en Marsman, 1961; Van Heesen en Westerveld, 1966; Van Heesen, 1971). De GHG en GLG worden berekend door het middelen van respectievelijk de drie hoogst gemeten grondwaterstanden (HG3) en de drie laagst gemeten grondwaterstanden (LG3) in een hydrologisch (1 april t/m 31 maart) jaar. Dit is proefondervindelijk vastgesteld door Knibbe en Marsman (1961) en Van de Sluijs en Van Egmond (1976). Om de GHG en GLG te berekenen worden respectievelijk de HG3 en de LG3 over minimaal acht aaneengesloten hydrologische jaren gemiddeld. Voor dit onderzoek is de GHG en de GLG berekend over een aaneengesloten periode van tien jaar tot aan 1 april 2010. Dit in verband met het sluiten van pompstation Manderheide ten gunste van het pompstation Manderveen in de loop van 2010, waardoor de hydrologie in het waterwingebied vanaf dat moment is veranderd. Voor enkele buizen is een periode tussen de acht en tien jaar aangehouden door het ontbreken van gemeten grondwaterstanden. Er wordt hierbij uitgegaan van twee metingen per maand op of omstreeks de 14^e en de 28^e, in buizen van twee tot drie m lengte met een filterlengte van meestal één meter.

De waarden voor de GHG en de GLG kunnen van plaats tot plaats variëren. Daarom is de klassenindeling, die op basis van de GHG en GLG is ontworpen, betrekkelijk ruim van opzet (Brouwer et al., 1996). Elk van deze grondwatertrappenklassen (Gt-klasse) is door een GHG- en GLG-traject gedefinieerd. De Gt-klassen zijn aangegeven met Romeinse cijfers en een lettertoevoeging (tabel 1).

Tabel 1

Trajectgegevens voor de Gt.

Gt	GHG traject in cm - mv.	GLG traject in cm - mv.
Ia	< 25 cm	< 50
IIa	< 25 cm	50 - 80
IIb	25 - 40	50 - 80
IIIa	< 25	80 - 120
IIIb	25 - 40	80 - 120
IVu	40 - 80	80 - 120
Vao	< 25	120 - 180
Vad	< 25	> 180
Vbo	25 - 40	120 - 180
Vbd	25 - 40	> 180
Vlo	40 - 80	120 - 180
Vld	40 - 80	> 180
VIIo	80 - 140	120 - 180
VIIId	80 - 140	> 180
VIIIId	> 140	> 180

Tijdens het bodemgeografisch onderzoek is het huidige GHG- en GLG-niveau geschat en samen met de Gt-klasse in een profielbeschrijving vastgelegd.

2.1.3 Huidige hydrologische situatie

Voor het vaststellen van de huidige hydrologische situatie wordt de GLG (doorgaans in de nabijheid van de permanent gereduceerde zone, de Cr-horizont) als leidraad genomen. Vanaf dit niveau is het profiel naar beneden toe volledig gereduceerd en heeft het minerale materiaal meestal een blauwgrijze kleur. De kleurintensiteit op dit niveau is echter sterk afhankelijk van de hoeveelheid en de aard van het ijzer in de grond.

Ontijzerde of ijzerarme gronden, zoals humuspodzolgronden, vertonen veel minder duidelijke kleurverschillen dan ijzerhoudende gronden. Het is daarom niet eenvoudig een GLG-niveau in ijzerarme profielen vast te stellen. Dit geldt bij een ongewijzigde hydrologische situatie, maar des te meer bij een wijziging van de grondwaterstand. Bovendien staat het niet altijd vast of de waargenomen kenmerken samenhangen met een GLG-niveau.

De schatting van het GHG-niveau is ook gebaseerd op hydromorfe kenmerken, meestal bestaande uit roestvlekken, in afhankelijkheid van de fluctuatie van het grondwater. Bij de interpretatie van deze kenmerken wordt ook gelet op de textuur van het profiel (dit geldt ook voor de GLG). Bij een bepaalde GHG zullen in sterk of zeer sterk lemige, zeer fijnzandige gronden deze verschijnselen als gevolg van een dikke, vol capillaire zone hoger in het bodemprofiel voorkomen dan bij zwak lemige of leemarme matig fijnzandige gronden. Dit heeft tot gevolg dat de eerst genoemde gronden, uit het oogpunt van de landbouw (vochtleverend vermogen, draagkracht etc.), natter zijn dan de minder lemige of fijnzandige profielen.

Om de geschatte GHG- en GLG-waarden van de buislocaties zo goed mogelijk te onderbouwen zijn door Alterra en door Vitens gedurende ca. één jaar, twee maal per maand (14^e en 28^e) de grondwaterstanden gemeten. De standen zijn met betrekking tot het GHG- en GLG-niveau getoetst aan langjarige gegevens (ca. tien jaar) van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen (aangeduid als stambuizen).

De selectie van de grondwaterstandsbuizen die worden gebruikt voor het onderhavige onderzoek en voor het nog uit te voeren bodemkundig/hydrologisch onderzoek (fase 2) is gebaseerd op basis van ligging, continuïteit en lengte van de meetreeks, profielopbouw en diepte van het filter. Van de geselecteerde buislocaties zijn de bodemprofielen beschreven en geregistreerd met een veldcomputer (Husky Hunter).

2.2 Verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens

Veranderingen van freatische grondwaterstanden kunnen leiden tot een verandering in de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht. Dit kan gevolgen hebben voor de groei van bijvoorbeeld landbouwgewassen. De mate waarin een verandering in de gewasgroei optreedt, hangt ondermeer af van de grondwaterstanden (onbeïnvloede situatie), de grootte van de verlaging, de profielopbouw, het gewas en de weersgesteldheid.

De geïnventariseerde bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens kunnen ondermeer worden gebruikt om een eerste indruk te krijgen over mogelijke opbrengstveranderingen van het gewas op de plekken van de boorlocaties.

De opbrengstverandering van o.a. gras door de grondwaterstandsverandering wordt berekend met raadpleegtabellen (in casu de TCGB-tabel). De TCGB-tabel (gebaseerd op berekeningen met het pseudo-stationaire model Must (De Laat, 1972 en 1982) is door de voormalige Technische Commissie Grondwaterbeheer ontwikkeld om de opbrengstdepressie van gras door vochttekort als gevolg van grondwateronttrekking, op een eenvoudige manier snel te kunnen bepalen (Bouwmans, 1990). Bij de bepaling van de opbrengstdepressie van bijvoorbeeld gras door vochttekort met de TCGB-tabel gaat men er vanuit, dat de hoeveelheid vocht die de plant opneemt, geleverd wordt door:

- de hoeveelheid opneembaar vocht in de effectieve wortelzone;
- de aanvulling van de vochtvoorraad in de wortelzone door neerslag tijdens het groeiseizoen;
- de hoeveelheid vocht die door capillair transport vanuit het grondwater via de onverzadigde ondergrond naar de onderkant van de effectieve wortelzone wordt aangevoerd.

Voor de uiteindelijke berekening van het aantal kg droge stof aan opbrengstvermindering per mm vochttekort voor gras wordt uitgegaan van een door Van Boheemen (1981) gevonden relatie tussen de meeropbrengst per mm vocht en de bruto potentiële productie.

De bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens, die in het veld zijn verzameld, zijn niet direct bruikbaar voor berekeningen met de TCGB-tabel. Wij hebben daarom deze gegevens per punt geschematiseerd en vertaald naar een TCGB-code. Enkele bodemfysische parameters die voor de TCGB-tabel noodzakelijk zijn om de opbrengstverandering van gras te kunnen berekenen, zijn door de TCGB ingedeeld in klassen. Deze parameters zijn vocht karakteristieken van de effectieve wortelzone, dikte van de effectieve wortelzone en het ondergrondtype. De klassenindelingen zijn gemaakt om het aantal rekeneenheden te beperken.

De volgende (reken)gegevens zijn per boring in tabelvorm aangegeven (aanhangsel 1):

- boornummer
- raai
- bodemtype en grondwatertrap (Gt)
- TCGB-aanduiding voor:
 - bovengrond-vocht karakteristiek
 - dikte effectieve wortelzone
 - ondergrondtype
- huidige hydrologische situatie, in de vorm van:
 - GHG
 - GVG
 - GLG

In de volgende paragrafen wordt toegelicht hoe deze rekengegevens zijn ontwikkeld.

2.2.1 Bodemkundige en bodemfysische gegevens

2.2.1.1 Effectieve wortelzone

Voor de effectieve wortelzone zijn aard en dikte van de humushoudende bovengrond bepalend. De effectieve wortelzone wordt gedefinieerd als het gedeelte van de bovengrond, waarin 80% van de wortelmassa aanwezig is (Rijtema, 1971).

Door de grote verscheidenheid in dikten van de effectieve wortelzone heeft de TCGB de dikte van deze zone ingedeeld in zes standaardeenheden: 15, 20, 25, 30, 35 en 40 cm. Deze standaarddikten zijn vastgesteld voor weidebouw (Bouwmans, 1990).

2.2.1.2 Vocht karakteristieken van de effectieve wortelzone

De hoeveelheid opneembaar bodemvocht in de effectieve wortelzone is afhankelijk van de dikte van deze laag en van de hoeveelheid beschikbaar vocht per decimeter grond. De hoeveelheid beschikbaar vocht in de effectieve wortelzone wordt bepaald door gebruik te maken van een schema op basis van een reeks standaardvocht karakteristieken uit 'Krabbenborg, 1983'. Er is een relatie vastgesteld tussen de aard (afhankelijk van het bodemtype), granulaire samenstelling (textuur) en het organische stofgehalte enerzijds en het percentage vocht bij verschillende vochtspanningen anderzijds. Met deze relatie kan aan de effectieve wortelzone van elk boorpunt een gemiddelde vocht karakteristiek worden toegekend.

2.2.1.3 Ondergrondtype

Naast het vochthoudend vermogen van de effectieve wortelzone is ook de bijdrage vanuit het grondwater van belang. Bepalend hiervoor is de afstand van de onderkant van de effectieve wortelzone tot het grondwater en het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond. Het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond wordt bepaald door de K(h)-relaties van de verschillende lagen in de ondergrond. Voor het bepalen van het capillair geleidingsvermogen wordt uitgegaan van de K(h)-relaties die door Wösten et al. (1987) bepaald zijn voor een aantal ondergrondbouwstenen. Als maat voor het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond wordt de kritieke z-afstand gebruikt. Hieronder verstaat men de maximale afstand tussen het grondwater en de onderkant van de effectieve wortelzone, waarover een bepaalde vochtstroom (flux) nog mogelijk is. Er wordt aangenomen dat een flux van 2 mm/dag als aanvulling van de vochtvoorraad in de wortelzone in Nederland meestal toereikend is om een gewas optimaal te laten groeien (Van Soesbergen et al. 1986). Door variatie in diepte, dikte en samenstelling van de bodemlagen bestaat een grote verscheidenheid aan ondergrondtypen. Deze ondergrondtypen kunnen echter voor capillaire eigenschappen en vochtleverantie een grote mate van overeenkomst vertonen. Op grond hiervan heeft de TCGB voor zandgronden een standaardreeks samengesteld van in totaal elf ondergrondtypen.

Bij de toedeling van de ondergronden naar één van de elf standaardondergrondtypen is gebruik gemaakt van het door De Laat (1972) ontwikkelde rekenmodel VPOS. Dit model wordt gebruikt voor het berekenen van de onverzadigde stroming in pseudo-stationaire toestand van gelaagde bodemprofielen. Om de onderscheiden ondergrondtypen in de standaardondergrondtypenreeks te kunnen onderbrengen, hebben we de uitkomsten (VPOS) van de kritieke z-afstanden en de vochtdeficiëten bij een flux van 2 mm/dag en 1 mm/dag in de VPOS-tabellen met elkaar vergeleken. Daarna zijn op basis van onderlinge verwantschap alle ondergrondtypen vertaald naar één van de elf standaardondergrondtypen (Stolp en Vroon, 1990).

2.2.2 Berekening van de GVG

Voor de berekening van de opbrengstdepressie worden de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) ingevoerd. Aangezien productie nauw gerelateerd is aan verdamping door het gewas, is voor gras aangenomen dat de groei begint op het tijdstip dat de verdamping de neerslag overtreft. In Nederland wordt hiervoor 1 april aangehouden en de gemiddelde grondwaterstand op die datum wordt aangeduid als GVG.

De GVG is voor dit gebied berekend (afgerond op 5 cm nauwkeurig) met de volgende formule: $GVG = 5,4 + 0,83 * GHG + 0,19 * GLG$ (Van der Sluijs, 1982). Als er weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel aanwezig zijn die invloed hebben op de GVG, dan is de GVG geschat aan de hand van profiel- en veldkenmerken en gemeten grondwaterstanden tijdens het GVG-moment.

2.3 Dwarsdoorsneden

In het onderzoeksgebied liggen twee raaien (figuur 2, raai A-A1 en B-B1) van respectievelijk ca. 3 en 2,7 km lang. Het beginpunt van beide raaien ligt in de nabijheid van de berekende vijf cm verlaginglijn (figuur 23, gebied binnen de blauwe en rode lijn) en eindigen beide haaks net even in de stuwwal. Langs elke raai zijn op een afstand variërend van respectievelijk ca. 250 tot 700 m, negen (raai A-A1) en zes (raai B-B1) grondboringen gedaan en profielbeschrijvingen gemaakt die vervolgens bodemkundig/bodemfysisch zijn geschematiseerd in respectievelijk negen en zes profielen. De geschematiseerde profielen hebben we op grond van technische redenen afzonderlijk gepresenteerd in een aparte tabel en niet in combinatie met de

dwarsdoorsneden van de maaiveldhoogte en de (freatische) grondwaterstand. De boorlocaties, waar de grondwaterstandsbuizen (AL-buizen) zijn geplaatst, zijn in het veld met een GPS vastgelegd. Voor het bodemfysisch karakteriseren van de onderscheiden bodemhorizonten in de doorsneden is gebruik gemaakt van de coderingen (tabel 2) uit de Staringreeks (Wösten et al., 1987), aangevuld met relevante hydrologisch informatie die bij het beschrijven van de bodemprofielen in het veld is meegenomen. Naast een bodemkundige/bodemfysische schematisering van de bodemprofielen zijn van iedere raai ook twee dwarsdoorsneden (relatief nat en een droog moment) van de maaiveldhoogte en de grondwaterstand ten opzichte van N.A.P. gemaakt.

Tabel 2

Coderingen van de bouwstenen uit de Staringreeks.

Code	Beschrijving
B01	Bovengrond : Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand
B02	Bovengrond : Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B03	Bovengrond : Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B04	Bovengrond : Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
B05	Bovengrond : Grof zand
B06	Bovengrond : Keileem
B07	Bovengrond : Zeer lichte zavel
B08	Bovengrond : Matig lichte zavel
B09	Bovengrond : Zware zavel
B10	Bovengrond : Lichte klei
B11	Bovengrond : Matig zware klei
B12	Bovengrond : Zeer zware klei
B13	Bovengrond : Zandige leem
B14	Bovengrond : Siltige leem
B15	Bovengrond : Venig zand
B16	Bovengrond : Zandig veen en veen
B17	Bovengrond : Venige klei
B18	Bovengrond : Kleilig veen
O01	Ondergrond : Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand
O02	Ondergrond : Zwak lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O03	Ondergrond : Sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O04	Ondergrond : Zeer sterk lemig, zeer fijn tot matig fijn zand
O05	Ondergrond : Grof zand
O06	Ondergrond : Keileem
O07	Ondergrond : Beekleem
O08	Ondergrond : Zeer lichte zavel
O09	Ondergrond : Matig lichte zavel
O10	Ondergrond : Zware zavel
O11	Ondergrond : Lichte klei
O12	Ondergrond : Matig zware klei
O13	Ondergrond : Zeer zware klei
O14	Ondergrond : Zandige leem
O15	Ondergrond : Siltige leem
O16	Ondergrond : Oligotroof veen
O17	Ondergrond : Mesotroof en eutroof veen
O18	Ondergrond : Moerige tussenlaag

Om van iedere raai een dwarsdoorsnede te kunnen maken moeten de boringen bij voorkeur in een rechte lijn genomen worden. Soms is dat niet mogelijk, omdat bijvoorbeeld de vooraf geplande boringen moeilijk in het veld bereikbaar zijn. Hierdoor liggen enkele boringen (buisen) even buiten de raai, zoals de boringen(buisen) AL13 en AL14 in raai B-B1.

Verder hebben we ook niet geboord in de bebouwing, omdat op die locaties de bodem ernstig verstoord kan zijn. Hierdoor liggen de buizen AL7 (figuur 4) en AL15 even buiten raai A-A1. Ook hebben we geen boringen verricht in de buurt van watergangen of greppels, omdat deze invloed kunnen hebben op de freatische grondwaterstand in de grondwaterstandbuisen. Hierdoor liggen de buizen AL1 (raai A-A1) en AL9 en AL11 (raai B-B1) op een iets grotere afstand van de raaien.



Figuur 4

Ligging van buislocatie AL-7 net *buiten de bebouwing van Vasse*.

Het is ook wenselijk dat bij de keuze van de boorlocatie in het boorgat wel freatisch grondwater wordt gemeten. Soms is dat niet mogelijk, omdat de grondwaterstand bij een boorlocatie in de stuwwal te diep zit (bijvoorbeeld AL8 in raai A-A1). Hierdoor hebben we tussen de locaties AL7 en AL8 in raai A-A1 een extra buis (AL15) geplaatst, waardoor we later in staat zijn om de grens tussen stuwwal en overig gebied beter te kunnen begrenzen.

Bij de ligging van de boringen (buisen) is ook rekening gehouden met de invloed van grote hoogteverschillen op korte afstand, die in het algemeen invloed hebben op het verloop van de freatische grondwaterstand. Dit komt o.a. voor bij boorlocatie AL8 in raai A-A1, die op grond hiervan net iets buiten de raai is verlegd.

Voor het maken van een dwarsdoorsnede van de freatische grondwaterstand is het ook van belang dat de grondwaterstanden in de peilbuisen zoveel mogelijk op één moment worden gemeten. Daarom wordt op elke 14^e en 28^e van iedere maand gedurende ca. één jaar van alle geselecteerde stambuisen en door Alterra geplaatste grondwaterstandsbuisen de grondwaterstand gemeten.

Voor het maken van de dwarsdoorsneden wordt een relatief nat en een droog moment tijdens het onderzoek gekozen.

Als er tijdens het boren werd vermoed dat een aangetroffen weerstandbiedende laag mogelijk invloed heeft op de hoogte van de freatische grondwaterstand, dan zijn er twee of meerdere filters geplaatst, waarbij de diepte van één filter reikt tot aan de weerstandbiedende laag (ondiepe buis) en één filter die reikt tot enkele decimeters onder deze laag (diepe buis). Het filter van de diepe buis begint net onder de weerstandbiedende laag. Het boorgat rondom deze buizen is vanaf de onderkant van de weerstandbiedende laag opgevuld met bentonietklei (sterk zwellende klei), waardoor randstroming wordt voorkomen. Als er een verschil in grondwaterstand is gemeten dan is de grondwaterstand die is gemeten in het ondiepste filter als freatische grondwaterstand en in het diepste filter als grondwaterstand in de dwarsdoorsnede meegenomen. Hierbij moet over het bovenstaande nog worden opgemerkt dat een gemeten grondwaterstand in een boorgat die reikt tot onder de weerstandbiedende laag een min of meer gemiddelde grondwaterstand aangeeft en in bepaalde situaties de freatische grondwaterstand boven de weerstandbiedende laag en de grondwaterstand onder de weerstandbiedende laag niet goed weergeeft (Vroon, 2008; Van den Akker, 2009).

De informatie over de hoogte van het maaiveld ten opzichte van N.A.P. die we hebben gebruikt voor het maken van de dwarsdoorsneden is afkomstig van het AHN (vijf meter grid). Via een GIS-bewerking is een koppeling gemaakt tussen de ligging van de boorlocatie en de ligging van het maaiveld ten opzichte van N.A.P. Op deze manier is vervolgens ook de gemeten grondwaterstand in cm-mv. omgezet naar een grondwaterstand ten opzichte van N.A.P.

Verder hebben we van elke raai een korte beschrijving gegeven over de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen in het fluctuatietraject van het freatische grondwater die meer of minder invloed hebben op de hoogte en fluctuatie van de grondwaterstand en de doorwerking van de verlaging vanuit het watervoerende pakket waaruit grondwater wordt gewonnen naar de freatische grondwaterstand.

2.4 Begrenzing stuwwal

De begrenzing van de stuwwal is gebaseerd op grondwaterstanden (metingen in zowel door Alterra geplaatste buizen als in de stambuizen), het AHN (helling), informatie uit eerder uitgevoerd bodemkundig/hydrologisch onderzoek (Makken, 1968; Bannink, 1983; Stoffelsen et al., 1985), de profielopbouw ter plekke van de buislocaties en enkele aanvullende boringen langs de stuwwal. De grens is globaal getrokken daar waar de GVG in combinatie met de grootte van de berekende verlagingen van de grondwaterstand te diep (figuur 5) zit om van invloed te zijn op de gewasgroei (ca. drie tot vier meter).



Figuur 5

Relatief hoog gelegen en droge gronden *even ten oosten van Vasse*.

Hierbij speelt naast de diepte van de grondwaterstand ook de aard en samenstelling van de ondergrond een belangrijke rol. In de buurt van Vasse komt bijvoorbeeld ondiep in het profiel grof rivierzand voor dat door haar slechte capillaire eigenschappen ervoor zorgt dat deze gronden al snel tot de hangwaterprofielen (Van Soesbergen et al. 1986) worden gerekend. Dit houdt in dat door deze slechte capillaire eigenschappen vanuit het grondwater nauwelijks of geen bijdrage aan de vochtvoorziening voor de groei van de gewassen wordt geleverd.

Verder hebben wij het gebied langs de stuwwal globaal begrensd op die locaties waar bodemprofielen voorkomen met één of meerdere weerstandbiedende lagen ondiep in het bodemprofiel. In perioden met een periodiek neerslagoverschot ontstaat in deze bodemprofielen al vrij snel een schijngrondwaterspiegel. Daarentegen zakt de freatische grondwaterstand in deze gronden gedurende langere aaneengesloten droge perioden (zomer) zeer diep weg, waardoor de winning wel invloed heeft op de grondwaterstand, maar als gevolg van een zeer diepe grondwaterstand geen invloed heeft op de groei van de gewassen (ook niet in de onbeïnvloede situatie).

3 Resultaten

3.1 Bodem en grondwatertrappen

De resultaten van de onderscheiden bodemtypen en grondwatertrappen in het onderzoeksgebied zijn opgenomen in aanhangsel 1. Voor een verklaring en beschrijving van de gebruikte coderingen en begrippen wordt verwezen naar het rapport 'Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden; bodemvorming, methoden en begrippen' (Brouwer et al., 1996).

3.2 Rekengegevens: resultaten van de verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens

3.2.1 Bodemfysische gegevens

3.2.1.1 Dikte en aard van de effectieve wortelzone

De toedeling van de effectieve wortelzone per boorlocatie naar één van de zes standaarddikten is gebeurd op basis van de bodemeenheid, verwerkingsgraad en het voorkomen van storende lagen. In het gebied zijn de volgende standaarddikten onderscheiden: 20, 25, 30, 35 en 40 cm (aanhangsel 1).

Op basis van de in paragraaf 2.3.1.2 beschreven relatie, voor het toekennen van een standaardvocht karakteristiek aan de effectieve wortelzone, zijn in dit gebied vier verschillende standaardvocht karakteristieken onderscheiden: A, B, C en D (aanhangsel 1). De gegevens die bij deze vocht karakteristieken horen zijn opgenomen in tabel 3.

Tabel 3

Aan de effectieve wortelzone toegekende standaardvocht karakteristieken met volumefracties vocht bij verschillende pF-waarden.

Nr.	Vocht karakteristiek	TCGB indeling	Volumefractie vocht (%) bij pF													
			0,0	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0	2,3	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,2
3	(II-1-5)	A	43	39	38	36	30	22	17	16	13	11	9	7	6	5
5	(V-1-2)	B	48	42	40	39	34	25	20	19	15	12	8	7	6	5
12	(III-1-5)	C	46	43	42	41	37	30	24	22	18	14	11	9	8	7
15	(I-1-2)	D	59	55	54	53	51	45	35	34	30	24	20	17	15	14

3.2.1.2 Ondergrondtypering

De toedeling van de ondergrondopbouw naar één van de elf TCGB-standaardondergrondtypen heeft geresulteerd in de volgende acht verschillende standaardondergrondtypen: 01, 03, 04, 05, 06, 08, 09 en 010 (tabel 4 en aanhangsel 1). In deze tabel is ook opgenomen uit welke bouwstenen de onderscheiden ondergrondtypen zijn opgebouwd.

Tabel 4

Onderscheiden standaardondergrondtypen volgens de TCGB-indeling.

Tabelcode	Profielopbouw van de ondergrond
01	Homogeen grof zand; kritieke Z= 50 cm (Staringreeks 05)
03	" leemarm zand; kritieke Z= 90 cm (Staringreeks 01)
04	" zwak lemig zand; kritieke Z= 110 cm (Staringreeks 02)
05	" sterk lemig zand; kritieke Z= 130 cm (Rijtema R4)
06	Grof zand vanaf 25 cm beneden de effectieve wortelzone
08	Leemlaag vanaf 25 cm beneden de effectieve wortelzone en doorlopend tot 60 cm beneden de effectieve wortelzone
09	Leemlaag vanaf 60 cm beneden de effectieve wortelzone en doorlopend tot 100 cm beneden de effectieve wortelzone
010	Humeuze laag tot 30 cm beneden de effectieve wortelzone

3.2.2 Hydrologische gegevens van de stambuizen

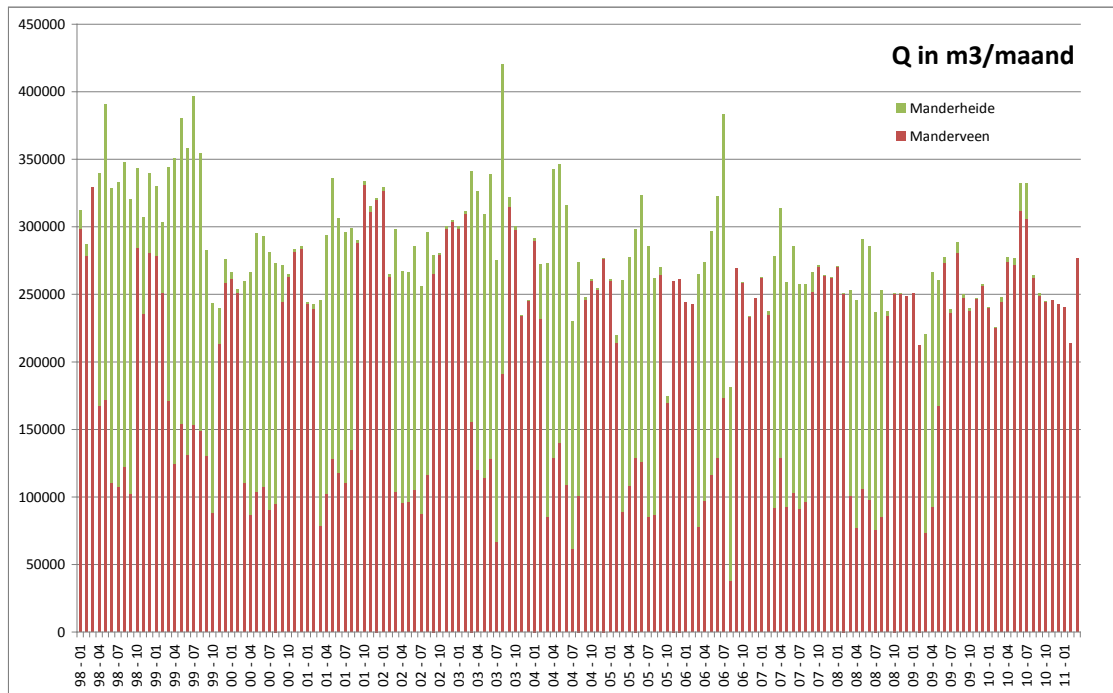
Op basis van de uitgevoerde selectie op een totaal van 135 grondwaterstandsbuizen blijkt, dat er in het landbouwgebied slechts tien stambuizen, B28E0187, B28E0165, B28F0305-x, B28F0239, B28F0140, B28F0301, B28F0359, B28F0241-x, B28F0343-x en B28F0083 van Vitens en overige instanties (figuren 6 en 9) overblijven met voldoende lange continue meetreeksen (ca. 10 jaar), een correcte ligging en niet te diepe filters (begindiepte filter tot maximaal ca. vijf tot zes m-mv.) om een indruk te krijgen van de huidige hydrologische situatie in het gehele onderzoeksgebied. Voor de algemene buisinformatie van deze buizen, zoals ligging, buis- en filterlengte wordt verwezen naar aanhangsel 2.



Figuur 6

Ligging van een geselecteerde stambuis (B28F0241).

Helaas zijn de geselecteerde stambuizen niet regelmatig over het gehele gebied verdeeld en vertegenwoordigen ze niet alle in het gebied voorkomende Gt-klassen (geen 'natte' Gt's, zoals Gt Ia, IIa, IIIa, IIIb, IVu, Va(o,d) en Vb(o,d) en bodems (Makken, 1968; Bannink, 1983 en Stoffelsen et al., 1985) die van invloed kunnen zijn op de hoogte en fluctuatie van het freatische grondwater. Verder wordt opgemerkt dat de hydrologie in het waterwingebied de afgelopen jaren is gewijzigd (voorjaar 2010) door het sluiten van het pompstation Manderheide (figuren 7, 8 en 22). In figuur 7 kunnen we zien dat vanaf 1998 in de herfst- en winterperiode vooral door het pompstation Manderveen (figuur 23) grondwater wordt onttrokken, terwijl in het voorjaar en in de zomer door beide pompstations grondwater wordt gewonnen. Vanaf het voorjaar van 2010 wordt door het pompstation Manderheide nauwelijks grondwater meer onttrokken. Het tekort dat hierdoor ontstaat, wordt vanaf dat moment volledig aangevuld door het pompstation Manderveen. Dit heeft uiteindelijk ook meer of minder invloed op de GXG's van de stambuizen B28F0305-x, B28F0239, B28F0140, B28F0301 en B28F0359 (figuur 9) die door deze veranderde hydrologische situatie niet meer actueel zijn.



Figuur 7

Onttrekkingsgegevens in m³/maand van de pompstations Manderveen en Manderheide (bron Vitens).

In figuur 8 zijn de nieuwe berekende verlaginglijnen van het pompstation Manderveen weergegeven. In deze figuur is te zien dat de stambuizen B28F0305-x, B28F0239 en B28F0140 (figuren 8 en 9) binnen de directe invloedssfeer van het pompstation liggen.

Door wijzigingen in de grondwaterwinningen en het stabiliseren van het hydrologisch systeem als gevolg van deze veranderingen kunnen de gemeten grondwaterstanden in deze buizen tot 1 april 2010 niet worden gebruikt voor de onderbouwing van de GXG-schattingen tijdens het gebiedsdekkende bodemkundig-/hydrologisch onderzoek (fase 2). Van deze buizen worden voor de onderbouwing van de GXG-schattingen alleen de gemeten grondwaterstanden vanaf het voorjaar (1 april) van 2010 tot heden gebruikt.



Figuur 8

Berekende verlaging in cm in nieuwe situatie bij Manderveen, schaal 1:12.500 (bron Vitens).

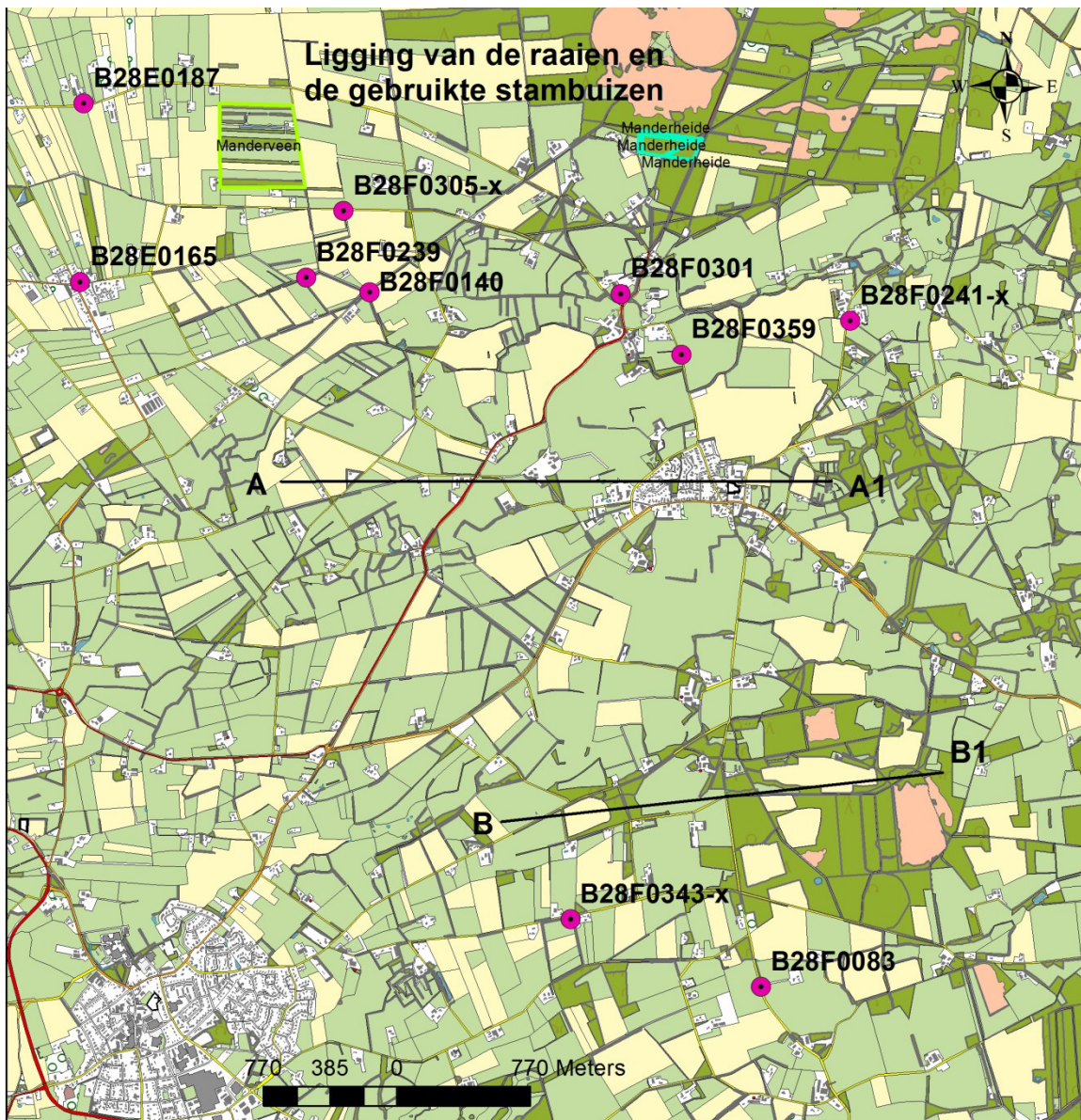
Voor het onderbouwen van de GXG-schattingen in fase 2 moet op grond van het bovenstaande dan ook voornamelijk gekeken worden naar de stambuizen die liggen aan de rand van het invloedsgebied (nabij de berekende 5 cm verlaginglijn (B28E0187, B28E0165, B28F0343 en B28F0083, figuren 9 en 23 (gebied binnen rode en blauwe lijn)) of buizen die op de stuwwal B28F0241 staan. De overige buizen dienen alleen ter indicatie en zijn gebruikt om een indruk te krijgen van de fluctuatie van de freatische grondwaterstand (GLG minus GHG) in het onderzoeksgebied.

Voor het vaststellen van de grootte en omvang van de freatische grondwaterstandsverlagingen door diverse hydrologische ingrepen hebben we ondermeer de absolute waarden van de huidige GXG nodig. De berekende GHG's en GLG's van de stambuizen (voor ligging zie figuur 9) zijn opgenomen in tabel 5.

Hierbij wordt opgemerkt dat een aantal GLG's iets lager zijn dan in tabel 5 staat aangegeven, omdat er binnen de berekeningsperiode enkele momenten geweest zijn waarop er geen water in de buis is gemeten. Door het voorkomen van te veel droge standen in buis B28F0343 hebben we de GLG niet kunnen berekenen. We hebben voor deze buis en ook voor de overige buizen geen tijdreeksanalyse toegepast om de ontbrekende grondwaterstanden te kunnen berekenen, omdat we alleen willen uitgaan van werkelijk gemeten grondwaterstanden. Dit is van belang omdat we een beeld willen krijgen van oorzaken, zoals weerstandbiedende lagen in het fluctuatietraject van het grondwater, winningsinvloeden, faseverschillen, kwel etc., die meer of minder invloed hebben op de hoogte en fluctuatie van de grondwaterstand. In tabel 5 staat daarom geen waarde vermeld. Uit de resultaten (tabel 5) van de berekende GHG- en GLG-waarden van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen blijkt dat de fluctuatie (GLG-GHG) van het grondwater varieert van ca. 35 cm tot meer dan 240 cm (stuwwal). De grootte van de fluctuatie hangt ondermeer af van de waterbeheersing (bijvoorbeeld wel of geen drainage), de ligging van de boring (stuwwal) en het voorkomen van

weerstandbiedende lagen in het fluctuatietraject van het freatische grondwater en kwel (B28E0187). Ook speelt de berging van het bodemprofiel een belangrijke rol in de grootte van de fluctuatie.

In de tabel zijn ook de berekende HG3's en LG3's (periode 31 maart 2010 - 31 maart 2011) van de grondwaterstanden in de stambuizen vermeld na de verandering in de grondwaterwinning door de pompstations Manderveen en Manderheide.



Figuur 9

Ligging van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen (stambuizen) in het waterwingebied Mander.

Voor de periode 31 maart 2011 - 31 maart 2012 hebben we geen HG3's en LG3's kunnen berekenen, omdat het veldonderzoek voor fase 1 half januari 2012 is beëindigd. Voor een berekening van de HG3 en LG3 hebben we namelijk een geheel hydrologisch jaar nodig die voor dit jaar niet wordt bereikt. Om een indruk te krijgen hebben we wel het rekenkundig gemiddelde van de drie hoogste en de drie laagste grondwaterstanden die

gedurende 14-4-2011 tot en met 16-01-2012 zijn gemeten in tabel 4 opgenomen. Opgemerkt wordt dat dit **geen** HG3's en LG3's zijn.

De HG3's en LG3's zijn ondermeer van belang, omdat dit de basisgegevens zijn voor de uiteindelijke berekening van de GHG en GLG. Verder zegt de HG3 en LG3 ook iets over hoe nat of hoe droog een hydrologisch jaar is ten opzichte van de GHG en GLG. Ook kan de HG3 en LG3 worden gebruikt om de dominante en/of sturende invloed van weerstandbiedende lagen, die voorkomen in het fluctuatietraject van het freatische grondwater, op de hoogte en fluctuatie van freatische grondwaterstand te kunnen aantonen en eventueel te kwantificeren. Dit is van groot belang bij de onderbouwing van de GXG-schattingen in fase 1 en fase 2.

Uit de grondwaterstandsgegevens (aanhangsel 3 en figuur 13) blijkt, dat de drie hoogste grondwaterstanden (HG3) allen zijn gemeten in de periode 28-10-2010 tot en met 14-3-2011. Alleen de drie hoogst gemeten grondwaterstanden in buis B28F0140 zijn vanwege het voorkomen van een faseverschil gemeten op andere momenten in het hydrologische jaar (14-4-2010 tot en met 28-4-2010 en 31-1-2011). De drie laagste grondwaterstanden (LG3) zijn daarentegen gemeten in de periode 14-7-2010 tot en met 14-8-2010. Alleen in buis B28F0140 zijn de drie laagste grondwaterstanden gemeten in een iets latere periode, namelijk 28-7-2010 - 28-8-2010. Uit de metingen blijkt ook, dat de periode waarin de drie laagste grondwaterstanden zijn gemeten in het algemeen kleiner en minder verspreid is dan de periode(n) waarin de drie hoogste grondwaterstanden zijn gemeten. Dit komt onder andere door verschil in berging, de eventuele aanwezigheid van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel, de werking van de ont- en afwateringsmiddelen, het reliëf en kwel, waardoor het niveau van de grondwaterstand op zowel lokaal als ook regionaal niveau aanzienlijk verschilt. In de periode waarin de drie laagste grondwaterstanden zijn gemeten is de hydrologische situatie veel stabiel. Veel ont- en afwateringsmiddelen werken niet of minder en hebben daardoor minder invloed op de LG3 en uiteindelijk ook op de GLG. Er is meer berging in het profiel en het effect van weerstandbiedende lagen in het fluctuatietraject van het freatische grondwater is niet of nauwelijks meetbaar.

Op basis van de informatie uit de stambuizen blijkt ook, dat de periode waarin de LG3 is berekend voor alle buizen geheel in de maanden juli en augustus ligt (aanhangsel 3 en figuur 13). In deze periode zijn in buis B28E0187 geen metingen van de grondwaterstand verricht, waardoor voor deze buis geen LG3 kan worden berekend. De HG3 hebben we op basis van de informatie uit de overige stambuizen wel kunnen berekenen, omdat in deze periode ook metingen in deze buis zijn verricht (aanhangsel 3 en tabel 5).

Indien we alleen de buizen in beschouwing nemen die in de buurt van de 5 cm verlagingslijn (figuur 23 gebied binnen de rode en blauwe lijn) en op de stuwwal liggen dan blijkt, dat we te maken hebben met een herfst- en wintersituatie (HG3) die gemiddeld (ca. 10 tot 30 cm) natter was dan de GHG. De zomersituatie (LG3) was echter beduidend droger (enkele decimeters tot meer dan 1 meter (buis op stuwwal vanwege geringe berging)) dan de GLG. Indien we de HG3's en GHG's van de stambuizen B28F0305-x, B28F0239 en B28F0140 in beschouwing nemen, dan blijkt dat de HG3's, als gevolg van een gewijzigd grondwaterregiem, in alle situaties droger (20 tot 31 cm) is ten opzichte van de GHG's (berekend voor de wijziging in de grondwaterwinning). Dit geldt ook voor de LG3's. Deze zijn in alle situaties en in sommige situaties zelfs beduidend droger (meer dan 60 cm) dan de GLG's.

In de periode 14-4-2011 tot en met 16-01-2012 ligt het gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden in de stambuizen die in de buurt van de 5 cm verlagingslijn of op de stuwwal liggen vooralsnog in de buurt van het GHG niveau. Alleen buis B28F0083 wijkt vanwege het faseverschil en het verschil in berging hiervan af. Van de vijf buizen die in de meer directe invloedssfeer van de onttrekkingen liggen, bevindt het gemiddelde van de drie hoogste standen nog ver onder het GHG niveau. Mogelijk wordt een deel gecompenseerd, omdat het merendeel relatief 'droge' buizen (Gt VIII d) betreft met meer berging, waardoor het GHG moment later wordt bereikt. Daarnaast zal een deel ook structureel zijn in verband met de gewijzigde grondwaterwinningen vanaf het voorjaar van 2010. We zien dat het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden zich vooralsnog

begeeft van één tot enkele decimeters boven en onder het GLG niveau tot meer dan 150 cm (B28F0241) eronder. Buis B28F0241 ligt op de stuwwal ligt en heeft vanaf het voorjaar van 2010 zeer diepe en droge standen gehad.

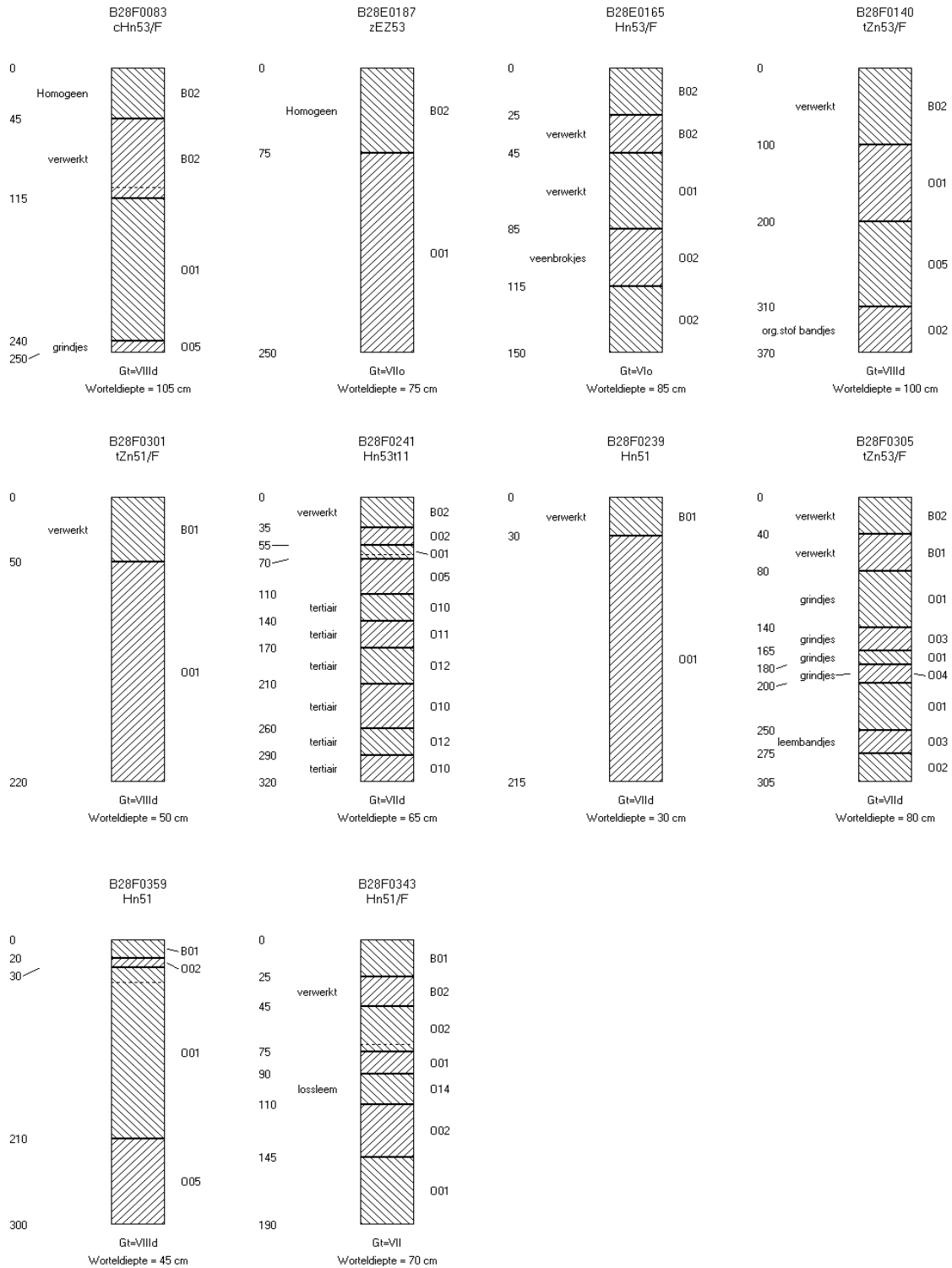
Tabel 5

Berekende GHG's, GLG's, HG3's, LG3's en het gemiddelde van de 3 Hoogste en Laagste 3 grondwaterstanden (periode 14-4-2011-16-01-2012) van de geselecteerde stambuizen en eventueel ondiep bijgeplaatste buizen in het waterwingebied Mander.

Naam	X-coördinaat (m)	Y-coördinaat (m)	Maaiveld cm t.o.v. N.A.P.	GHG (cm-mv.)	GLG (cm-mv.)	Gt	HG3 (31 maart 2010 - 31 maart 2011) (cm-mv.)	LG3 (31 maart 2010 - 31 maart 2011) (cm-mv.)	Gem. 3 Hoogste Grondwaterstanden (31 maart 2011 - 16 januari 2012)(cm-mv.)	Gem. 3 Laagste Grondwaterstanden (31 maart 2011 - 16 januari 2012)(cm-mv.)	OPMERKING
B28E0165	249580	496250	2269	78	141	Vlo	66	> 163	83	159	
B28E0187	249600	497280	2207	91	125	Vllo	72	?	78	120	LG3 niet berekend
B28F0083	253510	492180	3117	167	246	Vllld	161	260	191	243	
B28F0140	251250	496190	2887	180	>275	Vllld	200	285	238	303	GLG iets droger
B28F0239	250885	496275	2728	123	>206	Vlld	143	> 264	172	243	GLG iets droger
B28F0241	254025	496025	5245	87	>322	Vlld	62	> 473	78	>506	GLG droger
B28F0241- Ondiep	254025	496025	5252	?	?	?	71	?	85	droog	GHG, GLG en LG3 niet berekend
B28F0301	252700	496180	3600	171	226	Vllld	144	248	152	219	
B28F0305	251100	496660	2745	110	202	Vlld	141	267	169	235	
B28F0305- Ondiep	251100	496660	2739	altijd droog	Altijd droog	?	altijd droog	altijd droog	Altijd droog	altijd droog	GHG, GLG en LG3 niet berekend
B28F0343	252410	492570	2702	84	?	Vll	69	> 162	85	>162	GLG niet kunnen berekenen
B28F0343- Ondiep	252410	492570	2699	?	?	?	64	?	82	droog	GHG, GLG en LG3 niet berekend
B28F0359	253050	495830	3730	164	239	Vllld	195	293	215	270	

In figuur 10 staan de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen ter plekke van de geselecteerde stambuizen weergegeven. Van zeven stambuizen blijkt, dat het bodemprofiel in het fluctuatietraject van het freatische grondwater is opgebouwd uit matig tot goed doorlatend leemarm (bv. B28F0187) en/of zwak lemig (bv. B28E0165) matig fijn dekzand. Op sommige locaties is ook een zeer goed doorlatende leemarme, matig grove zandlaag aangetroffen (B28F0140 en B28F0359). Voor al deze situaties geldt dat de buizen staan in zogenaamde 'open' profielen. Dit betekent dat in het fluctuatietraject van het freatische grondwater geen weerstandbiedende lagen van betekenis zijn aangetroffen die een dominante of sturende invloed hebben op de hoogte en fluctuatie van het freatische grondwater. Van drie stambuizen

B28F0241-x (figuur 6), B28F0343-x (figuur 11) en B28F0305-x kan worden vermeld, dat de filterstelling ten opzichte van de bodemopbouw voor dit onderzoek (verkennend onderzoek naar de freatische grondwaterstand) niet correct is, omdat het filter namelijk geheel in de weerstandbiedende laag (B28F0241-x) of door de weerstandbiedende laag (B28F0343-x en B28F0305-x) is geplaatst. De begindiepte van deze weerstandbiedende laag (tertiaire klei of lössleem) begint op deze locaties op een diepte van respectievelijk 110, 110 en 140 cm-mv. Als gevolg van deze filterstelling is het mogelijk dat er in deze buizen een grondwaterstand wordt gemeten die niet in overeenstemming is met de freatische grondwaterstand. Om de invloed van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel op de grondwaterstand nader te kunnen onderzoeken zijn op deze locaties extra peilbuizen geplaatst.



Figuur 10

Geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische boorprofielen van de tien geselecteerde stambuizen.

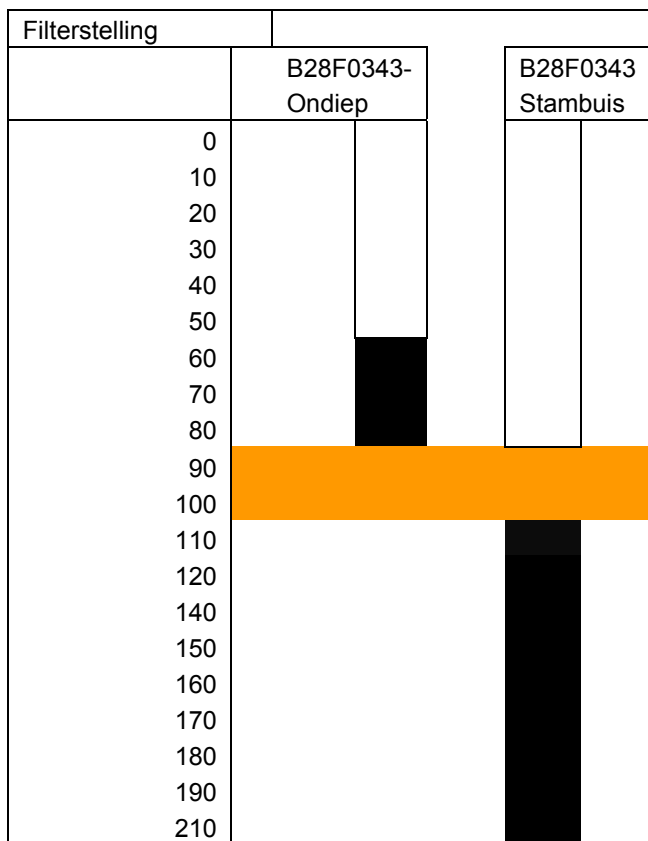
Deze buizen liggen hoogstens tot een halve meter van de stambuis verwijderd. De filterstelling (filterdiepte) is hierbij afgestemd op de weerstandbiedende la(a)g(en) in de bodem.



Figuur 11

Ligging van de stambuis (B28F0305) en de extra geplaatste buis (B28F0305-Ondiep).

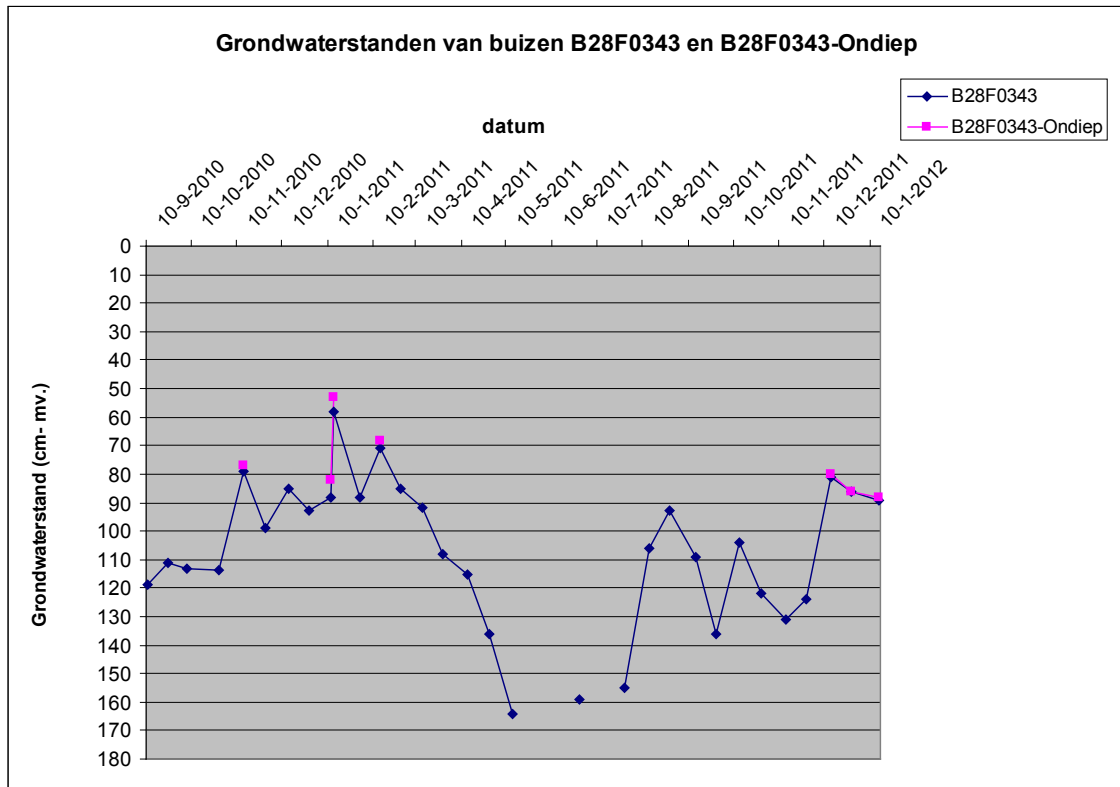
In figuur 12 staat als voorbeeld de filterstelling van de grondwaterstandsbuizen B28F0343 en B28F0343-Ondiep weergegeven. Voor de overige twee buizensets (B28F0241 en B28F0241-Ondiep en B28F0305 en B28F0305-Ondiep) geldt hetzelfde principe en worden daarom niet nader beschouwd. De resultaten van de metingen van de grondwaterstand in de stambuizen en in de bijgeplaatste buizen staan vermeld in aanhangsel 3 en in tabel 5. In de bovengenoemde figuur zijn de filters weergegeven in de vorm van een zwarte kolom. In het bodemprofiel (verwerkte leemarme, matig fijnzandige veldpodzolgrond: Hn51/F) komt een zandige lössleemlaag voor die in figuur met een bruine band is weergegeven. De ondergrond onder de verwerkte bovengrond (ca. 45 cm dik) is tot deze laag opgebouwd uit goed doorlatend, matig fijn, zwak lemig en leemarm dekzand. In de laag net onder de lössleem komt tot een diepte van 210 cm-mv. ook goed doorlatend, zwak lemig en leemarm matig fijn dekzand voor.



Figuur 12

Diepte en lengte van het filter (zwart) van stambuis B28F0343 en de extra geplaatste buis B28F0343-Ondiep en de ligging en dikte van de weerstandbiedende lössleemlaag (oranje) in het bodemprofiel.

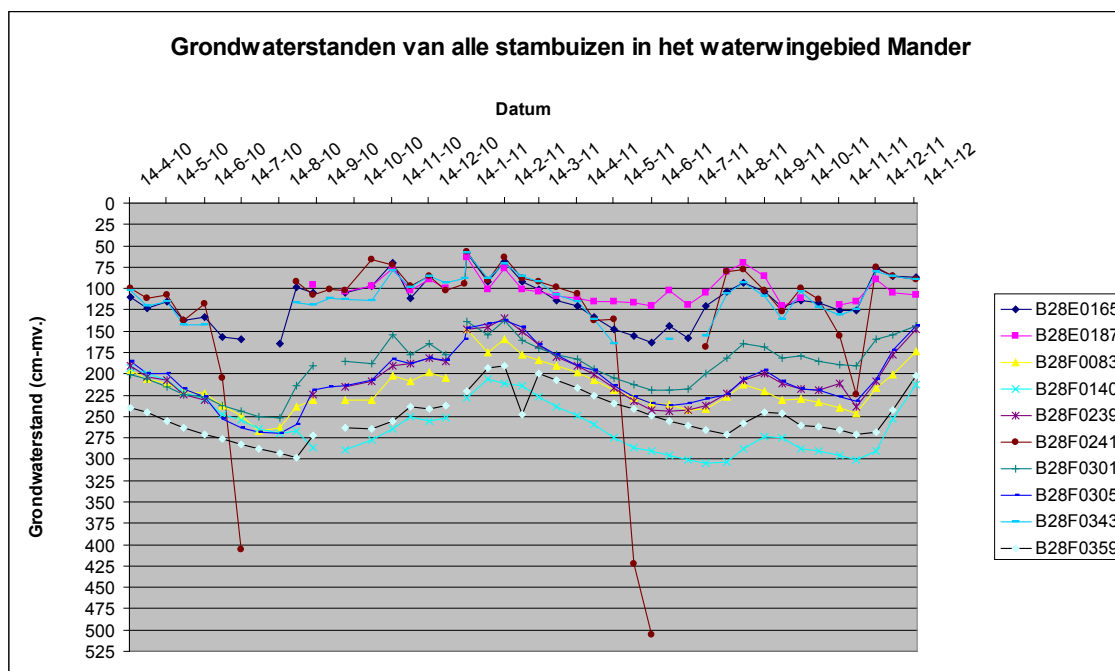
In figuur 13 zijn in een grafiek de meetgegevens van de twee peilbuizen weergegeven. De peilfilters zijn onderling op ca. 50 cm afstand geplaatst (figuur 11). In figuur 13 zijn de geringe verschillen in grondwaterstand (de standen van de ondiepe buis zijn gecorrigeerd naar de maaiveldshoogte van de stambuis) tussen de beide peilbuizen enigszins waarneembaar. De gemeten verschillen in de periode september 2010 tot en met 16 januari 2012 kunnen oplopen tot ongeveer 6 cm. Het diepste peilfilter geeft de diepste grondwaterstand. In drogere perioden valt de ondiepe buis snel droog, waardoor er geen verschil kan worden gemeten. Dit betekent dat het effect van de zandige leemlaag op de hoogte en fluctuatie van het freatische grondwater tijdens nattere perioden op deze locatie gering is. Tijdens de relatief droge periode vanaf mei tot en met juli 2011 valt meestal ook het diepste filter droog. In de grafiek is dit in de vorm van een onderbroken lijn weergegeven.



Figuur 13

Tijdstijghoogtegrafiek van de grondwaterstanden in stambuis B28F0343 en in de door Alterra geplaatste buis B28F0343-Ondiep.

Uit de metingen blijkt (aanhangel 3) verder dat de aangetroffen weerstandbiedende lagen in het fluctuatietraject van het grondwater op de andere buislocaties (B28F0241 en B28F0305) gedurende de meetperiode ook weinig of geen invloed hebben op de hoogte en de fluctuatie van de freatische grondwaterstand in de buizen. Ook hier bedragen de verschillen tussen het ondiep geplaatste filter en de stambuis hooguit enkele centimeters. Dit betekent natuurlijk ook dat de HG3's (tabel 5) van beide buizen in dit jaar nauwelijks van elkaar afwijken. Het verschil bedraagt dan ook slechts 2 cm (na correctie hoogte van het maaiveld). Dit betekent ook dat op basis van deze informatie de bovengenoemde buizen in fase 2 gebruikt kunnen worden voor het onderbouwen van de GXG schattingen. Dit kan ook worden onderbouwd aan de hand van de gemeten grondwaterstanden in meer extreme weersituaties. In de meetperiode vanaf september 2010 tot en met 16 januari 2012 zijn er zowel (zeer)natte meetmomenten als ook (zeer)droge meetmomenten geweest (ten opzichte van de berekende GHG's en GLG's) waarop we het effect van de weerstandbiedende lagen op de hoogte en fluctuatie van de freatische grondwaterstand hebben kunnen waarnemen. Bij de bovengenoemde buizen was de sturende invloed van deze lagen op de freatische grondwaterstand echter nihil, waardoor we mogen aannemen dat de freatische grondwaterstand in deze stambuizen in de meeste situaties correct wordt weergegeven.



Figuur 14

Tijdstijghoogtegrafiek van de gemeten grondwaterstanden in cm t.o.v. mv. in alle 10 stambuizen vanaf 1 april 2010 tot en met 16 januari 2012.

In figuur 14 staan in een tijdstijghoogtegrafiek alle gemeten grondwaterstanden (aanhangel 3) in de tien stambuizen weergegeven vanaf 14 april 2010 tot en met 16 januari 2012. Tijdens droge perioden vallen sommige buizen droog. Verder is er als gevolg van diverse omstandigheden een enkele maal in sommige buizen niet gemeten (aanhangel 3). In de grafiek is dit in de vorm van een onderbroken lijn weergegeven. Uit de grafiek blijkt ook de enorme fluctuatie van de freatische grondwaterstand in de stuwwal (buis B28F0241). Het filter staat volledig in de tertiaire klei. Dit materiaal is slecht doorlatend en heeft een geringe waterberging, waardoor de grondwaterstand in natte perioden (bv. winter) stagneert en in droge perioden (vooral zomer) diep wegzakt. Uit de figuur blijkt ook, dat de grondwaterstanden van de relatief 'droge' buizen (Gt VIII d, bv. buis B28F0140) trager reageren op het neerslagoverschot dan de grondwaterstanden in de relatief 'natte' buizen (Gt Vlo en VII), zoals buis B28E0165. Dit blijkt vooral in de relatief natte juli en augustus maanden van 2011, waardoor als gevolg van aanzienlijke hoeveelheden neerslag de freatische grondwaterstand in de relatief 'natte' buizen snel stijgt, terwijl de grondwaterstand in de relatief 'droge' buizen (Gt VIII d) zelfs in deze periode dalende is. Uit de figuur blijkt ook dat het verloop van de grondwaterstanden in de 'droge' buizen (Gt VIII d) redelijk identiek aan elkaar zijn. Alleen buis B28F0140 ijlt soms nog wat langer na. Dit verloop geldt, met uitzondering van de buis op de stuwwal, ook voor de grondwaterstanden in de relatief 'natte' buizen (Gt Vlo, Vll o en Vll d).

Buis B28E0187 (figuur 9 en tabel 5) ligt in een gebied met veel kwel (Makken, 1968; Bannink, 1983 en Stoffelsen et al., 1985) dat afkomstig is van de stuwwal. De buis ligt op enkele meters van een ondiepe, smalle, nauwelijks watervoerende sloot die alleen tijdens natte perioden een enigszins drainerende werking heeft en afvoert. Hierdoor zal de 'kop' van de GHG iets zijn afgevlakt. Dit blijkt ook uit de fluctuatie (GLG-GHG) van de freatische grondwaterstand die op deze locatie slechts 34 cm bedraagt. De bodemopbouw ter plekke van deze buis bestaat in het gehele fluctuatietraject uit leemarm, matig fijn, goed doorlatend dekzand. De kwel op deze locatie is, vanwege het ontbreken van moedermateriaal met een grote berging, zoals grofzand, aanzienlijk. Dit blijkt ook uit de metingen tijdens langdurig droge perioden (bv. maanden april en mei

2011(aanhangsel 3)). De freatische grondwaterstand daalt op deze locatie tijdens deze langdurige droge periode slechts langzaam (zelfs niet tot onder het GLG niveau) en vlakt op een zeker moment zelfs af (figuur 14), terwijl de freatische grondwaterstand in de overige buizen juist fors daalt.

3.2.3 Hydrologische gegevens van de peilbuizen (AL-buizen) langs de raaien

Voor het onderbouwen van de GXG schattingen in het onderzoeksgebied (fase 1 en 2) is niet alleen de grondwaterstandinformatie van de stambuizen van belang, maar ook de informatie van de grondwaterstanden die zijn gemeten in de buizen (AL-buizen) die liggen langs de raaien A-A1 en B-B1 (figuur 2). Van de AL-buizen hebben we echter geen GXG kunnen berekenen, omdat de meetperiode hiervoor te kort is. We hebben de GXG van deze buizen dan ook geschat aan de hand van profielkenmerken, gemeten grondwaterstanden in deze buizen en de informatie van de stambuizen. De geschatte GHG's en GLG's van de AL-buizen staan in tabel 6 vermeld. Voor de grondwaterstanden en algemene buisinformatie, zoals ligging, buis- en filterlengte wordt verwezen naar de aanhangsels 2 en 3. Op sommige locaties, zoals bij AL8 en AL13, is geen GXG geschat omdat het niveau van zowel de GHG als ook de GLG (veel) dieper dan het boorbereik ligt. We hebben hier gedurende de meetperiode geen freatisch grondwater in de buizen gemeten. Om toch een indruk te krijgen over het niveau van het grondwater hebben we op deze locaties wel een grondwatertrap geschat. In de tabel staan ook een aantal ondiepe filters die tijdens periodiek droge perioden droogvallen. Op die locaties is geen GLG schatting verricht.

Uit de resultaten (tabel 6) van de geschatte GHG- en GLG- waarden blijkt, dat de fluctuatie (GLG-GHG) van het grondwater varieert van ca. 35 cm tot meer dan 150 cm (stuwwal, AL11-Diep). Verder zijn in een aantal buizen ook schijngrondwaterspiegels (AL6, AL11 en AL12, aanhangsel 3) gemeten. We geven dit aan met een 's' vóór de Gt. De fluctuatie van het grondwater is in de nabijheid van de stuwwal niet groot (ca. 35 á 50 cm), omdat de ondergrond (AL7, AL14 en AL15) in het fluctuatietraject op deze locaties is opgebouwd uit leemarm, matig grof zand met grindbijmenging (figuur 15). Dit materiaal heeft een zeer grote berging, een zeer goede verticale verzadigde doorlatendheid en zeer slechte capillaire eigenschappen, waardoor uiteindelijk de fluctuatie van het grondwater niet groot is en de gewassen voor de vochtvoorziening al snel geheel afhankelijk zijn van de hoeveelheid vocht in de wortelzone (hangwaterprofiel). Buis AL14 ligt op de stuwwal in een soort retentiebekken. De ondergrond is ook hier opgebouwd uit leemarm, matig grof zand. De fluctuatie van het freatische grondwater is niet groot (ca. 45 cm). We hebben op deze locatie tot een diepte van 128 cm-mv. geen weerstandbiedende lagen aangetroffen. Op basis van de ligging van de locatie (op de stuwwal onder een helling) en opbouw van het bodemprofiel (zeer goed doorlatend, leemarm, matig grof zand) in het fluctuatietraject van het freatische grondwater bestaat dan ook het vermoeden, dat in de ondergrond even onder de boordiepte een weerstandbiedende laag aanwezig is, die het uitzakken van de grondwaterstand (aanzienlijk) belemmerd.

De hoogte en grootte van de fluctuatie van het freatische grondwater in de buizen AL1 tot en met AL15 hangt ondermeer af van de waterbeheersing (bijv. wel of geen drainage), de ligging van de boring (stuwwal versus overig gebied) en het voorkomen van weerstandbiedende lagen in het fluctuatietraject van het freatische grondwater (figuur 15, bv. locatie AL4). Ook speelt de berging (leemarm, grof zand) van het bodemprofiel een belangrijke rol in de grootte van de fluctuatie (figuur 15, bv. locatie AL7). Alle AL-buizen zijn geplaatst in een gebied met meer of minder wegzijging. De ondergrond op de locaties van de buizen, die niet in de nabijheid van de stuwwal zijn gelegen, is vaak opgebouwd uit leemarm, matig fijn dekzand met matige capillaire eigenschappen (figuur 14, locaties AL1, AL2, AL5 en AL9). Deze gronden zijn, vooral wanneer we te maken hebben met jonge ontginninggronden (dikte bouwvoor = < 30), droogtegevoelig. Tijdens periodiek droge perioden treden hier al snel vochttekorten aan de gewassen op.

Tabel 6

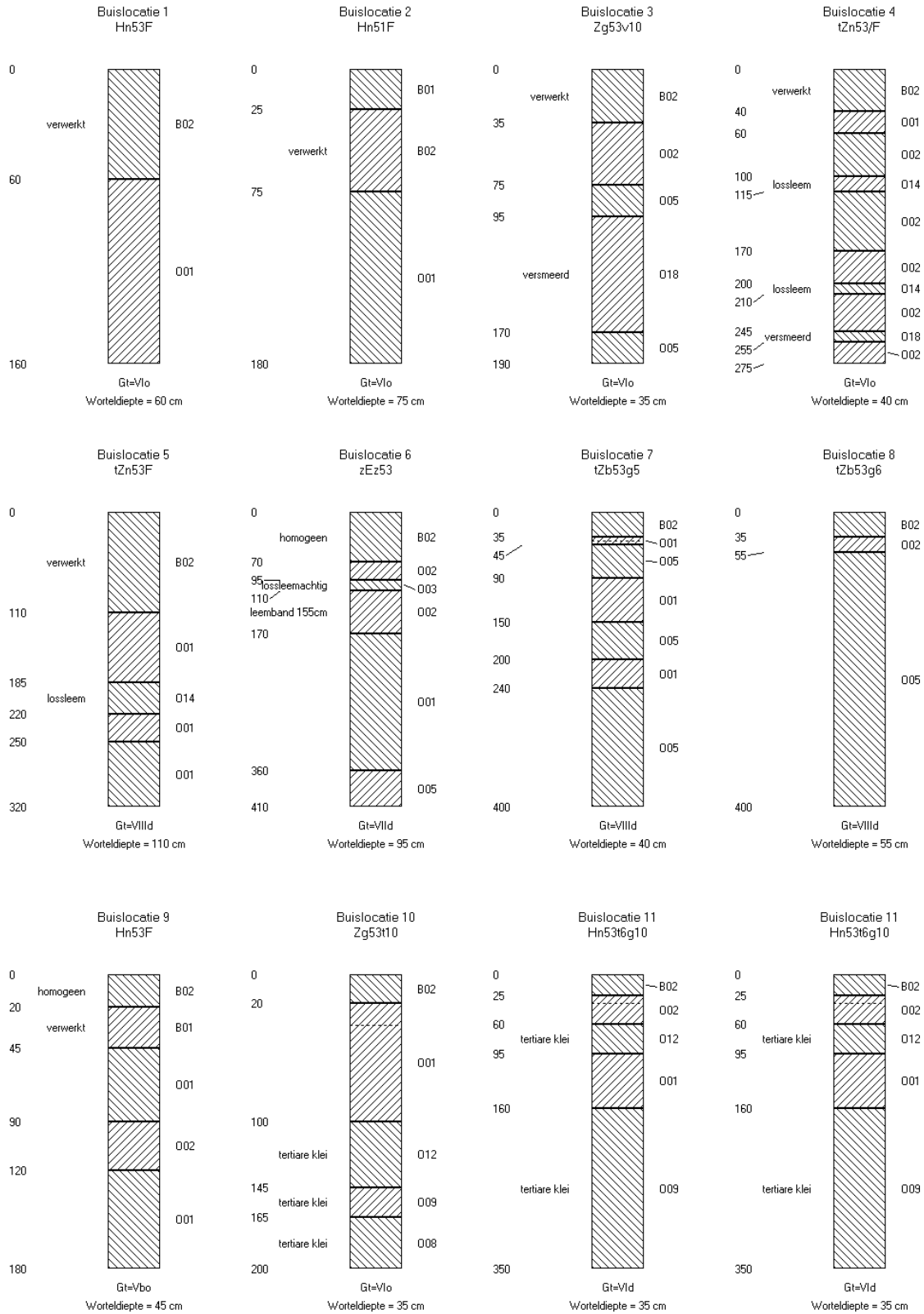
Geschatte GHG's, GLG's en berekende HG3's en LG3's van de AL-buizen in het waterwingebied Mander.

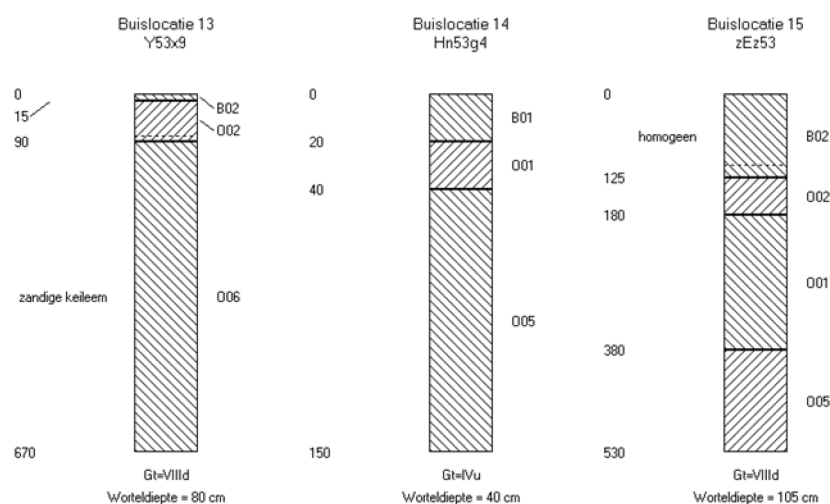
Naam	M.V. t.o.v. N.A.P.	Geschatte GHG (cm-mv.)	Geschatte GLG (cm-mv.)	Geschatte Gt	HG3 (31 maart 2010 - 31 maart 2011) (cm-mv.)	Gem. 3 Hoogste Grond- water- standen (31 maart 2011 - 16 januari 2012) (cm-mv.)	Gem. 3 Laagste Grond- water- standen (31 maart 2011 - 16 januari 2012) (cm-mv.)	Op- mer- king
AL1	2577	50	140	Vio	21	54	>155	Buis verdie pt
AL2	2737	50	150	Vio	20	54	>168	Buis verdie pt
AL3-Ondiep	2812	50	dr	Vio	22	60	dr	
AL3-Diep	2812	65	155	Vio	37	65	166	
AL4-1	2916	75	170	Vio	53	94	178	
AL4-2	2916	85	170	Vllo	67	102	180	
AL4-3	2916	70	165	Vio	49	86	176	
AL4-4	2916	65	?	Vio	43	86	dr	
AL4-5	2916	60	?	Vio	38	71	dr	
AL5-Ondiep	3053	?	?	Vllld	dr	dr	dr	
AL5-Diep	3053	205	265	Vllld	191	223	286	
AL6-Ondiep	3226	130	?	sVlld	81 (gem. 1 stand, geen HG3)	151 (gem. 2 standen)	dr	
AL6-Diep	3226	305	350	Vllld	295	323	359	
AL7	3548	240	280	Vllld	224	238	291	
AL8	4538	?	?	Vllld	dr	dr	dr	
AL9	2699	30	130	Vbo	6	48	>149	Buis verdie pt
AL10-Ondiep	3040	60	?	Vio	39	69	dr	
AL10-Diep	3040	60	150	Vio	38	68	170	
AL11-Ondiep	3351	65	?	sVld	50 (gem. 2 standen, geen HG3)	67 (gem. 1 stand)	dr	
AL11-Diep	3351	145	300	Vllld	131	155	>327	
AL12-Ondiep	3374	40	?	sVbd	30	49 (gem. 2 standen)	dr	
AL12-Diep	3374	485	520	Vllld	477	484	536	
AL13	4137	?	?	Vllld	dr	dr	dr	
AL14	4668	60	105	IVu	54	65	>128	
AL15	3778	455	490	Vllld	447	472	511	

Uit de resultaten van de grondwaterstanden (aanhangel 3) blijkt, dat de invloed van de weerstandbiedende lagen op de hoogte en fluctuatie van het freatische grondwater soms aanzienlijk kan zijn. Gedurende het veldbodembkundig onderzoek zijn er, als gevolg van weerstandbiedende lagen (veelal lössleem of keileem) in het bodemprofiel, op een aantal locaties schijngrondwaterspiegels (bijvoorbeeld AL6 en AL12) gemeten. Als deze lagen dieper in het profiel zijn aangetroffen zijn er soms ook stijghoogteverschillen (bijvoorbeeld AL4)

gemeten. Onder stijghoogte wordt verstaan 'het potentiaal van het water, uitgedrukt als energiehoogte-equivalent (m). Bij het gebruik van de stijghoogte dient een referentieniveau gekozen te worden en worden andere deelpotentiaal vaak verwaarloosd.' Deze weerstandbiedende lagen hebben in een gebied met een verlaging van de grondwaterstand, als gevolg van bijvoorbeeld een waterwinning, ook invloed op de doorwerking van de verlaging van de grondwaterstand (geringer) vanuit het eerste watervoerende pakket naar de freatische grondwaterstand in de winter, in het vroege voorjaar en in de zomer. Hierdoor zal in een aantal situaties de grondwaterstandsverlaging in de zomer (GLG) groter zijn dan in de winter (GHG) en in het vroege voorjaar (GVG).

In figuur 15 staan de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen ter plekke van de geselecteerde stambuizen weergegeven. Op buislocaties AL3-x, AL4-x, AL5-x, AL6-x, AL10-x, AL11-x en AL12-x (figuur 2) is in het fluctuatietraject van het freatische grondwater één of meerdere weerstandbiedende la(a)g(en) in de vorm van gliedeachtig veen, lössleem, keileem en/of tertiaire klei aangetroffen. De begindiepte van deze weerstandbiedende la(a)g(en), begint op deze locaties op een diepte van respectievelijk 95, 100, 185, 95, 100, 60 en 70 cm-mv. Om het effect van deze weerstandbiedende lagen op de grondwaterstand met metingen te kunnen aantonen, zijn op deze locaties buizen geplaatst met het filter tot vlak boven de weerstandbiedende laag en door de weerstandbiedende laag heen. In figuur 16 staat als voorbeeld de filterstelling van de grondwaterstandsbuizen AL4-1, AL4-2, AL4-3, AL4-4 en AL4-5 weergegeven. Voor de overige zes buizensets (AL3-x, AL5-x, AL6-x, AL10-x en AL11-x en AL12-x) geldt hetzelfde principe en worden daarom niet nader beschouwd. In de figuur zijn de filters weergegeven in de vorm van een zwarte kolom. In het bodemprofiel (verwerkte, zwak lemig, matig fijnzandige gooreerdgrond: tZn53/F) komen twee lössleemlagen voor op een begindiepte van 100 en 200 cm-mv. Deze lagen zijn respectievelijk 20 en 10 cm dik. Op een diepte van 245 cm-mv. komt een 10 cm dikke, dichte veenlaag voor. In de figuur zijn de weerstandbiedende lagen met een bruine band weergegeven.

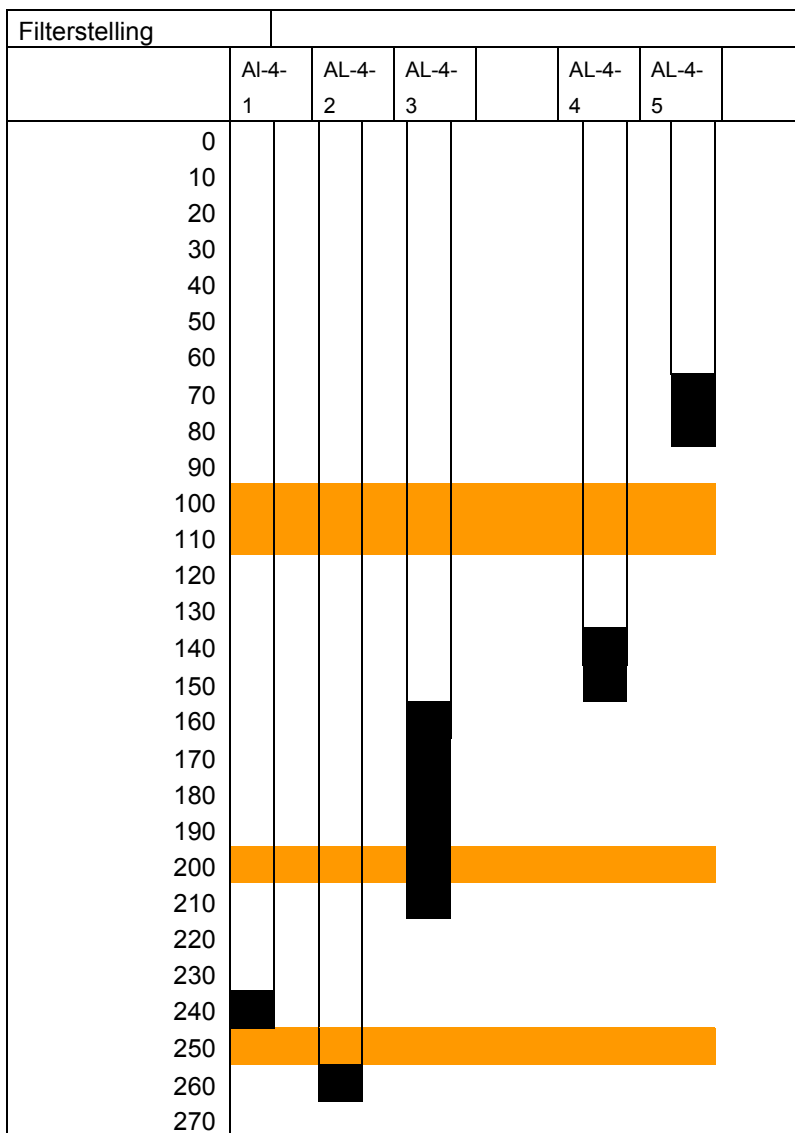




Figuur 15

Geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische boorprofielen van de door Alterra geplaatste grondwaterstandsbuizen (AI-buizen) langs de raaien A-A1 en B-B1. De Gt's van de buizen AL6, AL11 en AL12 hebben een schijfgrondwaterspiegel.

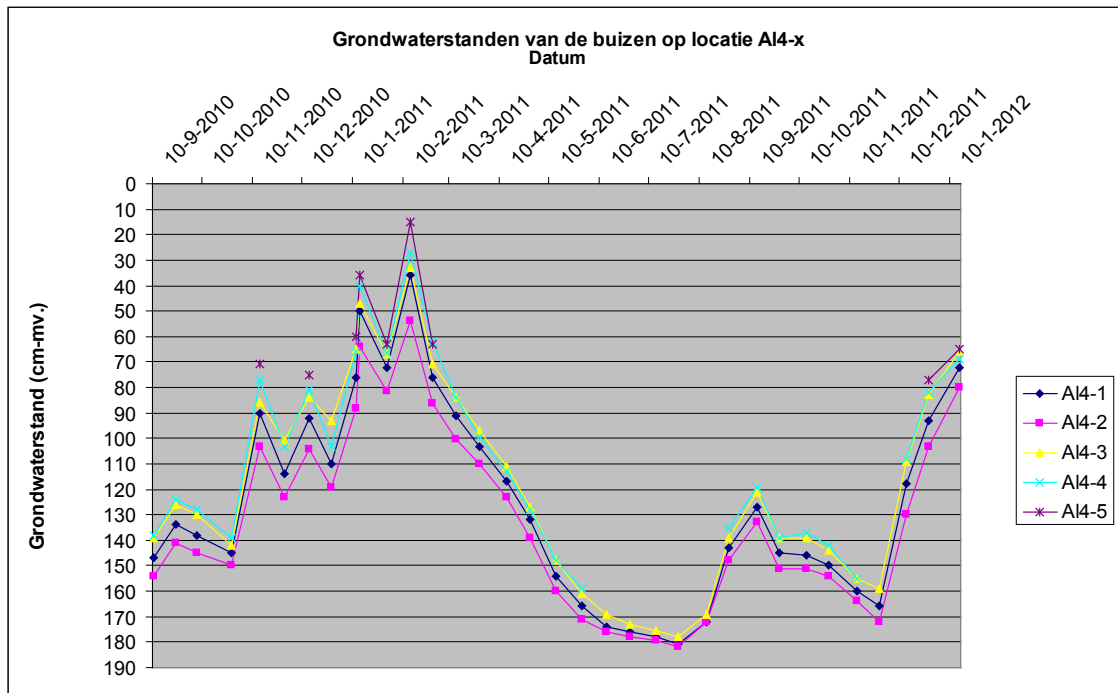
In figuur 15 staan de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen ter plekke van de geselecteerde stambuizen weergegeven. Op buislocaties AL3-x, AL4-x, AL5-x, AL6-x, AL10-x, AL11-x en AL12-x (figuur 2) is in het fluctuatietraject van het freatische grondwater één of meerdere weerstandbiedende la(a)g(en) in de vorm van gliedechtig veen, lössleem, keileem en/of tertiaire klei aangetroffen. De begindiepte van deze weerstandbiedende la(a)g(en), begint op deze locaties op een diepte van respectievelijk 95, 100, 185, 95, 100, 60 en 70 cm-mv. Om het effect van deze weerstandbiedende lagen op de grondwaterstand met metingen te kunnen aantonen, zijn op deze locaties buizen geplaatst met het filter tot vlak boven de weerstandbiedende laag en door de weerstandbiedende laag heen. In figuur 16 staat als voorbeeld de filterstelling van de grondwaterstandsbuizen AL4-1, AL4-2, AL4-3, AL4-4 en AL4-5 weergegeven. Voor de overige zes buizensets (AI3-x, AL5-x, AL6-x, AL10-x en AL11-x en AL12-x) geldt hetzelfde principe en worden daarom niet nader beschouwd. In de figuur zijn de filters weergegeven in de vorm van een zwarte kolom. In het bodemprofiel (verwerkte, zwak lemig, matig fijnzandige gooreerdgrond: tZn53/F) komen twee lössleemlagen voor op een begindiepte van 100 en 200 cm-mv. Deze lagen zijn respectievelijk 20 en 10 cm dik. Op een diepte van 245 cm-mv. komt een 10 cm dikke, dichte veenlaag voor. In de figuur zijn de weerstandbiedende lagen met een bruine band weergegeven.



Figuur 16

Diepte en lengte van de filters (zwart) van de buizen op locatie AL4-x en de ligging en dikte van weerstandbiedende lagen (oranje) in het bodemprofiel.

In figuur 17 zijn de meetgegevens van de peilbuizen weergegeven. De peilfilters zijn onderling op ca. één meter afstand geplaatst. In de figuur zijn de verschillen in grondwaterstand tussen de vijf peilbuizen duidelijk waarneembaar. De gemeten verschillen tussen het ondiepste (AL4-5) en diepste filter (AL4-2) kunnen oplopen tot ca. 40 cm. Het diepste peilfilter heeft in de gemeten periode altijd de diepste grondwaterstand. De ondiepst geplaatste grondwaterstandsbuis (AL4-5, ca. 87 cm-mv.) heeft alleen in nattere perioden water. Tijdens drogere periode valt deze buis vrij snel droog. Als we het moment van de drie hoogste grondwaterstanden in bovengenoemde filters vanaf 14-04-2011 tot en met 16-01-2012 nader beschouwen (aanhangsel 3), dan zien we dat het moment wanneer dit wordt bereikt niet altijd gelijk is. In de filters AL4-1 en AL4-2 wordt één van de drie hoogste grondwaterstanden bereikt op 14-4-2011, terwijl dit in de overige filters (AL4-3 en AL4-4) pas plaatsvindt op 14-12-2012. Het filter AL4-5 stond op beide momenten droog.



Figuur 17

Tijdstijhoogtegrafiek van de grondwaterstanden in de buizen AL4-1, t/m 5 op locatie AL4-x (figuur 2.)

Het filter van AL4-3 is geplaatst met de bovenkant boven en de onderkant net door de 2^{de} lössleemlaag geeft, zoals verwacht, een gemiddelde stijghoogte weer tussen de filters AL4-1 en AL4-4.

Er dient ten aanzien van het bovenstaande nog te worden opgemerkt, dat het gebruik van een totaal geperforeerd filter een min of meer gemiddelde grondwaterstand wordt weergegeven en in deze situatie de grondwaterstand van zowel onder de lössleemlaag als ook boven deze laag niet goed weergeeft.

Uit figuur 17 blijkt ook dat de gemeten verschillen in grondwaterstand tussen de filters soms langdurig voorkomen. Uit een statistische analyse (two sample nonparametric test, de Wilcoxon two matched-pairs test) van de gemeten grondwaterstanden in de buizen blijkt (tabel 7), dat de grondwaterstanden in de meeste buizen significant (tweezijdig bij een overschrijdingskans van 5%) van elkaar verschillen. Uit de analyse blijkt ook dat de gemeten grondwaterstanden in de buizen AL4-3 en AL4-4 onderling niet significant (probability = 0,065) van elkaar verschillen. Ook de buizen AL4-4 en AL4-5 zijn onderling significant verschillend (probability = 0,008). Er dient hierbij wel te worden opgemerkt, dat in buis AL4-5 in de periode september 2010 tot en met januari 2012, van de 34 opnames, slechts negen maal een grondwaterstand is gemeten. Tijdens de overige opnames stond er geen water in de buis.

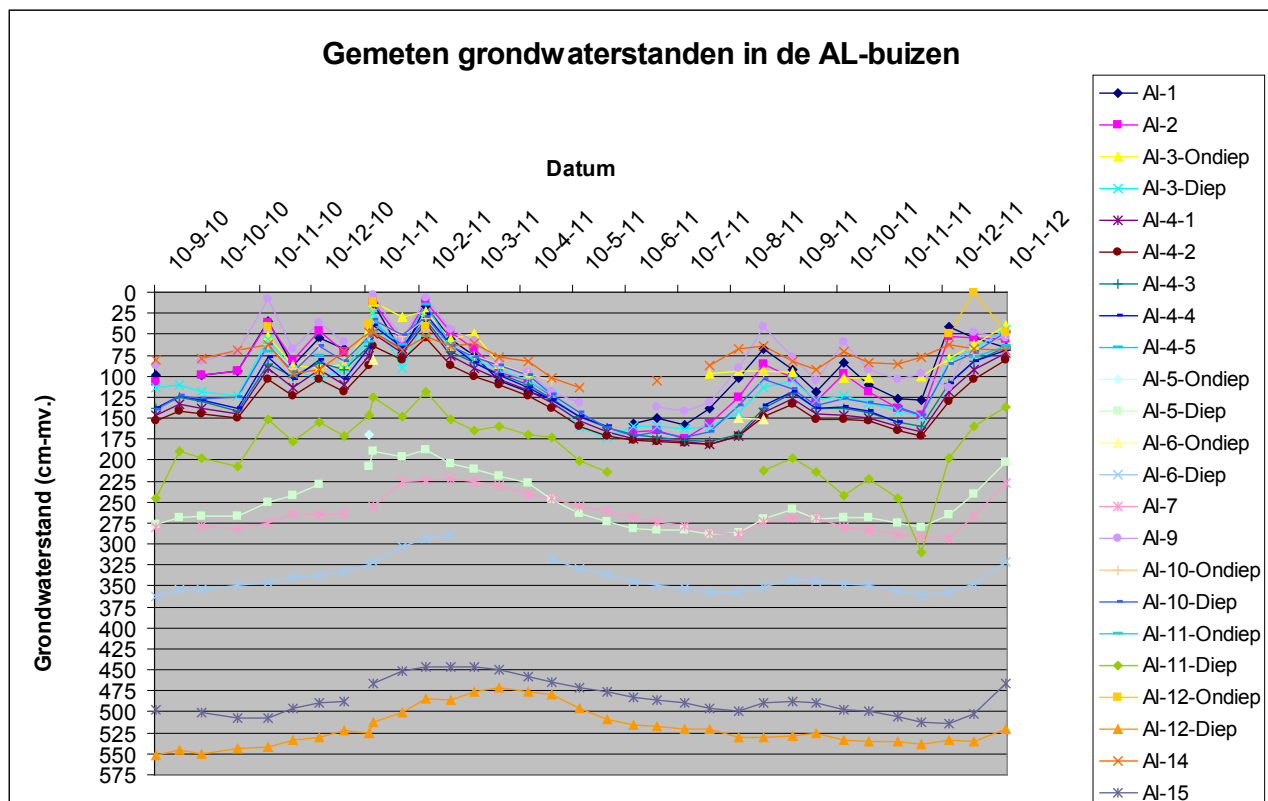
Tabel 7

Resultaten van een statistische analyse tussen de buizen AL4-1 tot en met 5.

Buisnr. (aantal waarnemingen)	AL4-1 (n=34)	AL4-2 (n=34)	AL4-3 (n=34)	AL4-4 (n=28)	AL4-5 (n=9)
AL4-1 (n=34)					
AL4-2 (n=34)	<0,001				
AL4-3 (n=34)	<0,001	<0,001			
AL4-4 (n=28)	<0,001	<0,001	0,065		
AL4-5 (n=9)	0,004	0,004	0,004	0,008	

Uit deze analyse volgt dat als gevolg van het voorkomen van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel de filterstelling in bovengenoemde situatie een duidelijke invloed heeft op de hoogte en fluctuatie van de freatische grondwaterstanden en het moment waarop de hoogste grondwaterstanden worden bereikt. Dit houdt in, dat men bij het schatten van de GXG en het meten van grondwaterstanden (fase 1 en 2) rekening dient te houden met het voorkomen van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel.

In het onderzoeksgebied zijn niet alleen weerstandbiedende lagen in de vorm van lösslemlagen aangetroffen, uit metingen is gebleken dat bv. keileem en/of tertiaire klei meer of minder effect heeft op de hoogte en fluctuatie van de freatische grondwaterstand en het moment waarop de hoogste en laagste standen worden bereikt (aanhangel 1; AL3-x, AL5-x, AL6-x, AL10-x (op deze locatie zijn de momenten waarop de drie hoogste grondwaterstanden in beide buizen optreden wel gelijk), AL11-x en AL12-x). Hiermee dient tijdens het veldbodemkundig onderzoek in fase 2 voor het schatten van de GXG rekening te worden gehouden.



Figuur 18

Tijdstijghoogtegrafiek van de gemeten grondwaterstanden in cm t.o.v. mv. in de AL-buizen vanaf 10 september 2010 tot en met 16 januari 2012.

In figuur 18 staan in een tijdstijghoogtegrafiek alle gemeten grondwaterstanden (aanhangel 3) in de AL-buizen weergegeven vanaf 10 september 2010 tot en met 16 januari 2012. Tijdens drogere periode vallen sommige buizen tijdelijk droog. Ook is er, als gevolg van diverse omstandigheden, in sommige buizen een enkele maal niet gemeten en zijn enkele buizen vanwege het droogvallen verdiept (aanhangel 3). In de grafiek is dit in de vorm van een onderbroken lijn of een markering weergegeven. Uit de grafiek blijkt de geringe fluctuatie en het 'trage' verloop van de grondwaterstand in de buizen AL12-Diep en AL15. Beide buizen liggen op de flank van de stuwwal en hebben, in het fluctuatietraject van het grondwater, een ondergrond die voornamelijk is opgebouwd uit materiaal met een grote tot zeer grote berging (grof zand en verweerde, zandige keileem met een aanzienlijke bijmenging van grind). In de grafiek zien we dat in buis AL15 gedurende de maanden februari en maart 2011 al snel een faseverschil ontstaat van tenminste een maand ten opzichte van de 'ondiepe' buizen (bv. Gt Vbo en Vlo, AL1 en AL9). Dit geldt nog meer voor de grondwaterstand die is gemeten in buis

AL12-Diep. De trend van het verloop van het grondwater is vanaf juli tot en met eind augustus alleen maar dalende, terwijl in alle andere buizen vanaf juli 2011, na een periode met een aanzienlijk neerslagoverschot, een continue stijging van het grondwater wordt gemeten. Alle 'natte' buizen (Gt IVu, Vbo en Vlo) reageren snel op perioden waarin neerslagoverschot en neerslagtekort elkaar afwisselen (oktober-november 2010 en juni-augustus 2011). Dit wordt veroorzaakt door het verschil in berging van het grondwater (lager in verband met relatief natte grondwaterstanden al dan niet in combinatie met het voorkomen van weerstandbiedende lagen en de werking van het ont- en afwateringssysteem) in het bodemprofiel ten opzichte van de 'diepe' buizen (Gt VIII d, meer berging in verband met relatief diepere grondwaterstanden). Dit wordt nog verstrekt wanneer de ondergrond bestaat uit leemarm, grof zand met grindbijnemenging, zoals de meeste 'diepe' buizen hebben langs of op de stuwwal. Uit de figuur blijkt ook dat het verloop van de grondwaterstanden in de 'natte' buizen (Gt IVu, Vbo en Vlo) redelijk identiek aan elkaar zijn. Dit geldt in het algemeen ook voor de grondwaterstanden in de 'diepe' buizen met Gt VIII d. Alleen buis AL11-Diep vertoont een piekerig (september 2010 - februari 2011) verloop en kan op sommige momenten diep (juni-juli 2011) uitzakken. Het diepe filter staat volledig in de tertiaire klei. Dit materiaal is slecht doorlatend en heeft een geringe waterberging, waardoor de grondwaterstand in periodieke natte perioden (bv. winter) stagneert en in droge perioden diep wegzakt.

3.3 Dwarsdoorsneden

Voor het maken van de dwarsdoorsneden op een relatief nat en droog moment hebben we respectievelijk de data 14-01-2010 en 14-07-2011 genomen. Tijdens de opname van de (freatische) grondwaterstand in de grondwaterstandsbuizen varieerde de gemeten grondwaterstand meestal één tot enige decimeters boven het GHG-niveau op 14-01-2011 tot enkele decimeters boven en onder het GLG-niveau op 14-07-2011. Dit is vastgesteld aan de hand van gemeten grondwaterstanden in de stambuizen (tabel 5 en aanhangsel 3).

Uit het onderhavige onderzoek en uit eerder uitgevoerd bodemkundig/hydrologisch onderzoek (Makken, 1968; Bannink, 1983 en Stoffelsen, 1985) is gebleken, dat in een deel van het gebied als gevolg van het voorkomen van weerstandbiedende lagen (bv. keileem, tertiaire klei, lössleem of versmeerde veenlagen) in het bodemprofiel stijghoogteverschillen of schijngrondwaterspiegels voorkomen, die invloed hebben op de hoogte en fluctuatie van de freatische grondwaterstand. Aangezien deze informatie voor het tussenliggende gebied in de raaien ontbreekt, bleek het niet zinvol om de grondwaterstand voor het tussenliggende gebied plausibel te interpoleren. Er is op basis van het ontbreken van deze informatie besloten dat in de dwarsdoorsneden alleen de maaiveldhoogten (ten opzichte van N.A.P.) en de gemeten (freatische) grondwaterstanden (ten opzichte van N.A.P.) ter plekke van de boorlocaties worden gepresenteerd.

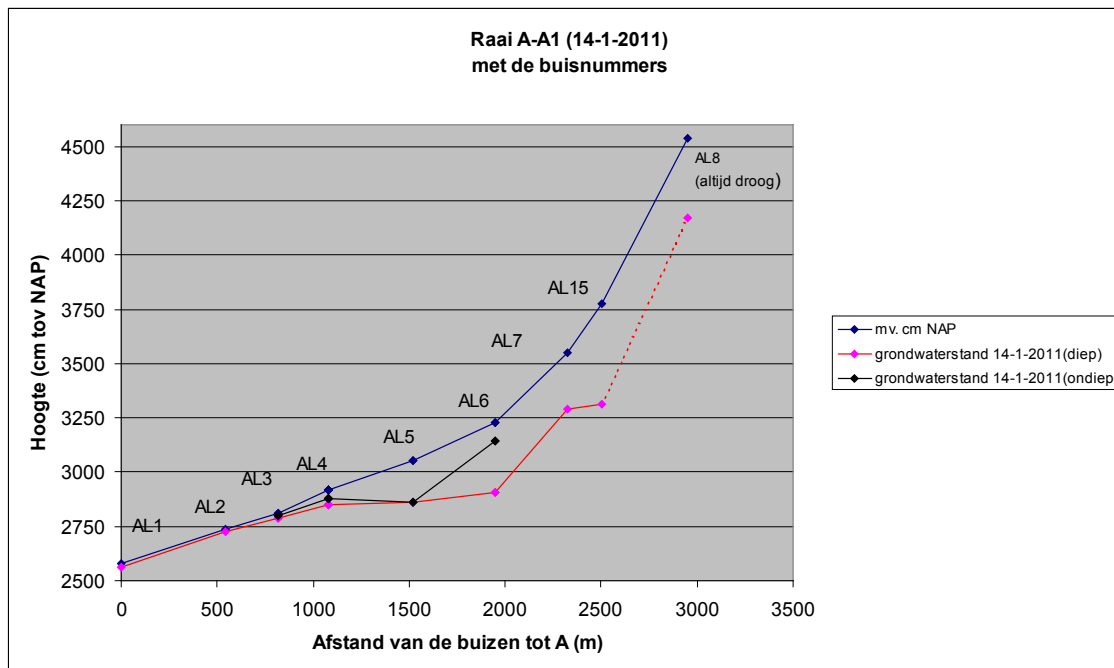
3.3.1 Gemeten grondwaterstanden langs raai A-A1

In de figuren 19 en 20 (aanhangsels 2 en 3) staan respectievelijk de hoogten van het maaiveld en de gemeten (freatische) grondwaterstanden in de AL-buizen langs raai A-A1 weergegeven op 14-1-2011 (relatief nat moment) en 14-07-2011 (relatief droog moment). Uit de figuren blijkt dat de hoogte van het maaiveld helt vanaf de stuwwal (Vasse, figuur 2) richting Manderveen. De freatische grondwaterstand volgt vanaf AL1 tot AL4 globaal het maaiveld. Vanaf AL4 tot en met AL7 is een verlaging van de grondwaterstand waar te nemen, dat wordt veroorzaakt door de grondwaterwinningen. Verder blijkt uit de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen (figuur 15) dat er op vier locaties (AL3, AL4, AL5 en AL6) binnen boorbereik weerstandbiedende lagen voorkomen, zoals lössleem- en/of compacte veen(a)ag(en) in het bodemprofiel die meer of minder invloed hebben op de hoogte en de fluctuatie van de freatische grondwaterstand. Dit is in figuur 19 vooral in de buizen AL4 en AL6 waar te nemen. Uit de resultaten van de metingen (aanhangsel 3) blijkt, dat er op locatie AL4 tijdens dit meetmoment een verschil in grondwaterstand (stijghoogte) tussen het ondiepste en diepste filter werd gemeten van 28 cm, terwijl op locatie AL6 in het ondiepe filter een schijngrondwaterspiegel werd gemeten. Ook op locatie AL3 is een verschil in grondwaterstand (stijghoogte) tussen het ondiepe en diepe filter gemeten, alleen bedroeg deze op dat

moment slechts 12 cm. Tijdens het meetmoment stond het ondiepste filter op locatie AL5 droog. Er is op deze locatie wel op een andere moment een schijngrondwaterspiegel gemeten (aanhangel 3). In figuur 20 kunnen we zien dat er tijdens een langdurige droge periode geen of nauwelijks verschillen in grondwaterstanden zijn gemeten op die locaties waar weerstandbiedende lagen (grondwaterstand meestal door deze lagen gezakt) in het fluctuatietraject van het grondwater voorkomen. Alleen op locatie AL4 is tussen de filters AL1-AL3 een verschil in grondwaterstand van maximaal 4 cm gemeten.

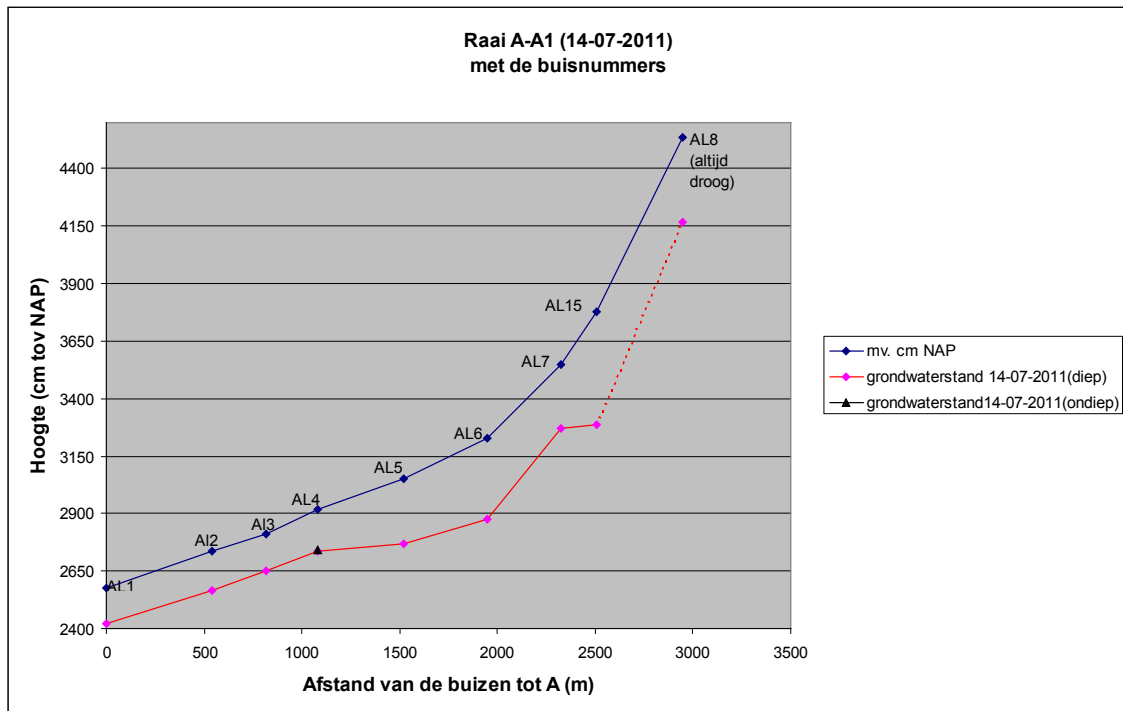
Naast het optreden van schijnspiegels of stijghoogteverschillen hebben weerstandbiedende lagen ook invloed op de doorwerking van de grondwaterstandverlaging vanuit het pakket waaruit grondwater wordt gewonnen naar de freatische grondwaterstand (GHG en GLG). Doordat de verticale weerstand van het doorstroomde bodemprofiel door de aanwezigheid van deze lagen op deze locaties tijdens het GHG-moment aanzienlijk groter is dan tijdens het GLG-moment, moet men bij een eventuele toekenning van een bepaalde verlaging van de grondwaterstand rekening te houden dat GHG op deze locaties minder is verlaagd dan de GLG.

De grondwaterstandsbuis op locatie AL8 staat relatief hoog op de stuwwal. Vanaf een diepte van ca. 55 cm-mv. bestaat het materiaal uit leemarm, matig grof zand met grind, dat zeer goed doorlatend is. We hebben op deze locatie vanwege het voorkomen van grind en stenen niet dieper kunnen boren dan ca. vier meter. Er is op deze locatie wel een grondwaterstandsbuis geplaatst om aan te tonen dat hier tot op een diepte van ca. 4 m-mv. geen freatische grondwaterstand of schijnspiegel wordt gemeten.



Figuur 19

Maaiveldhoogte en de gemeten (freatische) grondwaterstand (in cm t.o.v. N.A.P.) op 14-01-2011 in de AL-buizen langs raai A-A1.



Figuur 20

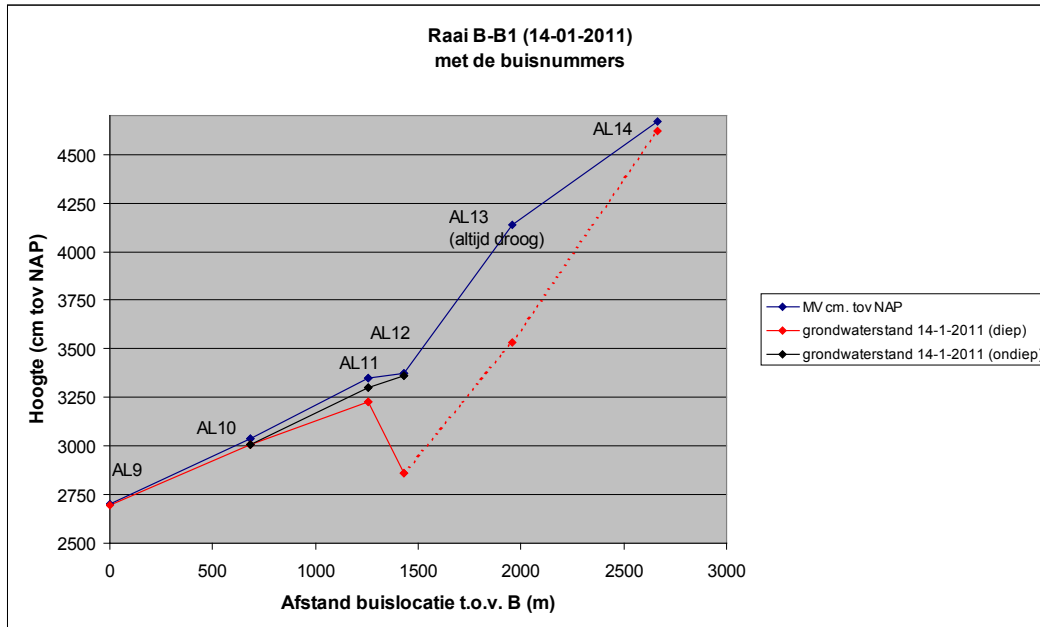
Maaiveldhoogte en de gemeten (freatische) grondwaterstand (in cm t.o.v. N.A.P.) op 14-07-2011 in de AL-buizen langs raai A-A1.

3.3.2 Gemeten grondwaterstanden langs raai B-B1

In de figuren 21 en 22 (aanhangsels 2 en 3) staan respectievelijk de hoogten van het maaiveld en de gemeten (freatische) grondwaterstanden in de AL-buizen langs raai B-B1 weergegeven op 14-1-2011 (relatief nat moment) en 14-07-2011 (relatief droog moment). In de figuren zien we dat ook hier de hoogte van het maaiveld helt vanaf de stuwwal (omgeving Vasse, figuur 2) richting het westen (figuur 2). In figuur 21 volgt de freatische grondwaterstand vanaf AL9 tot en met AL12 (ondiep) globaal het maaiveld. Vanaf AL11 (diep) is een verlaging van de grondwaterstand waar te nemen. De buis op locatie AL13 staat op de helling van de stuwwal. Vanaf een diepte van ca. 90 cm-mv. bestaat het materiaal uit verweerde, zandige keileem met grind, dat redelijk tot goed doorlatend is. We hebben op deze locatie echter niet dieper kunnen boren dan ca. 6,70 meter. Er is op deze locatie wel een grondwaterstandsbuis geplaatst om aan te tonen dat hier tot op een diepte van ca. 6,70 m-mv. geen freatische grondwaterstand of schijnspiegel wordt gemeten. De buis stond de gehele meetperiode droog. Verder blijkt uit de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen (figuur 15) dat op drie locaties (AL10, AL11 en AL12) binnen boorbereik weerstandbiedende lagen voorkomen, zoals tertiaire klei en keileem die meer of minder invloed hebben op de hoogte en de fluctuatie van de freatische grondwaterstand. Dit is in figuur 21 vooral in de buizen op de locaties AL11 en AL12 waar te nemen. Uit de metingen (aanhangsel 3) blijkt dat er op locatie AL11 tijdens dit meetmoment een verschil tussen het ondiepste en diepste filter werd gemeten van 78 cm, terwijl op locatie AL12 in het ondiepe filter een schijngrondwaterspiegel werd gemeten met een verschil van 511 cm ten opzichte van de diepe filter. Op locatie AL10 werd tijdens het meetmoment geen verschil in grondwaterstand gemeten tussen het ondiepe en diepe filter.

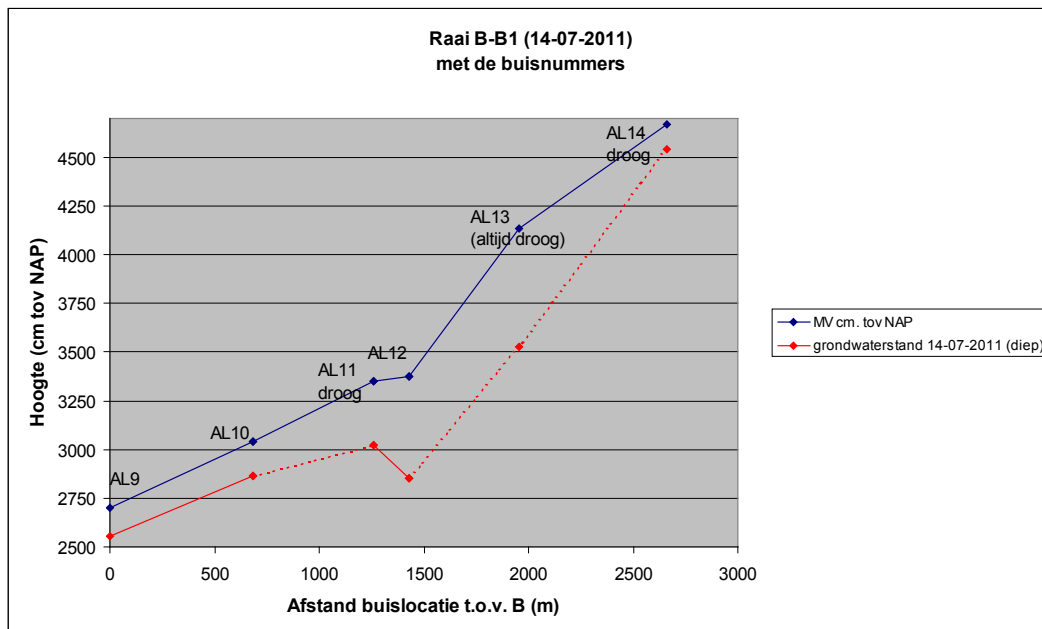
In figuur 22 is vanaf locatie AL10 een verlaging van de freatische grondwaterstand waar te nemen die globaal doorloopt tot ten minste aan locatie AL12. Aangezien op de locaties AL11 en AL13 geen grondwaterstand is gemeten (droog), kan hierover geen nadere uitspraak worden gedaan. Voor de locaties AL10, AL11 en AL12 geldt ook hier dat de weerstandbiedende lagen meer of minder invloed hebben op de hoogte en de fluctuatie van de freatische grondwaterstand. Verder hebben deze lagen ook invloed op de doorwerking van de grondwaterstandverlaging vanuit het pakket waaruit grondwater wordt gewonnen naar de freatische

grondwaterstand (GHG en GLG). Doordat de verticale weerstand van het doorstroomde bodemprofiel door de aanwezigheid van deze lagen tijdens het GHG moment meestal aanzienlijk groter is dan tijdens het GLG moment moet men bij een eventuele toekenning van een bepaalde verlaging van de grondwaterstand rekening te houden dat GHG op deze locaties minder is verlaagd dan de GLG.



Figuur 21

Maaveldhoogte en de gemeten (freatische) grondwaterstand (in cm t.o.v. N.A.P.) op 14-01-2011 in de AL-buizen langs raai B-B1.



Figuur 22

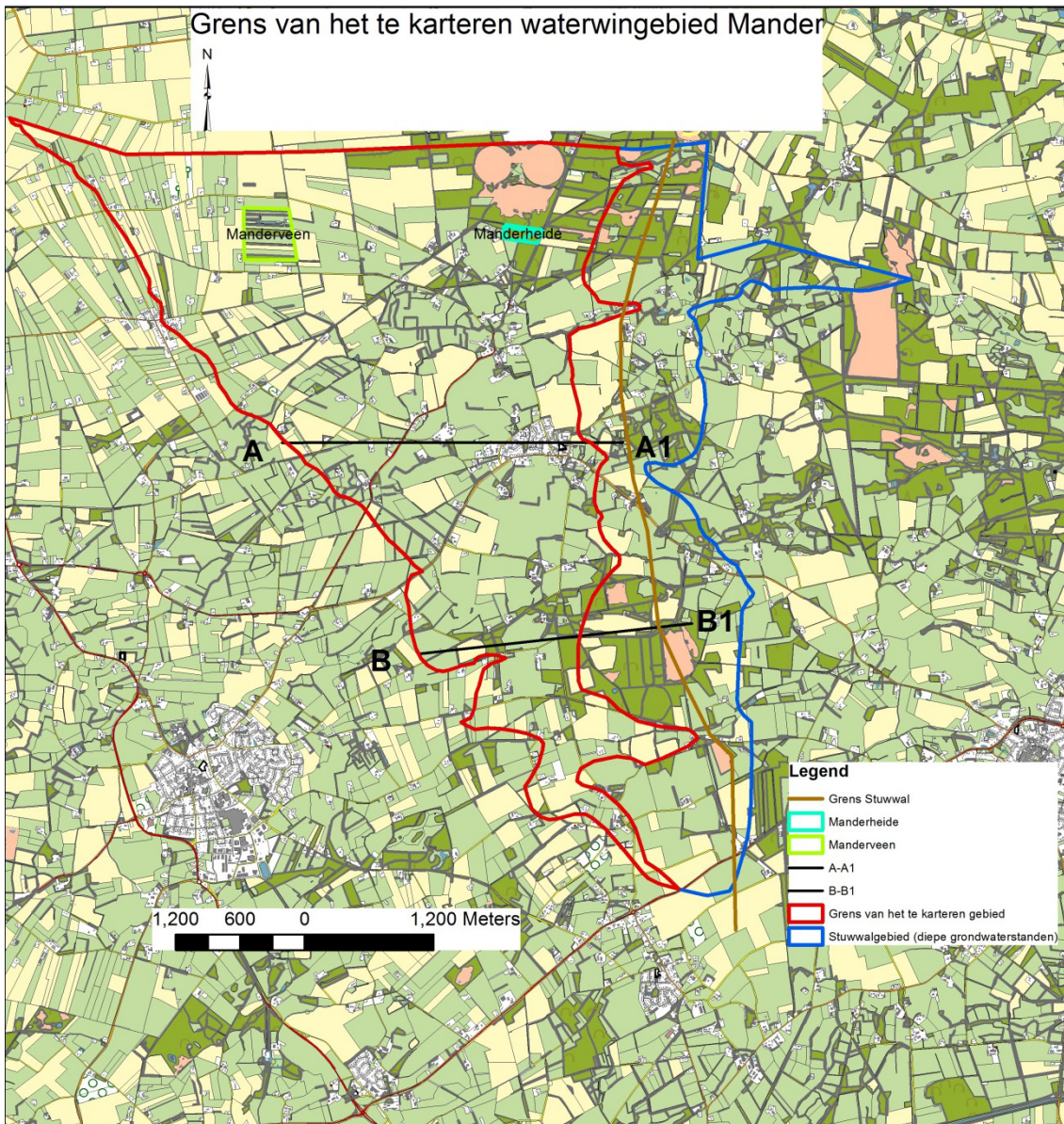
Maaveldhoogte en de gemeten freatische grondwaterstand (in cm t.o.v. N.A.P.) op 14-07-2011 in de AL-buizen langs raai B-B1.

3.4 Begrenzing stuwwal

In figuur 23 staat de grens van de berekende 5 cm-verlagingslijn (invloedsgebied) in de kleuren rood en blauw weergegeven. De totale oppervlakte van het invloedsgebied bedraagt ca. 2472 ha. De stuwwal, die in oostelijke richting doorloopt, is in de figuur met een lichtbruine lijn aangegeven. In het algemeen zakt de freatische grondwaterstand hier zeer diep weg, waardoor de winning wel invloed heeft op de grondwaterstand, maar als gevolg van een zeer diepe grondwaterstand geen invloed heeft op de groei van de gewassen (net als in de onbeïnvloede situatie). Dit geldt ook in die gebieden van de stuwwal waar als gevolg van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel in perioden met een neerslagoverschot schijngrondwaterspiegels voorkomen.

Uit de resultaten van het uitgevoerde onderzoek en het al eerder uitgevoerde onderzoek van Makken (1968), Bannink (1983) en Stoffelsen et al. (1985) blijkt dat in een deel van de gronden die ten westen van de stuwwal liggen dermate diepe grondwaterstanden (GVG ca. 3 á 4 m-mv.) voorkomen, waardoor ook hier de grondwaterstand zowel in de huidige als in de onbeïnvloede situatie geen invloed heeft op de groei van de gewassen. Daarnaast is het profiel in het fluctuatietraject van het grondwater vaak opgebouwd uit leemarm, grof zand met zeer ongunstige capillaire eigenschappen (ca. 40 á 50 cm), waardoor deze profielen al snel tot de hangwaterprofielen worden gerekend (Van Soesbergen et al., 1986). Zoals hierboven is vermeld, heeft het voor de uiteindelijke berekening van de gewasschade geen zin om dit gebied (ca. 790 ha) in het gebiedsdekkende bodemkundig-/hydrologisch onderzoek (fase 2) mee te nemen. In de afbeelding is het betreffende gebied aangegeven met een blauwe lijn.

Voor het onderzoek in fase 2 blijft nog ca. 1682 ha over waar de invloed van de grondwaterwinningen op de vochtvoorziening van de gewassen globaal in meer of mindere mate aanwezig is. Dit is in de figuur met een rode lijn aangegeven. Tenslotte kan nog worden vermeld dat ca. 254 ha niet hoeft te worden onderzocht in verband met bebouwing of bos, waardoor er tenslotte nog ca. 1428 ha overblijft, dat in fase 2 gebiedsdekkend gekarteerd moet worden.



Figuur 23
 Grens van de stuwwal (oostelijk lichtbruine lijn), 5 cm-verlagingslijn (blauw en rode lijn) en het te karteren waterwingebied Mander (rode lijn).

Literatuur

- Akker, J.J.H. van den, W.J.M. de Groot, H.R.J. Vroon, F.J.E. van der Bolt, A.J. van Kekem, 2010. Stijghoogteverschillen en verdichting: een eerste Twentse verkenning in de praktijk. Wageningen, *Alterra*. Rapport 1735.
- Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus*. Wageningen, PUDOC.
- Bannink, M.H., 1983. *Waterwinning Vasse. Fase 2: Bodemkundig-hydrologisch onderzoek*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1694.
- Bohemen, P.J.M. van, 1981. *Toename van de productie van grasland bij verbetering van de watervoorziening*. ICW-nota 1298.
- Bouwmans, J.M.M., 1990. *Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel. Een methode voor het bepalen van de opbrengstdepressie van grasland op zandgrond als gevolg van een grondwaterstandsverlaging*. Utrecht, Nota Secretariaat TCGB.
- Brouwer, F., J.A.M. ten Cate en A. Scholten, 1996. *Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden; bodemvorming, methoden en begrippen*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 157. Tweede, gewijzigde druk, bewerkt door J.A.M. ten Cate, H.Kleijer en J.Stolp.
- Cate J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19.
- Heesen, H. van en G. Westerveld, 1966. *Karakterisering van het grondwaterstandsverloop op de bodemkaart*. Cultuurtechnisch tijdschrift, jaargang 5.
- Heesen, H. van, 1971. *De weergave van het grondwaterstandsverloop op bodemkaarten*. Boor en Spade 17, p. 127 - 149. Wageningen, Stiboka.
- Knibbe M. en B. Marsman, 1961. *Grondwatertrappenindeling in Overijsselse zandgronden*. Voorlopige wetenschappelijke mededelingen (no. 16). Wageningen, Stiboka.
- Krabbenborg, A.J., 1983. *Standaardvocht karakteristieken van zandgronden en veenkoloniale gronden*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1680.
- Laat, P.J.M., 1972. *Een automatische berekening met behulp van een digitale computer van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking volgens het algoritme van Rijtema*. Wageningen, LH, afd. Cultuurtechniek. Scriptie

- Laat, P.J.M., 1982. *MUST a simulation model for unsaturated flow*. Report of international Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft.
- Locher en de Bakker 1987. *Bodemkunde van Nederland. Deel 1, Algemene bodemkunde*. Malmberg, Den Bosch
- Makken, H., 1968. *"De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Tubbergen"*; Wageningen, Stiboka. Rapport 661.
- Rijtema, P.E., 1971. *Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekkingen*. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Nota nr. 578.
- Sluijs, P. van der en Th. Van Egmond, 1976. *Facetten van grondwatertrappen in zandgronden*. Wageningen, Stiboka. Rapport 1329.
- Sluijs, P. van der, 1982. *De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop*. H2O tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling 15-3: 42-46.
- Sluijs, P. van der en H.C. van Heesen, 1989. *Veranderingen in de berekening van de GHG en GLG*. Landinrichting 29, 1: 18-21.
- Soesbergen, G. van, C. van Wallenburg, K.R. van Lynden en H.A.J. van Lanen, 1986. *De interpretatie van bodemkundige gegevens*. Wageningen, STIBOKA. Rapport 1967.
- Stoffelsen, G.H., en A.F. van Holst, 1985. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied Mander. Fase II: DE bodemgesteldheid, de voormalige en huidige hydrologische situatie en de grondwaterstandsverlaging*. Wageningen, Stiboka. Rapport 1807.
- Stolp, J. en H.R.J. Vroon, 1990. *Een snelle methode voor het berekenen van kritieke z-afstanden en verzadigingstekorten bij twee fluxen (2 en 1 mm/dag) in gelaagde bodemprofielen tijdens de veldopname*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne mededeling 92.
- Stol, P.H., 1960. *Grondwaterstanden onder verschillende klimatologische omstandigheden*. Overdruk uit het landbouwkundig tijdschrift 72 ste jaargang no. 18.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven en ondergrond in Nederland: De Staringreeks*. Wageningen, ICW en STIBOKA. ICW-rapport nr. 18 en STIBOKA-rapport nr. 1932.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte, 2001. *Waterretentiekarakteristieken en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks*. Wageningen, Alterra-rapport nr. 153.

Aanhangsel 1 Reken-/raadpleeggegevens

Reken-/raadpleeggegevens voor de TCGB-tabel van de buislocaties AL1 tot en met AL15 voor weidebouw in het waterwingebied Mander.

Raai	Buislocatie (AL)	Bodemtype en grondwater-trap (Gt)	TCGB-aanduiding			Huidige hydrologische situatie in cm - mv.		
			Bovengrond vocht karakteristiek	Dikte(cm) effectieve wortelzone	Ondergrondtype	GHG	GVG	GLG
A-A1	1	Hn53/F-Vlo	A	30	04	50	75	140
A-A1	2	Hn51F/Vlo	A	30	04	50	75	150
A-A1	3	Zg53v/Vlo	A	30	06	50	75	155
A-A1	4	tZn53/F-Vlo	A	30	03	60	85	170
A-A1	5	tZn53/F-Vllld	A	40	04	205	225	265
A-A1	6	zEZ53-sVlld	C	40	05	130	325	350
A-A1	7	tZb53g-Vllld	B	35	01	240	260	280
A-A1	15	zEZ53-Vllld	B	40	010	455	475	490
A-A1	8	tZb53g-Vllld	B	35	06	400*	400*	400*
B-B1	9	Hn53/F-Vbo	C	30	03	30	55	130
B-B1	10	Zg53t-Vlo	B	20	03	60	85	150
B-B1	11	Hn53tg-sVld	B	25	08	65	115	300
B-B1	12	Hn53x-sVbd	D	20	08	40	70	520
B-B1	13	Y53x-Vllld	B	30	09	670*	670*	670*
B-B1	14	Hn53g-IVu	A	20	06	60	75	105

* GHG/GVG/GLG-waarden dieper dan 400 en 670 cm - mv.

Aanhangsel 2 Algemene gegevens van de stambuizen en de door Alterra geplaatste peilbuizen

Algemene gegevens van de stambuizen en de door Alterra geplaatste peilbuizen.

Naam	X-coör-Dinaat	Y-coör-dinaat	M.V. t.o.v. N.A.P. (cm)	Bovenkant buis (cm-mv.)	Buislengte (cm)	Filter lengte (cm)	Opmerking
AL1	250837	495251	2577	47	246	100	14-6-2011 verdiept
AL2	251376	495108	2737	41	267	100	14-6-2011 verdiept
AL3-Ondiep	251651	495121	2812	53	156	100	
AL3-Diep	251651	495121	2812	19	209	12	
AL4-1	251915	495105	2916	30	278	8	
AL4-2	251915	495105	2916	30	298	5	
AL4-3	251915	495105	2916	32	237,5	45	
AL4-4	251915	495105	2916	38	198	20	
AL4-5	251915	495105	2916	28	115	20	
AL5-Ondiep	252362	495027	3053	22	193	100	
AL5-Diep	252362	495027	3053	12	322	100	
AL6-Ondiep	252783	495092	3226	36	196	100	
AL6-Diep	252783	495092	3226	12	375	100	
AL7	253143	495450	3548	29	342	100	
AL8	253788	495184	4538	19	387	300	
AL9	252079	493043	2699	67	269	100	14-6-2011 verdiept
AL10-Ondiep	252745	493189	3040	34	141	100	
AL10-Diep	252745	493189	3040	20	230	100	
AL11-Ondiep	253313	493246	3351	34	107	31	
AL11-Diep	253313	493246	3351	15	342	100	
AL12-Ondiep	253474	493315	3374	20	72	100	
AL12-Diep	253474	493315	3374	-3	655	100	
AL13	253986	493485	4137	13	620	100	
AL14	254715	493345	4668	22	150	100	
AL15	253331	495378	3778	28	540	100	
B28E0165	249580	496250	2269	-7	208	100	
B28E0187	249600	497280	2207	48	323	100	opnieuw gezet 14-07-2011
B28F0083	253510	492180	3117	59	466	100	
B28F0140	251250	496190	2887	59	546	100	
B28F0239	250885	496275	2728	53	317	100	
B28F0241	254025	496025	5245	54	565	100	
B28F0241-Ondiep	254025	496025	5252	-5	115	22	
B28F0301	252700	496180	3600	46	424	100	
B28F0305	251100	496660	2745	48	452	100	
B28F0305-Ondiep	251100	496660	2739	-5	116	100	
B28F0343	252410	492570	2702	51	213	100	
B28F0343-Ondiep	252410	492570	2699	31	117	31	
B28F0359	253050	495830	3730	54	454	100	

- **Peilbuisnummer/naam:** naam of nummer van de buis. AL-buizen zijn buizen die door Alterra zijn geplaatst. Dit geldt ook voor de met B*-Ondiep aangeduide buis zonder alias naam. De overige buizen zijn bestaande buizen van Vitens of overige instanties.
- **X-coördinaat:** X-coördinaat in meters.
- **Y-coördinaat:** Y-coördinaat in meters.
- **M.V. cm t.o.v. N.A.P.:** hoogte van het maaiveld in cm t.o.v. N.A.P.
- **Bovenkant buis (cm-mv.):** bovenkant van de grondwaterstandsbuis in cm t.o.v. mv.
- **Buislengte (cm):** totale lengte van de buizen in cm.
- **Filterlengte (cm):** totale filterlengte van de buizen in cm.
- **Opmerking:** eventuele opmerkingen die relevant zijn voor de metingen.

Aanhangsel 3 Gemeten grondwaterstanden in de door Alterra geplaatste grondwaterstandsbuizen en stambuizen vanaf april 2010 tot april 2011.

	Datum																									
	14-4	28-4	14-5	28-5	14-6	28-6	14-7	28-7	14-8	28-8	10-9	24-9	7-10	28-10	14-11	29-11	14-12	28-12	12-1	14-1	31-1	14-2	28-2	14-3	28-3	
Naam	Gwstd (cm-mv.)																									
AL1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	99	n	99	94	34	88	55	67	n	13	72	17	56	76	106	
AL2	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	107	n	99	94	36	81	46	71	n	11	59	12	48	68	95	
AL3- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	dr	dr	dr	dr	52	87	91	85	44	12	30	23	56	50	86	
AL3- Diep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	113	110	119	124	56	93	104	91	56	24	91	30	62	80	92
AL4-1	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	147	134	138	145	90	114	92	110	76	50	72	36	76	91	103
AL4-2	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	154	141	145	150	103	123	104	119	88	64	82	54	87	101	110
AL4-3	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	139	126	130	142	86	101	84	93	65	47	67	33	71	84	97
AL4-4	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	138	124	128	139	77	103	81	103	66	40	67	27	62	84	100
AL4-5	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr	dr	dr	dr	71	dr	75	dr	60	36	63	15	63	dr	dr
AL5- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	snw	169	dr	dr	dr	dr	dr	dr
AL5- Diep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	277	268	268	267	250	242	229	snw	207	190	196	187	204	211	219
AL6- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	81	dr	dr	dr	n	n
AL6- Diep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	362	355	354	349	346	339	337	333	325	321	303	293	290	n	n

	Datum																								
	14-4	28-4	14-5	28-5	14-6	28-6	14-7	28-7	14-8	28-8	10-9	24-9	7-10	28-10	14-11	29-11	14-12	28-12	12-1	14-1	31-1	14-2	28-2	14-3	28-3
Naam	Gwstd (cm-mv.)																								
AL7	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	280		279	282	275	263	266	263	n	255	226	224	222	225	231
AL8	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	n	dr	dr	dr	dr	dr	dr
AL9	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	87		83	71	8	68	37	59	n	3	56	6,5	44	57	85
AL10- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr		dr	dr	63	90	64	83	52	33	53	31	65	76	85
AL10- Diep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	140	124	127	125	63	95	65	83	53	33	52	29	65	77	87
AL11- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	48	dr	52	dr	dr	dr
AL11- Diep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	246	189	197	208	152	178	155	172	146	126	149	119	152	164	161
AL12- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr	dr	dr	dr	41	dr	dr	dr	38	11	dr	41	dr	dr	dr
AL12- Diep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	552	546	550	544	542	533	530	523	525	512	501	485	487	476	471
AL13	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	n	dr	dr	dr	dr	dr	dr
AL14	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	81		79	70	62	98	93	71	47	47	69	52	65	62	78
AL15	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	498		501	507	507	496	490	487	n	466	451	446,5	447	447	449
B28E0165	110	123	115	137	133	157	160	dr	164	99	105		105	97	70	111	87	snw	n	58	92	69	92	101	114
B28E0187	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	96		104	97	76	102	90	100	n	63	101	77	101	104	109
B28F0083	196	206	211	220	223	237	249	267	263	238	231		231	231	202	209	198	205	n	148	175	159	177	184	191
B28F0140	193	200	207	222	230	247	254	264	269	267	287		289	278	265	250	255	251	n	228	206	211	214	227	238
B28F0239	191	204	208	224	231	dr	dr	dr	dr	Dr	224		215	209	191	188	182	185	n	148	145	135	151	166	180
B28F0241	100	112	108	138	118	205	406	dr	dr	92	108	101	103	66	72	97	85	102	95	57	91	63	88	92	99
B28F0241-	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	108	105	108	102	78	102	92	105	91	65	98	70	94	99	106

	Datum																									
	14-4	28-4	14-5	28-5	14-6	28-6	14-7	28-7	14-8	28-8	10-9	24-9	7-10	28-10	14-11	29-11	14-12	28-12	12-1	14-1	31-1	14-2	28-2	14-3	28-3	
Naam	Gwstd (cm-mv.)																									
Ondiep																										
B28F0301	201	206	215	224	227	237	244	250	251	214	191			186	188	154	178	165	177	n	139	154	138	161	170	177
B28F0305	186	199	200	218	227	253	263	268	270	259	219	215		214	208	183	188	182	184	159	147	141	137	145	166	178
B28F0305- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	n	dr		dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr
B28F0343	102	121	115	143	143	dr	dr	dr	dr	117	119	111		113	114	79	99	85	93	88	58	88	71	85	92	108
B28F0343- Ondiep	n	n	n	n	n	n	n	n	n	N	n	dr		dr	dr	74	dr	dr	dr	79	53	dr	65,5	dr	dr	dr
B28F0359	240	245	256	263	271	276	282	288	293	298	272			263	265	255	239	241	237	n	221	193	191	247	200	208

Gemeten grondwaterstanden in de door Alterra geplaatste grondwaterstandsbuizen en stambuizen vanaf april 2011 tot en met 16 januari 2012.

	Datum																		
	14-4	28-4	14-5	30-5	14-6	28-6	14-7	28-7	14-8	28-8	14-9	28-9	14-10	28-10	14-11	28-11	14-12	28-12	16-1
Naam	Gwstd (cm-mv.)																		
AL1	11 8	12 7	dr	dr	15 6	15 0	15 8	13 8	10 2	67	92	11 9	84	111	12 7	12 9	41	55	66
AL2	10 6	12 4	dr	dr	16 6	16 5	17 4	15 7	12 6	85	2	13 0	97	119	13 9	14 6	52	55	56
AL3-Ondiep	98	dr	dr	dr	dr	dr	dr	98	94	94	95	dr	10 2	102	dr	10 1	79	63	39
AL3-Diep	10 5	12 2	16 2	17 3	16 0	16 0	16 3	15 9	14 4	11 3	10 6	12 9	12 3	131	14 1	14 8	83	67	45
AL4-1	11 7	13 2	15 4	16 6	17 4	17 6	17 8	18 1	17 2	14 3	12 7	14 5	14 6	150	16 0	16 6	11 8	93	72
AL4-2	12 3	13 9	16 0	17 1	17 6	17 8	18 0	18 2	17 2	14 8	13 3	15 1	15 1	154	16 4	17 2	13 0	10 3	80
AL4-3	11 1	12 7	14 8	16 1	16 9	17 3	17 6	17 8	16 9	13 9	12 1	13 9	13 9	144	15 5	15 9	10 9	83	66
AL4-4	11 3	12 8	14 8	15 9	dr	dr	dr	dr	dr	13 5	11 9	13 9	13 7	142	15 5	dr	10 8	82	69
AL4-5	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	77	65
AL5-Ondiep	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr
AL5-Diep	22 8	24 7	26 3	27 3	28 1	28 3	28 4	28 9	28 6	27 1	25 8	27 1	26 8	268	27 5	28 0	26 5	24 0	20 2
AL6-Ondiep	n	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	15 0	15 2	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr
AL6-Diep	n	31 8	33 0	33 6	34 5	34 9	35 2	35 7	35 8	35 1	34 3	34 4	34 8	350	35 6	36 1	35 8	34 7	32 2
AL7	24 0	24 6	25 5	26 1	26 9	27 3	27 9	28 6	28 8	27 4	26 8	26 9	28 0	283	28 8	29 2	29 4	26 7	22 8
AL8	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr
AL9	95	11 8	13 1	dr	dr	13 6	14 2	13 1	90	42	78	10 5	60	92	10 3	97	11 3	48	54
AL10-Ondiep	98	10 5	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	97	dr	dr	dr	dr	dr	dr	85	72	49
AL10-Diep	99	12 2	14 4	16 2	17 2	16 6	17 3	16 6	13 4	10 4	11 5	13 5	12 7	131	13 7	14 6	86	72	47
AL11-Ondiep	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	67
AL11-Diep	17 0	17 3	20 1	21 5	dr	dr	dr	dr	dr	21 2	19 8	21 5	24 2	223	24 5	31 0	19 7	16 0	13 6
AL12-Ondiep	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	50	dr	47
AL12-Diep	47 6	48 0	49 6	50 9	51 5	51 7	52 1	52 0	53 0	53 1	52 9	52 6	53 3	535	53 6	53 8	53 3	53 5	52 0
AL13	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr
AL14	82	10 2	11 4	dr	dr	10 6	dr	87	68	65	83	92	71	84	85	77	63	67	69
AL15	45 8	46 4	47 1	47 6	48 3	48 6	49 0	49 6	49 9	49 0	48 7	48 9	49 8	500	50 6	51 2	51 4	50 3	46 6
B28E0165	12 0	13 4	14 8	15 5	16 3	14 4	15 8	12 0	10 4	93	10 4	12 2	11 4	117	12 6	12 6	77	86	87
B28E0187	11 2	11 6	11 6	11 7	12 0	10 2	11 9	10 5	80	70	85	12 1	11 2	bout vast	11 9	11 6	90	10 5	10 7
B28F0083	19 8	20 7	21 9	22 8	23 4	23 6	24 3	24 1	22 7	21 3	22 0	23 1	22 9	233	24 0	24 6	21 6	20 1	17 4
B28F0140	24 9	25 9	27 5	28 6	29 1	29 6	30 1	30 4	30 3	28 8	27 4	27 5	28 8	291	29 6	30 1	29 0	25 3	21 2
B28F0239	19 1	20 1	21 7	23 2	24 3	24 4	24 2	23 7	22 3	20 7	20 0	21 1	21 8	219	21 1	23 8	20 9	17 7	14 8
B28F0241	10 6	13 8	13 6	42 3	50 6	dr	dr	16 9	80	78	10 2	12 7	10 0	113	15 6	22 4	75	85	89
B28F0241-Ondiep	11 3	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	87	85	10 4	dr	10 1	115	dr	dr	82	90	95
B28F0301	18 3	19 4	20 5	21 3	21 9	21 9	21 8	20 0	18 1	16 4	16 8	18 1	17 9	185	18 9	19 1	15 9	15 4	14 4
B28F0305	19 0	19 6	21 4	22 7	23 4	23 7	23 4	23 0	22 4	20 6	19 6	20 9	21 8	219	22 7	23 2	20 6	17 3	14 4
B28F0305-Ondiep	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr

	Datum																		
	14-4	28-4	14-5	30-5	14-6	28-6	14-7	28-7	14-8	28-8	14-9	28-9	14-10	28-10	14-11	28-11	14-12	28-12	16-1
B28F0343	11 5	13 6	16 4	dr	dr	15 9	dr	15 5	10 6	93	10 9	13 6	10 4	122	13 1	12 4	81	86	89
B28F0343- Ondiep	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	77	83	85
B28F0359	21 7	22 5	23 4	24 1	24 9	25 5	26 1	26 6	27 1	25 8	24 5	24 6	26 0	262	26 6	27 1	26 8	24 2	20 2
B28F0343	11 5	13 6	16 4	dr	dr	15 9	dr	15 5	10 6	93	10 9	13 6	10 4	122	13 1	12 4	81	86	89
B28F0343- Ondiep	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	dr	77	83	85
B28F0359	21 7	22 5	23 4	24 1	24 9	25 5	26 1	26 6	27 1	25 8	24 5	24 6	26 0	262	26 6	27 1	26 8	24 2	20 2

- **Opmerkingen:** de term droog is gebruikt als de buis tijdens de opname droog stond. Wanneer de term snw is gebruikt, dan betekent dit dat door de vorst en/of sneeuw niet kon worden gemeten. Is er tijdens een meetmoment in een buis niet gemeten, dan is de term n gebruikt.



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 het 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