

Proefproject verdroging Duurswouderheide

Hoe effectief zijn de beheersmaatregelen?

R. Dijkma, J.H. Bouma en H.F. Gertsen

RAPPORT 61

Juli 1995

**Vakgroep Waterhuishouding
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen**

ISSN 0926-230X

912333

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
1. Inleiding	5
2. Verdrogingsbeleid	7
2.1 De Regiwa-regeling	8
2.2 Provinciaal Beleid	9
3. Gebiedsbeschrijving	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Geologie (en ontstaansgeschiedenis)	14
3.3 Bodem	16
3.4 Hydrologie	17
3.5 Vegetatie	17
3.6 Probleemverkenning	18
4. Hydrologische analyse	21
4.1 Inleiding	21
4.2 Neerslag en Verdamping	22
4.2.1 De lange termijn schommelingen in neerslag en verdamping in Friesland	22
4.2.2 De neerslag en verdamping rond de Duurswouderheide	24
4.3 Het diepe grondwater	26
4.4 Het freatische grondwater	29
4.4.1 Raai 1	29
4.4.2 Raai 2	32
4.4.3 Raai 3	34
4.5 De hydrologie van de vennen	39
4.6 Waterbalans	44
4.7 Samenvatting hydrologie	47
5. Conclusies en aanbevelingen	49
5.1 Conclusies	49
5.2 Aanbevelingen	49
Literatuur	51
Bijlage 1 De locaties van de peilbuizen een meetstuwen op de Duurswouderheide	54
Bijlage 2 De neerslag (Drachten) en de Makkink referentie verdamping (Eelde) voor de jaren 1990 - 1994	55
Bijlage 3 Afleiding betrekking voor stijghoogteverloop in een cirkelvormig infiltratiegebied	56
Bijlage 4 De meetreeksen van de peilbuizen en de peilschalen.	58

Voorwoord

Dit rapport is het resultaat van een gezamenlijke inspanning van verschillende instanties. Zo kan het Waterschap Het Koningsdiep worden gezien als trekker van het proefproject "verdroging Duurswouderheide". Met name Dhr. H. Hiemstra en Dhr. B. Hartstra van dit waterschap zijn vooral tijdens de fase van het opstarten van het project en de uitvoer van de beheersmaatregelen nauw betrokken geweest.

Het terrein is eigendom van Staatsbosbeheer, ondergebracht in boswachterij Bakkeveen. Alle medewerkers van deze boswachterij en dan vooral Dhr. R. van de Berg en Dhr. A. Seinstra zijn bijzonder behulpzaam geweest bij het installeren van het meetnet, in feite de grondslag van dit rapport. Alle waarnemingen van grondwaterstanden en peilen van verschillende vennen zijn door hen uitgevoerd. Gelet op de toestand van het terrein en de vaak slechte weersomstandigheden moet dit niet worden onderschat.

De gegevens van Staatsbosbeheer worden tegenwoordig centraal beheerd. Daartoe worden ze eerst per district verzameld. De auteurs zijn gedurende het project regelmatig voorzien van de laatste gegevens door Dhr. B. Kox, die in Heerenveen de veldgegevens kopieerde en doorstuurde.

1. Inleiding

Verschillende ingrepen in het landschap hebben de grond- en oppervlaktewaterhuishouding in Nederland beïnvloed. Bij ruilverkavelingen en waterschapswerken is bij de dimensionering van de watergangen vooral gelet op de ontwatering en de afwatering. Dat een goede ontwatering aanleiding kan geven tot vochttekort en verdroging was ten tijde van de uitvoering van deze maatregelen nog onvoldoende bekend. Ook peilbeheersingsmaatregelen (in het algemeen een diepere drooglegging) ten behoeve van een optimale landbouwvoorziening hebben de grondwaterhuishouding beïnvloed. Permanente grondwateronttrekkingen ten behoeve van de drink- en industriewatervoorziening, als ook tijdelijke grondwateronttrekkingen voor beregening van landbouwgronden, hebben de grondwatervoorraad in Nederland doen verminderen. Een verandering van bodemgebruik tenslotte kan ook van invloed zijn op het grondwaterpeil in een gebied. Zo heeft een toegenomen verdamping door de hogere gewasproductie per hectare en de bebossing van heidevelden bijgedragen aan verdrogingsverschijnselen (van de Velde, 1991).

De verstedelijking doet het areaal verhard oppervlak toenemen. De neerslag op dit verhard oppervlak wordt doorgaans versneld afgevoerd (rioolsystemen), waardoor dit water niet meer beschikbaar is voor verdamping of grondwateraanvulling. Al deze ingrepen dragen bij tot een verlaging van de grondwaterstanden en de daarmee gepaard gaande verdrogingsverschijnselen in grote delen van Nederland.

In opdracht van het ministerie van Verkeer en Waterstaat zijn er in de afgelopen jaren diverse studies uitgevoerd naar de verdroging in Nederland. In een probleem verkennende studie naar de verdroging in Nederland wordt geconcludeerd dat verdroging als gevolg van grondwaterstands daling een algemeen voorkomend en wijd verspreid verschijnsel in Nederland is (Braat et al., 1987 en van Amstel et al., 1989). Uit een studie naar de verlaging van de grondwaterstanden in Nederland van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat blijkt dat de hogere delen van Nederland sinds de jaren '50 structureel droger zijn geworden. Er is een algehele stijghoogtedaling van circa 20 centimeter geconstateerd, die over grote gebieden geleidelijk vanaf die tijd tot stand is gekomen. In ruilverkavelingsgebieden bedraagt de daling van de grondwaterstand sinds 1950 circa 35 centimeter, terwijl in de omgeving van permanente winstations zelfs grondwaterstanddalingen van één meter zijn waargenomen (Rolf, 1989). Als gevolg van grondwaterstanddalingen is in de afgelopen decennia de terrestische natuur die afhankelijk is van ondiepe grondwaterstanden sterk achteruitgegaan (Claessen, 1990). Ongeveer 30 procent van de Nederlandse flora is gevoelig voor verdroging (Roos en Vintges, 1991). De combinatie van versnelde waterafvoer in de winter en het voorjaar, peilverlaging ten behoeve van de landbouw, toenemende grondwaterwinningen en een structurele klimatologische tendens naar nattere winters en drogere en warmere zomers leidt er toe dat verdroging een steeds groter probleem zal vormen (Leuven & Bles, 1989). Verdroging kan leiden tot mineralisatie van bodembestanddelen waardoor onder meer stikstof vrijkomt. Zodoende kan verdroging dus ook leiden tot vermessing. Door een grondwaterstands daling neemt de invloed van het regenwater in de wortelzone toe. Door gebrek aan

pH-bufferende stoffen in het regenwater, kan verdroging op deze wijze ook verzuring tot gevolg hebben (Roos & Vintges, 1991). De samenstelling van het regenwater is als gevolg van de industrialisatie (en de daarmee gepaard gaande verbranding van fossiele brandstoffen) sterk veranderd. De depositie (jaarlijkse "mestgift" door de neerslag) is vergelijkbaar met een normale toediening van stikstof van zo'n 50 jaar geleden. De verschijnselen die gepaard gaan met de verdroging (vergrassing, soortenrijkdom neemt af) worden dus mede veroorzaakt door de depositie.

2. Verdrogingsbeleid

De omvang van de verdroging in Nederland is voor het Rijk aanleiding geweest voor de formulering van een anti-verdrogingsbeleid. Sinds de derde Nota waterhuishouding is de verdrogingsproblematiek een hoofdthema geworden van het landelijk beleid. Ook in het Nationaal Milieubeleidsplan en het Natuurbeleidsplan wordt ruime aandacht aan verdroging besteed.

In de derde Nota waterhuishouding is het begrip verdroging als volgt omschreven: "Alle effecten als gevolg van grondwaterstandsaling, zowel als gevolg van vochttekort als van mineralisatie en veranderingen in de invloed van kwel en neerslag". In de Evaluatienota Water (1993) wordt een natuurgebied als verdroogd beschouwd als aan dat gebied een natuurfunctie is toegekend en de grondwaterstand in het gebied onvoldoende hoog is (danwel de kwel onvoldoende sterk) om bescherming van de karakteristieke grondwaterafhankelijke ecologische waarden, waarop de functietoekenning is gebaseerd, in dat gebied te garanderen. Een gebied met een natuurfunctie wordt ook als verdroogd aangemerkt als ter compensatie van een te lage grondwaterstand water van onvoldoende kwaliteit moet worden aangevoerd.

In de derde Nota waterhuishouding zijn voor de verdrogingsproblematiek de volgende tussendoelen geformuleerd:

- ▶ de omvang van het areaal verdroogde bodem moet in 2000 met tenminste 25 procent zijn afgenomen ten opzichte van 1985;
- ▶ 1993 wordt als keerpunt beschouwd. Vanaf 1993 dient het areaal verdroogde natuur, bos en landschap te verminderen, waarmee realisering van de doelstellingen voor 2000 in zicht moeten komen;
- ▶ in 1995 dient een feitelijk begin te zijn gemaakt met de waterhuishoudkundige regeneratie van verdroogde bos- en natuurgebieden, zoals genoemd in het Natuurbeleidsplan.

Het einddoel van de derde Nota waterhuishouding is een zodanig beheerste grondwatersituatie - zowel kwantitatief als kwalitatief - dat een duurzaam gebruik van grondwater door belanghebbende sectoren en een duurzame ontwikkeling van natuur, bos en landschap zijn gewaarborgd.

Er dient rekening mee te worden gehouden, dat op de korte termijn te nemen maatregelen niet direct effect zullen sorteren. De natuur regenereert nu eenmaal langzaam en herstel van vochtige veldomstandigheden betekent nog niet dat de bijbehorende flora en fauna op korte termijn terugkeren. Snel ingrijpen zal dus niet onmiddellijk tot vermindering van de verdrogingsverschijnselen leiden (Hoogenboom & Pellenbarg, 1990).

Op landelijke schaal kunnen alleen algemene richtlijnen voor de aanpak van de verdroging worden gegeven. Bij de regionale en lokale aanpak van het verdrogingsprobleem dient wel met deze richtlijnen rekening gehouden te worden. De provincies hebben in het

kader van de Wet op de waterhuishouding de taak gekregen om regionaal inhoud te geven aan het waterhuishoudkundig beleid en beheer. Provincies spelen dan ook een belangrijke rol bij de bestrijding van verdroging. Regeneratie van verdroogde bos- en natuurgebieden zal één van de onderdelen moeten zijn van het provinciale plan van aanpak van de verdroging (Hoogenboom & Pellenbarg, 1990).

In het Nationaal Milieubeleidsplan is als doelstelling geformuleerd dat het areaal natuur in Nederland met tekenen van verdroging in 2000 ten opzichte van 1985 niet mag zijn toegenomen. In de "Nationale Milieuverkenning 3; 1993 - 2015" werd geconstateerd dat het huidige beleid voor verdroging in 2000 het verdroogde areaal met 2 à 3 procent ten opzichte van 1985 zal verminderen (RIVM, 1993). Ook de ontwerp evaluatie Nota Water 1993 (ENW) komt tot deze conclusie. Dit betekent dat de eerste doelstelling van de derde Nota Waterhuishouding, om het areaal verdroogd gebied in 2000 met 25 procent te verminderen, niet gehaald zal worden. Uit de Voortgangsrapportage Integraal Waterbeheer blijkt tevens dat de tweede doelstelling, het keerpunt van de toenemende verdroging in 1993, evenmin wordt gerealiseerd (Verkeer en Waterstaat, 1992). Oorzaken hiervan zijn een onvoldoende onderkennen van de problematiek in de vigerende provinciale plannen en een aanvankelijke aarzelende start van herstelprojecten door de gebiedsbeheerders. In de ENW is extra beleid geformuleerd om het halen van de verdrogingsdoelstelling alsnog binnen bereik te brengen. De nadruk ligt op gebiedsgerichte aanpak en de actieve rol van de waterschappen daarbij. De beheerder van het oppervlaktewater draagt immers zorg voor een gebiedsgerichte waterhuishouding, toegesneden op de functies van water en land. Zo nodig worden hydrologische (peilverhogende) maatregelen genomen in en rond die natuurgebieden, die voor aanpak van verdroging zijn geselecteerd.

Uitvoering van projecten ter bestrijding van verdroging vindt in beginsel gebiedsgericht plaats op basis van het provinciaal plan van aanpak. De provincies vervullen een sturende en coördinerende rol in de gebiedsgerichte aanpak van verdroging.

2.1 De Regiwa-regeling

Ter bevordering van de aanpak van de verdroging is in 1991 een subsidieregeling opgezet. De subsidieregeling "Regionaal Integraal Waterbeheer" (Regiwa) stelde tot en met 1994 jaarlijks subsidie beschikbaar, die per project maximaal 50 procent van de investeringskosten bedroeg.

Het doel van de Regiwa-regeling was het verkrijgen van praktische ervaring met de uitvoering van maatregelen tegen de verdroging. De Regiwa-regeling subsidieerde ook projecten met andere thema's, te weten: eutrofiëringsbestrijding, aanleg van milieuvriendelijke oevers en integraal waterbeheer. De Regiwa-regeling is een stimuleringsmaatregel, die ondermeer opgezet is om door middel van proefprojecten technische en bestuurlijke ervaring op te doen met de uitvoering van gebiedsgerichte integrale waterbeheersingsprojecten. De ministeries van Verkeer en Waterstaat (V & W), van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) betaalden gezamenlijk aan dergelijke Regiwa-projecten.

Door het in uitvoering nemen van 19 proefprojecten is in 1991 een begin gemaakt met de regeneratie van verdroogde gebieden. In 1992 zijn 27 nieuwe projecten van start gegaan. Deze projecten worden met medefinanciering van het Rijk (Regiwa-regeling) op initiatief van provincies en waterschappen uitgevoerd. Voor de projecten verdroging die tot 1995 uit de Regiwa-regeling gefinancierd zijn zal een nieuwe bijdrage-regeling worden vastgesteld op basis van de Landinrichtingswet. Deze zogenaamde Gebeve-regeling (Gebiedsgerichte Bestrijding Verdroging) geldt voor de periode 1995 tot en met 1998. In het laatste jaar van de Regiwa-regeling zijn 38 projecten voor subsidie voorgedragen; hiermee was een bedrag van 6,3 miljoen gulden gemoeid (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1994).

2.2 Provinciaal Beleid

De provincies spelen een centrale rol in het grondwaterbeheer. Op strategisch niveau geven zij in de provinciale waterhuishoudingsplannen invulling aan het landelijke beleid, zoals geformuleerd in de derde Nota Waterhuishouding. In deze nota wordt gesteld dat de natuurgebieden in het oostelijk zandgebied van Friesland matig tot sterk zijn verdroogd. Om dit globale beeld te testen heeft de provincie Friesland een inventarisatie gemaakt van de verdroging in zowel landbouwgebieden als in natuurgebieden. Voor bijna 3/4 van de oppervlakte van de onderzochte natuurgebieden is de gemiddelde grondwaterstand sinds de vijftiger jaren gedaald. Bovendien treedt in bijna de helft van het onderzochte oppervlak aan natuurgebieden kwaliteitsproblemen op. In veel gevallen is daarbij ook een verandering in de vegetatie geconstateerd, zoals een achteruitgang van natte vegetatietypen.

In 1991 hebben provinciale staten van Friesland het Eerste Waterhuishoudingsplan Friesland 1992 -1995 vastgesteld (Provincie Friesland, 1991). Hierin wordt aangegeven dat er ook in Friesland gebieden zijn die verdrogen. Hoeveel gebieden dit betreft, waar ze liggen en waardoor deze verdroging veroorzaakt wordt is dan nog niet geheel bekend. Onderzoek daartoe werd noodzakelijk geacht. Als resultante van dit onderzoek is in 1993 een verdrogingsnotitie geschreven als uitwerking van het provinciaal Waterhuishoudingsplan (Provincie Friesland, 1993). Hierin wordt geconcludeerd dat de ernst en de omvang van de verdroging in Friesland een krachtige aanpak rechtvaardigt. Het vigerende waterhuishoudingsbeleid dient op het vlak van het verdrogingsbeleid bijgesteld te worden. Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- ▶ Veranderingen in de waterhuishouding die leiden tot een toename van de verdroging in natuurgebieden zijn niet acceptabel.
- ▶ Het in het verleden in gang gezette proces van verdroging van natuurgebieden wordt waar mogelijk teruggedrongen.
- ▶ De verdrogingsaanpak zal zich in belangrijke mate richten op de natuurgebieden, die zijn gelegen binnen de ecologische hoofdstructuur. Het provinciaal Waterhuishoudingsplan geeft aan, dat bij het herstel van waterhuishoudkundige systemen voorrang zal worden gegeven aan kansrijke systemen. Deze kansrijke systemen liggen binnen de ecologische hoofdstructuur.
- ▶ In Friesland zijn gebieden te onderscheiden, die vanwege hun ecologische waarde prioriteit verdienen. Indien er een keuze voor gebieden gemaakt moet worden, moet

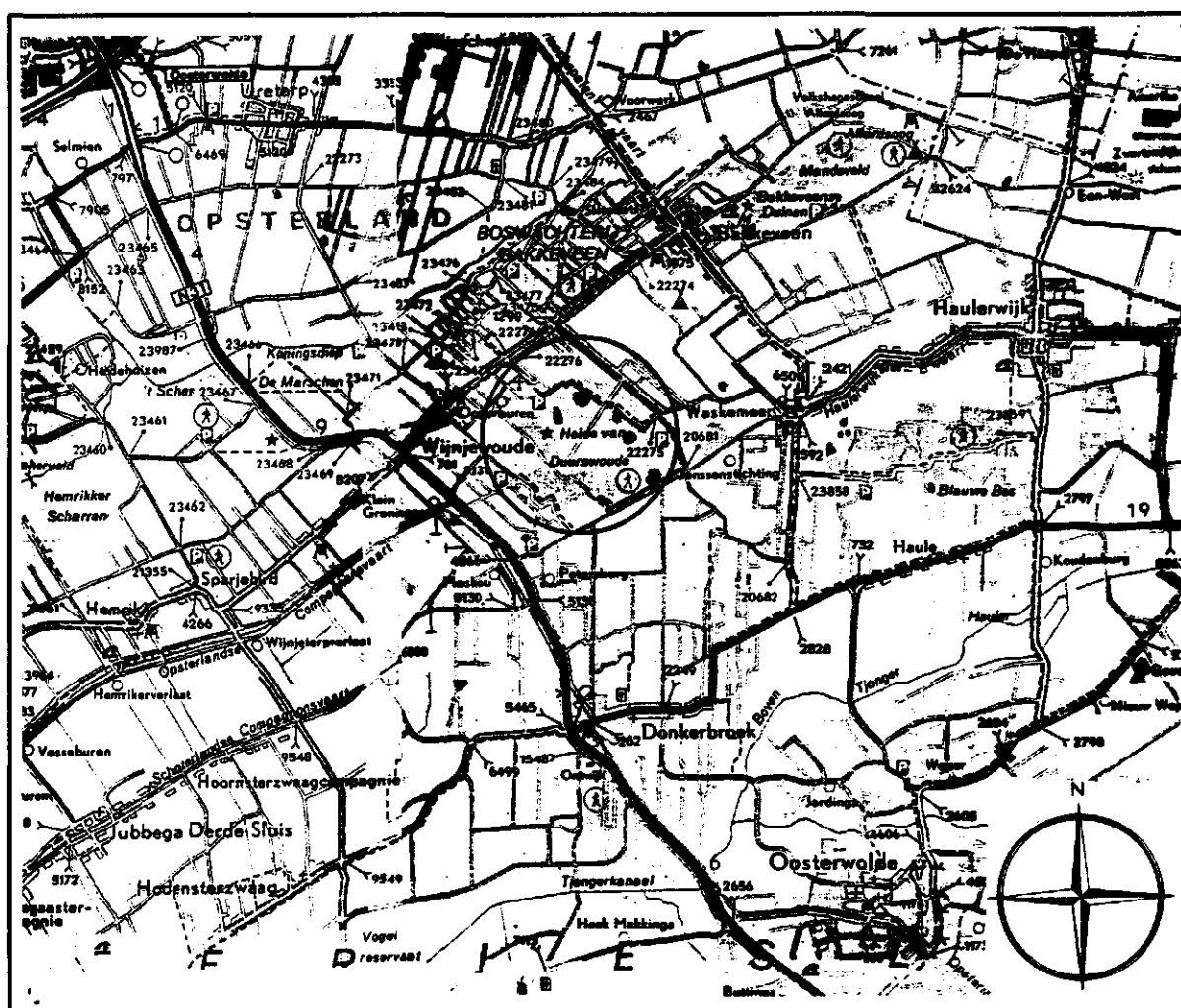
met deze prioriteitsstelling rekening worden gehouden.

Er kan derhalve geconcludeerd worden dat de verdroging ook in het provinciaal beleid sinds 1993 de nodige aandacht heeft gekregen. Door de stimuleringsmaatregel van de Rijksoverheid, de Regiwa regeling, is echter in 1991 reeds begonnen met de gebiedsgerichte aanpak van de verdroging. Een project in de provincie Friesland behelst het natuurgebied "de Duurswouderheide", een gebied met aanvankelijk een zogenaamde natte heidevegetatie. Dit gebied is te vinden zuidelijk van Wijnjewoude. In dit rapport zullen de hydrologische effecten van de verdrogingsmaatregelen worden behandeld.

3. Gebiedsbeschrijving

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal worden ingegaan op het gebied "de Duurswouderheide", eigendom van Staatsbosbeheer. Hierbij zal eerst de ontstaansgeschiedenis en de historie van het gebied kort behandeld worden. Vervolgens zal het gebied in zijn huidige vorm worden beschreven.



Figuur 3.1 De Duurswouderheide in Oost-Friesland

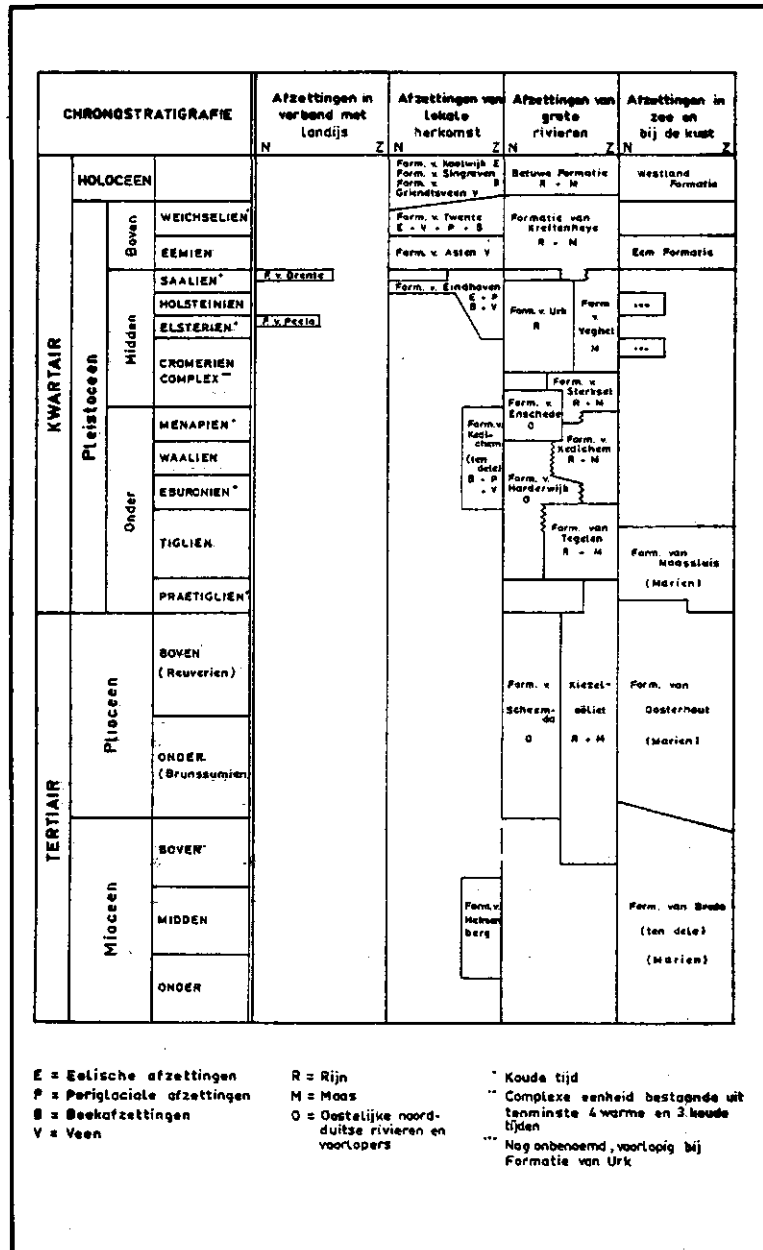
De Duurswouderheide (175 ha) bevindt zich in het oosten van de provincie Friesland, tussen de dorpen Bakkeveen en Wijnjewoude in het Friese Woudengebied. Het is het grootste heidegebied in de provincie. Het gebied ligt op een dekzandrug tussen twee beekdalen en maakt deel uit van het westelijk deel van het Fries - Drentse keileemplateau. Aan de noordwestelijke kant van de Duurswouderheide is het beekdal van het Koningsdiep te vinden, aan de zuidoostelijke zijde ligt een oud beekdal van een vroegere zijtak van de rivier de



Figuur 3.2 De Duurswouderheide

Tjonger. In figuur 3.1 is de Duurswouderheide en omgeving weergegeven. De Duurswouderheide is eeuwenlang in stand gehouden door de begrazing met schapen en het afplaggen van de heide voor de vermenging daarvan met de schapenmest, het zogenaamde potstalsysteem. Er zijn ook nog steeds akkers zichtbaar van de boekweitbrandcultuur die op deze heide tot de jaren dertig heeft plaatsgevonden. In het gebied kwam oorspronkelijk ook hoogveen voor. Dit hoogveen is door turfwinning grotendeels verdwenen. Van 1920 tot 1945 werd er in het Waskemeer (een groot ven in het zuiden van het gebied) ook veen gebaggerd. Aan dit veelzijdige gebruik van de Duurswouderheide kwam langzamerhand een einde. Zoals voor vele heidegebieden in Nederland geldt ook voor de Duurswouderheide dat grote delen ontgonnen zijn tot landbouwgebied of dat ze zijn bebost. In 1949 werd het gebied eigendom van Staatsbosbeheer. De heide was in die periode ongeveer 350 hectare groot.

Door ontginning en bebossing van de randen is de heide rond 1955 gereduceerd tot 175 hectare. Het heideveld heeft nog steeds deze omvang. Ten oosten en ten westen van de heide bevinden zich ontginningsbossen met naald- en loofhout uit de jaren vijftig. Deze bossen, het Oude bos en het Venbos, zijn een bufferzone tussen het heideveld en het omliggende landbouwgebied. Gezien de landschappelijke en biologische waarde van het gebied werd het in 1955 aangewezen als Staatsnatuurmonument. Figuur 3.2 toont de topografische kaart van de Duurswouderheide. Op het heideveld zelf komen enkele solitaire bomen voor. De Duurswouderheide behoort, samen met de meeste andere heidevelden in Friesland, tot het natte-heidetype. Deze heidevelden worden gekenmerkt door natte venige gronden met hoge grondwaterstanden. Het heideveld bevat een tiental vennen, die in Friesland ook wel dobben genoemd worden¹. Het grootste ven in het gebied is het Waskemeer. Het vermoeden bestaat dat enkele van deze vennen pingo-ruïnes zijn, door de bijna volmaakte ronde vorm van deze plassen. Staatsbosbeheer heeft enkele afrasteringen op de heide aangebracht, zodat er schapen geweid kunnen worden. Het pijpestrootje is de meest dominante begroeiing op de heide. Staatsbosbeheer



Figuur 3.3 Chronostratigrafische tabel (Brouwer, 1987)

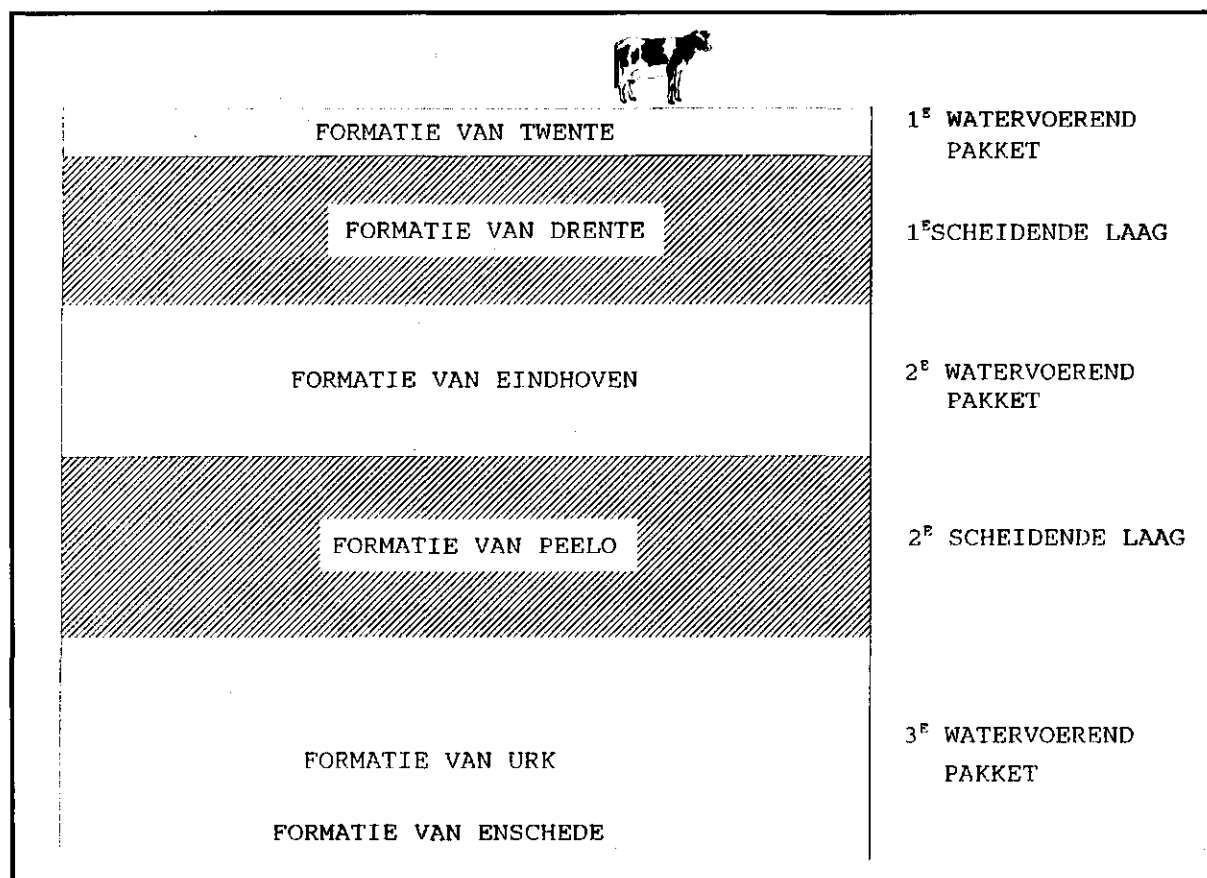
¹Voor de waterpartijen worden verschillende benamingen gebruikt, zoals dobbe, ven en pingo (-ruïne). De "Dikke van Dale" beschrijft een ven als een klein meertje, ook wel een droge kom. Een dobbe is hierin een waterkom in het land; een uitgeveend turfkat. Een pingo-ruïne staat niet beschreven. Het is een rond meertje dat een overblijfsel van een ijslens in de laatste ijstijd is. Hieruit mag worden geconcludeerd dat een ven zowel uit een dobbe als uit een pingo kan zijn ontstaan (een dobbe kan daarentegen geen pingo-ruïne zijn).

tracht de diversiteit te vergroten door periodiek stukken heide af te plaggen.

3.2 Geologie (en ontstaansgeschiedenis)

In de periode voorafgaand aan de laatste twee ijstijden (Saale en Weichsel) zijn dikke zandpakketten afgezet met lokaal lemig of kleilig ontwikkelde inschakelingen. Plaatselijk wordt dit pakket onderbroken door potklei uit het Elsterien (Formatie van Peelo). Ter hoogte van de Duurswouderheide zijn de overgangen niet precies bekend. Het totale watervoerend vermogen van het tweede tot en met vierde watervoerend pakket mag echter groot worden verondersteld, en wel 2000 tot 4000 m³/d. Tijdens verschillende vergletsjeringsfasen in het Saalien is op deze zandpakketten keileem afgezet. De keileem behoort tot de Formatie van Drente (alle afzettingen die het gevolg zijn van de Saale ijstijd worden tot de Formatie van Drente gerekend). De opeenvolging van vergletsjeringsfasen tijdens het Saalien staat uitgebreider beschreven in het evaluatierapport 1992 van het Duurswouderheideproject (Dijksma, 1992).

Het Eemien was een warmere periode (interglaciaal) tussen het Saalien (200.000 - 130.000 jaar geleden) en het Weichselien (120.000 - 10.000 jaar geleden). Er kon zich door de hogere gemiddelde temperatuur een vegetatie ontwikkelen. Ook vond er erosie en dalopvulling plaats. Daardoor is in deze periode een vertering van de keileem opgetreden waardoor de bovenste meter van het keileem minder stug en minder kleihoudend kan zijn



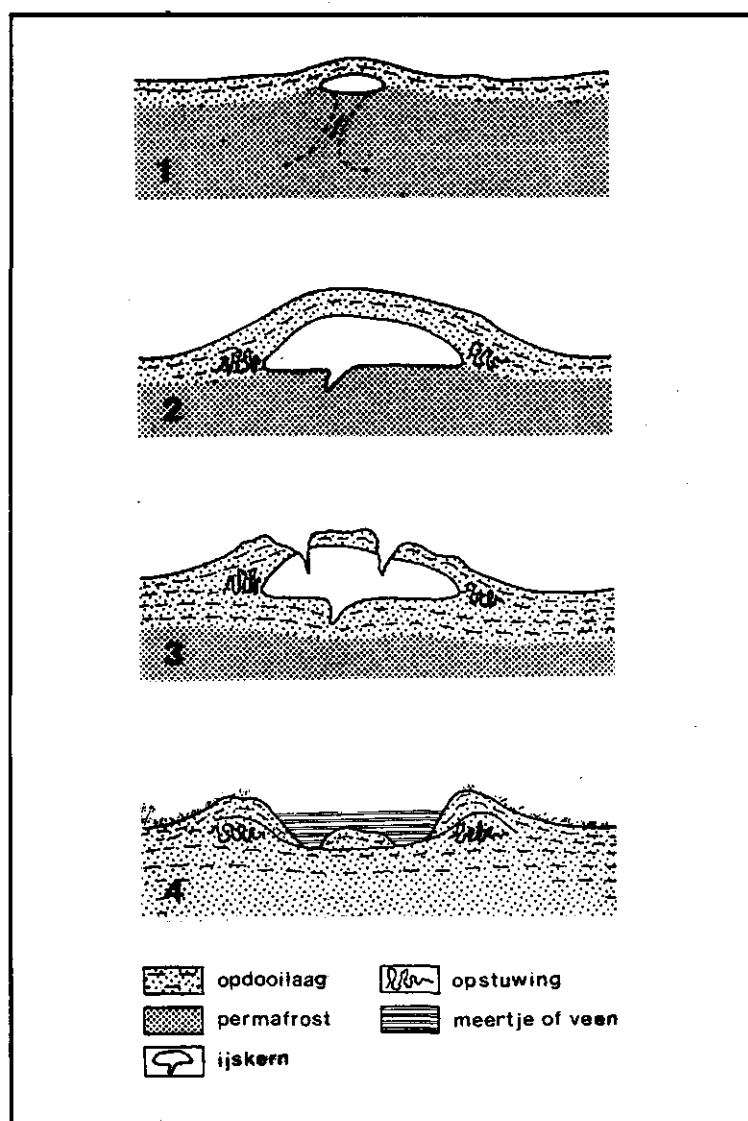
Figuur 3.3 Geologische dwarsdoorsnede ter hoogte van de Duurswouderheide

(Stiboka, 1971), en in dikte kan variëren van enkele decimeters tot meer dan 10 meter (Proefproject Duurswouderheide, 1991). Bovendien kan plaatselijk het keileem door erosie zelfs geheel verdwenen zijn. Door het beperkte aantal beschikbare gegevens is de dikte van het keileem niet overal bekend. Bij boringen varieerde de dikte van het keileempakket tussen 4 en 7 meter. Op enkele plaatsen bevat het keileem insluitsels van sterk leemhoudend zand, die zelden dikker zijn dan 0,5 meter (Proefproject Duurswouderheide, 1991). Voor de hydraulische weerstand (c-waarde) kan voor de keileem een waarde van 200 dagen worden aangehouden. Hierbij moet dan wel rekening worden gehouden met een grote variatie van deze hydraulische weerstand. De weerstand van keileem wordt doorgaans dan ook uitgedrukt in weerstand per meter. Voor de Duurswouderheide betekent dit dat op plaatsen waar de keileem daadwerkelijk meerdere meters dik is de weerstand groot en daarmee de wegzijging gering is. Op plaatsen waar de keileem ontbreekt kan de wegzijging (door het ontbreken van weerstand) fors zijn.

Tijdens de laatste ijstijd (het Weichselien) bereikte het landijs Nederland niet. Er was wel sprake van koude condities (toendra) waardoor nauwelijks sprake was van een vegetatiedek. Op de kale vlakte had de wind vrij spel. Op het keileem is dan ook een eolische goed gesorteerde matig fijnzandige afzetting gevormd (Formatie van Twente). In het gebied varieert de dikte van de zogenaamde dekzandlaag tussen 0,3 en 2,5 meter.

De Geologische opbouw van het gebied (figuur 3.3) kan worden afgeleid uit de grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 11oost, 12west van de Dienst Grondwaterverkenning TNO (Brouwer, 1987) en de chronostratigrafische tabel. In hoofdstuk 4.7 zal deze geologische opbouw opnieuw worden besproken, dan na aanleiding van de hydrologische kenmerken van het gebied.

Uit het Weichselien stammen ook een aantal ven-



Figuur 3.3

De vorming van pingo's

netjes die op de Duurswouderheide voorkomen. Deze vennetjes zijn dan uit zogenaamde pingo's ontstaan (figuur 3.4). Tijdens de koudste periode van het Weichselien heersten condities waarbij permafrost optrad. De grond was permanent bevroren, alleen de bovenlaag ontdooide in de korte zomers en was, omdat het water niet door de bevroren ondergrond kon worden afgevoerd, nat. Op plaatsen waar het water stagneerde ontstond een ijskern die onder andere als gevolg van aanvriezen van passerend water kon groeien. De groeiende ijskern drukte de afdekkende laag omhoog; er ontstonden heuveltjes. Zo'n heuvel wordt een pingo genoemd. De afdekkende laag gleed als gevolg van de helling, de periodieke dooi en de gladde bevroren ijslens naar de randen. Het materiaal kwam daardoor als een wal aan de voet van de pingo te liggen. Nadat het ijs was weggesmolten bleef op de plaats van de pingo een (vrij diepe, soms vele meters diep) laagte achter, waaromheen de wal van het afgespoelde materiaal vaak nog is te herkennen (een pingo-ruïne). Waarschijnlijk zijn enkele vennen op de Duurswouderheide op deze manier ontstaan. Een andere ontstaanswijze van vennen is het effect van de wind tijdens de nadagen van het Weichselien. Het deels nog onbegroeide dekzand kon op enkele drogere delen worden weggeblazen tot op de grondwaterspiegel of tot op de keileem. Deze laagten zijn dan later gevuld met water, door de stijgende waterstanden.

In het Holocene (het tijdvak volgend op het Weichselien) kwam door de slechte afwatering in de laagten veen tot ontwikkeling. Het oudste veen wordt gevonden in enkele dobben. Dit veen kon zich vaak ontwikkelen tot hoogveen. In de achttiende eeuw is al het aanwezige hoogveen afgegraven. Op enkele plaatsen is nog veen aanwezig tot een dikte van 1,5 meter. Dit veen is over het algemeen zeer compact van aard en zeer slecht doorlatend (proefproject Duurswouderheide, 1991).

3.3 Bodem

De Duurswouderheide is een infiltratiegebied, het gebied bevindt zich immers aan de rand van het Fries-Drentse plateau. Er heeft in de zandige bodem door de natte omstandigheden overheersend een uitlogingsproces plaatsgevonden, waardoor het grootste deel van de bodem op de Duurswouderheide bestaat uit zogenaamde veldpodzolen. De haarpodzolgronden komen in veel mindere mate voor; deze ontstaan in een droog milieu.

In laagten over het gehele gebied verspreid komen veengronden voor. Het betreft hier de vlierveengronden. De vlierveengronden bestaan vaak uit een veenmosveen met een zeer slechte doorlatende gliedelaag² op de overgang naar de ondergrond. Op de Duurswouderheide komen verder nog Laarpodzolgronden, Moerige zandgronden, Venige stuifzandgronden en Vaaggronden voor.

²In zo'n gliedelaag zijn de poriën in de bovenste centimeters van het zand versmeerd met organisch materiaal.

3.4 Hydrologie

De Duurswouderheide ligt in het ruilverkavelingsgebied van het Koningsdiep. Deze ruilverkaveling is rond 1970 afgerond. Deze ruilverkaveling heeft tot gevolg gehad dat de oppervlakkige afwatering van de vennen teniet is gedaan. Hierdoor werd het waterpeil in de vennen aanvankelijk hoger dan voor de ruilverkaveling. Ook zijn twee nieuwe waterlossingen gegraven; één door het Venebos en één door het Oude Bos. Als gevolg van de ruilverkaveling werd het zomerpeil door opmalingen in het gehele ruilverkavelingsgebied 20 tot 30 centimeter hoger dan daarvoor. Het winterpeil daarentegen werd veel lager door de betere afwateringsmogelijkheden. Dit heeft voor de Duurswouderheide geresulteerd in een sterkere ontwatering in de winter, en dus een lagere voorjaarsgrondwaterstand. Vooral de voorjaarsgrondwaterstand is van invloed op de samenstelling van de vegetatie (Runhaar, 1989). Het hogere zomerpeil bleek nagenoeg geen invloed te hebben op het grondwaterpeil ter hoogte van de heide, waardoor het gebied gemiddeld droger is geworden.

Op de Duurswouderheide komt een tiental vennen voor. Ze hebben veelal een ronde vorm. Zowel het water als de bodem is van nature voedselarm. De vennen op de Duurswouderheide behoren tot het kalkarme zure type. De vennen worden primair door het regenwater gevoed en ze zijn meestal permanent waterhoudend (Waterschap Friesland, 1993).

Het Waskemeer (het grootste ven) blijkt een dikke fosfaat- en stikstofrijke sliblaag te bevatten (Waterschap Friesland, 1993). Ook het water van het Waskemeer bevat hoge stikstof- en fosfaatgehalten. Het Waskemeer is dan ook een geëutrofeerd, zuur ven. In een studie uitgevoerd door de Grontmij wordt geconcludeerd dat externe maatregelen voor herstel van het ven niet nodig zijn. Wel dient de natuurlijke voedselarmoede in het ven te worden hersteld door verwijdering van de fosfaat- en nitraatrijke sliblaag. Dit schoonmaken van de ven in combinatie met maatregelen om de waterstand te verhogen, vormt volgens de Grontmij een goede maatregel. Daarmee worden weer gunstige omstandigheden gecreëerd voor een levensgemeenschap van voedselarme, zure vennen. Deze maatregelen sporen met het voornemen van Staatsbosbeheer om de komende jaren vennen op de Duurswouderheide op te schonen (Waterschap Friesland, 1993).

3.5 Vegetatie

De vegetatie bestaat voor het merendeel uit plantengemeenschappen, die behoren tot de Dopheidevegetaties, vochtige-Struikheide en droge-Struikheide. Van de beide Struikheide-gezelschappen komt een Kraaiheide-rijke vorm voor. De uitgestrekte heidevegetaties behoren tot de meest homogene voorbeelden van die gezelschappen in Noord-Nederland. Het grootste deel van de heide wordt tegenwoordig gedomineerd door typen van de droge heide. In de laagten komt ook het natte heidetype voor. Het Pijpestrootje is overheersend aanwezig. Rondom de dobben en ondiepe plassen komt veenmosverlanding voor. Hier overheerst de Pitrus. Veenmosverlandingen van Waterveenmos, Witte Snavelbies en Kleine Zonnedauw komen nog op enkele plaatsen voor.

In het algemeen kan gesteld worden dat er binnen de verschillende vegetatietypen

weinig variatie in plantesoorten is. Dit is overigens kenmerkend voor voedselarme en zure standplaatsen en geen 'onnatuurlijk' verschijnsel. Bij een verlaging van de grondwaterstand gaan pollenvormers als Pijpestrootje en Eenarig Wollegras overheersen. Vooral het Pijpestrootje, dat goed onder een verlaagde grondwaterstand kan gedijen, is overheersend op de Duurswouderheide aanwezig (Proefproject Duurswouderheide, 1990).

3.6 Probleemverkenning

De Duurswouderheide heeft door vergrassing met Pijpestrootje en door een verschuiving van natte naar droge heidetypen duidelijk aan natuurwaarde ingeboet. De vergrassing heeft tot gevolg dat de veraarding door aeratie van het plaatselijk aanwezig veen sterk wordt bevorderd. Bovendien verdwijnen de vegetaties die tot de natte heidetypen behoren. Hoewel vergrassing ook wordt veroorzaakt door stikstofdepositie, kan de verdroging als grootste veroorzaker worden aangewezen.

Er is in theorie voldoende water in Nederland. De neerslag is (als langjarige reeksen worden gemiddeld) namelijk relatief gelijkmatig verdeeld over het jaar. De verdamping bedraagt in de winter slechts enkele tienden van millimeters per dag, terwijl gedurende de zomerperiode de verdamping tot zo'n 4 à 5 millimeter per dag kan oplopen. In de winterperiode is dus normaliter sprake van een neerslagoverschot, in de zomer doorgaans van een neerslagtekort. De jaarsom van de neerslag (zo'n 800 mm) overstijgt de gemiddelde potentiële verdamping (zo'n 500 à 600 mm). Een significant deel van het neerslagoverschot in de winter wordt echter snel door middel van oppervlakkige ontwateringsmiddelen als sloten, beken en rivieren afgevoerd, zodat in de zomer peilverlagingen optreden.

Er kan worden gesproken van hydrologische verdroging als te weinig water beschikbaar is voor potentiële verdamping. Er is sprake van verdroging in ecologische zin als de grondwaterstand te laag staat voor de gewenste planten. Natte vegetaties hebben een GVG (Gewenste Voorjaars Grondwaterstand) van ten diepste 20 cm-maaiveld nodig. De verdrogingverschijnselen van de Duurswouderheide worden door enkele factoren veroorzaakt:

- ▶ **Oppervlakkige afstroming**
In het winterseizoen vindt door de hoge waterstanden oppervlakkige afstroming plaats door slootjes en laagten. De neerslag verlaat het gebied daardoor snel. Bij infiltratie in de bodem is de verblijftijd van het water veel langer.
- ▶ **Hogere verdamping van grassen ten opzichte van heide.**
Pijpestrootje en andere grassen kunnen door hun diepere wortels bij een verlaagde grondwaterstand (> 0,5 meter beneden maaiveld) nog voldoende water onttrekken. Zij hebben dan ook een hogere verdamping tot gevolg dan vegetaties met ondiepe wortelstelsels. Dit is een zelfversterkend systeem doordat de verdampingsreductie (de beschikbare hoeveelheid vocht in de wortelzone is dan ontoereikend) pas bij een diepere grondwaterstand zal optreden. De ondiep wortelende vegetatie zal verzwakken en worden verdrongen door de dieper wortelende grassoorten als Pijpestrootje. Ook is de interceptie bij Pijpestrootje hoog.

Door het verbeteren van de hydrologische situatie in en rondom de Duurswouderheide zal de ontwikkeling van veenmosrijke vegetaties worden bevorderd. Dit geldt zeker voor die plaatsen waar het grondwater weer een groot deel van het jaar tot vlak bij of aan het maaiveld komt. Herstel van de natuurlijke waterstanden bevordert de groei van de natte heidetypen. Indien de oppervlakkige afvoer geremd wordt, zal er een buffering van het winterregenwater optreden. Dit zal leiden tot hogere grondwaterstanden in het voorjaar.

Het bos rondom het heideveld zal door hogere grondwaterstanden minder geschikt worden als produktiebos. Verandering van naaldbos tot loofbos is derhalve gewenst. Dit zal tevens een vermindering van de verdamping tot gevolg hebben doordat de verdamping van loofbos lager is dan de verdamping van naaldbos, onder andere door de hogere interceptie van naaldbos.

4. Hydrologische analyse

De maatregelen die in het kader van het Regiwa-project in het gebied zijn uitgevoerd worden uitgebreid beschreven in het rapport "proefproject Duurswouderheide". Kortheidshalve wordt naar dat rapport verwezen. Hieronder worden voor de volledigheid de maatregelen, die in dit rapport zullen worden geëvalueerd, kort besproken (Staatsbosbeheer, Waterschap het Koningsdiep, 1991)

De maatregelen gaan uit van de doelstelling dat door middel van cultuurtechnische maatregelen in de greppels en sloten in het terrein de neerslag zoveel mogelijk wordt geconserveerd ten behoeve van het verhogen van de grondwaterstanden.

Er worden in het ontwerprapport vijf terreinsituaties onderscheiden:

- ▶ Afdammen van watervoerende greppels en laagten in terreingedeelten met een veenbodem begroeid met pijpestrootje en pleksgewijze veenmosgroei.
- ▶ Afdammen waterafvoerende laagten op zandige terreingedeelten met dopheide en pijpestrootje.
- ▶ Zonodig compartimentsgewijs afdammen van voormalige boekweitgreppels in terreingedeelten met een dun veenpakket.
- ▶ Afdammen en dempen van de lokaal dieper insnijdende greppels in het heidegebied.
- ▶ Afdammen van diepe waterlopen in het bosgedeelte

Ter realisering van deze doelstellingen is onder andere:

- de waterafvoer van de graslandpercelen ten westen van en tussen de Biskopsreed en het bosareaal afgekoppeld van de hoofdwaterloop.
- in de oostelijke waterloop die dwars door het bosareaal loopt door middel van damwanden het peil verhoogd.
- aan de westzijde de hoofdwaterloop door het bosareaal ter hoogte van de overgang van het bos naar de landbouwgronden afgekoppeld en op een hoger waterpeil gebracht.
- een sloot op de overgang van de heide naar het bos ter hoogte van raai 1 over een lengte van ca. 1200 meter gedempt.
- een zijslotje van genoemde sloot eveneens gedempt.
- een drietal laagten ter hoogte van de vennen aangevuld.

4.1 Inleiding

De vernattingmaatregelen binnen dit Regiwa-project bestaan dus uit meerdere onderdelen. Zo zijn te noemen het opzetten van peilen in het bos, het dempen van sloten op de heide en het tegengaan/vertragen van oppervlakkige afstroming. In dit hoofdstuk zullen de maatregelen dan ook eerst afzonderlijk worden besproken, waar-

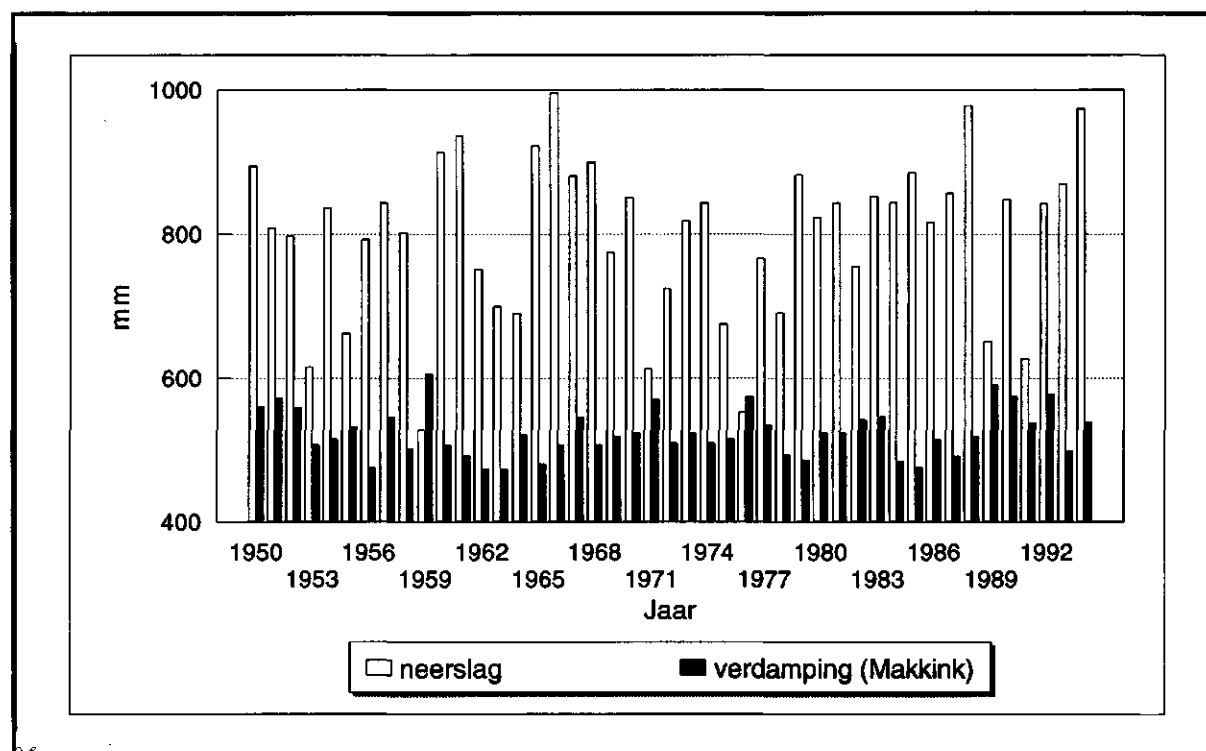
na getracht zal worden enige hydrologische conclusies te trekken. Dit wordt evenwel door twee factoren bemoeilijkt:

- ▶ Voor een juiste interpretatie moet eigenlijk worden uitgegaan van evenwichtsituaties. Er zou dus een meetreeks beschikbaar moeten zijn (voldoende lang) die het stijghoogteverloop voor de uitvoering van de beheersmaatregelen weergeeft. Ook zou het waterpeil nadat het gebied zich heeft aangepast aan de nieuwe omstandigheden bekend moeten zijn. Daartussen zit dan normaliter een periode met geleidelijk stijgende grondwaterstanden. Van de situatie vooraf zijn helaas geen metingen beschikbaar. Ook is het, als gevolg van het grote neerslagoverschot de afgelopen paar jaar, niet duidelijk of zich inmiddels een nieuw evenwicht heeft ingesteld. De waterstanden vertonen, zoals verderop nog zal blijken, nog een stijgende trend.
- ▶ In de waterbalans zitten een paar onderdelen met mogelijk een relatief grote fout, zoals de stroomgebiedsgrootte, de verdamping en de afvoer. Dit houdt in dat de inschatting van de wegzijging (restpost van de balans) wordt bemoeilijkt.

4.2 Neerslag en Verdamping

4.2.1 De lange-termijn schommelingen in neerslag en verdamping in Friesland

Voor een hydrologische analyse zijn de neerslag- en verdampingscijfers onontbeerlijk. De gegevens, zoals door het KNMI gegeven in de jaaroverzichten van het weer zijn



Figuur 4.1 De langjarig gemiddelde neerslag en verdamping in Friesland

voor dit doel geschikt. Het is op een dergelijke lange tijdschaal minder belangrijk dat de regenmeter niet in de directe omgeving van de Duurswouderheide staat opgesteld. In figuur 4.1 staat de neerslag van District Friesland (KNMI, 1950-1994), zoals gemeten bij Leeuwarden, weergegeven.

Er moet hierbij wel worden opgemerkt dat bij zowel de neerslag als bij de verdamping een sprong in de meetreeks is opgetreden. De standaardregenmeter is van vorm en trechterhoogte veranderd. In 1948 is namelijk de trechterhoogte verlaagd van 1,50 meter naar 0,40 meter boven maaiveld. Dit effect is niet in de figuur te zien. Het oppervlak van de trechter is in 1962 verkleind van 4 dm² naar 2 dm². Deze veranderingen beïnvloeden de meetreeks, omdat de verstoring van het windveld (en daarmee de onderschatting van de werkelijke neerslag) groter was als bij de huidige standaardregenmeter (2 dm², 40 cm boven maaiveld). Ook is bij bovengenoemde aanpassing de vorm van de trechter verbeterd om uitspatten te voorkomen. Figuur 4.1 geeft de jaarsom van de Makkink referentie verdamping weer van district Friesland (gegevens: KNMI). De verdamping werd tot 1987 bepaald (door het KNMI) door gebruik te maken van de Penman-vergelijking ofwel open-water-verdamping (E_o). Voor deze berekening is evenwel een relatief groot aantal meteorologische gegevens nodig. Met behulp van een correctiefactor, de gewasfactor, kan uit de Penmanvergelijking de potentiële verdamping (E_{pot}) worden afgeleid. Bij deze potentiële verdamping wordt uitgegaan van een optimale vochtvoorziening naar het gewas. Als de vochtvoorziening niet optimaal is zal verdampingsreductie optreden. Deze verdamping, de actuele verdamping (E_{act}), is dus afhankelijk van de vochtvoorraad in de wortelzone. Gezien de complexiteit van de Penman-formule is vanaf 1987 door het KNMI gebruik gemaakt van de Makkink vergelijking. Hiervoor zijn veel minder gegevens nodig. De Makkink formule levert in tegenstelling tot de Penman formule echter een verdamping (E_{ref}) voor een goed van water voorziene korte grasvegetatie. Ook voor deze formule is een gewasfactor nodig om de potentiële verdamping te bepalen. Deze factor is echter niet gelijk aan de gewasfactor voor de Penmanvergelijking. Dit betekent dat ook in de verdamping een sprong in de duurreeks kan optreden als gevolg van een aanpassing van de standaard. Desondanks kan een relatie tussen de E_o (Penman) en E_{ref} (Makkink) worden gegeven (de Bruin, 1987). Deze relatie (E_o/E_{ref}) is als maandgemiddelde weergegeven in tabel 4.1.

Tabel 4.1 De verhouding tussen de verdamping volgens Penman en volgens Makkink (E_o/E_{ref}).

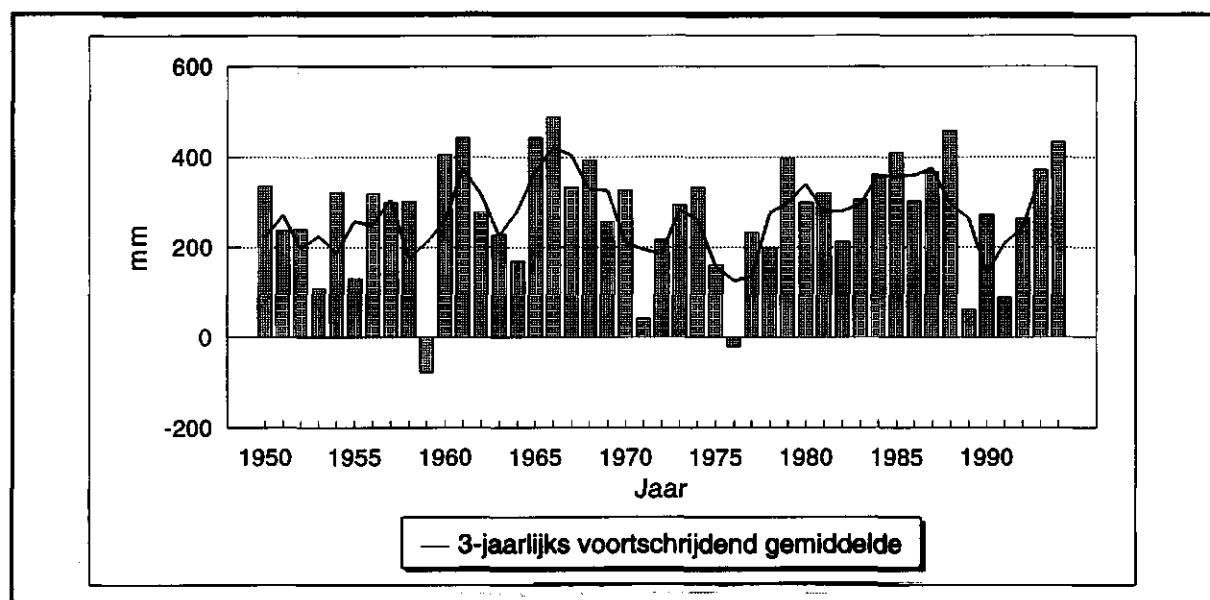
apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mrt
1,30	1,30	1,32	1,27	1,19	1,17	0,98	0,81	0,34	0,50	0,90	1,35

Aangezien de verdamping in het winterseizoen klein is ten opzichte van het zomerseizoen kan gesteld worden dat voor de jaarsom van de verdamping geldt dat:

$$E_o = 1,25 \times E_{ref}$$

Uit figuur 4.1 valt af te leiden dat ook de verdamping in de loop der jaren aan fluctuatie onderhevig is geweest.

Uiteindelijk is het verschil tussen de neerslag en de verdamping, het neerslagoverschot, bepalend voor aanvulling van de grondwatervoorraad. Het neerslagoverschot be-



Figuur 4.2 Het potentieel neerslagoverschot in Friesland

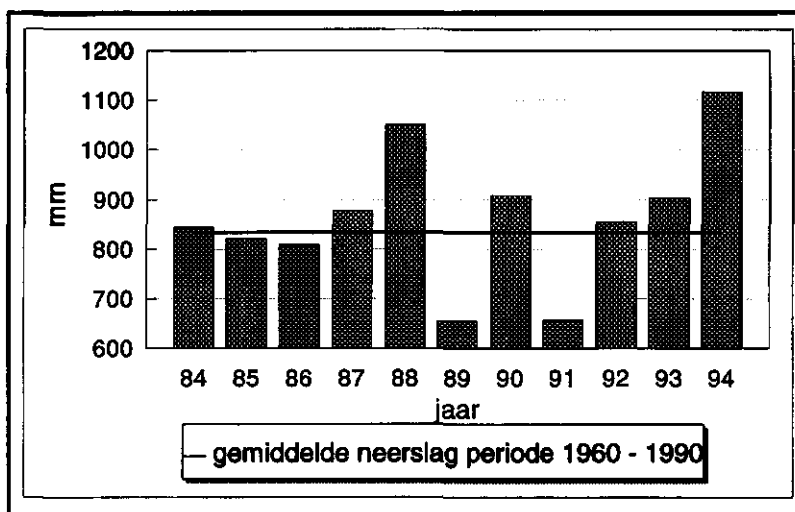
invloedt dus in sterke mate de effecten van vernattingsmaatregelen. Daarom is in figuur 4.2 het potentieel neerslagoverschot, berekend met behulp van de E_0 , van het KNMI district Friesland gegeven. In de figuur staat ook het driejaarlijks voortschrijdend gemiddelde aangegeven, waardoor de trend beter zichtbaar wordt. In de figuur is duidelijk de drogere periode in het midden van de 70-er jaren te zien. Bovendien toont deze figuur duidelijk aan dat er ook rond 1990 een droge periode is opgetreden, vergelijkbaar met de periode rond 1976. Het jaar 1959 is zeer droog geweest. Het was echter een geïsoleerd jaar tussen normale jaren, zodat de verdrogingseffecten kleiner zullen zijn geweest dan tijdens de twee andere genoemde perioden. Eind 60-er jaren en eind 80-er jaren waren relatief nat. Ook is goed te zien dat in de periode 1990-1994 duidelijk sprake is van toename van het neerslagoverschot van een waarde duidelijk onder het langjarig gemiddelde tot een waarde duidelijk boven het langjarig gemiddelde.

4.2.2 De neerslag en verdamping rond de Duurswouderheide

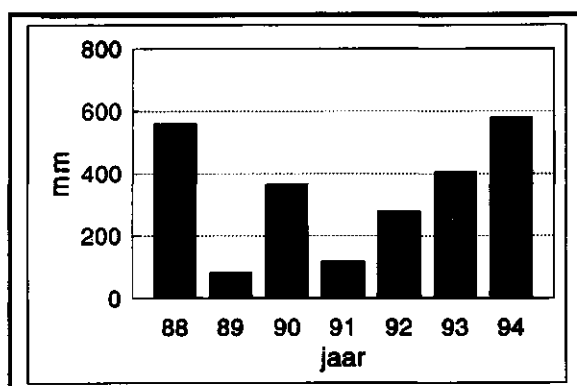
In Drachten staat een regenmeetstation van het KNMI opgesteld. Dit station bevindt zich op relatief korte afstand van de Duurswouderheide en wordt representatief geacht voor de neerslag op de Duurswouderheide. Figuur 4.3 geeft de jaarlijkse neerslag weer vanaf 1984. De gemiddelde hoeveelheid neerslag over de periode 1961 - 1990, de zogenaamde normaalwaarde, is als een horizontale lijn weergegeven. In de figuur zijn de droge jaren 1989 en 1991 goed te zien. De trend in de neerslag is vergelijkbaar met die van figuur 4.1. De veronderstelling dat de reeksen ook voor de periode 1950-1980 grote overeenkomsten zullen vertonen is dan ook gerechtvaardigd. Het jaar 1994 was een nat jaar met in totaal

meer dan 1100 mm neerslag.

Het potentieel neerslagoverschot van de Duurswouderheide is berekend uit het verschil tussen de neerslag van KNMI station Drachten en de Penman verdamping van KNMI station Eelde. Figuur 4.4 toont dit potentieel neerslagoverschot. Duidelijk is te zien dat vanaf 1991, de start van het anti-verdrogingsproject, het potentieel neerslagoverschot significant is toegenomen. In bijlage 3 staan de neerslag (Drachten) en de verdamping (Eelde) van de jaren 1990 tot en met 1994 per maand uitgezet. Hieruit kan onmiddellijk worden geconcludeerd dat de toename niet gelijkmatig is verdeeld, maar geconcentreerd optreedt. Als duidelijk voorbeeld is 1994 te noemen: een nat voorjaar gevolgd door een zomer waarin extreme temperaturen werden geregistreerd waarna de rest van het jaar weer (ten opzichte van het gemiddelde jaar) veel te nat was. Ondanks de warme zomer staat 1994 dus te boek als een nat jaar.

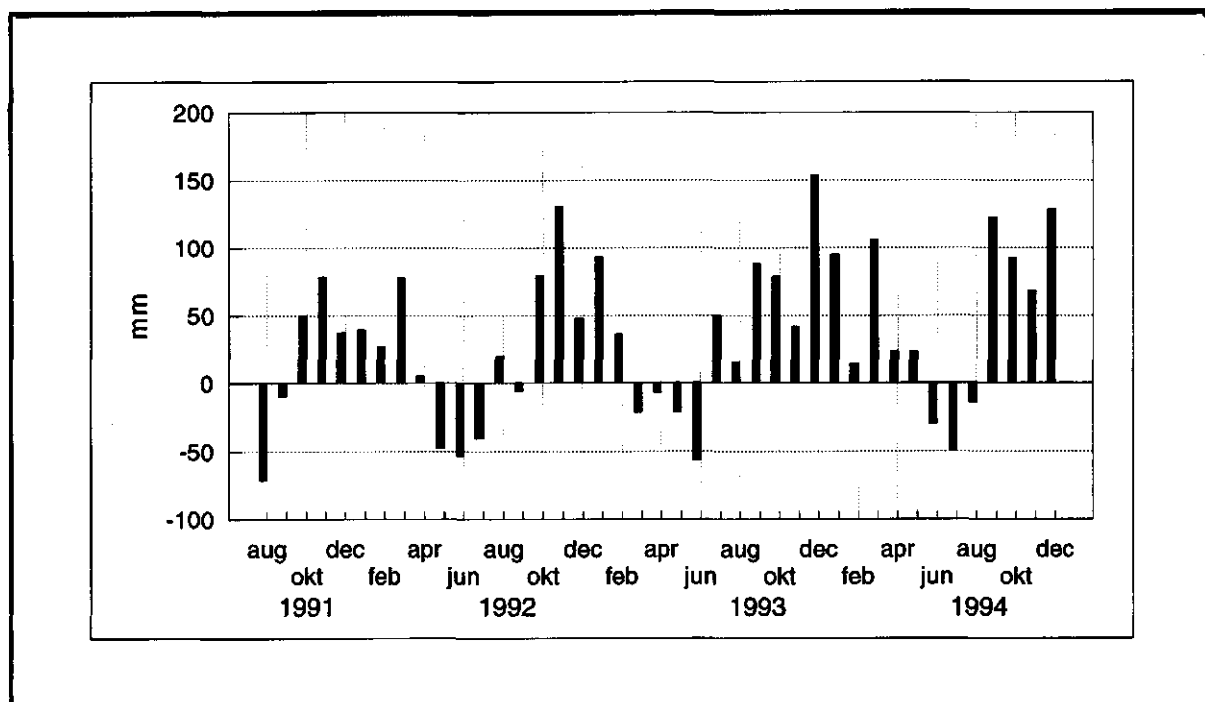


Figuur 4.3 De neerslag van KNMI station Drachten



Figuur 4.4 Het potentieel neerslagoverschot van de Duurswouderheide en omgeving

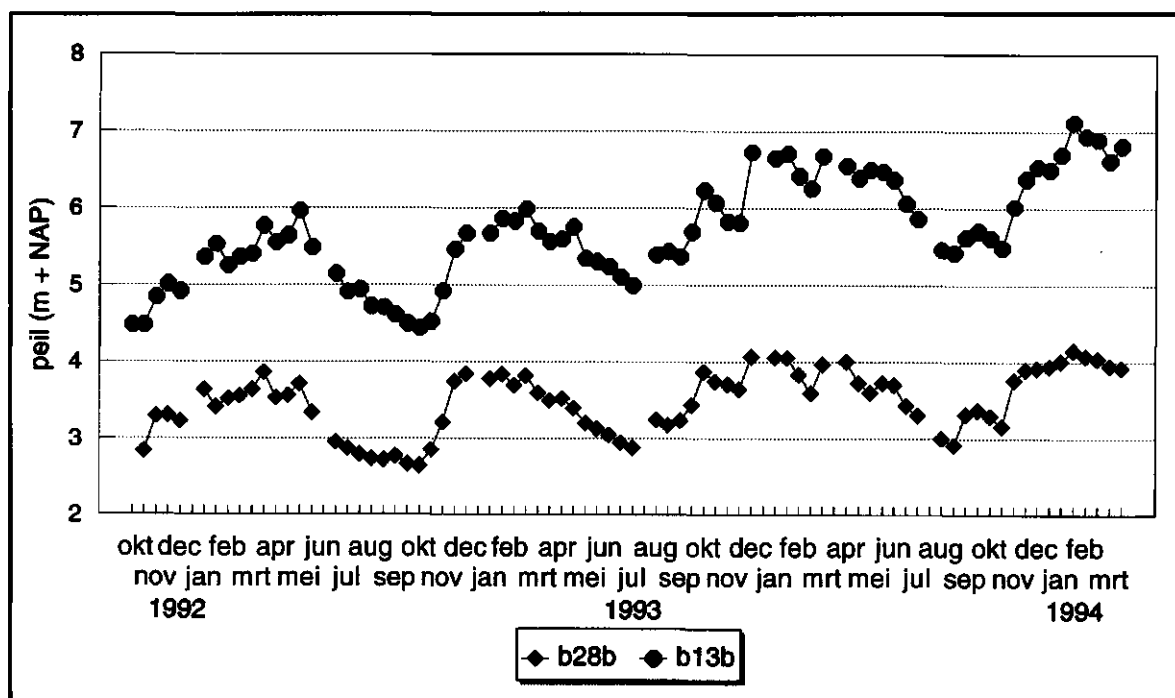
Zoals eerder gemeld is het lastig om voor de Duurswouderheide onderscheid te maken tussen de vernatting van het gebied als gevolg van de beheersmaatregelen en de vernatting door het grotere potentieel neerslagoverschot. Vanaf Oktober 1991 zijn er grondwaterstandsgegevens beschikbaar van de Duurswouderheide. Om de tijdstijghoogtelijnen goed te kunnen interpreteren, is in figuur 4.5 het maandelijks potentieel neerslagoverschot vanaf het begin van de metingen weergegeven.



Figuur 4.5 Het maandelijks potentieel neerslagoverschot tijdens de proefperiode

4.3 Het diepe grondwater

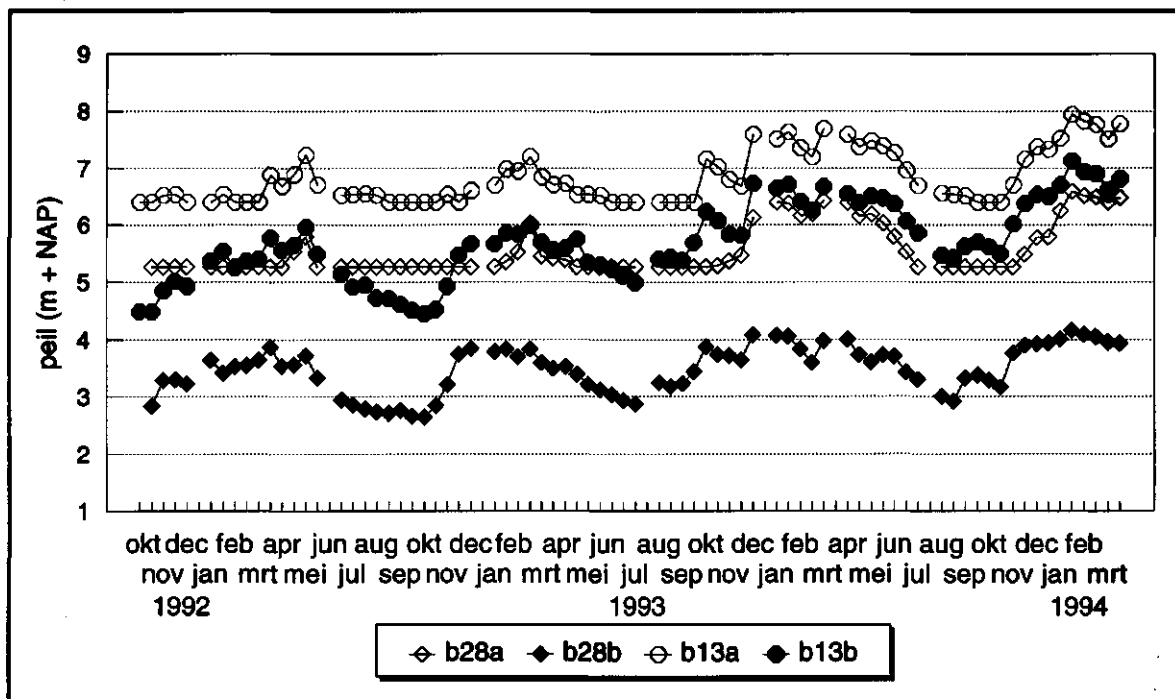
Op de Duurswouderheide zijn twee grondwaterstandsbuizen beschikbaar die de stijghoogte onder de keileem weergeven. De peilbuis B13b geeft de stijghoogte middenop de



Figuur 4.6 De stijghoogte van het tweede watervoerend pakket

heide, ter hoogte van het oost-west geöriënteerde zandpad en B28b de situatie in het westelijke produktiebos weer. De lokaties van deze peilbuizen, B13b en B28b, zijn te vinden in bijlage 1. In figuur 4.6 zijn de tijdstijghoogtelijnen van deze filters (piëzometers) weergegeven. De schommelingen van het grondwater vertonen grote overeenkomsten. Dit is niet zo verwonderlijk, daar de peilbuizen hemelsbreed maar zo'n 650 meter uit elkaar staan. Er is op de heide ter hoogte van B13b wel een grondwaterstandstijging opgetreden van ruim 1 meter in deze periode. De piëzometer in het bos (B28b), dus dicht bij de rand van het gebied, vertoont deze stijging niet. Dit geeft aan dat de stijghoogte in het tweede watervoerend pakket mede wordt bepaald door de ontwateringstoestand aan het maaiveld (en dus ook het peil in het eerste watervoerend pakket). Dit gegeven kan worden beschouwd als een eerste aanwijzing dat het zandpakket waarin de filters B13b en B28b staan slechts een beperkte omvang heeft. De stijging is ondanks het toegenomen neerslagoverschot fors te noemen. Het kan gedeeltelijk worden verklaard uit het feit dat dit tweede watervoerend pakket gedurende het hele jaar verzadigd is met water. Als de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket toeneemt, dan neemt daardoor ook de wegzijging toe. Het stijghoogteverloop (de gradiënt) zal ook moeten toenemen om de extra toevoer lateraal (zijdelings) weg te doen stromen. De gradiënt die zich bij een bepaalde inzijging (flux) zal instellen is afhankelijk (omgekeerd evenredig) van het doorlaatvermogen (KD) van dit pakket. De sterke grondwaterstandstijging kan dan ook alleen worden verklaard als de KD van het watervoerend pakket waarin beide filters staan klein is. Dit is ook een aanwijzing dat het tweede watervoerend pakket al op geringe diepte begrensd wordt door een weerstandlaag. Dit vermoeden wordt verder versterkt door de grote gradiënt (circa 2 meter stijghoogteverschil op slechts 650 meter afstand) die optreedt tussen beide piëzometers. Als de filters daadwerkelijk in een tientallen meters dikke zandig ontwikkelde aquifer (KD doorgaans $>1000 \text{ m}^2/\text{dag}$) zouden staan, dan zou bij deze gradiënt een gigantische stroming optreden, die in geen

verhouding zou staan met de af te voeren hoeveelheid water. De grote seizoensfluctuatie geeft aan dat er ondanks het voorkomen van de keileemlaag er een redelijk contact moet bestaan tussen het freatisch pakket en het onderliggende tweede watervoerend pakket. De weerstand (c) van de keileem (uitgedrukt in dagen) is dus, als gevolg van het voorkomen van door afzetting en/of erosie ontstane dunne plekken (of wellicht zelfs gaten), laag. Hierbij moet worden gedacht aan een orde grootte van tientallen dagen. Om deze theorie te verifiëren zou een diepere boring op de heide wenselijk zijn. Ook zou dan op deze locatie een



Figuur 4.7 De stijghoogte in het freatische en het tweede watervoerend pakket op de heide (B13) en in het bos (B28)

pompproef moeten worden gehouden om zo de transmissiviteit en de weerstand te kwantificeren. Om toch een schatting te kunnen geven van de wegzijging (ook bij de waterbalans zal de wegzijging worden geschat) wordt in figuur 4.7 de stijghoogte van het tweede watervoerend pakket vergeleken met het freatische pakket. Er is niet of nauwelijks sprake van een verschuiving in de tijd tussen de reactie van het freatische en het diepere watervoerend pakket op de beide locaties. Ook dit geeft aan dat er sprake moet zijn van een vrij geringe hydraulische weerstand van de keileemlaag.

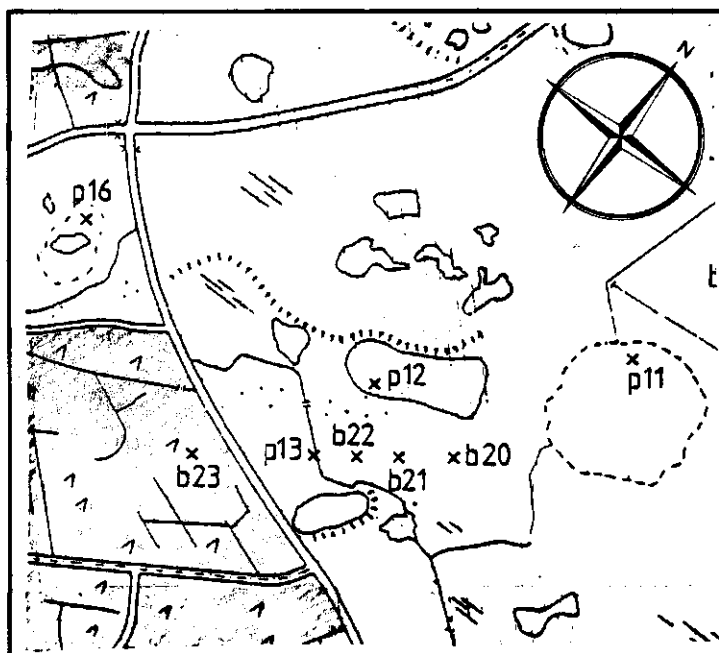
Er is continue sprake van een inzijsituatie; de stijghoogte in het freatische pakket is altijd hoger dan in het tweede watervoerend pakket. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het freatisch vlak (vooral in de eerste jaren) in het bos in de zomer wegvalt. Er is dan geen sprake meer van een verzadigde zone. Hierdoor zal de neerwaartse flux (waterstroom) sterk afnemen. Er is immers geen vrij water beschikbaar.

4.4 Het freatische grondwater

Het freatische pakket is onder het grootste deel van de Duurswouderheide (hooguit) enkele meters dik. Het pakket bestaat voornamelijk uit dekzand. De doorlatendheid van dergelijke afzettingen is doorgaans zo'n 2 à 5 m/dag. Dit betekent dat het watervoerend vermogen (kD) van het freatische (ofwel eerste watervoerende) pakket globaal zo'n 5 à 10 m²/d bedraagt. Als gevolg van dit geringe doorlaatvermogen zullen in de perioden met neerslagoverschot steile gradiënten op moeten treden om het water door de bodem af te voeren. Als gevolg van deze steile gradiënt reikt de grondwaterspiegel al vrij dichtbij de rand van het gebied (waar ten behoeve van de landbouw een dieper peil wordt aangehouden) tot aan het maaiveld. Er zal dan ook een groot deel van het neerslagoverschot oppervlakkig moeten worden afgevoerd of als gevolg van wegzijging uit het freatische pakket verdwijnen. Op drie plaatsen in het gebied zijn raaien freatische peilbuizen geïnstalleerd om het stijghoogteverloop in de tijd te kunnen volgen. Deze drie raaien worden hierna afzonderlijk behandeld. Ook staan elders op de heide verspreid nog peilbuizen. Deze zijn voornamelijk bedoeld om het ruimtelijke beeld van de grondwaterstand te completeren. Deze metingen zijn nodig indien er een grondwaterstromingsmodel van het gebied wordt gemaakt. Met zo'n model kan dan de verdere ontwikkeling (hydrologisch gezien) worden doorgerekend en dus ook beter de effectiviteit van de maatregelen worden bepaald.

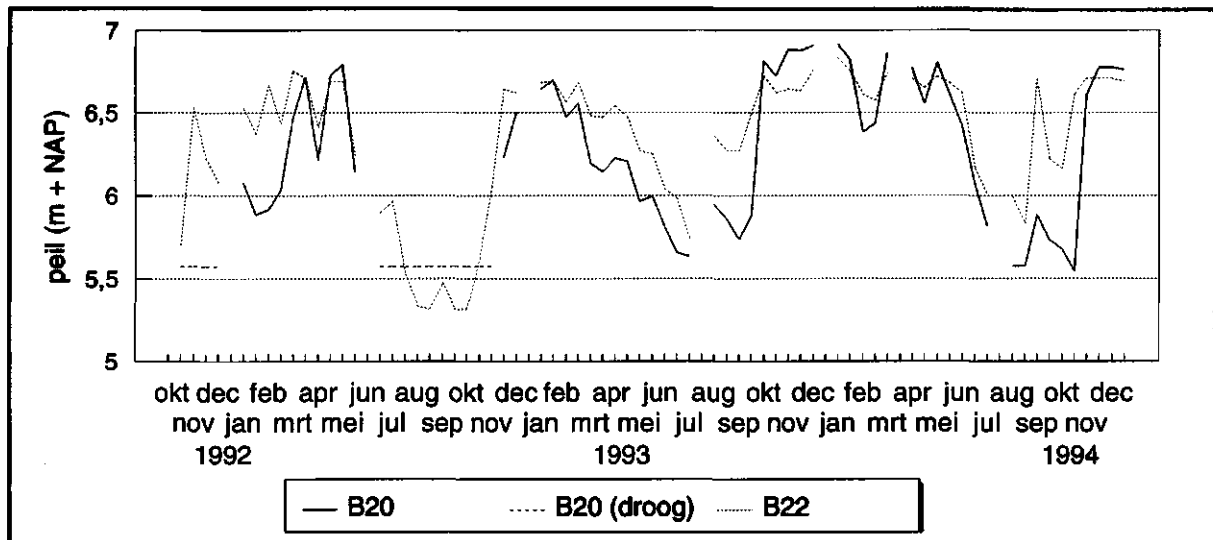
4.4.1 Raai 1

Raai 1 bestaat uit vier freatische peilbuizen (B20, B21, B22 en B23) en een peilschaal (P13). De raai is geplaatst loodrecht op een sloot die in het kader van de vernattingsmaatregelen is gedempt (figuur 4.8). Het doel van de maatregel was een grotere berging te creëren door de afvoer te vertragen. Met de peilbuizen kan de opbolling naar de sloot in de tijd worden bekeken. In figuur 4.9 staan de tijdstijghoogtelijnen van peilbuis B20 en B22 gegeven. De gegevens van peilbuis B21 en P13 zijn in deze figuur weggelaten om de leesbaarheid te vergroten. Peilbuis B22 staat op enkele meters van de gedempte sloot (ter hoogte van de peilbuis is de sloot nog wel watervoerend; peilschaal P13 geeft het peil in de sloot weer). Peilbuis B20 staat enkele tientallen meters oostelijk van de sloot.



Figuur 4.8 Raai 1

Als de stippellijn (B22) onder de getrokken lijn (B20) ligt helt het freatisch vlak naar het westen. De stroming is dan dus richting sloot. Als de doelstelling van vernatten moet worden gehaald, dan lukt dit het best door het water een langere weg te laten afleggen (langere stroombanen, daarmee langere verblijftijden). De stroming zou dan ook bij voorkeur naar het oosten gericht moeten zijn. Uit de figuur blijkt dat het grootste deel van de tijd de stroming inderdaad oostelijk is. Alleen tijdens zeer natte perioden is de stroming westelijk georiënteerd. Het is niet duidelijk of dan water oppervlakkig uit het gebied wordt verwijderd. Dit

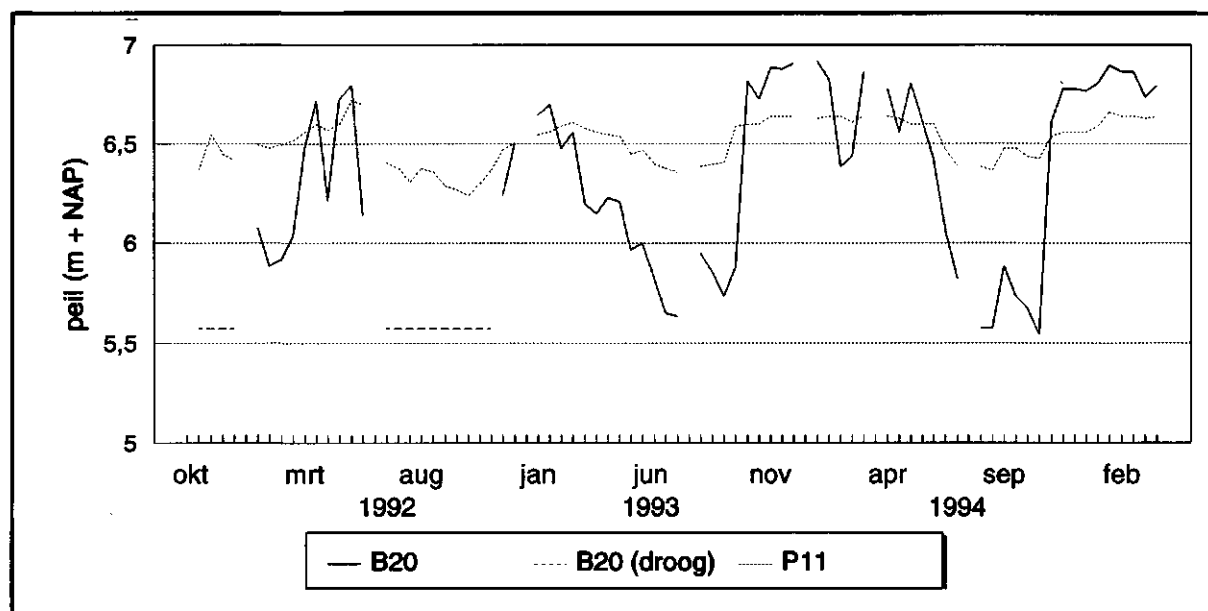


Figuur 4.9 De stijghoogte in raai 1 (peilbuis B20 en B22)

water zou dan in noordwestelijke richting naar het ven met peilschaal P16 moeten stromen om vervolgens over de meetstuw in het noordwesten het gebied te verlaten. Het is evenwel ook mogelijk dat de extra hoeveelheid water tijdelijk in het gebied wordt geborgen om daarna toch in oostelijke richting af te worden gevoerd.

De peilbuizen reageren sterk op de wisselende omstandigheden. Dit geeft opnieuw aan dat het watervoerend vermogen van het freatische pakket gering is. Ook zal de netto berging, de hoeveelheid water die geborgen kan worden in het traject tussen veldcapaciteit en verzadiging, vrij klein zijn. Hierbij moet worden gedacht aan ongeveer 10%. Dit betekent dan 1 mm neerslag een grondwaterstijging van 1 cm veroorzaakt. Als gevolg van deze fysische eigenschappen van de grond fluctueert de grondwaterspiegel over meer dan 1 meter. Het gevolg van deze grote fluctuaties is dat het terugdringen van de vergrassing maar ten dele lukt. Een eigenschap van Pijpestrootje (de belangrijkste exponent van de vergrassing) is namelijk dat de plant zich kan aanpassen aan de nattere omstandigheden, zolang er gedurende de zomer een periode zonder plasdras situatie optreedt. De plant ontkiemen dan horsten die als het ware boven de waterspiegel uitgroeien. Als het Pijpestrootje niet kan worden teruggedrongen (door het water ook tijdens de zomer aan maaiveld te houden) dan zal deze ook tijdens de periode met neerslagtekort lang potentieel blijven verdampen. Daarmee zal het Pijpestrootje (gelet op de geringe berging) een aanzienlijke grondwaterstandverlaging bewerkstelligen waar de oorspronkelijke ondiep wortelende planten al een verdampingsreductie hadden vertoond. Het blijft dus voor dit deel van de Duurswouderheide ondanks de stijgende lijn die het grondwater in dit gebied vertoont van groot belang om met name in de

zomer het water dicht aan maaiveld te houden. Mogelijk wordt een aanzienlijk deel van het water oppervlakkig afgevoerd door het relatief dichte net van boekweitgreppels direct ten oosten van de raai. Ter controle van deze veronderstelling is de stijghoogte van peilbuis B20

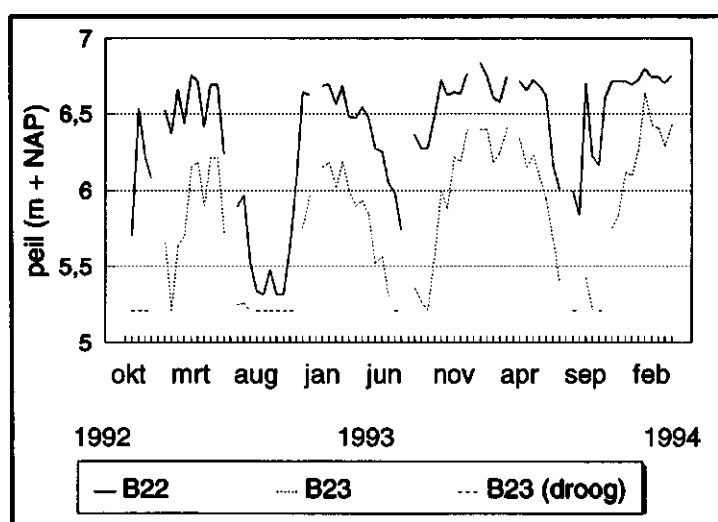


Figuur 4.10 De stijghoogte bij de boekweitgreppels versus het peil in het ven met peilschaal P11

en peilschaal P11 uitgezet tegen de tijd in figuur 4.10. De peilschaal geeft het peil weer in het ven dat doorsneden is met boekweitgreppels. Er vindt dus zowel aanvoer als afvoer door middel van deze greppels plaats. De figuur toont duidelijk dat de stijghoogte tot ver in het voorjaar hoger is als het venpeil. Tijdens de periode met neerslagoverschot is er dus sprake van stroming naar de greppels (en het ven) waarmee dus een deel van het overschot versneld wordt afgevoerd. Het verdient aanbeveling de invloed van de boekweitgreppels in het gebied te beperken door hierin op regelmatige afstanden dammetjes te maken.

Voordat de beheersmaatregelen erden uitgevoerd was de grondwaterstroming vermoedelijk richting gedempte sloot. Er zijn echter geen metingen beschikbaar. In het productiebos is wel een peilbuis beschikbaar (B23). Zo kan wel het peil op de heide met die in het productiebos worden vergeleken. Deze reeksen staan aangegeven in figuur 4.11.

Uit de figuur valt af te leiden dat er altijd een lagere grondwaterstand in het bos optreedt. Er

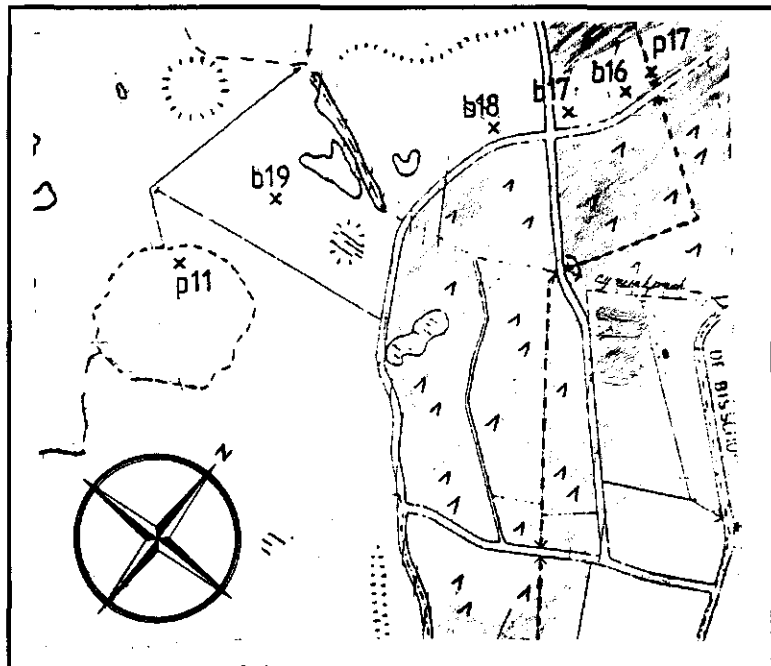


Figuur 4.11 De stijghoogte op de heide (B22) versus het productiebos (B23)

zal dus, ook gelet op het matige doorlaatvermogen ($5 \text{ à } 10 \text{ m}^2/\text{dag}$) van het eerste watervoerend pakket, een geringe hoeveelheid water richting produktiebos stromen. Aangezien het om geringe hoeveelheden gaat en er in het produktiebos geen eenvoudige mogelijkheden voor peilverhoging voorhanden zijn (zoals bijvoorbeeld het opzetten van peilen in greppels), hoeft er niet te worden gedacht aan extra maatregelen.

4.4.2 Raai 2

Raai 2 bestaat uit vier peilbuizen (B16, B17, B18 en B19) en peilschaal P17 (locaties: bijlage 2). Een detailkaartje is gegeven in figuur 4.12. De peilbuizen B16 en B17 staan in het produktiebos aan de oostzijde van het gebied, en wel haaks op de lossing waarvan in het kader van de vernattingsmaatregelen het peil is opgezet. Peilbuis B18 is te vinden op de heide in het verlengde van de deze twee eerdergenoemde buizen. Deze peilbuis bevindt zich in deelgebied B van de vegetatiemonitoring (Altenburg, 1995). Peilbuis B19 bevindt

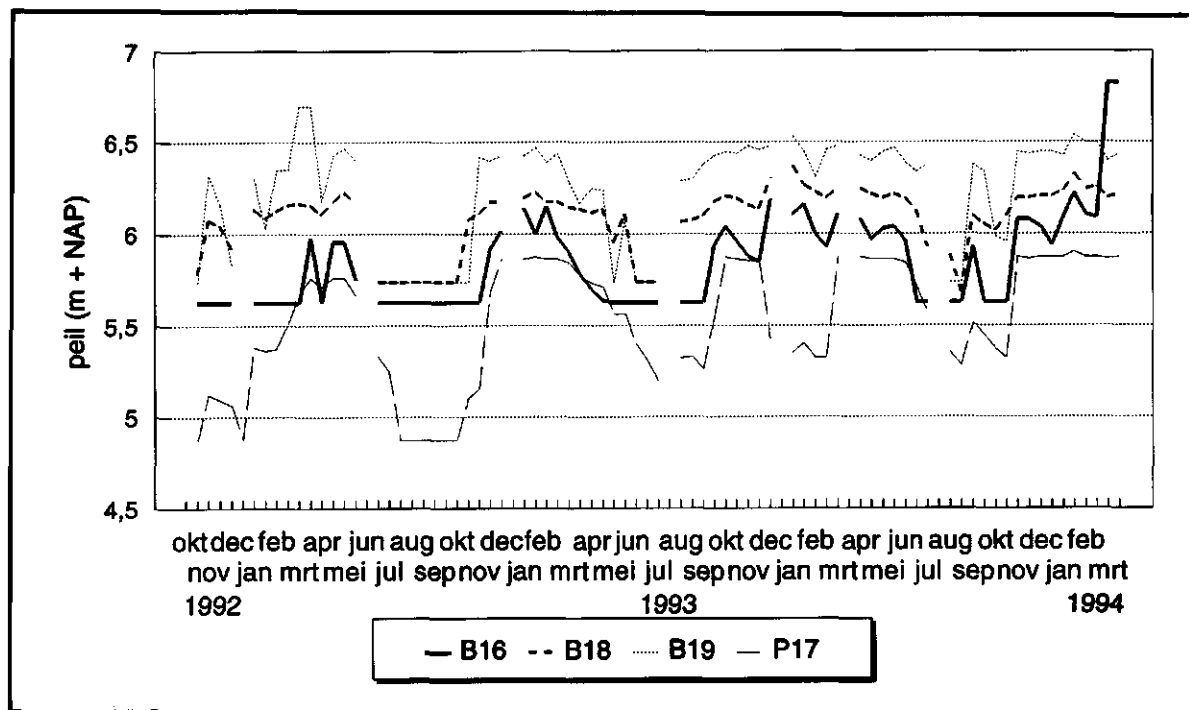


Figuur 4.12 locatie raai 2

zich westelijk van een houtwal, op enkele tientallen meters van de boekweitgreppels.

In figuur 4.13 staan de tijdstijghoogtelijnen weergegeven. Peilbuis B17 zal niet in de beschouwing worden meegenomen; deze peilbuis is lange tijd niet waargenomen omdat onbekenden de buis hadden gemolesteerd.

Het is duidelijk dat ook aan de oostzijde van het gebied nog steeds sprake is van een helling van het freatisch vlak richting produktiebos. Het peil in de lossing is ondanks het opzetten van het peil door middel van bodemvallen nog steeds lager dan de grond-



Figuur 4.13 De stijghoogte op de heide (B18 en B19) en in het bos (B16) aan de oostzijde van het gebied.

waterstand op de heide. De peilverhoging in de lossing heeft wel direct invloed gehad op de grondwaterstand in het produktiebos. Peilbuis B16 viel aan het begin van het project al vroeg in het voorjaar droog (dit zijn de horizontale stukken in de figuur). Het freatisch vlak daalde dan tot in de keileem. Het peil in de lossing daalde gedurende de zomer dan nog decimeters. Hoewel er ook op deze locatie geen waarnemingen beschikbaar zijn die de situatie voor de beheersmaatregelen weergeven is de veronderstelling gerechtvaardigd dat er door het diepere ontwateringsniveau voor de maatregelen steeds sprake moet zijn geweest van het vroeg in het voorjaar dalen (van het freatisch vlak in het bos) tot de keileemlaag. Dit heeft ongetwijfeld ook het grondwaterpeil op de heide ter hoogte van peilbuis B18 beïnvloed. Het effect van de beheersmaatregelen in combinatie met het grotere neerslagoverschot is duidelijk te zien in de reeksen van peilbuis B18 en B19. Beide peilbuizen worden aan de bovenkant begrensd door het maaiveld. Als er nog toevoer van water is op het moment dat het freatisch vlak het maaiveld bereikt, dan neemt de berging plotseling toe tot 100% en de oppervlakkige afstroming komt op gang. In de figuur zijn deze perioden te zien als relatief horizontale lijnen. Als het neerslagoverschot omslaat in neerslagtekort, dan zal de grondwaterspiegel gaan dalen, eventueel tot aan de keileemlaag. Deze perioden van dalende grondwaterspiegels zijn gedurende de laatste zomers later in het voorjaar ingezet terwijl de daling van de waterspiegel ook niet steeds tot de keileemlaag reikte. De hogere waterstanden kunnen op twee manieren de vegetatie op de heide beïnvloeden:

- De hogere waterstanden, en dan met name in de zomer, zullen in het voordeel werken van ondiep wortelende planten. Dit kan de diversiteit versterken.

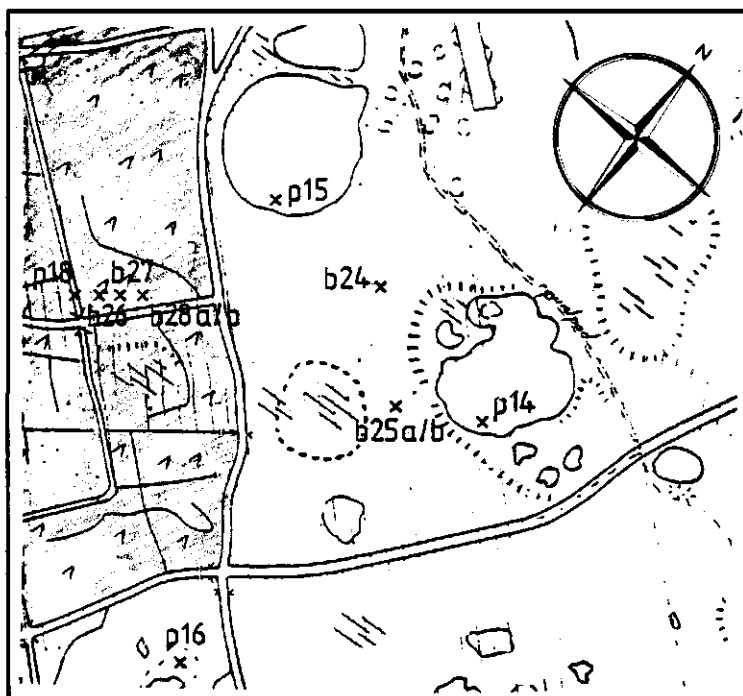
- De hogere waterstanden in het voorjaar (tot aan maaiveld) dragen bij tot een relatief lage bodemtemperatuur. De kieming van zaden wordt hierdoor vertraagd, zodat soorten die relatief laat kiemen meer kans krijgen zich te ontwikkelen.

Als deze nattere condities gecombineerd worden met afplaggen, waardoor het dominante Pijpestrootje wordt teruggedrongen, kan zo een grotere diversiteit worden verkregen. De eerste resultaten wijzen reeds in die richting (Altenburg, 1995).

In de tussenrapportage (Dijksma, 1992) wordt op basis van het eerste jaar geconcludeerd dat het productiebos ter hoogte van raai 2 wellicht een productieverhoging zou vertonen omdat er meer vocht in de wortelzone aanwezig was (vergeleken met de situatie voor het opzetten van het peil in de lossing). Nu de grondwaterstandstijging (mede door het grotere neerslagoverschot) nog steeds doorzet betekent dit dat er slecht een dunne onverzadigde zone overblijft. Gedurende de winter staan de lagere delen van het productiebos zelfs onder enkele decimeters water. Hierdoor sterven grote delen van de wortels af. De zeer ondiep wortelende bomen worden daardoor gevoelig voor harde wind. In het productiebos bij raai 2 zijn daarvan de gevolgen reeds zichtbaar in de vorm van een groot aantal omgewaaide bomen.

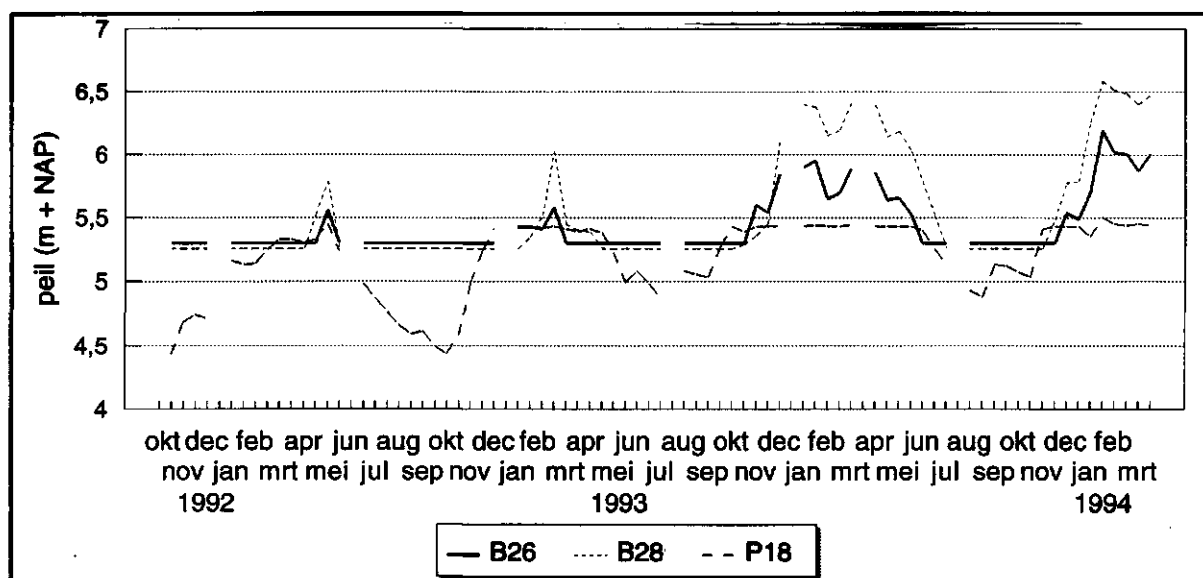
4.4.3 Raai 3

Raai 3 bevindt zich aan de westkant van het gebied in het productiebos (figuur 4.14). De raai bestaat uit de peilbuisen B26, B27 en B28 en de peilschaal P18 in de lossing. Het peil in de lossing is in het kader van de vernattingsmaatregelen door middel van een bodemval vele decimeters verhoogd. Daarvoor heersten hier de condities die werden bepaald door het omliggende landbouwgebied. De lossing snijdt in de keileemlaag in, wat betekent dat voor de peilverhoging het peil in de zomer niet tot in het dekzand reikte.



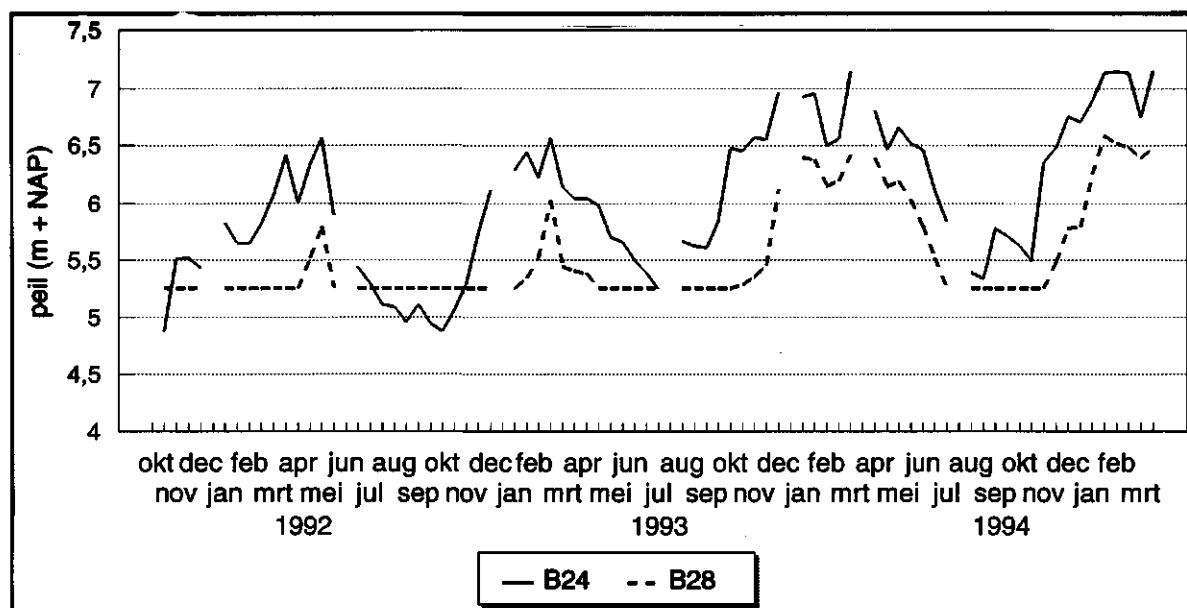
Figuur 4.14 locatie raai 3

Er was dan geen sprake van een verzadigde zone in het eerste watervoerend pakket. Figuur



Figuur 4.15 Het stijghoogte verloop aan de westzijde van het gebied in het bos.

4.15 toont het stijghoogteverloop in raai 3. Er is een duidelijke stijgende trend te bespeuren. Het peil in de lossing kwam aanvankelijk nauwelijks tot boven de keileemlaag. Waarschijnlijk was dit voor het opzetten van het peil in de lossing ook het geval. Door het verhogen van het peil in de lossing en door het grotere neerslagoverschot is er niet alleen gedurende veel langere perioden sprake van een freatisch vlak in het productiebos, de maximale grondwaterstanden zijn in het bos bijna een meter hoger dan voor de maatregelen. Dit geeft al aan dat er een behoorlijke buffering van water is opgetreden. Ook geeft deze hoge waterstand in het productiebos aanleiding tot een flauwere helling van het freatisch vlak (kleine gradiënt) van de heide naar het bos. Als gevolg van de gestegen waterspiegel in het eerste



Figuur 4.16 De grondwaterstand op de heide en in het bos in het noordwesten van de Duurswouderheide

watervoerend pakket is het watervoerend vermogen van het dekzand (Kd) toegenomen. De dikte (D) van het watervoerend pakket neemt namelijk aanzienlijk toe. Ter illustratie van de flauwere gradiënt is figuur 4.16 gegeven. Hierin staat de stijghoogte van peilbuis B24 (op de heide) uitgezet tegen peilbuis B28b (in het bos). Het is duidelijk dat er nog steeds sprake is van een gradiënt richting bos. Deze gradiënt zou zonder beheersmaatregelen echter veel steiler zijn geweest. Het opzetten van het peil heeft dus zowel in het bos als op de heide geleid tot hogere waterstanden en daarmee tot een grotere buffering van water. Dit proces is wel versneld door het grote neerslagoverschot.

Om ook een beeld te krijgen van de grondwaterstanden in de ruimte zijn nog twee isohypsenkaartjes gemaakt. Hiervoor zijn de grondwaterstanden van april 1994 en augustus 1994 gebruikt, respectievelijk figuur 4.17 en 4.18. De grondwaterstandmetingen zijn geconcentreerd in een aantal raaien, zoals al uit het voorgaande is gebleken. Dit betekent dat het tekenen van isohypsen voor delen van het gebied lastig is. Deze delen van de Duurswouderheide moeten dan op basis van een enkele meting en veldwaarnemingen (zoals topografie en slootjes) worden geschat. Deze delen van isohypsen moeten dan eigenlijk gestippeld worden weergegeven. Er is niet voor deze weergeefwijze gekozen omdat dit het toch al warrige beeld nog onoverzichtelijker zou maken. Op plaatsen waar geen aanwijzing is voor de richting en niveau van de isohypsen zijn deze dan ook weggelaten.

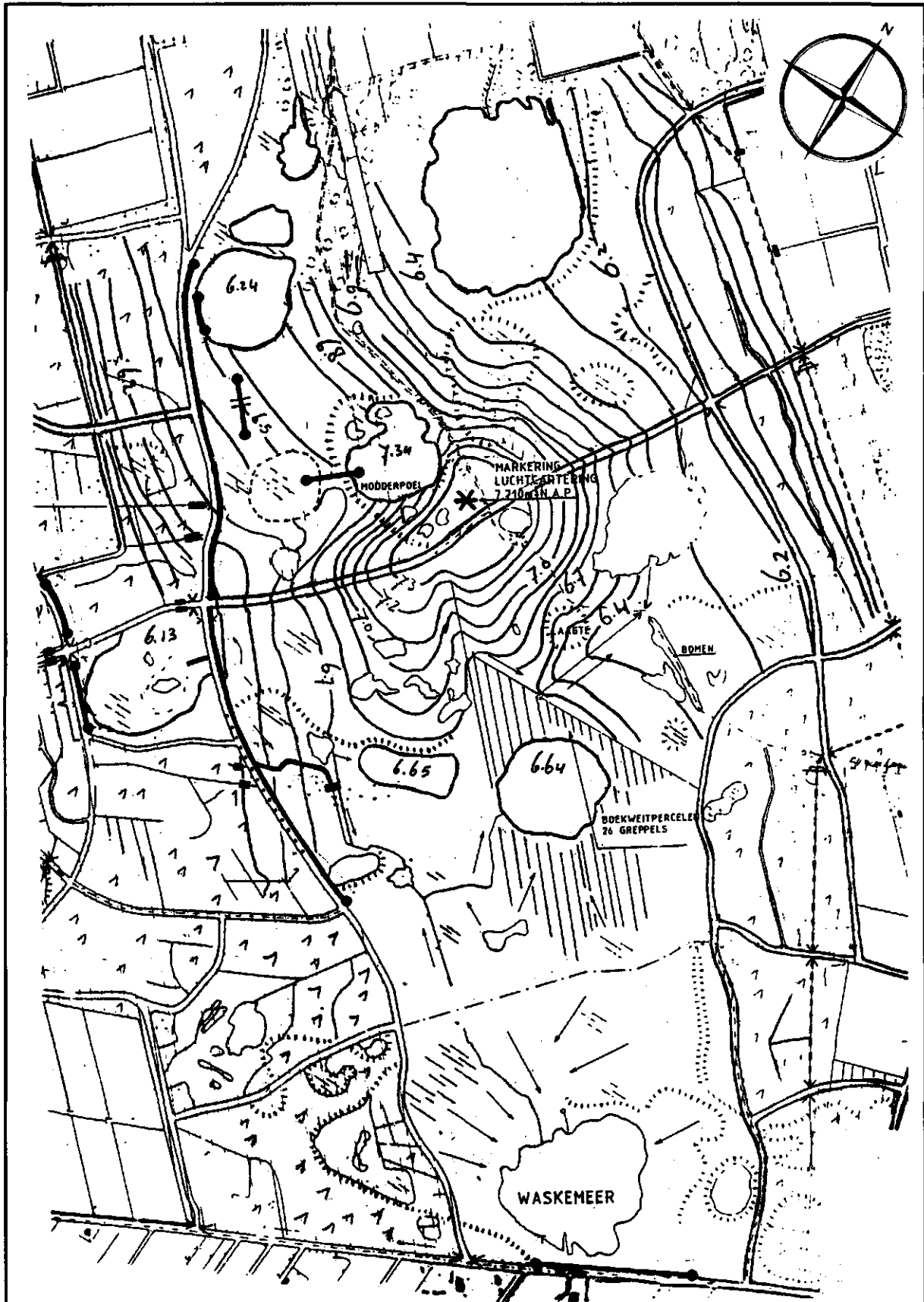
Figuur 4.17 geeft de situatie weer aan het eind van de winterperiode 1993-1994. Deze winter was nat te noemen. Ook de neerslag van de maand maart 1994 was hoger dan gemiddeld (140 mm). Dit resulteert in hoge peilen in het gebied. Het midden van de heide laat de hoogste peilen zien; de opbolling van het freatisch vlak is hier het hoogst. Dit is logisch omdat dit deel van het gebied nauwelijks oppervlakkige afwateringsmiddelen kent en ook het verst van de omliggende landbouwgebieden is verwijderd. Van hieruit vindt grondwaterstroming plaats in alle richtingen. Daarbij valt het gebied uiteen in vier stroomgebiedjes:

- een noordelijk geïoriënteerd deel dat wordt begrensd door het oude noord-zuid gerichte rijwielpad en het zandpad dat het gebied in west-oostelijke richting doorsnijdt.
- het gebied westelijk van eerdergenoemd rijwielpad en de zuidelijker gelegen boekweitgreppels. Aan de zuidzijde wordt dit deel begrensd door de met de streep-stippellijn aangegeven rug in het gebied.
- het gebied waarin de boekweitgreppels voorkomen en het gebied ten noordoosten daarvan.
- het gebied ten zuiden van de met de streep-stippellijn aangegeven rug in het gebied.

Van het noordelijke stroomgebiedje zijn geen metingen beschikbaar, de isohypsen dienen dan ook slechts als indicatie. Het tweede gebiedje, het westelijke deel van de Duurswouderheide, geeft een westelijke stroming te zien. Dit geldt voor zowel het grondwater als voor het oppervlakkig afgevoerde water. In deze natte situatie liggen de isohypsen bij de lossing het dichtst bij elkaar. Aangezien de westelijke lossing het hele eerste watervoerende pakket doorsnijdt tot in de keileem is de veronderstelling dat geen grondwater onder deze lossing door in westelijke richting stroomt gerechtvaardigd. Het deel direct westelijk van de boekweitgreppels (ter hoogte van raai 1) geeft een gradiënt naar het westen; de helling is evenwel gering. Dit betekent dat hier onder natte omstandigheden water wordt gebufferd.

Het deelgebied met boekweitgreppels laat een relatief snelle afvoer van water door de

begreppeling zien. Daar de begreppeling vrij ondiep is (het merendeel van de greppels is minder dan een halve meter diep) zal deze afvoer vooral bij hoge waterstanden optreden. Het opperlakkig afgevoerde water stroomt uiteindelijk aan de oostzijde van het gebied ter



hoogte van de bodemval in de lossing. De grondwaterstrooming in het eerste watervoerend pakket is overwegend N-NO gericht. Een groot deel van deze grondwaterstrooming zal door de diep insnijdende lossing worden afgevoerd. Het grondwater (en bij hoge peilen ook



Figuur 4.18 isohypsenkaart augustus 1994

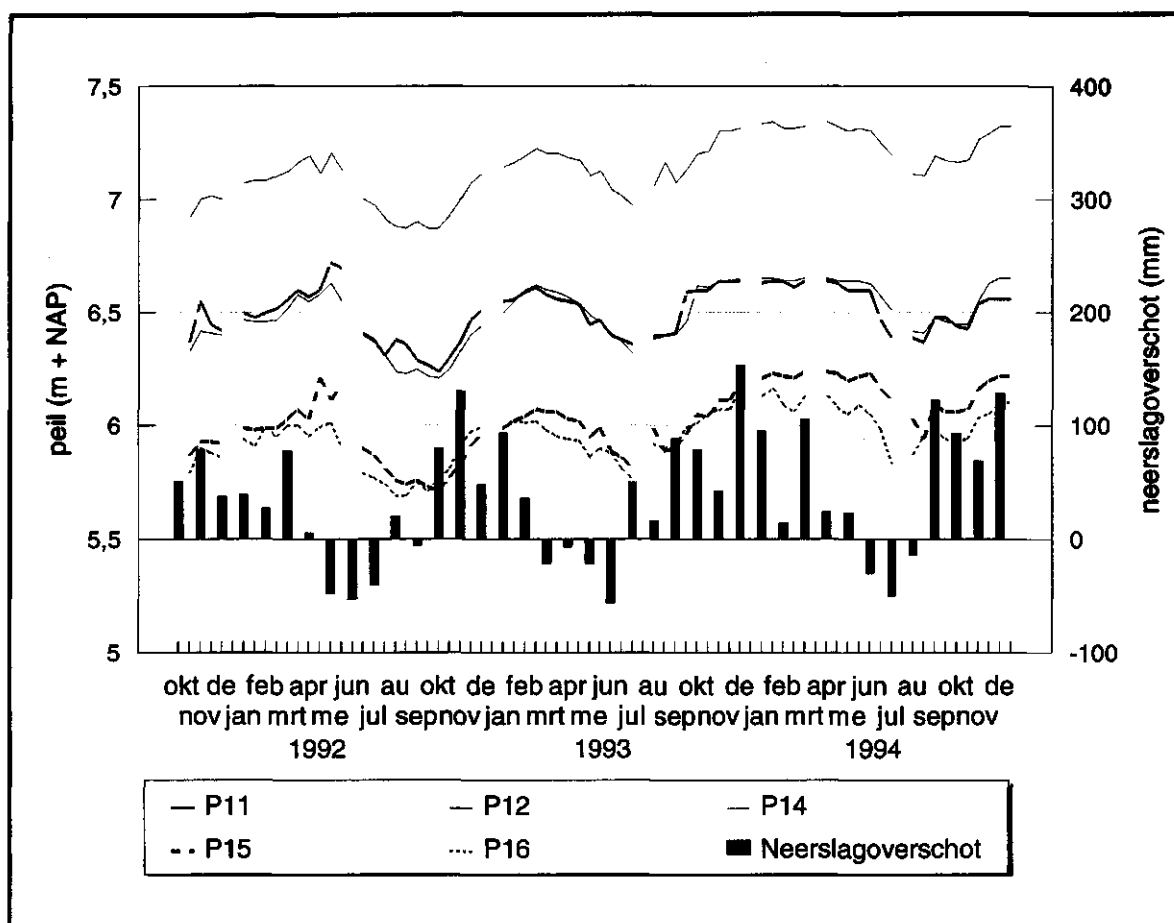
oppervlaktewater) uit het gebied ten zuiden van de met de streep-stippellijn aangegeven rug zal in zuidelijke richting (naar/door het Waskemeer) stromen. Hiervan zijn evenmin metingen; hier zijn dan ook geen isohypsen getekend.

Figuur 4.18 geeft de situatie weer in augustus 1994, dus na een droge warme zomer (bijlage 2). Het peil in de lossingen aan weerszijden van het gebied is meer dan een halve meter gedaald ten opzichte van april. In het midden van het gebied, ter hoogte van peilbuis B13, bedraagt de grondwaterstandsaling bijna een meter. Een dergelijke seizoensfluctuatie is voor dergelijke gronden niet uitzonderlijk. Het betekent wel dat de gradiënt van het grondwater is afgenomen. Als daarbij rekening wordt gehouden met het afnemen van het watervoerend vermogen van het eerste watervoerend pakket (de dikte van de verzadigde zone neemt namelijk aanmerkelijk af), dan zal de flux in de zomer snel afnemen. De richting van de stroming is vergelijkbaar met de situatie in april. Een afwijking hierop vormt het gebied westelijk van de boekweitgreppels, ter hoogte van raai 1. De stroming is nu naar het oosten in plaats van naar het westen (in april het geval). Het peil in de boekweitgreppels en ook in de nabijgelegen peilbuizen is echter decimeters hoger als in de buizen van raai 1. Dit houdt in dat de oostelijke stroming feitelijk geblokkeerd wordt. Een mogelijke verklaring kan zijn dat hier de weerstand van de keileem relatief laag is. Dit geeft dan aanleiding tot een versterkte wegzijging, ook tijdens drogere perioden. Ook is het mogelijk dat de grondwaterstroming tijdens drogere perioden in dit deel van de Duurswouderheide zuidelijk is, dus onder de rug in het gebied door. Deze rug vormt dan natuurlijk geen barrière. Aangezien de oplossing niet door middel van de beschikbare metingen kan worden gestaafd zijn in dit deel van het gebied geen isohypsen getrokken.

Het watervoerend vermogen (kD) van het eerste watervoerend pakket kan ook worden geschat op basis van de betrekking (7) in bijlage 3. Deze betrekking gaat uit van een cirkelvormig gebied. Als uitgegaan wordt van een stighoogteverschil tussen het centrum van het gebied en de gebiedsrand van 1 meter, een potentieel neerslagoverschot van 400 mm/jaar en een gebiedsstraal van 800 meter, dan volgt daaruit een kD van 160 m²/d. Deze waarde is hoog als dit wordt vergeleken met een gemiddelde doorlatendheid voor dekzand van ca. 5 m/d en een laagdikte van 1 tot 3 meter. Dit verschil wordt veroorzaakt door het feit dat bij de betrekking geen rekening wordt gehouden met wegzijging. In hoofdstuk 4.6 zal op basis van de waterbalans van het gebied blijken dat de wegzijging bij de hierboven geschatte condities ongeveer 1mm/d bedraagt. Dan is het deel van het potentieel neerslagoverschot dat door het eerste watervoerend pakket moet worden afgevoerd slechts 40 mm/jaar in plaats van 400 mm/jaar. De kD van het eerste watervoerend pakket wordt dan 16 m/d. Dit lijkt een realistische inschatting.

4.5 De hydrologie van de vennen

Van vijf vennen op de Duurswouderheide is het waterpeil twee-wekelijks gemeten. De lokaties van de peilschalen in deze vennen staan weergegeven in bijlage 1. Het peilverloop in de tijd is te zien in figuur 4.19.



Figuur 4.19 Het peil in enkele vennen op de Duurswouderheide, met daarbij het neerslagoverschot

De grote overeenkomst van de schommelingen in de peilen is opvallend. Hierdoor is het vermoeden gerezen dat deze vennen allen een vergelijkbare wegzijsing vertonen, ze functioneren blijkbaar relatief onafhankelijk van hun omgeving. Om deze hypothese te toetsen is de wegzijsing van de vennen bepaald door het peilverloop te vergelijken met het potentiële neerslagoverschot³, berekend met de open-water-verdamping. Bij het opstellen van dergelijke waterbalansen moet rekening worden gehouden met oppervlakkige toe- of afstroming.

Zoals ook uit figuur 4.19 valt af te leiden, zijn de peilen van de vennen in de periode van november 1993 tot aan juni 1994 nagenoeg constant. Dit is een periode met een groot neerslagoverschot. De maximale berging wordt overschreden, waarna het overtollige water oppervlakkig wordt afgevoerd. Voor deze natte perioden is dan ook geen waterbalans op te stellen aangezien de oppervlakkige aanvoer en afvoer van de vennen niet is gemeten. Voor de vennen waarin met een peilschaal het peil is gemeten zijn waterbalansperioden vastgesteld met ofwel een continue neerslagoverschot ofwel een continue tekort. Het resultaat staat weergegeven in tabel 4.2.

³Immers, de berging in open water bedraagt 100% (1 mm neerslag levert dan in theorie een peilstijging van 1 mm op). Van deze neerslag moet dan wel de verdamping en de oppervlakkige afvoer worden afgetrokken.

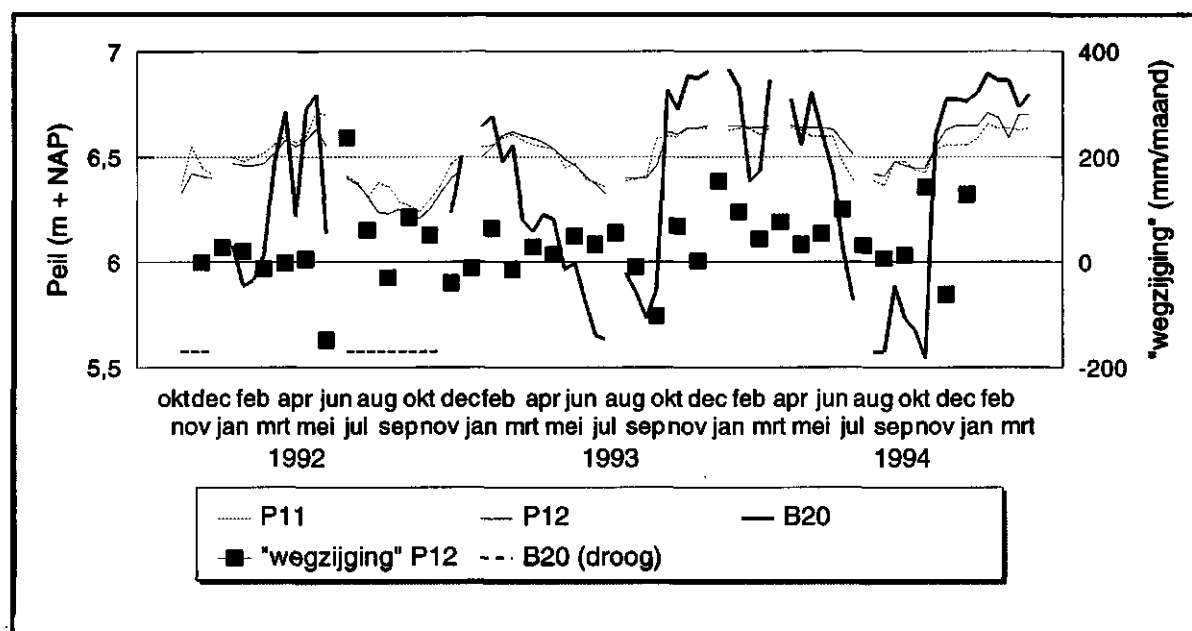
Tabel 4.2 Maandelijkse wegzijging (in mm) in waterbalansperioden met potentieel neerslag-tekort (-) of potentieel neerslag-overschot (+).

Periode	Neer-slag	P5	P11	P12	P14	P15	P16	gemiddeld
mei 92 - sep 92	(-)-128	46.3	40.3	46.3	22.3	70.3	30.3	42.6
mrt 93 - jun 93	(-)-107	28.7	30.7	35.7	25.7	25.7	25.7	28.0
jun 94 - aug 94	(-)-94	81.8	45.2	45.2	38.5	61.8	15.2	45.1

De variatie is groot. Indien voor elke maand een waterbalans zou worden opgesteld, dan is de variatie in de wegzijging nog groter. De negatieve waarden in tabel 4.2 duiden op oppervlakkige toestroming; in dergelijke perioden is de stijging van het peil van een ven (in mm) groter dan het neerslagoverschot (in mm). De resultaten van de periode juli 1993 - mei 1994 zijn niet gegeven, er waren nauwelijks gegevens beschikbaar die aan de criteria voldeden. Een voorzichtige conclusie die uit deze tabel kan worden getrokken is dat de wegzijging uit de vennen naar het freatische pakket in perioden met een potentieel neerslag-tekort (gemiddeld 40 mm/maand) hoger lijkt dan in perioden met een neerslag-overschot (ca 4 mm/maand). Een uitzondering lijkt de laatste balans-periode te zijn (september - december 1994). In deze periode met neerslag-overschot lijkt de wegzijging veel groter. Waarschijnlijk trad ook in deze periode een oppervlakkige afvoer op, waardoor de wegzijging wordt overschat.

Voor een verdere analyse dienen de grondwaterstanden in de omgeving van de vennen meegenomen worden. De flux van en naar de vennen is afhankelijk van het potentiaalverschil tussen het waterpeil in het ven en de grondwaterstand in de directe omgeving. Voor de vennen waarin de peilschalen P11 en P12 zijn geplaatst kan voor de grondwaterstand gebruik worden gemaakt van peilbuis B20 (locaties: Bijlage 2). Peilbuis B25 kan gebruikt worden voor de grondwaterstand in de omgeving van het ven met peilschaal P14. Het dichtst bij het ven met peilschaal P15 bevindt zich peilbuis B25b. Deze peilbuis valt echter regelmatig droog tot aan de keileemlaag. Slechts in perioden met een neerslag-overschot is er sprake van een freatisch vlak, wat in peilbuis B25b kan worden gemeten. De kans dat er op deze momenten ook oppervlakkige afstroming uit het ven plaatsvindt, is groot. Voor dit ven kan derhalve geen weerstandswaarde voor de wegzijging gevonden worden. Voor de omgeving van de dobbe met peilschaal P16 is geen representatieve peilbuis beschikbaar. Voor de vennen die geschikt zijn bevonden (met peilschaal P11, P12 en P14) is de wegzijgingsweerstand nader bekeken.

De oppervlaktewaterpeilen van ven P11 en ven P12 alsmede de grondwaterstand in de omgeving zijn weergegeven in figuur 4.20. In droge perioden daalt de grondwaterstand tot aan de keileem. De relatie tussen het oppervlaktewater en het grondwater is in deze figuur duidelijk waarneembaar. In perioden met een neerslag-tekort dalen zowel het grond- als het oppervlaktewaterpeil. In perioden met een neerslag-overschot stijgt het grondwater snel en kan dan boven het peil van het oppervlaktewater uitstijgen⁴. Er is dan tijdelijk sprake van een toestroming vanuit de omgeving naar het ven. Bij het ven met peilschaal P14, weergegeven in figuur 4.21, is hetzelfde beeld te zien. De grondwaterstand stijgt hier echter nooit tot boven het peil van het ven. Er zal dan ook altijd sprake zijn van wegzijging.



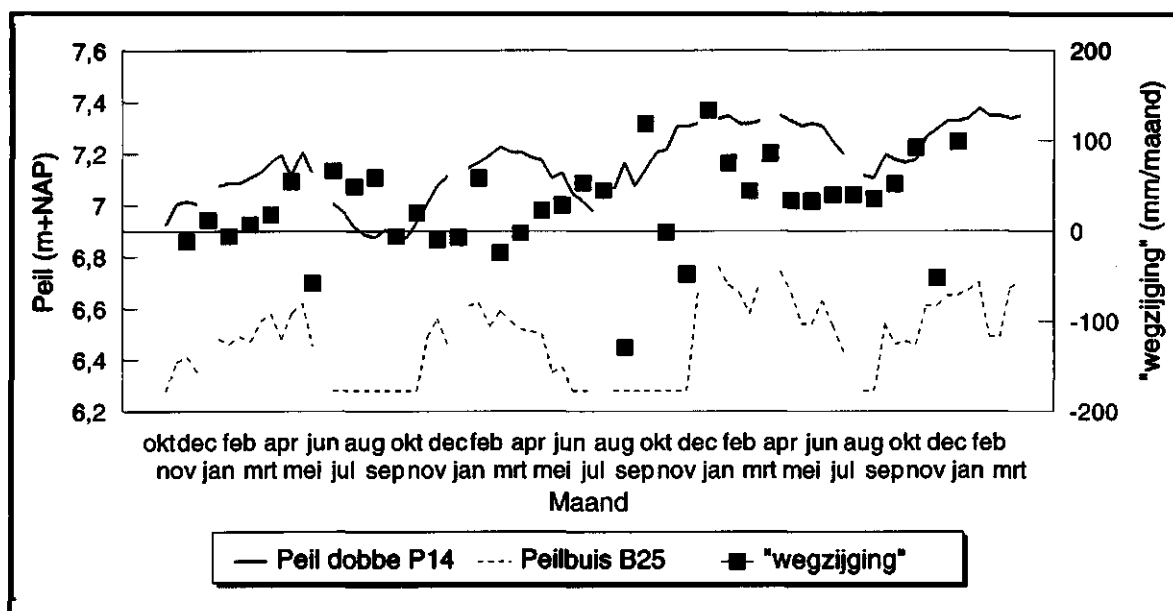
Figuur 4.20 Het peil in de vennen met peilschaal P11 en P12 en de grondwaterstand in de omgeving

De relatie tussen de wegzijging (mm/dag) en het potentiaalverschil (m) kan gevonden worden door de wegzijging per maand te bepalen en deze te vergelijken met het verschil tussen het gemiddelde venpeil en de gemiddelde grondwaterstand in deze maand. Tussen deze drie variabelen bestaat een eenduidige relatie. Voor de vennen met peilschaal P11, P12 en P14 zijn deze relaties verder uitgewerkt, als:

$$\text{wegzijging} = \text{neerslagoverschot} - \text{verandering in venpeil}$$

⁴De netto berging in de bodem is klein ten opzichte van het oppervlakte water (100%). Dit betekent theoretisch dat 1 mm neerslag een stijging van het freatisch vlak van 1 cm kan veroorzaken (als de berging in de onverzadigde zone wordt verwaarloosd).

Hierbij zijn alle variabelen uitgedrukt in millimeters per maand. De uitkomsten zijn op de



Figuur 4.21 Het peil in het ven met peilschaal P14 en de grondwaterstand in de omgeving

rechter-assen van de figuren 4.20 en 4.21 weergegeven. De term *wegzijging* staat tussen aanhalingstekens omdat er wel enkele beperkingen kleven aan deze vergelijking. In perioden met een neerslag-overschot zal mogelijk oppervlakkige toestroming of afstroming optreden. Aangezien er in de berekening gewerkt wordt met relatief kleine hoeveelheden water zal de fout in de uitkomsten dan ook groot zijn (in sommige gevallen is de uitkomst meer dan 100 mm per maand). Dit betekent dat alleen perioden met een neerslagtekort geschikt zijn. Indien de grondwaterstand daalt tot de keileem kan ook geen vergelijking opgesteld worden. Dit betekent dat er maar een paar relatief korte perioden geschikt zijn voor een nadere beschouwing.

Onder natte omstandigheden treedt er een kwelstroom op naar enkele vennen. Bij enkele vennen is sprake van een maximaal waterpeil; daarboven wordt het overtollige water oppervlakkig (over het maaiveld of door middel van greppels) afgevoerd. In de figuren is dit te zien aan de abrupte aftoppen van het peilverloop. Bij de vennen waar niet (of nauwelijks) sprake is van het afvoeren van water zal er een toename van de berging door het vergroten van het oppervlak van het ven optreden. Doordat het maaiveld relatief vlak is betekent dit dat het oppervlak van het ven in deze periode sterk toeneemt. Dit beeld wordt bevestigd door veldwaarnemingen⁵. Bij de omslag van neerslagoverschot naar een neerslagtekort gaan de dobben fungeren als een oppervlakkig reservoir, dat het water af gaat staan aan zijn omgeving. De laagste waterstanden in de vennen (in de zomer) vertonen een stijgende tendens. Ieder jaar is het peil aan het eind van de zomer (als het neerslagtekort omslaat naar een

⁵Het oorspronkelijk oppervlak van het ven is dan nog goed herkenbaar aan de oude oever met (pit)rus die als een ring boven het water uitsteekt.

neerslagoverschot) hoger als het voorgaande jaar. Dit betekent dat de vennen inmiddels als buffers zijn gaan fungeren. Deze versterkte waterbuffering is toe te schrijven aan de vernattingmaatregelen, en minder aan het verhoogde neerslagoverschot. Zonder de maatregelen zou de extra hoeveelheid water namelijk veel eerder (bij een lager peil in een ven) oppervlakkig zijn afgevoerd.

4.6 Waterbalans

Er zijn op de Duurswouderheide twee stroomgebieden geselecteerd, waarvan een waterbalans kan worden opgesteld. Figuur 4.22 geeft de stroomgebiedsgrenzen van beide



Figuur 4.22 De grenzen van de twee geselecteerde stroomgebieden

gebieden bij benadering weer. De waterbalans van deze stroomgebieden heeft de volgende vorm:

$$Q = P - E_{\text{act}} - \Delta V - W$$

waarin:	Q	=	afvoer (mm)
	P	=	neerslag (mm)
	E_{act}	=	actuele verdamping (mm)
	ΔV	=	bergingsverandering (mm)
	W	=	wegzijging (mm)

Er wordt bij voorkeur uitgegaan van lange perioden, bijvoorbeeld een jaar. Op die manier kan de bergingsverandering, dit is het verschil in de watervoorraad in de bodem (zowel in de onverzadigde als de verzadigde zone), worden verwaarloosd. Daardoor kan de waterbalans worden vereenvoudigd tot:

$$Q = P - E_{\text{act}} - W$$

De neerslag wordt door het KNMI geleverd in millimeters. Er hoeft voor de waterbalans dan ook geen conversie te worden uitgevoerd. De verdamping wordt eveneens geleverd in millimeters. Er is wel een correctie nodig op basis van het gewas (gewasfactor) en de vochttoestand van de bodem. De wegzijging is niet direct meetbaar, deze zal dan ook als restpost van de waterbalans worden bepaald. De afvoer wordt bepaald in liters per seconde. Aan de hand van de stroomgebiedsgrootte kan dit worden omgerekend in millimeters.

Het stroomgebied aan de westzijde van het gebied was aanvankelijk voorzien van een watermeter bij het uitstroompunt, waarmee de afvoer kon worden bepaald. Deze watermeter bleek bijzonder gevoelig voor verstopping. De meetreeks vertoont dan ook grote gaten. Later is deze watermeter vervangen door een stuw met een recorder om het peil bovenstrooms van de stuw te meten. Ook deze stuw is minder bruikbaar, doordat er een periode is geweest waarbij een relatief groot deel van het water onder de stuw door liep. Ook is de verdamping moeilijk te bepalen voor dit stroomgebied omdat het uit een combinatie van verschillende deelgebieden bestaat, namelijk open water, natte heide en bos. Er zou met verschillende gewasfactoren gewerkt kunnen worden, waarbij dan met een gewogen gemiddelde een stroomgebiedsverdamping wordt bepaald⁶. Dit is niet gedaan omdat ook de stroomgebiedsgrens op sommige plaatsen nog niet goed duidelijk is. In de waterbalans zijn de foutenmarges dan te groot om een uitspraak te kunnen doen over de restpost: de wegzijging, temeer omdat er nog een tweede stroomgebied beschikbaar is.

Het stroomgebied aan de oostzijde van het gebied bestaat voornamelijk uit natte heide en een relatief klein deel open water. Daarom kan worden gesteld dat de verdamping overeen zal komen met de Makkink verdamping (E_{ref}). Deze verdamping gaat immers uit van een goed van vocht voorzien kort gras. De gewasfactor wordt dan op 1,0 gesteld. Voor de

⁶De gewasfactor voor het bos is zeer moeilijk te geven omdat deze normaliter uitgaan van een optimale vochtvoorziening. Dit is duidelijk niet het geval.

neerslag en de verdamping zijn respectievelijk de KNMI-station Drachten en Eelde gebruikt (zie hoofdstuk 4.2.2). De waterbalans is opgesteld voor de hele duur van het project, waarbij dan wel de waterverliezen door laterale grondwaterstroming zijn verwaarloosd.

De gegevens voor de waterbalans zijn dan:

Periode	22 december 1991 t/m 21 december 1994
Totale afvoer	= 41.200 m ³
Oppervlak stroomgebied	= 456·10 ³ m ²
Neerslag	= 2820 mm
Verdamping (Makkink)	= 1615 mm
Gewasfactor	= 1,0
Neerslagoverschot	= 1205 mm
Bergingsverandering	= 0 mm

Er is in de betreffende 3 jaar dus in totaal 41.200 m³ / 45.6 ha ofwel 90 mm over de stuw afgevoerd. Dit levert een wegzijging op van (1205-90) mm / 1095 dagen, ofwel 1 mm/d. Deze wegzijging is hoger dan de resultaten van het eerste jaar, waar zo'n 0,5 mm viel te noteren (Dijksma, 1992).

Ter vergelijking worden nog een keer de gegevens van de waterbalans over het eerste meetjaar genoemd:

Periode	29 oktober 1991 t/m 28 oktober 1992
Totale afvoer	= 4023 m ³
Oppervlak stroomgebied	= 456·10 ³ m ²
Neerslag	= 785 mm
Verdamping (Makkink)	= 577 mm
Gewasfactor	= 1,0
Neerslagoverschot	= 208 mm
Bergingsverandering	= 0 mm

De verdamping is redelijk constant over de twee balansperioden (zie ook hoofdstuk 4.2.1). Hoewel een significant grotere hoeveelheid water oppervlakkig is afgevoerd (> 40.000 m³) blijft het aandeel in de waterbalans toch beperkt (< 10 %). De neerslag, en daarmee het neerslagoverschot, is sterk toegenomen. Een gering deel hiervan kan toch worden toegeschreven aan de bergingsverandering, deels verzadigde berging (stijging grondwaterspiegel) en deels onverzadigde berging (meer vocht in de onverzadigde zone). Het zal hierbij hooguit om enkele tientallen millimeters gaan, dus voor dergelijke lange waterbalansperioden verwaarloosbaar (1 à 2 %).

Als gevolg van de stijgende grondwaterspiegels is het stijghoogteverschil tussen het eerste en tweede watervoerende pakket toegenomen (zie hoofdstuk 4.3). Dit zal een versterkte wegzijging tot gevolg hebben. Het verklaart ook de grotere gradiënt in het tweede watervoerend pakket (opnieuw: als de transmissiviteit van het tweede watervoerend pakket gering is).

4.7 Samenvatting hydrologie

De meetreeks is gestart in het najaar van 1991. Het neerslagoverschot is dan laag. In de daaropvolgende jaren neemt het neerslagoverschot weer toe (figuur 4.1). Dit betekent dat het begin van de meetreeks gekenmerkt wordt door lage peilen. De tijdstijghoogtelijnen van de verschillende peilbuizen vertonen grote overeenkomsten met de maandelijkse variatie van het neerslagoverschot, zoals te zien in figuur 4.5. Dit geeft al aan dat het stijgende neerslagoverschot een niet onaanzienlijke factor is geweest tijdens de meetperiode. De meetreeks geeft wel uitsluitsel over de effecten van individuele beheersmaatregelen, zoals het dempen van sloten, het opzetten van peilen en het ophogen van laagten in het terrein. Deze maatregelen hebben tot gevolg gehad dat de afstroming is belemmerd en er een versterkte buffering van water is opgetreden. Daardoor zal de grondwaterstand gedurende een groot deel van het jaar dichter aan maaiveld staan vergeleken met de periode voor de beheersmaatregelen. Het is nog niet duidelijk of deze hogere grondwaterstand aanleiding zal geven tot een duidelijke verandering in vegetatie. Hiervoor is het effect van de depositie nog teveel een vraag, terwijl ook de gevolgen van de gedurende de zomer nog steeds behoorlijk diep wegzakkende grondwaterspiegel nog niet duidelijk zijn. Het Pijpestrootje zal vermoedelijk immers ook tijdens deze zomermaanden onder water moeten worden gehouden. Hierbij kan dan het best worden gekozen voor een combinatie met afplaggen, zodat het maaiveld enigszins wordt verlaagd en nutriënten worden afgevoerd. Met name in het deel van de Duurswouderheide rond de boekweitgreppels lijkt van een teruggang van het Pijpestrootje nog geen sprake.

De wegzijging is door de hogere waterstanden toegenomen. Dit lijkt te worden veroorzaakt door een plaatselijk geringe weerstand van de keileemlaag. Het onderliggende tweede watervoerend pakket lijkt op basis van de metingen van dunner en daarmee hydrologisch minder belangrijk als op grond van eerdere studies is verondersteld. Het tweede watervoerend pakket lijkt namelijk te bestaan uit hooguit enkele meters fijnzandig materiaal van de Formatie van Eindhoven, aan de onderzijde begrensd door de slechtdoorlatende potklei van de Formatie van Peelo. Het watervoerend vermogen van de Formatie van Eindhoven zou met een pompproef kunnen worden bepaald.

Het vervolg van dit onderzoek zou een modelstudie kunnen/moeten zijn. Met een dergelijke studie kunnen de effecten van beheersmaatregelen en variatie in neerslagoverschot worden gescheiden. Er kan dan ook inzicht worden verkregen over het te verwachten grondwaterpeil tijdens langere aaneengesloten relatief droge perioden. In ieder geval dienen de grondwaterstanden nog enkele jaren te worden gemeten.

5. Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- ▶ De verdroging van de Duurswouderheide (en in andere natuurterreinen in Nederland) wordt doorgaans gemeten aan de dalende grondwaterstanden en de verandering van de vegetatie, en dan met name de vergrassing. Hierbij wordt voorbijgegaan aan de effecten van de zure depositie en de verhoogde mineralisatie (als gevolg van de lagere grondwaterstanden).
- ▶ De vergrassing is een zelfversterkend systeem doordat de diepwortelende gewassen als Pijpestrootje bij diepe grondwaterstanden nog potentieel kunnen verdampen, terwijl de ondiep wortelende planten al verdrogen. De openvallende plaatsen kunnen dan worden ingenomen door de grassen.
- ▶ Herstel van de natuurlijke waterstanden (de waterstanden van voor de verkaveling) bevordert de groei van de natte heidetypen. Als de oppervlakte afvoer geremd wordt zal buffering van regenwater optreden, zowel in de vorm van grondwater als in de vorm van oppervlaktewater.
- ▶ Het opzetten van de peilen in het bos leidt tot produktievermindering. Door de zeer natte condities in de winter kunnen de wortelstelsels van de bomen worden aangestast. Deze verslechterde omstandigheden voor de bomen zal mogelijk leiden tot een lagere verdamping (ondanks de in de zomer voor het bos redelijk gunstige waterstand) waardoor de bufferende werking wordt versterkt. Als er een verdere verschuiving optreedt van naaldbos naar loofbos zal door de lagere interceptieverliezen van het loofbos een hoger neerslagoverschot en daarmee een groter waterbufferende werking optreden.
- ▶ Het neerslagoverschot in Friesland is onderhevig aan grote schommelingen. Het neerslagoverschot is tijdens de meetperiode toegenomen van zo'n 100 mm in 1991 tot meer bijna 600 mm in 1994.
- ▶ De stijghoogte in het tweede watervoerend pakket vertoont grote overeenkomsten met de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket, terwijl de gradiënt in het tweede watervoerend pakket groot is. De weerstand van de keileemlaag (eerste scheidende laag) is vermoedelijk dan ook laag. Ook kan het watervoerend vermogen van het tweede watervoerend pakket niet groot zijn.
- ▶ De grondwaterstroming ten westen van de boekweitgreppels is als gevolg van de vernattingsmaatregel in dit deelgebied (dempen van een afvoersloot) veranderd van een noordwestelijke richting (korte weg, en daardoor korte verblijftijden) naar een oostelijke richting. Hierdoor is een duidelijke stijging van grondwaterstanden opgetreden.
- ▶ De boekweitgreppels lijken nog steeds voor lage zomergrondwaterstanden te zorgen, doordat ze het neerslagoverschot (althans voor een deel) versneld afvoeren.
- ▶ De weerstand van de venbodems bedraagt zo'n 350 dagen. Daardoor vertonen de vennen een vergelijkbaar peilverloop, ongeacht de absolute ligging (tov. NAP) van deze vennen. Het maximumpeil wordt dan ook bepaald door het niveau waarbij de oppervlakkige afstroming begint.

- ▶ De waterbalans van het stroomgebied levert een wegzijging op van 1 mm/dag. Dit is een gemiddelde over de gehele meetperiode. De waterbalans over het eerste meetjaar gaf een wegzijging van 0,5 mm/dag. Ondanks de onzekerheden in de berekening kan worden gesteld dat de wegzijging is toegenomen.

5.2 Aanbevelingen

- ▶ Het is nog niet duidelijk wat het aandeel is van de vernattingsmaatregelen en wat het aandeel is van het toegenomen neerslagoverschot. Daarom zal nog enkele jaren moeten worden doorgemeten, temeer omdat de uitgangssituatie niet bekend is.
- ▶ Er zijn verschillende aanwijzingen dat het pakket waar de diepere peilbuizen in staan van beperkte omvang is en daardoor een beperkt watervoerend vermogen heeft. Dit is te bepalen middels een diepere boring midden op de heide. Ook is het eventueel mogelijk een summiere pompproef te houden in de bestaande buizen. Dit geeft een beter beeld van de effecten van de verdrogingsmaatregelen op de langere termijn.
- ▶ Het verdient aanbeveling om tenminste een deel van de boekweitgreppels af te dammen om zo een versnelde afvoer tegen te gaan. Dit kan, in combinatie met plaggen en/of grazen, in het sterk vergraste middengebied leiden tot hogere waterstanden en daarmee tot het terugdringen van Pijpestrootje.
- ▶ Met een hydrologische modelstudie kunnen de effecten van de beheersmaatregelen en de variatie in het neerslagoverschot worden gescheiden.

Literatuur

Altenburg, W & R. Griffioen, 1995.

Proefproject verdroging Duurswouderheide; monitoring indicatorsoorten 1994. Rapport 103, Altenburg & Wymenga.

Amstel, A.R. van, L.C. Braat, A.C. Garritsen, C.R. Gool, N. Gremmen, C.L.G. Groen, H.L.M. Rolf, J. Runhaar & J. Wiertz, 1989.

Verdroging van Natuur en Landschap in Nederland; deel1: beschrijving en analyse, deel 2: technisch rapport. [s.l.] : Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Braat, L.C., A. van Amstel, E. Nieuwhof, J. Runhaar & J.B. Vos, 1987.

Verdroging in Nederland: probleemverkenning. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 's Gravenhage. Publikatier-eeks milieubeheer: 13.

Brouwer, G.K., 1987

Grondwaterkaart van Nederland; Heerenveen Assen (11oost, 12west). Dienst Grondwater Verkenning TNO, 1987

Buit, A.M.C.F., 1994.

Een beschouwing over zeven proefprojecten verdroging. Landbouwwuni-versiteit Wageningen, vakgroep Waterhuishouding/RIZA, werkdocument nr. 94.109X, Lelystad.

Claessen, F.A.M., 1990.

Beleidsanalyse waterhuishouding Natuur-terrestisch, omslagtitel basis-rapport derde Nota waterhuishouding, Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA, Lelystad, nota nr. 89.081.

Dijksma, R., 1993.

Tegengaan verdroging Duurswouderheide; evaluatierapport 1992, Staatsbosbeheer; Waterschap het Koningsdiep en de Landbouwwuniversiteit Wageningen.

Hochstenbach, S.M.H. & N.J.M. Gremmen, 1989.

Effecten van ingrepen in de waterhuishouding op vegetatie en stand-plaats: resultaten van een deskundigenraadpleging. Utrecht: Studiecom-missie Waterbeheer, natuur, Bos en Landschap. rapport nr. 1q.

Hoogenboom, F.G.M. & N.P. Pellenbarg, 1990.

Grondwater. Omslagtitel Basisrapport derde Notawaterhuishouding. [Lelystad]: Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Nota Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA, nr. 90.045

Interprovinciaal Overleg, Interprovinciale Projectorganisatie Milieu, 1992.

Verdrogingsbestrijding: mogelijke aanpak, taakverdeling, intensivering onderzoek en maatregelen: projectplan. 's Gravenhage: IPO Publicatie nr. 12.16; IPM A83.

KNMI.

Jaaroverzicht van het weer in nederland. de Bilt, jaargang 1950 tot en met jaargang 91.

KNMI.

Maandoverzicht van het weer in nederland. de Bilt, jaargang 77 tot en met jaargang 91.

KNMI.

Maandoverzicht van de neerslag in nederland. de Bilt, jaargang 77 tot en met jaargang 87.

KNMI.

Jaaroverzicht neerslag & verdamping in nederland. de Bilt, jaargang 61 en jaargang 62.

Leuven, R.S.E.W. & F.J.J. Bles, 1989.

Verdroging in Nederland: oorzaken, omvang en oplossingen: proceedings van het symposium gehouden op 9 september 1988 in de Jaarbeurs te Utrecht. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, hoofddirectie waterstaat, 1991.

Brief: Rijksbijdrageregeling Regionaal Integraal Waterbeheer; aan: College van Gedeputeerde Staten van alle provincies en dagelijks bestuur van alle waterschappen, dd. 25 maart 1991[s.l.]

Pellenbarg, N.P., 1990.

Verdroging van een waterrijk land; trendmatige grondwaterstands daling in grote delen van Nederland, In: PT Civiele Techniek, nr 1, 1990.

Pellenbarg, N.P. en A.G.M. de Vrieze, 1991.

Proefprojecten verdroging 1991: een uitgebreide beschrijving. [s-Gravenhage]: Ministerie van Verkeer en waterstaat / RIZA, werkdocument nr. 91.124X.

Pellenbarg, N.P. en A.G.M. de Vrieze, 1992.

Proefprojecten verdroging 1992: technische aspecten en projectgegevens op basis van ingediende projectvoorstellen. [Den Haag]: Ministerie van Verkeer en waterstaat / RIZA, werkdocument nr. 92.130X.

Pellenbarg, N.P. en A.G.M. de Vrieze, 1993.

Proefprojecten verdroging 1993: technische aspecten en projectgegevens op basis van ingediende projectvoorstellen. [Den Haag]: Ministerie van Verkeer en waterstaat / RIZA, werkdocument nr. 94.019X.

Pellenbarg, N.P., 1992.

Evaluatie van in 1991 uitgevoerde proefprojecten verdrogingsbestrijding. [s-Gravenhage]: Ministerie van Verkeer en waterstaat / RIZA, werkdocument nr. 92.006X.

Provincie Friesland, 1991.

Eerste Waterhuishoudingsplan Friesland 1992 - 1995, Leeuwarden.

Provincie Friesland, 1992.

Staat er nog water? (een inventarisatie van verdrogingsproblemen in natuurgebieden in Friesland).

Provincie Friesland, 1993.

Ontwerp verdrogingsnotitie Water. [Leeuwarden]

Rolf, H.L.M., 1989.

Verlaging van de grondwaterstanden in Nederland: analyse periode 1950 - 1986. [s.l.]: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Roos, R. en V. Vintges, 1991.

Het milieu van de natuur: herkennen van verzuring, vermesting en verdroging in de natuur. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.

Staatsbosbeheer, Waterschap het Koningsdiep. 1991.

Definitief ontwerp proefproject Duurswouderheide. Beetsterzwaag.

Stiboka, 1971.

Bodemkaart van Nederland Schaal 1 : 50 000. Toelichting bij kaartblad 11 Oost Heerenveen, Wageningen.

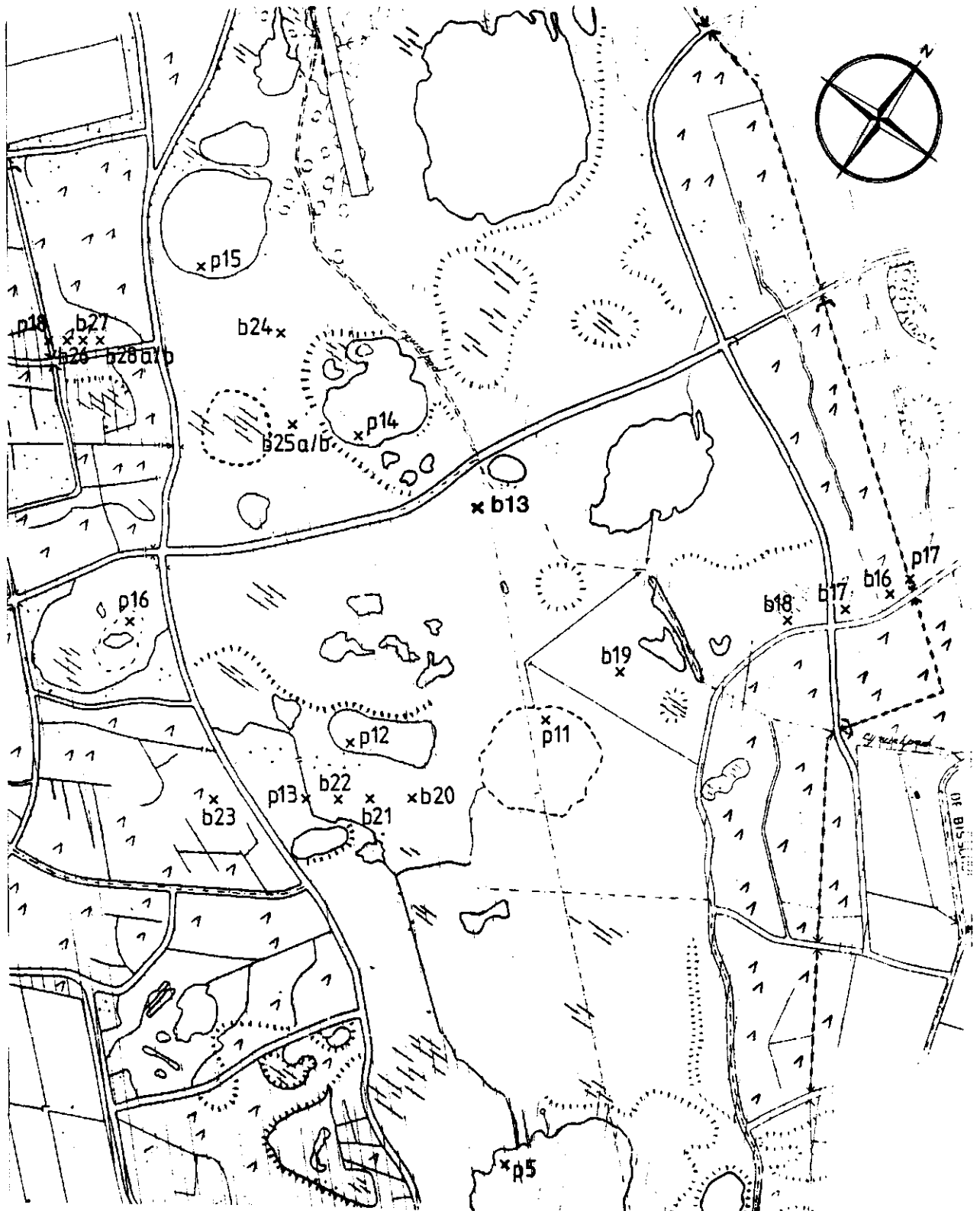
Unie van Waterschappen, 1991.

Brief: regionaal Integraal Waterbeheer; aan: minister van Verkeer en Waterstaat. 's Gravenhage, dd. 27 november 1991.

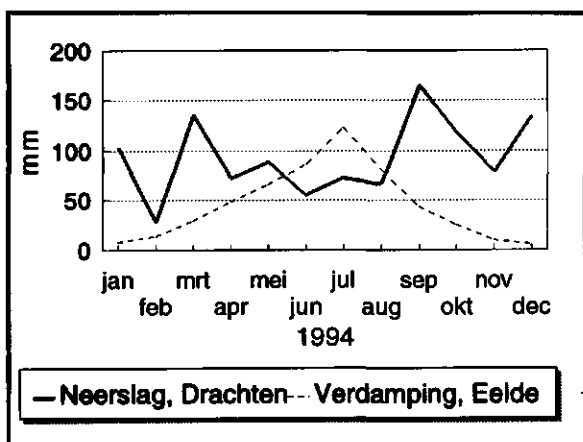
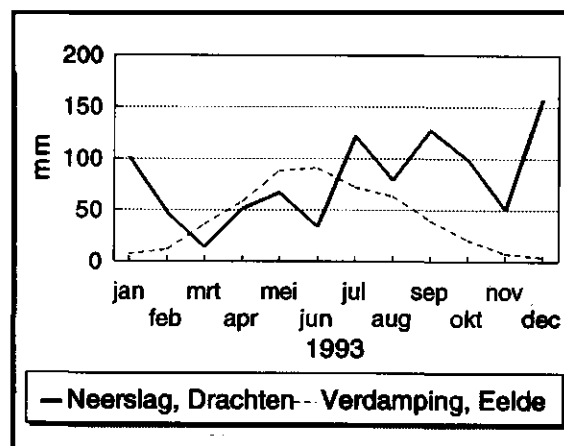
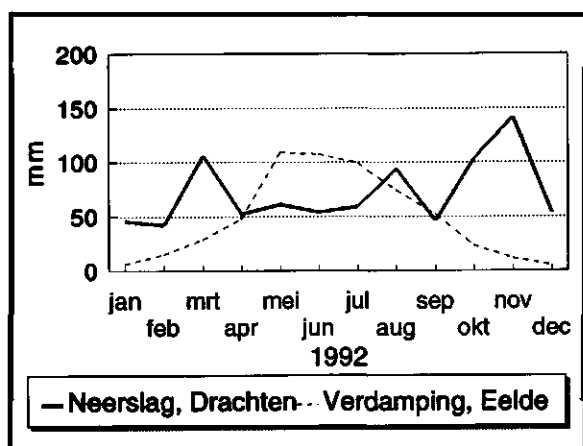
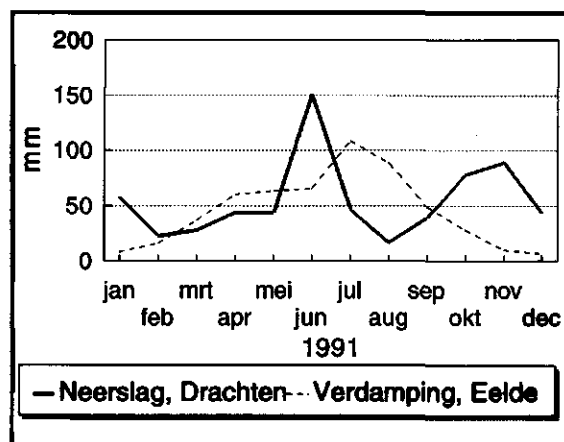
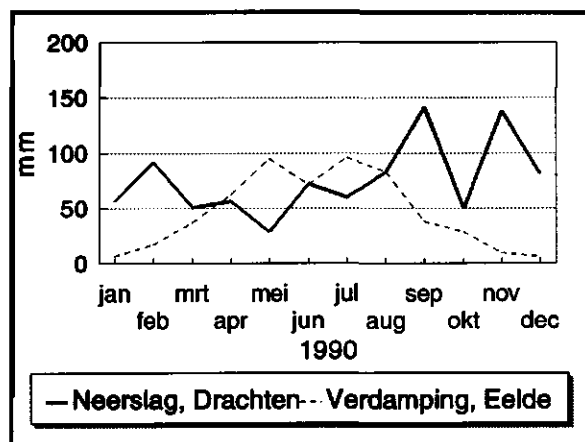
Veenenbos, J.S., 1953.

De bodemgesteldheid van de heide Duurswoude (Fr.). Wageningen, Stiboka.

Bijlage 1 De locaties van de peilbuizen en meetstuwen op de Duurswouderheide



Bijlage 2 De neerslag (Drachten) en de Makkink referentie verdamping (Eelde) voor de jaren 1990 - 1994



Bijlage 3

Afleiding betrekking voor stijgheighteverloop in een cirkelvormig infiltratiegebied (bv. Duurswoudsterheide).

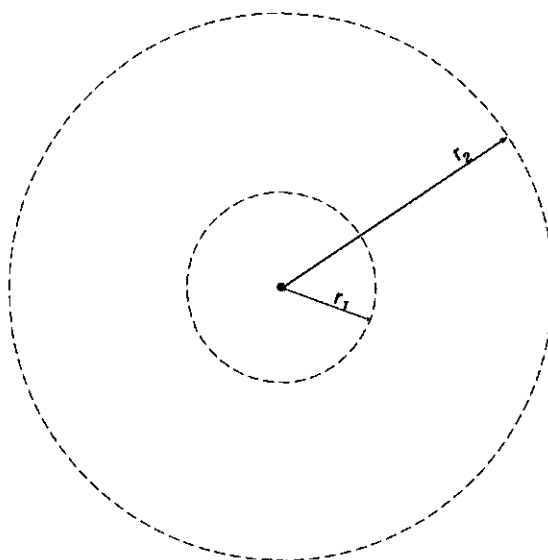


Fig. 1. Cirkelvormig gebied met equipotentiaallijnen

Fig. 1 toont twee cirkels die equipotentiaallijnen zijn in een radiale horizontale stroming, die wordt gevoed door infiltratie van bv. een neerslagoverschot $P-E$.

De basisvergelijkingen zijn:

$$Q(r) = \pi r^2 (P - E) \quad (1)$$

en

$$Q(r) = -2\pi rkD \frac{dh}{dr} \quad (2)$$

waar

Q = debiet [L^3T^{-1}]

r = afstand tot het middelpunt van het radiale stromingsbeeld [L]

h = stijgheight [L]

$P-E$ = neerslagoverschot [LT^{-1}]

Verg. (1) is gebaseerd op het continuïteitsprincipe, verg. (2) een uitwerking van de wet van Darcy. Uitgangspunt is, dat de stroming evenwijdig en horizontaal is. Elimineren van Q in (1) en (2) levert

$$(P - E)rdr = -2kDdh \quad (3)$$

Integratie levert:

$$(P - E)r^2 = -4kDh + C \quad (4)$$

waarin

C = integratieconstante [L^3T^{-1}]

Er is geen randvoorwaarde waarmee de integratieconstante C kan worden geëlimineerd. Daarom wordt verg. (4) geschreven voor 2 waarden r , waarna beide vergelijkingen van elkaar worden afgetrokken:

$$\begin{aligned} (P-E)r_1^2 &= -4kDh_1 + C \\ (P-E)r_2^2 &= -4kDh_2 + C \\ \hline (P-E)(r_1^2 - r_2^2) &= 4kD(h_2 - h_1) \end{aligned} \quad (5)$$

waar

- h_1 = stijghoogte op afstand r_1 van het middelpunt [L]
- h_2 = stijghoogte op afstand r_2 van het middelpunt [L]
- r_1 = eerste afstand tot het middelpunt [L]
- r_2 = tweede afstand tot het middelpunt [L]

Als r_2 gelijk aan de afstand van het middelpunt tot de gebiedsrand is en de stijghoogte aan de rand als referentie wordt genomen, geldt $h_2=0$. Dan geldt:

$$h = \frac{(P-E)(R^2 - r^2)}{4kD} \quad (6)$$

waar

- h = stijghoogte in het gebied op afstand r van het middelpunt [L] en gemeten ten opzichte van de stijghoogte op de gebiedsrand.
- r = afstand tot het middelpunt [L].
- R = straal van het gebied

Voor de stijghoogte in het middelpunt kan $r_1=0$ en $h_m=h$ worden gesteld, zodat:

$$h_m = \frac{(P-E)R^2}{4kD} \quad (7)$$

Bijlage 4 De meetreeksen van de peilbuizen en de peilscha- len.

Datum	P5		P11		P12	
	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)
	100	1,92				
29-10-91	110	1,93	370	6,367	190	6,329
14-11-91	190	2,01	550	6,547	280	6,419
27-11-91	0	1,82	450	6,447	270	6,409
12-12-91	180	2	420	6,417	260	6,399
27-12-91						
16-01-92	260	2,08	500	6,497	330	6,469
28-01-92	250	2,07	480	6,477	320	6,459
13-02-92	260	2,08	500	6,497	320	6,459
28-02-92	280	2,1	520	6,517	330	6,469
13-03-92	320	2,14	560	6,557	380	6,519
27-03-92	360	2,18	600	6,597	440	6,579
13-04-92	280	2,1	570	6,567	410	6,549
28-04-92	360	2,18	600	6,597	440	6,579
13-05-92	400	2,22	720	6,717	490	6,629
27-05-92	290	2,11	700	6,697	410	6,549
14-06-92						
29-06-92	190	2,01	410	6,407	260	6,399
15-07-92	140	1,96	380	6,377	230	6,369
28-07-92	90	1,91	310	6,307	170	6,309
13-08-92	40	1,86	380	6,377	100	6,239
28-08-92	30	1,85	360	6,357	90	6,229
14-09-92	0	1,82	290	6,287	110	6,249
28-09-92	0	1,82	270	6,267	80	6,219
14-10-92	0	1,82	240	6,237	70	6,209
28-10-92	40	1,86	300	6,297	110	6,249
13-11-92	100	1,92	370	6,367	190	6,329
30-11-92	200	2,02	470	6,467	260	6,399
14-12-92	280	2,1	510	6,507	300	6,439
28-12-92						
13-01-93	350	2,17	550	6,547	360	6,499
28-01-93	350	2,17	560	6,557	410	6,549
15-02-93	390	2,21	590	6,587	460	6,599
01-03-93	420	2,24	610	6,607	480	6,619
15-03-93	400	2,22	580	6,577	460	6,599
29-03-93	390	2,21	560	6,557	450	6,589
14-04-93	380	2,2	550	6,547	430	6,569
28-04-93	360	2,18	540	6,537	400	6,539
14-05-93	290	2,11	450	6,447	350	6,489
28-05-93	390	2,21	470	6,467	320	6,459
15-06-93	240	2,06	400	6,397	270	6,409
29-06-93	200	2,02	380	6,377	230	6,369
15-07-93	140	1,96	360	6,357	180	6,319
28-07-93						
16-08-93	240	2,06	390	6,387	260	6,399
30-08-93	240	2,06	400	6,397	260	6,399
14-09-93	240	2,06	410	6,407	260	6,399
28-09-93	300	2,12	590	6,587	320	6,459

Datum	P5		P11		P12	
	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	400	2,22	600	6,597	480	6,619
28-10-93	390	2,21	600	6,597	470	6,609
15-11-93	440	2,26	640	6,637	500	6,639
26-11-93	440	2,26	640	6,637	500	6,639
16-12-93	470	2,29	640	6,637	510	6,649
28-12-93						
14-01-94	680	2,5	630	6,627	510	6,649
31-01-94	730	2,55	640	6,637	510	6,649
14-02-94	730	2,55	640	6,637	500	6,639
28-02-94	700	2,52	610	6,607	500	6,639
14-03-94	770	2,59	640	6,637	510	6,649
28-03-94		1,82				
14-04-94	850	2,67	640	6,637	510	6,649
28-04-94	850	2,67	630	6,627	500	6,639
16-05-94	840	2,66	600	6,597	500	6,639
27-05-94	940	2,76	600	6,597	500	6,639
14-06-94	810	2,63	600	6,597	490	6,629
28-06-94	560	2,38	470	6,467	430	6,569
14-07-94	710	2,53	390	6,387	370	6,509
28-07-94						
15-08-94	610	2,43	390	6,387	280	6,419
26-08-94	600	2,42	370	6,367	270	6,409
19-09-94	650	2,47	480	6,477	340	6,479
29-09-94	640	2,46	480	6,477	320	6,459
13-10-94	630	2,45	440	6,437	310	6,449
27-10-94	620	2,44	430	6,427	310	6,449
14-11-94	710	2,53	540	6,537	410	6,549
28-11-94	740	2,56	560	6,557	490	6,629
14-12-94	780	2,6	560	6,557	510	6,649
21-12-94	780	2,6	560	6,557	510	6,649
16-01-95	700	2,52	590	6,587	510	6,649
27-01-95	750	2,57	660	6,657	570	6,709
14-02-95	700	2,52	640	6,637	550	6,689
28-02-95	690	2,51	640	6,637	450	6,589
14-03-95	680	2,5	630	6,627	560	6,699
28-03-95	640	2,46	640	6,637	560	6,699

Datum	P13		P14		P15	
	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)
29-10-91	0	6,032	310	6,924	240	5,869
14-11-91	300	6,332	390	7,004	300	5,929
27-11-91	300	6,332	400	7,014	300	5,929
12-12-91	360	6,392	390	7,004	290	5,919
27-12-91						
16-01-92	460	6,492	460	7,074	360	5,989
28-01-92	450	6,482	470	7,084	350	5,979
13-02-92	460	6,492	470	7,084	360	5,989
28-02-92	480	6,512	490	7,104	360	5,989
13-03-92	530	6,562	510	7,124	400	6,029
27-03-92	580	6,612	550	7,164	440	6,069
13-04-92	540	6,572	580	7,194	400	6,029
28-04-92	580	6,612	500	7,114	580	6,209
13-05-92	610	6,642	590	7,204	480	6,109
27-05-92	510	6,542	510	7,124	560	6,189
14-06-92						
29-06-92	330	6,362	390	7,004	270	5,899
15-07-92	0	6,032	360	6,974	240	5,869
28-07-92	0	6,032	300	6,914	180	5,809
13-08-92	0	6,032	270	6,884	130	5,759
28-08-92	0	6,032	260	6,874	110	5,739
14-09-92	0	6,032	290	6,904	130	5,759
28-09-92	0	6,032	260	6,874	100	5,729
14-10-92	0	6,032	260	6,874	80	5,709
28-10-92	0	6,032	320	6,934	140	5,769
13-11-92	250	6,282	390	7,004	200	5,829
30-11-92	390	6,422	460	7,074	280	5,909
14-12-92	500	6,532	500	7,114	330	5,959
28-12-92						
13-01-93	550	6,582	530	7,144	360	5,989
28-01-93	580	6,612	550	7,164	390	6,019
15-02-93	580	6,612	580	7,194	410	6,039
01-03-93	610	6,642	610	7,224	440	6,069
15-03-93	570	6,602	590	7,204	430	6,059
29-03-93	560	6,592	590	7,204	430	6,059
14-04-93	550	6,582	570	7,184	400	6,029
28-04-93	540	6,572	560	7,174	390	6,019
14-05-93	450	6,482	490	7,104	320	5,949
28-05-93	460	6,492	510	7,124	360	5,989
15-06-93	380	6,412	430	7,044	260	5,889
29-06-93	320	6,352	400	7,014	230	5,859
15-07-93	0	6,032	360	6,974	180	5,809
28-07-93						
16-08-93	400	6,432	450	7,064	360	5,989
30-08-93	370	6,402	550	7,164	260	5,889
14-09-93	370	6,402	460	7,074	270	5,899
28-09-93	500	6,532	520	7,134	330	5,959

Datum	P13		P14		P15	
	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	600	6,632	590	7,204	420	6,049
28-10-93	600	6,632	600	7,214	410	6,039
15-11-93	640	6,672	690	7,304	480	6,109
26-11-93	640	6,672	690	7,304	480	6,109
16-12-93	690	6,722	700	7,314	560	6,189
28-12-93						
14-01-94	650	6,682	720	7,334	580	6,209
31-01-94	700	6,732	730	7,344	600	6,229
14-02-94	630	6,662	700	7,314	590	6,219
28-02-94	630	6,662	700	7,314	580	6,209
14-03-94	660	6,692	710	7,324	610	6,239
28-03-94						
14-04-94	670	6,702	730	7,344	610	6,239
28-04-94	630	6,662	710	7,324	600	6,229
16-05-94	610	6,642	690	7,304	570	6,199
27-05-94	640	6,672	700	7,314	590	6,219
14-06-94	690	6,722	690	7,304	600	6,229
28-06-94	540	6,572	630	7,244	530	6,159
14-07-94	480	6,512	580	7,194	480	6,109
28-07-94						
15-08-94	340	6,372	500	7,114	400	6,029
26-08-94	300	6,332	490	7,104	310	5,939
19-09-94	440	6,472	580	7,194	460	6,089
29-09-94	420	6,452	560	7,174	430	6,059
13-10-94	410	6,442	550	7,164	430	6,059
27-10-94	400	6,432	560	7,174	440	6,069
14-11-94	560	6,592	650	7,264	530	6,159
28-11-94	600	6,632	680	7,294	570	6,199
14-12-94	630	6,662	710	7,324	590	6,219
21-12-94	630	6,662	710	7,324	590	6,219
16-01-95	650	6,682	720	7,334	600	6,229
27-01-95	770	6,802	760	7,374	630	6,259
14-02-95	690	6,722	730	7,344	610	6,239
28-02-95	690	6,722	730	7,344	610	6,239
14-03-95	680	6,712	720	7,334	610	6,239
28-03-95	680	6,712	730	7,344	730	6,359

Datum	P16		P17		P18	
	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)
29-10-91	390	5,79	0	4,872	0	4,431
14-11-91	500	5,9	250	5,122	250	4,681
27-11-91	480	5,88	220	5,092	310	4,741
12-12-91	460	5,86	190	5,062	280	4,711
27-12-91				4,872		
16-01-92	540	5,94	510	5,382	730	5,161
28-01-92	510	5,91	490	5,362	700	5,131
13-02-92	590	5,99	500	5,372	710	5,141
28-02-92	550	5,95	640	5,512	820	5,251
13-03-92	600	6	800	5,672	900	5,331
27-03-92	600	6	890	5,762	900	5,331
13-04-92	550	5,95	840	5,712	870	5,301
28-04-92	590	5,99	890	5,762	900	5,331
13-05-92	610	6,01	890	5,762	1020	5,451
27-05-92	500	5,9	790	5,662	800	5,231
14-06-92						
29-06-92	390	5,79	460	5,332	550	4,981
15-07-92	370	5,77	370	5,242	440	4,871
28-07-92	340	5,74	0	4,872	330	4,761
13-08-92	290	5,69	0	4,872	230	4,661
28-08-92	290	5,69	0	4,872	160	4,591
14-09-92	350	5,75	0	4,872	180	4,611
28-09-92	310	5,71	0	4,872	60	4,491
14-10-92	360	5,76	0	4,872	0	4,431
28-10-92	410	5,81	230	5,102	150	4,581
13-11-92	510	5,91	280	5,152	560	4,991
30-11-92	570	5,97	810	5,682	810	5,241
14-12-92	590	5,99	990	5,862	990	5,421
28-12-92						
13-01-93	590	5,99	990	5,862	1000	5,431
28-01-93	620	6,02	1000	5,872	1000	5,431
15-02-93	610	6,01	990	5,862	990	5,421
01-03-93	620	6,02	990	5,862	1000	5,431
15-03-93	580	5,98	970	5,842	980	5,411
29-03-93	550	5,95	900	5,772	960	5,391
14-04-93	540	5,94	860	5,732	980	5,411
28-04-93	530	5,93	840	5,712	950	5,381
14-05-93	460	5,86	690	5,562	790	5,221
28-05-93	500	5,9	690	5,562	560	4,991
15-06-93	480	5,88	530	5,402	650	5,081
29-06-93	410	5,81	440	5,312	550	4,981
15-07-93	360	5,76	320	5,192	440	4,871
28-07-93						
16-08-93	520	5,92	450	5,322	650	5,081
30-08-93	500	5,9	460	5,332	620	5,051
14-09-93	510	5,91	390	5,262	600	5,031
28-09-93	590	5,99	670	5,542	840	5,271

Datum	P16		P17		P18	
	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm+ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	610	6,01	1000	5,872	1000	5,431
28-10-93	650	6,05	990	5,862	960	5,391
15-11-93	670	6,07	980	5,852	1000	5,431
26-11-93	670	6,07	980	5,852	1000	5,431
16-12-93	760	6,16	550	5,422	1000	5,431
28-12-93						
14-01-94	730	6,13	480	5,352	1000	5,431
31-01-94	760	6,16	530	5,402	1010	5,441
14-02-94	690	6,09	450	5,322	1000	5,431
28-02-94	660	6,06	450	5,322	1000	5,431
14-03-94	730	6,13	1000	5,872	1010	5,441
28-03-94						
14-04-94	730	6,13	1000	5,872	1000	5,431
28-04-94	680	6,08	990	5,862	1000	5,431
16-05-94	650	6,05	990	5,862	1000	5,431
27-05-94	690	6,09	990	5,862	1000	5,431
14-06-94	650	6,05	970	5,842	970	5,401
28-06-94	580	5,98	840	5,712	820	5,251
14-07-94	430	5,83	690	5,562	700	5,131
28-07-94						
15-08-94	470	5,87	480	5,352	500	4,931
26-08-94	550	5,95	410	5,282	450	4,881
19-09-94	580	5,98	640	5,512	700	5,131
29-09-94	540	5,94	580	5,452	690	5,121
13-10-94	530	5,93	500	5,372	640	5,071
27-10-94	540	5,94	450	5,322	600	5,031
14-11-94	630	6,03	1000	5,872	980	5,411
28-11-94	650	6,05	990	5,862	1000	5,431
14-12-94	700	6,1	1000	5,872	1000	5,431
21-12-94	700	6,1	1000	5,872	1000	5,431
16-01-95	730	6,13	1000	5,872	920	5,351
27-01-95	820	6,22	1030	5,902	1070	5,501
14-02-95	740	6,14	1000	5,872	1020	5,451
28-02-95	730	6,13	1000	5,872	1010	5,441
14-03-95	720	6,12	990	5,862	1020	5,451
28-03-95	720	6,12	1000	5,872	1010	5,441

Datum	B13b(ondiep)		B13a(diep)		B16	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
	1700	6,4	3590	4,48		
29-10-91	1700	6,4	3590	4,48	1200	5,627
14-11-91	1580	6,52	3230	4,84	1200	5,627
27-11-91	1570	6,53	3060	5,01	1200	5,627
12-12-91	1700	6,4	3150	4,92	1200	5,627
27-12-91						
16-01-92	1700	6,4	2710	5,36	1200	5,627
28-01-92	1570	6,53	2540	5,53	1200	5,627
13-02-92	1700	6,4	2820	5,25	1200	5,627
28-02-92	1700	6,4	2710	5,36	1200	5,627
13-03-92	1700	6,4	2670	5,4	1200	5,627
27-03-92	1230	6,87	2300	5,77	850	5,977
13-04-92	1420	6,68	2520	5,55	1200	5,627
28-04-92	1220	6,88	2430	5,64	870	5,957
13-05-92	880	7,22	2110	5,96	870	5,957
27-05-92	1400	6,7	2590	5,48	1080	5,747
14-06-92						
29-06-92	1580	6,52	2930	5,14	1200	5,627
15-07-92	1570	6,53	3160	4,91	1200	5,627
28-07-92	1550	6,55	3130	4,94	1200	5,627
13-08-92	1580	6,52	3350	4,72	1200	5,627
28-08-92	1700	6,4	3360	4,71	1200	5,627
14-09-92	1700	6,4	3460	4,61	1200	5,627
28-09-92	1700	6,4	3570	4,5	1200	5,627
14-10-92	1700	6,4	3630	4,44	1200	5,627
28-10-92	1700	6,4	3550	4,52	1200	5,627
13-11-92	1560	6,54	3150	4,92	1200	5,627
30-11-92	1700	6,4	2610	5,46	910	5,917
14-12-92	1500	6,6	2400	5,67	810	6,017
28-12-92						
13-01-93	1410	6,69	2400	5,67	690	6,137
28-01-93	1130	6,97	2210	5,86	830	5,997
15-02-93	1160	6,94	2240	5,83	680	6,147
01-03-93	910	7,19	2080	5,99	850	5,977
15-03-93	1260	6,84	2380	5,69	930	5,897
29-03-93	1400	6,7	2510	5,56	1050	5,777
14-04-93	1370	6,73	2480	5,59	1130	5,697
28-04-93	1580	6,52	2320	5,75	1190	5,637
14-05-93	1560	6,54	2730	5,34	1200	5,627
28-05-93	1580	6,52	2770	5,3	1200	5,627
15-06-93	1700	6,4	2840	5,23	1200	5,627
29-06-93	1700	6,4	2970	5,1	1200	5,627
15-07-93	1700	6,4	3080	4,99	1200	5,627
28-07-93						
16-08-93	1700	6,4	2680	5,39	1200	5,627
30-08-93	1700	6,4	2640	5,43	1200	5,627
14-09-93	1700	6,4	2700	5,37	1200	5,627
28-09-93	1700	6,4	2380	5,69	890	5,937

Datum	B13b(ondiep)		B13a(diep)		B16	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	950	7,15	1840	6,23	790	6,037
28-10-93	1080	7,02	2000	6,07	870	5,957
15-11-93	1310	6,79	2240	5,83	950	5,877
26-11-93	1420	6,68	2260	5,81	980	5,847
16-12-93	520	7,58	1350	6,72	640	6,187
28-12-93						
14-01-94	600	7,5	1420	6,65	720	6,107
31-01-94	470	7,63	1360	6,71	670	6,157
14-02-94	760	7,34	1660	6,41	830	5,997
28-02-94	910	7,19	1820	6,25	900	5,927
14-03-94	420	7,68	1400	6,67	720	6,107
28-03-94						
14-04-94	520	7,58	1520	6,55	750	6,077
28-04-94	740	7,36	1680	6,39	860	5,967
16-05-94	630	7,47	1570	6,5	800	6,027
27-05-94	720	7,38	1600	6,47	790	6,037
14-06-94	850	7,25	1710	6,36	870	5,957
28-06-94	1150	6,95	2010	6,06	1200	5,627
14-07-94	1410	6,69	2210	5,86	1200	5,627
28-07-94						
15-08-94	1540	6,56	2610	5,46	1200	5,627
26-08-94	1560	6,54	2650	5,42	1200	5,627
19-09-94	1590	6,51	2450	5,62	900	5,927
29-09-94	1700	6,4	2370	5,7	1200	5,627
13-10-94	1700	6,4	2460	5,61	1200	5,627
27-10-94	1700	6,4	2590	5,48	1200	5,627
14-11-94	1400	6,7	2050	6,02	750	6,077
28-11-94	940	7,16	1690	6,38	750	6,077
14-12-94	730	7,37	1530	6,54	790	6,037
21-12-94	770	7,33	1570	6,5	890	5,937
16-01-95	580	7,52	1370	6,7	740	6,087
27-01-95	150	7,95	950	7,12	610	6,217
14-02-95	280	7,82	1140	6,93	720	6,107
28-02-95	340	7,76	1180	6,89	740	6,087
14-03-95	600	7,5	1460	6,61	uitgetrokken	6,827
28-03-95	330	7,77	1260	6,81		6,827

Datum	B17		B18		B19	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
29-10-91	700	5,866	710	5,784	960	5,737
14-11-91	700	5,866	420	6,074	380	6,317
27-11-91	700	5,866	450	6,044	540	6,157
12-12-91	700	5,866	580	5,914	870	5,827
27-12-91						
16-01-92	630	5,936	360	6,134	400	6,297
28-01-92	730	5,836	410	6,084	670	6,027
13-02-92	720	5,846	370	6,124	350	6,347
28-02-92	verwijderd	6,566	340	6,154	350	6,347
13-03-92			330	6,164	stuk	6,697
27-03-92			340	6,154	stuk	6,697
13-04-92			390	6,104	520	6,177
28-04-92			320	6,174	270	6,427
13-05-92			270	6,224	230	6,467
27-05-92			320	6,174	300	6,397
14-06-92						
29-06-92			760	5,734	960	5,737
15-07-92			760	5,734	960	5,737
28-07-92			760	5,734	960	5,737
13-08-92			760	5,734	960	5,737
28-08-92			760	5,734	960	5,737
14-09-92			760	5,734	960	5,737
28-09-92			760	5,734	960	5,737
14-10-92			760	5,734	960	5,737
28-10-92			420	6,074	960	5,737
13-11-92			390	6,104	280	6,417
30-11-92			320	6,174	300	6,397
14-12-92			320	6,174	270	6,427
28-12-92						
13-01-93			300	6,194	270	6,427
28-01-93			270	6,224	230	6,467
15-02-93			320	6,174	310	6,387
01-03-93			320	6,174	260	6,437
15-03-93			350	6,144	420	6,277
29-03-93			360	6,134	530	6,167
14-04-93			380	6,114	450	6,247
28-04-93			360	6,134	460	6,237
14-05-93			540	5,954	960	5,737
28-05-93			390	6,104	630	6,067
15-06-93			760	5,734	960	5,737
29-06-93			760	5,734	960	5,737
15-07-93			760	5,734	960	5,737
28-07-93						
16-08-93			430	6,064	410	6,287
30-08-93			420	6,074	400	6,297
14-09-93			400	6,094	320	6,377
28-09-93			320	6,174	270	6,427

Datum	B17		B18		B19	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93			290	6,204	250	6,447
28-10-93			300	6,194	260	6,437
15-11-93			340	6,154	220	6,477
26-11-93			360	6,134	240	6,457
16-12-93			190	6,304	220	6,477
28-12-93						
14-01-94			130	6,364	170	6,527
31-01-94			230	6,264	250	6,447
14-02-94			270	6,224	390	6,307
28-02-94	370	6,196	300	6,194	240	6,457
14-03-94	430	6,136	250	6,244	220	6,477
28-03-94		6,566				
14-04-94	420	6,146	250	6,244	270	6,427
28-04-94	450	6,116	280	6,214	300	6,397
16-05-94	450	6,116	300	6,194	250	6,447
27-05-94	440	6,126	280	6,214	230	6,467
14-06-94	460	6,106	300	6,194	310	6,387
28-06-94	500	6,066	370	6,124	360	6,337
14-07-94	560	6,006	570	5,924	320	6,377
28-07-94						
15-08-94	750	5,816	610	5,884	960	5,737
26-08-94	780	5,786	820	5,674	960	5,737
19-09-94	620	5,946	400	6,094	320	6,377
29-09-94	680	5,886	440	6,054	360	6,337
13-10-94	710	5,856	480	6,014	710	5,987
27-10-94	760	5,806	400	6,094	740	5,957
14-11-94	490	6,076	300	6,194	250	6,447
28-11-94	450	6,116	300	6,194	260	6,437
14-12-94	450	6,116	290	6,204	250	6,447
21-12-94	460	6,106	290	6,204	250	6,447
16-01-95	370	6,196	260	6,234	270	6,427
27-01-95	300	6,266	170	6,324	160	6,537
14-02-95	280	6,286	250	6,244	200	6,497
28-02-95	270	6,296	240	6,254	200	6,497
14-03-95	180	6,386	300	6,194	300	6,397
28-03-95	290	6,276	280	6,214	260	6,437

Datum	B20		B21		B22	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
29-10-91	1780	5,574	1890	5,36	1310	5,703
14-11-91	1780	5,574	1040	6,21	480	6,533
27-11-91	1780	5,574	1300	5,95	790	6,223
12-12-91	1780	5,574	1490	5,76	940	6,073
27-12-91						
16-01-92	1280	6,074	720	6,53	490	6,523
28-01-92	1470	5,884	1170	6,08	640	6,373
13-02-92	1440	5,914	830	6,42	350	6,663
28-02-92	1320	6,034	960	6,29	580	6,433
13-03-92	880	6,474	450	6,8	260	6,753
27-03-92	640	6,714	490	6,76	300	6,713
13-04-92	1140	6,214	890	6,36	600	6,413
28-04-92	630	6,724	480	6,77	320	6,693
13-05-92	560	6,794	500	6,75	320	6,693
27-05-92	1220	6,134	1160	6,09	780	6,233
14-06-92						
29-06-92	1780	5,574	1620	5,63	1120	5,893
15-07-92	1780	5,574	1820	5,43	1050	5,963
28-07-92	1780	5,574	1890	5,36	1490	5,523
13-08-92	1780	5,574	1890	5,36	1680	5,333
28-08-92	1780	5,574	1890	5,36	1700	5,313
14-09-92	1780	5,574	1890	5,36	1540	5,473
28-09-92	1780	5,574	1890	5,36	1700	5,313
14-10-92	1780	5,574	1890	5,36	1700	5,313
28-10-92	1780	5,574	1890	5,36	1390	5,623
13-11-92	1780	5,574	1020	6,23	960	6,053
30-11-92	1120	6,234	530	6,72	370	6,643
14-12-92	850	6,504	490	6,76	390	6,623
28-12-92						
13-01-93	710	6,644	490	6,76	330	6,683
28-01-93	660	6,694	460	6,79	320	6,693
15-02-93	880	6,474	700	6,55	450	6,563
01-03-93	800	6,554	510	6,74	330	6,683
15-03-93	1160	6,194	900	6,35	530	6,483
29-03-93	1210	6,144	980	6,27	540	6,473
14-04-93	1130	6,224	790	6,46	470	6,543
28-04-93	1150	6,204	840	6,41	540	6,473
14-05-93	1390	5,964	1220	6,03	740	6,273
28-05-93	1360	5,994	1210	6,04	760	6,253
15-06-93	1540	5,814	1390	5,86	970	6,043
29-06-93	1700	5,654	1520	5,73	1030	5,983
15-07-93	1720	5,634	1500	5,75	1280	5,733
28-07-93						
16-08-93	1410	5,944	1080	6,17	650	6,363
30-08-93	1500	5,854	1190	6,06	740	6,273
14-09-93	1620	5,734	1030	6,22	740	6,273
28-09-93	1480	5,874	870	6,38	520	6,493

Datum	B20		B21		B22	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	540	6,814	470	6,78	290	6,723
28-10-93	630	6,724	580	6,67	390	6,623
15-11-93	470	6,884	460	6,79	370	6,643
26-11-93	480	6,874	480	6,77	380	6,633
16-12-93	450	6,904	460	6,79	250	6,763
28-12-93						
14-01-94	440	6,914	430	6,82	180	6,833
31-01-94	530	6,824	480	6,77	260	6,753
14-02-94	970	6,384	590	6,66	400	6,613
28-02-94	920	6,434	530	6,72	440	6,573
14-03-94	490	6,864	520	6,73	270	6,743
28-03-94						
14-04-94	580	6,774	510	6,74	300	6,713
28-04-94	800	6,554	550	6,7	360	6,653
16-05-94	550	6,804	470	6,78	290	6,723
27-05-94	740	6,614	530	6,72	330	6,683
14-06-94	930	6,424	550	6,7	390	6,623
28-06-94	1290	6,064	1180	6,07	850	6,163
14-07-94	1540	5,814	1480	5,77	1010	6,003
28-07-94						
15-08-94	1780	5,574	1660	5,59	1020	5,993
26-08-94	1780	5,574	1730	5,52	1180	5,833
19-09-94	1470	5,884	620	6,63	310	6,703
29-09-94	1620	5,734	1330	5,92	790	6,223
13-10-94	1680	5,674	1350	5,9	850	6,163
27-10-94	1810	5,544	1080	6,17	400	6,613
14-11-94	750	6,604	490	6,76	300	6,713
28-11-94	580	6,774	520	6,73	300	6,713
14-12-94	580	6,774	480	6,77	300	6,713
21-12-94	590	6,764	480	6,77	320	6,693
16-01-95	550	6,804	490	6,76	290	6,723
27-01-95	460	6,894	440	6,81	220	6,793
14-02-95	490	6,864	460	6,79	270	6,743
28-02-95	490	6,864	460	6,79	270	6,743
14-03-95	620	6,734	510	6,74	310	6,703
28-03-95	560	6,794	470	6,78	260	6,753

Datum	B23		B24		B25a(diep)	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
29-10-91	2010	5,209	2490	4,872	1550	5,23
14-11-91	2010	5,209	1850	5,512	390	6,39
27-11-91	2010	5,209	1840	5,522	370	6,41
12-12-91	2010	5,209	1930	5,432	430	6,35
27-12-91						
16-01-92	1570	5,649	1540	5,822	300	6,48
28-01-92	2010	5,209	1720	5,642	320	6,46
13-02-92	1590	5,629	1720	5,642	290	6,49
28-02-92	1520	5,699	1550	5,812	310	6,47
13-03-92	1070	6,149	1290	6,072	230	6,55
27-03-92	1040	6,179	950	6,412	200	6,58
13-04-92	1320	5,899	1360	6,002	300	6,48
28-04-92	1010	6,209	1020	6,342	200	6,58
13-05-92	1010	6,209	800	6,562	160	6,62
27-05-92	1510	5,709	1470	5,892	330	6,45
14-06-92						
29-06-92	1970	5,249	1920	5,442	1550	5,23
15-07-92	1960	5,259	2070	5,292	1550	5,23
28-07-92	2010	5,209	2260	5,102	1550	5,23
13-08-92	2010	5,209	2280	5,082	1550	5,23
28-08-92	2010	5,209	2410	4,952	1550	5,23
14-09-92	2010	5,209	2260	5,102	1550	5,23
28-09-92	2010	5,209	2420	4,942	1550	5,23
14-10-92	2010	5,209	2490	4,872	1550	5,23
28-10-92	2010	5,209	2310	5,052	430	6,35
13-11-92	2010	5,209	2060	5,302	290	6,49
30-11-92	1470	5,749	1640	5,722	220	6,56
14-12-92	1250	5,969	1240	6,122	330	6,45
28-12-92						
13-01-93	1070	6,149	1080	6,282	170	6,61
28-01-93	1040	6,179	920	6,442	160	6,62
15-02-93	1200	6,019	1140	6,222	250	6,53
01-03-93	1030	6,189	800	6,562	190	6,59
15-03-93	1220	5,999	1220	6,142	230	6,55
29-03-93	1320	5,899	1320	6,042	260	6,52
14-04-93	1290	5,929	1320	6,042	270	6,51
28-04-93	1380	5,839	1380	5,982	280	6,5
14-05-93	1700	5,519	1670	5,692	430	6,35
28-05-93	1660	5,559	1710	5,652	410	6,37
15-06-93	1920	5,299	1860	5,502	1550	5,23
29-06-93	2010	5,209	1970	5,392	1550	5,23
15-07-93	2010	5,209	2120	5,242	1550	5,23
28-07-93						
16-08-93	1870	5,349	1700	5,662	350	6,43
30-08-93	1950	5,269	1740	5,622	350	6,43
14-09-93	2010	5,209	1760	5,602	330	6,45
28-09-93	1640	5,579	1520	5,842	150	6,63

Datum	B23		B24		B25a(diep)	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	1220	5,999	890	6,472	140	6,64
28-10-93	1340	5,879	910	6,452	140	6,64
15-11-93	1000	6,219	790	6,572	120	6,66
26-11-93	1030	6,189	810	6,552	120	6,66
16-12-93	820	6,399	390	6,972	120	6,66
28-12-93						
14-01-94	820	6,399	440	6,922	20	6,76
31-01-94	820	6,399	410	6,952	90	6,69
14-02-94	1040	6,179	860	6,502	120	6,66
28-02-94	970	6,249	810	6,552	200	6,58
14-03-94	810	6,409	220	7,142	80	6,7
28-03-94						
14-04-94	880	6,339	560	6,802	40	6,74
28-04-94	1070	6,149	900	6,462	120	6,66
16-05-94	990	6,229	710	6,652	240	6,54
27-05-94	1140	6,079	850	6,512	240	6,54
14-06-94	1280	5,939	900	6,462	150	6,63
28-06-94	1550	5,669	1240	6,122	250	6,53
14-07-94	1830	5,389	1530	5,832	350	6,43
28-07-94						
15-08-94	2010	5,209	1970	5,392	1550	5,23
26-08-94	2010	5,209	2020	5,342	1550	5,23
19-09-94	1800	5,419	1590	5,772	240	6,54
29-09-94	2010	5,209	1660	5,702	320	6,46
13-10-94	2010	5,209	1740	5,622	310	6,47
27-10-94	2010	5,209	1870	5,492	320	6,46
14-11-94	1470	5,749	1010	6,352	170	6,61
28-11-94	1380	5,839	880	6,482	170	6,61
14-12-94	1100	6,119	610	6,752	130	6,65
21-12-94	1120	6,099	660	6,702	130	6,65
16-01-95	960	6,259	480	6,882	110	6,67
27-01-95	580	6,639	230	7,132	80	6,7
14-02-95	790	6,429	220	7,142	290	6,49
28-02-95	810	6,409	230	7,132	290	6,49
14-03-95	930	6,289	620	6,742	100	6,68
28-03-95	790	6,429	210	7,152	80	6,7

Datum	B25b(ondiep)		B26		B27	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
29-10-91	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
14-11-91	460	6,423	1700	5,298	2050	5,015
27-11-91	510	6,373	1700	5,298	2050	5,015
12-12-91	510	6,373	1700	5,298	2050	5,015
27-12-91						
16-01-92	450	6,433	1700	5,298	2050	5,015
28-01-92	460	6,423	1700	5,298	2050	5,015
13-02-92	460	6,423	1700	5,298	2050	5,015
28-02-92	460	6,423	1700	5,298	2050	5,015
13-03-92	350	6,533	1700	5,298	2050	5,015
27-03-92	360	6,523	1700	5,298	2050	5,015
13-04-92	430	6,453	1700	5,298	1760	5,305
28-04-92	370	6,513	1700	5,298	1550	5,515
13-05-92	310	6,573	1440	5,558	1280	5,785
27-05-92	470	6,413	1700	5,298	1880	5,185
14-06-92						
29-06-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
15-07-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
28-07-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
13-08-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
28-08-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
14-09-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
28-09-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
14-10-92	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
28-10-92	430	6,453	1700	5,298	2050	5,015
13-11-92	290	6,593	1700	5,298	2050	5,015
30-11-92	220	6,663	1700	5,298	2050	5,015
14-12-92	190	6,693	1700	5,298	2050	5,015
28-12-92						
13-01-93	330	6,553	1580	5,418	1780	5,285
28-01-93	260	6,623	1570	5,428	1580	5,485
15-02-93	340	6,543	1590	5,408	1530	5,535
01-03-93	320	6,563	1420	5,578	1260	5,805
15-03-93	430	6,453	1700	5,298	1580	5,485
29-03-93	410	6,473	1700	5,298	1680	5,385
14-04-93	420	6,463	1700	5,298	1670	5,395
28-04-93	450	6,433	1700	5,298	1760	5,305
14-05-93	590	6,293	1700	5,298	2040	5,025
28-05-93	520	6,363	1700	5,298	2050	5,015
15-06-93	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
29-06-93	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
15-07-93	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
28-07-93						
16-08-93	470	6,413	1700	5,298	2050	5,015
30-08-93	510	6,373	1700	5,298	2050	5,015
14-09-93	490	6,393	1700	5,298	2050	5,015
28-09-93	320	6,563	1700	5,298	2050	5,015

Datum	B25b(ondiep)		B26		B27	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	290	6,593	1700	5,298	1700	5,365
28-10-93	290	6,593	1700	5,298	1700	5,365
15-11-93	270	6,613	1400	5,598	1540	5,525
26-11-93	270	6,613	1460	5,538	1560	5,505
16-12-93	260	6,623	1150	5,848	960	6,105
28-12-93						
14-01-94	140	6,743	1100	5,898	750	6,315
31-01-94	220	6,663	1050	5,948	760	6,305
14-02-94	250	6,633	1350	5,648	1000	6,065
28-02-94	240	6,643	1300	5,698	980	6,085
14-03-94	220	6,663	1110	5,888	720	6,345
28-03-94						
14-04-94	220	6,663	1140	5,858	760	6,305
28-04-94	210	6,673	1360	5,638	1060	6,005
16-05-94	400	6,483	1340	5,658	1040	6,025
27-05-94	280	6,603	1470	5,528	1180	5,885
14-06-94	290	6,593	1700	5,298	1400	5,665
28-06-94	390	6,493	1700	5,298	1670	5,395
14-07-94	480	6,403	1700	5,298	1950	5,115
28-07-94						
15-08-94	570	6,313	1700	5,298	2050	5,015
26-08-94	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
19-09-94	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
29-09-94	1000	5,883	1700	5,298	2050	5,015
13-10-94	450	6,433	1700	5,298	2050	5,015
27-10-94	440	6,443	1700	5,298	2050	5,015
14-11-94	310	6,573	1700	5,298	1870	5,195
28-11-94	310	6,573	1700	5,298	1580	5,485
14-12-94	270	6,613	1460	5,538	1310	5,755
21-12-94	270	6,613	1510	5,488	1350	5,715
16-01-95	260	6,623	1300	5,698	940	6,125
27-01-95	220	6,663	810	6,188	540	6,525
14-02-95	220	6,663	980	6,018	650	6,415
28-02-95	220	6,663	990	6,008	660	6,405
14-03-95	260	6,623	1130	5,868	780	6,285
28-03-95	220	6,663	990	6,008	670	6,395

Datum	B28a(diep)		B28b(ondiep)	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
29-10-91	4100	2,831	1770	5,257
14-11-91	3640	3,291	1770	5,257
27-11-91	3630	3,301	1770	5,257
12-12-91	3710	3,221	1770	5,257
27-12-91			1770	
16-01-92	3300	3,631	1770	5,257
28-01-92	3520	3,411	1770	5,257
13-02-92	3410	3,521	1770	5,257
28-02-92	3380	3,551	1770	5,257
13-03-92	3300	3,631	1770	5,257
27-03-92	3070	3,861	1770	5,257
13-04-92	3400	3,531	1770	5,257
28-04-92	3370	3,561	1500	5,527
13-05-92	3220	3,711	1240	5,787
27-05-92	3600	3,331	1770	5,257
14-06-92				
29-06-92	3980	2,951	1770	5,257
15-07-92	4070	2,861	1770	5,257
28-07-92	4140	2,791	1770	5,257
13-08-92	4200	2,731	1770	5,257
28-08-92	4220	2,711	1770	5,257
14-09-92	4170	2,761	1770	5,257
28-09-92	4270	2,661	1770	5,257
14-10-92	4290	2,641	1770	5,257
28-10-92	4080	2,851	1770	5,257
13-11-92	3720	3,211	1770	5,257
30-11-92	3190	3,741	1770	5,257
14-12-92	3090	3,841	1770	5,257
28-12-92				
13-01-93	3150	3,781	1770	5,257
28-01-93	3100	3,831	1680	5,347
15-02-93	3240	3,691	1510	5,517
01-03-93	3110	3,821	1000	6,027
15-03-93	3340	3,591	1580	5,447
29-03-93	3440	3,491	1620	5,407
14-04-93	3410	3,521	1640	5,387
28-04-93	3540	3,391	1770	5,257
14-05-93	3730	3,201	1770	5,257
28-05-93	3810	3,121	1770	5,257
15-06-93	3890	3,041	1770	5,257
29-06-93	3990	2,941	1770	5,257
15-07-93	4060	2,871	1770	5,257
28-07-93				
16-08-93	3690	3,241	1770	5,257
30-08-93	3760	3,171	1770	5,257
14-09-93	3700	3,231	1770	5,257
28-09-93	3500	3,431	1770	5,257

Datum	B28a(diep)		B28b(ondiep)	
	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)	gemeten peil (mm-ref.)	peil (m + N.A.P)
13-10-93	3060	3,871	1770	5,257
28-10-93	3190	3,741	1740	5,287
15-11-93	3220	3,711	1670	5,357
26-11-93	3290	3,641	1570	5,457
16-12-93	860	4,071	900	6,127
28-12-93				
14-01-94	2870	4,061	630	6,397
31-01-94	2880	4,051	650	6,377
14-02-94	3100	3,831	870	6,157
28-02-94	3340	3,591	830	6,197
14-03-94	2960	3,971	610	6,417
28-03-94				
14-04-94	2930	4,001	640	6,387
28-04-94	3200	3,731	880	6,147
16-05-94	3330	3,601	840	6,187
27-05-94	3200	3,731	1000	6,027
14-06-94	3230	3,701	1240	5,787
28-06-94	3510	3,421	1510	5,517
14-07-94	3630	3,301	1770	5,257
28-07-94				
15-08-94	3930	3,001	1770	5,257
26-08-94	4020	2,911	1770	5,257
19-09-94	3610	3,321	1770	5,257
29-09-94	3560	3,371	1770	5,257
13-10-94	3640	3,291	1770	5,257
27-10-94	3770	3,161	1770	5,257
14-11-94	3170	3,761	1770	5,257
28-11-94	3030	3,901	1540	5,487
14-12-94	3010	3,921	1250	5,777
21-12-94	2990	3,941	1240	5,787
16-01-95	2920	4,011	770	6,257
27-01-95	2780	4,151	440	6,587
14-02-95	2850	4,081	510	6,517
28-02-95	2890	4,041	540	6,487
14-03-95	2980	3,951	630	6,397
28-03-95	3000	3,931	550	6,477