

Interimrapportage van het hydrologische proefveld Geestmerambacht

Een overzicht van beschikbare gegevens en eerste resultaten

**J.A. Koppe
C.A. van den Berg
A.F.M. Olsthoorn**

Alterra-rapport 277

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

REFERAAT

Koppe, J.A., C.A. van den Berg en A.F.M. Olsthoorn, 2001. *Interimrapportage van het hydrologische proefveld Geestmerambacht*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 277. 36 blz.; 5 fig.; 7 tab.; .. ref.

Het rapport is een beschrijving van de proefopzet in een groot hydrologisch proefveld Geestmerambacht ten noorden van Alkmaar. Het proefveld bestaat uit 12 stroken van ongeveer 10 bij 120 meter, waarin 4 bodemsubstraten zijn aangebracht en waarin in een matrix structuur 8 boomsoorten groeien sinds 1985. Het grondwaterniveau in elke strook kan worden geregeld via een pomp- en vlotterstelsel. Tot 1997 waren er vijf verschillende niveaus, daarna zijn de meeste stroken vernat (hoger grondwater ingesteld); vier natte stroken zijn juist verdroogd. Een belangrijk doel van het rapport is om aan te geven welke gegevens betrouwbaar zijn in de lange meetreeksen, mede i.v.m. een aantal technische storingen die zijn opgetreden in het proefveld. De aflezingen van de meeste grondwaterbuizen bleken betrouwbaar. Het rapport bevat daarnaast een aantal oriënterende resultaten, o.a. effecten van vernatting op groei van de bomen. De resultaten van het proefveld worden in 2002 gerapporteerd, nadat een volledige statistische analyse is uitgevoerd.

Trefwoorden: boomgroei, drainage, grondwaterstand, hydrologisch proefveld, irrigatie, methodiek, verdroging, vernatting, vitaliteit

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 30,00 (€13) over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 277. Dit bedrag is inclusief 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.

Inhoud

Dankwoord	5
1 Inleiding	7
1.1 Problematiek	7
1.2 Onderzoeksdoelen oorspronkelijke verdrogingonderzoek	7
1.3 Onderzoeksdoelen vernattingonderzoek	7
2 Aanleg proefveld	9
2.1 Ontwerp / statistische achtergrond	9
2.2 Uitvoering	10
2.3 Technische aanpassingen	10
2.3.1 Hoogte maaiveld en peilbuizen	10
2.3.2 Peilbuizen	10
2.3.3 Pompen	11
2.4 Wijziging grondwaterpeil in 1997	11
3 Beschikbare gegevens	13
3.1 Uitgevoerde metingen	13
3.2 Overige beschikbare gegevens	13
3.3 Onvolkomenheden in de beschikbare data	15
4 Voorlopige resultaten	17
4.1 Voorbeeld van uitwerking gegevens	17
4.2 Samenvatting statistische resultaten	19
5 Afrondend onderzoek	21
5.1 Resultaten tot grondwaterstandwijziging in 1997	21
5.2 Voorlopige resultaten tot 2000	21
5.3 Mogelijkheden voor afrondend onderzoek in 2001	22
Samenvatting	25
Bijlagen	
I Locatie proefveld “Geestmerambacht”	27
II Plattegrond proefveld “Geestmerambacht”	29
III Waterhoogteregeling proefveld “Geestmerambacht”	31
IV Beschikbare gegevens van proefveld “Geestmerambacht”	33

Dankwoord

Voor U ligt het interim rapport over het grondwaterstandproefveld “Geestmerambacht”. Dit proefveld is sinds begin jaren '60 in gebruik als experimenteel terrein voor velerlei onderzoek, vooral met betrekking tot grondwaterstand fluctuaties. Dit rapport geeft een overzicht van de verzamelde gegevens sinds 1984, toen het experiment met verdroging en later vernattingeffecten gestart is.

Door de langdurige looptijd van dit experiment is het vrijwel onmogelijk alle mensen te bedanken die aan dit experiment een bijdrage geleverd hebben, dus wil ik in eerste instantie de personen bedanken die betrokken waren bij de totstandkoming van dit rapport: Marcel Berkhout (SBB), Henneleen de Boo, Cajo ter Braak, Cees Niemeyer, Jaques Peeters en Wim Tolkamp. Bedankt voor alle hulp tijdens de zoektocht door en de verwerking van de dikwijls oneindig lijkende hoeveelheid gegevens!

En natuurlijk ook mijn dank aan alle anderen die in de afgelopen 15 jaar dit proefveld draaiende hebben gehouden, gegevens verzameld hebben of anderszins een bijdrage geleverd hebben, waaronder Jan van den Burg, Frans Erinkveld (SBB), Paul Goedhart, Jaap Jorritsma (SBB), Trije Huibers, Gilbert Maas, Anne Oosterbaan, Wim van Orden, Teun Paarlberg (SBB) en Geurt van Roekel.

André Koppe

1 Inleiding

1.1 Problematiek

Doordat met name de landbouw veel hinder ondervond van ondergelopen percelen in de winter en in het vroege voorjaar, werden er na 1950 overal drainage, sloten, stuwen en gemalen aangelegd. Door de ontwatering ontstond er echter in de zomer een tekort aan water. Verder is de drinkwaterwinning na de landbouw de belangrijkste oorzaak van verdroging. Volgens de overheid betekent verdroging niet alleen te weinig water in de zomer door grondwaterdaling, maar ook als er water van buiten het gebied aangevoerd moet worden is er sprake van schade door verdroging. Dit water, meestal afkomstig uit de grote rivieren, is van onvoldoende kwaliteit. Vooral de natuurgebieden hebben het meest te lijden van aanvoer van rivierwater. Bij het verdrogingbeleid zijn natuurgebieden maatgevend voor de eventueel te nemen maatregelen. Waterschappen zoeken de oplossing vooral in het vasthouden van water in en om natuurgebieden en bossen.

Het in dit rapport besproken experiment is geïnitieerd in 1984, toen de verdrogingproblematiek in Nederland zichtbaar werd. Volgens hydrologen leed ongeveer driekwart van Nederland aan een ernstige grondwaterstanddaling. Sinds de jaren vijftig is de grondwaterstand op veel plaatsen met meer dan een halve meter gezakt. De overheid wilde een halt toeroepen aan verdere daling van de waterstand en die trend omzetten in een peilverhoging.

1.2 Onderzoeksdoelen oorspronkelijke verdrogingonderzoek

Het onderzoeksdoel bij aanleg in 1984 van de grondwaterstandproef in Geestmerambacht (ten noorden van Alkmaar, zie bijlage I) was het vastleggen van de groei en beworteling van 8 boomsoorten (berk, zomereik, esdoorn, es, beuk, Populus "Unal", Populus "Spijk" en Corsicaanse den) bij verschillende grondwaterstanden. Vervolgens zou de reactie op de groei en beworteling van deze boomsoorten op verdroging als gevolg van grondwaterstanddaling onderzocht worden. De verdroging zou gesimuleerd worden door in een aantal veldjes van het proefveld de grondwaterstand met 30 of 60 cm te verlagen.

1.3 Onderzoeksdoelen vernattingonderzoek

In een aantal proefobjecten (ongeveer 40 stuks) zijn in de periode 1994-1998 doormiddel van extra stuwen, sloten en gemalen de grondwaterstand op een hoger peil gebracht. Door de huidige tendens het grondwaterpeil in de bossen en natuurgebieden te verhogen is ook de vraag interessant hoe de vitaliteit en groei van bomen verloopt bij een plotselinge grondwaterstandverhoging. In het grondwaterstandenproefveld is dit te simuleren door in een aantal velden de grondwaterstand

drastisch te verhogen, waarbij in de omringende velden het initiële peilregiem gehandhaafd wordt. Door de veranderde vraag en enige sterfte van bomen die door vernatting in Nederland is opgetreden, wordt het voornaamste doel van de proef in Geestmerambacht dus het vastleggen van de reactie op de groei en beworteling van de 8 boomsoorten op grondwaterstandstijging.

Daarnaast zal in de velden met de hoogste grondwaterstanden de grondwaterstand (sterk) omlaag worden gebracht, omdat verdere verhoging onrealistisch is, ook bij een onderzoek opzet gericht op vernatting. Een aantal voorstellen voor aanvullend onderzoek (van o.a. G.J. Nabuurs en J. Kopinga) konden niet worden uitgevoerd. Dit betrof onder andere onderzoek naar de verdamping van bomen en de zuurstofvoorziening in de bodem (m.b.v. steelrods).

2 Aanleg proefveld

2.1 Ontwerp / statistische achtergrond

De aanleg is een Latijns vierkant, met relatief weinig herhalingen in het proefveld. De praktische uitwerking hiervan is terug te vinden in de plattegrond van het proefveld (bijlage II). De volgende elementen zijn in het proefveld aangebracht:

- 4 grondsoorten (zavel, zware zavel, pikklei, zand)
- 8 boomsoorten in 12 veldjes: berk, zomereik, esdoorn, es, beuk, Populus "Unal" (6 veldjes), Populus "Spijk", Corsicaanse den (6 veldjes). Zie voor aantallen tabel 2.1.
- 5 grondwaterniveaus (tot 1997); 4 grondwaterniveaus na vernatting

Tabel 2.1: hoeveelheid geplante bomen in de proefvelden

soort	geplante aantallen per veld:
<i>Populus 'Spijk'</i>	20
<i>Populus Unal</i>	12
<i>Corsicaanse den</i>	35
<i>Beuk</i>	45 (veld 1 en 2: 40 bomen)
<i>Es</i>	40 (veld 12: 35 bomen)
<i>Esdoorn</i>	35 (veld 12: 40 bomen)
<i>Zomereik</i>	40
<i>Berk</i>	40 (veld 11: 35 bomen)

Voor een statistische analyse zijn de gegevens oriënterend getoetst met een éénweg ANOVA, mede door het inleidende karakter van dit rapport. Onderzocht is hoe de diameter- en hoogtegroeï van de bomen aan het eind van de metingen in 2000 gerelateerd zijn aan het niveau van het grondwater en het lutum gehalte. De methode van statistische analyse gebruikt het "veld" als experimentele eenheid. Sets van drie opeenvolgende velden hebben dezelfde grondsoort in het experimenteel ontwerp. Het lutum gehalte varieert tussen de grondsoorten, waar grondwaterniveau sterk varieert binnen een grondsoort.

In de terminologie van de traditionele analyse van variantie kan dit experiment beschouwd worden als een split-plot (of geneste, of multi-level) experiment met grondsoort als gehele plot en velden als de splitplots. Velden binnen een grondsoort zijn niet onafhankelijk. De afhankelijkheid kan gemodelleerd worden door grondsoort als random factor te beschouwen. Het bijbehorende statistisch model voor een dit experiment is het "lineair mixed effect model", en de bijbehorende analyse is de "restricted maximum likelihood" (REML).

2.2 Uitvoering

Het is in 1959 ingericht als waterstandproefveld. In 1985 is het hydrologische proefveld Geestmerambacht geheel opnieuw ingericht (bijlage II) en beplant met jonge bomen. De oorspronkelijk bodem is hierbij bewerkt tot de gewenste grondsoort verkregen was (tabel 2.2). Het proefveld bestaat uit 12 stroken van 15 x 120 meter, waarin middels een infiltratie en drainagesysteem 12 verschillende grondwaterstanden kunnen worden ingesteld. In de stroken is nieuw grondsoort aangebracht. In totaal zijn 4 grondsoorten aangebracht: zavel, zware zavel, pikklei, en zand. Er zijn 8 boomsoorten in de 12 stroken geplant: berk, zomereik, esdoorn, es, beuk, Populus "Spijk", Populus "Unal" (6 veldjes), Corsicaanse den (6 veldjes). Er is geen dunning uitgevoerd. Dit is ook niet nodig tot het einde van de proef.

Tabel 2.2: ingrepen tijdens aanleg

Situatie voor 1983	Situatie na 1983	Bewerking
Zavelveldjes	Zavelveldjes	Geen
Klei op zavel veldjes	Zware zavel	Diepploegen
Pikkleiveldjes	Zware klei (= pikklei)	Geen
Pikkleiveldjes	(Duin) zand	Uitgegraven tot ca. 60 cm en gevuld met zand.

Tussen 1985 en 1997 zijn de grondwaterniveaus niet veranderd. De jonge bomen zijn dus 12 jaar gegroeid in dezelfde omstandigheden. Er zijn 5 grondwaterniveaus aangebracht: 40, 60, 80, 90 en 120 cm beneden maaiveld. Via een opslagbassin kan met vlotter de hoogte van de grondwaterstand worden geregeld. De hoogte van de uitgang van de drains kan op de gewenste hoogte worden gezet. Water kan dus worden ingelaten bij te laag niveau en water worden uitgelaten bij te hoog niveau. De techniek is geschikt om per centimeter nauwkeurig te werken. Dit is in de praktijk niet haalbaar, voornamelijk door traagheid in het systeem (grote oppervlakte, veel verdamping), zowel voor de inlaat als de uitlaat.

2.3 Technische aanpassingen

2.3.1 Hoogte maaiveld en peilbuizen

In 1984 zijn alle oude grondwater peil buizen voorzien van een opzetstuk waardoor de bovenkant op 42 cm boven de vloer van het pomphuis komt te liggen (= officiële maaiveldhoogte voor het terrein). In juli 1998 zijn zowel de oude als nieuwe peilbuizen gewaterpast t.o.v. de vloer van het pompgebouw en het maaiveld ter plaatse. Uit de waterpassing blijkt dat het niveau van de oude peilbuizen niet op 42 cm + lag (zoals in '84 is uitgevoerd), maar meestal 10 à 15 cm lager.

2.3.2 Peilbuizen

De twee oude reeksen peilbuizen blijken niet allen meer de juiste waterstand op te leveren. Bij uitgraven van een van de oude peilbuizen blijkt dat de buizen niet

geperforeerd zijn en dat alleen via de open onderkant van de buis de instelling van het waterniveau kan plaatsvinden. Een aantal buizen zijn aan de onderzijde waarschijnlijk verstopt geraakt waardoor geen juiste waterstanden meer kunnen worden afgelezen.

In juni 1998 zijn vier nieuwe reeksen geplaatst. Bij elke nieuwe peilbuis is een verklikkerpaal geplaatst op ca. 30 cm afstand. Deze palen staan op 70 cm + mv. (= vloer pomphuis). Vanaf 16 juni tot 30 juli 1998 zijn alle peilbuizen wekelijks opgenomen, om een indruk te krijgen van de verschillen tussen de reeksen. Na 30 juli is doorgedaan met de nieuwe reeksen.

2.3.3 Pompen

In 1996 zijn er meerdere stringen opgetreden in de vier (hoofd)pompen, waardoor de watertoevoer naar het proefveld voor langere of kortere tijd stagneerde. Hierdoor is het grondwaterpeil gedurende het groeiseizoen 1996 in verschillende velden langere tijd ver onder het gewenste niveau gebleven. Ook werd geconstateerd dat het waterbassin vervuild was met vet uit de pompen. Bij inspectie bleek dat er uit het automatische smeersysteem van de pompen vet weg lekte.

Om deze problemen in navolgende seizoenen te voorkomen, zijn in maart 1997 de vier oude pompen vervangen door twee (dompel)pompen. Deze pompen zijn onderhoudsarm, hebben geen smeersysteem en hebben (totaal) meer capaciteit dan de oude pompen.

2.4 Wijziging grondwaterpeil in 1997

In het voorjaar van 1997 zijn de grondwaterstanden gewijzigd. Omdat het proefveld in 1985 was aangelegd voor een verdrogingsexperiment waren er relatief veel natte behandelingen. Deze zijn nu voor een deel verdroogd, terwijl behandelingen waar vernatting relevant was (door te lage gerealiseerde waterstanden) vernat zijn. Uiteindelijk zijn zeven stroken vernat, er is een controle en vier stroken zijn verdroogd (zie tabel 2.3).

Tabel 2.3: gemiddelde grondwaterstanden (cm -mv ± 95% bet. int.) over alle beschikbare peilbuizen.

strook nr.	Gewenste situatie	Gerealiseerd (1987-1996)	behandeling	Nieuwe situatie	Gerealiseerd (1997-2000)
1	120	-	sterk vernattend	40	74 (± 6)
2	80	124 (± 9)	middelmatig vernattend	60	81 (± 5)
3	40	89 (± 6)	verdrogend	120	127 (± 5)
4	60	89 (± 6)	verdrogend	120	120 (± 4)
5	60	86 (± 6)	middelmatig vernattend	40	68 (± 5)
6	90	108 (± 4)	middelmatig vernattend	40	69 (± 5)
7	120	117 (± 4)	sterk vernattend	40	85 (± 6)
8	80	102 (± 5)	middelmatig vernattend	60	98 (± 6)
9	40	80 (± 6)	verdrogend	120	121 (± 5)
10	60	95 (± 6)	verdrogend	120	119 (± 4)
11	60	95 (± 6)	controle	80	81 (± 6)
12	90	111 (± 5)	sterk vernattend	40	72 (± 7)

3 Beschikbare gegevens

3.1 Uitgevoerde metingen

Grondwaterstanden

Van 1984 tot 1998 waren er 24 grondwaterpeilbuizen in het terrein aanwezig (zie bijlage II). In deze buizen is vanaf 1984 tot 1997 de grondwaterstand twee maal per week gemeten door een medewerker van Staatsbosbeheer. Sinds de plaatsing van de 48 nieuwe grondwaterpeilbuizen zijn deze tweewekelijks gemeten.

Groeigegevens

Gedurende de periode van 1984 tot 2000 is de hoogte en diameter van de proefbomen is jaarlijks gemeten door een medewerker van Alterra (voorheen De Dorschkamp, later IBN-DLO). De aantallen geplante bomen binnen het proefveld zijn terug te vinden in tabel 2.1.

Lutum gehalte

Bij de aanleg in 1984 is er onderzoek gedaan naar lutum gehalte van de bodem in de afzonderlijke proefvelden. Dit lutum gehalte is gebruikt voor de analyse van de groeigegevens.

Een overzicht van alle in dit rapport gebruikte en beschikbare metingen is gegeven in bijlage IV.

3.2 Overige beschikbare gegevens

Vitaliteitopnamen

In juli 1997 en augustus 2000 zijn er visuele waarderingen van de beplanting uitgevoerd. De volgende factoren zijn gewaardeerd op een schaal van 0 – 10:

- Grootte groeischeut
- Bladbezetting
- Bladkleur
- Bladgrootte

Deze waarnemingen zijn samengevoegd tot een totale waardering en eventueel aangevuld met opmerkingen.

Bladmonsters

In 2000 zijn tegelijkertijd met bodemmonsters (zie “Bodemkundige aspecten”) blad en naaldmonsters genomen van ieder proefveld. Deze bladmonsters moeten nog geanalyseerd worden.

Vegetatieopnamen

Begin juli 1997 zijn nauwkeurige vegetatiekundige gegevens verzameld per veldje (methode volgens Braun - Blanquet), deze zijn echter nog niet in een operationele data file beschikbaar. Deze kunnen op een later tijdstip (samen met de gegevens uit 2001) gecombineerd worden in "Turboveg" en bijv. met "Twinspan" bewerken. In 2001 zou een verschuiving van soorten in relatie tot de vernaderde groeiomstandigheden hebben plaats gevonden kunnen hebben. Door deze twee opnamen met elkaar te vergelijken, kan een uitspraak gedaan worden over de verandering van de vegetatie onder invloed van grondwaterstijging of -daling. Wellicht reageren een aantal wortelonkruiden vertraagd op de veranderde groeiplaatsomstandigheden. Bij de huidige begroting is er geen herhaling van de vegetatieopname mogelijk.

Bij de opnamen is de volgende methode gehanteerd:

- per veldje in het centrum een plot van 3 x 3 m uitzetten.
- opnamen met 9d. schaal van Braun - Blanquet.
- daarbij alleen de kruidlaag opnemen.
- opnemen: totale bedekkingsgraad in veldje in hoogteklassen.
- dan de soorten in het proefveldje met aanduiding veel of weinig.
- dan buiten het proefvlakje met de Tansley schaal aangeven welke soorten nog extra voorkomen.

Controlepeilingen

In 1997 zijn er controlepeilingen gedaan (ten opzichte van de bestaande peilbuizen) van de grondwaterstand door peilmetingen in nieuwe boorgaten die waren gemaakt tussen de peilbuizen (zie ook §3.3). Deze gegevens zijn belangrijk waar het peilbuizen betreft die door jarenlang gebruik afwijkingen zijn gaan vertonen van de werkelijke waterstand. Aanleiding tot deze extra metingen was het gegeven dat in sommige stroken de waterstand tussen de twee peilbuizen per strook, nogal verschilde. Deze gegevens kunnen op een later tijdstip gebruikt worden om, indien noodzakelijk, de grondwatermetingen van de "oude" peilbuizen te corrigeren.

Bodemkundige aspecten

Door de lange voorgeschiedenis van het proefveld, zijn er nog vele gegevens beschikbaar. De navolgende gegevens zouden eventueel nog bij het onderzoek betrokken kunnen worden:

- pFcurven van lichte zavel en zware klei beschikbaar; eventueel aanvullen met pF-curven van zand en zware zavel.
- In 2000 zijn in ieder veld bodemmonsters genomen die nog geanalyseerd dienen te worden. Deze kunnen met beschikbare oudere bodemkundige analyses vergeleken worden.
- in 1985 is het lutum gehalte bepaald in de proefvelden (reeds gebruikt voor analyse).¹

¹ In het proefschrift "Water, heat and crop growth" (1971) van R.A. Feddes is meer informatie over bodemaspecten te vinden.

Klimaat

Gezien de invloed van klimatologische omstandigheden op de groei van bomen, zijn deze ook betrokken bij de analyse als externe factoren. Omdat alleen het groeiseizoen van belang is, zijn de navolgende gegevens hiervoor beschikbaar:

- gemiddelde temperatuur
- temperatuursom
- neerslag
- lengte van het groeiseizoen

3.3 Onvolkomenheden in de beschikbare data

Handhaven van de gewenste grondwaterstand

In de praktijk blijkt het zeer moeilijk te zijn de gewenste grondwaterstanden op het gewenste niveau te krijgen en te houden. Het infiltratie- en drainsysteem dat in principe zonder correctie de grondwaterstanden op de juiste niveaus moet kunnen houden moet vaak bijgestuurd worden. Oorzaak hiervan is zowel het systeem zelf als de wateraanvoer van buiten het systeem. Hieronder volgt een opsomming van de factoren die soms storend waren:

externe factoren:

- te laag polderpeil in zomerperiode (> 180 –mv.)
- dichtslibben van de aanvoersloot (niet in beheer SBB)
- storing van de watertoevoer naar de ringsloot (pompstoring)
- diepte bemaling door nabij gelegen waterzuivering installatie

interne factoren:

- storing hoofdpompen (vooral in 1996)
- rubberen balgen in de vlotterputten die de watertoevoer regelen, zijn verhard en daardoor niet meer flexibel (enige keren vernieuwd).
- waterbassin is vervuild met vet uit de pompen.
- dichtslibben drains (o.a. met vet uit pompen)
- een aantal eindstukken van de drains onvindbaar en kon niet worden door-gepoten.
- drains zijn mogelijk dichtgeknepen door er langs groeiende boomwortels.
- Het niet goed mogelijk om het grondwaterniveau in de gehele noord - zuid strook precies gelijk te houden. Dit komt bijvoorbeeld door verschil in wateronttrekking als gevolg van verdamping van de verschillende boomsoorten.

Alle bovengenoemde punten zijn in de afgelopen jaren regelmatig tot af en toe aan de orde geweest en zijn verantwoordelijk voor de grote fluctuaties in de gerealiseerde grondwaterstanden.

Peilbuizen

In 1997 is het vermoeden ontstaan dat een aantal van de grondwaterstand peilbuizen niet juist functioneerde. Om dit na te gaan zijn er gedurende de periode augustus tot december grondwaterpeil metingen verricht in boorgaten in de stroken. Hieruit bleek dat een aantal van de peilbuizen slecht functioneerde. Hierna is besloten om op de plaatsen van de boorgaten nieuwe peilbuizen te plaatsen. Tijdens de dubbelmeting van de oude en nieuwe peilbuizen gedurende juni / juli 1998 werd duidelijk dat de grondwaterstandmetingen van de volgende niet betrouwbaar zijn, omdat deze waarschijnlijk zijn dichtgeslibd (n = noord; z = zuid):

- 1n (in de velden met de boomsoorten: berk, zomereik, esdoorn, es)
- 1z (beuk, Corsicaanse den, Populus "Unal", Populus "Spijk")
- 2z (beuk, Corsicaanse den, Populus "Unal", Populus "Spijk")
- 12z (beuk, Corsicaanse den, Populus "Unal", Populus "Spijk")

Meetfouten

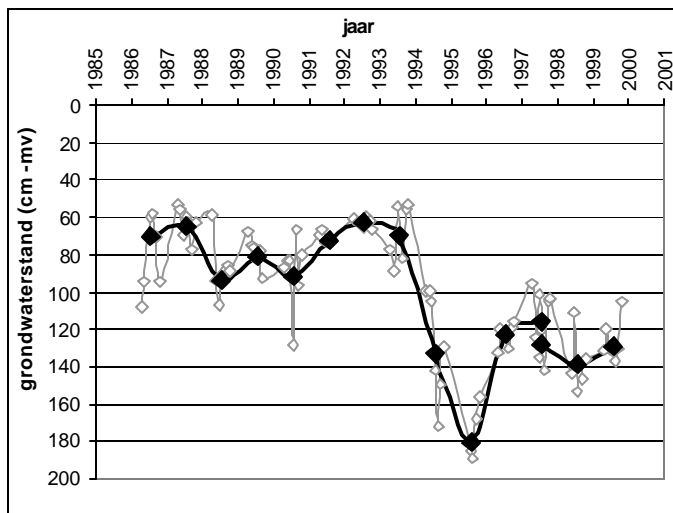
Doordat de metingen aan de proefbomen door verschillende mensen uitgevoerd zijn, zijn er incidenteel verkeerde metingen verricht of zijn er metingen overgeslagen. Doordat de opzet was dat iedere boom individueel gevolgd kon worden, moeten in het geval van meetfouten de individuele bomen uitgesloten worden van verdere analyse. Een totaal overzicht van de meetfouten of ontbrekende metingen is gegeven in bijlage IV. Het merendeel van de fouten betreft gemiste metingen, in het geval van Corsicaanse den betreft het ook hoogte en diametermetingen aan verschillende bomen in een veld. Systematische meetfouten lijken niet te zijn opgetreden of zijn niet opvallend. Fluctuaties in hoogtegroei (meeste risico op systematische meetfout) sluiten goed aan bij de diametergroei.

4 Voorlopige resultaten

4.1 Voorbeeld van uitwerking gegevens

Grondwaterstand

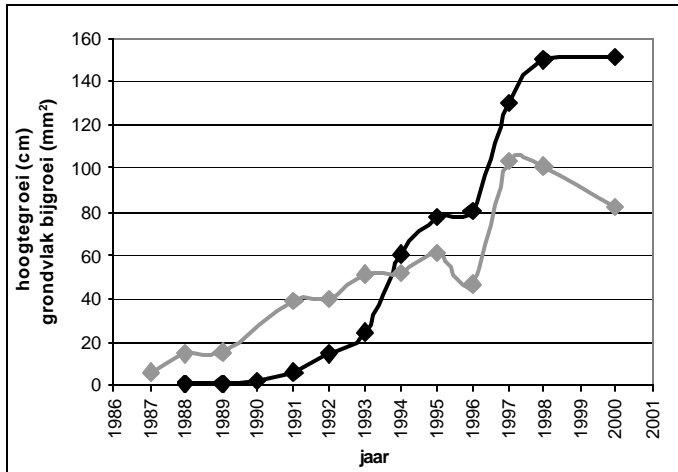
Omdat de groei jaarlijks gemeten is en de grondwaterstand meerdere malen per jaar, moet deze gemiddeld worden over een bepaalde periode. Omdat de meeste groei voornamelijk gerealiseerd wordt tussen april en oktober, worden de grondwaterstanden gemiddeld voor deze periode. In figuur 4.1 is een voorbeeld te zien van de twee curven.



Figuur 4.1: de grondwaterstanden over de periode 1987-2000 in strook 4.
— = maandgemiddelden — = groeiseizoen gemiddelden

Hoogte en diametergroei

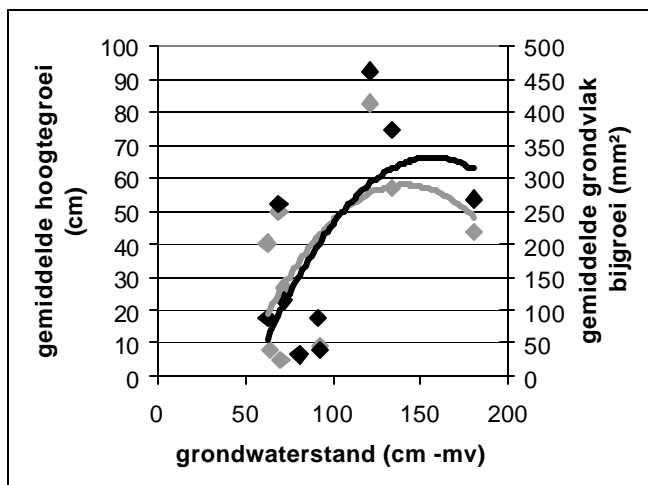
Voor hetzelfde veld zijn voor de zomereik de groeicurven uitgezet in figuur 4.2. Voor de berekening van de sommatie en gemiddelde is gebruik gemaakt van de 50% hoogste bomen. Hierdoor is het ongewenste effect van onderdrukte of afstervende bomen niet van invloed op het resultaat. Door figuren 4.1 en 4.2 met elkaar te vergelijken, kan gekeken worden of er zich een verandering van de groei heeft voorgedaan na een verandering van de grondwaterstand.



Figuur 4.2: de hoogte en grondvlak bijgroei voor zomereik (50% hoogste bomen) in strook 4.
 — = gemiddelde hoogtegroei — = grondvlak bijgroei (som)

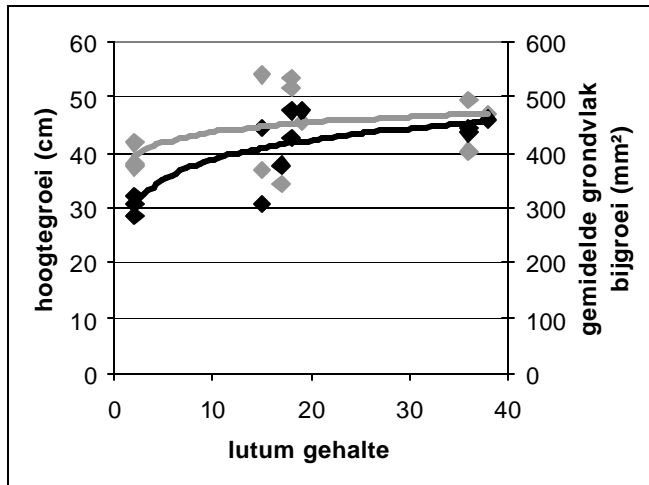
Relatie tussen grondwater en groei

De relatie tussen de bovengrondse groei van zomereik in strook 4 en de gerealiseerde grondwaterstand is te zien in figuur 4.3. De curven zijn niet lineair omdat de laagste gerealiseerde grondwaterstand onder de 120 cm -mv ligt, en dit al dieper blijkt te zijn dan de optimale grondwaterstand. Door een lage grondwaterstand in 1996 kan het droge wee ook een rol hebben gespeeld bij de suboptimale groei. Ook de geringe hoogtegroei in de eerste jaren na aanleg heeft een effect op de curve.



Figuur 4.2: de relatie tussen gerealiseerde grondwaterpeil en hoogte en grondvlak bijgroei voor zomereik in strook 4.
 — = gemiddelde hoogtegroei — = grondvlak bijgroei (som)

De relatie tussen het lutum gehalte van de bodem en de groei van zomereik is te zien in figuur 4.4. Hierbij zijn alle 12 velden met zomereik gebruikt voor de beschrijving van de relatie.



Figuur 4.4: de relatie tussen lutum gehalte en groei voor zomereik in alle 12 beschikbare proefvelden.
 — = gemiddelde hoogtegroei — = grondvlak bijgroei (som)

4.2 Samenvatting statistische resultaten

In onderstaande tabellen is een samenvatting gegeven voor alle boomsoorten van de analyses van de factoren besproken voor zomereik in paragraaf 4.1. In tabellen 4.1a en b zijn de resultaten weergegeven van de ANOVA-toetsen voor de relatie tussen de grondwaterstanden en de groei per veld.

Tabel 4.1b: : R^2 voor de relatie tussen grondwater en hoogtegroei. (vet: $P < 0,01$ / normaal: $P < 0,05$ / geen waarde: niet significant/ * : onvoldoende gegevens / ■ geen bomen aanwezig)

Strook	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	*	,42	,36	,35	,33	,20	,23	,24	,32	,44	,19	,40
Berk												
Zomereik	*	,31	,17	,48	,49	,46	,28	,33	,37	,52	,37	,32
Esdoorn	*	,62	,39	,37	,40	,47	,50	,48	,30	,17	,55	,49
Es	*	,52	,67	,47	,57	,63	,55	,50	,45	,57	,75	,60
Beuk	*	*	,25	,24	,38	,45	,47	,41	,52	,51	,25	*
Unal	*	*	,67							,80	,45	*
C. den				,42	,39	,46	,50	,47	,58			
Spijk	*	*	,62	,67	,77	,77	,69	,79	,79	,72	,60	*

Tabel 4.1b: : R^2 voor de relatie tussen grondwater en grondvlak bijgroei. (vet: $P < 0,01$ / normaal: $P < 0,05$ / geen waarde: niet significant/ * : onvoldoende gegevens / ■ geen bomen aanwezig)

Strook	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	*	,19	,12	,19	,18	,23	,17	,19	,21	,14	,32	,20
Berk												
Zomereik	*	,19	,16	,16	,14	,22	,16	,26	,14	,34	,29	,09
Esdoorn	*	,23	,18	,25	,12	,18	,21	,24	,22		,20	
Es	*	,31	,39	,29	,25	,26	,35	,35	,27		,36	,16
Beuk	*	*	,27	,16	,11	,23	,09	,11	,18	,21		*
Unal	*	*	,74							,79	,68	*
C. den				,25	,11	,24	,10	,23	,24			
Spijk	*	*	,49	,78	,60	,77	,64	,68	,65	,70	,65	*

In tabel 4.2a en b is te zien of per soort de groei significant verschilt tussen stroken met dezelfde grondsoort (lutum gehalte). Tevens is de significantie van ANOVA-toets tussen hoogtegroeï en lutum gehalte weergegeven. Het lijkt erop dat het lutum gehalte minder invloed op de groei heeft gehad dan andere factoren (mogelijk grondwaterstand), omdat er bij vrijwel iedere combinatie van boom- en grondsoort significante verschillen zijn tussen de drie identieke splitplots (m.a.w. stroken).

Tabel 4.2a: significantie voor de relatie tussen lutum gehalte en hoogtegroeï.
(vet of ■: $P < 0,01$ / normaal of □: $P < 0,05$ / geen waarde: niet significant/
■ geen gegevens)

Strook	1-3	4-6	7-9	10-12	R ²
Berk		■	■	■	
Zomereik	■	■	■	■	,02
Esdoorn	■	■	■	■	,18
Es	■	■	■	■	,16
Beuk	■	■	■	■	,18
Unal	■	■	■	■	,03
C. den		□	■	■	,02
Spijk				■	,01

Tabel 4.2b: significantie voor de relatie tussen lutum gehalte en grondvlak bijgroeï.
(vet of ■: $P < 0,01$ / normaal of □: $P < 0,05$ / geen waarde: niet significant/
■ geen gegevens)

strook	1-3	4-6	7-9	10-12	R ²
Berk		■	■	■	,01
Zomereik		■	■	■	,02
Esdoorn	■	■	■	■	,12
Es	■	■	■	■	,07
Beuk	■	■	■	■	,08
Unal	■	■	■	■	,04
C. den					
Spijk	■	■	■	■	,02

5 Afrondend onderzoek

5.1 Resultaten tot grondwaterstandwijziging in 1997

De navolgende samenvatting van resultaten gevonden voor de gegevens uit het tijdvak 1987-1997, dus van voor de grondwaterstandwijziging. Deze resultaten zijn afkomstig uit de interim rapportage 1999 (Olsthoorn & Ter Braak, in voorbereiding).

Invloed van de grondwaterdiepte

In het proefveld zijn (tussen 1987 en 1997) grondwaterstanden aanwezig tussen de 40 en 120 cm beneden maaiveld. Binnen dit bereik blijkt de groei toe te nemen bij toenemende grondwaterdiepte. Dit geldt voor alle boomsoorten behalve voor *Populus "Unal"*, waarvan slechts zes veldjes beschikbaar zijn (i.p.v. twaalf zoals voor de meeste soorten).

Zowel de diametergroei als de hoogtegroei vertonen dit gedrag. Dit betekent dat in dit bereik het optimale grondwaterniveau nog niet bereikt wordt, omdat anders de groei uiteindelijk af zou moeten nemen, omdat er meestal sprake is van een optimale grondwaterdiepte. Beneden dit optimum, neemt het vochtleverend vermogen weer af, omdat er steeds minder nalevering optreedt uit het grondwater in het (meestal) droge zomerseizoen. In dit experiment, is dit effect nog (net) niet zichtbaar. Het voornemen is om de resultaten te publiceren in een wetenschappelijk tijdschrift (Engelstalige tekst in Olsthoorn & Ter Braak).

Invloed van de grondsoort

De meeste boomsoorten vertonen betere groei bij een hoger lutum gehalte. Dit geldt voor zomereik, esdoorn, es, beuk, *Populus "Unal"* en zelfs voor Corsicaanse den. Voor deze boomsoorten is de betere vochtthuishouding bij een hoger lutum gehalte gunstig voor het water opnamemogelijkheden. Een negatief effect van een hoger lutum gehalte was te zien bij berk en *Populus "Spijk"*. Berk groeit vrijwel uitsluitend op bodems die een geringe klei of leemgehalte hebben, en wellicht hebben de wortels problemen met de hogere indringing weerstand in kleiige bodems. Het mechanisme bij *Populus "Spijk"* is niet duidelijk, en in de grafieken lijkt sprake van een afwijkende waarde.

5.2 Voorlopige resultaten tot 2000

De resultaten lijken de resultaten van voor de grondwaterstand verhoging in 1997 te bevestigen. Doordat er gedurende de proef grote fluctuaties in de grondwaterstand hebben plaatsgevonden, is deze toets voor ieder afzonderlijk veld uitgevoerd. Voor vrijwel alle proefvelden is de relatie tussen grondwater en groei significant. Dit gaat echter niet op voor de velden waar door het slecht functioneren van de oude grondwaterbuizen er geen betrouwbare grondwater data is.

De relatie tussen lutum gehalte en groei is minder concreet dan mag worden afgeleid uit de resultaten tot 1997. De relatie is wel significant, maar het aantal verklaarde gegevens in de regressie is voor de meeste boomsoorten erg laag. Ook blijkt dat er significante verschillen in groei bestaan tussen stroken met dezelfde grondsoort c.q. lutum gehalte. Dit zou impliceren dat het grondwater niveau een veel grotere invloed op de groei heeft gehad dan het lutum gehalte.

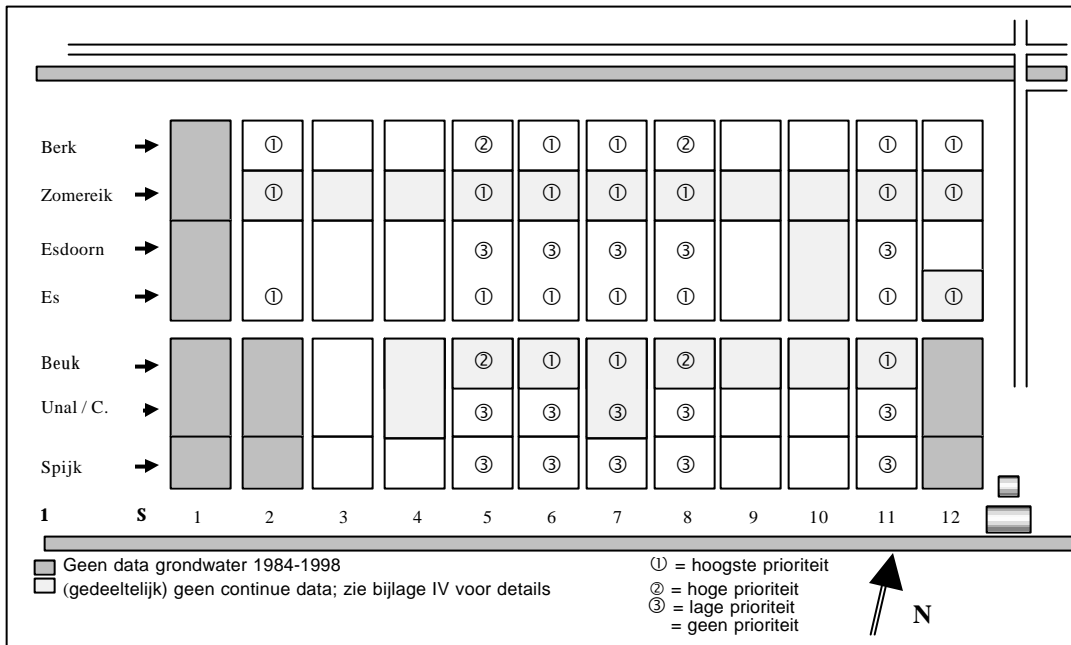
Door deze significante verschillen tussen stroken en de in het verleden opgetreden (ongewenste) grondwaterfluctuaties, is het beter alle afzonderlijke proefvelden als afzonderlijke plots te beschouwen. Het originele design ging uit van bodemsoort als plot en de afzonderlijke proefvelden als splitplots.

5.3 Mogelijkheden voor afrondend onderzoek in 2001

In 2001 zal het lopende onderzoek naar de effecten van grondwaterstijging of -daling worden afgerond. De vitaliteit van de proefbomen is reeds in augustus 2000 opgenomen, samen met het nemen van bodem en bladmonsters in de afzonderlijke proefvelden. Deze bodem- en bladmonsters moeten nog geanalyseerd worden. De intentie is om tot het einde van 2001 metingen te verrichten aan wortelmortaliteit, wortelziekten en stabiliteit.

Op basis van geconstateerde groeifluctuaties, boomsoort en de beschikbare data kan een prioriteitsvolgorde worden aangegeven van het wortelonderzoek. Per veldje moeten een rij bomen worden beoordeeld op wortelmortaliteit, wortelziekten en stabiliteit. Dit onderzoek is destructief van karakter voor een deel van het proefveld (midden van plot wordt aangetast). Prioriteitsvolgorde op basis van boomsoort: zomereik, es, beuk, berk, esdoorn, Corsicaanse den (gedrag representatief voor Grove den), Populus "Unal", Populus "Spijk". Bij bovengronds aanwezige groei-effecten heeft het meer zin om naar de worteleffecten te kijken.

De verwachting is dat alleen kan worden gekeken naar de beworteling van zomereik en es in de vernalte stroken en de controlestrook en dat van beuk en berk alleen enige extremen kunnen worden bekeken. Dit zal een eerste indruk geven van de effecten bij deze boomsoorten. Van de overige boomsoorten zullen alleen de bovengrondse effecten in de eindrapportage betrokken worden. De eindrapportage is (buiten de wetenschappelijke resultaten), voornamelijk gericht op het trekken van conclusies voor de praktijk. In figuur 5.1 wordt een overzicht gegeven van interessante locaties met de bijbehorende prioriteitsvolgorde.



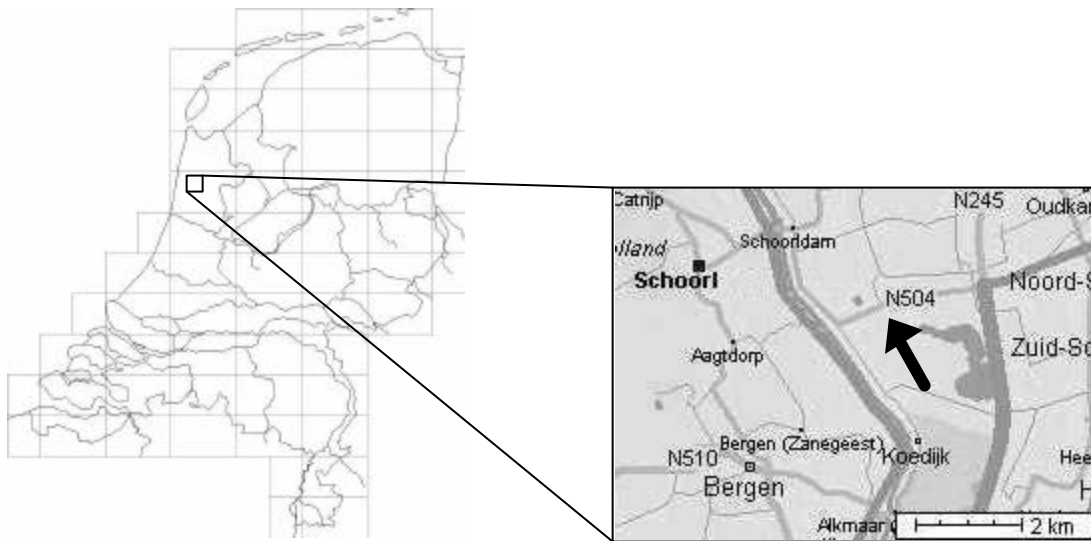
Figuur 5.1: Mogelijkheden en prioriteiten voor wortelonderzoek

Samenvatting

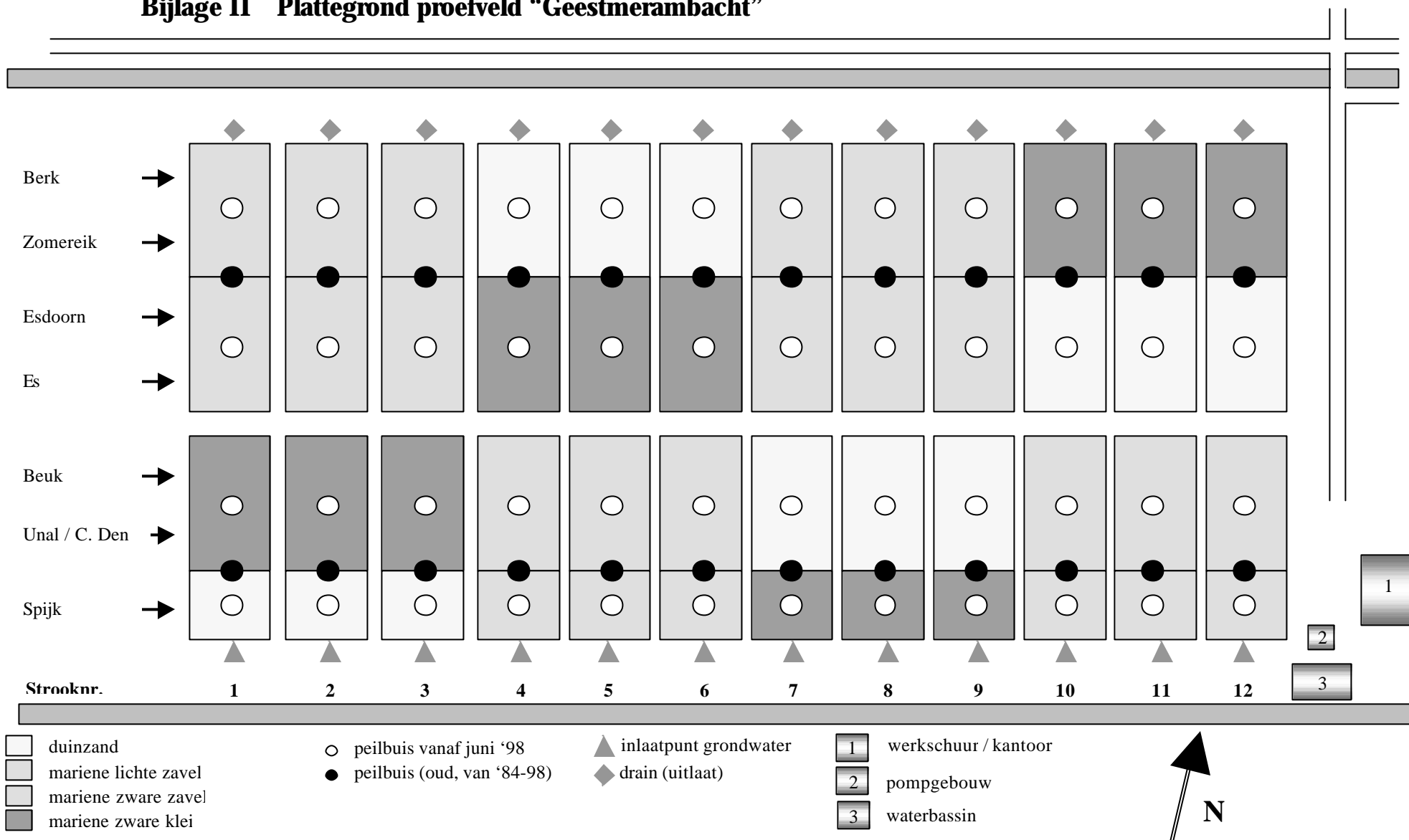
Het onderzoek in het proefveld Geestmerambacht heeft tot nu toe interessante en bruikbare resultaten opgeleverd. Voor de afronding van het totale onderzoek in 2001, zijn de navolgende punten van belang:

- De uitvoering van het aanvullend onderzoek naar wortelmortaliteit, wortelziekten en stabiliteit in de potentieel meest interessante proefvelden. Hierbij dient prioriteit gegeven te worden aan boomsoorten (zomereik, es, beuk, berk), behandeling (vernatting), mate van bovengrondse reactie op grondwaterfluctuatie en volledigheid van gegevensreeks.
- De analyse van de in augustus 2000 genomen bodem en bladmonsters in de proefvelden. Deze gegevens kunnen gecombineerd worden met de vitaliteit gegevens die in dezelfde periode verzameld zijn en kunnen een beter inzicht geven in de bovengrondse reactie na plotselinge grondwaterstand verhoging
- Als laatste kan er aandacht geschonken worden aan het traceren, analyseren en / of verwerken van extra gegevens die al beschikbaar zijn voor dit proefveld (waaronder opname van de vitaliteit, bladmonsters, vegetatie, controlepeilingen grondwater, bodemmonsters, bodemkundige- en klimaat gegevens).

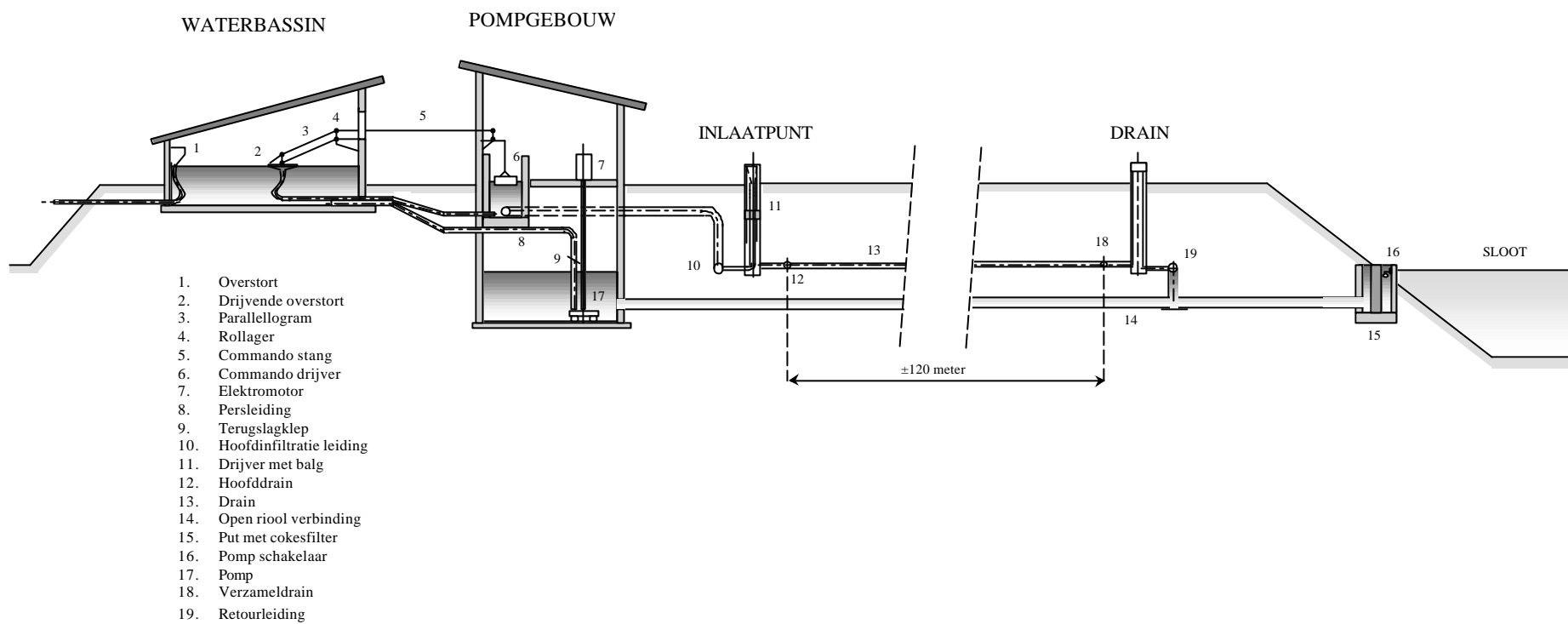
Bijlage I Locatie proefveld “Geestmerambacht”



Bijlage II Plattegrond proefveld “Geestmerambacht”



Bijlage III Waterhoogteregeling proefveld “Geestmerambacht”



Bijlage IV Beschikbare gegevens van proefveld “Geestmerambacht”

Parameter	Frequentie	Beschikbaar	Item	ontbrekend	onbetrouwbare gegevens	opm.	
Grondwater	2 per week	apr 1987- jul 1998	oude GW buizen	(uitgaande van een periode van apr - okt) okt '90, sep - okt '92, apr - jun '96	1n, 1z, 2z, 12z (vermoedelijk dichtgeslibt)	-	
	2-wekelijks maandelijks	jun 1998-nov 2000 aug 1997-dec 1997	nieuwe GW buizen	(uitgaande van een periode van apr - okt) apr '99	-	-	
Boomhoogte	jaarlijks	1984 - 1998, 2000	boorgaten	Peilingen ter controle van de oude GW buizen. De boorgaten op dezelfde plaatsen als de nieuwe GW buizen (alleen als ruwe data beschikbaar)			-
			Berk	-	-	-	-
			Zomereik	1990, alle stroken	-	-	-
			Esdoorn	1984-1989, strook 10, rij 10	-	-	-
			Es	1984-1989, strook 10, rij 10	-	-	-
				1992-1994, strook 12, rij 8 & 10 (dood?)	-	-	-
			Beuk	1984, alle stroken	-	-	-
			Populus Unal	-	-	-	-
			Corsicaanse den	-	1984-1986, strook 7, gemeten rijen: 2/4/6/8/10 (rood gemarkeerd in datafile)	-	-
	-	1987-2000, strook 7, gemeten rijen: 3/5/7/9/11 gemeten (1990-1995 geen paren met dbh!)	-	-			
	-	Populus Spijk	-	-	-		
Diameter (1,3m)	jaarlijks	1984 - 1998, 2000	Berk	1987, strook1, rij 10	-	diameter gegevens altijd beschikbaar, bij boomhoogte <1,3m op 0,1m gemeten. Deze d _{0,1} is niet ingevoerd in de elektronische kopie	
			Zomereik	-	-		
			Esdoorn	1984-1989, strook 10, rij 10	-		
				1984-1988 strook 1, alleen d _{0,1} gemeten	-		
			Es	1984-1989, strook 10, rij 10	-		
				1992-1994, strook 12, rij 8 & 10 (dood?)	-		
			Beuk	1984, alle stroken	-		
				1990, strook 7-12, alleen d _{0,1} gemeten	-		
				1992, strook 4-12, alleen d _{0,1} gemeten	-		
			Populus Unal	-	-		
Corsicaanse den	1990, strook 4, rij 10	1984-1986 & 1990-1995, strook 7, gemeten rijen: 2/4/6/8/10 (rood gemarkeerd in datafile)	-				
	1990-1995, strook 4, één boom per rij (gemist?)	1987-1989 & 1996-2000, strook 7, gemeten rijen: 3/5/7/9/11 (wél gepaard met lengte!)	-				
	1996, strook 7	-	-				
	-	Populus Spijk	-	-			
Bodem	-	1985	lutum gehalte	-	-	-	
	-	-	pF-curven	Deze data is nog niet getraceerd; dus nog niet beschikbaar			
	-	2000	bodemmonsters	Moeten nog chemisch geanalyseerd worden; dus nog niet beschikbaar.			
Klimaat	jaarlijks	1987 - 1999	neerslag totalen	-	-	-	
			neerslag groeiseizoen	-	-	-	
			lengte groeiseizoen	-	-	-	
			gemiddelde temp.	-	-	-	
			temperatuursom	-	-	-	
Vitaliteit	-	1997, 2000	vitaliteit opname	Alleen als ruwe data beschikbaar			
	-	2000	bladmonsters	Moeten nog chemisch geanalyseerd worden; dus nog niet beschikbaar.			
Vegetatie	-	1997	vegetatieopname	Alleen als ruwe data beschikbaar			

