



Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het gebied Geelbroek

H.R.J. Vroon en E.Kiestra



ALTERRA
WAGENINGEN UR

Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het gebied Geelbroek

H.R.J. Vroon en E.Kiestra

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door Dienst Landelijk Gebied namens Provincie Drenthe t.a.v. SSC Regio Noord (projectnummer 5241149-01).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, november 2014

Alterra-rapport 2586
ISSN 1566-7197

Vroon, H.R.J. en E. Kiestra, 2014. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het gebied Geelbroek*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2586. 64 blz.; 31 fig.; 7 tab.; 26 ref.

Voor het gebied Geelbroek is door Dienst Landelijk Gebied regio noord (DLG) een inrichtingsplan gemaakt. Hierin wordt het brongebied van de Drentse Aa grotendeels ingericht als natuurgebied. Bij de inrichting als natuurgebied wordt de huidige waterhuishoudkundige situatie van het gebied aangepast. De plannen bestaan uit vernatten door het laten dempen en dichtgroeien van sloten waardoor de afvoer wordt vertraagd en er meer water in het gebied wordt vastgehouden. De Dienst Landelijk Gebied (DLG) in de provincie Drenthe heeft aan Alterra gevraagd om voor het potentieel beïnvloede landbouwgebied en een ca. 100 m brede strook natuurgebied een gebiedsdekkende bodem- en Gt-kartering uit te voeren (ca. 396 ha) met als doel de huidige situatie, ook wel referentiesituatie genoemd, vast te leggen. Dit is gebeurd in de periode oktober 2013 tot en met september 2014. Bij het inventariseren van gegevens over de bodemgesteldheid is met behulp van een Edelmanboor de profielopbouw van de gronden tot maximaal ca. 250 cm – mv. beschreven. Verder is de GHG en GLG geschat op basis van hydromorfe kenmerken, vegetatie, hoogteligging en de lokale ont- en afwateringssituatie in combinatie met gemeten grondwaterstanden in boorgaten en in grondwaterstandsbuizen. Met de gegevens die in dit onderzoek zijn geïnventariseerd zullen in een later stadium maatregelen worden geadviseerd om de mogelijke effecten van de vernatting op de landbouwgronden te compenseren. Verder zullen de resultaten door DLG worden gebruikt om de huidige vastgelegde hydrologische situatie o.a. in de vorm van een Gt-kaart te vergelijken met de hydrologische situatie over ca. 5 jaar als de vernattingmaatregelen in het natuurgebied zijn uitgevoerd en nadat het hydrologische systeem zich voldoende heeft kunnen instellen op de nieuwe situatie.

Trefwoorden: Bodemkaart, Gt-kaart, GHG, GLG, weerstandbiedende lagen, keileem, lössleem, gliede, kazige B-horizont, vernatting, Geelbroek

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

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

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

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

Alterra-rapport 2586 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: H.R.J. Vroon

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	11
	1.1 Aanleiding van het onderzoek	11
	1.2 Doel	13
	1.3 Werkwijze	13
2	Fysiografie	15
	2.1 Ligging, oppervlakte en huidig bodemgebruik	15
	2.2 Bodemkundig-landschappelijke beschrijving	16
3	Methode	19
	3.1 Beoordeling van het bestaande peilbuizenmeetnet	19
	3.2 Bodemgeografisch onderzoek	22
	3.2.1 Bodemkundige gegevens	22
	3.2.2 Hydrologische gegevens	23
4	Resultaten	28
	4.1 Algemeen	28
	4.2 Bodemkundige gegevens	28
	4.2.1 Bodemkaart	28
	4.2.2 Boorpuntenkaart	40
	4.2.3 Weerstandbiedende puntenkaart	40
	4.3 Hydrologische gegevens	43
	4.3.1 Grondwaterstandsbuizen	43
	4.3.2 Grondwatertrappenkaart	46
	4.3.3 Kaart met gerichte opnames van de (freatische) grondwaterstand	53
	Literatuur	54
	Aanhangsel 1	56
	Aanhangsel 2	58
	Aanhangsel 3	61

Woord vooraf

In opdracht van de Dienst Landelijk Gebied (DLG) Regio Noord in de provincie Drenthe heeft Alterra van oktober 2013 tot en met september 2014 een bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd in de omgeving van Geelbroek. Het onderzoek omvatte het vastleggen van de huidige bodemgesteldheid en de huidige hydrologische situatie.

Met de gegevens die in dit onderzoek zijn geïnventariseerd, kunnen in een later stadium maatregelen worden geadviseerd om de mogelijke effecten van de vernatting op de landbouwgronden te compenseren. Ook zijn de gegevens gebruikt voor het inrichten en uitbreiden van het monitoringsmeetnet van peilbuizen.

Aan dit project werkten mee:

Bodemgeografisch onderzoek: H.R.J. Vroon en E. Kiestra; projectleiding: H.R.J. Vroon.

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

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

Samenvatting

Voor het gebied Geelbroek is door Dienst Landelijk Gebied Regio Noord (DLG) een inrichtingsplan gemaakt. In het kader van dit plan wordt dit brongebied van de Drentse Aa ingericht als natuurgebied. Bij de inrichting als natuurgebied wordt de huidige waterhuishoudkundige situatie van het gebied aangepast. De plannen bestaan uit vernatten door het laten dempen en dichtgroeien van sloten waardoor de afvoer wordt vertraagd en er meer water in het gebied wordt vastgehouden. Aangezien er op het ogenblik nog weinig werkzaamheden in het gebied zijn uitgevoerd die effect hebben op een verhoging van de (freatische)grondwaterstand heeft DLG aan Alterra gevraagd om voor het potentieel beïnvloede landbouwgebied en een ca. 100 m brede strook natuurgebied, waarin de raaïen zijn gelegen, een gebiedsdekkende bodem- en Gt-kartering uit te voeren (ca. 396 ha) met als doel de huidige situatie, ook wel referentiesituatie genoemd, vast te leggen. Met de gegevens die in dit onderzoek zijn geïnventariseerd zullen in een later stadium maatregelen worden geadviseerd om de mogelijke effecten van de vernatting op de landbouwgronden te compenseren. Verder zullen de resultaten door DLG worden gebruikt om de huidige vastgelegde hydrologische situatie o.a. in de vorm van een Gt-kaart te vergelijken met de hydrologische situatie over ca. 5 jaar als de vernattingmaatregelen in het natuurgebied zijn uitgevoerd en nadat het hydrologische systeem zich voldoende heeft kunnen instellen op de nieuwe situatie.

Voor het vastleggen van de bodemgesteldheid in bovengenoemd gebied is met behulp van een Edelmanboor in de periode september 2013 tot en september 2014 informatie verzameld over de bodemgesteldheid door op ca. 195 locaties de profielopbouw tot aan GLG-niveau of tot maximaal ca. 250 cm - mv. te beschrijven. Voorts zijn er tussenboringen verricht (niet beschreven boringen) om de kaartzuiverheid voldoende te waarborgen. Voor het te karteren gebied is een boordichtheid van ca. 1 beschreven boring per 3 ha aangehouden (schaal 1 : 10.000).

Het huidige grondwaterstandverloop (GHG en GLG) is geschat op basis van hydromorfe kenmerken, vegetatie, hoogteligging en de lokale ont- en afwateringssituatie. Voor de toetsing en eventuele bijstelling van de schattingen van GHG en GLG zijn grondwaterstanden gemeten in boorgaten en in een aantal grondwaterstandsbuizen van de provincie en het waterschap.

Voor het onderbouwen van de inschatting van het huidige grondwaterstandverloop (GHG en GLG) is het belangrijk dat er een deugdelijk en betrouwbaar peilbuizenmeetnet aanwezig is. Voorafgaand aan de bodem- en Gt-kartering is daarom eerst onderzocht welke in het gebied aanwezige peilbuizen, vnl. wat ligging en filterstelling betreft, voldoen aan de door Alterra gestelde eisen. Uiteindelijk zijn er voor het onderhavige onderzoek 9 buislocaties (B12D0384, B12D1888, GB003, GB004, GB006, GB007, GB008, GB009 en GB011 (afb. 8)) gebruikt voor het onderbouwen van de GHG- en GLG schattingen in het veld. Om de schattingen van de GHG en GLG verder te onderbouwen is tijdens het uitgevoerde onderzoek een gerichte grondwaterstandsopname in boorgaten en een aantal grondwaterstandsbuizen verricht rond het GHG- en GLG-moment.

Op basis van de genoemde boorpuntinformatie en de ruimtelijke verbreiding hiervan zijn voor het gebied de volgende kaarten vervaardigd (allen schaal 1 : 10000):

- een bodemkaart (kaart 1);
- Een Gt-kaart (kaart 2);
- een boorpuntenkaart (kaart 1a);
- een weerstandbiedende puntenkaart (kaart 1b) en
- een kaart (kaart 2a) met de gerichte opnames van de grondwaterstand

Op de bodem- en Gt kaart staat respectievelijk de gemiddelde vlakinformatie over de aard en samenstelling van de boven- en ondergrond en de Gt. Op de boorpuntenkaart staan de boorlocaties waarvan het bodemprofiel is beschreven en de GHG en GLG is geschat. Op de weerstandbiedende puntenkaart is per boorpunt de aard, dikte en diepte van de eventueel voorkomende weerstandbiedende la(a)g(en) weergegeven. Op de kaart met de gerichte opnames van de grondwaterstand is per locatie de hoogte van het maaiveld AHN (5 meter grid) in cm t.o.v. NAP en de gedateerde grondwaterstand per boorpunt in cm t.o.v. NAP en in cm - mv. weergegeven. Uit het bodemkundig onderzoek blijkt, dat in het onderhavige gebied zandgronden, moerige gronden en veengronden voorkomen (kaart 1 en aanhangsel 2 en 3). De grootste oppervlakte (ca. 253 ha: 68%) bestaat uit zandgronden. Moerige gronden komen in dit gebied ook voor met een oppervlakte van ca. 81 ha (ca. 21%). Veengronden komen binnen het gekarteerde gebied in geringe oppervlakten (39 ha: 11%) voor. Verder is ook gebleken dat in het gebied veelvuldig weerstandbiedende lagen binnen boorbereik voorkomen (ca. 98,5% van de beschreven boringen heeft één of meer weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel), zoals keileem, compacte veenlagen, lössleem en kazige B-horizonten, die in meer of mindere mate invloed hebben op de hoogte en de fluctuaties van de freatische grondwaterstand. Voorts hebben deze lagen ook invloed op de doorwerking van de grondwaterstandverhoging vanuit het pakket waaruit grondwaterstand wordt verhoogd naar de freatische grondwaterstand (GHG en GLG).

Voor het onderbouwen van de GHG- en GLG schattingen in het veld zijn berekende GHG- en GLG-waarden, van grondwaterstanden die zijn gemeten in grondwaterstandsbuizen, noodzakelijk. Bij het beoordelen van de peilbuizen blijkt, dat er slechts 1 grondwaterstandsbuis (B12D0384), overblijft met een voldoende lange continue meetreeks (22 jaar), een redelijk correcte ligging en niet te diep filter, waarvan uiteindelijk een GHG van 32 cm en een GLG 146 (periode 22 jaar) is berekend. Deze buis is aangeduid als stambuis.

Van de grondwaterstanden die zijn gemeten in de overige 8 geselecteerde (B12D1888, GB003, GB004, GB006, GB007, GB008, GB009 en GB011 (afb. 8)) kunnen in verband met te korte meetreeksen in eerste instantie geen GHG's en GLG's worden berekend. Aangezien van deze buizen vanaf het eerste opnamemoment (vanaf ca. 2010) hoogfrequente meetgegevens bekend zijn, zijn deze metingen gecorreleerd met de meetgegevens (op hetzelfde moment) van de stambuis. Voor het onderzoeken van een eventuele samenhang tussen de grondwaterstanden in buizen met de korte meetreeksen en de grondwaterstanden in de stambuis is gebruik gemaakt van regressieanalyse met behulp van het statistische programmapakket GENSTAT. Om de mate van samenhang van de grondwaterstanden tussen de buizen met de korte meetreeksen en de stambuis zo goed mogelijk te beschrijven is gekozen voor een regressie met behulp van 4^e graads polynomen.

Als de correlaties van de grondwaterstandsbuizen met de korte meetreeksen met de stambuis worden vergeleken dan blijkt, dat de samenhang varieert van hoog tot zeer hoog (R^2 varieert van 0,81 tot 0,95). Dit betekent dat alle relaties kunnen worden gebruikt voor een nauwkeurige schatting van de GHG en GLG op de betreffende buislocaties en dat deze waarden kunnen worden gebruikt voor onderbouwing van de veldschattingen bij de uitvoering van het onderhavige onderzoek.

In het onderzoeksgebied zijn in het totaal 11 grondwatertrappen (kaart 2, tabel 7 en aanhangsel 2) onderscheiden. Door de stagnerende werking van de keileem treden soms grote fluctuaties op. Meer dan 75% van de oppervlakte aan gronden heeft een GHG ondieper dan 40 cm – mv. Dit betekent dat veel gronden voor de huidige landbouwbedrijfsvoering in het vroege voorjaar, het najaar en de winterperiode (te) nat zijn.

De natste gronden met Gt Ia (ca. 1%) en IIa (ca. 17%) komen vooral voor in het beekdal van de Ruimsloot. Door het ontbreken van de keileem en de lage ligging treedt hier kwel op tot vlak aan het maaiveld. Het betreft vooral de moerige gronden (broekeerdgronden) en de veengronden (madeveengronden). Door de hoge grondwaterstanden en geringe draagkracht zijn de gronden voor de huidige landbouwbedrijfsvoering ongeschikt.

Gronden met Gt IIIa (ca. 21%) komen in relatief grote oppervlakten voor in en langs de flanken van het beekdal van de Ruimsloot. Het betreft vooral de zandgronden (gooreerdgronden en beekerdgronden) en de moerige gronden (moerige podzolgronden en broekeerdgronden). Door de hoge grondwaterstanden, vooral wat de GHG betreft, zijn de gronden voor de huidige landbouwbedrijfsvoering matig tot slecht geschikt. De gronden met Gt IIb (ca. 5%), die ook in deze gebieden voorkomen, zijn voor landbouwkundige productie doeleinden beter geschikt dan gronden op

Gt IIIa. Toch blijven deze gronden tijdens natte perioden last houden van wateroverlast. Een deel van de gronden op Gt IIIb zijn gedraineerd, waardoor de hoogste grondwaterstanden en daardoor ook de 'top' van de GHG enigszins is afgevlakt. Verder heeft de iets drogere GHG te maken met ligging en profielopbouw.

Gronden met Gt Vao (ca. 13%) en in mindere mate met Gt Vad (ca. > 1%) komen verspreid in het gebied voor. Het betreft voornamelijk veldpodzolgronden, gooreerdgronden en moerige podzolgronden. De gronden met deze grondwatertrap hebben een weerstandbiedende laag in de vorm van of een kazige B-horizont en/of een verdichte veenlaag en keileem hoog in het bodemprofiel. Daarnaast liggen de gronden met deze Gt meestal in terreindepressies met weinig sloten, waardoor het overtollige neerslagwater onvoldoende snel kan worden afgevoerd. Door de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen hoog in het bodemprofiel, veelal in combinatie met een slechte waterafvoer, kunnen buiten het groeiseizoen grondwaterstanden voorkomen die bijna tot het maaiveld reiken. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden in sommige bodemprofielen (vooral Gt Vad) nog relatief diep wegzakken, waardoor het gewas soms last heeft van vochttekort.

In het gebied komen vooral veldpodzolgronden voor met Gt Vbo (ca. 12%) en Vbd (ca. 7%). Ze komen verspreid in het gebied voor met uitzondering van het uiterste noorden. Bij alle gronden met deze Gt komt keileem voor binnen 120 cm – mv. (toev. .../x). Door de aanwezigheid van keileem kunnen buiten het groeiseizoen vrij hoge grondwaterstanden voorkomen. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden vrij diep wegzakken tot in de keileem en kunnen er periodiek vochttekorten optreden. Landbouwkundig gezien zijn de gronden op Gt Vbo(d), vergeleken met de gronden op Vao(d), door de diepere GHG, wat draagkracht en berijdbaarheid betreft, beter. De gronden op Gt Vbd zijn vergeleken met de gronden op Vbo, door de diepere GLG, droogtegevoeliger.

Grondwatertrappen Vlo (ca. 6%) en Vld (ca. 16%) komen verspreid in het gebied voor. Het zijn hoofdzakelijk veldpodzol- en laarpodzolgronden. Bij de meeste gronden met deze Gt komt keileem binnen 120 cm – mv. voor (toev. .../x). Ondanks de aanwezigheid van keileem komen buiten het groeiseizoen de grondwaterstanden niet vaak binnen 40 cm – mv. De gunstige GHG wordt bepaald door een combinatie van verschillende factoren, zoals een goed werkende drainage, de ligging (flank of rug), de diepere ligging van de keileem in het bodemprofiel (meestal beginnend dieper dan 80 cm – mv.) en de aard en samenstelling van de keileem in het bovenste deel van het keileempakket, waardoor er o.a. meer berging in het bodemprofiel aanwezig is tijdens perioden met een neerslagoverschot. In het groeiseizoen zullen bij Gt Vlo de grondwaterstanden in deze bodemprofielen niet verder wegzakken dan 180 cm – mv. Landbouwkundig gezien hebben de gronden op Gt Vlo weinig beperkingen, maar er kan tijdens perioden met een verdampingsoverschot in het groeiseizoen wel vochttekort aan het gewas optreden. Dit geldt vooral voor de schralere, leemarm tot zwak lemige veldpodzolgronden met Gt Vld.

Een relatief geringe oppervlakte van ca. 2% wordt in beslag genomen door de droogste gronden (Gt VIId). Deze gronden komen vooral in het in zuiden van het gebied voor. Het betreft allen zwak lemige veldpodzolgronden die relatief hoog in het landschap zijn gelegen. De keileem begint in het bodemprofiel net binnen 120 cm – mv. (toev. .../x). Bij de gronden die geen toevoeging "x" hebben gekregen ontbreekt de keileem in de ondergrond niet, maar begint deze meestal tussen 120 en 180 cm – mv. Door het relatief diep voorkomen van de keileem en de hoge ligging komen buiten het groeiseizoen de grondwaterstanden niet of nauwelijks binnen 80 cm – mv. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden tot diep in het keileempakket wegzakken, tot plaatselijk 300 cm – mv. Wat draagkracht betreft hebben de gronden nauwelijks beperkingen, maar in het groeiseizoen zijn de gewassen die op deze gronden worden geteeld voor de vochtvoorziening geheel afhankelijk van de neerslag (hangwaterprofiel) en kunnen daardoor periodiek last hebben van vochttekort.

In het gebied zijn tijdens het onderzoek een groot aantal metingen van de grondwaterstand verricht in grondwaterstandsbuizen en in boorgaten. Deze informatie is noodzakelijk om de GHG en GLG schattingen te onderbouwen.

Op de kaart "Gerichte opnames" van de (freatische) grondwaterstand op 17 oktober 2013 en op 15 en 29 januari 2014 (kaart 2a) en in aanhangsel 1 staan respectievelijk 49, 65 en 43 (boor)locaties vermeld waar een opname van de freatische grondwaterstand in en nabij het gebied Geelbroek is verricht. De ligging van de boorlocaties is middels een GPS vastgelegd, of indien het locaties van bestaande grondwaterstandsbuizen betreft, overgenomen uit het buizenbestand van de provincie of het waterschap. De maaiveldshoogte (cm t.o.v. NAP) ter plekke van de boring is geëxtraheerd uit het

5 meter grid van het Actueel Hoogte Bestand van Nederland (AHN). Ook hier geldt dat de maaiveldshoogte ter plekke van de buislocaties is overgenomen uit het buizenbestand van de provincie of het waterschap.

De opnames zijn verricht in een periode waarbij het voorafgaand aan de meting enkele dagen niet of nauwelijks heeft geregend.

Op basis van de GHG en GLG informatie uit de (stam)bui(s)(zen) in het onderzoeksgebied kan worden vermeld dat de freatische grondwaterstand op 17 oktober 2013 zich manifesteerde rond enkele decimeters boven het GLG-niveau. Tijdens de opname van de freatische grondwaterstand op 15 en 29 januari bevond het niveau van de freatische grondwaterstand in de (stam)bui(s)(zen) zich respectievelijk iets onder (rond 1 decimeter) en rond het GHG-niveau.

De uiteindelijke resultaten van het onderhavige onderzoek zijn vastgelegd in dit rapport en een bijbehorende CD-ROM. Aan de opdrachtgever zijn een deel van de resultaten ook op een USB-stick verstrekt in de vorm van ArcGis-shapes- en Excel-files met bijbehorende meta-informatie.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding van het onderzoek

Als onderdeel van het Natura 2000-gebied “Drentsche Aa” wordt het natuurgebied Geelbroek (afb. 1) opnieuw ingericht. Het laaggelegen Geelbroek is van oorsprong een nat, moerassig gebied: en vormt één van de brongebieden van de Drentsche Aa.



Afbeelding 1 *Grazende koeien in het natuurgebied Geelbroek.*

Voor het gebied Geelbroek is door Dienst Landelijk Gebied regio noord (DLG) een inrichtingsplan gemaakt. In het kader van dit plan wordt dit brongebied van de Drentse Aa ingericht als natuurgebied. Bij de inrichting als natuurgebied wordt de waterhuishoudkundige inrichting van het gebied aangepast. De plannen bestaan voornamelijk uit vernatten door het laten dempen en dichtgroeien van sloten waardoor de afvoer wordt vertraagd en er meer water in het gebied wordt vastgehouden. De afvoer van het overtollige water vindt grotendeels via de Ruimsloot (afb. 2) plaats.



Afbeelding 2 De Ruimsloot in het noordelijk deel van het onderzoeksgebied.

Om de geohydrologische effecten van de vernattingsmaatregelen op de omgeving in te schatten zijn met het MIPWA-model door de Grontmij berekeningen uitgevoerd (schaal 1 : 50.000) (Schunselaar *et al.* , 2010). De uitgangspunten voor de modelberekening zijn uitvoerig besproken in het hydrologienoverleg van voorjaar 2013. Dit heeft geleid tot enkele aanpassingen m.b.t. de modelinvoer waarna nieuwe berekeningen zijn uitgevoerd. Deze berekeningen vormen de basis voor het potentiële invloedsgebied; dit is het gebied waar de invloed van een verhoging van de grondwaterstand onder de keileem meer dan 5 cm bedraagt (Schunselaar *et al.* , 2013). Aangezien er op het ogenblik nog weinig werkzaamheden in het gebied zijn uitgevoerd die effect hebben op een verhoging van de (freatische)grondwaterstand heeft DLG aan Alterra gevraagd om voor het potentieel beïnvloede landbouwgebied en een ca. 100 m brede strook natuurgebied, waarin de raaien zijn van peilbuizen zijn gelegen, een gebiedsdekkende bodem- en Gt-kartering uit te voeren (afb. 4, ca. 396 ha) met als doel de huidige situatie, ook wel referentiesituatie genoemd, vast te leggen.

Om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de bodemkundig-hydrologische toestand in het onderzoeksgebied is het noodzakelijk dat er voldoende en betrouwbare informatie aanwezig is over de huidige (freatische) grondwaterstand. Het meten van de freatische grondwaterstand is niet eenvoudig. Indien er weerstandsbiedende lagen aanwezig zijn dan dient men de filterstelling (filterdiepte) van peilbuizen af te stemmen op de laagopbouw in de bodem. Het gebruik van een totaal geperforeerd peilfilter, beginnend net boven de weerstandsbiedende laag tot even onder deze laag, geeft namelijk afhankelijk van de situatie een gemiddelde stijghoogte, de diepe stijghoogte of de werkelijke freatische grondwaterstand weer. Verder dient voor ieder freatisch meetpunt een bodemkundige boorbeschrijving beschikbaar te zijn om de kwaliteit en representativiteit in zowel ruimte als in tijd van het meetpunt in te kunnen schatten. Daarnaast zal bij een mogelijke onjuiste filterstelling (veelal ondiepe filters) aanvullend onderzoek (nieuw filter dat naast het bestaande filter is geplaatst) noodzakelijk zijn om een eventuele vertaalslag te kunnen maken tussen de meetgegevens afkomstig van de bestaande mogelijk niet correct geplaatste filters en de werkelijke freatische grondwaterstand die gemeten zal gaan worden in de nieuw te plaatsen filters.

Ook voor het onderbouwen van de GHG en GLG schattingen is informatie van de in het gebied aanwezige grondwaterstandsbuizen van essentieel belang. Aangezien er, als gevolg van het veelvuldig voorkomen van weerstandbiedende lagen (o.a. keileem) in het “ondiepe” bodemprofiel, in detail onvoldoende duidelijkheid is over het verloop van de freatische grondwaterstand, heeft DLG aan Alterra gevraagd om eerst het bestaande buizen netwerk te beoordelen of deze gebruikt kan worden voor de onderbouwing van de GHG en GLG schattingen en voor de opname van deze buizen, indien relevant, in de raaien (nog uit te voeren onderzoek).

1.2 Doel

Doel van het onderzoek is het vastleggen van de bodemgesteldheid en de huidige hydrologische situatie (schaal 1 : 10.000) binnen de begrenzing van Geelbroek voor een oppervlakte van ca. 396 ha (afb. 4). Met de gegevens die in dit onderzoek zijn geïnventariseerd, kunnen in een later stadium maatregelen worden geadviseerd om de mogelijke effecten van de vernatting op de landbouwgronden te compenseren. Ook zullen de gegevens worden gebruikt voor het inrichten en uitbreiden van het monitoringsmeetnet van peilbuizen. Verder zullen de resultaten door DLG worden gebruikt om de huidige vastgelegde hydrologische situatie, o.a. in de vorm van een Gt-kaart, te vergelijken met de hydrologische situatie over ca. 5 jaar als de vernattingmaatregelen in het natuurgebied zijn uitgevoerd en nadat het hydrologische systeem zich voldoende heeft kunnen instellen op de nieuwe situatie.

1.3 Werkwijze

Voor het vastleggen van de bodemgesteldheid in bovengenoemd gebied is met behulp van een Edelmanboor in de periode september 2013 tot en met september 2014 informatie verzameld over de bodemgesteldheid door op ca. 195 locaties de profielopbouw tot aan GLG-niveau of tot maximaal ca. 250 cm - mv. te beschrijven. Voorts zijn er tussenboringen verricht (niet beschreven boringen) om de kaartzuiverheid voldoende te waarborgen. Voor het te karteren gebied is een boordichtheid van ca. 1 beschreven boring per 3 ha aangehouden (kaartschaal 1 : 10.000).

Het huidige grondwaterstandverloop (GHG en GLG) is geschat op basis van hydromorfe kenmerken, vegetatie, hoogteligging, lokale ont- en afwateringssituatie. Voor de toetsing en eventuele bijstelling van de schattingen van GHG en GLG zijn grondwaterstanden gemeten in boorgaten en in een aantal grondwaterstandsbuizen van de provincie en het waterschap (afb. 3 en 8).



Afbeelding 3 Peilbuislocatie GB007 (waterschap, Hunze en Aa's).

Voor het onderbouwen van de inschatting van het huidige grondwaterstandverloop (GHG en GLG) is het belangrijk dat er een deugdelijk en betrouwbaar peilbuizenmeetnet aanwezig is. Voorafgaand aan de bodem- en Gt-kartering is daarom eerst onderzocht welke in het gebied aanwezige peilbuizen, voldoen aan de door Alterra gestelde eisen. Op basis van deze inventarisatie en de bodemkartering is ook een voorstel gemaakt voor het uitbreiden van het bestaande meetnet. Inmiddels is met de plaatsing van nieuwe peilbuizen begonnen.

Om de schattingen van de GHG en GLG te onderbouwen is tijdens het uitgevoerde onderzoek een gerichte grondwaterstandsopname in boorgaten en in een aantal relevante grondwaterstandsbuizen verricht rond het GHG- en GLG-moment.

Op basis van de genoemde boorpuntinformatie en de ruimtelijke verbreiding hiervan is voor het gebied een bodem- en Gt-kaart, een boorpuntenkaart, een weerstandbiedende puntenkaart en een kaart met de gerichte opnames van de grondwaterstand vervaardigd (allen schaal 1 : 10.000). Op de bodem- en Gt-kaart staat respectievelijk de gemiddelde vlakinformatie over de aard en samenstelling van de boven- en ondergrond en de grondwatertrap. Op de boorpuntenkaart staan de locaties waar het bodemprofiel is beschreven en de GHG en GLG is geschat. Op de weerstandbiedende puntenkaart is per boorpunt de aard, dikte en diepte van de eventueel voorkomende weerstandbiedende la(a)gen weergegeven. Op de kaart met de gerichte opnames van de grondwaterstand is per locatie de hoogte van het maaiveld AHN (5 meter grid) in cm t.o.v. NAP en de grondwaterstand (in cm t.o.v. NAP en in cm - mv.) met de dag van opname weergegeven.

De uiteindelijke resultaten van het onderzoek zijn vastgelegd in dit rapport en een bijbehorende CD-ROM. Aan de opdrachtgever zijn een deel van de resultaten ook op een USB-stick verstrekt als ARCGIS en Excel-bestanden met bijbehorende meta-informatie.

2 Fysiografie

2.1 Ligging, oppervlakte en huidig bodemgebruik

Het onderzoeksgebied ligt tussen Hooghalen en Assen en wordt in het westen begrensd door de provinciale weg Hooghalen-Assen, in het noorden door de N33, in het zuiden door de Paradijsweg en in het oosten door het Ekehaarder Veld (afb. 4).

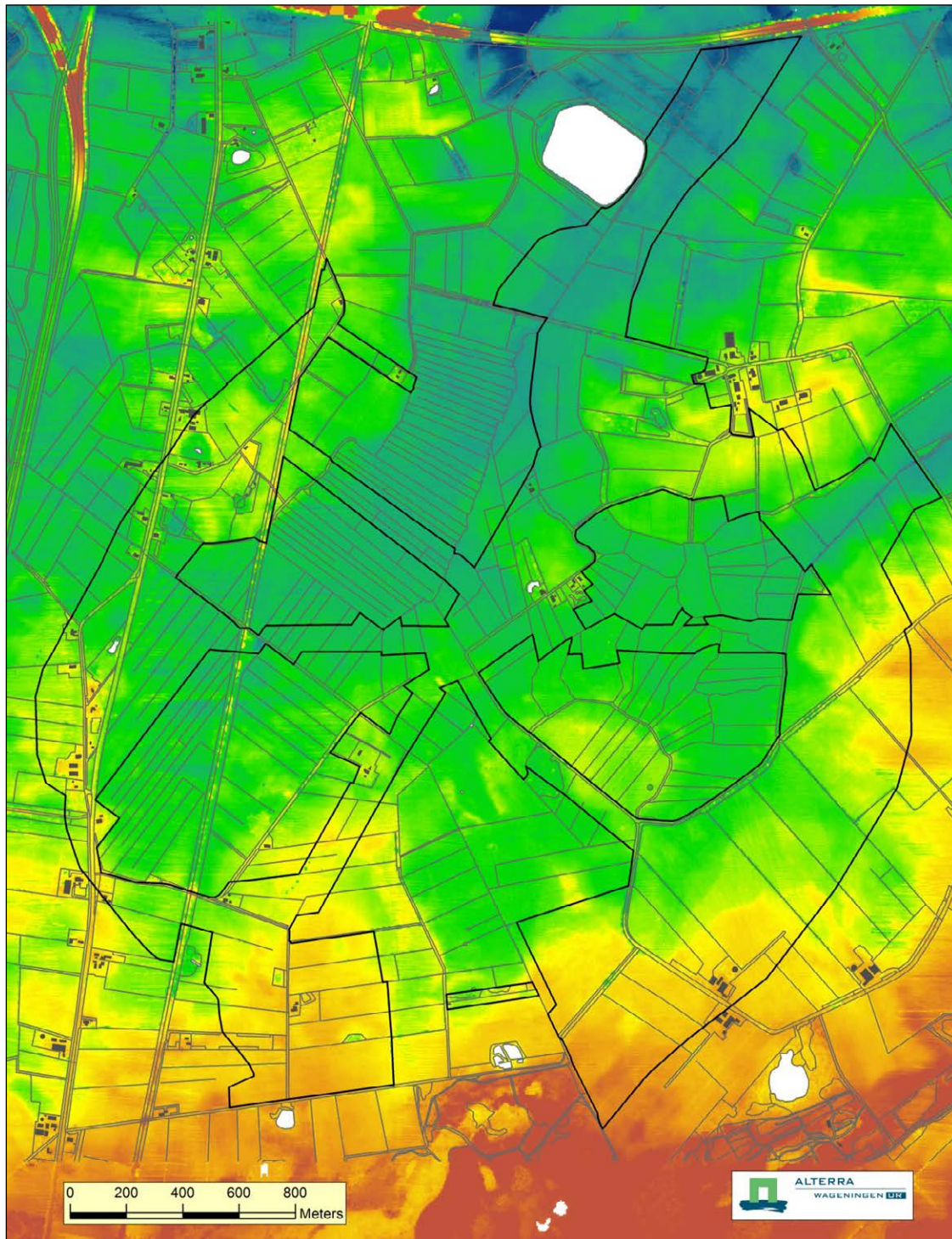


Afbeelding 4 Ligging en begrenzing van het onderzoeksgebied.

Het bodemgebruik van het onderzochte gebied bestaat hoofdzakelijk uit weidebouw (gras en maïsteelt), akkerbouw (aardappelen, bieten en granen) en natuur. Het onderzochte gebied heeft een oppervlakte van ca. 396 ha.

2.2 Bodemkundig-landschappelijke beschrijving

Het onderzoeksgebied laat hoogteverschillen (afb. 5) zien die variëren van ca. 14,5 m + NAP (rode kleur) in het zuiden van het onderzoeksgebied tot ca. 10,5 m + NAP (blauwe kleur) in het noordelijk deel van het gebied (beekdal Ruimsloot).



Afbeelding 5 Hoogtekaart met de relatieve hoogteverschillen (bron AHN).

In het algemeen helt het gebied geleidelijk af naar het brongebied van de Drentsche Aa en naar de noordelijker en oostelijker gelegen beekdalen van het Amer Diep en Anreeper Diep. Het landschap heeft zijn huidige vorm vooral te danken aan de invloed van het landijs uit de voorlaatste ijstijd (Saalien met de keileemafzettingen), de laatste ijstijd (Weichselien met dekzandafzettingen en fluvioperiglaciale afzettingen in de beekdalen) en het Holoceen (veenvorming in de beekdalen en minerale beekafzettingen van klei en leem).

Het gebied maakt deel uit van het Drentse keileemplateau. Voor dit gebied houdt dit in dat op de meeste plekken een dun pakket dekzand (Weichselien) rust op een keileempakket (Formatie van Drenthe) dat in dikte varieert van twee tot maximaal vier meter. Opvallend daarbij is dat zelfs in de beekdalen keileempakketten voorkomen met een dikte van twee meter of meer. Alleen in het noorden en oosten van het gebied, in het westelijke en oostelijke beekdal van de Ruimsloot, zijn geen aaneengesloten keileemlagen aangetroffen. Hier komen wel de meeste veen- en leem(lössleem)laagjes in de zandondergrond voor.

De oudste afzettingen die op sommige plekken binnen boorbereik en direct onder de keileem voorkomen, dateren uit het Midden-Pleistoceen. Het zijn grijze, fijnzandige, goed doorlatende zanden die tot de Formatie van Peelo worden gerekend. In de kartering zijn deze bij de profielbeschrijvingen tot de premorenale zanden gerekend en zo ook benoemd.

In de overwegend fijnzandige dekzanden die aan het oppervlak voorkomen heeft zich meestal een bruine tot donkerbruine humuspodzol ontwikkeld. Deze ontwikkeling van de humuspodzol is duidelijker naarmate de gronden hoger en droger liggen en het keileempakket dieper begint. Op sommige plaatsen begint de keileem zo ondiep dat er nauwelijks sprake is van een humuspodzol in het bovenliggende dekzand. Door stagnatie en/of kwel is het bovenliggende zand dan veelal bruingrijs en/of grijs van kleur met roestvlekken.

In de beekdalen van de Ruimsloot heeft zich in het Holoceen op uitgebreide schaal veen kunnen ontwikkelen. Hoewel er door oxidatie veen is verdwenen zijn de veenpakketten in de bovenstroomse gebied van de Drentsche Aa nooit echt dik geweest; op veel plekken zijn de veenlagen nu dunner dan 40 cm. De gronden worden dan tot de moerige gronden gerekend. Het mesotrofe broekveen is de overheersende veensoort. De bovengronden in de beekdalen zijn over het algemeen ook weinig, maar hebben wel enige bijmenging van beekleem- en/of beekklei. Sommige bovengronden zijn ijzerrijk en voelen daardoor ook kleiiger of lemiger aan.

Binnen de hoger gelegen dekzandgronden (humuspodzolen) komen plaatselijk ingesloten laagten voor die zijn opgevuld met veen. Waarschijnlijk zijn dit pingoruïnes, al is op veel plaatsen nog wel keileem in de diepe ondergrond aangeboord. Voorwaarde voor het ontstaan van een pingo is wel dat er in de ondergrond geen keileem mag voorkomen waardoor door kwel de ijslens kon aangroeien. De aanwezigheid van keileem verhindert dit proces min of meer. Als laatste fase in de veenvorming heeft zich onder invloed van regenwater oligotroof veenmosveen kunnen ontwikkelen. In de met veenmosveen dichtgegroeide pingo 's is door de lokale bevolking veelal veen gestoken.

Uit de historische kaart van rond 1900 (afb. 6) is aan de groene kleur te zien dat een groot deel van de gronden in het beekdal als weidegronden (madeveengronden en broekeerdgronden) in gebruik waren. Het feit dat de dorpen veraf lagen en de gronden rondom Geelbroek toch werden beweide, duidt erop dat de gronden vruchtbaar waren. De hoger gelegen dekzandgrond waren nog bedekt met heide of bos (veldpodzolgronden en moerige podzolgronden). Alleen rondom Eleveld was er sprake van enige oude cultuurgronden (laarpodzolgronden). Pas in de eerste helft van de vorige eeuw is een begin gemaakt met de ontginning van de heidevelden (jonge ontginningsgronden).



Afbeelding 6 Historische kaart met bodemgebruik rond 1900.

3 Methode

3.1 Beoordeling van het bestaande peilbuizenmeetnet

Vóór de uitvoering van de bodemkartering zijn in oktober 2013 in of nabij het onderzoeksgebied gelegen peilbuizen (meest GB-buizen van het waterschap) beoordeeld naar ligging en filterstelling (in relatie tot het voorkomen van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel).

Van de o.a. 12 in het gebied voorkomende GB-buizen (waterschap) zijn 4 peilbuislocaties voor de bodemkartering afgekeurd, omdat ze, meestal wat ligging betreft, niet voldeden aan de criteria die Alterra aan de peilbuizen stelt. Afgekeurde buizen liggen vlak langs een afwateringssloot, in de berm, talud (af. 7) of boven een dichtgemaakte sloot.



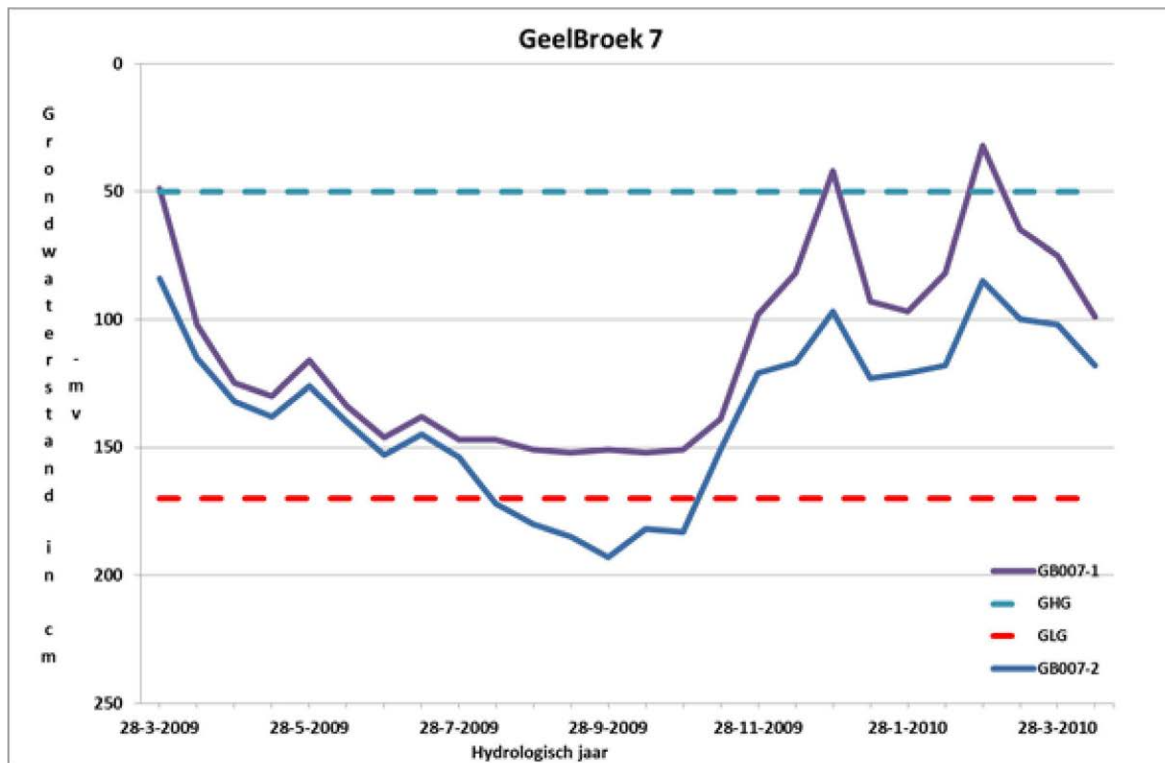
Afbeelding 7 Voor het onderhavige onderzoekdoel afgekeurde buis B12D0363 (gelegen op de flank van een talud, langs een sloot (perceelsscheiding rechts)).

Uiteindelijk blijken er 14 buislocaties (B12D0384, B12D1887, B12D1888, B12D1889, GB003, GB004, GB006, GB007, GB008, GB009, GB011, GB012, HV002 en HV004 (afb. 8)) in of nabij het onderzoeksgebied aanwezig te zijn die qua ligging geschikt zijn voor de onderbouwing van de GHG en GLG veldschattingen en waarvan er een aantal eventueel opgenomen kunnen worden in het nog uit te voeren raaienonderzoek. Van elk van de hierboven genoemde buislocaties is vervolgens een profielbeschrijving gemaakt (zie Bijlage profielbeschrijvingen op 14 buislocaties op de Cd-ROM). Dit is ondermeer gedaan voor de beoordeling van de filterstelling en om de buis informatie te kunnen koppelen met de profielopbouw en de gemeten grondwaterstanden in boorgaten van de boringen die zijn verricht tijdens het gebiedsdekkende bodemkundig-hydrologische onderzoek.



Afbeelding 8 Ligging van de buislocaties die qua ligging geschikt zijn voor het onderzoek (zie voor ligging buis B12D0384 afbeelding 12).

Omdat in het gebied veel keileem voorkomt is de filterdiepte erg bepalend voor de freatische grondwaterstand. Filters net in of boven de keileem geven in de winterperiode aanmerkelijk hogere grondwaterstanden dan wanneer de grondwaterstand wordt gemeten in een peilbuis waarbij het filter “door” de keileem is geplaatst. Dit is een aantal momenten in de tijd gecontroleerd door de gemeten grondwaterstanden in de ondiepe filters te vergelijken met de freatische grondwaterstanden in ondiepe boorgaten, die hoogstens op maximaal ca. 50 cm afstand naast de ondiepe filters zijn gelegen. Soms staat het filter wel in de keileem, maar is het filter te ondiep geplaatst en valt de buis in de zomerperiode droog (afb. 9). Bij sommige bestaande buislocaties zijn daarom in juli 2014 1 of 2 peilbuizen in het kader van het raaienonderzoek bijgeplaatst.



Afbeelding 9 Het verloop van de grondwaterstand in de filters op buislocatie GB007.

Uiteindelijk zijn er voor het onderhavige onderzoek 9 buislocaties (B12D0384, B12D1888, GB003, GB004, GB006, GB007, GB008, GB009 en GB011) gebruikt voor het onderbouwen van de GHG- en GLG schattingen in het veld. De algemene informatie, zoals de hoogte van het maaiveld t.o.v. NAP en buislengte van deze buizen staan vermeld in tabel 1.

Van de provinciale buis B12D1888 en de GB-buizen zijn hoogfrequente meetdata beschikbaar vanaf het jaar 2010. Alleen van peilbuis GB12 zijn geen meetgegevens bekend, omdat het waterschap door onbekende redenen deze tot begin 2014 niet heeft uitgelezen, waardoor de meetinformatie door het niet kalibreren (vooral in de laatste jaren) mogelijk niet meer betrouwbaar is. Op de buislocatie bij Ekehaar (B12D0384) wordt de grondwaterstand vanaf 1990 gemeten (provincie). De GB-buizen en de provinciale buizen worden respectievelijk uitgelezen door een medewerker van het Waterschap Hunze en Aa's en een medewerker van de provincie Drenthe.

Tabel 1

Gegevens van de buislocaties die bij het onderzoek zijn gebruikt.

Naam	Filter	X-coördi-naat	Y-coördi-naat	Mv. (CM t.o.v. NAP)	Onderkant filter (cm - mv.)	Begindiepte keileem/lössleem (cm - mv.)	Bovenkant buis t.o.v. mv. (cm)
B12D0384	1	237044	552470	1187	175	190	55
B12D1888	1	234129	552329	1122	102	100	52
B12D1888	2	234129	552329	1122	500	100	44
GB003	1	234308	553066	1116	155	110	64
GB003	2	234308	553066	1116	500	110	58
GB004	1	234640	552144	1221	150	80	-9
GB004	2	234640	552144	1221	500	80	-11
GB006	1	233885	551556	1251	150	80	68
GB006	2	233885	551556	1251	550	80	60
GB007	1	233613	551023	1302	150	80	57
GB007	2	233613	551023	1302	500	80	48
GB008	1	233817	550823	1316	135	50	-7
GB008	2	233817	550823	1316	550	50	56
GB009	1	233236	552316	1199	200	Geen keileem/lossleem	75
GB009	2	233236	552316	1199	500	Geen keileem/lossleem	62
GB011	1	235149	551163	1216	170	60	64
GB011	2	235149	551163	1216	500	60	59

3.2 Bodemgeografisch onderzoek

3.2.1 Bodemkundige gegevens

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek zijn op 396 ha (inclusief water, water, wegen en bebouwing) in de periode september 2013 tot en met september 2014, 195 boringen verricht en beschreven tot iets onder het huidige GLG-niveau (maximaal tot ca. 250 cm - mv.) en is de positie met behulp van een GPS vastgelegd. Bij 60 boringen is dieper geboord om de dikte van het keilempakket vast te stellen. Daarnaast zijn er 155 tussenboringen verricht om de bodem- en Gt-grenzen nauwkeuriger vast te stellen. De meeste boringen voor de kartering zijn verricht in het voorjaar van 2014. Tot de beschreven boringen behoren ook de boringen die zijn verricht bij bestaande buislocaties en voor de gerichte opnames. Sommige boringen vallen buiten de gebiedsbegrenzing, omdat op dat moment de gebiedsbegrenzing nog niet exact was vastgesteld.

Bij de beschreven grondboringen zijn de volgende bodemkundige gegevens 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;
- het organische-stofgehalte, het leemgehalte, lutumgehalte (indien relevant) en de mediaan (M50) van de zandfractie van boven- en ondergrond;
- de geologische informatie;
- het voorkomen van afwijkende materiaalsoorten, zoals keileem, lössleem, grof zand en/of grind en moerig materiaal;
- de GHG en GLG (cm - mv.) met Gt klasse.

Het afgrenzen van de bodemkundige eenheden tijdens de veldopname is gebaseerd op criteria die zijn vastgelegd in het Systeem van Bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker en Schelling, 1989) en op het onderscheiden van andere kenmerken en eigenschappen van de bodem die van belang zijn voor bijv. de berekening van eventuele gewasschade als gevolg van ingrepen in de waterhuishouding of een drainage-advies. Het organische-stofgehalte, de textuur en de profielopbouw zijn voorbeelden van kenmerken en eigenschappen die daarbij van belang zijn. Om schattingen van humusgehalte en textuur te kunnen toetsen zijn relevante grondmonsteranalyses uit het Bodemkundig Informatie

Systeem van Alterra (BIS) gebruikt. De onderscheiden bodemkundige eenheden worden uiteindelijk weergegeven op de bodem- en Gt-kaart (kaart 1 en 2) en is ook digitaal beschikbaar (ARCGIS).

Op weerstandbiedende puntenkaart, schaal 1 : 10.000 (kaart 1b) is de plaats van alle door ons verrichte en beschreven boringen met een punt weergegeven. Elk boorpunt bevat op de kaart informatie over de maximale boordiepte, de aard, samenstelling en de diepte waarop weerstandbiedende lagen zijn aangetroffen. Verder is ook een indicatie gegeven van de verticale verzadigde doorlatendheid (Ksat) van deze weerstandbiedende lagen. Onder weerstandbiedende lagen wordt verstaan: lagen die invloed hebben op de stroming en standen van het freatische grondwater. Uit het veldbodemkundig onderzoek is gebleken dat in het onderzoeksgebied veelvuldig weerstandbiedende lagen binnen boorbereik voorkomen, zoals keileem, compacte veenlagen en lössleem die in meer of mindere mate invloed hebben op de hoogte en de fluctuatie van de freatische grondwaterstand. Voorts hebben deze lagen ook invloed op de doorwerking van de grondwaterstandverhoging vanuit het pakket waaruit de grondwaterstand wordt verhoogd naar de freatische grondwaterstand (GHG en GLG).

Het boorregister, waarin alle veldbodemkundige puntinformatie is opgenomen, bevindt zich in het archief van Alterra en wordt in digitale vorm alleen aan de opdrachtgever verstrekt.

3.2.2 Hydrologische gegevens

De gebruikswaarde van de gronden berust vooral op bodemeigenschappen, die sterk door de grondwaterstand en de fluctuatie ervan worden bepaald, zoals het vochtleverend vermogen, de aëratie/ontwatering en de stevigheid van de bovengrond.

De grondwaterstand op een bepaalde plaats varieert in de loop van het jaar en van jaar tot jaar. Verder varieert de grondwaterstand door verschil in grondsoort, hoogteligging, profielopbouw, ont- en afwateringstoestand, neerslag en verdamping.

Het jaarlijks wisselende verloop van de grondwaterstand op een bepaalde 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 jaar (1 april t/m 31 maart). 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 waterwingebieden wordt indien mogelijk uitgegaan van een periode van 10 jaar (Vroon *et al.* 2008, 2010 en 2012, Ritzema *et al.* 2012). Er wordt hierbij uitgegaan van twee metingen per maand op of omstreeks de 14e en de 28e. Voor het onderbouwen van de GHG- en GLG schattingen in het veld zijn berekende GHG's en GLG's van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen noodzakelijk. Één buis (B12D0384) voldoet ruim aan het criterium van 10 jaar. Voor deze buis is over een periode van 22 jaar (1991-2013) een GHG en GLG berekend. De periode waarin men in de overige acht geselecteerde grondwaterstandsbuizen (B12D1888, GB003, GB004, GB006, GB007, GB008, GB009 en GB011) grondwaterstanden heeft gemeten is echter te kort om GXG's te kunnen berekenen. Er zijn vanaf ca. 2010 wel hoogfrequente metingen (1 keer per dag) aanwezig, zodat de GXG's (schattingen) kunnen worden berekend met behulp van regressieanalyse. Dit is geschied door de freatische grondwaterstanden van bovengenoemde ondiepe filters te correleren met de grondwaterstand in buis B12D0384. Een belangrijke randvoorwaarde hierbij is, dat in de periode waarover wordt gecorreleerd de grondwaterstand in buis B12D0384 het GHG- en het GLG-moment bestrijkt.

De waarden die men voor de GHG en de GLG vindt, kunnen van plaats tot plaats variëren. Daarom heeft men een klassenindeling samengesteld, die op basis van de GHG en GLG is ontworpen (ten Cate *et al.* 1995 en Brouwer *et al.* 1996). Elk van deze klassen, de grondwatertrappen (Gt), is door een GHG- en/of GLG-traject gedefinieerd. Grondwatertrappen geven de gemiddelde fluctuaties van het grondwater weer. Ze zijn aangegeven met Romeinse cijfers en één of meerdere lettertoevoeging(en) (tabel 2).

Tabel 2

Trajectgegevens voor de Gt.

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

*Kwalitatieve toevoegingen voor de hoofdcode

b=buiten de hoofdwaterring gelegen gronden; periodiek overstroomd;

s=schijnspiegel

w=water boven maaiveld gedurende een aaneengesloten periode van meer dan 1 maand tijdens de winterperiode (alleen bij binnen de hoofdwaterring gelegen gronden)

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 materiaal een blauwgrijze kleur (afb. 10). 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 in het grondwaterregiem. Bovendien is het niet altijd duidelijk of de waargenomen kenmerken samenhangen met een GLG-niveau. Alleen (freatische) grondwaterstandmetingen kunnen hierin meer duidelijkheid geven.



Afbeelding 10 Gerijpte bruingrijze keileem (links) en blauwgrijze, gereduceerde keileem (rechts).

De schatting van het GHG-niveau is ook gebaseerd op hydromorfe kenmerken, dit in afhankelijkheid van de fluctuatie van het grondwater. Bij de interpretatie van deze kenmerken ten aanzien van de GHG wordt mede 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 fijn zandige gronden deze hydromorfe verschijnselen als gevolg van een dikke, vol capillaire zone, hoger in het bodemprofiel voorkomen dan bij zwak lemige of leemarme, matig fijn zandige gronden. Dit heeft tot gevolg dat de eerst genoemde gronden, vanuit het oogpunt van de landbouw (vochtleverend vermogen, draagkracht etc.) gezien, natter zijn of zich natter gedragen dan de minder lemige of matig fijn zandige profielen.

Uiteindelijk zijn in het terrein de verschillen tussen de geschatte GHG en GLG op basis van topografische kenmerken en andere veldkenmerken (zoals vegetatie, het voorkomen van storende lagen) afgegrensd. Het grondwaterstandverloop wordt in de vorm van klassen op de bodem- en Gt-kaart weergegeven (kaart 1 en 2) en in aanhangsel 3 vermeld. Voor elk op de bodem- en Gt-kaart voorkomend kaartvlak is de GHG (vlak_GHG) en GLG (vlak_GHG) vastgesteld op basis van de boringen die in het vlak zijn verricht, grondwaterstandsmetingen en controlemetingen.

Om de geschatte GHG- en GLG-waarden zo goed mogelijk te onderbouwen zijn in de boorgaten, na ca. één of meer dagen insteltijd, de grondwaterstanden (afb. 11) gemeten. De gemeten grondwaterstanden zijn van een datum voorzien en staan bij de profielbeschrijvingen of in een apart bestand vastgelegd. De standen zijn met betrekking tot het GHG- en GLG-niveau getoetst aan langjarige gegevens van grondwaterstandsbuis B12D0384 (stambuis) en met de geschatte GXG's (regressieanalyse) van de grondwaterstandsbuizen B12D1888, GB003, GB004, GB006, GB007, GB008, GB009 en GB011.



Afbeelding 11 Grondwaterstandsmeting in boorgat.

Verder zijn de GHG en GLG schattingen getoetst aan de hand van 3 gerichte opnamen in boorgaten en buizen (afb. 12 en aanhangsel 1), één in oktober 2013 (GLG) en twee in januari 2014 (GHG) en controlemetingen o.a in augustus 2014. De twee gerichte opnamen in januari zijn het gevolg van een uitbreiding van de kartering in januari 2014.



Afbeelding 12 Locaties van boorgaten (BG) en peilbuizen voor de gerichte opname.

Voor de GLG zijn op 28 augustus 2014 een beperkt aantal controle metingen uitgevoerd om enkele GLG-schattingen beter te onderbouwen en zo nodig bij te stellen. Deze metingen staan niet vermeld op de kaart met gerichte opnames, maar zijn wel opgenomen in een Excel file op de CD-ROM.

4 Resultaten

4.1 Algemeen

De resultaten van de bodemkartering bestaan o.a. uit:

- Een bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 1)
- Een boorpuntenkaart (kaart 1a)
- Een weerstandbiedende puntenkaart (kaart 1b)
- Een Gt-kaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 2)
- Een kaart met gerichte opnames van de (freatische) grondwaterstand (kaart 2a)
- Een tabel met gerichte opnames van de grondwaterstand (aanhangsel 1)
- Een beschrijvende legenda (aanhangsel 2)
- Tabel met de gegevens per kaarteenheden (aanhangsel 3)
- Een digitaal bestand met de ligging van de boorpunten
- Een digitaal bestand met puntinformatie over de ligging, aard en samenstelling van de weerstandbiedende lagen binnen boorbereik
- Een digitaal bestand met de gerichte opnames van de grondwaterstand
- Een digitaal bestand met boorbeschrijvingen
- Een digitale bodem- en Gt-kaart
- Een bijlage met profielbeschrijven op 14 buislocaties

De bodemgesteldheid van het onderzoeksgebied is weergegeven op de bodemkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 1). Deze kaart geeft informatie over de gronden en het grondwaterstandverloop (grondwatertrappen), maar is alleen naar de bodemeenheden ingekleurd. Op de boorpuntenkaart (kaart 1a) staan de locaties van de beschreven boringen weergegeven. Op de weerstandbiedende lagenkaart (kaart 1b) is per boorpunt de aard, dikte en diepte van de eventueel voorkomende weerstandbiedende la(a)gen in de vorm van een codering weergegeven. De grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 2) geeft dezelfde informatie als de bodemkaart, maar is alleen naar grondwatertrappen ingekleurd. Een beschrijving van de legenda-eenheden die op de bodem- en Gt-kaart zijn onderscheiden staat in aanhangsel 2. Verwerkte gronden (F,G en H) zijn op de bodemkaart aangeduid met één van deze letters achter de bodemcode (bijv. Hn35F). De onderscheiden toevoegingen staan als een raster of symbool op de bodem- en Gt-kaart weergegeven. De kenmerken van de onderscheiden kaarteenheden (samenvoeging van bodemeenheden, toevoegingen en Gt-klasse) staan in tabelvorm weergegeven in aanhangsel 3. Op de kaart met de gerichte opnames van de grondwaterstand (kaart 2a) is per locatie de hoogte van het maaiveld AHN (5 meter grid) in cm t.o.v. NAP en de gedateerde grondwaterstand per boorpunt in cm t.o.v. NAP en in cm - mv. weergegeven. De in de opsomming genoemde digitale bestanden maken geen deel uit van dit rapport en worden alleen aan de opdrachtgever verstrekt.

Voor een algemene beschrijving van de bodemkartering wordt verwezen naar het rapport "Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden; bodemvorming, methoden en begrippen" (ten Cate *et al.* 1995 en Brouwer *et al.* 1996). In de volgende paragrafen zal van de bodemgesteldheid van het gekarteerde gebied een korte beschouwing worden gegeven.

4.2 Bodemkundige gegevens

4.2.1 Bodemkaart

In het onderzoeksgebied komen op het hoogste indelingsniveau zandgronden, moerige gronden en veengronden voor (kaart 1 en aanhangsel 2 en 3) voor. De grootste oppervlakte (ca. 253 ha: 68%)

bestaat uit zandgronden. Moerige gronden komen in dit gebied ook voor met een oppervlakte van ca. 81 ha (ca. 21%). Veengronden komen binnen het gekarteerde gebied in geringe oppervlakte (39 ha: 11%) voor. 23 ha., ca. 6% van de totale oppervlakte binnen de begrenzing van het gekarteerde gebied wordt aangeduid als algemene onderscheidingen. Hieronder worden gerekend wegen, waterlopen, bebouwing, spoorlijn, sterk opgehoogde terreinen etc. Naar bodemvorming, aard- en dikte van de bovengrond de zandgronden, moerige gronden en veengronden verder onderverdeeld. In totaal zijn er op de bodemkaart 28 bodemeenheden onderscheiden.

Zandgronden zijn minerale gronden die tussen 0 en 80 cm - mv. voor meer dan de helft van hun dikte uit zand bestaan. Ze mogen geen moerige bovengrond of een moerige tussenlaag dikker dan 40 cm hebben. In het onderzoeksgebied komen veldpodzolgronden, laarpodzolgronden, gooreerdgronden en beekerdgronden voor. Deze onderverdeling is gebaseerd op bodemvorming (humuspodzol-B, hydromorfe kenmerken) en dikte van de bovengrond. Binnen de zandgronden zijn 12 bodemeenheden (legenda-eenheden) onderscheiden.

Veldpodzolgronden (Hn..)

Veldpodzolgronden (afb. 13) zijn zandgronden met een humuspodzol-B en met een humushoudende bovengrond dunner dan 30 cm. Ze beslaan een oppervlakte van ca. 175 ha en zijn daarmee het meest voorkomende bodemtype binnen de zandgronden. Ze komen verspreid voor in het onderzochte gebied doch in de beekdalen ontbreken ze meestal of het moeten zandkopjes zijn. Veel jonge ontginningsgronden bestaan uit veldpodzolgronden.

De veldpodzolgronden zijn onder relatief natte en voedselarme omstandigheden ontstaan. Door de meest neerwaartse beweging van het grondwater (inzigging) en het relatief zure milieu is ijzer in oplossing gegaan met als gevolg dat veel veldpodzolgronden zijn ontijzerd. Alleen in de humuspodzol-B of vlak daaronder kunnen zich enige ijzer- en aluminiumverbindingen hebben opgehoopt. Ze zorgen in combinatie met humusinspoeling vaak voor verkitting. De mate van verkitting is het grootst op die plekken waar een dik pakket dekzand voorkomt. Begint de keileem relatief ondiep dan is ook het dekzand iets lemiger en daardoor minder verkit. Ook bij de lager gelegen podzolgronden is meestal sprake van minder verkitting; hier kan de humuspodzol-B-horizont daarentegen "kazig" zijn. Zowel een verkitte B-horizont als een kazige B-horizont is vaak in meer of mindere mate storend voor de verticale waterbeweging (stagnatie). Binnen het landbouwgebied is meestal minder sprake van verkitting omdat deze lagen als gevolg van grondbewerking vaak "gebroken" zijn.

De veelal zwarte, humushoudende bovengrond is 25-30 cm dik en bevat 5-10% organische stof. Het gemiddelde organische-stofgehalte bedraagt ca. 7%. Bij de meeste veldpodzolgronden bestaat de bovengrond uit zwak lemig, zeer fijn zand (bodemcode: Hn33). Op plaatsen waar de keileem binnen 80 cm – mv. voorkomt en op de plekken die wat lager liggen zijn de bovengronden veelal sterk lemig (bodemcode: Hn35 en Hn55). Vlak onder de bovengrond komen plaatselijk, met name binnen de wat ingesloten laagten, nog resten veenmosveen voor die veelal vermengd zijn met de bruine inspoelingslaag (humuspodzol). Ook komen er lokaal nog plekken voor met loodzand (uitspoelingslaag; E-horizont). Veelal is dit grijswitte zand door grondbewerking opgenomen in de bovengrond of ondergrond en daardoor vaak minder goed waarneembaar. De loodzandlagen zijn het best ontwikkeld in leemarm materiaal. De ondergrond bestaat bij de meeste veldpodzolgronden uit bruingeel tot grijs zwak lemig, fijn dekzand. Bij de meeste veldpodzolgronden (ca. 90%) gaat het dekzand binnen 120 cm – mv. over in keileem. Op de overgang van het dekzand naar de keileemondergrond wordt regelmatig een overgangslaagje van keizand en of zandige keileem aangetroffen.



Afbeelding 13 Veldpodzolgrond tot 80 cm – mv. met keileem beginnend op ca. 60 cm – mv.

Op enkele hogere en schralere dekzandkopjes begint de keileem meestal wat dieper. In de omgeving van Eleveld komen plaatselijk lössleemlaagjes in de zandondergrond voor. Ook in dit geval begint de keileem meestal dieper dan 120 cm – mv. Naar textuur van de bovengrond zijn binnen de veldpodzolgronden 4 legenda-eenheden onderscheiden.

Laarpodzolgronden (cHn..)

Laarpodzolgronden zijn zandgronden met een humuspodzol-B en met een humushoudende bovengrond die 30-50 cm dik is. Ze komen in geringe oppervlakte (ca. 14 ha) voor in het noorden (Eleveld) en westen van het gebied.

Laarpodzolgronden zijn te vergelijken met de veldpodzolgronden alleen hebben ze een dikkere bovengrond. De laarpodzolgronden worden beschouwd als “oude cultuurgronden”. Ze zijn ontstaan door eeuwenlange bemesting met plaggen uit de zogenaamde potstal. Of deze ontstaanswijze ook opgaat voor de meest westelijk gelegen laarpodzolgronden is twijfelachtig. Omdat de bovengronden hier 30 cm dik zijn en de overige veldpodzolgronden gemiddeld 25 cm dik zijn, hebben we deze podzolgronden bij de laarpodzolgronden ingedeeld.

De zwarte, humushoudende bovengrond is 30-50 cm dik en bevat 6-10% organische stof. Het gemiddelde organische-stofgehalte bedraagt ca. 7%. De laarpodzolgronden bestaan uit zwak lemig of sterk lemig, zeer fijn zand (bodemcode: cHn33 en cHn35). Ook de onder de bovengrond voorkomende humuspodzol is zwak of sterk lemig. De ondergrond bestaat uit bruingeel tot grijs zwak lemig, fijn dekzand. Binnen 120 cm – mv. gaat het dekzand over in keileem. Naar textuur van de bovengrond zijn binnen de laarpodzolgronden 4 legenda-eenheden onderscheiden.

Gooreerdgronden (tZn..)

Gooreerdgronden (afb. 14) zijn zandgronden zonder een duidelijke humuspodzol-B en met een humushoudende bovengrond dunner dan 30 cm. Ze komen slechts in geringe oppervlakte in het gebied voor en beslaan een oppervlakte van ca. 14 ha. Dat de humuspodzol ontbreekt heeft deels te maken met de lage ligging van de gronden (deels kwel) en deels met het ondiepe voorkomen van keileem en/of keizand.



Afbeelding 14 Gooreerdgrond (tZn55x) met keileem op ca. 60 cm - mv.

De veelal zwarte, humushoudende bovengrond is 25-30 cm dik en bevat 8-15% organische stof. Het gemiddelde organische-stofgehalte bedraagt ca. 9%. Door groundbewerking is er vaak wat zand uit de ondergrond door de bovengrond verwerkt. Door het hoge organische-stofgehalte, het hoge leemgehalte (sterk lemig) en het feit dat de keileem vaak binnen 80 cm – mv. begint, zijn de gronden vaak te nat en hebben weinig draagkracht.

Naar textuur van de bovengrond zijn binnen de gooreerdgronden 2 legenda-eenheden onderscheiden.

Beekeerdgronden (tZg..)

Beekeerdgronden (afb. 15) zijn zandgronden zonder een duidelijke humuspodzol-B en met een humushoudende bovengrond dunner dan 30 cm. In tegenstelling tot de gooreerdgronden manifesteren de hydromorfe kenmerken zich in de hoedanigheid van duidelijker roestverschijnselen. Ze komen voor in en langs de beekdalen en beslaan een oppervlakte van ca. 48 ha.

De veelal zeer donkerbruine, humushoudende bovengrond is 25-30 cm dik en bevat 5-15% organische stof. Het gemiddelde organische-stofgehalte bedraagt ca. 7%. De bovengronden zijn sterk lemig en hebben vaak duidelijke bijmenging van lutum.



Afbeelding 15 Beekeerdgrond, iets verwerkt met lössleem beginnend op ca. 80 cm – mv.

Door grondbewerking is er vaak wat zand uit de ondergrond door de bovengrond verwerkt. In de omgeving van Geelbroek komen bovengronden voor die bestaan uit humusrijke matig lichte zavel (bodemcode: ktZg). Dit kleidek moet gezien worden als een holocene afzetting van beekklei(leem). Bij de meeste beekeerdgronden gaat de roestige, en zwak tot sterk lemig zandondergrond binnen 120 cm – mv. over in keileem. In het westen van het gebied komen beekeerdgronden, waarbij de keileem al tussen 40 en 60 cm – mv. begint. Ten noordwesten van Eleveld komen beekeerdgronden voor met lössleemlagen in de zandondergrond. De keileem zit hier vaak dieper of ontbreekt. Door de relatief lage ligging van de beekeerdgronden, in combinatie met het ondiep voorkomen van de keileem en de slecht ontwateringstoestand (vnl. Gt IIIa) hebben de beekeerdgronden grote beperkingen ten aanzien van de draagkracht. Naar textuur van de bovengrond zijn binnen de beekeerdgronden 3 legenda-eenheden onderscheiden.

Moerige gronden zijn gronden met een moerige (venige) bovengrond of een moerige tussenlaag die binnen 40 cm – mv. begint en 10 tot 40 cm dik is. Naar aard van de ondergrond, zand met en zonder humuspodzol-B, zijn moerige podzolgronden (ca. 22,4 ha) en broekeerdgronden (ca. 58,0 ha) onderscheiden.

Moerige podzolgronden (aWp en zWp)

Er komen in het onderzoeksgebied moerige podzolgronden voor met een moerige bovengrond (bodemcode: aWp, ca. 13 ha) en met een minerale bovengrond bestaande uit zand (bodemcode: zWp, ca. 9 ha (afb. 16)).



Afbeelding 16 Dampodzolgrond (zWpx) met een ca. 30 dikke moerige tussenlaag (punt van boor) beginnend op ca. 35 cm – mv. en keileem beginnend op ca. 110 cm - mv.

De moerige podzolgronden komen vaak als ingesloten laagten voor binnen de veldpodzolgronden. De bovengrond van de legenda-eenheid aWp bestaat vaak uit weinig zand door bijmenging van zand maar is wel moerig (meer dan 15% organische stof). Soms komt onder de bovengrond nog een dunne laag zwart veen voor die meer of minder goed is veraard. Op de overgang naar de donkerbuine humuspodzol-B horizont kan plaatselijk slecht tot zeer slecht doorlatend gliede-achtig veen voorkomen. Eronder komt veelal een slecht tot soms zeer slecht doorlatende sterk lemig, kazige B-horizont (afb. 17) voor. Hierdoor treedt er tijdens neerslagrijke perioden bij veel van deze gronden gemakkelijk plasvorming op, wat met name negatieve gevolgen heeft ten aanzien van de bereikbaarheid en de gevoeligheid voor vertrapping en insporing. Ook ontstaan er problemen ten aanzien van de luchtvoorziening van/voor het gewas. De bovengrond van de legenda-eenheid zWp bestaat uit humeus sterk of zwak lemig zand. Vaak is de bovengrond wat heterogeen omdat er zand is opgebracht of omdat wat veen en zand door diepe grondbewerking met elkaar zijn vermengd. Omdat het bij de moerig podzolgronden vaak gaat om ingesloten laagten en de ondergrond door de aanwezigheid van een kazige B-horizont en keileem niet goed doorlaat, kunnen met name in de winterperiode periodiek hoge grondwaterstanden voorkomen.



Afbeelding 17 Kazige B-horizont (punt van de boor) in het bodemprofiel van een dampodzolgrond (zWpx).

Broekeerdgronden (aWz, hWz en zWz)

Er komen in het onderzoeksgebied broekeerdgronden voor met een moerige bovengrond (bodemcode: aWz en hWz, totaal ca. 44,3 ha) en met een minerale bovengrond bestaande uit zand (bodemcode: zWz, ca. 13,7 ha). De broekeerdgronden met een moerige bovengrond komen hoofzakelijk voor binnen het natuurgebied Geelbroek. De meeste bovengronden zijn kleilig moerig door bijmenging van lutum. Moerige bovengronden met duidelijk meer bijmenging van zand i.p.v. lutum komen voor op een deel van de laaggelegen en natte gronden in het Ekehaarder Veld. Ten westen van Ekehaar, in en langs het beekdal van de Ruimsloot, hebben de meeste broekeerdgronden een zanddek. Dit zanddek is deels door bezanding en deels door diepe groundbewerking (zand uit de ondergrond) ontstaan. Bij de meeste broekeerdgronden komt vaak onder de bovengrond nog een laagje veraard of half veraard mesotroof broekveen voor. Op de overgang van het veen naar de zandondergrond komt plaatselijk een compact sterk lemige en zeer tot uiterst fijn zandig zgn. meerbodemiaagje voor, waardoor de verticale verzadigde doorlatendheid slecht tot zeer slecht is. Hierdoor treedt er tijdens neerslagrijke perioden gemakkelijk plasvorming op, wat met name negatieve gevolgen heeft ten aanzien van de bereikbaarheid en de gevoeligheid voor vertrapping en insporing. Ook ontstaan er problemen ten aanzien van de luchtvoorziening van/voor het gewas. De zandondergrond is erg wisselend van samenstelling (gelaagde en verspoelde fluvio-periglaciale afzettingen) en kan variëren van zeer fijn, zeer sterk lemig zand tot leemarm, matig fijn tot grof zand. Vaak gaat de zandondergrond binnen 120 cm – mv. over in keileem. Ook komen verspoelde keizandlagen voor. In het noorden van het gebied, langs en in het dal van de Ruimsloot, is geen keileem, maar lössleem aangetroffen.

Veengronden zijn gronden die tussen 0 en 80 cm – mv. voor meer dan de helft van de dikte uit veen bestaan. Ze komen in geringe oppervlakte voor in het beekdal van de Ruimsloot en verspreid binnen de zandgronden, als ingesloten laagtes (vnl. pingo 's). Op basis van verschil in aard en dikte van de bovengrond zijn de veengronden onderverdeeld in vlierveengronden, madeveengronden, koopveengronden en meerveengronden.

Vlierveengronden (Vs, Vd en Vp)

Vlierveengronden zijn veengronden zonder een duidelijke of een te dunne (< 15 cm), veraarde moerige bovengrond. Ze komen in zeer geringe oppervlakte (2,4 ha) voor. Ze liggen als broekbosjes of onderdeel van een bosperceel in het landschap. De gronden zijn zeer nat en plaatselijk komt “open water” voor. Ze bestaan voornamelijk uit oligotroof veenmosveen (bodemcode: Vs). Lokaal is er veenmosveen afgegraven. Naar beneden toe wordt het veen geleidelijk minder arm en gaat over in bruin, lemig en gyttja-achtig veen (afb. 18).



Abeelding 18 gyttja-achtig veen.

Langs de randen gaat het veen binnen 120 cm – mv. plaatselijk over in een humuspodzol. (bodemcode: Vp). Op de overgang van het veen naar het zand komt vaak een zwarte, smerende, en slecht doorlatende glierelaag voor. Op basis van veensoort en begindiepte zandondergrond zijn op de bodemkaart 3 legenda-eenheden (Vs, Vd en Vp) onderscheiden.

Madeveengronden (aVz en aVp)

Madeveengronden zijn veengronden met een moerige eerdlaag, d.w.z. een veraarde moerige bovengrond dikker dan 15 cm. De bovengrond is kleiarm en kan bijmenging van zand hebben (venig zand of zandig veen). De madeveengronden (bijna 18 ha) komen hoofdzakelijk in het beekdal van de Ruimsloot (bodemcode: aVz). De bovengrond varieert in dikte van 15 tot 25 cm. Onder de bovengrond komt half veraard, mesotroof broekveen voor dat meestal binnen 80 cm – mv. overgaat in zand zonder humuspodzol (bodemcode: aVz). De grijze, fluvio-periglaciale zandondergrond heeft een enigszins gelaagd karakter, d.w.z. sterk lemige, fijn zandige lagen en grovere, leemarme lagen wisselen elkaar af. Wanneer in de zandondergrond aaneengesloten leemlagen voorkomen van 20 cm of dikker dan wordt dit op de bodemkaart aangegeven met een toevoeging (toev. .../t). Tussen Geelbroek en de spoorlijn gaat het zand binnen 120 cm – mv. over in blauwgrijze keileem (toev. .../x). Ten zuidwesten van Eleveld komt een ingesloten laagte (bosperceel) voor, waarbij binnen 120 cm – mv. een humuspodzol begint (bodemcode: aVp). Het veen bestaat hier voornamelijk uit veenmosveen. Het veen is deels afgegraven. Omdat de madeveengronden hoofdzakelijk voorkomen op Gt IIa hebben de gronden grote beperkingen ten aanzien van de draagkracht.

Koopveengronden (hVz)

Koopveengronden zijn veengronden met een kleiige moerige eerdlaag, d.w.z. een veraarde kleiige moerige bovengrond dikker dan 15 cm. De bovengrond voelt kleiig, lemig aan, mede veroorzaakt door de aanwezigheid van ijzer. Het organische-stofgehalte ligt lager dan bij de madeveengronden. De koopveengronden (ca. 13 ha) komen voor in het noordelijk deel van het beekdal van de Ruimsloot. De bovengrond varieert in dikte van 15 tot 25 cm. Net als bij de madeveengronden, komt onder de bovengrond half veraard, mesotroof broekveen voor dat meestal binnen 80 cm – mv. overgaat in zand zonder humuspodzol. De grijze, fluvio-periglaciale zandondergrond heeft een enigszins gelaagd karakter, d.w.z. sterk lemige, fijn zandige lagen en grovere, leemarme lagen wisselen elkaar af. De koopveengronden komen voor op Gt Ia en IIa en hebben daardoor, net als de madeveengronden, de nodige beperkingen voor agrarisch gebruik.

Meerveengronden (zVs, zVc, zVs, zVp en zVz)

Meerveengronden zijn veengronden met zanddek dunner dan 40 cm. De meerveengronden (ca. 5,5 ha) zijn een gevolg van bezandingsactiviteiten met als doel de draagkracht te verbeteren. Het bezandingsdek kan zowel in aard als in dikte erg variëren. Het bezandingsdek is meestal ook vrij heterogeen en soms komen er keileemresten in voor. Ondanks de geringe oppervlakte zijn door verschil in veensoort en aard van de zandondergrond (met en zonder humuspodzol) vijf legenda-eenheden onderscheiden.

Algemene onderscheidingen

Op de bodem- en grondwatertrappenkaart komen legenda-eenheden waarbij bodem- en Gt informatie ontbreekt, omdat het niet mogelijk is er een profiel te beschrijven (bodemcode: Weg, Bebouw, Water, Spoorlijn) of omdat het profiel zo heterogeen is (bodemcode: Ophoog en Afgraaf) om het te classificeren. Het gaat om een totale oppervlakte van ca. 23 ha.

De toevoegingen die op de bodemkaart en in het digitale bestand voorkomen, geven informatie over kenmerken van de bodem die we niet konden of wilden gebruiken als criterium bij het indelen van de gronden. In totaal zijn er 8 toevoegingen onderscheiden. Twee toevoegingen hebben betrekking op het voorkomen van keileem binnen 120 cm – mv. Daarbij is een onderverdeling gemaakt naar begindiepte (40-60 cm – mv. en 60-120 cm – mv.). Deze onderverdeling heeft te maken met het toekomstig drainage-advies. Uitgang daarbij is, dat wanneer de keileem binnen 60 cm – mv. begint, drainage onder normale drainafstanden voor zandgronden (ca. 8 á 10 m) minder of weinig effect heeft op een verlaging van de freatische grondwaterstand. De derde toevoeging heeft te maken met het voorkomen van lössleem in de zandondergrond. De vierde en vijfde toevoeging betreft het voorkomen van veenlagen binnen de zandgronden. De laatste drie toevoegingen hebben betrekking op menselijke ingrepen als grondbewerking, afgraving of ophoging.

..../X: keileem beginnend tussen 40 en 60 cm – mv.

Gronden met deze toevoeging (ca. 51 ha) komen voornamelijk voor ten zuiden van Graswijk. Het zijn voornamelijk beekerdgronden en in minder mate gooreerdgronden. In natte perioden gedurende de winterperiode komt het grondwater gemakkelijk tot net onder of in het maaiveld, maar ook in het groeiseizoen kan bij overvloedige neerslag de grond nog helemaal verzadigd raken als gevolg van een slechte doorlatendheid, geringe berging en slechte waterafvoer (afb. 19).



Afbeelding 19 Diepe insporing en plasvorming na overvloedige neerslag in het voorjaar van 2014 als gevolg van het ondiep voorkomen van keileem op een perceel in het zuiden van het onderzoeksgebied.

.../x: keileem beginnend tussen 60 en 120 cm – mv.

Gronden met deze toevoeging komen in grote oppervlakte (ca. 258 ha) verspreid voor in het gebied, behalve in het uiterste noorden. Op de meeste plaatsen is het keileempakket 2 tot 3 meter dik. De toevoeging komt in combinatie met alle bijna grondsoorten voor. Door de stagnerende werking van de keileem komen in perioden met veel neerslag de grondwaterstanden op veel plaatsen binnen 40 cm – mv.

.../t: lössleem beginnend tussen 40 en 120 cm – mv. en ten minste 20 cm dik.

In het noorden met name in het beekdal en de flanken van de Ruimsloot en in oosten van het onderzoeksgebied komt op diverse plaatsen lössleem (ca. 20 ha) in de ondergrond voor (kaart 1 en kaart 2, afb. 20) in de vorm van sterk golvende min of meer opeenvolgende laagjes bestaande uit sterk tot zeer sterk lemig zeer fijn zand. Het zijn vaak dunne compacte lössleemlagen; de dikte varieert van 20 tot 50 cm. Soms wordt de lössleem onderbroken door zandiger lagen. De toevoeging komt voor bij de veldpodzolgronden, beekeerdgronden, broekeerdgronden en veengronden.



Afbeelding 20 Compacte lössleemlaag (punt van de boor) ondiep in het bodemprofiel van een beekerdgrond (tZg35t).

Indien deze lagen ondiep (< 80 cm – mv.) in het bodemprofiel voorkomen (afb. 19), dan hebben deze gronden veelal een sterke beperking ten aanzien van de landbouwkundige beoordelingsfactoren als ontwateringstoestand en vertrappingsgevoeligheid (Van Soesbergen *et al.* 1986).

De matige tot slechte ontwateringstoestand in deze gronden als gevolg van een relatief ondiep in het bodemprofiel voorkomende, waterstagnerende leemlaag zorgt ervoor, dat de berging van deze gronden gering is. Hierdoor treden er tijdens nattere perioden problemen op ten aanzien van de zuurstofvoorziening van/voor het gewas en treden er beperkingen op die de bedrijfsvoering kunnen belemmeren, zoals een slechte berijdbaarheid (afbeelding 21) en vertrapping (weidebouw) door het vee. De periodieke wateroverlast op deze gronden is niet zonder meer te verhelpen.

Door de stagnerende werking op de verticale waterbeweging van de lössleem, maar ook deels door de lage ligging, komen in perioden met veel neerslag de grondwaterstanden op veel plaatsen ruim binnen 40 cm – mv. Drainage heeft weinig of geen effect, omdat de lössleemlagen vrij ondiep beneden het maaiveld (vaak net onder de bouwvoor) beginnen en vanwege het plaatselijk ontbreken van een goed afwateringsstelsel.



Afbeelding 21 Het effect van een lössleemlaag ondiep in het bodemprofiel op de berijdbaarheid (insporing en plasvorming) na een neerslagrijke periode.

..../v: veen tussen 80 en 120 cm – mv. en ten minste 40 cm dik.

Gronden met deze toevoeging komen voor in het zuiden van het gebied. Het is een ingesloten laagte (één kaartvlak) die is opgevuld met een zandpakket van dikker dan 80 cm. Het veen bestaat uit oligotroof, zwart, gliedeachtig veen.

..../w: veen tussen 40 en 80 cm – mv. en 10-40 cm dik.

Gronden met deze toevoeging komen voor in een kaartvlak ten westen van Eleveld. Het vlakje maakt deel uit van een ingesloten laagte. Hier is op de oorspronkelijke veenlaag meer dan 40 cm zand opgebracht. De zwarte veenlaag is dunner dan 40 cm en gaat op ca. 80 cm – mv. over in zand met een humuspodzol.

..../F: dieper dan 40 cm verwerkt

Gronden met deze toevoeging (ca. 122 ha) komen verspreid in het van het gebied voor. Het betekent meestal dat de lagen tot maximaal 80 cm – mv. met elkaar zijn vermengd. De meeste verwerking gaat meestal niet dieper dan 60 cm – mv. Vaak is de grondbewerking bedoeld om het stagnerende effect van veen- en/of (verkitte) zandlagen te verminderen of op te heffen. Bij de moerige gronden en veengronden zijn de gronden meestal verwerkt (diep geploegd) om zand naar boven te halen ter verbetering van de draagkracht.

..../G: meer dan 40 cm afgegraven

Gronden met deze toevoeging komen voor in het noordwesten van het gebied, binnen 1 kaartvlak. De gronden liggen tegen de spoorlijn. Het afgegraven materiaal (voornamelijk bovengrond en zand met humuspodzol) is gebruikt voor het aanleggen van een wal. Door het afgraven is de keileem binnen 60 cm – mv. komen te liggen.

..../H: meer dan 40 cm opgehoogd

Het betreft 3 kaartvlakken in het oosten van het gebied. Twee ingesloten laagtes, met veen in de ondergrond, zijn opgehoogd met meer dan 40 cm zand; één kaartvlak zelfs met meer dan 80 cm zand.

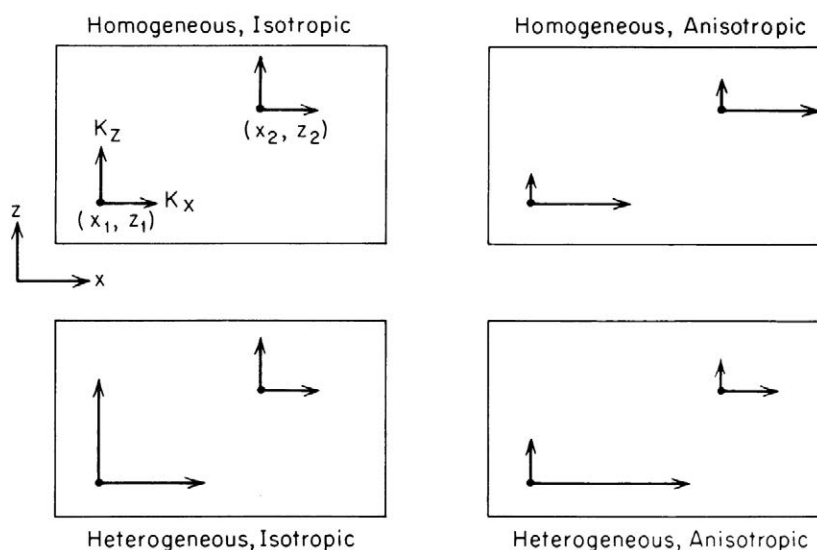
4.2.2 Boorpuntenkaart

Op de boorpuntenkaart (kaart 1a) staan de locaties van de 195 beschreven boringen weergegeven, die zijn geplaatst tijdens het bodemkundig-hydrologisch onderzoek in en nabij het gebied Geelbroek. Het boor_id is opgebouwd uit een combinatie van het veldkaartnummer en boornummer. Boor_id 99147 betekent, dat deze boring ligt op veldkaart 99 en dat het boring 147 betreft op die veldkaart.

4.2.3 Weerstandbiedende puntenkaart

In het gebied komt veel anisotropie (in ondergronden met lössleem- en/of versmeerde veenlagen, keileem, etc.) in het bodemprofiel voor. Dit aspect is naast de heterogeniteit van het bodemprofiel van belang voor het beschrijven van de doorlatendheid in een bodemprofiel. De doorlatendheid (weerstand) van het bodemprofiel heeft ondermeer invloed op de doorwerking van de grondwaterstandsverhoging vanuit het pakket onder de weerstandbiedende lagen (voornamelijk keileem) naar de freatische grondwaterstand (GHG en GLG).

Voor een goed begrip van de doorlatendheid dienen we te kijken naar heterogeniteit en anisotropie die in vier mogelijke combinaties voor kunnen komen (afbeelding 22). De lengte van de peilen in de figuur geven de relatieve grootte van doorlatendheid in de x en z richting aan. In een homogeen medium zijn de hydraulische eigenschappen van het grondwatersysteem onafhankelijk van de plaats binnen de geologische formatie. In een isotroop medium zijn de eigenschappen van een medium in alle richtingen hetzelfde.



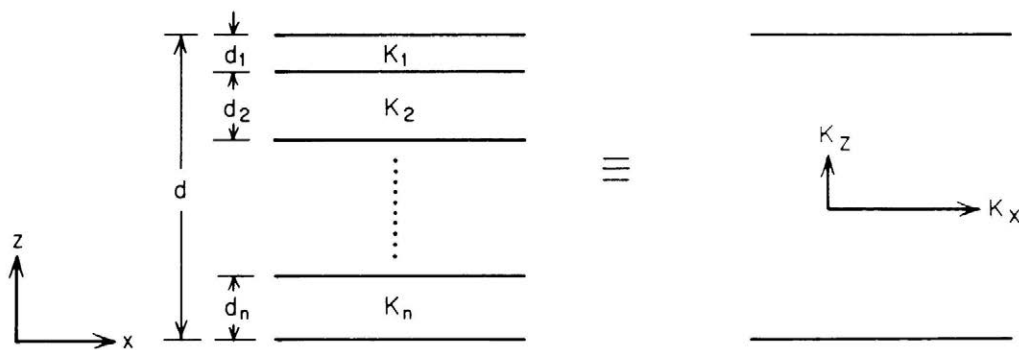
Afbeelding 22 Vier mogelijke combinaties van heterogeniteit en anisotropie (Freeze en Cherry, 1979).

Op een grotere schaal bestaat een relatie tussen heterogeniteit en anisotropie (afbeelding 23). Indien een gelaagde formatie bestaat uit afzonderlijke homogene en isotrope lagen dan zal de formatie als geheel zich gedragen als een homogene anisotrope laag (figuur 22 rechtsboven). Aangezien bij verticale stroming de lagen in serie voorkomen, wordt de verticale doorlatendheid van de formatie berekend op basis van het harmonisch gemiddelde. Bij horizontale stroming komen de lagen parallel voor, waardoor de horizontale doorlatendheid wordt berekend op basis van het rekenkundig

gemiddelde. De verticale doorlatendheid (K_z) en de horizontale doorlatendheid (K_x) kunnen met de volgende formules worden berekend (Freeze en Cherry, 1979):

$$K_z = \frac{d}{\sum_{i=1}^n d_i / K_i} \quad K_x = \sum_{i=1}^n \frac{K_i d_i}{d}$$

De formules geven de horizontale en verticale doorlatendheid voor een homogene maar anisotrope afzetting indien niet alle lagen afzonderlijk worden beschouwd. Op basis van deze formules kan worden geconcludeerd dat de horizontale doorlatendheid van gelaagde afzettingen met een verschil in doorlatendheid altijd hoger is dan de verticale doorlatendheid. In Nederland is veel materiaal (o.a. wind, water, stuwing ijs etc.) in meer of minder gelaagde structuren afgezet, waardoor de horizontale doorlatendheid groter is dan de verticale doorlatendheid (Vroon 1988, Dekker et.al. 1990, Nielsen en Nielsen, 2007, Gaast et. al. (2009)). Dit heeft tot gevolg dat de verticale doorlatendheid in een gelaagd bodemprofiel (bijvoorbeeld oud dekzand) in het algemeen kleiner is dan de horizontale doorlatendheid (Dekker et. al. 1990), dat stijghoogteverschillen groter zijn (Fetter, 1980) en dat de grondwaterstroming minder diep zal zijn (Nielsen en Nielsen, 2007). Voorts dient nog te worden opgemerkt, dat anisotropie mede afhankelijk is van de gehanteerde schaal.



Afbeelding 23 Relatie tussen gelaagde heterogeniteit en anisotropie (Freeze en Cherry, 1979).

Voor het gebiedsdekkende bodemkundig-hydrologisch onderzoek zijn in het totaal 195 beschreven boringen verricht, waarbij in het bodemprofiel van 192 (ca. 98,5% van het totaal aantal beschreven boringen) beschreven boringen één of meer weerstandbiedende lagen zijn aangetroffen. Op de weerstandbiedende puntenkaart (kaart 1b) staat middels een codering de maximale boordiepte in decimeters, de aard, samenstelling en diepte in decimeters van de eventueel aangetroffen weerstandbiedende lagen vermeld. Een voorbeeld van een codering is 34-8|11/11X32. Dit betekent dat er is geboord tot een diepte van 34 decimeter (34-) en dat de laag tussen 8 en 11 dm - mv. bestaat uit zandige lössleem en dat de laag tussen 11 en 32 dm - mv. is opgebouwd uit keileem. In tabel 3 staan de coderingen die aan de weerstandbiedende lagen toegekend.

Tabel 3

Onderscheiden weerstandbiedende lagen in het onderzoeksgebied.

Code	Omschrijving weerstandbiedende laag	Geschatte verticale doorlatendheid (Ksat)	
		1-10 (cm / d)	< 1cm / d
BKL	Beekklei		X
HZZ	Humusrijk zeer sterk lemig zand, zeer dichte pakking		X
KB	Kazige B-horizont, zeer dichte pakking		X
kb	Kazige B-horizont, dichte pakking	X	
lb	Leembandjes, gelaagd	X	
LL	Lössleem		X
ll	zandige lössleem	X	
sb	Stugge B-horizont	X	
sz	Sterk lemig zand, dichte pakking	X	
VGL	Gliede		X
VGY	Gyttja		X
VHYP	Hypnaceaveen		X
VKL	Venige klei, niet herkenbaar		X
VKV	Kleiig veen, niet herkenbaar		X
VMB	Meerbodem		X
VMESO	Mesotroof broekveen, compact		X
vmeso	Mesotroof broekveen	X	
vv	Niet herkenbaar veen	X	
VZV	Zandig veen, verdicht		X
X	Keileem		X
x	Zandige keileem	X	

Bij de onderscheiden weerstandbiedende lagen is ook een schatting van de verticale verzadigde doorlatendheid (Ksat) gegeven in klassen. Er zijn twee klassen onderscheiden, slecht doorlatend ($1 \text{ cm/dag} = < Ksat = < 10 \text{ cm/dag}$) en zeer slecht doorlatend ($Ksat < 1 \text{ cm/dag}$). Verder kan worden vermeld dat zandige keileemlagen (x) en keileemlagen (X) in het algemeen respectievelijk een slechte of een zeer slechte verzadigde verticale doorlatendheid hebben. Zandige lössleem (ll) heeft in het algemeen een slechte verticale verzadigde doorlatendheid terwijl lössleem (LL) een zeer slechte verticale verzadigde doorlatendheid heeft. Verder heeft gliede (VGL) ook een zeer slechte verticale verzadigde doorlatendheid. In tabel 4 wordt indien mogelijk van een aantal materiaalsoorten een indicatieve schatting gegeven van de Ksat met een verwijzing naar de Staringreeks (Wösten *et al.* 1987, 1994 en 2001) of met een verwijzing naar de Priapusdatabase (Verzandvoort *et al.* 2010). Voor de overige materiaalsoorten wordt de Ksat (indicatief) in een klasse weergegeven (tabel 3).

Tabel 4

Indicatieve Ksat waarden van een aantal weerstandbiedende lagen.

Aard van het materiaal	Indicatieve Ksat waarde (cm/dag)	Literatuur
BKL-beekklei	0,5	(id 60, Priapus)
kb-dichte kazige B-horizont	9,4	(id 1612, Priapus)
LL-lössleem	0,3	(id 1847, Priapus)
ll-zandige lössleem	9,2	(id 28, Priapus)
sb-stugge B-horizont	5,1	(id 1680, Priapus)
VGL-gliede	0,1	(id 1861, Priapus)
VKL-venige klei	0,2	(id 826, Priapus)
VMESO-compact mesotroof broekveen	0,8	(id,822,Priapus)
vmeso-mesotroof broekveen	1,3	(id,518,Priapus)
X-compacte keileem	0,3	(id 45, Priapus)
x-zandige keileem	6,0	(O6, Staringreeks)

4.3 Hydrologische gegevens

4.3.1 Grondwaterstandsbuizen

Op basis van de uitgevoerde selectie blijkt dat er slechts 1 grondwaterstandsbuis (B12D0384), overblijft met een voldoende lange continue meetreeks (22 jaar), een redelijk correcte ligging en niet te diep filter, waarvan uiteindelijk een GHG van 32 cm en een GLG 146 (periode 22 jaar) is berekend (afb. 24).

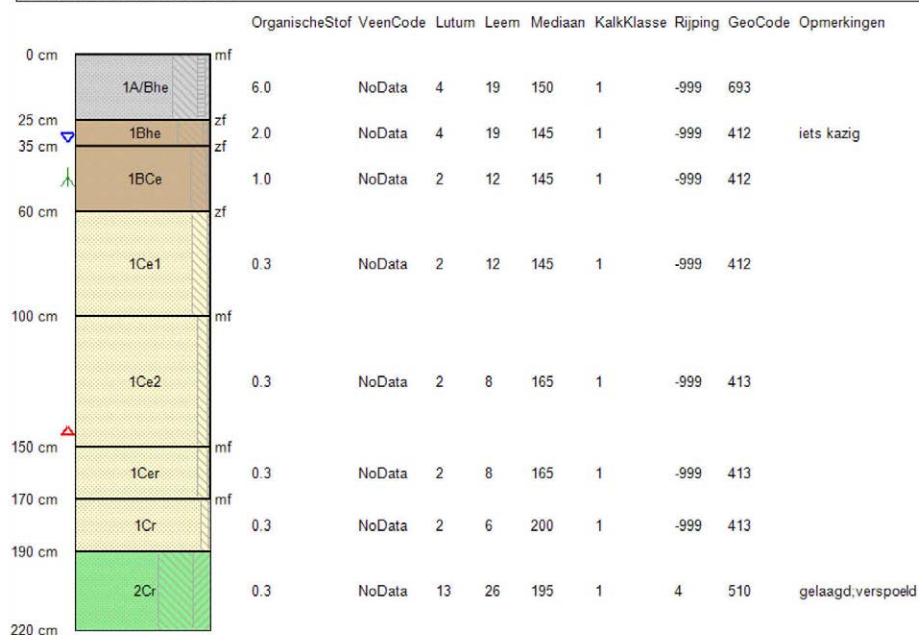


Afbeelding 24 Ligging van stambuis B12D0384 (rechts).

Deze buis is aangeduid als stambuis. Op de buislocatie bestaat het bodemprofiel (afb. 25) uit een, zeer fijn zandige, sterk lemige veldpodzolgrond. Onder de heterogene bovengrond (A/Bhe-horizont) komt een 10 cm dikke zeer fijnzandige, sterk lemige kazige Bhe-horizont voor, die op 35 cm – mv. diepte overgaat in een 25 cm dikke overgangshorizont (BC- horizont) met een nog vage, bruine inspoelingslaag (podzol), die bestaat uit zeer fijn, zwak lemig oud dekzand (GeoCode 412).

Algemeen	Bodem	Grondwater	Uitsluitende gegevens	Berging	Omzet
Gebied: 9100	Bodemtype: 2/42b19	GL: 1/00	AD: 14078.7 cm/d	Brg.vol.GHG bij -0.29 cm/d: 0.73 cm	OMax: 0.75 cm/d
Locatie: B12D0384	Sub. code:	GHG: 30 cm	C: 97.1 d	Brg.col.GHG bij -0.29 cm/d: 0.02	OMax.GHG: 0.45 cm/d
Coördinaten: 237044.552470	Bev. diepte: 50 cm	GLG: 145 cm	Zicht bij 1 mm/d: 132 cm	Brg.vol.GLG bij 0.04 cm/d: 17.16 cm	
Hoogte: 12.05	Eff. wortel: 50 cm		Zicht bij 2 mm/d: 114 cm	Brg.col.GLG bij 0.04 cm/d: 0.12	
Landgebruik: BL			Vocht bij 1 mm/d: 194 mm		
			Vocht bij 2 mm/d: 147 mm		

Opmerking: Bodemc hnd5, Ok filter 1.75 m-mv., l = 1m



Afbeelding 25 Profielopbouw op buislocatie B12D0384.

Op 60 cm - mv. gaat deze horizont over in zeer fijn, zwak lemig oud dekzand zonder een waarneembare inspoelingslaag (Ce-horizont). Op een diepte van 100 cm - mv. gaat dit materiaal over in matig fijn, leemarm fluvioperiglaciaal zand (GeoCode 413). Vanaf 190 cm - mv. begint de zandige, verspoelde keileem (GeoCode 510) tot een diepte van minimaal 220 cm - mv. (maximale boordiepte). Voor de verklaringen van de overige coderingen en de profielopbouw op de overige buislocaties wordt verwezen naar de bijlage "profielbeschrijvingen peilbuizen" met bijbehorende meta-informatie en wordt daarom niet nader beschouwd.

Van de grondwaterstanden die zijn gemeten in de overige 8 geselecteerde (B12D1888, GB003, GB004, GB006, GB007, GB008, GB009 en GB011 (afb. 8)) kunnen in verband met te korte meetreeksen in eerste instantie geen GHG's en GLG's worden berekend. Aangezien van deze buizen vanaf de eerste opnamemoment (vanaf ca. 2010) hoogfrequente meetgegevens bekend zijn hebben we deze metingen gecorreleerd met de meetgegevens (op hetzelfde moment) van de stambuis. Voor het onderzoeken van een eventuele samenhang tussen de grondwaterstanden in buizen met de korte meetreeksen (responsvariabele) en de grondwaterstanden in de stambuis (predictorvariabele) is gebruik gemaakt van regressieanalyse met behulp van het statistische programmapakket GENSTAT. Om de mate van samenhang van de grondwaterstanden tussen de buizen met de korte meetreeksen en de stambuis zo goed mogelijk te beschrijven is gekozen voor een regressie met behulp van 4^e graads polynomen. Deze vorm van regressie gaf ten opzichte van een aantal andere vormen van regressie, zoals lineaire regressie, voor alle buizen de hoogste fractie (R^2) verklaarde variantie, de laagste standaardfout en uit visueel oogpunt gezien de best passende functie door de metingen (Oude Voshaar, 1995).

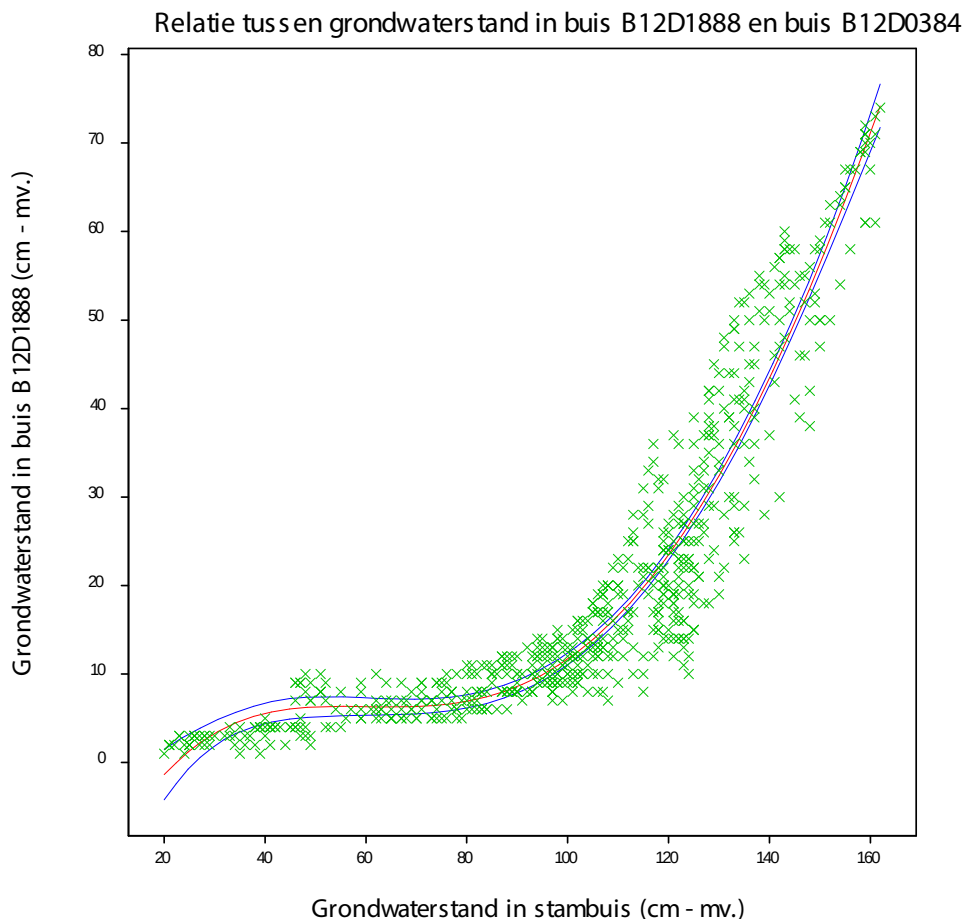
In tabel 5 staat de informatie met betrekking tot de individuele parameters van het regressiemodel ($y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \beta_4 x^4 + e$) weergegeven. De variabele y (responsvariabele) in het model geeft grondwaterstand in de buis met de korte meetreeks aan, terwijl met de variabele x de grondwaterstand in de stambuis wordt bedoeld.

Tabel 5

Parameters van het regressiemodel en de samenhang met buis B12D0384.

Naam	Filter	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	fractie ver- klaar- de variantie (R^2)	Stan- daard- fout (e in cm)
B12D1888	1	-22.01	1.522	-0.02845	0.0002077	-0.000000416	0,904	5.34
GB003	1	2.34	0.567	-0.00783	0.0000829	-0.000000208	0,812	11.50
GB004	1	-39	3.401	-0.0638	0.000553	-0.000001529	0,879	13.80
GB006	1	-2.73	4.778	-0.09127	0.0007274	-0.000001909	0,948	5.81
GB007	1	23.14	1.157	-0.0159	0.0002102	-7.85E-07	0,95	7.95
GB008	1	5.19	0.506	0.00874	-0.0000592	0.000000005	0,922	7.64
GB009	1	-2.47	1.268	-0.02381	0.000252	-0.000000734	0,924	11.2
GB011	1	-22.55	2.536	-0.07604	0.0008149	-0.000002549	0,919	11

Als de correlaties van de grondwaterstandsbuizen met de korte meetreeksen met de stambuis worden vergeleken dan blijkt, dat de samenhang varieert van hoog tot zeer hoog (R^2 varieert van 0,812 tot 0,95). In afbeelding 26 staat als voorbeeld het verband (4^e graads polynoom) aangegeven tussen de grondwaterstand in buis B12D1888 en de grondwaterstand in de stambuis. Voor de overige buizen geldt hetzelfde principe en worden daarom niet nader beschouwd.

**Afbeelding 26** Verband tussen buis B12D1888 en stambuis B12D0384.

Dit betekent dat alle relaties kunnen worden gebruikt voor een nauwkeurige schatting van de GHG en GLG op de betreffende buislocaties en dat GHG- en GLG-schattingen kunnen worden gebruikt voor onderbouwing van de veldschattingen bij de uitvoering van het onderhavige onderzoek. In tabel 6 staan de (geschatte) GHG en GLG waarden weergegeven die in het onderzoek zijn gebruikt voor

onderbouwing van de veldschattingen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de GLG op buislocaties GB006, GB007 en GB008 niet met behulp van de regressiemodellen is geschat, omdat deze buizen periodiek droog vallen. Voor deze buislocaties is de GLG door een veldbodemkundige geschat op basis van profielkenmerken, veldkenmerken en gemeten grondwaterstanden in boorgaten en in de grondwaterstandsbuizen (o.a. de gerichte opnames). Uit tabel 6 volgt ook dat de periode waarin de correlatieberekeningen zijn uitgevoerd zowel het GHG- als ook het GLG-moment van de stambuis bestrijkt. Dit is noodzakelijk voor een nauwkeurige schatting van de GHG en de GLG. In alle grondwaterstandsbuizen zijn op 3 momenten in de tijd (2 maal rond het GHG- en 1 maal iets boven het GLG-moment) controlemetingen uitgevoerd om te kijken of de metingen met de dataloggers overeenkomen met de metingen met behulp van het peilklokje. Uit de resultaten is gebleken de verschillen tussen de handmetingen en de metingen met behulp van dataloggers voor de meeste buizen verwaarloosbaar klein waren (variërend van 0 tot maximaal 3 cm). Het verschil tussen de handmeting en de meting met behulp van de datalogger was echter wel relatief groot voor het ondiepe peilfilter op buislocatie GB003 (variërend van 7 tot 10 cm) en het ondiepe peilfilter op buislocatie GB009 (variërend van 9 tot 13 cm). Het waterschap heeft naar aanleiding van deze verschillen op buislocatie GB009 een controle uitgevoerd. Uit deze controle bleek dat de kabellengte van de datalogger onjuist was doorgegeven. De controlemeting op buislocatie GB003 zal door het waterschap op een later tijdstip worden uitgevoerd in verband met de aanwezigheid van agressief vee. Hierdoor heeft Alterra vooralsnog deze buis niet meegenomen in het onderhavige onderzoek.

Tabel 6

(Geschatte) GHG's en GLG's van de grondwaterstandsbuizen.

Naam	Filter	GHG (cm- mv.)	GLG (cm- mv.)	Ge- schat- te GHG (cm- mv.)	Ge- schat- te GLG (cm- mv.)	Correlatie-periode	Aantal corre- latie- dagen met stam- buis	Min. gwstd (cm- mv.)	Max. gwstd (cm- mv.)	Min. gwstd in stam- buis (cm- mv.)	Max. gwstd in stam- buis (cm- mv.)
B12D0384	1	32	146	Nvt	nvt	Nvt	Nvt	Nvt	Nvt	3	173
B12D1888	1	nvt	nvt	4	51	Feb. 2012-dec. 2013	649	1	74	20	162
GB003	1	nvt	nvt	15	82	Okt. 2010-dec. 2013	1038	0	105	3	162
GB004	1	nvt	nvt	21	124	Okt. 2012-dec. 2013	430	4	145	20	162
GB006	1	nvt	nvt	78	160*	Okt. 2012-dec. 2013	422	57	153	20	162
GB007	1	nvt	nvt	50	170*	Okt. 2010-dec. 2013	1099	18	152	3	162
GB008	1	nvt	nvt	28	130*	Okt. 2012-dec. 2013	419	6	105	20	162
GB009	1	nvt	nvt	21	126	Okt. 2010-dec. 2013	639	8	170	3	162
GB011	1	nvt	nvt	5	104	Okt. 2010-okt. 2012	462	-6	112	3	161

* De GLG op deze buislocaties is geschat, omdat de buis periodiek droogvalt.

4.3.2 Grondwatertrappenkaart

Het grondwaterstandverloop is van betekenis voor de water- en luchthuishouding van de grond. Het grondwaterstandverloop geven we op kaart weer met grondwatertrappen (kaart 2, aanhangsel 2 en 3). Op basis van een combinatie van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) wordt een grondwatertrap ingedeeld.

In totaal hebben we 11 grondwatertrappen (kaart 2 en tabel 7) onderscheiden. Door de stagnerende werking van de keileem treden soms grote fluctuaties op. Meer dan 75% van de oppervlakte aan gronden heeft een GHG ondieper dan 40 cm – mv. Dit betekent dat veel gronden voor de huidige landbouwbedrijfsvoering in het vroege voorjaar, het najaar en de winterperiode (te) nat zijn.

Tabel 7*De op Gt-kaart voorkomende Gt-klassen.*

Gt-klasse	GHG (cm - mv.)	GLG (cm - mv.)	Hectares
Ia	0-25	< 50	2.7
IIa	0-25	50-80	64.0
IIIa	0-25	80-120	77.6
IIlb	25-40	80-120	18.4
Vao	0-25	120-180	48.0
Vad	0-25	> 180	1.1
Vbo	25-40	120-180	45.1
Vbd	25-40	> 180	26.9
Vlo	40-80	120-180	22.6
Vld	40-80	> 180	60.3
VIIId	80-140	> 180	6.6

Gt Ia

De natste gronden met deze Gt komen in geringe oppervlakte (ca. 2,7 ha) voor in het beekdal van de Ruimsloot. Door het ontbreken van de keileem en de ligging treedt hier kwel tot vlak aan het maaiveld op. De gronden liggen ten westen van Geelbroek en maken al deel uit van het natuurgebied Geelbroek.

Gt IIa

Gronden met deze Gt komen in relatief grote oppervlaktes (ca. 64,0 ha) voor in het beekdal van de Ruimsloot. Het betreft vooral de moerige gronden (hoofdzakelijk broekeerdgronden) en de veengronden (hoofdzakelijk madeveengronden). Door de hoge grondwaterstanden zijn de gronden voor de huidige landbouwbedrijfsvoering matig tot slecht geschikt (afb. 27). De veenlaag in de ondergrond heeft in het algemeen een slechte doorlatendheid, waardoor na neerslagrijke perioden periodieke plasvorming op kan treden. Verder treden op deze gronden tijdens nattere perioden snel problemen op ten aanzien van de zuurstofvoorziening van/voor het gewas en hebben ze een geringe draagkracht. Het zijn marginale landbouwgronden. De meeste gronden maken al deel uit van het natuurgebied Geelbroek en zijn vrij extensief in gebruik als hooiland of weiland. Binnen de Gt-klasse IIa komen wat GHG en GLG betreft nog wel wat verschillen voor. Zo zullen de gronden die vrij intensief worden beweide of gemaaid, en eventueel gedraineerd zijn, een GHG hebben tussen de 15 en 20 cm – mv., en een GLG van tussen de 60 en 80 cm – mv. hebben. Terwijl de gronden die binnen het natuurgebied liggen en vrij extensief worden gebruikt een GHG hebben van tussen de 0 en 10 cm – mv. en een GLG tussen 50 en 60 cm – mv. Ook een aantal ingesloten laagtes buiten het beekdal heeft Gt IIa. Bij meer dan 1/3 van de gronden met deze Gt-klasse komt keileem binnen 120 cm – mv. (toev. .../x) voor.



Afbeelding 27 *Spoorvorming op madeveengrond op Gt IIa, langs de Ruimsloot.*

Gt IIIa

Een relatief grote oppervlakte van gronden met deze Gt komen voor in en langs de flanken van het beekdal van de Ruimsloot en in het zuiden van het onderzoeksgebied (totaal ca. 77,6 ha). Het betreft vooral de zandgronden (gooreerdgronden (afb. 28) en beekeerdgronden) en de moerige gronden (moerige podzolgronden en broekeerdgronden).



Afbeelding 28 Wateroverlast op een sterk lemige gooreerdgrond met Gt IIIa en keileem ondiep in het bodemprofiel (ca. 60 cm - mv.) na een neerslagrijke periode in het zuidoosten van het gebied.

Binnen de zandgronden komen moerige gronden op Gt IIIa voor als ingesloten laagte. In de beekdalen komen moerige gronden en beekkeerdgronden op Gt IIIa voor als een kopje of ruggetje. In het bodemprofiel van vrijwel alle gronden op Gt IIIa begint de keileem binnen 120 cm – mv. Door de hoge grondwaterstanden, vooral wat de GHG betreft, zijn de gronden voor de huidige landbouwbedrijfsvoering matig tot slecht geschikt.

Gt IIIb

Gronden met deze Gt komen in geringe oppervlakte (ca. 18,4 ha) voor in het zuidwesten en noordoosten van het gebied. Het betreft voornamelijk beekkeerdgronden en broekeerdgronden. Vaak liggen ze op de overgang naar het beekdal of zijn het kopjes in het beekdal. Ruim 90% van alle gronden op Gt IIIb hebben keileem of lössleem dat binnen 120 cm – mv. begint. Ten opzichte van de gronden op Gt IIIa hebben gronden op Gt IIIb minder beperkingen ten aanzien van landbouwkundig gebruik. Toch blijven deze gronden tijdens periodiek natte perioden last houden van wateroverlast. Een deel van deze gronden zijn gedraineerd, waardoor de hoogste grondwaterstanden en daardoor ook de 'top' van de GHG enigszins is afgevlakt. Verder heeft de iets drogere GHG te maken met ligging en profielopbouw.

Gt Vao

Een relatief grote oppervlakte van gronden met Gt Vao komen verspreid in het gebied voor (ca. 48,0 ha). Het betreft voornamelijk veldpodzolgronden, gooreerdgronden en moerige podzolgronden. Bij de meeste gronden komt keileem binnen 120 cm – mv. voor (toev. .../x). De gronden met deze grondwatertrap hebben een weerstandbiedende laag in de vorm van of een kazige B-horizont en/of een verdichte veenlaag en keileem hoog in het bodemprofiel. Daarnaast liggen de gronden met deze Gt meestal in terreindepressies met weinig sloten, waardoor het overtollige neerslagwater onvoldoende snel kan worden afgevoerd. Door de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen (voornamelijk keileem) hoog in het bodemprofiel, veelal in combinatie met een slechte waterafvoer, kunnen buiten het groeiseizoen grondwaterstanden voorkomen die bijna tot het maaiveld reiken (afb. 29). In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden in sommige bodemprofielen nog vrij diep wegzakken, waardoor het gewas soms last heeft van vochttekort. Hoewel alle kaartvlakken met

grondwatertrap Vao op de bodemkaart binnen de Gt-klasse Vao vallen zijn de verschillen tussen GHG's en GLG's in sommige kaartvlakken aanzienlijk. Zo zijn er kaartvlakken met een GHG van 10 cm – mv. en een GLG van 130 cm – mv., maar er zijn ook kaartvlakken met een GHG van 20 cm – mv. en een GLG van 175 cm – mv. In digitale bodembestand zijn deze verschillen zichtbaar doordat per kaartvlak een vlak_GHG en vlak_GHG staat aangegeven.



Afbeelding 29 Natte perceelsdelen: veldpodzolgronden met ondiep keileem op Gt Vao.

Gt Vad

Gronden met deze Gt komen in geringe oppervlak in het gebied voor (ca. 1,1 ha) . Het betreft slechts twee kaartvlakken in het zuiden van het gebied, ten noorden van de Paradijsweg. Het zijn beide sterk lemige veldpolgronden met keileem beginnend binnen 80 cm – mv. Door hun iets lagere ligging ten opzichte van de aangrenzende gronden, het vrij ondiep voorkomen van de keileem en de gebrekkige waterafvoer treden hier regelmatig voor de landbouw te hoge grondwaterstanden op. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden relatief diep (tot ca. 200 cm – mv.) wegzakken en hebben de gewassen tijdens perioden met een neerslagtekort last van vochttekort.

Gt Vbo

Een relatief grote oppervlakte van gronden met Gt Vbo komen verspreid in het gebied voor (ca. 45,1 ha) met uitzondering van het uiterste noorden. Het zijn hoofdzakelijk veldpodzolgronden. Bij alle gronden met deze Gt komt keileem voor binnen 120 cm – mv. (toev. .../x). Door de aanwezigheid van keileem kunnen buiten het groeiseizoen vrij hoge grondwaterstanden voorkomen. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden vrij diep wegzakken tot in de keileem en kunnen er periodiek vochttekorten optreden. Landbouwkundig gezien zijn de gronden op Gt Vbo, vergeleken met de gronden op Vao, door de diepere GHG, wat draagkracht en berijdbaarheid betreft, beter (afb. 30).



Afbeelding 30 Graslandpercelen op een zwak lemige veldpodzolgrond met Gt Vbo in het zuidwesten van het onderzoeksgebied.

Gt Vbd

Gronden met deze Gt komen verspreid in het zuiden en oosten van het gebied voor (ca. 26,9 ha). Het zijn uitsluitend veldpodzolgronden, die relatief hoog in het landschap liggen. Bij alle gronden met deze Gt komt keileem voor binnen 120 cm – mv.; op de meeste plaatsen begint de keileem zelfs binnen 80 cm – mv. Door de aanwezigheid van keileem kunnen buiten het groeiseizoen vrij hoge grondwaterstanden voorkomen. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden diep wegzakken tot in de keileem en treedt er periodiek vochttekort op. Landbouwkundig gezien zijn de gronden op Gt Vbd, vergeleken met de gronden op Vbo, door de diepere GLG, droogtegevoeliger.

Gt Vlo

Gronden met deze Gt komen verspreid in het gebied voor (ca. 22,6 ha). Het zijn hoofdzakelijk veldpodzolgronden. Bij de meeste gronden met deze Gt komt keileem binnen 120 cm – mv. voor. Ondanks de aanwezigheid van keileem komen buiten het groeiseizoen de grondwaterstanden niet vaak binnen 40 cm – mv. De gunstige GHG wordt bepaald door een combinatie van verschillende factoren, zoals een goed werkende drainage, de ligging (flank of rug), de diepere ligging van de keileem in het bodemprofiel (meestal beginnend dieper dan 80 cm - mv.) en de aard en samenstelling van de keileem in het bovenste deel van het keileempakket, waardoor er o.a. meer berging in het bodemprofiel aanwezig is tijdens perioden met een neerslagoverschot. In het groeiseizoen zullen de grondwaterstanden in deze bodemprofielen meestal niet verder wegzakken dan 180 cm – mv. Landbouwkundig gezien hebben de gronden op Gt Vlo weinig beperkingen al kunnen er tijdens perioden met een verdampingsoverschot in het groeiseizoen soms vochttekort aan het gewas optreden.

Gt Vld

Een relatief grote oppervlakte (ca. 60,6 ha) van gronden met deze Gt komen verspreid in het gebied voor; de grootste oppervlakte komt voor in het zuiden van het gebied (afb. 31). Het zijn veldpodzolgronden en laarpodzolgronden.



Afbeelding 31 Zwak lemige veldpodzolgronden (Hn33x) met keileem beginnend op ca. 100 cm - mv. in het zuiden van het onderzoeksgebied.

Ze liggen relatief hoog in het landschap. De keileem begint op deze gronden meestal tussen 80 en 120 cm – mv (toev. .../x). Bij de gronden die geen toevoeging “x” hebben gekregen ontbreekt de keileem in de ondergrond niet, maar begint deze meestal binnen 150 cm – mv. Door de stagnatie op relatief dikke keileemlagen worden dus ook hier periodiek grondwaterstanden gemeten ondieper dan 80 cm – mv. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden tot meer dan 1 meter in het keileempakket wegzakken, tot plaatselijk 250 cm – mv. Landbouwkundig gezien hebben de gronden op Gt VIId weinig beperkingen. Deze gronden zijn goed ontwaterd, waarbij in het groeiseizoen, afhankelijk van de profielopbouw (schrallere, leemarme tot zwak lemige veldpodzolgronden) en GLG, regelmatig vochttekorten kunnen optreden.

Gt VIId

Een relatief geringe oppervlakte van ca. 6,5 ha (2%) wordt in beslag genomen door de droogste gronden (Gt VIId). Gt VIId komt voor in vijf kaartvlakken in het zuiden van het gebied. Het betreft alleen de relatief hoog in het landschap gelegen zwak lemige veldpodzolgronden. De keileem begint in het bodemprofiel meestal net binnen 120 cm – mv. (toev. .../x). Bij de gronden die geen toevoeging “x” hebben gekregen ontbreekt de keileem in de ondergrond niet, maar begint deze meestal binnen 180 cm – mv. Door het relatief diep voorkomen van de keileem en de hoge ligging komen buiten het groeiseizoen de grondwaterstanden nauwelijks binnen 80 cm – mv. In het groeiseizoen kunnen de grondwaterstanden tot diep in het keileempakket wegzakken, tot plaatselijk 300 cm – mv. Wat draagkracht betreft hebben de gronden nauwelijks beperkingen, maar in het groeiseizoen zijn de gewassen die op deze gronden worden geteeld voor de vochtvoorziening geheel afhankelijk van de neerslag (hangwaterprofiel) en kunnen daardoor last hebben van vochttekort.

4.3.3 Kaart met gerichte opnames van de (freatische) grondwaterstand

In het gebied zijn tijdens het onderzoek een groot aantal metingen van de grondwaterstand verricht in grondwaterstandsbuizen en in boorgaten. Deze informatie is noodzakelijk om de GHG en GLG schattingen te onderbouwen.

Op de kaart "Gerichte opnames" van de (freatische) grondwaterstand op 17 oktober 2013 en op 15 en 29 januari 2014 (kaart 2a) en in aanhangsel 1 staan respectievelijk 49, 65 en 43 (boor)locaties vermeld waar een opname van de freatische grondwaterstand in en nabij het gebied Geelbroek is verricht. Bijvoorbeeld j/1187/1141/46//1148/39 met o/1057/130 bij een locatie betekent, dat het maaiveld ligt op 1187 (cm t.o.v. NAP), de grondwaterstand zich respectievelijk op 15 en 29 januari (j/) bevond op 1141 en 1148 (cm t.o.v. NAP) oftewel 46 en 39 cm t.o.v. mv. en op 17 oktober 2013 (o/) op 1057 cm t.o.v. NAP en 130 cm – mv.. Een waarde van -999 betekent dat er op dat moment op een locatie geen grondwaterstand is gemeten. De ligging van de boorlocaties is middels een GPS vastgelegd, of indien het locaties van bestaande grondwaterstandsbuizen betreft, overgenomen uit het buizenbestand van de provincie of het waterschap. De maaiveldshoogte (cm t.o.v. NAP) ter plekke van de boring is geëxtraheerd uit het 5 meter grid van het Actueel Hoogte Bestand van Nederland (AHN). Ook hier geldt dat de maaiveldshoogte ter plekke van de buislocaties is overgenomen uit het buizenbestand van de provincie of het waterschap.

De opnames zijn verricht in een periode waarbij het voorafgaand aan de meting enkele dagen niet heeft geregend of er in enkele dagen voorafgaand aan de meting geen neerslag van betekenis is gevallen.

Op basis van de GHG en GLG informatie uit de (stam)bui(s)(zen) in het onderzoeksgebied kan globaal worden vermeld dat de freatische grondwaterstand op 17 oktober 2013 zich manifesteerde rond enkele decimeters boven het GLG-niveau. Tijdens de opname van de freatische grondwaterstand op 15 en 29 januari bevond het niveau van de freatische grondwaterstand in de (stam)bui(s)(zen) zich respectievelijk iets onder (rond 1 decimeter) en rond het GHG-niveau.

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek zijn, als gevolg van weerstandbiedende lagen in het bodemprofiel op veel plaatsen schijngrondwaterspiegels waargenomen of wanneer de weerstandbiedende lagen dieper in het profiel zijn aangetroffen een verschil in stijghoogte. Dit is zowel in boorgaten als ook in grondwaterstandsbuizen geconstateerd. In het vervolgonderzoek zal het effect van deze storende lagen op de (freatische)grondwaterstand nader worden onderzocht. Dit valt echter buiten het kader van dit onderzoek.

Literatuur

- Bakker, H de en J. Schelling, 1989. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus. Wageningen, PUDOC.
- Brouwer, F., J.A.M. ten Cate en A. Scholten, 1996. Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden; bodemvorming, methoden en begrippen. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 157. Tweede, gewijzigde druk, bewerkt door J.A.M. ten Cate, H.Kleijer en J.Stolp.
- Cate J.A.M. ten, A.F. van Holst, H. Kleijer en J. Stolp, 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19.
- Dekker, L.W., H.R.J. Vroon en A.H. Booij, 1990. Gebruik van profiellak bij het nemen van ongestoorde monsters voor bodemfysische bepalingen. H2O 23, nr. 25, p. 691-693.
- Fetter, C.W., 1980. Applied hydrogeology. Columbus, Charles E. Merrill Publishing Company.
- Freeze, R.A. en J.A. Cherry, 1979. Groundwater. Englewood Cliffs N.J., Prentice-Hall, Inc.
- Gaast, J.W.J. van der, H.Th.L. Massop en H.R.J. Vroon, 2009. Actuele grondwaterstandssituatie in natuurgebieden - een pilotstudie. WOt rapport 94, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen. <http://edepot.wur.nl/133456>.
- Heesen, H. van en G. Westerveld, 1966. Karakterisering van het grondwaterstandsverloop op de bodemkaart. Cultuurtechnisch tijdschrift, jaargang 5.
- Heesen, H. van, 1971. De weergave van het grondwaterstandsverloop op bodemkaarten. Boor en Spade 17, p. 127 – 149. Wageningen, Stiboka.
- Knibbe M. en B. Marsman, 1961. Grondwatertrappenindeling in Overijsselse zandgronden. Voorlopige wetenschappelijke mededelingen (no. 16). Wageningen, Stiboka.
- Nielsen, D.M. en G.L. Nielsen, 2007. The essential handbook of ground-water sampling. Boca Raton, CRC-press.
- Ritzema, H.P., G.B.M. Heuvelink, M. Heinen, P.W. Bogaart, F.J.E. van der Bolt, M.J.D. Hack-ten Broeke, T. Hoogland, M. Knotters, H.T.L. Massop en H.R.J. Vroon, 2012. Meten en interpreteren van grondwaterstanden : analyse van methodieken en nauwkeurigheid. Wageningen, Alterra. Rapport 2345.
- Oude Voshaar, J.H., 1995. Statistiek voor onderzoekers. Wageningen, Wageningen Pers.
- Schunselaar, S en B. de Greeff, 2010. Hydrologisch onderzoek Geelbroek. MIPWA modellering. Assen, Grontmij. Projectnummer : 283159 en Referentienummer : 283159.
- Schunselaar, S, B. de Greeff en S.Rijkema, 2013. Hydrologisch onderzoek Geelbroek-Laaghalen: Actualisatie MIPWA modellering 2013. Assen, Grontmij. Projectnummer : 332750 en Referentienummer : GM-0120437.
- 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.
- Stol, P.H., 1960. Grondwaterstanden onder verschillende klimatologische omstandigheden. Overdruk uit het landbouwkundig tijdschrift 72 ste jaargang no. 18.
- Simone Verzandvoort, Henk Vroon, Jan Wesseling, Gerben Bakker, Klaas Oostindie, Gert Stoffelsen en Gerard Heuvelink, 2010. Programma Actualisatie BIS. Deelproject Actualisatie Staringreeks. Eindrapport. Wageningen, Alterra. Versie 13.
- Sluijs, P. van der en Th. Van Egmond, 1976. Facetten van grondwatertrappen in zandgronden. Wageningen, Stiboka. Rapport 1329.

-
- Vroon, H.R.J., L.W. Dekker en J.M.H. Hendricks, 1988. A method for measuring hydraulic properties of brittle soil horizons. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, nr. 1, p. 292-294.
- Vroon, H.R.J. & F. Brouwer, 2008. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied "Vierlingsbeek". Alterra, Wageningen, Alterra. Rapport 1758.
- Vroon, H.R.J. en E. Kiestra, 2010. Bodemkundig-hydrologisch onderzoek Oostellingwerf-Terwisscha: Verkennend onderzoek langs een aantal raaien in het waterwingebied. Wageningen, Alterra. Rapport 2079.
- Vroon, H.R.J. en G.H. Stoffelsen, 2012. Verkennend onderzoek naar de freatische grondwaterstand in het waterwingebied Mander (fase 1). Wageningen, Alterra. Rapport 2325.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven en ondergrond in Nederland: De Staringreeks. Wageningen, ICW en STIBOKA. ICW-rapport nr. 18 en STIBOKA-rapport nr. 1932.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 1994. Technisch document 18, DLO Staring Centrum, Wageningen.
- Wösten, J.H.M., G.J. Veerman, W.J.M. de Groot en J. Stolte, 2001. Waterretentiekarakteristieken en doorlatendheidskarakteristieken van boven en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. Wageningen, Alterra-rapport nr. 153.

Aanhangsel 1

Gerichte opname: gemeten (freatische) grondwaterstanden in buizen en boorgaten (BG) in de maanden oktober 2014 en januari 2014 (kaart 2a)

MEETLO- CATIE	F I L T E R	X- coordi- naat	Y- coordi- naat	MV. (CM- _NA P)	GWSTD (CM- NAP) 17-10- 2013	GWSTD (CM- MV.) 17-10- 2013	GWSTD (CM- NAP) 15-01- 2014	GWSTD (CM- MV.) 15-01- 2014	GWSTD (CM- NAP) 29-01- 2014	GWSTD (CM- MV.) 29-01- 2014	Boor- num- mer
B12D0384	1	237044	552470	1187	1057	130	1141	46	1148	39	99021
B12D1887	1	234053	552389	1120	1090	30	1125	-5	1126	-6	99007
B12D1888	1	234129	552329	1122	1091	31	1114	8	1115	7	99006
B12D1889	1	234223	552254	1123	1112	11	1123	0	1123	0	99005
GB003	1	234308	553066	1116	1061	55	1111	5	1111	5	99003
GB004	1	234640	552144	1222	1105	117	1187	35	1196	26	99004
GB006	1	233885	551556	1255	1121	134	1172	83	1177	78	99022
GB007	1	233613	551023	1293	1138	155	1234	59	1242	51	99010
GB008	1	233817	550823	1317	1210	107	1282	35	1285	32	99011
GB009	1	233236	552316	1199	1102	97	1174	25	1182	17	99002
GB011	1	235149	551163	1210	1148	62	1208	2	1210	0	99008
GB012	1	233172	551800	1179	-999	-999	1162	17	1161	18	99009
BG01		234345	550976	1198	1188	10	1198	0	-999	-999	99013
BG02		233850	551355	1305	1155	150	1238	67	1243	62	99014
BG03		233870	551707	1220	1113	107	1213	7	1215	5	99015
BG04		233552	552745	1263	1140	123	1229	34	1225	38	99016
BG05		233519	553416	1223	1095	128	1221	2	-999	-999	99017
BG06		233869	552967	1201	1069	132	1194	7	-999	-999	99018
BG07		234099	553735	1188	1033	155	1120	68	-999	-999	99019
BG08		233596	550371	1393	1163	230	1332	61	1334	59	99020
BG09		235367	551867	1163	1117	46	1157	6	-999	-999	99023
BG10		234269	551864	1205	1103	102	1193	12	-999	-999	99024
BG11		234678	552893	1128	1096	32	1122	6	-999	-999	99025
BG12		235112	552826	1233	1111	122	1228	5	-999	-999	99026
BG13		235325	552632	1290	1088	202	1273	17	-999	-999	99027
BG14		234705	552448	1161	1097	64	1148	13	-999	-999	99028
BG15		235775	552034	1284	1097	187	1185	99	1192	92	99029
BG16		235404	551425	1205	1146	59	1201	4	-999	-999	99030
BG17		235075	550733	1352	1155	197	1264	88	-999	-999	99031
BG18		234646	550734	1366	1175	191	1306	60	-999	-999	99032
BG19		234837	551678	1235	1127	108	1230	5	-999	-999	99033
BG20		234573	553172	1087	1057	30	1082	5	-999	-999	99034
BG21		234011	553292	1194	1102	92	1152	42	1152	42	99035
BG22		233270	551012	1249	1139	110	1197	52	1199	50	99036
BG23		232959	552099	1182	1108	74	1175	7	-999	-999	99037
BG24		233309	552503	1202	1074	128	1169	33	1169	33	99038

MEETLOCATIE	FIL T E R	X- coördi- naat	Y- coördi- naat	MV. (CM _NA P)	GWSTD (CM- NAP) 17-10- 2013	GWSTD (CM- MV.) 17-10- 2013	GWSTD (CM- NAP) 15-01- 2014	GWSTD (CM- MV.) 15-01- 2014	GWSTD (CM- NAP) 29-01- 2014	GWSTD (CM- MV.) 29-01- 2014	Boor- num- mer
BG25		234120	550463	1312	1162	150	1262	50	1274	38	99039
BG26		233628	552043	1152	1117	35	1152	0	-999	-999	99040
BG27		232881	551656	1273	1098	175	1193	80	-999	-999	99041
BG28		235637	551550	1299	1131	168	1238	61	-999	-999	99042
BG29		235494	552342	1134	1084	50	1131	3	-999	-999	99043
BG30		234655	551629	1280	1132	148	1263	17	-999	-999	99044
BG31		234766	550523	1432	-999	-999	1338	94	1344	88	99045
BG32		235504	551012	1299	-999	-999	1265	34	-999	-999	99046
BG33		235586	552102	1240	-999	-999	1217	23	-999	-999	99047
BG34		234878	552665	1238	-999	-999	1221	17	1228	10	99048
BG35		233468	550743	1309	-999	-999	1256	53	1265	44	99049
BG36		233020	550962	1339	-999	-999	1235	104	-999	-999	99050
BG37		234948	553514	1101	-999	-999	-999	-999	1077	24	99051
BG38		235745	552378	1147	-999	-999	-999	-999	1091	56	99052
BG39		233907	550673	1368	-999	-999	-999	-999	1312	56	99053
BG40		234111	550847	1276	-999	-999	-999	-999	1271	5	99054
BG41		233400	550992	1255	-999	-999	-999	-999	1185	70	99055
BG42		232989	551922	1227	-999	-999	-999	-999	1212	15	99056

- 1) **MEETLOCATIE:** geeft de naam van locatie aan waar de gerichte opname is gedaan.
Hierbij zijn de BG-nummers de boringen, GB-nummers de namen van de buizen van het waterschap en de BD12-nummers de namen van de buizen van de provincie;
- 2) **Filter:** Het nummer van het filter waarin de meting is gedaan (alleen bij de grondwaterstandsbuizen);
- 3) **X-coördinaat:** X-coördinaat in meters;
- 4) **Y-coördinaat:** Y-coördinaat in meters;
- 5) **MV. in (CM NAP):** Hoogte maaiveld in cm t.o.v. NAP;
- 6) **GWSTD (CM NAP) 17-10-2013:** Grondwaterstand in cm t.o.v. NAP op 17-10-2013;
- 7) **GWSTD (CM MV.) 17-10-2013:** Grondwaterstand in cm t.o.v. maaiveld op 17-10-2013;
- 8) **GWSTD (CM NAP) 15-01-2014:** Grondwaterstand in cm t.o.v. NAP op 15-01-2014;
- 9) **GWSTD (CM MV.) 15-01-2014:** Grondwaterstand in cm t.o.v. maaiveld op 15-01-2014;
- 10) **GWSTD (CM NAP) 29-01-2014:** Grondwaterstand in cm t.o.v. NAP op 29-01-2014;
- 11) **GWSTD (CM MV.) 29-01-2014:** Grondwaterstand in cm t.o.v. maaiveld op 29-01-2014;
- 12) **Boornummer:** Nummer van de boring;

Legenda bodem- en Gt-kaart

Aanhangsel 2

Zandgronden						
	Aard bovengrond	Org. stof bovengrond (in %)	Dikte bovengrond (in cm)	Zandgrofheid bovengrond	Lemigheid bovengrond	Aard ondergrond
Podzolgronden						
<i>Veldpodzolgronden</i>						
Hn33	humeus zand	5-10	15-30	zeer fijn	zw ak lemig	leemarm en zw ak lemig zand, plaatselijk overgaand in keileem
Hn35	humeus zand			zeer fijn	sterk lemig	zw ak en sterk lemig zand, vaak overgaand in keileem, soms lössleem
Hn53	humeus zand			matig fijn	zw ak lemig	leemarm en zw ak lemig zand, vaak overgaand in keileem, soms lössleem
Hn55	humeus zand			matig fijn	sterk lemig	zw ak en sterk lemig zand, overgaand in keileem
<i>Opmerking: Sommige veldpodzolgronden hebben een humuspodzol-B-horizont die verkit of kazig is en daardoor stagnatie kan veroorzaken</i>						
<i>Laarpodzolgronden</i>						
cHn33	humeus zand	5-10	30-50	zeer fijn	zw ak lemig	leemarm en zw ak lemig zand, overgaand in keileem
cHn35				zeer fijn	sterk lemig	zw ak en sterk lemig zand, overgaand in keileem
Eerdgronden						
<i>Gooreerdgronden</i>						
tZn35	humeus zand	5-10	15-30	zeer fijn	sterk lemig	zw ak en sterk lemig zand, overgaand in keileem
tZn55				matig fijn	sterk lemig	zw ak en sterk lemig zand, overgaand in keileem
<i>Beekeerdgronden</i>						
tZg33	humeus zand	5-8	15-30	zeer fijn	zw ak lemig	roestig, zw ak lemig zand, overgaand in keileem
tZg35		5-10		zeer fijn	sterk lemig	roestig, zw ak lemig zand en sterk lemig zand, meestal overgaand in keileem, soms lössleem
ktZg	humusrijke zavel	8-15		fijn zand	zeer sterk lemig	roestig, zw ak en sterk lemig zand, overgaand in keileem
<i>Opmerking: De sterk lemig bovengronden, bij vooral de gooreerd- en beekeerdgronden, hebben lutumbijmenging (5-10% op de minerale delen)</i>						

Moerige Gronden				
		Aard bovengrond	Org. stof bovengrond (in %)	Dikte bovengrond (in cm) Aard ondergrond
<i>Moerige podzolgronden met een moerige bovengrond</i>				
aWp		venig zand	15-25	20-30 binnen 40 cm - mv. zand met humuspodzol, meestal overgaand in keileem
<i>Moerige podzolgronden met een zanddek</i>				
zWp		humeus of humusrijk zand	5-15	20-30 10-40 cm veen; zand met humuspodzol beginnend tussen 30 en 70 cm - mv., overgaand in keileem
<i>Broekeerdgronden met een moerige bovengrond</i>				
aWz		kleiarm moerig	20-50	15-30 5-25 cm veen; zand zonder humuspodzol beginnend tussen 25 en 40 cm - mv., overgaand in lössleem en/of keileem
hWz		kleig moerig	20-40	15-30 5-25 cm veen; zand zonder humuspodzol beginnend tussen 25 en 40 cm - mv., overgaand in lössleem en/of keileem
<i>Broekeerdgronden met een zanddek</i>				
zWz		humusrijk zand	8-15	20-30 10-40 cm veen; zand zonder humuspodzol beginnend tussen 30 en 70 cm - mv., overgaand in lössleem en/of keileem
<i>Broekeerdgronden met een kleidek</i>				
kWz		humeuze of humusrijke, matig lichte zavel	8-15	20-40 10-40 cm veen; zand zonder humuspodzol beginnend tussen 30 en 70 cm - mv., plaatelijk overgaand in keileem
Opmerking: Sommige moerige podzolgronden hebben een humuspodzol-B-horizont die verkit of kazig is en daardoor stagnatie kan veroorzaken; bij de broekeerdgronden kan op de overgang van de veentussenlaag naar de zandondergrond een smerende laag (meerbodem) voorkomen die eveneens stagnatie veroorzaakt				

Veengronden				
	Aard bovengrond	Org. stof bovengrond (in %)	Dikte bovengrond (in cm)	Aard ondergrond
<i>Vlieerveengronden</i>				
Vs	kleiarm moerig	40-80	5-15	veenmosveen overgaand in gliede en/of gytja
Vd	kleiarm moerig	40-80		gliede-achtig en/of gytja-achtig veen
Vp	kleiarm moerig	40-80		gliede-achtig veen, overgaand in dekzand met humuspodzol, overgaand in keileem
<i>Madeveengronden</i>				
aVp	kleiarm moerig	15-60	15-25	veraard en onveraard veen, binnen 120 cm - mv. zand met humuspodzol, meestal overgaand in keileem
aVz				veraard en onveraard veen, binnen 120 cm - mv. zand zonder humuspodzol, meestal onderbroken door lössleemlagen, vaak overgaand in keileem
<i>Koopveengronden</i>				
hVz	kleig moerig	20-40	15-25	veraard en onveraard veen, binnen 120 cm - mv. zand zonder humuspodzol
<i>Meerveengronden</i>				
zVs	humeus en humusrijk zand	5-15	25-40	veraard veen, overgaand in onveraard gliede-achtig en/of gytja-achtig veen
zVc				veraard veen, overgaand in onveraard zeggeveen of mesotroof broekveen
zVd				veraard veen, overgaand in onveraard gliede-achtig en/of gytja-achtig veen
zVp				veraard en onveraard veen, binnen 120 cm - mv. zand met humuspodzol, meestal overgaand in keileem
zVz				veraard en onveraard veen, binnen 120 cm - mv. zand zonder humuspodzol, soms onderbroken door lössleemlaagjes

Toevoegingen		
		Beschrijving
Toevoegingen/achter		
.../X		keileem beginnend tussen 40 en 60 cm - mv. en ten minste 20 cm dik
.../x		keileem beginnend tussen 60 en 120 cm - mv. en ten minste 20 cm dik
.../t		lossleem beginnend tussen 40 en 120 cm - mv. en ten minste 20 cm dik
.../v		moerig materiaal beginnend tussen 80 en 120 cm - mv. en ten minste 40 cm dik
.../w		moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm - mv. en 10-40 cm dik
Verwerkte gronden		
.../F		tot ca. 50 cm of dieper verwerkt
.../G		afgegraven
.../H		opgehoogd

Legenda Geelbroek						
Grondwatertrappen						
		Gemiddeld hoogste grondwaterstand				
Gemiddeld laagste grondwaterstand		(GHG in cm - mv.)				
(GLG in cm - mv.)		0-25	25-40	40-80	80-140	
0-50		Ia				
50-80		IIa				
80-120		IIIa	IIIb			
120-180		Vao	Vbo	Vlo		
> 180		Vad	Vbd	Vld	Vlld	
* Bij de Gt-klassen kan door de aanwezigheid van storende lagen, tijdelijke stagnatie optreden;						
dit verschijnsel is al ondergebracht in de Gt-klasse (ondiepere GHG)						

Aanhangsel 3

Gegevens per kaartenheid

Ke_nr	Voor	Letter	Cijfer	Kalk	Hoofd	Achter	Vergr	Gt	Bodem	Org	Lutum	Leem	M50	Kalk	GHG	GLG	Bew	Bov	Aantal	Ha
1	Hn	33	Hn33	x	F	Vao	Hn33xVao	7.0		15	145		15	160	45	25	1	7.6		
2	Hn	33	Hn33			Vbo	Hn33Vbo	8.0		15	145		30	125	45	25	1	0.9		
3	Hn	33	Hn33	x		Vbo	Hn33xVbo	8.0		15	145		30	155	45	25	5	8.6		
4	Hn	33	Hn33	x	F	Vbo	Hn33xVbo	7.0		15	145		25	160	45	25	3	12.1		
5	Hn	33	Hn33	v	H	Vbo	Hn33vHVbo	7.0		15	145		25	125	45	25	1	0.3		
6	Hn	33	Hn33	w	H	Vbo	Hn33wHVbo	7.0		15	145		30	160	45	25	1	0.3		
7	Hn	33	Hn33	x		Vbd	Hn33xVbd	6.0		15	145		25	195	45	25	7	12.2		
8	Hn	33	Hn33			Vlo	Hn33Vlo	7.0		15	145		55	150	45	25	1	1.9		
9	Hn	33	Hn33		F	Vlo	Hn33FVlo	7.0		15	145		55	160	45	25	1	1.0		
10	Hn	33	Hn33	x		Vlo	Hn33xVlo	8.0		15	145		55	160	45	25	7	9.6		
11	Hn	33	Hn33	x	F	Vlo	Hn33xVlo	7.0		15	145		60	155	45	25	1	1.4		
12	Hn	33	Hn33			Vld	Hn33xVld	7.0		15	145		60	200	45	25	3	2.4		
13	Hn	33	Hn33		F	Vld	Hn33FVld	6.0		15	145		60	190	45	25	3	2.3		
14	Hn	33	Hn33	x		Vld	Hn33xVld	6.0		15	145		70	205	45	25	12	44.5		
15	Hn	33	Hn33			Vld	Hn33xVld	6.0		12	145		90	260	45	25	3	1.0		
16	Hn	33	Hn33	x		Vld	Hn33xVld	6.0		12	145		90	260	45	25	2	5.6		
17	Hn	35	Hn35	x		lla	Hn35xlla	8.0		20	145		15	115	40	25	1	0.7		
18	Hn	35	Hn35	X	G	lla	Hn35Xlla	4.0		20	145		0	90	30	10	1	0.9		
19	Hn	35	Hn35	x		Vao	Hn35xVao	8.0		20	145		15	130	40	25	8	12.7		
20	Hn	35	Hn35	x	F	Vao	Hn35xVao	7.0		20	145		15	145	40	25	2	6.7		
21	Hn	35	Hn35	X		Vao	Hn35xVao	8.0		20	145		15	160	40	25	3	1.3		
22	Hn	35	Hn35	X	F	Vao	Hn35xVao	7.0		20	145		15	160	40	25	1	0.4		
23	Hn	35	Hn35	x		Vad	Hn35xVad	7.0		20	145		20	190	40	25	2	1.1		
24	Hn	35	Hn35	x		Vbo	Hn35xVbo	8.0		20	145		30	160	45	25	5	8.6		
25	Hn	35	Hn35	x	F	Vbo	Hn35xVbo	7.0		20	145		30	165	45	25	3	3.9		
26	Hn	35	Hn35	X		Vbo	Hn35xVbo	7.0		20	145		30	165	45	25	1	0.6		
27	Hn	35	Hn35	x		Vbd	Hn35xVbd	7.0		20	145		25	200	45	25	3	12.4		
28	Hn	35	Hn35	X		Vbd	Hn35xVbd	7.0		20	145		25	190	45	25	1	2.3		
29	Hn	35	Hn35	x		Vlo	Hn35xVlo	7.0		20	145		45	150	45	25	1	3.0		
30	Hn	35	Hn35	t		Vlo	Hn35xVlo	7.0		20	145		50	170	45	25	1	0.2		
31	Hn	35	Hn35	x		Vld	Hn35xVld	6.0		20	145		50	190	45	25	1	1.3		
32	Hn	53	Hn53	x		Vao	Hn53xVao	6.0		14	155		15	155	45	25	1	1.0		
33	Hn	53	Hn53	x		Vbo	Hn53xVbo	7.0		16	155		30	140	45	25	3	1.7		
34	Hn	53	Hn53	x	F	Vbo	Hn53xVbo	6.0		16	155		30	150	45	25	2	2.0		
35	Hn	53	Hn53	t		Vbo	Hn53xVbo	7.0		14	155		35	155	45	25	1	0.4		
36	Hn	53	Hn53			Vlo	Hn53xVlo	6.0		14	155		60	160	45	25	1	0.6		
37	Hn	53	Hn53	x	F	Vld	Hn53xVld	5.0		12	155		50	195	45	25	1	2.0		
38	Hn	55	Hn55	X	F	lla	Hn55Xlla	8.0	5	22	155		10	115	45	25	1	0.1		
39	cHn	33	cHn33	x		Vbo	cHn33xVbo	8.0		16	145		30	160	55	40	2	0.7		
40	cHn	33	cHn33	x	F	Vbo	cHn33xVbo	7.0		16	145		30	160	55	40	1	0.4		
41	cHn	33	cHn33	x		Vld	cHn33xVld	7.0		16	145		65	190	55	40	2	7.8		
42	cHn	35	cHn35	x		Vao	cHn35xVao	8.0		22	145		15	160	50	40	1	1.1		
43	cHn	35	cHn35	x	F	Vao	cHn35xVao	7.0		22	145		15	160	55	40	2	1.1		
44	cHn	35	cHn35	x	F	Vbo	cHn35xVbo	7.0		22	145		30	165	55	40	5	3.3		
45	tZn	35	tZn35	X	F	lla	tZn35Xlla	9.0	5	22	145		10	105	45	25	1	1.7		
46	tZn	35	tZn35	x	F	Vlo	tZn35xVlo	9.0	5	22	145		50	130	45	25	1	0.8		
47	tZn	55	tZn55	x	F	lla	tZn55Xlla	8.0	5	22	155		10	100	45	25	2	7.4		
48	tZn	55	tZn55	X	F	lla	tZn55Xlla	8.0	5	22	155		5	100	45	25	2	0.9		
49	tZn	55	tZn55	X	F	Vao	tZn55xVao	7.0	5	22	155		15	130	45	25	3	2.9		
50	tZg	33	tZg33	x	F	llb	tZg33xllb	7.0	4	16	145		25	115	50	25	1	0.8		
51	tZg	33	tZg33	x	F	Vbo	tZg33xVbo	6.0	4	16	145		30	130	50	25	1	0.4		
52	tZg	35	tZg35	x		lla	tZg35xlla	10.0	7	32	140		20	110	45	25	2	6.6		
53	tZg	35	tZg35	x	F	lla	tZg35xlla	10.0	7	32	140		15	100	45	25	1	3.5		
54	tZg	35	tZg35	X		lla	tZg35xlla	8.0	6	30	145		15	100	45	25	2	0.7		
55	tZg	35	tZg35	t	F	lla	tZg35tlla	10.0	7	32	140		20	100	45	25	1	2.6		
56	tZg	35	tZg35		F	llb	tZg35tllb	8.0	7	32	140		30	110	50	25	1	1.5		
57	tZg	35	tZg35	t	F	llb	tZg35tllb	8.0	7	32	140		25	110	50	25	4	9.9		
58	tZg	35	tZg35	x		llb	tZg35tllb	8.0	7	32	140		25	105	50	20	1	0.1		
59	tZg	35	tZg35	x	F	llb	tZg35tllb	8.0	7	32	140		25	110	50	25	1	0.1		
60	tZg	55	tZg55	X	F	lla	tZg55Xlla	7.0	7	32	155		10	110	50	25	3	16.6		

Aanhangsel 3 vervolg

Gegevens per kaartenheid

Ke_nr	Voor	Letter	Cijfer	Kalk	Hoofd	Achter	Vergr	Gt	Bodem	Org	Lutum	Leem	M50	Kalk	GHG	GLG	Bew	Bov	Aantal	Ha
61		tZg	55		tZg55	x	F	Vao	tZg55xFVao	7.0	6	25	155		20	125	50	25	1	1.0
62		tZg	55		tZg55	x	H	Vao	tZg55xHVao	7.0	6	25	155		10	125	50	25	1	0.4
63		ktZg			ktZg	x		lla	ktZgxlla	15.0	15	45	140		10	75	45	25	1	0.1
64		ktZg			ktZg	X		lla	ktZgXlla	12.0	13	40	140		10	90	45	25	6	3.6
65		ktZg			ktZg	X	F	lla	ktZgXFlla	10.0	13	40	140		15	115	45	25	1	1.4
66		aWp			aWp			lla	aWplla	25.0					5	85	40	20	1	0.2
67		aWp			aWp	x		lla	aWpxlla	20.0					10	105	40	20	5	1.9
68		aWp			aWp	x	F	lla	aWpxFlla	30.0					15	115	40	20	3	1.6
69		aWp			aWp	X		lla	aWpXlla	20.0					10	115	40	20	2	0.4
70		aWp			aWp	x		Vao	aWpxVao	18.0					10	125	40	25	5	8.0
71		aWp			aWp	X		Vao	aWpxVao	18.0					10	125	40	25	1	0.2
72		aWp			aWp	x		Vbo	aWpxVbo	18.0					25	155	40	25	1	0.7
73		zWp			zWp	x		lla	zWpxlla	10.0		20	145		10	105	40	25	1	0.1
74		zWp			zWp	x	F	lla	zWpxFlla	10.0		20	145		15	110	40	25	2	1.7
75		zWp			zWp	x		Vao	zWpxVao	8.0		18	145		20	165	45	25	1	0.3
76		zWp			zWp	x	F	Vao	zWpxFVao	10.0		20	145		20	145	45	25	3	2.3
77		zWp			zWp	X	F	Vao	zWpxFVao	8.0		18	150		10	150	45	25	1	0.9
78		zWp			zWp	x		Vbo	zWpxVbo	8.0		18	150		35	165	45	25	1	0.1
79		zWp			zWp	x		Vlo	zWpxVlo	8.0		18	150		50	135	45	25	2	4.0
80		aWz			aWz	x		lla	aWzxlla	20.0	7	25	140		5	70	50	25	2	2.3
81		aWz			aWz	x		lla	aWzxlla	20.0	7	25	140		10	95	50	25	4	11.4
82		aWz			aWz	x	F	lla	aWzxFlla	18.0	7	25	140		5	85	50	25	1	0.3
83		aWz			aWz	x		lllb	aWzxlllb	20.0	7	25	140		25	100	50	25	1	2.5
84		hWz			hWz	x		lla	hWzxlla	25.0	13	40	135		10	70	45	25	5	5.8
85		hWz			hWz	x	F	lla	hWzxlla	20.0	11	35	150		5	70	45	25	1	4.1
86		hWz			hWz	X		lla	hWzxlla	25.0	13	40	135		10	70	45	25	5	14.5
87		hWz			hWz	X	F	lla	hWzxlla	20.0	13	40	135		10	75	45	25	1	0.2
88		hWz			hWz	x		lla	hWzxlla	25.0	13	40	135		15	90	45	25	1	0.3
89		hWz			hWz	X		lla	hWzxlla	25.0	13	40	135		10	90	45	25	2	1.4
90		hWz			hWz	t		lla	hWztlla	25.0	13	40	135		15	95	50	25	1	0.5
91		hWz			hWz	t	F	lla	hWztFlla	25.0	13	40	135		15	95	50	25	1	0.3
92		hWz			hWz	t		lllb	hWztlllb	25.0	13	40	135		25	110	50	25	2	0.7
93		zWz			zWz	x	F	lla	zWzxlla	12.0	6	30	145		10	75	50	25	2	1.8
94		zWz			zWz	x	F	lla	zWzxlla	10.0	7	32	145		15	95	50	25	3	6.6
95		zWz			zWz	x	F	lllb	zWzxlllb	10.0	6	30	145		25	115	50	25	3	2.7
96		zWz			zWz	t	F	lla	zWztFlla	10.0	7	30	145		15	95	50	25	3	2.6
97		V	s		Vs			lla	Vslla	65.0					5	65	30	10	1	0.6
98		V	d		Vd			la	Vdla	50.0					0	30	30	10	2	1.4
99		V	p		Vp	x		lla	Vpxlla	60.0					5	65	30	10	2	0.4
100		aV	p		aVp			lla	aVplla	50.0					5	65	40	20	1	0.5
101		aV	p		aVp	x	F	lla	aVpxFlla	20.0					15	100	40	25	1	0.4
102		aV	z		aVz			lla	aVzlla	50.0					10	65	45	25	2	12.2
103		aV	z		aVz	x		lla	aVzxlla	50.0					10	65	45	25	1	2.9
104		aV	z		aVz	t		lla	aVztlla	50.0					10	65	45	25	2	2.5
105		hV	z		hVz			la	hVzla	30.0					0	40	40	25	1	1.4
106		hV	z		hVz			lla	hVzlla	30.0					10	65	45	25	4	10.6
107		hV	z		hVz	x		lla	hVzxlla	30.0					5	60	45	25	1	1.0
108		zV	s		zVs			lla	zVslla	8.0	4	25	150		10	90	45	25	1	0.3
109		zV	c		zVc			lla	zVclla	8.0	6	30	155		5	65	45	25	1	0.6
110		zV	d		zVd			lla	zVdlla	8.0	6	30	155		5	65	45	25	1	0.4
111		zV	z		zVz			lla	zVzlla	10.0	7	32	145		10	65	45	25	2	3.4
112		zV	z		zVz		F	lla	zVzFlla	10.0	6	30	150		20	95	45	25	1	0.4
113		zV	p		zVp			lla	zVplla	6.0	3	13	150		10	70	45	25	1	0.1
114		zV	p		zVp	x		lla	zVpxlla	8.0	4	16	150		10	100	45	25	1	0.3
115		Wate	r		Water			-	Water-										7	0.7
116		Weg			Weg			-	Weg-										7	11.9
117		Bebou	w		Bebouw			-	Bebouw -										4	5.7
118		Op	hoog		Ophoog			-	Ophoog-										3	1.6
119		Af	graaf		Afgraaf			-	Afgraaf-										1	0.2
120		Spoor	lijn		Spoorlijn			-	Spoorlijn-										3	2.9

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2586
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét 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.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2586
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét 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.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

