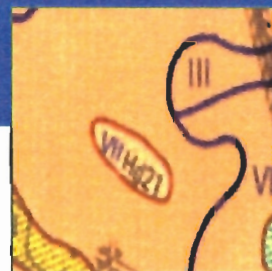
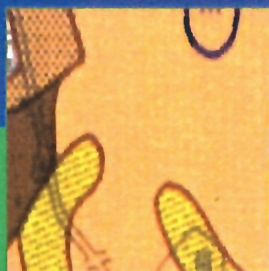
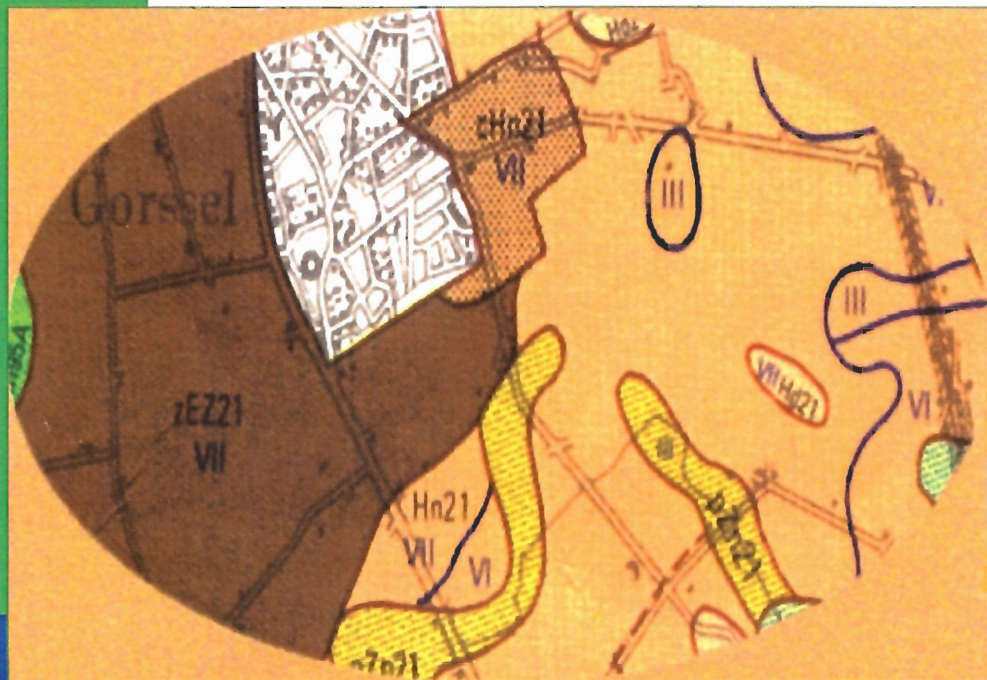




ALTErra

Bodemkundig-hydrologisch onderzoek op het bosperceel van de heer Coerman, gelegen aan de Marsweg te Gorssel

H.R.J. Vroon



Alterra-rapport 270, ISSN 1566-7197

Bodemkundig-hydrologisch onderzoek op het bosperceel van de heer Coerman, gelegen aan de
Marsweg te Gorssel

**Bodemkundig-hydrologisch onderzoek op het bosperceel van de heer Coerman,
gelegen aan de Marsweg te Gorssel**

H.R.J. Vroon

Alterra-rapport 270

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001

REFERAAT

Vroon, H.R.J., 2001. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek op het bosperceel van de heer Coerman, gelegen aan de Marsweg te Gorssel*. Wageningen, ALTERRA, Research Instituut voor de Groene Ruimte. ALTERRA-rapport 270. 27 blz.; 1 fig.; 5 tab.; 4 kaarten

In opdracht van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) te Utrecht heeft ALTERRA een bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd op een bosperceel van de heer Coerman, gelegen aan de Marsweg te Gorssel in het waterwingebied Gorssel-Joppe. Als gevolg van grondwateronttrekking door het pompstation Joppe is in deze omgeving een grondwaterstandsverlaging opgetreden. Het doel omvatte het vastleggen van de bodemgesteldheid en huidige en indien mogelijk de voormalige hydrologische situatie (COLN-periode; 1950-1953). De in het veld verzamelde bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens zijn vervolgens geschematiseerd en gestandaardiseerd zodat zij in een later stadium bruikbaar zijn voor het bepalen van de eventuele bijgroei-variantie van bomen door een verandering in de stand van het freatisch grondwater. Het bepalen van de bijgroei-variantie gebeurt met behulp van een landelijke reeks gestandaardiseerde houtbijgroei-grafieken (Vroon 2000). Met behulp van deze grafieken kan zowel voor de huidige (beïnvloede) als voor de oorspronkelijke GVG-situatie de gemiddelde houtbijgroei van boomsoorten per opstandsvak worden bepaald. De resultaten zijn vastgelegd in de vorm van een rapport, kaarten en digitale bestanden.

Trefwoorden: grondwaterstandsverlaging, bosschade, grondwateronttrekking, houtbijgroei bodemkartering, bodemkaart, grondwatertrappen, vlakkenkaart.

ISSN 1566-7197

Dit rapport (excl. kaarten) kunt u bestellen door NLG 40,00 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 270. De bedragen zijn exclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

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

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

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Projectnummer 10710

[Alterra-rapport 270 /VROON/2001]

INHOUD

WOORD VOORAF	7
1 INLEIDING	9
1.1 Achtergronden van het onderzoek	9
1.2 Doel van het onderzoek	9
1.3 Het onderzoeksgebied	10
1.4 Werkwijze	10
2 METHODE	12
2.1 Het vervaardigen van de bodem- en grondwatertrappenkaart	12
2.1.1 Inleiding	12
2.1.2 Bodemkundige gegevens	12
2.1.3 Hydrologische gegevens	13
2.1.3.1 Reconstructie van de voormalige hydrologische situatie	13
2.1.3.2 Huidige hydrologische situatie	14
2.2 Het vervaardigen van de boorpuntenkaart	14
2.3 Verwerking van veldgegevens tot rekengegevens	14
2.3.1 Voedingstoestand	15
2.3.2 Vochtleverend vermogen	16
2.3.2.1 Vochthoudend vermogen van de wortelzone	16
2.3.2.2 Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond	17
2.3.3 Hydrologische gegevens	17
2.3.4 Boomsoorten	18
2.4 Het samenstellen van de vlakkenkaart	19
3 RESULTATEN	20
3.1 Bodem- en grondwatertrappenkaart	20
3.1.1 Inleiding	20
3.1.2 Bodemopbouw	20
3.1.3 Het grondwaterstandsverloop	21
3.1.3.1 Reconstructie van de voormalige hydrologische situatie	21
3.1.3.2 Huidige hydrologische situatie	21
3.2 Boorpuntenkaart	21
3.3 Rekengegevens; resultaten van de verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens	22
3.3.1 Voedingstoestandenkaart	22
3.3.2 Bodemfysische gegevens	22
3.3.2.1 Dikte van de effectieve bewortelingsdiepte	22
3.3.2.2 Vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte	22

3.3.2.3	Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond	23
3.3.2.4	Hydrologische gegevens	23
3.3.3	Opstandsgegevens	23
3.4	Vlakkenkaart	23

LITERATUUR	25
-------------------	----

WOORDENLIJST	27
---------------------	----

Tabellen

- 1 Gradaties in voedingstoestand
- 2 Standaarddikte voor de effectieve bewortelingsdiepte in combinatie met de standaardklasse volumefractie beschikbaar vocht, die gebruikt worden voor het vaststellen van de gestandaardiseerde groeigrafieken
- 3 Standaardklasse voor de fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG) in combinatie met de standaardklasse voor de LG3 waarden, die gebruikt worden voor het vaststellen van gestandaardiseerde groeigrafieken
- 4 Onderscheiden standaarddikten voor de effectieve bewortelingsdiepte in combinatie met de onderscheiden standaardklassen voor de volumefractie beschikbaar vocht
- 5 Reken/raadpleeggegevens per kaartvlak

Afbeelding

Ligging van het onderzoeksgebied

Kaarten

- 1 Bodem- en grondwatertrappenkaart van het landgoed gelegen aan de Marsweg te Gorssel, schaal 1 : 10 000
- 2 Voedingstoestandenkaart van het landgoed gelegen aan de Marsweg te Gorssel, schaal 1 : 10 000
- 3 Boorpuntenkaart van het landgoed gelegen aan de Marsweg te Gorssel, schaal 1 : 10 000
- 4 Vlakkenkaart van het landgoed gelegen aan de Marsweg te Gorssel, schaal 1 : 10 000

Woord vooraf

In opdracht van de Commissie van Deskundigen Grondwaterwet (CDG) te Utrecht heeft ALTERRA van november 2000 tot maart 2001 een bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd op een bosperceel van de heer Coerman, gelegen aan de Marsweg te Gorssel in het waterwingebied Gorssel-Joppe.

Het onderzoek omvatte het vastleggen van de bodemgesteldheid, het samenstellen van een boorpuntenkaart, vlakkenkaart en het eventueel vervaardigen van een opstandskaat. Als gevolg van grondwateronttrekking door het pompstation Joppe (ca. 0,6 miljoen m³/jaar) is in deze omgeving grondwaterstandsverlaging opgetreden (gegevens aangereikt door de CDG).

Met de gegevens die tijdens dit onderzoek zijn geïnteriseerd, kan in een later stadium de geldelijke waardering van de opbrengstverandering van bomen als gevolg van een verandering in de hydrologische situatie worden berekend.

Aan dit project werkten mee:

- bodemgeografisch onderzoek: ing. H.R.J. Vroon en P. Mekking;
- rapportage: ing. H.R.J. Vroon;
- cartografische verwerkingen: G.J. van Dorland;
- projectleiding: ing. H.R.J. Vroon

De organisatorische leiding van het project had ir. A.J. van Kekem.

1 Inleiding

1.1 Achtergronden van het onderzoek

Het Waterbedrijf Gelderland (WG) onttrekt met het pompstation Joppe grondwater voor de drinkwatervoorziening. Het bosperceel van de heer ing. Coerman, gelegen aan de Marsweg te Gorssel, bevindt zich binnen de invloedssfeer van een verlaging van de grondwaterstand door deze onttrekking. De houtopstanden ondervinden hiervan mogelijke schade door achteruitgang van de groeiplaatsomstandigheden. Dit laat zich ondermeer vertalen in een lagere houtopbrengst. Op grond van het bovenstaande heeft de heer Coerman, eigenaar van het bedoelde bosperceel, ingevolge artikel 37 van de Grondwaterwet bij Gedeputeerde Staten van de provincie Gelderland een verzoek ingediend om een onderzoek te laten instellen door de CDG naar vermeende inkomensschade door een verlaging van de grondwaterstand, veroorzaakt door de grondwateronttrekking te Gorssel (Joppe) van het WG.

De informatie die de CDG nu heeft over de bovengenoemde schade is onvoldoende. Men heeft vooral behoefte aan gedetailleerde informatie over de mogelijke inkomensschade. Deze (eventuele) schade vloeit voort uit de bijgroeiveranderingen van bomen door een verandering in de stand van het freatisch grondwater. De bijgroeiveranderingen kunnen worden gekwantificeerd middels een reeks van gestandaardiseerde houtbijgroefgrafieken (Vroon 2000). In deze grafieken wordt de gemiddelde maximale aanwas van een betreffende boomsoort per GVG-waarde (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) afhankelijk gesteld van de voedingstoestand, zuurgraad, vochtleverend vermogen en de ontwateringstoestand. Met behulp van deze grafieken kan zowel voor de huidige (beïnvloede) als voor de oorspronkelijke GVG-situatie de gemiddelde houtbijgroei van boomsoorten worden bepaald.

1.2 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek was:

- gegevens te verzamelen over de bodemgesteldheid en de aard van de bosopstand van het bosperceel van de heer Coerman, gelegen aan de Marsweg te Gorssel, voor zover sprake is van een geschatte grondwaterstandsverlaging van > 5 cm als gevolg van grondwaterwinning door het WG ter plaatse van het pompstation Joppe;
- een boorpuntenkaart samen te stellen met daarop de boorlocaties;
- een vlakkenkaart samen te stellen (schaal 1 : 10.000) met vlakinformatie over de aard en samenstelling van de boven- en ondergrond, voedingstoestand van de grond, alsmede de absolute waarden van de GHG, GVG en GLG. Deze informatie is voor de CDG noodzakelijk voor het toekennen van gestandaardiseerde houtbijgroefgrafieken aan de betreffende opstandsvakken om vervolgens in een later stadium middels deze grafieken de eventuele bosschade te kunnen berekenen.

Onder bodemgesteldheid verstaan we:

- de profielopbouw (als resultaat van geogenese en pedogenese);
- de aard, samenstelling en eigenschappen van de bodemhorizonten;
- het grondwaterstandsverloop;

- de voedingstoestand voor bos.

1.3 Het onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied ligt aan de Marsweg nabij het dorp Gorssel (zie afbeelding blz. 7). De totale netto oppervlakte van het door Alterra uitgevoerde onderzoek bedraagt ca. 2,4 ha. De topografie van het gebied staat afgebeeld op het blad 33 F (Gorssel) van de topografische kaart Nederland, schaal 1 : 25 000.

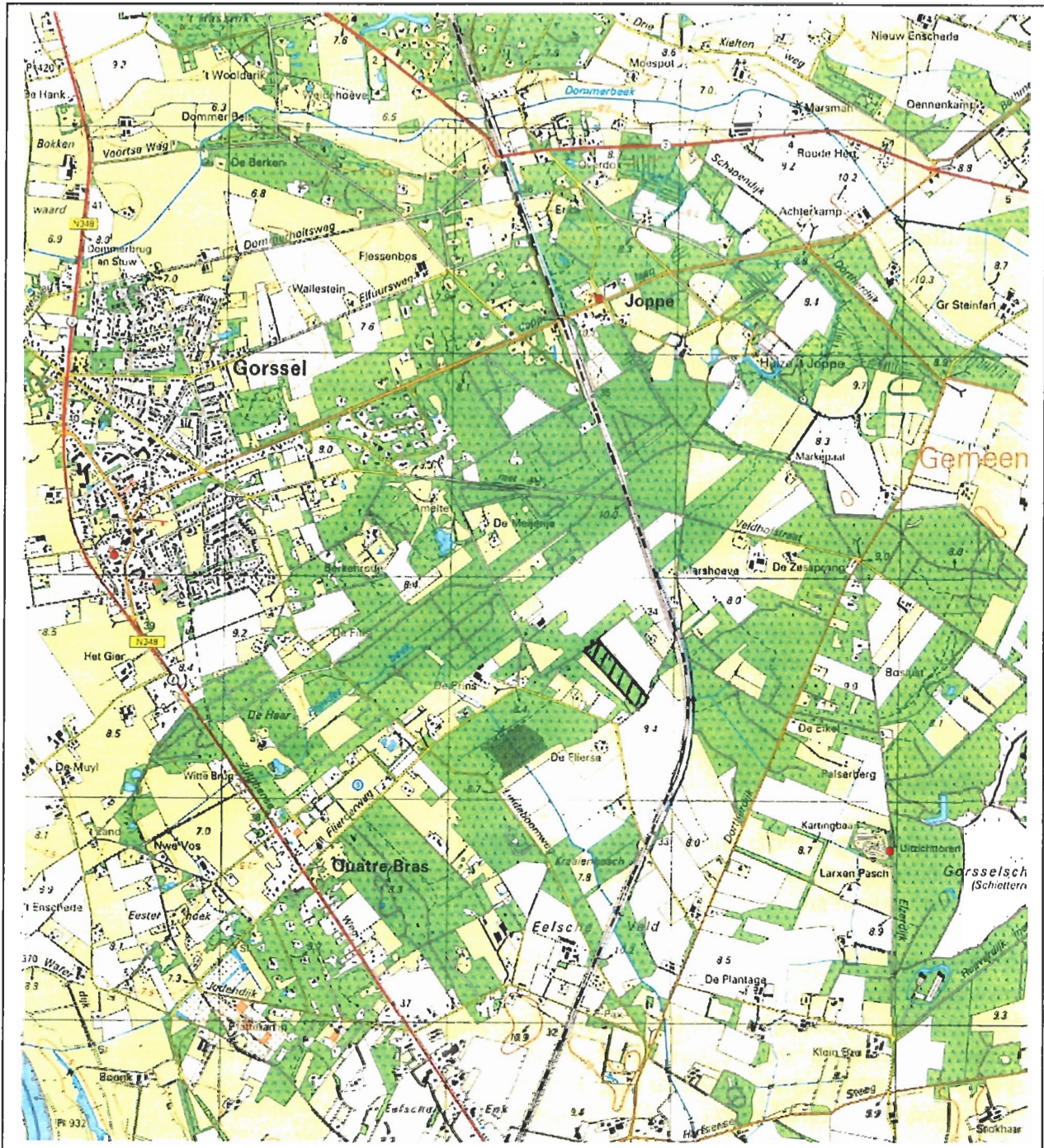
1.4 Werkwijze

Bij het veldbodemkundig onderzoek hebben we informatie verzameld over de bodemgesteldheid, door aan bodemprofielmonsters de profielopbouw van de gronden tot GLG-niveau of maximaal 3,20 m-mv. vast te stellen. Van elke horizont zijn de dikte, de aard van het materiaal, het organischestofgehalte en de textuur geschat. Verder is per boorpunt het huidige en indien mogelijk het oorspronkelijke grondwaterstandsverloop (COLN-periode; 1950-1953) geschat en hebben we in het boorgat de grondwaterstand gemeten. De puntsgewijs verzamelde resultaten en de waargenomen veld- en landschapskenmerken, alsmede de topografie, stelden ons in staat in het veld de ruimtelijke verbreiding van de gronden in kaart te brengen.

De voedingstoestand van bos wordt bepaald aan de hand van kenmerkende vegetatietypen, die voorkomen in Nederlandse bossen (van Soesbergen et al. 1986). De verbreiding van een bepaalde voedingstoestand wordt in kaart gebracht door globaal een verandering in de vegetatie te begrenzen.

De in het veld verzamelde bodemkundige, bodemfysische en hydrologische gegevens zijn vervolgens geschematiseerd en gestandaardiseerd zodat zij bruikbaar zijn voor het bepalen van de eventuele bijgroei-verandering van bomen door een verandering in de stand van het freatisch grondwater.

De resultaten zijn vastgelegd in een rapport met bijbehorende bodem- en grondwatertrappenkaart, voedingstoestandenkaart, boorpuntenkaart en een vlakkenkaart (allen schaal 1 : 10 000). Op de vlakkenkaart staan nummers die verwijzen naar een tabel in het rapport waarin per kaartvlaknummer wordt aangegeven, bodemtype, Gt, voedingstoestand, fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG (cm)), kritieke z-afstand (cm), dikte van de effectieve wortelzone (cm), mm vocht in de effectieve bewortelingsdiepte, GHG, GVG en GLG (cm – mv.).



Ligging van het onderzoeksgebied

2 Methode

2.1 Het vervaardigen van de bodem- en grondwatertrappenkaart

2.1.1 Inleiding

De bodem- en grondwatertrappenkaart (kaart 1), schaal 1 : 10 000, geeft de bodemgesteldheid van het onderzoeksgebied weer tot een diepte van maximaal 3,20 m –mv. Bovendien geeft deze kaart inzicht in de huidige grondwaterstandsfluctuatie en informatie over eventueel voorkomende afwijkende lagen in de diepere ondergrond. De gronden zijn gedetermineerd volgens het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker en Schelling 1989), een morfometrisch classificatiesysteem. Het systeem gebruikt de meetbare kenmerken van het bodemprofiel als indelingscriterium.

De indeling en codering van de gronden op de kaart komen deels overeen met die van de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Vanwege de gedetailleerdheid van het onderzoek hebben wij de indelingen moeten verfijnen. In de legenda's van de bodem- en grondwatertrappenkaart zijn de verschillen in bodemgesteldheid weergegeven in de vorm van legenda-eenheden en grondwatertrappen. Een combinatie van legenda-eenheid + grondwatertrap wordt aangeduid met de term kaarteenheid.

2.1.2 Bodemkundige gegevens

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek in november en december 2000 zijn door middel van 5 beschreven boringen de volgende bodemkundige gegevens in een uitvoerige profielbeschrijving op de boorstaten 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, effectieve bewortelingsdiepte en eventueel ook de verwerkingsdiepte. Bij het vaststellen van de bewortelbare diepte en effectieve bewortelingsdiepte is rekening gehouden met de dikte van het humushoudende dek, de dichtheid van het hieronder aanwezige materiaal, de profielontwikkeling en de aanwezigheid van boomwortels;
- het humusgehalte, het leemgehalte en de mediaan (M50) van de zandfractie van boven- en ondergrond. Bij het beschrijven van de ondergrond is bovendien gelet op het voorkomen van afwijkende materiaalsoorten, zoals grind en/of grof zand.

Het afgrenzen van de bodemkundige eenheden bij de veldopname is gebaseerd op criteria zoals de dikte, het organischestofgehalte en de textuur van de bewortelbare laag, en de profielopbouw. Iedere legenda-eenheid heeft een eigen code en is door een niet onderbroken lijn omgrensd: de bodemgrens.

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

2.1.3 Hydrologische gegevens

De gebruikswaarde van de grond voor bosbouw berust vooral op bodemfactoren, die sterk door de grondwaterstand en zijn fluctuatie worden beïnvloed, bijv. het vochtleverend vermogen, de aëratie en de stevigheid van de bovengrond. Om deze redenen is op de bodem- en grondwatertrappenkaart (kaart 1) ook informatie over de grondwaterfluctuatie weergegeven.

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

Het jaarlijks wisselende verloop van de grondwaterstand op een bepaalde plaats is te herleiden tot een curve. Deze kan gekarakteriseerd worden door een gemiddeld hoogste, gecombineerd met een gemiddeld laagste grondwaterstand (afgekort GHG en GLG). Onder de GHG verstaat men het rekenkundig gemiddelde over zoveel mogelijk jaren (ten minste 8 jaar) van de hoogste drie grondwaterstanden per hydrologisch winter-halfjaar (1 oktober t/m 31 maart). Onder de GLG verstaat men het rekenkundig gemiddelde over zoveel mogelijk achtereenvolgende jaren (ten minste 8 jaar) van de laagste drie grondwaterstanden per hydrologisch zomer-halfjaar (1 april t/m 30 september). Er wordt hierbij uitgegaan van twee metingen per maand op of omstreeks de 14e en de 28e, in buizen van 2 tot 3 m lengte.

De waarden die men voor de GHG en de GLG vindt, kunnen van plaats tot plaats variëren. Daarom is de klassenindeling, die op basis van de GHG en GLG is ontworpen, betrekkelijk ruim van opzet (zie legenda). Elk van deze klassen - de grondwatertrappen (Gt)- is door een GHG- en/of GLG-traject gedefinieerd.

Grondwatertrappen geven de gemiddelde fluctuatie van het grondwater weer. Ze zijn aangegeven met Romeinse cijfers en omgrensd door een onderbroken lijn, voor zover deze niet samenvalt met een bodemgrens.

Tijdens het bodemgeografisch onderzoek hebben we van elke boring de huidige en indien mogelijk de oorspronkelijke (COLN-periode; 1950-1953) Gt en de GHG en GLG in een profielbeschrijving vastgelegd.

2.1.3.1 Reconstructie van de voormalige hydrologische situatie

Voor de voormalige hydrologische situatie die niet door grondwaterstandsval is beïnvloed kunnen we redelijkerwijs niet verder in het verleden teruggaan dan tot de zgn. COLN-periode (1950-1953). In deze periode werd een landelijk meetnet van grondwaterstandsbuizen ingericht. Binnen en in de directe omgeving van het waterwingebied zijn in die periode ook grondwaterstandsbuizen geplaatst. Landelijk gezien geven de standen gemeten op 28-8-1953 en 14-12-1953 een redelijke indicatie voor het toenmalige GLG-niveau (Stoffelsen 1989). Via een gedetailleerde hoogtecijferkaart (schaal 1 : 10 000) kunnen deze standen worden geëxtrapoleerd naar gebieden waar grondwaterstandsgegevens ontbreken. Dit kan alleen in gebieden met overeenkomstige bodemkundig-hydrologische eigenschappen.

De eventueel geschatte voormalige GLG (op basis van fossiele hydromorfe kenmerken) dient altijd te worden getoetst aan de gemeten en eventueel middels een hoogtecijferkaart geëxtrapoleerde grondwaterstanden op de bovengenoemde data.

Voor het vaststellen van vooral het GHG-niveau ontbreken veelal de hydromorfe verschijnselen. Daarom worden vooral topografische kenmerken, zoals relatieve hoogteligging, de aanwezigheid van (oude) sloten en begroeiing bij de vaststelling betrokken.

Verder kunnen we in enkele gevallen uitgaande van het geschatte, voormalige GLG-niveau, op basis van de profielopbouw (o.a. berging) de waarschijnlijk geachte grootte van de fluctuatie van het grondwater afleiden en daaruit het oude GHG-niveau. Dit geldt alleen voor de “open profielen”. Dit zijn profielen zonder storende lagen binnen het traject GHG-GLG.

2.1.3.2 Huidige hydrologische situatie

Voor het vaststellen van de huidige hydrologische situatie wordt de GLG (doorgaans in de nabijheid van de permanent gereduceerde zone, de Cr-horizont) als leidraad genomen. Vanaf dit niveau is het profiel volledig gereduceerd en heeft het materiaal een blauwgrijze kleur. De kleurintensiteit op dit niveau is echter sterk afhankelijk van de hoeveelheid en de aard van het ijzer in de grond. Ontijzerde of ijzerarme gronden, zoals humuspodzolgronden, vertonen veel minder duidelijke kleurverschillen dan ijzerhoudende gronden. Het is daarom niet eenvoudig een GLG-niveau in ijzerarme profielen vast te stellen. Dit geldt bij een ongewijzigde hydrologische situatie, maar des te meer bij een wijziging van de grondwaterstand. Bovendien staat het niet altijd vast of de waargenomen kenmerken samenhangen met een GLG-niveau.

De inschatting van het GHG-niveau is tevens gebaseerd op hydromorfe kenmerken, dit in afhankelijkheid van de waarschijnlijk geachte fluctuatie van het grondwater. Om beide waarden zo goed mogelijk te onderbouwen zijn in de boorgaten (na 1 dag insteltijd) de grondwaterstanden gemeten. De gemeten grondwaterstanden zijn gedateerd en bij de profielbeschrijvingen vermeld. De standen zijn met betrekking tot het GHG- en GLG-niveau getoetst aan langjarige gegevens van 3 geselecteerde grondwaterstandsbuizen (L52, L56 en P65) van NITG-TNO en de WG, die in het onderzoeksgebied aanwezig zijn.

2.2 Het vervaardigen van de boorpuntenkaart

Voor het vervaardigen van de boorpuntenkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 3), zijn de locaties van alle door ons beschreven boringen op de kaart aangegeven. De gegevens van de bodemprofielen (boorstaten) zijn opgeslagen in een computerbestand dat alleen aan de opdrachtgever is verstrekt.

2.3 Verwerking van veldgegevens tot rekengegevens

Grondwaterstandsveranderingen kunnen leiden tot een verandering in de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht. Dit kan gevolgen hebben voor de grootte van de houtbijgroei van bomen. De mate waarin een bijgroei verandering optreedt, hangt onder meer af van de oorspronkelijke

grondwaterstanden (onbeïnvloede situatie), de grootte van de verlaging, de bodemgesteldheid, de boomsoort en de weersgesteldheid. Om de groeiverandering van het bos door een verandering in de grondwaterstand te kunnen kwantificeren, maakt de CDG onder meer gebruik van een landelijke reeks gestandaardiseerde houtbijgroeigrafieken (Vroon 2000). De methode voor het kwantificeren van de eventuele schade en/of voordeel wordt in het kort als volgt beschreven.

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

Voor het karakteriseren van het grondwaterstandsverloop wordt de GVG gebruikt. Als maat voor de groei wordt de absolute boniteit gebruikt. Hieronder wordt verstaan de grootte van de gemiddelde aanwas op het tijdstip van culminatie (grootste hoogte) (Schutz en van Tol 1990). Vervolgens kan aan de hand van de groeigrafieken voor elk opstandsvak de gemiddelde maximale aanwas bepaald worden bij de onbeïnvloede en de beïnvloede GVG. Het verschil tussen de twee bijbehorende aanwasniveaus is de groeiverandering die veroorzaakt is door een verandering in de stand van het freatisch grondwater (Hendriks 1988, CoGroWa 1993, Vroon 1997, Bakker en Vroon 1999, Vroon 2000).

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

2.3.1 Voedingstoestand

De voedingstoestand duidt de vruchtbaarheid van een grond aan die voorkomt, wanneer deze grond ten minste de laatste 10 à 15 jaar met bos of met een halfnatuurlijke vegetatie is begroeid, en die in die periode niet (meer) is bekalkt of bemest (Van Soesbergen et al. 1986). Er worden vijf gradaties onderscheiden (tabel 1).

Tabel 1 Gradaties in voedingstoestand

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

De voedingstoestand wordt met behulp van een vegetatiekartering afgeleid uit de spontane vegetatie (Bannink et al. 1973). De verbreiding van een bepaalde voedingstoestand wordt in kaart gebracht door globaal een verandering in de vegetatie te begrenzen.

2.3.2 Vochtleverend vermogen

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

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

2.3.2.1 Vochthoudend vermogen van de wortelzone

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

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

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

Door de grote verscheidenheid in dikten van de bewortelbare zone heeft de CDG in samenwerking met Alterra (Vroon 2000) de dikte van de effectieve bewortelingsdiepte ingedeeld in de volgende 4 standaardklassen: 50 cm, 70 cm, 90 cm en 110 cm. Deze standaarddikten zijn vastgesteld voor productiebos. De effectieve bewortelingsdieptes van de bodems in het gebied zijn toegedeeld naar deze standaarddikten.

De volumefractie beschikbaar vocht wordt berekend uit de waterretentiekarakteristiek(en) van de effectieve bewortelingsdiepte (Van Delft 1991). Hierbij wordt uitgegaan van de karakteristieken die door Krabbenborg et al. (1983) bepaald zijn voor een aantal gronden. Voor de berekening van het vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte wordt verwezen naar de literatuur (Van Delft 1991 en Van Soesbergen et al. 1986). Ook de volumefractie beschikbaar vocht in de effectieve bewortelingsdiepte heeft men gestandaardiseerd tot 4 klassen (Vroon 2000). Voorts heeft men de klassengrootte van de hoeveelheid beschikbaar vocht afhankelijk gemaakt van de dikte van de effectieve bewortelingsdiepte (tabel 2). In dit gebied zijn de berekende volumefracties beschikbaar vocht in de effectieve bewortelingsdiepten toegedeeld naar deze standaardwaarden.

Tabel 2 Standaarddikte voor de effectieve bewortelingsdiepte in combinatie met de standaardklasse volumefractie beschikbaar vocht, die gebruikt worden voor het vaststellen van de gestandaardiseerde groeigrafieken

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

2.3.2.2 Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond

Naast het vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelbare diepte is ook de bijdrage vanuit het grondwater van belang. Bepalend hiervoor is de afstand van de onderkant van de effectieve bewortelingsdiepte tot het grondwater en het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond. Het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond wordt bepaald door de $K(h)$ -relatie van de verscheidene lagen in de ondergrond. Voor het bepalen van het capillair geleidingsvermogen wordt uitgegaan van de $K(h)$ -relaties die door Wösten et al. (1987) bepaald zijn voor een aantal ondergrondbouwstenen. Als maat voor het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond wordt de kritieke z -afstand gebruikt. Hieronder verstaat men de maximale afstand tussen het grondwater en de onderkant van de effectieve bewortelingsdiepte, waarover een bepaalde vochtstroom (flux) nog mogelijk is. Er wordt aangenomen dat een flux van 2 mm/dag als aanvulling van de vochtvoorraad in de wortelzone in Nederland meestal toereikend is om een gewas optimaal te laten groeien (Van Soesbergen et al. 1986).

Door variatie in diepte en dikte van de bodemlagen bestaat een grote verscheidenheid aan kritieke z -afstanden. Om het aantal kritieke z -afstanden binnen de perken te houden heeft men de kritieke z -afstand geschematiseerd tot de volgende 5 standaardklassen: 50 cm, 70 cm, 90 cm, 110 cm en 130 cm (Vroon 2000). Deze klassen zijn afgeleid uit de kritieke z -afstanden van de standaardondergrondtypen die onder meer door de CDG worden gebruikt als input voor de TCGB raadpleegtabelen (Bouwmans 1990). Bij de toedeling van de ondergronden naar een van de vijf standaardklassen is gebruik gemaakt van het door De Laat (1972) ontwikkelde computermodel VPOS. Dit model wordt gebruikt voor het berekenen van de onverzadigde stroming in pseudo-stationaire toestand van gelaagde bodemprofielen.

2.3.3 Hydrologische gegevens

De grondwaterstand en het verloop hiervan gedurende het groeiseizoen zijn in grote mate bepalend voor het vochtleverend vermogen van een grond. Het gemiddelde verloop van de grondwaterstand gedurende het groeiseizoen wordt gekarakteriseerd door de GVG en de gemiddeld laagste

grondwaterstand (GLG). De GVG in dit gebied is berekend en afgerond op 5 cm nauwkeurig op basis van de betrekking: $GVG = 5,4 + 0,83 * GHG + 0,19 * GLG$ (Vroon 2000).

De berekening van het vochtleverend vermogen (Van Soesbergen et al. 1986, Van den Burg 1987, Stolp en Vroon 1990, Van Delft 1991, Vroon 1997 en Bakker en Vroon 1999) is volgens het WIB-C systeem gebaseerd op een 10% droog jaar, waardoor de laagste grondwaterstand (LG3= gemiddelde van de 3 laagste grondwaterstanden in een 10% droog jaar) aan het eind van het groeiseizoen beneden het GLG-niveau komt te liggen. Voor de meeste open zandgronden (gronden zonder storende lagen) ligt de LG3 in een 10% droog jaar 15 à 35 cm lager dan het GLG-niveau. Aangezien de fluctuatiegrootte (GLG-GHG) van het grondwater in bosgebieden sterk kan variëren heeft men deze geschematiseerd tot de volgende 5 standaardklassen: 60, 80, 100, 120 en 140 cm (Vroon 2000). Voorts heeft men ook de LG3 waarden in combinatie met de bovengenoemde standaardklassen geschematiseerd tot klassen 15 à 35 cm lager dan het GLG-niveau (tabel 3). Voor dit gebied hebben wij aan de hand van veldschattingen en toetsingen aan de hand van gemeten standen in boorgaten en grondwaterstandsbuizen de fluctuatie van het grondwater per kaartvlak toegeedeeld naar een bepaalde standaardklasse.

Tabel 3 Standaardklasse voor de fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG) in combinatie met de standaardklasse voor de LG3 waarden, die gebruikt worden voor vaststellen van gestandaardiseerde groeigrafieken.

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

2.3.4 Boomsoorten

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

Voor het samenstellen van de landelijke reeks van gestandaardiseerde houtbijgroeigrafieken heeft men het aantal boomsoorten geschematiseerd tot de volgende 10 standaardsoorten: Corsicaanse den, populier, esdoorn, Amerikaanse eik, zomereik, beuk, grove den, douglas, Japanse lariks en fijnspar (Vroon 2000).

De verbreiding van de verschillende bosopstanden wordt meestal weergegeven op een zogenaamde opstandskaart. Van dit gebied ontbreekt echter een opstandskaart, zodat deze nog vervaardigd dient te worden. De toekenning van de aanwezige boomsoorten in een bepaald opstandsvak naar een standaardboomsoort gebeurt op basis van oppervlaktaandeel en overeenkomstig groeiverloop.

2.4 Het samenstellen van de vlakkenkaart

Voor het samenstellen van de vlakkenkaart (kaart 4) zijn de in het veld verzamelde bodemkundige en hydrologische gegevens aangevuld met bestaande bodemfysische gegevens en gegevens over de voedingstoestand. Binnen een vlak bestaat overeenkomst in bovengenoemde gegevens. De gegevens per vlak zijn vermeld in tabel 5; de vlaknummers op de kaart corresponderen met de nummers in deze tabel.

3 Resultaten

3.1 Bodem- en grondwatertrappenkaart

3.1.1 Inleiding

De bodem- en grondwatertrappenkaart (kaart 1) geeft de bodemopbouw van het gebied weer tot een diepte van 3,20 m - mv. alsmede een inzicht in het huidige grondwaterstandsverloop.

3.1.2 Bodemopbouw

De bodems in dit gebied zijn allen ontwikkeld in zandgronden. Naar de aard van de pedogene en geogene processen, en daardoor ontstane horizonten, hebben we in dit gebied alleen humuspodzolgronden onderscheiden. Er bestaan twee typen humuspodzolgronden namelijk de Hydropodzolgronden en de Xeropodzolgronden. Alle Hydropodzolgronden, zoals de veldpodzolgronden zijn gevormd binnen de invloedssfeer van het grondwater; dat betekent dat op de zandkorrels direct onder de Bh-horizont geen ijzerhuidjes voorkomen. Daarentegen zijn alle Xeropodzolgronden, zoals de haarpodzolgronden, gevormd buiten de invloedssfeer van het grondwater (zuivere infiltratiegebieden), dat betekent dat op de zandkorrels direct onder de Bhs-horizont ijzerhuidjes voorkomen.

De kleurintensiteit en de dikte van de B-horizonten kunnen variëren, doordat ze sterk bepaald worden door de textuur en de ligging ten opzichte van het grondwater. De kleur van de C-horizont in de humuspodzolgronden is mede afhankelijk van de hoogteligging t.o.v. het grondwater en varieert van geel (grondwater meestal diep) tot bleekgrijs (grondwater meestal ondiep). Binnen de humuspodzolgronden hebben we alleen veldpodzolgronden aangetroffen.

In het bosgebied komen vooral diep verwerkte (ca. 60 á 70 cm) veldpodzolgronden voor. De veldpodzolgronden zijn humuspodzolgronden met hydromorfe kenmerken en een humushoudende bovengrond (Ah, Ap of Aap) die dunner is dan 30 cm. De E-horizont (loodzandlaag) ontbreekt meestal. Door bewerking, ploegen, spitten of beworteling door bomen is deze horizont grotendeels in de Ap-horizont opgenomen of dermate verstoort, zodat ze in het veld niet of nauwelijks meer is waar te nemen. Over het algemeen is de Bhe-horizont duidelijk ontwikkeld. De kleur van de C-horizont varieert van geel tot bleekgrijs. De veldpodzolgronden zijn onderverdeeld naar zandgrofheid en leemgehalte. Er komen in dit gebied alleen zwak lemige matig fijnzandige veldpodzolgronden voor. De ondergrond van dit bodemtype bestaat voornamelijk uit zwak lemig matig fijn dekzand, dat meestal binnen boorbereik overgaat in leemarm matig fijn rivierzand.

De verwerkte gronden (tot minimaal 35 cm diepte) zijn op de bodem- en grondwatertrappenkaart weergegeven met een vergravingsteken (zie legenda).

3.1.3 Het grondwaterstandsverloop

Er zijn in dit gebied 2 grondwatertrappen onderscheiden; VIIId en VIIIId.

VIIId: GHG: 80 – 140 cm – mv.; GLG: > 180 cm – mv.

Deze grondwatertrap komt voor in de landschappelijk lager gelegen delen van het onderzoeksgebied. Afhankelijk van de profielopbouw en de dikte van de effectieve bewortelingsdiepte heeft het merendeel van deze gronden een tijdelijke grondwaterprofiel.

VIIIId: GHG: > 140 cm – mv.; GLG: > 180 cm – mv.

Gronden met grondwatertrap VIIIId treffen we aan op de relatief hoogste gelegen delen van het onderzoeksgebied. De vochtvoorziening voor de bomen is bij deze gronden nagenoeg geheel aangewezen op de vochtinhoud van het bewortelbare deel van het profiel (hangwaterprofiel).

3.1.3.1 Reconstructie van de voormalige hydrologische situatie

Het bleek niet mogelijk om aan de hand van de COLN-gegevens en profielkenmerken de voormalige hydrologische situatie (COLN-periode) in beeld te brengen. Dit kwam vanwege het feit dat de fossiele hydromorfe kenmerken in de bodemprofielen ontbraken en dat het merendeel van grondwaterstandsbuizen tijdens de twee karakteristieke GLG data in de COLN-periode droog stonden.

3.1.3.2 Huidige hydrologische situatie

In de boorstaten staat per boorpunt de huidige hydrologische situatie in absolute waarden voor de GHG en GLG vermeld. Dit is de huidige gemiddelde beïnvloede hydrologische situatie. Deze waarden worden alleen aan de opdrachtgever verstrekt. Voor de uiteindelijke schadeberekeningen hebben we de gemiddelde absolute waarden van de GHG en GLG per vlak nodig. De absolute getalswaarde van de GHG en GLG in de huidige situatie is vastgesteld door het gemiddelde te nemen van de geschatte waarden van de boring(en) binnen het kaartvlak. Deze waarden staan vermeld in tabel 5.

3.2 Boorpuntenkaart

Op de boorpuntenkaart (kaart 3) zijn de locaties van de door ons beschreven boringen met een punt en volgnummer weergegeven. De genummerde profielbeschrijvingen zijn als digitaal bestand aanwezig en worden alleen aan de opdrachtgever verstrekt.

3.3 Rekengegevens; resultaten van de verwerking van bodemkundige en hydrologische gegevens tot rekengegevens

3.3.1 Voedingstoestandenkaart

De voedingstoestand van de gronden in het onderzoeksgebied is weergegeven op een voedingstoestandenkaart (kaart 2), schaal 1 : 10 000. De voedingstoestand is afgeleid uit de vegetatiekartering en de bodemkaart. We hebben in het onderzoeksgebied de vegetatietypen R2 en R4 onderscheiden. Het vegetatietype R2 behoort tot het gezelschap van braam, stekelvaren en groot bladdermos. Gronden met dit vegetatietype kenmerken zich door een vrij lage voedingstoestand. Volgens het systeem van Bannink, Leys en Zonneveld (1973) komt dit type overeen met gradatie 4. Het type R4 behoort tot het gezelschap van framboos en braam. Gronden met dit vegetatietype hebben een matige voedingstoestand. Volgens het bovengenoemde systeem komt dit type overeen met gradatie 3.

3.3.2 Bodemfysische gegevens

3.3.2.1 Dikte van de effectieve bewortelingsdiepte

De toedeling van de effectieve bewortelingsdiepte per kaartvlak naar één van de 4 standaarddikten is gebeurd op basis van bodemeenheid, verwerkingsgraad, het voorkomen van storende lagen en de aanwezigheid van boomwortels. In het gebied zijn de volgende 2 standaarddikten onderscheiden: 50 en 70 cm.

3.3.2.2 Vochthoudend vermogen van de effectieve bewortelingsdiepte

De berekende volumefracties beschikbaar vocht per standaarddikte hebben we middels afronding toegedeeld naar één van de 4 standaardklassen voor de volumefracties beschikbaar vocht. Per standaarddikte is slechts één waarde uit de standaardklasse voor de volumefractie beschikbaar vocht onderscheiden (tabel 4)

Tabel 4 Onderscheiden standaarddikten voor de effectieve bewortelingsdiepte in combinatie met de onderscheiden standaardklassen voor de volumefractie beschikbaar vocht

Standaarddikte voor de effectieve bewortelingsdiepte (cm)	Standaardklasse voor de volumefractie beschikbaar vocht (mm)
50	70
70	90

3.3.2.3 Capillair geleidingsvermogen van de ondergrond

Met behulp van het computermodel VPOS hebben we van ieder kaartvlak een kritieke z-afstand berekend. De toedeling van deze z-afstanden naar één van de vijf standaardklassen heeft geresulteerd in 2 klassen; 90 en 110 cm.

3.3.2.4 Hydrologische gegevens

Uit de resultaten van de geschatte GHG en GLG waarden in het veld aangevuld met de gegevens van de geselecteerde grondwaterstandsbuizen blijkt, dat de fluctuatiegrootte (GLG-GHG) van het grondwater in het bosgebied gedurende het groeiseizoen niet groot is (ca. 85 cm). Dit wordt vooral veroorzaakt door de aanwezigheid van grovere fluviaatiele afzettingen in het fluctuatie traject van het grondwater. De toedeling van de vastgestelde fluctuatiegrootte van het grondwater per kaartvlak naar één van de 5 standaardklassen heeft geresulteerd in één klasse; 80 cm.

3.3.3 Opstandsgegevens

Van het gebied kon geen opstandskaat worden vervaardigd, omdat er sprake was van een gemengd bos (o.a. grove den en zomereik) zonder duidelijke afbakening van de aanwezige boomsoorten. Het hele gebied kan daarom worden opgevat als zijnde één groot opstandsvak van ca. 2,4 ha met de grove den als standaardboomsoort.

3.4 Vlakkenkaart

Op de vlakkenkaart, schaal 1 : 10 000 (kaart 4) hebben we ten slotte het gebied ingedeeld in vlakken. De profielen binnen een vlak vertonen overeenkomst in bodemtype, grondwatertrap,

voedingstoestand, fluctuatie van het grondwater (GLG-GHG (cm)), kritieke z-afstand (cm), dikte van de effectieve wortelzone (cm) en het aantal mm vocht in de effectieve bewortelingsdiepte.

In totaal zijn er 7 vlakken onderscheiden. De reken/raadpleeggegevens die bij elk kaartvlak behoren zijn vermeld in tabel 5; de vlaknummers op de kaart stemmen overeen met de nummers in deze tabel.

Tabel 5 Reken/raadpleeggegevens per kaartvlak

Vlak-nummer	Bodem-type	Grondwater-trap	Voedings-toestand	Gestandaardiseerde fluctuatie van het grondwater (cm)	Gestandaardiseerde kritieke z-afstand (cm)	Gestandaardiseerde effectieve bewortelingsdiepte (cm)	Gestandaardiseerde mm vocht in de effect. bewortelingsdiepte	Huidige hydrologische situatie in cm-mv.		
								GHG	GVG	GLG
1	Hn53	VIIId	4	80	110	50	70	125	150	210
2	Hn53	VIIId	3	80	110	50	70	125	150	210
3	Hn53	VIIId	4	80	110	50	70	125	150	210
4	Hn53	VIIIId	3	80	90	70	90	210	235	295
5	Hn53	VIIIId	4	80	90	70	90	210	235	295
6	Hn53	VIIId	3	80	110	70	90	115	140	200
7	Hn53	VIIId	4	80	110	70	90	115	140	200

Literatuur

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

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

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

Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, 1979. Toelichting bij de kaartbladen 33 West – Apeldoorn en 33 Oost – Apeldoorn. Wageningen, STIBOKA.

Bouwmans, J.M.M., 1990. *Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel. Een methode voor het bepalen van de opbrengstdepressie van grasland op zandgrond als gevolg van een grondwaterstandsverlaging*. Utrecht, Nota Secretariaat TCGB.

Burg, J. van den, 1987. *Relaties tussen het vochtleverend vermogen van de grond, het waterverbruik en de groei van een aantal boomsoorten: een literatuurstudie*. Utrecht, Studiecommissie Water Natuur Bos en Landschap. Rapport 7e.

CoGroWa, 1993. *Boschade-onderzoek grondwateronttrekking Maartensdijk (Groenkan)*. Onderzoek in het kader van de Grondwaterwet Waterleidingbedrijven naar de gevolgen van de grondwateronttrekking voor bos door de N.V. Waterleidingbedrijf Midden-Nederland (WMN). Utrecht, CoGroWa. Rapport GW 299/VRN, april 1993.

Delft, S.P.J. van, 1991. *Invloed van grondwaterstandsval op de houtbijgroei van bos rond het pompstation Vessem*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 87.

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

Krabbenborg, A.J., J.N.B. Poelman en E.J. van Zuilen, 1983. *Standaardvocht karakteristieken van zand- en veenkoloniale gronden*. Wageningen, Stiboka. Rapport nr. 1680.

Locher, W.P. en H. de Bakker, 1990. *Bodemkunde van Nederland. Deel 1, Algemene bodemkunde*. Den Bosch, Malmberg.

Laat, P.J.M., 1972. *Een automatische berekening met behulp van een digitale computer van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking volgens het algoritme van Rijtema*. Wageningen, LH, afd. Cultuurtechniek. Scriptie.

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.

- Schutz, P.R. en G. van Tol, 1990. *Aanleg en beheer van bos en beplantingen*. Wageningen, PUDOC.
- Stolp, J. en H.R.J. Vroon, 1990. *Een snelle methode voor het berekenen van kritieke z-afstanden en verzadigingstekorten bij twee fluxen (2 en 1 mm/dag) in gelaagde bodemprofielen tijdens de veldopname*. Wageningen, Staring Centrum. Interne mededeling nr. 92.
- Stoffelsen, G.H., 1989. *Bodemkundig-hydrologisch onderzoek in het waterwingebied Hengelo-Hasselo. De bodemgesteldheid, de huidige en de voormalige hydrologische situatie*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 4.
- Vroon, H.R.J., 1997. *Boschade door grondwateronttrekking op de landgoederen De Leyen en Eikenlust*. Staring Centrum, Wageningen. Rapport nr. 553.
- Vroon, H.R.J., 2000. *Groeigrafieken van bomen ter bepaling van de opbrengstverandering door grondwaterstandswijzigingen*. Alterra, Wageningen. Rapport nr. 036, ISSN 1566-7187.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. *Waterretentiekaracteristieken en doorlatendheidskaracteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks*. Wageningen, ICW en STIBOKA, ICW-Rapport 18 en Stiboka - Rapport 1932.

Woordenlijst

Grondwatertrap (Gt): klasse gedefinieerd door een zekere GHG- en/of GLG-traject.

Grondwaterspiegel (= freatisch vlak): denkbeeldig vlak waarop de druk in het grondwater gelijk is aan de atmosferische druk. De 'bovengrens' van het grondwater.

Grondwaterstand (= freatisch niveau): diepte waarop zich de grondwaterspiegel bevindt, uitgedrukt in cm beneden maaiveld (cm - mv.) of cm beneden NAP (Normaal Amsterdams Peil, een referentievlak).

GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand): het gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden per winterhalfjaar (oktober-maart) over minimaal 8 jaar. Is representatief voor de wintergrondwaterstand

GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand): het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden per zomerhalfjaar (april-september) over minimaal 8 jaar. Is representatief voor de grondwaterstand aan het eind van het groeiseizoen.

GVG (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand): langjarig gemiddelde van de grondwaterstand op 1 april. Is representatief voor de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen.

Hangwaterprofiel: een profiel waarbij het vochtleverend vermogen overwegend wordt bepaald door de hoeveelheid vocht in de effectieve wortelzone. Reeds in het voorjaar is de afstand van de grondwaterspiegel tot de effectieve wortelzone.

Tijdelijk grondwaterprofiel: een profiel waarin de capillaire stijgsnelheid gedurende slechts een deel van het groeiseizoen voldoende is voor een wezenlijke bijdrage tot het vochtleverend vermogen. Naarmate het tijdstip, waarop de kritieke z-afstand wordt overschreden, later in het groeiseizoen valt, is het vochtleverend vermogen groter.

Hydromorfe kenmerken: deze uiten zich doordat de grond periodiek met water verzadigd is. In het profiel zijn ze waarneembaar in de vorm van blekings- en gleyverschijnselen (roest en reductievlekken).

K(h)-relatie: verband tussen drukhoogte (h) en doorlatendheid (k) van een bodemhorizont.

