



Bodemkundig-hydrologische onderzoek Oostellingwerf-Terwisscha

Verkennd onderzoek langs een aantal raaien in het waterwingebied

Alterra-rapport 2079
ISSN 1566-7197

H.R.J. Vroon en E. Kiestra

Bodemkundig-hydrologische onderzoek
Oostellingwerf-Terwisscha

Bodemkundig-hydrologische onderzoek Oostellingwerf-Terwisscha

Verkenkend onderzoek langs een aantal raaien in het waterwingebied

H.R.J. Vroon en E. Kiestra

Alterra-rapport 2079

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2010

Referaat

Vroon, H.R.J. en E. Kiestra, 2010. Bodemkundig-hydrologische onderzoek Ooststellingwerf-Terwisscha: Verkennend onderzoek langs een aantal raaien in het waterwingebied. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2079. 64 blz.; 19 fig.; 13 tab.; 32 ref.

In opdracht van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) te Utrecht heeft Alterra in de maanden maart t/m mei 2010 een verkennend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd langs een aantal raaien in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha (fase 1). Als gevolg van grondwateronttrekking door het pompstation Terwisscha 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 winning. De Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) onderzoekt op verzoek van Gedeputeerde Staten (GS) de invloed van deze grondwaterwinning op de grondwaterstand. Op basis van hydrologisch onderzoek, dat door diverse cultuurtechnische bureaus is uitgevoerd, zijn verschillende verlagingbeelden ontstaan, die niet worden gedragen door de agrariërs in de streek. Uiteindelijk heeft men een arbitragecommissie benoemd om voor de grootte van de verlaging van de grondwaterstand door grondwaterwinning een uitspraak te doen. Ter ondersteuning van de uitspraak van de arbitragecommissie en ter oriëntatie op de uit te voeren kartering van het gehele invloedsgebied van de grondwaterwinning heeft de CDG Alterra verzocht een verkennend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uit te voeren.

Het onderzoek omvatte ondermeer het vastleggen van de bodemgesteldheid en de huidige en indien mogelijk de voormalige hydrologische situatie op 72 puntlocaties met een onderlinge afstand van circa 500 m langs drie vooraf vastgestelde raaien. De CDG en de arbitragecommissie zullen de resultaten onder meer gebruiken voor het vaststellen van de grootte en de omvang van de verlaging van de grondwaterstand door het pompstation.

De resultaten zijn vastgelegd in de vorm van een rapport en een aantal digitale bestanden.

Trefwoorden: grondwaterstandverlaging, gewasschade, schijngrondwaterspiegels, grondwateronttrekking, grondwaterstandmetingen, 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.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2010 Alterra Wageningen UR, Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Telefoon 0317 48 07 00; fax 0317 41 90 00; e-mail info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra Wageningen UR.

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 2079

Wageningen, oktober 2010

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 Het onderzoeksgebied	12
1.4 Werkwijze	12
2 Methode	15
2.1 Bodemgeografisch onderzoek	15
2.1.1 Bodemkundige gegevens	15
2.1.2 Hydrologische gegevens	16
2.1.3 Reconstructie van de voormalige hydrologische situatie	17
2.1.3.1 Huidige hydrologische situatie	18
2.2 Het vervaardigen van de boorpuntenkaart	20
2.3 Verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens voor de locaties die niet in bos liggen	20
2.3.1 Bodemkundige en bodemfysische gegevens	21
2.3.1.1 Effectieve wortelzone	21
2.3.1.2 Vocht karakteristieken van de effectieve wortelzone	22
2.3.1.3 Ondergrondtype	22
2.3.2 Berekening van de GVG	22
2.4 Verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens voor de locaties die in bos zijn gelegen	23
2.4.1 Voedingstoestand	23
2.4.2 Vochtleverend vermogen	24
2.4.2.1 Vochthoudend vermogen van de wortelzone	24
2.4.2.2 Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond	25
2.4.3 Hydrologische gegevens	25
2.4.4 Boomsoorten	26
2.5 Dwarsdoorsneden	26
3 Resultaten	31
3.1 Bodem en grondwatertrappen	31
3.2 Rekengegevens; resultaten van de verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens voor de locaties die niet in bos zijn gelegen	31
3.2.1 Bodemfysische gegevens	31
3.2.1.1 Dikte en aard van de effectieve wortelzone	31
3.2.1.2 Ondergrondtypering	32
3.2.2 Hydrologische gegevens	32

3.3	Rekengegevens; resultaten van de verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens voor de locaties die in bos zijn gelegen	32
3.3.1	Voedingstoestand rond de boorlocaties	32
3.3.2	Bodemfysische gegevens	33
3.3.2.1	Dikte van de effectieve bewortelingsdiepte	33
3.3.2.2	Vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte	33
3.3.2.3	Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond	33
3.3.2.4	Hydrologische gegevens	33
3.4	Dwarsdoorsneden	34
3.4.1	Raai A-A1	34
3.4.2	Raai B-B1	41
3.4.3	3.4.3 Raai C-C1	47
	Literatuur	55
	Bijlage 1 Reken- en raadpleeggegevens per boorpunt voor weidebouw voor de locaties die niet liggen in bos in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha	59
	Bijlage 2 Tabel met reken- en raadpleeggegevens voor bos voor de boringen die genomen zijn in bos in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha	61
	Bijlage 3 Meetdata en de gemeten grondwaterstanden in de boorgaten ten opzichte van N.A.P. van de boringen die genomen zijn langs de drie raaien in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha	63

Woord vooraf

In opdracht van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) te Utrecht heeft ALTERRA in de maanden maart t/m mei 2010 een verkennend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd langs een aantal raaien in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha (fase 1).

Het onderzoek omvatte het puntsgewijs vastleggen van de bodemgesteldheid en de huidige en indien mogelijk de voormalige (situatie zonder ingrepen) hydrologische situatie. De CDG en de arbitragecommissie zullen de resultaten onder meer gebruiken voor het vaststellen van de grootte en de omvang van de verlaging van de grondwaterstand door het pompstation Terwisscha.

Het onderzoek is uitgevoerd door ing. H.R.J. Vroon en ing. E. Kiestra.

De organisatorische leiding van het project berustte bij Dr. M.J.D. Hack ten Broeke.

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

Samenvatting

In opdracht van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) te Utrecht heeft ALTERRA in de maanden maart t/m mei 2010 een verkennend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd langs een aantal raaien in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha (fase 1). 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 winning. De Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) onderzoekt op verzoek van Gedeputeerde Staten (GS) de invloed van deze grondwaterwinning op de grondwaterstand. Op basis van hydrologisch onderzoek, dat door diverse cultuurtechnische bureaus is uitgevoerd, zijn verschillende verlagingbeelden ontstaan, die niet worden gedragen door de agrariërs in de streek. Uiteindelijk heeft men een arbitragecommissie benoemd om voor de grootte en de omvang van de verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de grondwaterwinning een uitspraak te doen.

Ter ondersteuning van de uitspraak van de arbitragecommissie en ter oriëntatie op de uit te voeren kartering van het gehele invloedsgebied van de grondwaterwinning heeft de CDG Alterra verzocht een verkennend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uit te voeren.

Het onderzoek omvatte het puntsgewijs vastleggen van de bodemgesteldheid en de hydrologische situatie langs drie raaien in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha. De resultaten zullen door De CDG en de arbitragecommissie zullen de resultaten onder meer gebruiken voor het vaststellen van de grootte en de omvang van de verlaging van de grondwaterstand door het pompstation.

Voor het vastleggen van de bodemgesteldheid per boorlocatie is met behulp van een edelmanboor informatie verzameld over de bodemgesteldheid. Dit gebeurde door van 72 profielmonsters de profielopbouw van de gronden tot aan GLG-niveau (indien mogelijk of anderszins tot zover mogelijk), of tot maximaal 3,20 m beneden maaiveld 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 grondwaterstandverloop (GHG en GLG) geschat op basis van hydromorfe kenmerken, vegetatie, lokale ont- en afwateringsituatie en de in boorgaten en in stambuizen gemeten grondwaterstanden. Indien mogelijk is de oorspronkelijke GHG en GLG geschat op basis van profielkenmerken. Wanneer deze schatting niet mogelijk was, is (indien het gebied is gekarteerd voor de aanvang van de winning) de Gt weergegeven die geschat is tijdens de uitgevoerde bodem/Gt karteringen (bos- en ruilverkavelingskarteringen), uitgevoerd in de loop van de jaren 60 van de vorige eeuw.

Uit het veldbodemkundig onderzoek is gebleken dat in het onderzoeksgebied veelvuldig weerstandbiedende lagen binnen boorbereik voorkomen, zoals keileem-, compacte veenlagen, waterhardlagen en een dichte pakking van de minerale ondergrond. Deze lagen hebben meer of minder invloed op de hoogte en de fluctuatiegrootte van de freatische grondwaterstand. Voorts 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 aanzienlijk groter is dan tijdens het GLG-moment, dient men bij een eventuele toekenning van een bepaalde verlaging van de grondwaterstand rekening te houden met dat GHG op deze locaties minder is verlaagd dan de GLG.

De in het veld verzamelde bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens zijn voor de locaties die niet in bos liggen puntsgewijs vertaald naar een TCGB-code met een bijbehorende GHG, GVG en GLG. Zo is deze informatie bruikbaar voor het berekenen van eventuele opbrengstdervingen (gras) door vochttekort en/of wateroverlast door de TCGB-tabellenmethode (Bouwmans 1990). Indien de boorlocatie in bos ligt, is van ieder

boorpunt naast de bovengenoemde hydrologische gegevens alle relevante informatie verzameld die nodig is voor het raadplegen van de houtbijgroeigrafieken (Vroon 2000) (alleen over de bodemgesteldheid). Voorts is van iedere raai een dwarsdoorsnede gemaakt, waarin per boorlocatie de maaiveldhoogte (cm t.o.v. N.A.P) en de grondwaterstand (cm t.o.v. N.A.P.) is weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van het AHN (5 m grid). De profielopbouw van de bodem is van iedere boring in een bodemkundig/bodemfysisch geschematiseerde dwarsdoorsnede in een aparte tabel weergegeven. De uiteindelijke resultaten zijn tenslotte vastgelegd in een boorpuntenbestand in een GIS-bestand. Hierin zijn een toegekende TCGB-code, GHG, GVG en GLG opgenomen en indien mogelijk de oorspronkelijke GHG en GLG en de gemeten grondwaterstand per boorpunt. Indien het boorpunt is gelegen in bos dan zijn in de tabel per boorpunt, naast de bovengenoemde hydrologische informatie, alle voor het raadplegen van de houtbijgroeigrafieken relevante kenmerken weergegeven.

1 Inleiding

1.1 Achtergronden van het onderzoek

Het waterleidingbedrijf Vitens onttrekt in het gebied rond Appelscha grondwater voor de drinkwatervoorziening en industriële doeleinden. De pompputten van de grondwaterwinning zijn gelegen in het natuurgebied het Aekingerzand of de Kale duinen (Afbeelding 1).



Afbeelding 1

Ligging van het puttenveld in het Aekingerzand.

Volgens een deel van de agrariërs in het onderzoeksgebied ondervinden zij schade aan hun gewassen door een verlaging van de freatische grondwaterstand als gevolg van deze winning.

De Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) onderzoekt op verzoek van Gedeputeerde Staten (GS) de invloed van deze grondwaterwinning op de grondwaterstand. Op basis van hydrologisch onderzoek, dat door diverse cultuurtechnische bureaus is uitgevoerd, zijn verschillende verlagingbeelden ontstaan, die niet worden gedragen door de agrariërs in de streek. Uiteindelijk heeft men een arbitragecommissie benoemd om voor de grootte en omvang van de verlaging van de grondwaterstand als gevolg van de grondwaterwinning een uitspraak te doen.

Ter ondersteuning van de uitspraak van de arbitragecommissie en ter oriëntatie op de uit te voeren kartering van het gehele invloedsgebied van de grondwaterwinning, heeft de CDG Alterra verzocht een verkennend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uit te voeren.

Dit onderzoek houdt in dat op een aantal puntlocaties langs vooraf vastgestelde raaien (zie afbeelding 2) in het waterwingebied de bodemgesteldheid en de hydrologische situatie wordt onderzocht. Aantal en ligging van de

punten zijn door de CDG in nauw overleg met Alterra vastgesteld. Op elke locatie is door grondboringen het huidige en indien mogelijk het oorspronkelijke grondwaterstandsverloop (GHG en GLG) geschat. Daarnaast is in de boorgaten een grondwaterstand gemeten.

Voor het totale onderzoek heeft de commissie, naast informatie over de hydrologische situatie, ook informatie nodig over de bodemgesteldheid. Deze informatie, nodig voor de uiteindelijke landbouw- en eventuele bosschadeberekeningen, is nog niet aanwezig en wordt in dit onderzoek alleen puntsgewijs verzameld.

1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek is het verzamelen van gegevens over de bodemgesteldheid en de huidige, en daar waar mogelijk de oorspronkelijke, hydrologische situatie in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha. De CDG en de arbitragecommissie gebruiken de resultaten onder meer voor het vaststellen van de grootte en de omvang van de verlaging van de grondwaterstand door het pompstation.

1.3 Het onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied wordt globaal begrensd door de dorpen Elsloo, Oosterwolde, Appelscha en Hoogersmilde (afbeelding 2). Het onderzochte gebied komt voor op de bladen 11H, 16F, 17A van de Topografische kaart van Nederland, schaal 1 : 25 000.

Het bodemgebruik van het onderzochte gebied bestaat hoofdzakelijk uit akkerbouw (maïs, aardappelen, bieten en granen), weidebouw, bos en heide, vennen en zandverstuivingen.

1.4 Werkwijze

Op 72 puntlocaties, met een onderlinge afstand van circa 500 meter langs drie vooraf vastgestelde raaien, heeft Alterra een verkennend bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd. De ligging van de raaien is door de CDG in nauw overleg met Alterra vastgesteld.

In elke raai zijn bij de boorlocaties ook een aantal representatieve foto's gemaakt, die alleen aan de opdrachtgever zijn verstrekt. Verder hebben we per raai globaal geïnventariseerd waar wordt beregend. Daarnaast is per raai ook globaal aangegeven waar en wanneer af- en ontwateringswerkzaamheden zijn uitgevoerd (gegraven en/of verbreed en/of uitgediept) sinds de onttrekking die plaatsvindt vanaf het midden van de jaren 60 van de vorige eeuw.

Voor het vastleggen van de bodemgesteldheid per boorlocatie is met behulp van een edelmanboor informatie verzameld over de bodemgesteldheid door van 72 profielmonsters de profielopbouw van de gronden tot aan GLG-niveau (indien mogelijk of anderszins tot zover mogelijk), of tot maximaal 3,20 m beneden maaiveld 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, locale ont- en afwateringssituatie en de in boorgaten en in stambuizen gemeten grondwaterstanden. Indien mogelijk is de oorspronkelijke GHG en GLG geschat op basis van profielkenmerken. Wanneer dit niet mogelijk was, hebben wij (indien het gebied is gekarteerd voor de aanvang van de winning) de Gt weergegeven die is geschat tijdens de uitgevoerde bodem- Gt karteringen (bos- en ruilverkavelingskarteringen) in de loop van de jaren 60 van de vorige eeuw.

De in het veld verzamelde bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens zijn voor de locaties die niet in bos zijn gelegen puntsgewijs vertaald naar een TCGB-code met een bijbehorende GHG, GVG en GLG. Zo is deze informatie bruikbaar voor het berekenen van eventuele opbrengstdervingen (gras) door vochttekort en/of wateroverlast door de TCGB-tabellenmethode (Bouwman 1990). Indien de boorlocatie in bos ligt, is van ieder boorpunt naast de bovengenoemde hydrologische gegevens alle relevante informatie verzameld die nodig is voor het raadplegen van de houtbijgroeigrafieken (Vroon 2000) (alleen met betrekking tot de bodemgesteldheid).

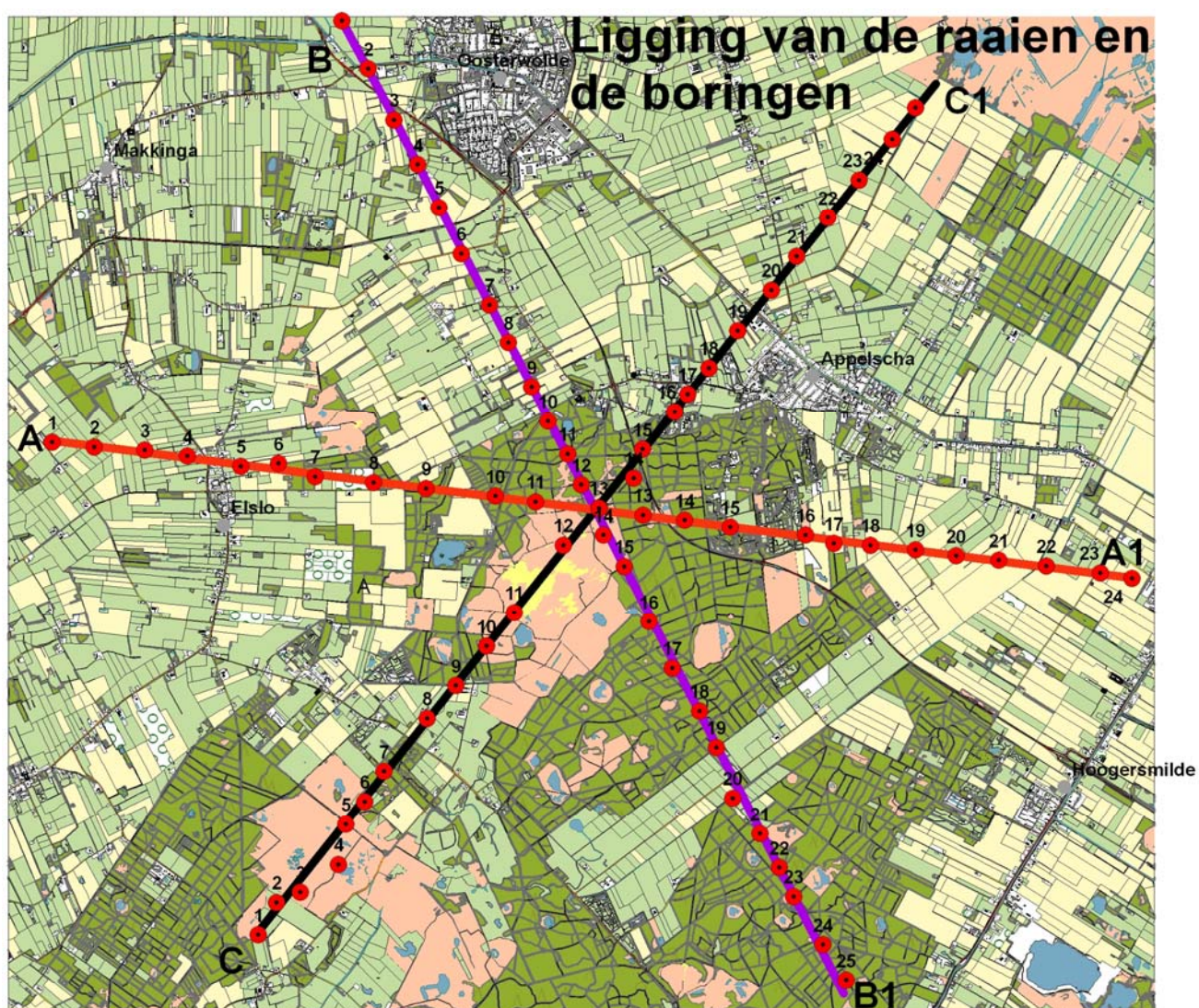
Voorts is van iedere raai een dwarsdoorsnede gemaakt, waarin per boorlocatie de maaiveldhoogte (cm t.o.v. N.A.P.) en de grondwaterstand (cm t.o.v. N.A.P.) is weergegeven. Hierbij is gebruik gemaakt van het AHN (5 m grid). De profielopbouw van de bodem is van iedere boring in een bodemkundig/bodemfysisch geschematiseerde dwarsdoorsnede in een aparte tabel weergegeven. Het uiteindelijke boorpuntenbestand in een GIS-bestand (met hierin opgenomen een toegekende TCGB-code, GHG, GVG en GLG en indien mogelijk de oorspronkelijke GHG en GLG en de gemeten grondwaterstand per boorpunt) is alleen aan de opdrachtgever verstrekt. Indien het boorpunt ligt in bos, is in de tabel per boorpunt, naast de bovengenoemde hydrologische informatie, alle voor het raadplegen van de houtbijgroeigrafieken relevante kenmerken weergegeven. De resultaten van het onderhavige 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 maart tot en met april 2010 zijn langs een aantal raaien 72 grondboringen (afbeelding 2) verricht tot een diepte van maximaal circa 3,20 m beneden maaiveld, of tot het huidige GLG-niveau. De onderlinge afstand tussen de boorlocaties bedroeg ongeveer 500 m.



Afbeelding 2

Ligging van de raaien en boringen in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha.

In totaal zijn 72 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, lutumgehalte, leemgehalte en de mediaan (M50) van de
- zandfractie van boven- en ondergrond;
- geologische informatie;
- het voorkomen van afwijkende materiaalsoorten, zoals grof zand, moerig materiaal en keileem.

Het boorregister bevindt zich in het archief van Alterra en wordt in digitale vorm alleen aan de opdrachtgever verstrekt.

2.1.2 Hydrologische gegevens

De gebruikswaarde van de gronden berust vooral op bodemfactoren, die sterk door de grondwaterstand en fluctuatie worden beïnvloed, bijv. het vochtleverend vermogen, de aëratie en de stevigheid van de bovengrond. De grondwaterstand op een willekeurige plaats varieert in de loop van het jaar en van jaar tot jaar. De grondwaterfluctuatie varieert door verschil in grondsoort, profielopbouw, ont- en afwateringstoestand, grondwateronttrekkingen, neerslag en verdamping.

Het jaarlijks wisselende verloop van de 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 8 aaneengesloten hydrologische jaren gemiddeld. Voor dit onderzoek is de GHG en de GLG berekend over een aaneengesloten periode van 10 jaar. Er wordt hierbij uitgegaan van twee metingen per maand op of omstreeks de 14e en de 28e, in buizen van 2 tot 3 m lengte met een filterlengte van meestal 1 m.

De waarden die men voor de GHG en de GLG vindt, 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 klassen - de grondwatertrappen (Gt) - is door een GHG- en/of GLG-traject gedefinieerd. Grondwatertrappen geven de gemiddelde fluctuatie van het grondwater weer. Ze zijn aangegeven met Romeinse cijfers en een lettertoevoeging (tabel 1).

Tabel 1*Trajectgegevens voor de Gt.*

Gt	GHG traject in cm beneden maaiveld	GLG traject in cm beneden maaiveld	
IIa	< 25	50	- 80
IIb	25 – 40	50	- 80
IIIa	< 25	80	- 120
IIIb	25 – 40	80	- 120
IVu	40 – 80	80	- 120
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 daar waar mogelijk de oorspronkelijke hydrologische situatie (situatie voor de winning en/of verkaveling) in de vorm van de GHG en/of GLG geschat en vastgelegd. Voorts is ook het huidige GHG- en GLG- niveau geschat en samen met de Gt-klasse in een profielbeschrijving vastgelegd.

2.1.3 Reconstructie van de voormalige hydrologische situatie

De voormalige hydrologische situatie typeren we als de situatie van voor de winning en ruilverkavelingen. In dit gebied zijn een groot aantal ruilverkavelingen uitgevoerd, waarvan de meeste aan het eind van de jaren 50 tot aan het begin van de jaren 70 van de vorige eeuw zijn gerealiseerd. Dit betekent dat de voormalige hydrologische situatie, zoals die in het veld soms is geschat, voornamelijk betrekking heeft op de periode van voor deze ingrepen.

De schatting van de voormalige GHG en/of GLG is geschied op basis van fossiele hydromorfe kenmerken of andere kenmerken, zoals moerige lagen hoog in het bodemprofiel, het voorkomen van veenresten of kazige B-horizonten in de doorgewoelde bodemprofielen of het voorkomen van waterhardlagen in het bodemprofiel (kenmerk voor de aanwezigheid van voormalig veendek).

We merken op dat deze GHG's en/of GLG's niet zijn getoetst aan informatie uit buizen en ze dienen daarom slechts ter indicatie van de voormalige hydrologische situatie.

Wanneer het niet mogelijk was om een schatting te geven van het voormalige GHG en/of GLG-niveau dan hebben we de Gt weergegeven die is geschat tijdens de ruilverkavelingskartering Ooststellingwerf-zuid, schaal 1 : 10 000 in 1962 (Hurk et al. 1963) of tijdens de boswachterijkartering Appelscha, schaal 1 : 10 000 in 1968 (Buitenhuis et al. 1968). We merken hierbij op dat de boordiepte tijdens de ruilverkavelings- en boswachterijkartering respectievelijk was beperkt tot een diepte van circa 1,20 cm beneden maaiveld en 1,80 cm beneden maaiveld. Door deze beperkte boordiepte dient men de schattingen van met name het GLG-traject met de nodige zorgvuldigheid te interpreteren.

Ook de Gt-klassen (tabellen 2 en 3) die tijdens de beide karteringen zijn gebruikt, zijn niet geheel hetzelfde als de Gt-klassen die thans (tabel 1) bij Gt-karteringen worden gebruikt. Hierdoor is het soms niet mogelijk om de gedateerde Gt-klassen met de huidige te vergelijken. Ook merken we op dat de Gt's afkomstig uit de twee detailkarteringen vlakgemiddelden zijn. Deze gemiddelden per Gt-vlak zijn destijds gemaakt met een bepaalde

kaartzuiverheid, waardoor de Gt op puntniveau (aanzienlijk) kan afwijken. Op basis hiervan dienen deze Gt's dan ook alleen ter indicatie van de voormalige hydrologische situatie.

Tabel 2

Trajectgegevens voor de Gt die is gebruikt tijdens de ruilverkaveling Ooststellingwerf-zuid (Hurk et al. 1963).

Gt	GHG traject in cm – mv.	GLG traject in cm – mv.
Ila	< 20	50 - 80
IIla	< 20	80 - 120
IIlb	20 - 40	80 - 120
Va	< 40	< 140
Vb	< 40	> 140
Vlo	40 - 80	> 140
VII	> 80	> 140

Tabel 3

Trajectgegevens voor de Gt die is gebruikt tijdens de boswachterijkartering Appelscha (Buitenhuis et al. 1968).

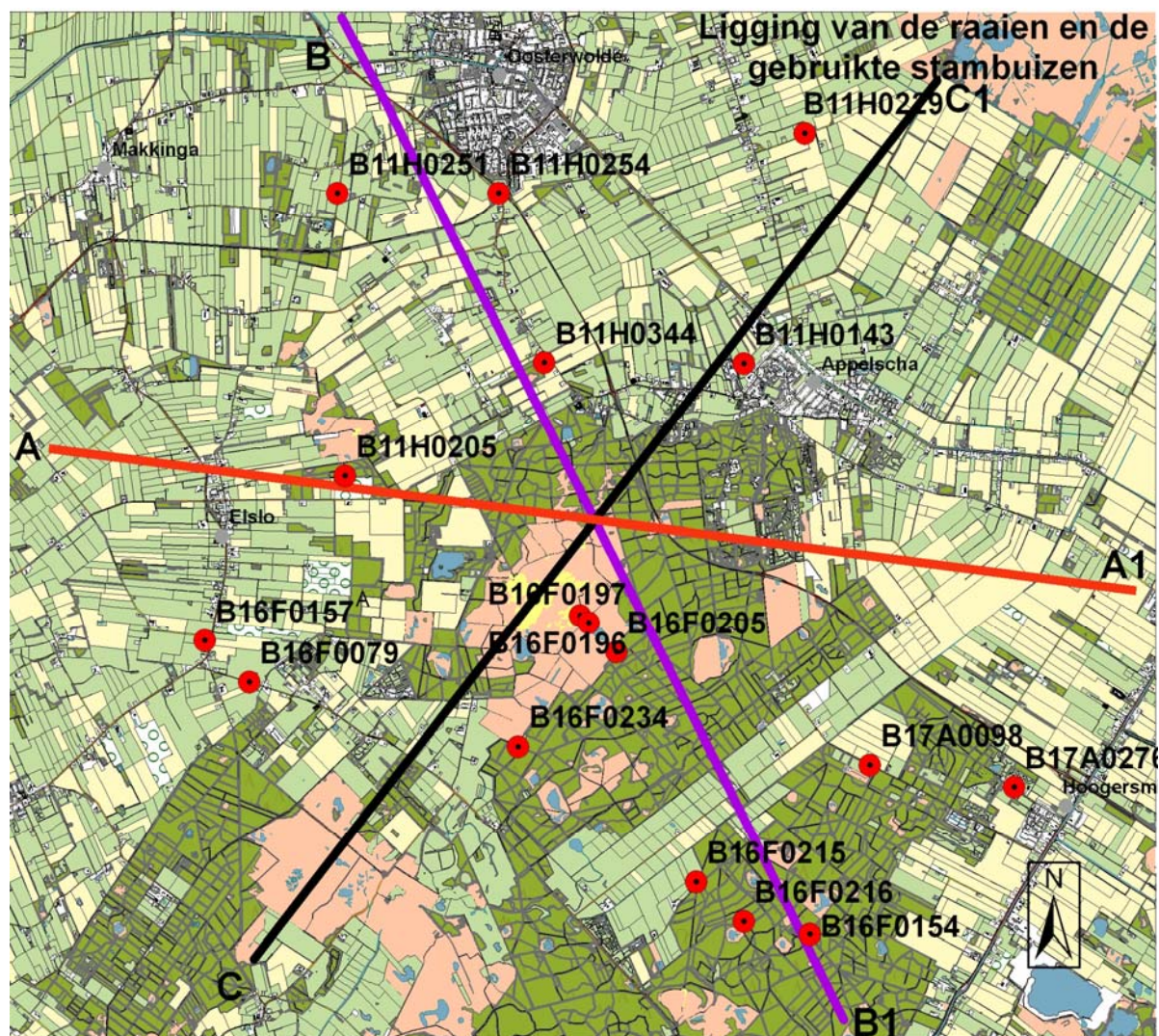
Gt	GHG traject in cm – mv.	GLG traject in cm – mv.
IIla	< 20	80 - 120
Va	< 40	120 - > 180
Vlo	40 - 80	> 160 - > 180
VIIa	80 - 180	> 180
VIIb	> 180	> 180

2.1.3.1 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 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 rode roestvlekken; dit 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 e.d.) natter zijn dan de minder lemige of fijnzandige profielen.

Om de geschatte GHG- en GLG-waarden zo goed mogelijk te onderbouwen zijn in de boorgaten (tenminste na 1 dag insteltijd) de grondwaterstanden gemeten. De gemeten grondwaterstanden zijn voorzien van opnamedatum en staan bij de profielbeschrijvingen vermeld. De standen zijn met betrekking tot het GHG- en GLG-niveau getoetst aan langjarige gegevens (10 jaar) van 17 geselecteerde grondwaterstandsbuizen (B11H0205, B11H251, B11H0254, B11H0344, B11H0143, B11H0229, B16F0079, B16F0157, B16F0196, B16F0197, B16F205, B16F0234, B16F0154, B16F0215, B16F0216, B17A0098 en B17A0276) van Vitens, Staatsbosbeheer, provincie of overige instanties (afbeelding 3 en 4).



Afbeelding 3

Ligging van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen (stambuizen) in het onderzoeksgebied.

De selectie van de grondwaterstandsbuizen is gebaseerd op basis van ligging, continuïteit en lengte van de meetreeksen, profielopbouw en diepte van het filter. Op basis van de overgebleven stambuizen blijkt dat er in het landbouwgebied te weinig grondwaterstandsbuizen liggen met voldoende lange continue meetreeksen (circa 10 jaar) om een indruk te krijgen van de huidige hydrologische situatie in het gehele onderzoeksgebied. Vooral in het relatief laag gelegen gebied even ten westen van Elsloo en in het gebied ten oosten van Appelscha ontbreken landbouwbuisen. Verder kunnen we vermelden voor drie bestaande stambuizen (B11H0254, B16F0154 en B16F0216) dat de filterstelling ten opzichte van de bodemopbouw voor dit onderzoek niet correct is; de filters zijn namelijk geheel in de keileem geplaatst. Door deze filterstelling is het mogelijk dat in deze buizen een grondwaterstand wordt gemeten die niet in overeenstemming is met de freatische grondwaterstand. De begindiepte van de zware keileem begint op deze locaties op een diepte van respectievelijk 100, 130 en 150 cm beneden maaiveld. Wat de invloed van de weerstandbiedende laag is op de grondwaterstand die in de drie buizen wordt gemeten, is nog onvoldoende onderzocht. Tijdens het onderzoek hebben we op deze locaties wel een filter tot op de keileem geplaatst, maar er zijn nog onvoldoende meetgegevens bekend om uitspraken te kunnen doen of de gemeten grondwaterstand in deze stambuizen de freatische grondwaterstand correct weergeeft.



Afbeelding 4

Ligging van een geselecteerde stambuis (B11H0143).

2.2 Het vervaardigen van de boorpuntenkaart

Voor het vervaardigen van de boorpuntenkaart (afbeelding 2), circa schaal 1 : 75 000, zijn de locaties van alle door ons beschreven boringen op de kaart aangegeven. De gegevens van de bodemprofielen (boorstaten) zijn opgeslagen in een digitaal bestand dat alleen de opdrachtgever ontvangt.

2.3 Verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens voor de locaties die niet in bos liggen

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 bodemgesteldheid, 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 gras ter plekke van de boorlocaties.

De opbrengstverandering van o.a. gras door de grondwaterstandverandering wordt berekend met behulp van raadpleegtabellen (o.a. 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 eenvoudige wijze snel te kunnen bepalen (Bouwman 1990). Bij de bepaling van de opbrengstdepressie van b.v. gras door vochttekort met de TCGB-tabel gaat men ervan uit, 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, zoals 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 betreffen vochtkenmerken van de effectieve wortelzone, dikte van de effectieve wortelzone en het ondergrondtype. De klassenindelingen zijn gemaakt om het aantal rekeneenheden te beperken.

De volgende rekengegevens zijn per boring in tabelvorm aangegeven (Bijlage 1):

- boornummer
- raai
- bodemtype en grondwatertrap (Gt)
- de TCGB-aanduiding voor:
 - bovengrond-vochtkenmerken
 - dikte effectieve wortelzone
 - ondergrondtype
- indien geschat de voormalige hydrologische situatie, in de vorm van:
 - GHG
 - GLG
- wanneer het niet mogelijk was om een schatting te geven van het voormalige GLG-niveau, hebben we de Gt weergegeven die is geschat tijdens een van de uitgevoerde ruilverkavelings- of boswachterijkaracteringen, uitgevoerd voor de start van de grondwaterwinning.
- de huidige hydrologische situatie, in de vorm van:
 - GHG
 - GVG
 - GLG

Hoe wij tot deze rekengegevens zijn gekomen, lichten we in de volgende paragrafen toe.

2.3.1 Bodemkundige en bodemfysische gegevens

2.3.1.1 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).

2.3.1.2 Vochtkarakteristieken van de effectieve wortelzone

De voorraad opneembaar bodemvocht in de effectieve wortelzone is afhankelijk van de dikte van deze laag en van de hoeveelheid beschikbaar vocht per dm grond. De hoeveelheid beschikbaar vocht in de effectieve wortelzone wordt gekarakteriseerd door gebruik te maken van een schema op basis van een reeks standaardvochtkarakteristieken 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 diverse vochtspanningen anderzijds. Met deze relatie kan aan de effectieve wortelzone van elk kaartvlak een gemiddelde vochtkarakteristiek worden toegekend.

2.3.1.3 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 verscheidende 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 en dikte 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 vochtdeficieten bij een flux van 2 mm/dag en 1 mm/dag in de VPOS-tabellen met elkaar vergeleken. Vervolgens zijn op basis van onderlinge verwantschap alle ondergrondtypen vertaald naar een van de elf standaardondergrondtypen (Stolp en Vroon 1990).

2.3.2 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. Hiervoor geldt 1 april; de gemiddelde grondwaterstand op die datum wordt aangeduid als GVG.

De GVG is voor dit gebied berekend (afgerond op 5 cm nauwkeurig) met behulp van de formule

$GVG = 5,4 + 0,83 \times GHG + 0,19 \times GLG$ (Van der Sluijs 1982).

Indien weerstandbiedende laagjes 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.

2.4 Verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens voor de locaties die in bos zijn gelegen

Verandering van grondwaterstand kan in bosgebieden ook gevolgen hebben op de houtbijgroei van bomen. De mate waarin een bijgroei verandering optreedt, hangt onder meer af van de oorspronkelijke grondwaterstanden (onbeïnvloede situatie), de grootte van de verlaging, de bodemgesteldheid, de boomsoort en de weersgesteldheid. Om de groeiverandering van het bos door een verandering in de grondwaterstand te kunnen kwantificeren, maakt de CDG onder meer gebruik van een landelijke reeks gestandaardiseerde houtbijgroefgrafieken (Vroon 2000).

De methode voor het kwantificeren van de eventuele schade en/of voordeel wordt in het kort als volgt beschreven.

In de gestandaardiseerde houtbijgroefgrafieken wordt de gemiddeld jaarlijkse maximale bijgroei gedurende de gehele omlooptijd van een bepaalde boomsoort per GVG-waarde (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) afhankelijk gesteld van de voedingstoestand (impliciet de zuurgraad), vochtleverend vermogen en de ontwateringstoestand (Bakker en Vroon 1999 en Vroon 2000).

Voor het karakteriseren van het grondwaterstandsverloop voor bossen wordt het traject tussen de GVG en de GLG gebruikt. Als maat voor de groei wordt de absolute boniteit gebruikt. Hieronder verstaan we de grootte van de gemiddelde aanwas op het tijdstip van culminatie (grootste hoogte) (Schutz en van Tol 1990). Vervolgens kan met de groefgrafieken voor elk opstandsvak de gemiddelde maximale aanwas bepaald worden bij de onbeïnvloede en de beïnvloede GVG.

Het verschil tussen de twee bijbehorende aanwasniveaus is de groeiverandering die veroorzaakt is door een verandering in de stand van het freatisch grondwater (Hendriks 1988, Bakker en Vroon 1999, Vroon 2000).

Voor het toekennen van een bepaalde houtbijgroefgrafiek aan een opstandsvak maakt de CDG gebruik van een gestandaardiseerd raadpleegsysteem, waarbij een aantal parameters van de bodemgesteldheid en de boomsoortensamenstelling verwijzen naar een gestandaardiseerde houtbijgroefgrafiek (Vroon 2000). In de volgende subparagrafen gaan we in op welke wijze wij deze parameters hebben vastgesteld en gestandaardiseerd.

2.4.1 Voedingstoestand

De voedingstoestand duidt de vruchtbaarheid van een grond aan die voorkomt, wanneer deze grond ten minste de laatste 10 à 15 jaar met bos of met een halfnatuurlijke vegetatie is begroeid, en die in die periode niet (meer) is bekalkt of bemest (Van Soesbergen et al. 1986). Er worden vijf gradaties onderscheiden (tabel 4).

Tabel 4*Gradaties in voedingstoestand.*

Voedingstoestandklasse	Benaming
1	zeer hoog
2	vrij hoog
3	matig
4	vrij laag
5	zeer laag

De voedingstoestand wordt afgeleid uit de spontane vegetatie (Bannink et al. 1973).

2.4.2 Vochtleverend vermogen

Onder het vochtleverend vermogen van de grond verstaan we de hoeveelheid vocht die in een groeiseizoen van 150 dagen (1 april tot 1 september) en in een droog jaar (10% droog jaar) aan de plantenwortel kan worden geleverd (Van Soesbergen et al. 1986). Een 10% droog jaar komt eens in de 10 jaar voor. Tussen boomsoorten bestaan grote verschillen in vochtbehoefte. In het algemeen geldt dat de populier, Japanse lariks, fijnspar en sitkaspar meer vocht nodig hebben om een bepaalde bijgroei te bereiken dan pinussoorten en douglas.

Het vochtleverend vermogen van een grond is voornamelijk afhankelijk van het vochthoudend vermogen van de wortelzone, het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond en het grondwaterstandsverloop. Dit laatste aspect komt bij de hydrologische gegevens aan de orde.

2.4.2.1 Vochthoudend vermogen van de wortelzone

Het vochthoudend vermogen van de wortelzone wordt volgens het WIB-C (Van Soesbergen et al. 1986) bepaald uit de effectieve bewortelingsdiepte en de volumefractie beschikbaar vocht.

De wortelverdeling onder een opstand varieert met de afstand tot de boom en de diepte. De beworteling van naaldboutgewassen is vaak geconcentreerd aan de oppervlakte waar een dikke strooisellaag veel vocht kan vasthouden. Loofhoutgewassen wortelen over het algemeen meer in de diepte, de strooisellaag is hier meestal dunner.

Voor bomen wordt aangenomen dat circa 80 à 90% van de wortels zich bevindt binnen de effectieve bewortelingsdiepte (Locher en De Bakker 1990). Bij een homogeen bewortelingspatroon komt dit overeen met 80 à 90% van de bewortelbare diepte.

Door de grote verscheidenheid in dikten van de bewortelbare zone heeft de CDG in samenwerking met Alterra (Vroon 2000) de dikte van de effectieve bewortelingsdiepte ingedeeld in vier standaardklassen: 50, 70, 90 en 110 cm. Deze standaarddikten zijn vastgesteld voor productiebos. De effectieve bewortelingsdiepte van de verschillende bodems in het onderzoeksgebied zijn toegedeeld naar deze standaarddikten.

De volumefractie beschikbaar vocht wordt berekend uit de waterretentiekarakteristiek(en) van de effectieve bewortelingsdiepte. Hierbij wordt uitgegaan van de karakteristieken die door Krabbenborg et al. (1983)

bepaald zijn voor een aantal gronden. Voor de berekening van het vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte verwijzen we naar de literatuur (Van Soesbergen et al. 1986). Ook de volumefractie beschikbaar vocht in de effectieve bewortelingsdiepte heeft men gestandaardiseerd tot vier klassen (Vroon 2000). Men heeft de klassengrootte van de hoeveelheid beschikbaar vocht afhankelijk gemaakt van de dikte van de effectieve bewortelingsdiepte (tabel 5). In dit gebied hebben wij de berekende volumefracties beschikbaar vocht in de effectieve bewortelingsdiepten toegeedeeld naar deze standaardwaarden.

Tabel 5

Standaarddikte voor de effectieve bewortelingsdiepte in combinatie met de standaardklasse volumefractie beschikbaar vocht, die gebruikt worden voor het vaststellen van de gestandaardiseerde groeigrafieken

Standaarddikte voor de effectieve bewortelingsdiepte (cm)	Standaardklasse voor de Volumefractie beschikbaar vocht (mm)			
50	30	50	70	90
70	50	70	90	110
90	70	90	110	130
110	90	110	130	150

2.4.2.2 Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond

Naast het vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelbare diepte is (zie paragraaf 2.3.1.2), is ook de bijdrage vanuit het grondwater van belang voor de vochtvoorziening. Bepalend hiervoor is de afstand van de onderkant van de effectieve bewortelingsdiepte tot het grondwater en het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond. Ook voor de bosbouw wordt de kritieke z-afstand bij een flux van 2 mm/dag als maat voor het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond gebruikt.

Door variatie in diepte en dikte van de bodemlagen bestaat een grote verscheidenheid aan kritieke z-afstanden. Om het aantal kritieke z-afstanden binnen de perken te houden, heeft men de kritieke z-afstand geschematiseerd tot de volgende vijf standaardklassen: 50, 70, 90, 110 en 130 cm (Vroon 2000). Deze klassen zijn afgeleid uit de kritieke z-afstanden van de standaardondergrondtypen die onder meer de CDG gebruikt als input voor de TCGB-raadpleegtabellen (Bouwmans 1990). Bij de toedeling van de ondergronden naar een van de vijf standaardklassen is gebruik gemaakt van het door De Laat (1972) ontwikkelde computermodel VPOS. Dit model wordt gebruikt voor het berekenen van de onverzadigde stroming in pseudo-stationaire toestand van gelaagde bodemprofielen.

2.4.3 Hydrologische gegevens

De grondwaterstand en het verloop hiervan gedurende het groeiseizoen zijn in grote mate bepalend voor het vochtleverend vermogen van een grond. Het gemiddelde verloop van de grondwaterstand tijdens het groeiseizoen voor bos wordt gekarakteriseerd door de GVG en de GLG. De GVG in dit gebied is berekend op basis van de betrekking die in paragraaf 2.3.2 is verwoord.

De berekening van het vochtleverend vermogen (Van Soesbergen et al. 1986, Stolp en Vroon 1990 en Bakker en Vroon 1999) is volgens het WIB-C systeem gebaseerd op een 10% droog jaar, waardoor de laagste grondwaterstand (LG3= gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden in een 10% droog jaar) aan het

eind van het groeiseizoen beneden het GLG-niveau komt te liggen. Voor de meeste open zandgronden (gronden zonder storende lagen) ligt de LG3 in een 10% droog jaar 15 à 35 cm lager dan het GLG-niveau. Aangezien de fluctuatiegrootte (GLG-GHG) van het grondwater in bosgebieden sterk kan variëren, heeft men deze geschematiseerd tot de volgende vijf standaardklassen: 60, 80, 100, 120 en 140 cm (Vroon 2000). Ook heeft men de LG3-waarden in combinatie met de bovengenoemde standaardklassen geschematiseerd tot klassen 15 à 35 cm lager dan het GLG-niveau (tabel 6). Voor dit gebied hebben wij aan de hand van veldschattingen en toetsingen aan de hand van gemeten standen in boorgaten en grondwaterstandsbuizen de fluctuatie van het grondwater per boorpunt ingedeeld in een bepaalde standaardklasse.

Tabel 6

Standaardklasse voor de fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG) in combinatie met de standaardklasse voor de LG3-waarden, die gebruikt worden voor vaststellen van gestandaardiseerde groeigrafieken.

Standaardklasse voor de fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG in cm)	Standaardklasse voor de LG3-waarde (cm)
60	15
80	20
100	25
120	30
140	35

2.4.4 Boomsoorten

Voor het toekennen van een gestandaardiseerde houtbijgroeigrafiek aan een opstandsvak is naast de bodemgesteldheid ook de boomsoort(en)samenstelling van belang.

Voor het samenstellen van de landelijke reeks van gestandaardiseerde houtbijgroeigrafieken heeft men het aantal boomsoorten geschematiseerd tot de volgende tien standaardsoorten: Corsicaanse den, populier, esdoorn, Amerikaanse eik, zomereik, beuk, grove den, douglas, Japanse lariks en fijnspar (Vroon 2000).

De verbreiding van de verschillende bosopstanden wordt meestal weergegeven op een 'opstandskaart'. Het onderzoek naar de boomsoortensamenstelling van ieder opstandsvak waarin de boringen zijn gelegen, valt buiten dit onderzoek. Hierdoor is het niet mogelijk om aan iedere boorlocatie een groeigrafiek toe te kennen die hoort bij een voor die locatie vastgestelde standaardboomsoort.

2.5 Dwarsdoorsneden

In het onderzoeksgebied liggen drie raaien (afbeelding 2) van circa 14 km lang met een centraal middelpunt (snijpunt). Dat ligt in Aekingerzand midden in het puttenveld van het pompstation. Langs iedere raai zijn op een afstand van ongeveer 500 m 24 of 25 grondboringen verricht en profielbeschrijvingen gemaakt die vervolgens bodemkundig/bodemfysisch zijn geschematiseerd in 24 of 25 profielen. Deze bodemprofielen 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 grondwaterstand. De boorlocaties zijn in het veld met een GPS vastgelegd.

Voor het karakteriseren van de onderscheiden bodemhorizonten in de dwarsdoorsneden is gebruik gemaakt van de coderingen (tabel 7) uit de Staringreeks (Wösten et al. 1987), aangevuld met relevante hydrologisch informatie die bij het beschrijven van de bodemprofielen in het veld is meegenomen.

Tabel 7*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 : Kleiig 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 dienen de boringen bij voorkeur in een rechte lijn genomen te worden. Soms is dat niet mogelijk, omdat bijvoorbeeld Staatsbosbeheer bij aanvang van de kartering had meegedeeld dat we niet mochten boren in of in de nabijheid van de vennen. Hierdoor liggen enkele boringen even buiten de raai, zoals de boringen 3 en 4 in raai C-C1. Verder hebben we ook niet geboord op campings of in andere recreatiegebieden, omdat op die locaties de bodem ernstig verstoord kan zijn.

Naast een bodemkundige/bodemfysische schematisering van de bodemprofielen is van iedere raai ook een dwarsdoorsnede van de maaiveldhoogte en de grondwaterstand ten opzichte van N.A.P. gemaakt. Het is het wenselijk dat bij de keuze van de boorlocatie in het boorgat wel freatisch grondwater wordt gemeten. Als

gevolg hiervan is afstand tussen sommige boringen iets ruimer (stuifduinen in het Aekingerzand, afstand tussen boring 11 en 12 (afbeelding 5) in raai C-C1)) genomen.



Afbeelding 5

Stuifduinen in het Aekingerzand in raai C-C1 bij boorlocatie 12.

Bij de ligging van de boringen 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 6 in raai A-A1, die op grond hiervan net iets buiten de raai ligt.

Voor het maken van een dwarsdoorsnede van de freatische grondwaterstand is het ook van belang dat de grondwaterstanden in de boorgaten zoveel mogelijk op één moment worden gemeten. Dit bleek voor ons logistiek echter niet mogelijk, waardoor we hebben gekozen om de grondwaterstanden in de boorgaten van iedere raai afzonderlijk op 1 dag te meten. De 3 dagen waarop wij de grondwaterstanden in de boorgaten langs de raaien A-A1, B-B1 en C-C1 hebben gemeten, zijn respectievelijk 12-04-2010, 14-04-2010 en 21-04-2010. De grondwaterstand gemeten in boorgat 12 in raai A-A1, die ligt op het snijpunt van de drie raaien (afbeelding 1), is op elke meetdatum gemeten. Hierdoor zijn langs de raaien B-B1 en C-C1 geen 24, maar 25 grondwaterstanden gemeten, waarbij boorlocatie 13 langs de raaien B-B1 en C-C1 identiek is aan boorlocatie 12 in raai A-A1.

Tijdens de opname van de grondwaterstand in de boorgaten varieerde de gemeten grondwaterstand in de boorgaten tot net iets boven en onder het GVG-niveau op 12-04-2010 tot enkele decimeters onder het GVG-niveau op 21-04-2010. Dit is vastgesteld aan de hand van gemeten grondwaterstanden in de stambuizen (afbeelding 3).

Uit het onderhavige onderzoek en uit een eerder uitgevoerd bodemkundig-hydrologisch onderzoek van een deel van het onderzoeksgebied (Vroon 1990) is gebleken dat in een deel van het gebied, als gevolg van het voorkomen van weerstandbiedende lagen (b.v. keileem (afbeelding 6), gliede, lössleem of een kazige B-horizont) in het bodemprofiel, stijghoogteverschillen of schijngrondwaterspiegels voorkomen.



Afbeelding 6

Zware keileem (grauw grijze bodemhorizont links boven op de foto) in het bodemprofiel van boring 2 in raai C-C1.

Dit betekent dat de freatische grondwaterstand tijdens de opname van de grondwaterstand in sommige situaties al door de weerstandbiedende laag was gezakt, waardoor het effect van deze laag op de grondwaterstand niet kon worden gemeten. Bij het schatten van de Gt is hiermee echter wel rekening gehouden.

Indien men tijdens het boren vermoedde dat de weerstandbiedende laag mogelijk invloed had op de hoogte van de grondwaterstand tijdens de meting, zijn er twee boorgaten gemaakt. De diepte van één boring reikt dan tot aan de weerstandbiedende laag en de andere boring reikt tot onder deze laag. Indien een verschil in grondwaterstand is gemeten, is de grondwaterstand die is gemeten in het boorgat die reikt tot aan de weerstandbiedende laag als freatische grondwaterstand in de dwarsdoorsnede, meegenomen. We moeten hierbij nog opmerken 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 grondwaterstand van de zowel onder als boven 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 (5 m 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 wijze is ook de gemeten grondwaterstand in cm maaiveld omgezet naar een grondwaterstand ten opzichte van N.A.P.

Tijdens de veldopname zijn een aantal oorzaken vastgesteld (b.v. uitgevoerde waterbeheersingsmaatregelen, reliëf, beregening e.d.) die naast de mogelijke invloed van de grondwaterwinning ook van invloed kunnen zijn op de verschillen tussen het huidige en voormalige GHG/GLG-niveau. Deze informatie (indien relevant) hebben we per raai en per boorlocatie in een tabel weergegeven. Ook hebben we van iedere 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 fluctuatiegrootte van de grondwaterstand en de doorwerking van de verlaging vanuit het watervoerende pakket waaruit grondwater wordt gewonnen naar de freatische grondwaterstand.

3 Resultaten

3.1 Bodem en grondwatertrappen

De resultaten van de onderscheiden bodemtypen en grondwatertrappen in het onderzoekgebied staan vermeld in bijlage 3. Voor een verklaring en beschrijving van de gebruikte coderingen en begrippen verwijzen we 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 voor de locaties die niet in bos zijn gelegen

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 een 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: 15, 20, 25, 30, 35 en 40 cm (bijlage 1).

Op basis van de in paragraaf 2.3.1.2 beschreven relatie, voor het toekennen van een standaardvochtkarakteristiek aan de effectieve wortelzone, zijn in dit gebied vier verschillende standaardvochtkarakteristieken onderscheiden: A, B, C en E (bijlage 1). De gegevens die bij deze vochtkarakteristieken horen zijn weergegeven in tabel 8.

Tabel 8

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

Nr.	Vochtkarakteristiek DLO-Staring centrum- indeling	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
16	(I-1-5)	E	61	58	57	56	54	49	40	39	35	28	23	20	17	16

3.2.1.2 Ondergrondtypering

De toedeling van de ondergrondopbouw naar één van de elf TCGB-standaardondergrondtypen heeft geresulteerd in zes verschillende standaardondergrondtypen: 2, 3, 4, 8, 9 en 11 (tabel 9 en bijlage 1). In tabel 9 staat ook weergegeven uit welke bouwstenen de onderscheiden ondergrondtypen zijn opgebouwd.

Tabel 9

Onderscheiden standaardondergrondtypen volgens de TCGB-indeling.

Tabel-code	Profielopbouw van de ondergrond
2	Homogeen leemarm zand; kritieke Z= 70 cm (De Laat L22)
3	" leemarm zand; kritieke Z= 90 cm (Staringreeks O1)
4	" zwak lemig zand; kritieke Z= 110 cm (Staringreeks O2)
8	Leemlaag vanaf 25 cm beneden de effectieve wortelzone en doorlopend tot 60 cm beneden de effectieve wortelzone
9	Leemlaag vanaf 60 cm beneden de effectieve wortelzone en doorlopend tot 100 cm beneden de effectieve wortelzone
11	Moerige laag tot 20 cm beneden de effectieve wortelzone

3.2.2 Hydrologische gegevens

Voor het vaststellen van de grootte en omvang van de freatische grondwaterstandsverlagingen door diverse hydrologische ingrepen, hebben we ondermeer de absolute waarden van de voormalige GHG, GLG en de huidige GHG, GVG en GLG nodig. Deze gegevens staan vermeld in bijlage 1. De geschatte absolute waarde voor het voormalige GHG- en/of GLG-niveau is niet meer dan een indicatie van het toenmalige gemiddelde laagste freatisch grondwaterregiem en dient met de nodige zorgvuldigheid geïnterpreteerd te worden.

Uit de resultaten van de geschatte huidige GHG- en GLG-waarden in het veld aangevuld met de gegevens van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen blijkt, dat de fluctuatiegrootte (GLG-GHG) van het grondwater varieert van circa 60 tot meer dan 180 cm. De grootte van de fluctuatie hangt ondermeer af van de waterbeheersing (bijv. wel of geen drainage), de ligging van de boring (natuur versus landbouw) en het voorkomen van weerstandbiedende lagen in het fluctuatietraject van het freatische grondwater. Verder speelt ook de berging van het bodemprofiel een belangrijke rol in de grootte van de fluctuatie.

3.3 Rekengegevens; resultaten van de verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens voor de locaties die in bos zijn gelegen

3.3.1 Voedingstoestand rond de boorlocaties

De voedingstoestand is afgeleid uit de vegetatie die voorkomt op de locatie van de boring.

We hebben op de meeste boslocaties een vrij lage voedingstoestand (gradatie 4) onderscheiden (bijlage 2).

Alleen op de locatie van boring nummer 7 langs raai C-C1 hebben we een matige voedingstoestand (gradatie 3) onderscheiden.

3.3.2 Bodemfysische gegevens

3.3.2.1 Dikte van de effectieve bewortelingsdiepte

De toedeling van de effectieve bewortelingsdiepte per boorpunt naar één van de vier standaarddikten is gebeurd op basis van bodemeenheid, verwerkingsgraad, het voorkomen van storende lagen en de aanwezigheid van boomwortels. In het gebied zijn vier standaarddikten onderscheiden: 50, 70, 90 en 110 cm.

3.3.2.2 Vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte

De berekende volumefracties beschikbaar vocht per standaarddikte hebben we door afronding toegedeeld naar één van de vier standaardklassen voor de volumefracties beschikbaar vocht. Per standaarddikte zijn één of meer waarden uit de standaardklasse voor de volumefractie beschikbaar vocht onderscheiden (tabel 10 en bijlage 2)

Tabel 10

Onderscheiden standaarddikten voor de effectieve bewortelingsdiepte in combinatie met de onderscheiden standaardklassen voor de volumefractie beschikbaar vocht

Standaarddikte voor de effectieve bewortelingsdiepte (cm)	Standaardklasse voor de Volumefractie beschikbaar vocht (mm)			
50	30	50	70	90
70	50		90	110
90	70			130
110	90			

3.3.2.3 Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond

Met behulp van het computermodel VPOS hebben we van ieder boorpunt een kritieke z-afstand berekend. De toedeling van deze z-afstanden naar één van de vijf standaardklassen heeft geresulteerd in vier klassen; 50, 70, 90 en 110 cm (bijlage 2).

3.3.2.4 Hydrologische gegevens

Uit de resultaten van de geschatte GHG- en GLG-waarden in het veld aangevuld met de gegevens van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen blijkt, dat de fluctuatiegrootte (GLG-GHG) van het grondwater in het bosgebied gedurende het groeiseizoen varieert van 90 tot meer dan 140 cm.

De fluctuatie van het freatische grondwater is in de natuurgebieden voor de 'open profielen' iets groter dan de fluctuatie in het landbouwgebied in verband met het nagenoeg ontbreken van ont- en afwateringsmiddelen.

De toedeling van de vastgestelde fluctuatiegrootte van het grondwater per boorpunt naar één van de vijf standaardklassen heeft geresulteerd in drie klassen: 100, 120 en 140 cm (bijlage 2).

3.4 Dwarsdoorsneden

In het onderzoeksgebied zijn een groot aantal percelen meer of minder intensief gedraineerd. Ook komen in het fluctuatietraject van het freatische grondwater op een groot aantal locaties weerstandbiedende lagen in de vorm van keileem-, lössleem-, waterhardlagen, kazige B-horizonten en dichte pakkingen voor. Deze hebben invloed op de hoogte en fluctuatiegrootte van de freatische grondwaterstand. Deze informatie voor het tussenliggende gebied in de raaien ontbreekt. Daarom is het niet zinvol om de grondwaterstand voor het tussenliggende gebied plausibel te interpoleren. Met de opdrachtgever is afgesproken dat in de dwarsdoorsneden alleen de maaiveldhoogtes (ten opzichte van N.A.P.) en de gemeten grondwaterstanden (ten opzichte van N.A.P.) ter plekke van de boorlocaties worden gepresenteerd.

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek zijn er door weerstandbiedende lagen (veelal keileem) in het bodemprofiel op sommige plaatsen schijngrondwaterspiegels gemeten. Indien deze lagen dieper in het profiel zijn aangetroffen, zijn er soms ook stijghoogteverschillen gemeten. Dit is zowel in boorgaten als ook in grondwaterstandsbuizen geconstateerd. 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).

3.4.1 Raai A-A1

In afbeelding 10 en in bijlage 3 staat de hoogte van het maaiveld weergegeven en de gemeten grondwaterstand in de boorgaten op 12-04-2010. Uit afbeelding 10 blijkt dat de hoogte van het maaiveld helt vanaf het oosten (Hoogersmilde, afbeelding 7) richting het westen (Elsloo, afbeelding 8).



Afbeelding 7

Landbouwgronden in de omgeving van Hoogersmilde (boring 24 in raai A-A1).



Afbeelding 8

Relatief laag gelegen landbouwgronden even ten westen van Elsloo (boring 1 in raai A-A1).

De freatische grondwaterstand volgt hierbij globaal het maaiveld. In het puttenveld van het pompstation (boorlocatie 12) is visueel een verlaging van de grondwaterstand waar te nemen, veroorzaakt door de grondwaterwinning. Verder blijkt uit de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen (afbeelding 11) dat op dertien locaties (boring 1, 2, 3, 5, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20 en 24) binnen boorbereik weerstandbiedende lagen voorkomen, zoals keileem-, lössleem-, waterhard- compacte veenlagen en een dichte pakking van de minerale ondergrond in het bodemprofiel. Deze hebben meer of minder invloed op de hoogte en de fluctuatiegrootte van de freatische grondwaterstand. Daarnaast 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 bij twaalf boringen (1, 2, 3, 5, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 20, en 24) tijdens het GHG-moment aanzienlijk groter is dan tijdens het GLG-moment, dient 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.

Op een aantal locaties zijn door weerstandbiedende lagen die mogelijk invloed hebben op de hoogte van de freatische grondwaterstand tijdens de opname van de grondwaterstand, twee boorgaten gemaakt. Bijvoorbeeld op boorlocatie nummer 1. In de twee boorgaten werd een verschil van 9 cm gemeten. Het boorgat dat reikte tot aan de lössleemlaag (afbeelding 11) gaf de laagste (kwel)grondwaterstand (76 cm beneden maaiveld). De boorgaten lagen circa 50 cm van elkaar verwijderd. Op locatie 3 vonden we ook een verschil in grondwaterstand. Hier werd op een diepte van ongeveer 85 cm beneden maaiveld een dichte en versmeerde veenlaag (afbeelding 11) gevonden met kwel onder deze laag. In de boring die reikte tot aan de veenlaag werd een grondwaterstand van 73 cm beneden maaiveld gemeten die circa 6 cm dieper was dan de grondwaterstand (67 cm beneden maaiveld) in het boorgat die tot enkele decimeters onder deze laag was uitgeboord. Op boorlocatie 5 hebben we ook in twee boorgaten een verschil in grondwaterstand gemeten. Op deze locatie werd op een diepte van circa 130 cm beneden maaiveld een dikke stagnerende lössleemlaag (afbeeldingen 9 en 11) aangetroffen. In het boorgat dat reikte tot aan de lössleemlaag werd een grondwaterstand van 87 cm beneden maaiveld gemeten en in het boorgat waar door deze laag was geboord een grondwaterstand van 132 cm beneden maaiveld.

We hebben deze boorgaten (geldt ook voor de reeds behandelde locaties) circa 1 week open laten liggen voordat de grondwaterstand werd gemeten. Ook hier lagen de boringen ongeveer 50 cm van elkaar verwijderd.



Afbeelding 9

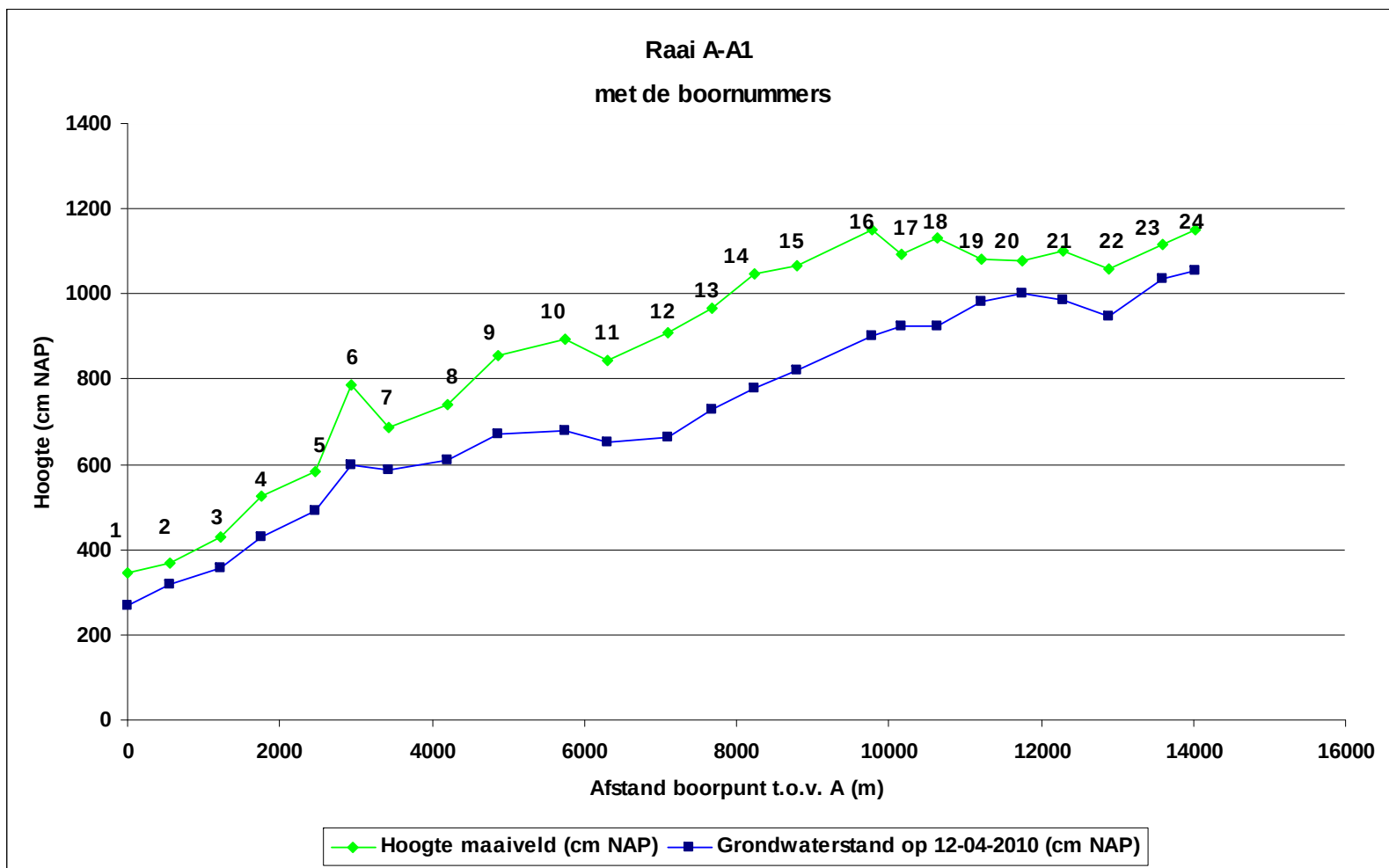
Stagnerende lössleemlaag (donkergrijze laag links op de foto) in het bodemprofiel van boring 5 in raai A-A1.

Er zijn in het gebied langs raai A-A1 vanaf het begin van de jaren 60 van de vorige eeuw in de buurt van Elsloo en Hoogersmilde bij diverse ruilverkavelingen grootschalige egalisatiewerkzaamheden en ont-/afwateringswateringsmaatregelen uitgevoerd. Hierdoor kan de hydrologische situatie lokaal aanzienlijk zijn gewijzigd. In de drogere landbouwgebieden langs deze raai (globaal vanaf boornummer 4) wordt lokaal beregend. Even ten zuiden van de Kloosterweg is in het begin van de jaren zeventig van de vorige eeuw een diepe leiding gegraven. In tabel 11 zijn van raai A-A1 per boorlocatie (indien relevant) een aantal oorzaken vermeld die van invloed kunnen zijn op de verschillen tussen het huidige en voormalige GHG/GLG-niveau.

Tabel 11

Oorza(a)k(en) per boorpunt (indien relevant) die naast de mogelijke winningsinvloeden ook van invloed kunnen zijn op de verschillen tussen het huidige en voormalige GHG-/GLG-niveau.

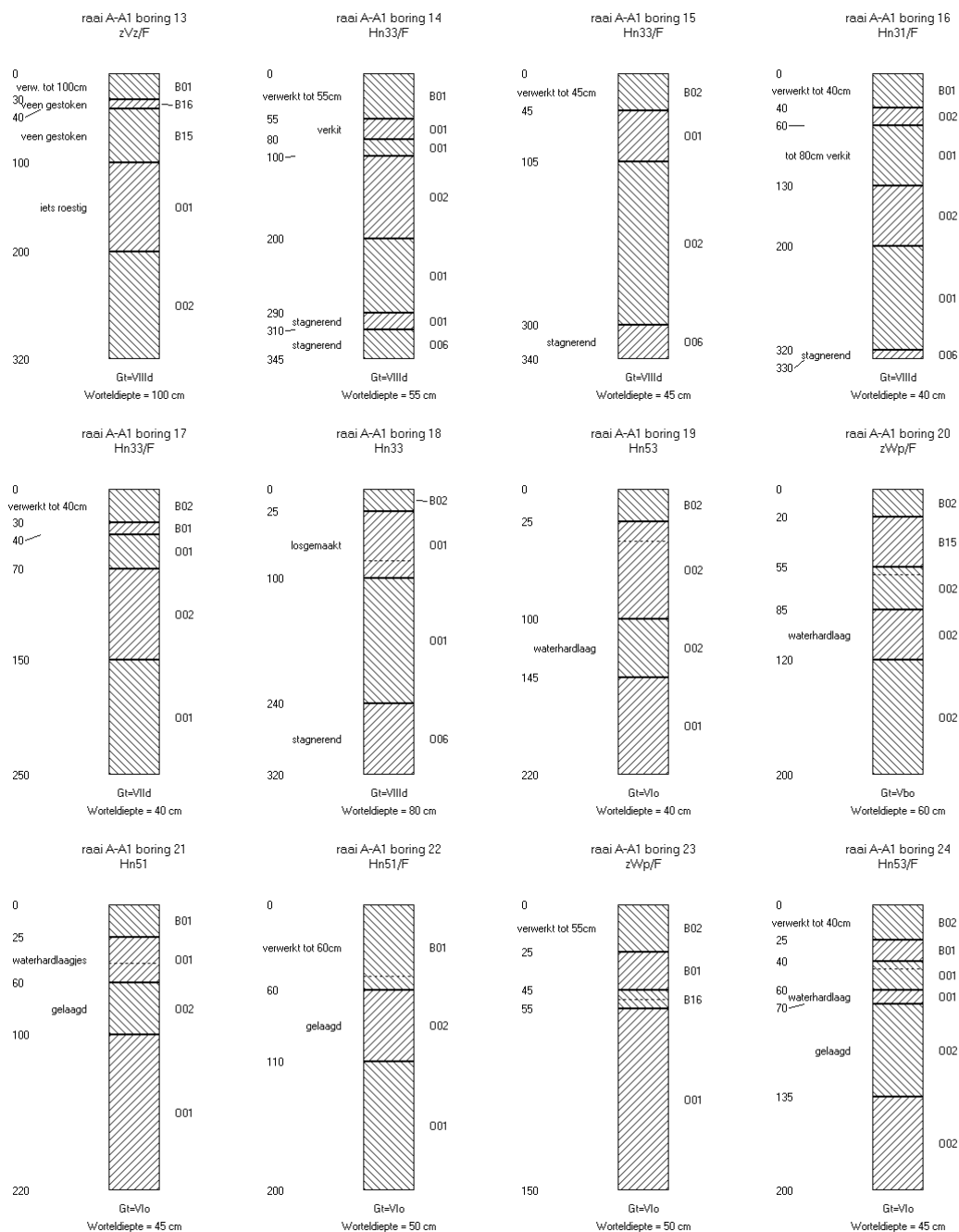
Raai-A-A1	Oorza(a)k(en)
Boornummer	
1	Boorlocatie in perceel, waar in het kader van de rvk in het begin van de jaren 60 uit de vorige eeuw grootschalige egalisatiewerkzaamheden en ont-/afwateringswateringsmaatregelen zijn uitgevoerd. Perceel is gedraineerd.
2	Boorlocatie in perceel, waar in het kader van de rvk in het begin van de jaren 60 uit de vorige eeuw grootschalige egalisatiewerkzaamheden en ont-/afwateringswateringsmaatregelen zijn uitgevoerd. Perceel is gedraineerd.
3	Boorlocatie in perceel, waar in het kader van de rvk in het begin van de jaren 60 uit de vorige eeuw grootschalige egalisatiewerkzaamheden en ont-/afwateringswateringsmaatregelen zijn uitgevoerd. Perceel is gedraineerd.
4	Boorlocatie in vlak, waar in het kader van de rvk in het begin van de jaren 60 uit de vorige eeuw afwateringswateringsmaatregelen zijn uitgevoerd. De boorlocatie ligt vlak bij een in de zomer droogvallende afwateringssloot.
5	Boorlocatie ligt in een diep verwerkt perceel vlak bij een afwateringssloot, die zomers veelal droog valt. Het perceel heeft een relatief lage ligging ten opzichte van de aanliggende percelen, waardoor in de winter lokale kwel kan optreden.
6	Relatief hoog gelegen locatie ten opzichte van de omgeving. Aangrenzend ligt een laag gelegen en nat perceel met slecht onderhouden afwateringssloten.
10	Vlak bij de boorlocatie ligt een relatief diep gelegen niet watervoerende afwateringssloot.
11	De boorlocatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn.
12	Boorlocatie is gelegen in het puttenveld van het pompstation. De locatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn. In de ondergrond zijn binnen boorbereik zware keilemlagen aangetroffen die invloed hebben op de doorwerking van de grondwaterstandsverlaging.
13	Relatief laaggelegen plek in bos. Afgestoven maar met veen. Waarschijnlijk ooit nog veen gestoken. Nog een vage sloot aanwezig die geen afvoerfunctie meer heeft.
15	Relatief hooggelegen veldpodzolgrond. Op de scheiding van landbouwgrond en bos wel diepe afvoersloten aanwezig, maar deze staan nagenoeg droog. Wel in de omgeving depressies aanwezig met natte vegetatie, waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van ligging en de aanwezigheid van verkitten B-horizonten.
18	Droge, relatief hooggelegen veldpodzolgrond. In de omgeving wel goede onderhouden sloten aanwezig die voor een vlotte afvoer van overtollig neerslagwater zorgen.
19	Relatief laaggelegen zandgrond die redelijk tot goed is ontwaterd. Sloten zijn goed onderhouden.
20	Relatief laaggelegen zandgrond met veenresten. Door inzaai is de grond enigszins verslempd. Ook zijn er in het profiel waterhardlagen aangetroffen. De grond oogt nat, ondanks die redelijk tot goede ontwatering. Sloten zijn goed onderhouden.
21	Goed ontwaterde bouwlandpercelen met goede afvoersloten. De akkerbouwer heeft de meeste percelen gedraineerd.
22	Goed ontwaterde zandgronden met redelijk tot goed onderhouden sloten. De sloten komen uit in een grote afwateringssloot (Tilgup). Aan de Leemdijk staat een gemaal die het water in de Opsterlandse Compagnonsvaart pompt.
23	Redelijk tot goed ontwaterde maar laaggelegen moerige zandgrond grenzend aan afvoerleiding. Perceel is gedraineerd.
24	Goed ontwaterde zandgrond. De gronden wateren af op de zuidelijk gelegen afvoerleiding. Perceel is gedraineerd.



Afbeelding 10

Hoogte van de grondwaterstand ten opzichte van N.A.P. gemeten in de boorgaten van raai A-A1.





Afbeelding 11

Geschematiseerde boorprofielen van de boringen in raai A-A1.

3.4.2 Raai B-B1

In afbeelding 14 en in bijlage 3 staat de hoogte van het maaiveld weergegeven en de gemeten grondwaterstand in de boorgaten op 14-04-2010. Uit afbeelding 14 blijkt dat de hoogte van het maaiveld flauw helt vanaf het zuidoosten (Hoogersmilde, afbeelding 2) richting het noordwesten (Oosterwolde).



Afbeelding 12

Het relatief hoog gelegen bosgebied even ten zuidwesten van Hoogersmilde bij boorlocatie 24 in raai B-B1.

De freatische grondwaterstand volgt hierbij enigszins het maaiveld. In het puttenveld van het pompstation (boorlocatie 13) is visueel een verlaging van de grondwaterstand waar te nemen die globaal doorloopt tot aan boorlocatie 16. In de afbeelding zijn ook twee waterscheidingen te zien bij locatie 4 en tussen de locaties 10 en 11. Uit de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen (afbeelding 15) blijkt dat op twaalf locaties (boring 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 18, 20, 23 en 25) binnen boorbereik weerstandbiedende lagen voorkomen, zoals keileem-, compacte veenlagen en een dichte pakking van de minerale ondergrond die meer of minder invloed hebben op de hoogte en de fluctuatiegrootte van de freatische grondwaterstand. Voorts 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 bij negen boringen (4, 5, 7, 12, 13, 14, 18, 20, en 25) tijdens het GHG-moment aanzienlijk groter is dan tijdens het GLG-moment, dient men bij een eventuele toekenning van een bepaalde verlaging van de grondwaterstand rekening te houden met dat GHG op deze locaties minder is verlaagd dan de GLG.

In het gebied langs raai B-B1 is in het begin van de jaren 70 van de vorige eeuw in de omgeving van het buurschap Langedijke en Oosterwolde een aantal egalisatiewerkzaamheden en ont-

/afwateringswateringsmaatregelen (afbeelding 13) in het kader van de ruilverkaveling Ooststellingwerf-zuid uitgevoerd. Hierdoor kan de hydrologische situatie lokaal aanzienlijk zijn gewijzigd.



Afbeelding 13

Uitgevoerde afwateringswerkzaamheden in het kader van de ruilverkaveling Oosterwolde-zuid nabij boring 1 in raai B-B1.

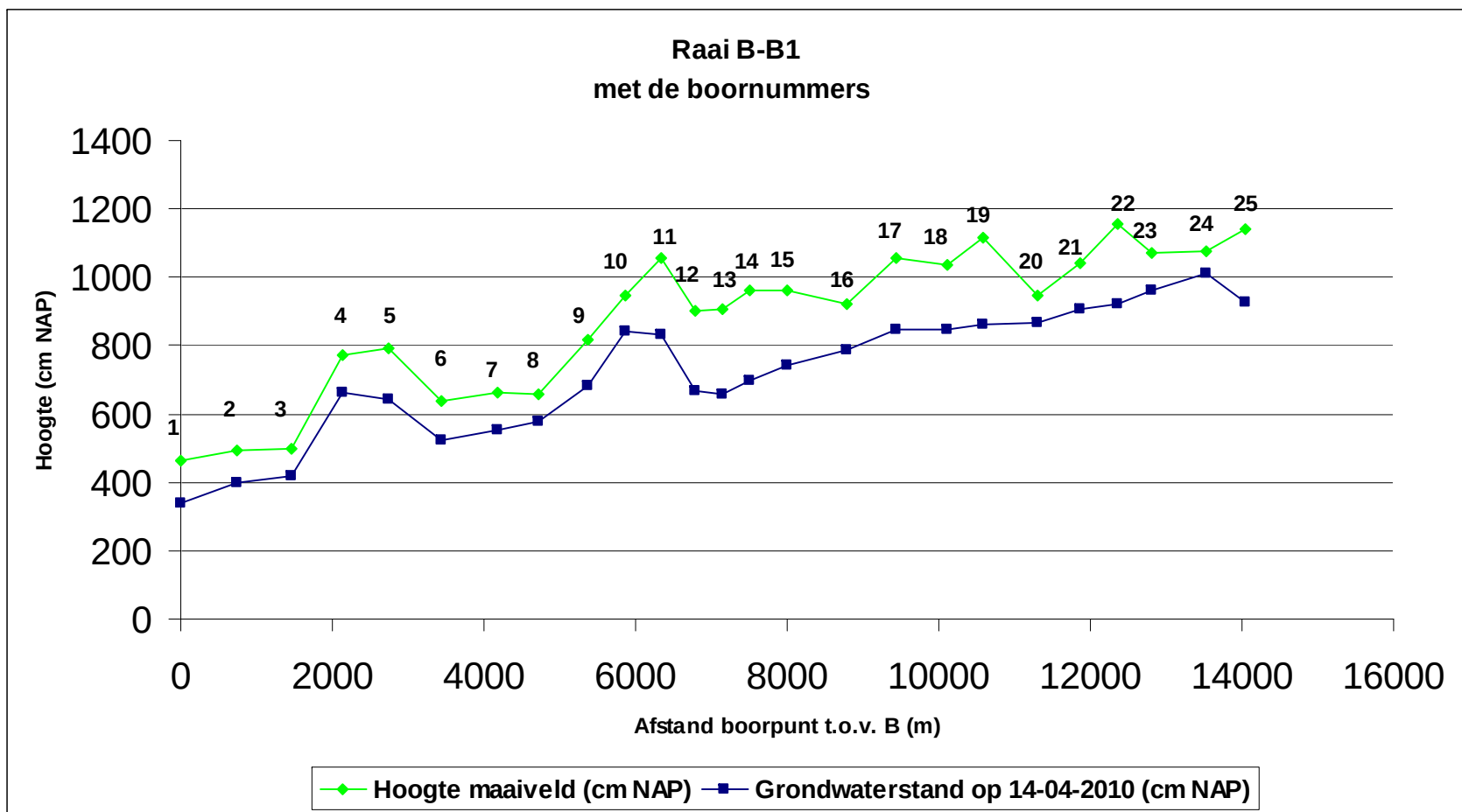
In de drogere landbouwgebieden gebieden langs deze raai wordt lokaal beregend. De landbouwgronden die in het buurtschap Oude Willem liggen, worden niet beregend. Vanaf het begin van de jaren 70 van de vorige eeuw zijn in deze landbouwenclave geen ont- en afwateringswerkzaamheden meer uitgevoerd.

In tabel 12 is van raai B-B1 per boorlocatie (indien relevant) een aantal oorzaken vermeld die van invloed kunnen zijn op de verschillen tussen het huidige en voormalige GHG-/GLG-niveau.

Tabel 12

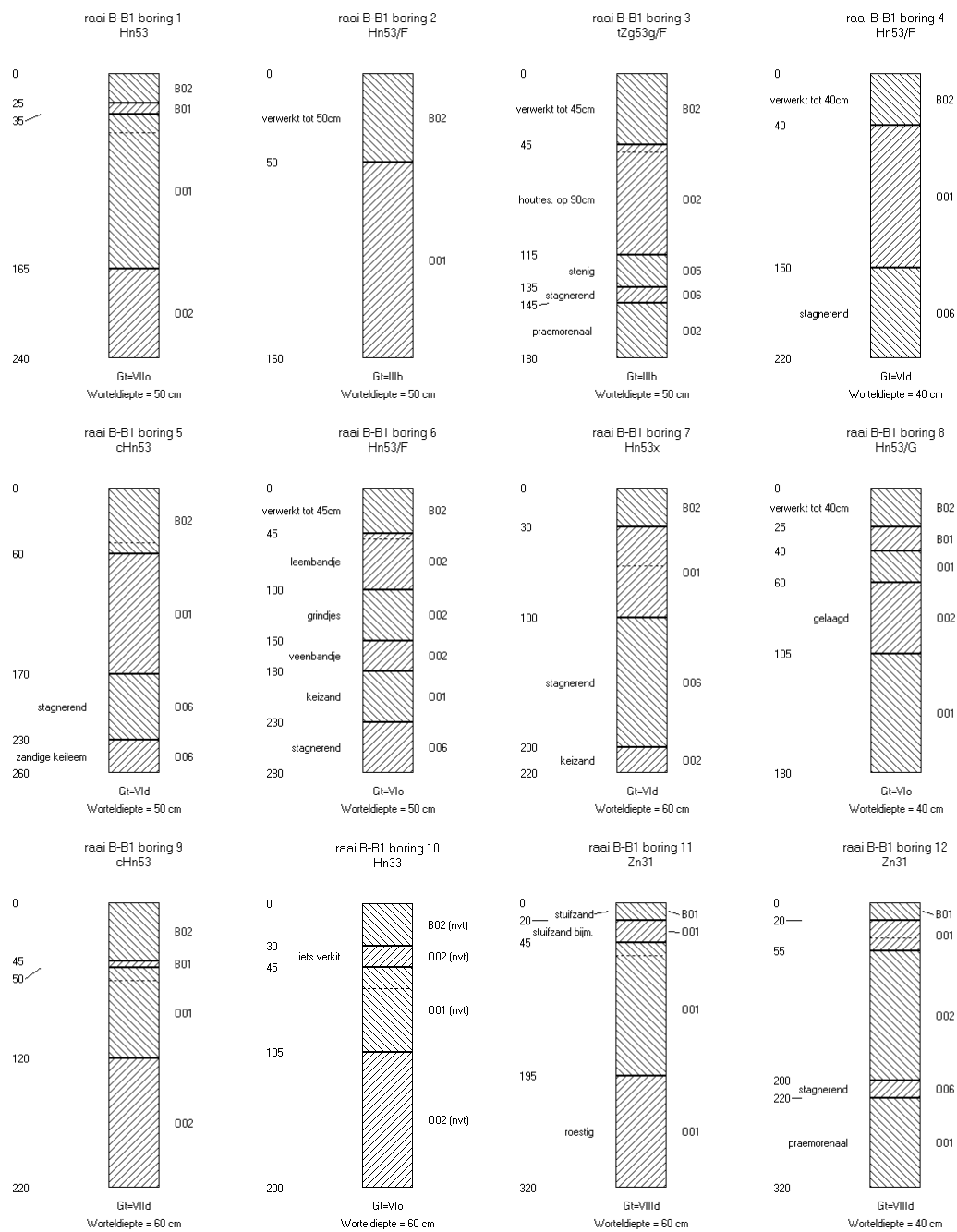
Oorza(a)k(en) per boorpunt (indien relevant) die naast de mogelijke winningsinvloeden ook van invloed kunnen zijn op de verschillen tussen het huidige en voormalige GHG-/GLG-niveau.

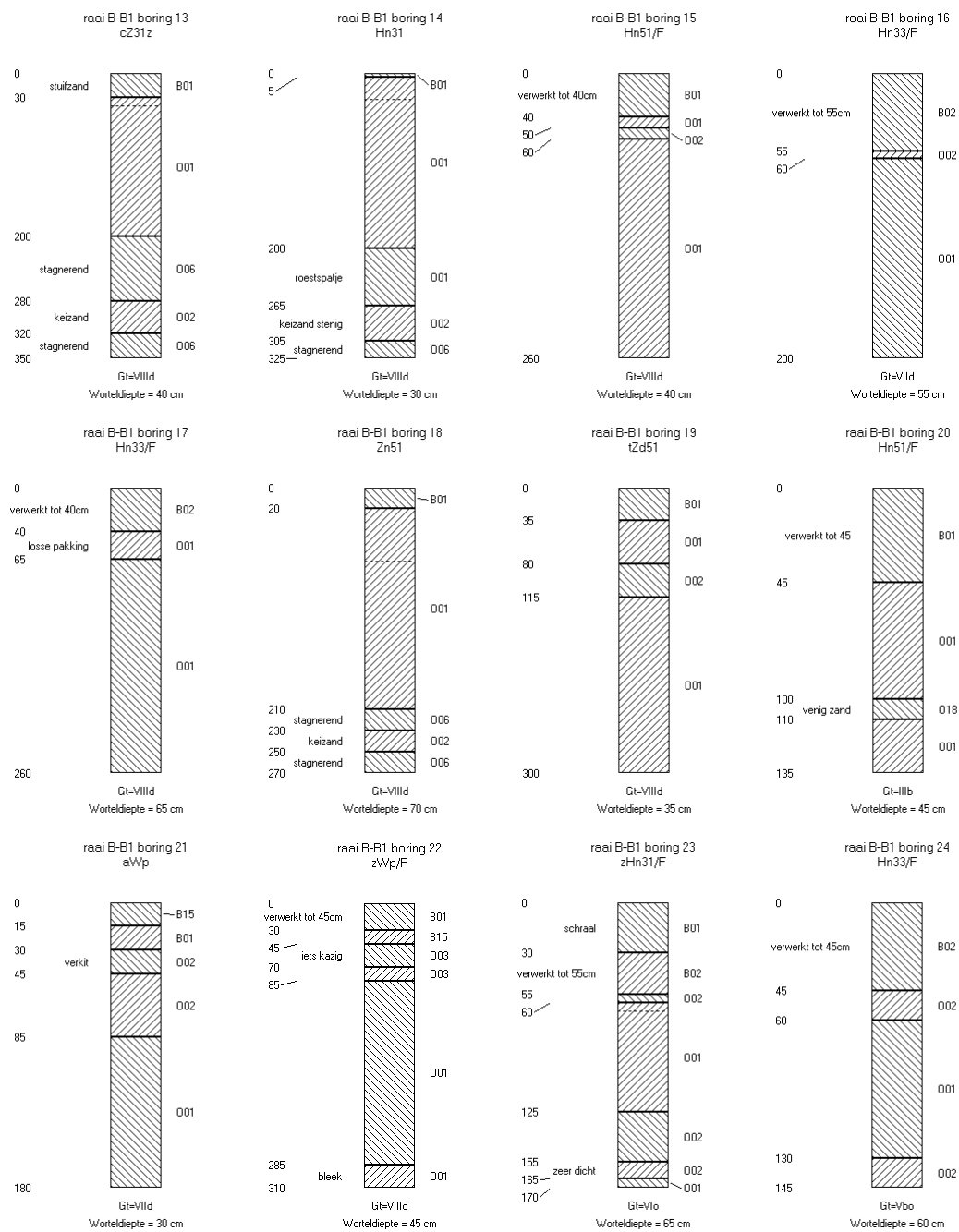
Raai-B-B1	Oorza(a)k(en)
Boornummer	
1	Relatief hoge zandrug grenzend aan het Kleindiep. De gronden watereren af op het Kleindiep dat via een gemaal het water in de Opsterlandse Compagnonsvaart pompt. Niet alle tussensloten zijn goed onderhouden.
2	Ontwatering is redelijk via slootjes; weinig diepe leidingen.
3	Gronden wateren rechtstreeks af op het Kleindiep. Door de lage ligging en op de hogere delen door de aanwezigheid van keileem zijn de gronden relatief nat.
4	Hoge kop in het landschap dat natuurlijk afwatert op de lagere delen. Door de kleinschaligheid en het matige onderhoud van de slootje langs houtwallen en elzensingels is de ontwatering matig tot slecht te noemen.
5	Goed ontwaterd en hooggelegen bouwland. De sloten zijn redelijk tot goed onderhouden. De gronden wateren af op het Kleindiep.
6	Redelijk tot goed ontwaterde zandgronden die afwateren op het Kleindiep.
7	Redelijk tot goed ontwaterde zandgronden die het overtollige water via een stelsel van goed onderhouden schouwsloten moet zien kwijt te raken naar het Kleindiep.
8	Redelijk tot goed ontwaterde zandgronden die het overtollige water via een stelsel van goed onderhouden schouwsloten moet zien kwijt te raken naar het Kleindiep.
9	Hooggelegen zandgronden met een paar goed onderhouden diepe schouwsloten.
10	Relatief laaggelegen zandgronden met slecht (bewust?) onderhouden sloten (slootjes).
13	De boorlocatie is gelegen in het puttenveld van het pompstation. De locatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn. In de ondergrond zijn binnen boorbereik zware keileemlagen aangetroffen die invloed hebben op de doorwerking van de grondwaterstandsverlaging.
20	De boorlocatie ligt vlak bij een relatief diepe permanent watervoerende leiding (Kolonievaart). De fluctuatie van de grondwaterstand is vanwege de drainerende invloed van de leiding niet groot (ca. 75 cm).

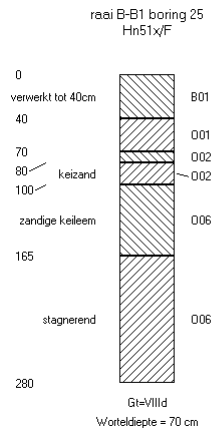


Afbeelding 14

Hoogte van de grondwaterstand ten opzichte van N.A.P. gemeten in de boorgaten van raai B-B1.







Afbeelding 15

Geschematiseerde boorprofielen van de boringen in raai B-B1.

3.4.3 3.4.3 Raai C-C1

In afbeelding 18 en in bijlage 3 staat de hoogte van het maaiveld weergegeven en de gemeten grondwaterstand in de boorgaten op 21-04-2010. Uit de afbeelding blijkt dat het hoogste punt in deze raai ligt in het Aekingerzand (boorlocatie 14, afbeelding 16).



Afbeelding 16

Ligging van het hoogst gelegen punt in raai C-C1 bij boorpunt 14.

Op dit punt is echter tot een boordiepte van 350 cm beneden maaiveld geen grondwaterstand gemeten, waardoor het verloop van de grondwaterstand in de raai bij dit punt dieper ligt dan in de tekening wordt weergegeven. In het puttenveld van het pompstation (boorlocatie 13) is visueel een verlaging van de grondwaterstand waar te nemen die globaal doorloopt tot aan boorlocatie 11. Mogelijk

is de verlaging van de grondwaterstand ook nog bij boorlocatie 14 waar te nemen. Omdat hier geen grondwaterstand is gemeten, kunnen we hierover geen nadere uitspraak doen.

Uit de afbeelding blijkt dat er in het buurtschap Aekinga (boorlocatie 16) een duidelijke waterscheiding is waar te nemen.

Uit de geschematiseerde bodemkundige/bodemfysische profielen (afbeelding 19) blijkt, dat er op zestien locaties (boring 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 24 en 25) binnen boorbereik weerstandbiedende lagen voorkomen, zoals keileem-, lössleem- en compacte veenlagen die meer of minder invloed hebben op de hoogte en de fluctuatiegrootte van de freatische grondwaterstand. Deze lagen hebben 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 bij vijftien boringen (1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 19, 20, 22, 23, 24 en 25) tijdens het GHG-moment aanzienlijk groter is dan tijdens het GLG-moment, dient men bij een eventuele toekenning van een bepaalde verlaging van de grondwaterstand rekening te houden met dat GHG op deze locaties minder is verlaagd dan de GLG.

Op een aantal locaties zijn vanwege weerstandbiedende lagen, die mogelijk invloed hebben op de hoogte van de freatische grondwaterstand tijdens de opname van de grondwaterstand, twee boorgaten gemaakt. Op boorlocatie nummer 1 zijn twee boorgaten gemaakt, waarin een verschil van 87 cm beneden maaiveld werd gemeten. Het boorgat dat reikte tot aan de keileemlaag (afbeelding 19) gaf de hoogste grondwaterstand (80 cm beneden maaiveld). Op locatie 22 werd ook een verschil in grondwaterstand gemeten. Hier werd op een diepte van circa 60 cm beneden maaiveld een zware keileemlaag aangetroffen (afbeelding 19) met kweldruk onder deze laag. In de boring die reikte tot net iets in de keileemlaag werd een grondwaterstand van 95 cm beneden maaiveld gemeten. Dit was ongeveer 5 cm dieper dan de grondwaterstand (90 cm beneden maaiveld) wat werd gemeten in het boorgat die tot enkele decimeters onder deze laag was uitgeboord. De boringen op beide locaties lagen circa 100 cm van elkaar verwijderd.

In het gebied langs raai C-C1 zijn in het begin van de jaren 70 van de vorige eeuw in de buurt van Wateren bij ruilverkaveling ont-/afwateringswateringsmaatregelen uitgevoerd. Hierdoor kan de hydrologische situatie lokaal aanzienlijk zijn gewijzigd. In dit gebied wordt ook lokaal beregend.

In de buurt van Appelscha tot aan het Fochteloërveen zijn in het begin van de jaren 70 van de vorige eeuw grootschalige egalisatiewerkzaamheden en ont-/afwateringswateringsmaatregelen bij de ruilverkaveling Ooststellingwerf-zuid uitgevoerd. Vanaf boorlocatie 23 tot en met 25 (afbeeldingen 2 en 17) zijn onlangs veel gronden gedraineerd in verband met de vernatting en uitbreiding van de aangrenzende natuurgronden (Fochteloërveen). Hierbij zijn ook een aantal sloten gegraven en een aantal kavelsloten verbreed en verdiept.



Afbeelding 17

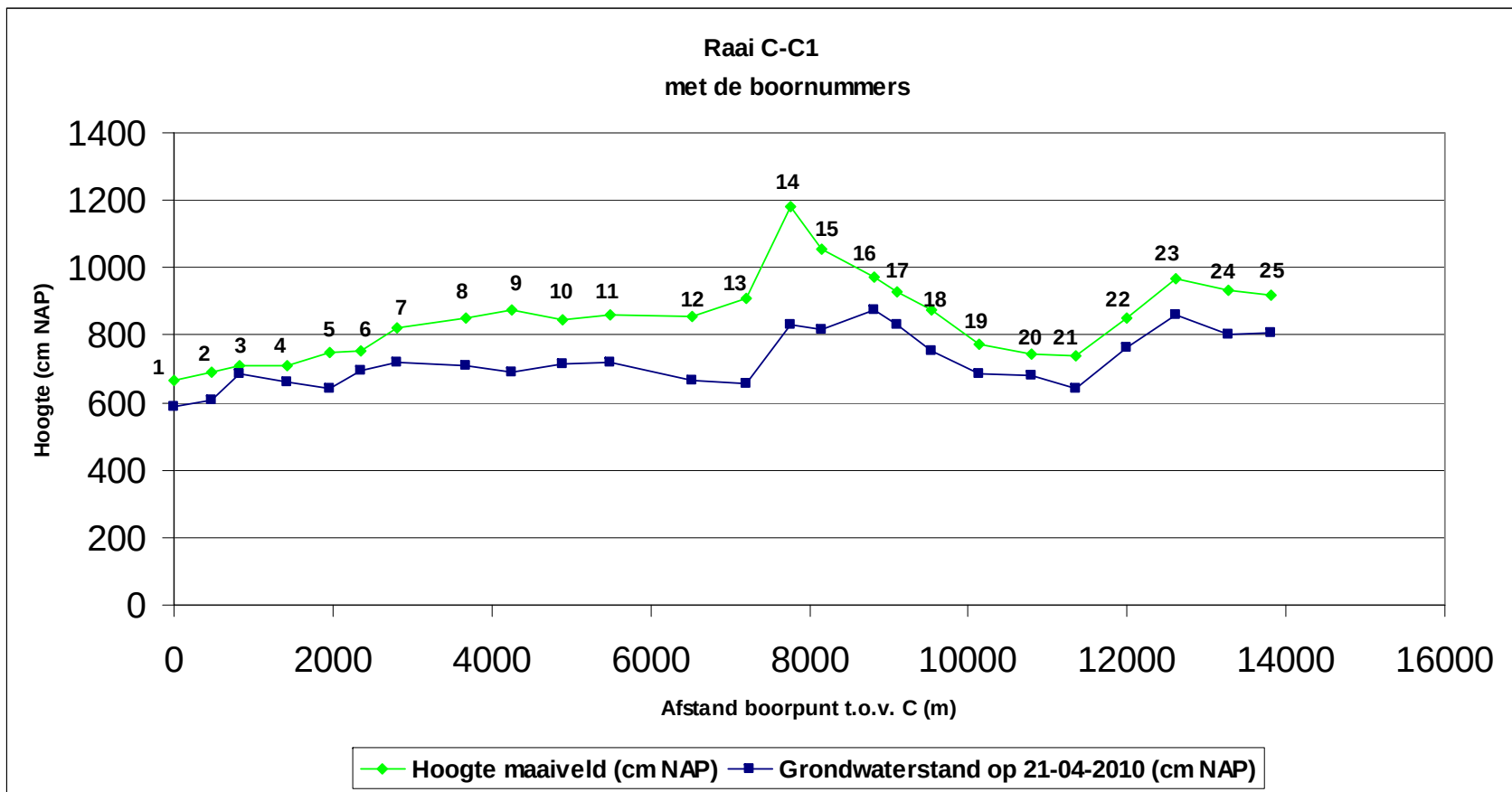
Recentelijk uitgevoerde ont- en afwateringswerkzaamheden in het landbouwgebied in verband met de vernatting en uitbreiding van de aangrenzende natuurgronden in het Fochteloërveen bij boring 25 in raai C-C1.

In dit gebied wordt niet of nauwelijks beregend. In tabel 13 is van raai C-C1 per boorlocatie (indien relevant) een aantal oorzaken vermeld die van invloed kunnen zijn op de verschillen tussen het huidige en voormalige GHG-/GLG-niveau.

Tabel 13

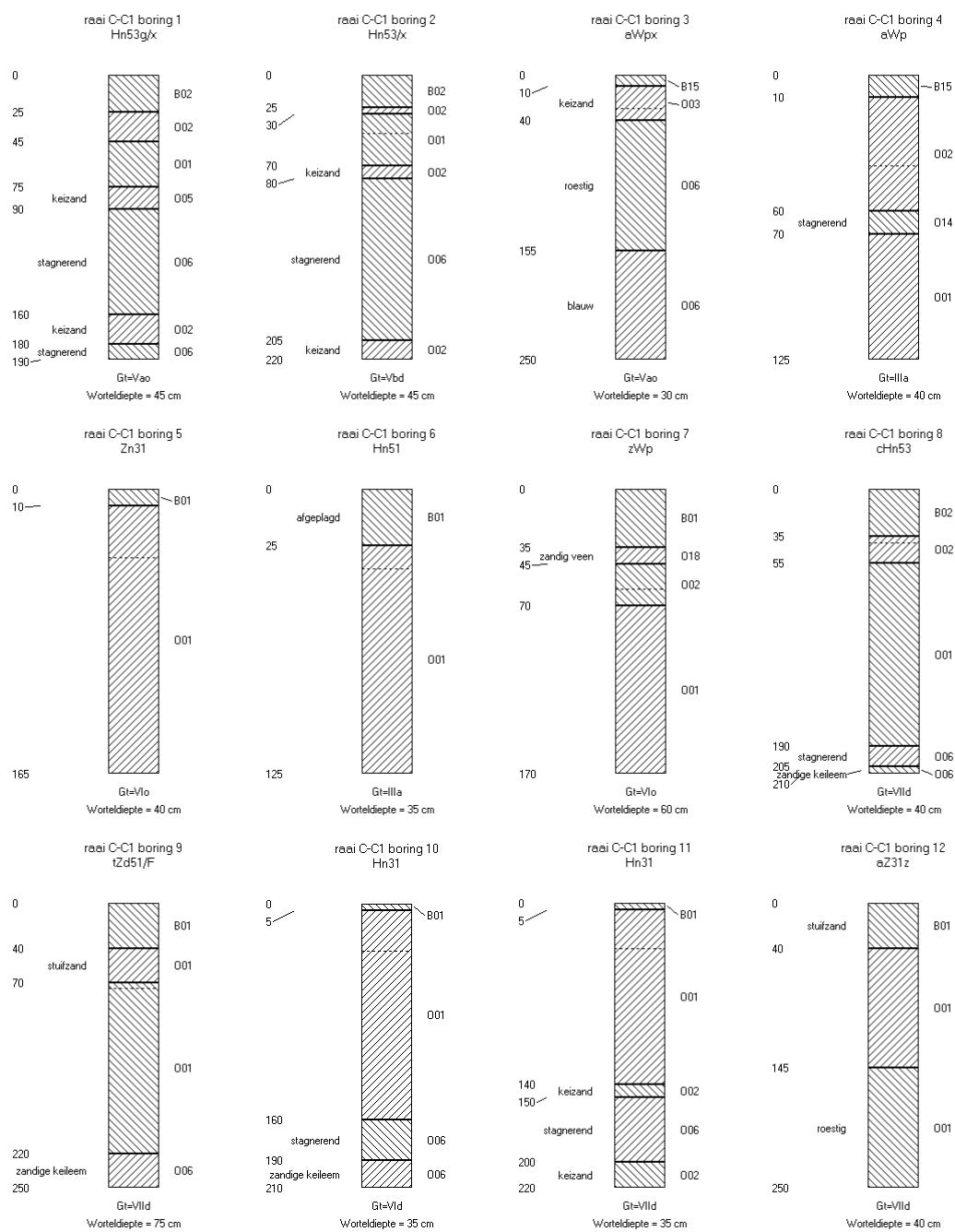
Oorza(a)k(en) per boorpunt (indien relevant) die naast de mogelijke winningsinvloeden ook van invloed kunnen zijn op de verschillen tussen het huidige en voormalige GHG-/GLG-niveau.

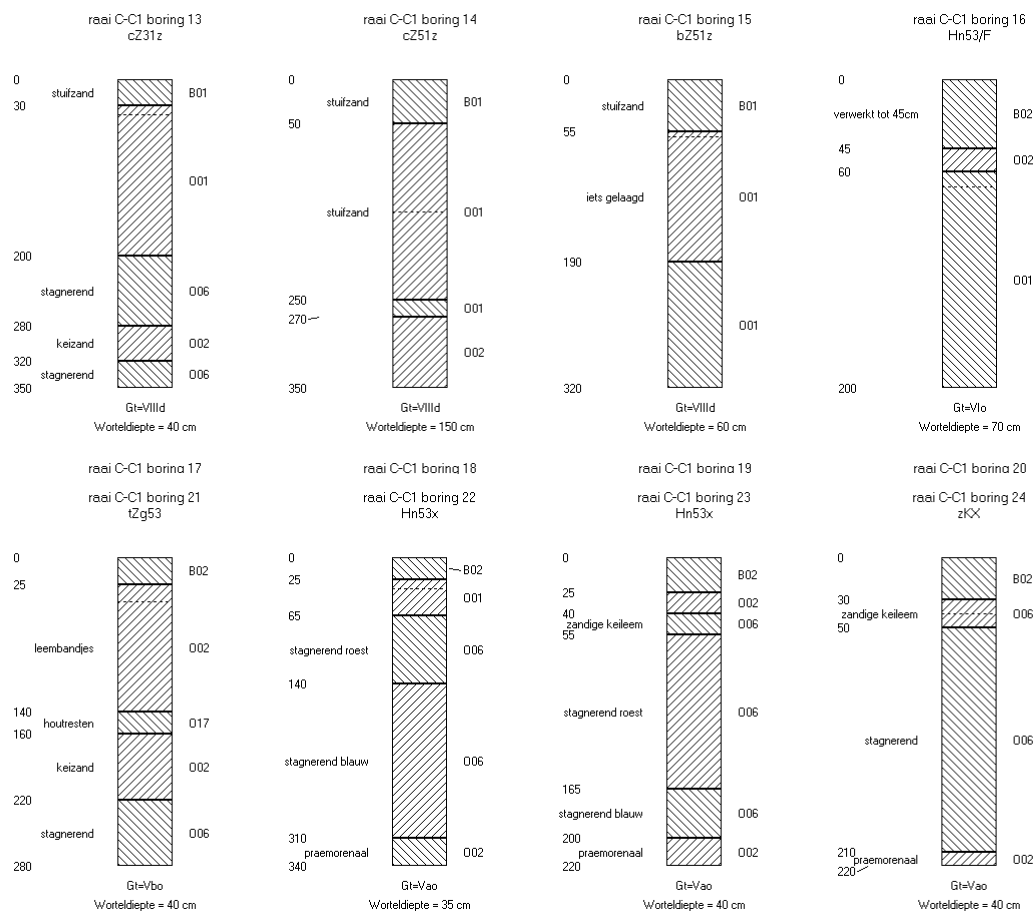
Raai-C-C1 Boornummer	Oorza(a)k(en)
1	Relatief nat gebied in verband met het voorkomen van keileem hoog in het bodemprofiel. De boorlocatie ligt vlak bij een ondiepe in de zomer droogvallende ont- en afwateringssloot. De diepte van de slootbodem ligt boven de keileem. Het perceel wordt begrensd door een diepe permanent watervoerende afwateringssloot. De slootbodem ligt in de keileem.
2	Relatief nat gebied in verband met het voorkomen van keileem hoog in het bodemprofiel. In de nabijheid van de boorlocatie komen ondiepe greppels voor die tijdens nattere periode soms water voeren. In de buurt komen ook iets diepere sloten voor die zeer slecht zijn onderhouden.
3	Zeer nat natuurgebied in verband met het voorkomen van een zware keileemlaag bij het maaiveld.
4	De boorlocatie ligt niet ver verwijderd van een groot en nat vennencomplex. In de ondergrond is een stagnerende lössleemlaag aangetroffen die invloed heeft op de GHG en GVG.
5	De locatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn.
6	Het perceel waarin de boorlocatie is gelegen is recentelijk afgeplagd.
11	De locatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn.
12	De locatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn.
13	De boorlocatie is gelegen in het puttenveld van het pompstation. De locatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn. In de ondergrond zijn binnen boorbereik zware keileemlagen aangetroffen die invloed hebben op de doorwerking van de grondwaterstandsverlaging.
14	De locatie ligt in een jong stuifzandgebied, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn. Diepe grondwaterstanden.
15	Uitgestoven laagte in stuifzandgebied met veel reliëf, waarvan het reliëf in de loop van de laatste decennia gewijzigd kan zijn. Aanwezigheid van rabatten duidt op nattere omstandigheden dan huidige.
16	Kleinschalig cultuurlandschap grenzend aan de bossen. Toch relatief gezien vrij natte gronden. Ontwatering door elzensingels en houtwallen in combinatie met onderhoud niet altijd optimaal. Onduidelijk waar het water precies langs gaat.
17	Slecht onderhouden, waarschijnlijk afgegraven perceel. Afwatering onduidelijk.
18	Hoge zandrug behorend tot de oude bouwlanden van Oud-Appelscha. Afwatering naar de lagere delen met schouwsloten die het water in noordelijke richting afvoeren (Appelschase Maden).
19	Natte keileemgronden met redelijk tot goed onderhouden sloten.
20	Laaggelegen moerige gronden met keileem. Hoge slootpeilen. Afwatering matig.
21	Redelijk tot goed ontwaterde zandgronden met goed onderhouden (schouw)sloten.
22	Laaggelegen en natte zandgronden met keileem. Kwaliteit afwatering via sloten: matig.
23	Relatief hooggelegen zandgronden met keileem. Gronden zijn onlangs gedraineerd in verband met de vernatting en uitbreiding van de aangrenzende natuurgronden (Fochteloërveen). Goed onderhouden diepe sloten.
24	Relatief hooggelegen zandgronden met keileem. Gronden zijn onlangs gedraineerd in verband met de vernatting en uitbreiding van de aangrenzende natuurgronden in het Fochteloërveen. Goed onderhouden diepe sloten.
25	Relatief hooggelegen zandgronden zonder keileem. Langs de bermsloot is het weglekken van water uit het natuurgebied met hoge peilen naar het aangrenzende landbouwgebied waargenomen.

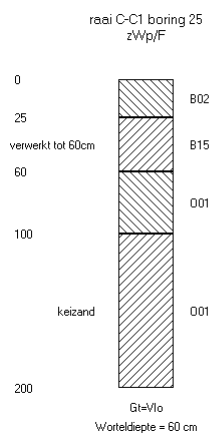


Afbeelding 18

Hoogte van de grondwaterstand ten opzichte van N.A.P. gemeten in de boorgaten van raai C-C1.







Afbeelding 19

Geschematiseerde boorprofielen van de boringen in raai C-C1.

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, 2009 ontbreekt. Stijghoogteverschillen en verdichting: een eerste Twentse verkenning in de praktijk. Wageningen, Alterra-rapport 1735..

Bakker, G en H.R.J. Vroon, 1999. Het bepalen van groeiverandering bij verandering van de grondwaterstand. Nederlands Bosbouw Tijdschrift, jaargang 71 nr. 4: 181-184.

Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Wageningen, PUDOC.

Bannink, J.F., H.N. Leijs en I.S. Zonneveld, 1973. Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse Naaldboutbossen. Wageningen, Stiboka, Bodemkundige Studies 9.

Bohemen, P.J.M. van, 1981. Toename van de productie van grasland bij verbetering van de watervoorziening. ICW-nota 1298.

Bouwman, 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.)

Buitenhuis, A. en G.J.W. Westerveld, 1968. De bodemgesteldheid van de boswachterij Appelscha. Wageningen, Stiboka-rapport 697.

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. Wageningen, Stiboka, Boor en Spade 17: 127 – 149.

Hendriks, C.M.A., 1988. Onderzoek naar de invloed van grondwaterstandsval op de houtbijgroei van bos. Een oriënterend onderzoek in een boscomplex van de gemeente Veldhoven. Wageningen, Stiboka-rapport 1998.

Hurk, J.v.d. en J.H. Kalkdijk, 1963. De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Ooststellingwerf-zuid. Bennekom, Stiboka-rapport 600.

Knibbe M. en B. Marsman, 1961. Grondwatertrappenindeling in Overijsselse zandgronden. Voorlopige wetenschappelijke mededelingen (no. 16). Wageningen, Stiboka.

- Krabbenborg, A.J., 1983. Standaardvochtkarakteristieken 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. Delft, Report of international Institute for Hydraulic and Environmental Engineering.
- Locher en de Bakker 1987. Bodemkunde van Nederland. Deel 1, Algemene bodemkunde. Den Bosch, Malmberg.
- Rijtema, P.E., 1971. Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekkingen. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Nota 578.
- Schutz, P.R. en G. van Tol, 1990. Aanleg en beheer van bos en beplantingen. Wageningen, PUDOC.
- 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.
- 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.
- Vroon, H.R.J., 1990. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha. Wageningen, Staring Centrum-rapport 60.
- Vroon, H.R.J., 2000. Groeigrafieken van bomen ter bepaling van de opbrengstverandering door grondwaterstandswijzigingen. Wageningen, Alterra-rapport 036.
- Vroon, H.R.J. en F. Brouwer, 2008. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied "Vierlingsbeek". Wageningen, Alterra-rapport 1758.
- 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 18 en Stiboka-rapport 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.

Bijlage 1 Reken- en raadpleeggegevens per boorpunt voor weidebouw voor de locaties die niet liggen in bos in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha

Reken- en raadpleeggegevens per boorpunt voor weidebouw voor de locaties die niet liggen in bos in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha.

Raai	Boornummer	Bodentype en grondwater-trap (Gt)	TCGB-aanduiding			Voormalige hydrologische situatie GHG/GLG (cm - mv.)	Gedateerde voormalige Gt in gekarteerde gebieden	Huidige hydrologische situatie in cm beneden maaiveld		
			Bovengrond vocht karakteristiek	Dikte(cm) effectieve wortelzone	Ondergrondtype			GHG	GVG	GLG
AA1	1	ftZg35t-IIIb	C	30	04	5/80	Nvt	30	50	95
AA1	2	aWz/F-IIIa	E	30	11	0/75	Nvt	15	35	90
AA1	3	zWz/F-IVu	B	30	11	20/?	Nvt	45	65	110
AA1	4	tZn53/F-Vlo	B	30	04	?/?	Nvt	65	90	155
AA1	5	Hn35/F-Vld	C	30	04	?/?	Nvt	50	85	195
AA1	6	zEZ53-VIII d	B	40	04	?/?	Nvt	160	190	271 *
AA1	7	Hn53/F-Vld	B	30	04	?/?	VI, 1962	70	100	185
AA1	8	Hn53/F-VII d	B	30	04	?/?	Vb, 1962	100	130	215
AA1	11	bZ31z-VIII d	A	15	03	100/210	V/VII, 1968	160	190	260
AA1	12	cZ31z-VIII d	A	15	03	?/?	V/VI, 1968	195	230	321 *
AA1	15	Hn33/F-VIII d	B	30	03	?/?	Vlo, 1968	200	235	321 *
AA1	17	Hn33/F-VII d	B	30	03	?/?	Nvt	130	155	230
AA1	18	Hn33-VIII d	B	25	03	?/?	VI, 1962	160	195	300
AA1	19	Hn53-Vlo	B	25	04	?/?	Va, 1962	60	85	155
AA1	20	zWp/F-Vbo	B	20	11	5/?	Va, 1962	25	50	125
AA1	21	Hn51-Vlo	B	25	03	35/125	Vb, 1962	60	80	140
AA1	22	Hn51/F-Vlo	B	30	03	40/120	Nvt	65	85	145
AA1	23	zWp/F-Vlo	B	30	11	?/?	Nvt	45	65	130
AA1	24	Hn53/F-Vlo	B	30	03	?/?	Nvt	60	80	140
B-B1	1	Hn53-Vlo	B	25	03	60/150	Nvt	90	110	165
B-B1	2	Hn53/F-IIIb	B	30	04	15/90	Va, 1962	35	55	105

B-B1	3	tZg53g/F-IIIb	B	30	04	15/90	Va, 1962	35	55	115
B-B1	4	Hn53/F-Vld	B	30	03	55/220	VI, 1962	70	110	240
B-B1	5	cHn53-Vld	B	35	04	55/230	VI, 1962	70	110	250
B-B1	6	Hn53/F-Vlo	B	30	04	30/120	IIIb, 1962	70	95	160
B-B1	7	Hn53x-Vld	B	30	09	??	IIIb, 1962	50	80	180
B-B1	8	Hn53/G-Vlo	B	25	03	??	IIla, 1962	50	70	130
B-B1	9	cHn53-Vld	B	35	03	??	VI, 1962	120	145	210
B-B1	12	Zn31-VIII	A	20	03	??	VI/VIIb, 1968	200	230	300
B-B1	13	cZ31z-VIII	A	15	03	??	V/VI, 1968	195	230	321 *
B-B1	14	Hn31-VIII	A	20	03	??	Vlo, 1968	225	260	321 *
B-B1	19	tZd51-VIII	A	30	03	??	Nvt	210	240	301 *
B-B1	20	Hn51/F-IIIb	B	30	03	??	Nvt	35	55	110
B-B1	21	aWp-Vld	E	15	04	??	Nvt	95	120	181 *
B-B1	23	zHn31/F-Vlo	A	30	04	??	Nvt	65	90	165
C-C1	1	Hn53g/x/F-Vao	B	25	09	5/?	Nvt	20	50	140
C-C1	2	Hn53x-Vbd	B	25	09	10/?	Nvt	25	60	190
C-C1	3	aWpx-IIIa	E	15	08	0/?	Nvt	0	30	130
C-C1	4	aWp-IIIa	E	15	04	0/?	Nvt	5	30	105
C-C1	5	Zn31-Vlo	A	15	03	??	Nvt	55	80	155
C-C1	6	Hn51-IIIa	B	25	03	??	Nvt	10	35	110
C-C1	8	cHn53-Vld	B	35	04	??	Nvt	90	125	211 *
C-C1	10	Hn31-Vld	A	20	03	??	Nvt	75	110	211 *
C-C1	11	Hn31-Vld	A	25	03	??	Vlo, 1968	90	125	221 *
C-C1	12	aZ31z-Vld	A	20	02	??	Vlo, 1968	140	165	240
C-C1	13	cZ31z-VIII	A	15	03	??	V/VI, 1968	195	230	321 *
C-C1	16	Hn53/F-Vlo	B	30	04	??	Va, 1962	60	85	160
C-C1	17	tZn53/G-Vbo	B	30	04	??	Va, 1962	30	55	120
C-C1	18	cHn53-Vlo	B	35	04	??	Vb, 1962	90	115	175
C-C1	19	tZn55x-Vao	B	25	08	??	Va, 1962	15	45	150
C-C1	20	aWpx-IIIa	E	30	08	??	IIa, 1962	10	35	110
C-C1	21	tZg53-Vbo	B	25	04	??	IIla, 1962	30	55	135
C-C1	22	Hn53x-Vao	B	25	08	??	IIIb, 1962	15	40	125
C-C1	23	Hn53x-Vao	B	25	08	??	Va, 1962	20	55	165
C-C1	24	zKX-Vao	B	30	08	??	Va, 1962	20	55	175
C-C1	25	zWp/F-Vlo	B	25	11	??	Va, 1962	65	85	145

* GVG/GLG-waarden dieper dan 180, 210, 220, 270, 300 en 320 cm beneden maaiveld

Bijlage 2 Tabel met reken- en raadpleeggegevens voor bos voor de boringen die genomen zijn in bos in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha

Tabel met reken- en raadpleeggegevens voor bos voor de boringen die genomen zijn in bos in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha.

Raai	Boornummer	Bodemtype en grondwater-trap (Gt)	Voedingstoestand	Gestandaardiseerde fluctuatie grondwater (cm)	Gestandaardiseerd kritieke z-afstand (cm)	Gestandaardiseerde effectieve bewortelings-diepte (cm)	Gestandaardiseerde mm vocht in de effectieve bewortelingsdiepte	Voormalige hydrologische situatie GHG/GLG (cm - mv.)	Gedateerde voormalige Gt in gekarteerde gebieden	Huidige hydrologische situatie in cm beneden maaiveld		
										GHG	GVG	GLG
A-A1	9	bZ31p/F-VIII d	4	120	50	90	70	45/180	Vlo, 1968	165	195	261 *
A-A1	10	zWp/F-VIII d	4	120	90	70	110	??	Vlo, 1968	180	210	271 *
A-A1	13	zVz/F-VIII d	4	100	90	90	130	??	Vllo, 1968	190	220	290
A-A1	14	Hn33/F-VIII d	4	140	90	50	90	??	Vlo, 1968	200	235	340
A-A1	16	Hn31/F-VIII d	4	100	90	50	70	??	Nvt	230	260	330
B-B1	10	Hn33-Vlo	4	100	90	50	90	??	Va, 1968	75	100	165
B-B1	11	Zn31-VIII d	4	120	90	50	30	??	Vllo, 1968	200	230	320
B-B1	15	Hn51/F-VIII d	4	100	90	50	50	??	Vllo, 1968	175	205	261 *
B-B1	16	Hn33/FVII d	4	100	90	70	110	??	Va, 1968	90	115	195
B-B1	17	Hn33/F-VIII d	4	100	90	70	90	??	VI, 1968	165	195	261 *
B-B1	18	Zn51-VIII d	4	140	90	70	50	??	Vllo, 1968	145	180	271 *
B-B1	22	zWp/F-VIII d	4	100	110	70	110	??	Nvt	195	225	300
B-B1	24	Hn33/F-Vbo	4	100	90	50	90	10/?	Nvt	25	50	130
B-B1	25	Hn51x/F-VIII d	4	140	110	70	70	??	Nvt	145	180	281 *
C-C1	7	zWp-Vlo	3	100	110	50	90	??	Nvt	55	80	160
C-C1	9	tZd51/F-VIII d	4	140	70	70	50	??	Nvt	135	170	251 *
C-C1	14	cZ51z-VIII d	4	100	70	110	90	??	Vllb, 1968	350	351 *	351 *
C-C1	15	bZ51z-VIII d	4	100	90	50	30	??	Va, 1968	145	175	255

GVG/GLG-waarden dieper dan 250, 260, 270, 280 en 350 cm beneden maaiveld

Bijlage 3 Meetdata en de gemeten grondwaterstanden in de boorgaten ten opzichte van N.A.P van de boringen die genomen zijn langs de drie raaien in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha

Meetdata en de gemeten grondwaterstanden in de boorgaten ten opzichte van N.A.P. van de boringen die genomen zijn langs de drie raaien in het waterwingebied Ooststellingwerf-Terwisscha.

Raai	Boornummer	X-coordinaat	Y-coordinaat	Afstand (m)	Hoogte (cm N.A.P.)	Meetdatum	Grondwater-stand (cm N.A.P.)
AA1	1	210050	551616	0	344	12042010	268
AA1	2	210589	551555	557	367	12042010	319
AA1	3	211241	551516	1212	429	12042010	356
AA1	4	211784	551438	1757	525	12042010	428
AA1	5	212473	551308	2470	582	12042010	492
AA1	6	212951	551342	2948	787	12042010	598
AA1	7	213419	551176	3423	687	12042010	587
AA1	8	214170	551100	4194	741	12042010	611
AA1	9	214842	551022	4868	857	12042010	670
AA1	10	215735	550923	5754	892	12042010	680
AA1	11	216250	550850	6312	843	12042010	653
AA1	12	217057	550770	7101	908	12042010	663
AA1	13	217626	550679	7676	965	12042010	730
AA1	14	218157	550612	8237	1049	12042010	779
AA1	15	218739	550525	8799	1068	12042010	820
AA1	16	219708	550422	9783	1151	12042010	901
AA1	17	220069	550314	10159	1094	12042010	924
AA1	18	220539	550293	10633	1133	12042010	923
AA1	19	221116	550231	11207	1082	12042010	982
AA1	20	221635	550157	11749	1076	12042010	1001
AA1	21	222182	550100	12291	1099	12042010	984
AA1	22	222790	550027	12898	1057	12042010	949
AA1	23	223481	549936	13590	1117	12042010	1037
AA1	24	223892	549867	14019	1151	12042010	1056
BB1	1	213762	557049	0	461	14042010	337
BB1	2	214102	556436	744	495	14042010	400
BB1	3	214434	555778	1469	499	14042010	419
BB1	4	214738	555202	2135	774	14042010	664

BB1	5	215011	554647	2751	792	14042010	642
BB1	6	215297	554051	3438	640	14042010	522
BB1	7	215657	553392	4170	663	14042010	555
BB1	8	215900	552904	4716	659	14042010	577
BB1	9	216194	552333	5361	816	14042010	682
BB1	10	216406	551891	5858	946	14042010	844
BB1	11	216660	551466	6345	1058	14042010	833
BB1	12	216833	551069	6782	902	14042010	668
BB1	13	217057	550770	7146	908	14042010	659
BB1	14	217115	550424	7507	963	14042010	698
BB1	15	217382	550021	8000	960	14042010	742
BB1	16	217700	549305	8787	922	14042010	789
BB1	17	218002	548705	9442	1055	14042010	847
BB1	18	218348	548154	10109	1037	14042010	849
BB1	19	218563	547683	10595	1115	14042010	862
BB1	20	218775	547028	11304	946	14042010	868
BB1	21	219125	546569	11859	1041	14042010	905
BB1	22	219369	546132	12365	1158	14042010	920
BB1	23	219556	545760	12812	1069	14042010	962
BB1	24	219930	545142	13521	1074	14042010	1009
BB1	25	220225	544683	14050	1142	14042010	928
C-C1	1	212691	545267	0	665	21042010	588
C-C1	2	212926	545683	479	690	21042010	610
C-C1	3	213233	545813	832	711	21042010	685
C-C1	4	213721	546172	1426	711	21042010	661
C-C1	5	213814	546693	1956	748	21042010	641
C-C1	6	214059	546984	2357	753	21042010	693
C-C1	7	214307	547377	2812	823	21042010	718
C-C1	8	214857	548057	3674	853	21042010	709
C-C1	9	215228	548481	4261	874	21042010	689
C-C1	10	215616	548989	4888	844	21042010	715
C-C1	11	215977	549422	5499	858	21042010	719
C-C1	12	216604	550291	6526	856	21042010	666
C-C1	13	217057	550770	7198	908	21042010	656
C-C1	14	217504	551153	7757	1182	21042010	831*
C-C1	15	217618	551526	8160	1055	21042010	815
C-C1	16	218030	552014	8820	970	21042010	876
C-C1	17	218197	552242	9107	928	21042010	831
C-C1	18	218468	552578	9540	877	21042010	752
C-C1	19	218834	553057	10130	773	21042010	686
C-C1	20	219271	553580	10806	745	21042010	680
C-C1	21	219593	554019	11356	738	21042010	643
C-C1	22	219994	554517	11988	853	21042010	763
C-C1	23	220394	555003	12619	966	21042010	859
C-C1	24	220817	555527	13282	933	21042010	803
C-C1	25	221117	555936	13816	920	21042010	805

* In boorgat 14 van raai C-C1 is de grondwaterstand dieper dan 350 cm beneden maaiveld



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