

Verslag van een onderzoek naar de invloed van de vegetatie op de kwaliteit van het duinwater

samengesteld door

Dr R. WIND Hzn.

Secretaris van de technische commissie voor
duinonderzoek

Mededeling no. 12 (1952)



INSTITUUT VOOR
TOEGEPAST BIOLOGISCH ONDERZOEK IN DE NATUUR
„MARIËNDAAL” – OOSTERBEEK – NEDERLAND

INHOUD

	blz.
VOORWOORD	7
HOOFDSTUK I. INLEIDING	9
HOOFDSTUK II. IETS OVER DE WATERHUISHOUDING IN DE BODEM BOVEN HET PHREATISCH VLAK	15
HOOFDSTUK III. DE ONTWIKKELING VAN DE METHODIEK . . .	29
A. Proeven met betonnen bakken en geglazuurde gresbuizen, gevuld met duinzand, met of zonder strooisellaag daarop . . .	29
1. Betonnen bakken	29
2. Geglazuurde gresbuizen	30
B. Bewerking van monsters in proefperken genomen	31
1. Verdringingsproces in geglazuurde gresbuizen (ingevulde grond)	31
2. Monsters steken met stalen buizen, waarin de grond aan het verdringingsproces wordt onderworpen (ongeroorde grond)	34
3. Oppompen van grondwater	36
C. Het gebruik van fluoresceïne als indicator voor het opgegoten water	37
HOOFDSTUK IV. DE PROEFPERKEN EN DE PROEFTERREINEN . .	42
HOOFDSTUK V. BESPREKING VAN DE RESULTATEN DER PROEVEN	49
I. Waarnemingen bij ingevulde grond. . .	49
A. Proef met betonnen bakken.	49
B. Proef met geglazuurde gresbuizen. .	53
C. Verdringingsproef bij ingevulde grond	61

	blz.
II. Waarnemingen bij ongeroerde grond . .	62
1. Kleurgetal	68
2. Zuurgraad	70
3. Organische stof	73
4. Totale hardheid	76
5. Tijdelijke hardheid	77
6. Hydrocarbonaat (HCO_3 -ion)	78
7. IJzer	79
8. Chloriden	81
9. Nitraat	82
HOOFDSTUK VI. VERDRINGINGSPROEF TE KATWIJK	84
HOOFDSTUK VII. HET OPVANGEN VAN ZOUT UIT DE LUCHT DOOR EEN DENNENBOSJE IN DE DUINEN	97
HOOFDSTUK VIII. NABESCHOUWING	109
AFBEELDINGEN versus 112 en 113	
SAMENVATTING	113
SUMMARY	118
RÉSUMÉ	123
De tekeningen, grafieken en tabellen zijn opgenomen in een afzonderlijke bijlage.	

VOORWOORD

De hierna volgende publicatie is het verslag der werkzaamheden van de Technische Commissie voor Duinonderzoek, opgesteld door de secretaris van de commissie. Daar dit onderzoek hierna als geëindigd moet worden beschouwd, is het gewenst een kort overzicht te geven van doel, organisatie en uitvoering der werkzaamheden.

In 1949 is door het Centraal Comité van het Instituut voor Toegepast-Biologisch Onderzoek in de Natuur (Itbon) ingesteld een Comité voor Duinonderzoek, dat als volgt werd samengesteld:

Prof. Dr G. A. VAN POELJE, *voorzitter*;

Ir C. BIEMOND, directeur van de Gemeente Waterleidingen van Amsterdam;

Ir A. J. GURCK, directeur van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage;

Ir H. HOLLAAR, directeur van het Gemeentelijk Waterbedrijf van Haarlem;

Dr Ir P. C. LINDENBERGH, directeur van de N.V. Leidsche Duinwatermaatschappij;

Ir B. F. VAN NIEVELT, directeur van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noordholland, *leden*

Dr A. D. VOÛTE, directeur van het Instituut voor Toegepast-Biologisch Onderzoek in de Natuur, *secretaris*.

Dit comité besloot een onderzoek te doen instellen naar de invloed van de vegetatie op de kwaliteit van het water onze duinen, welk probleem urgent was geworden in verband met het feit, dat er een sterke aandrang wordt uitgeoefend bepaalde duinterreinen te bebossen en niet bekend was, welke invloed het drinkwater hiervan zou ondervinden.

Voor het uitvoeren van deze werkzaamheden stelde dit Comité voor Duinonderzoek een Technische Commissie voor Duinonderzoek in, die thans als volgt is samengesteld:

Dr A. D. VOÛTE, directeur van het I.T.B.O.N., *voorzitter*;

Ir H. M. Bos, hoofdingenieur bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage;

Z. VAN DOORN, adjunct-directeur van de Stichting voor Bodemkartering;

Dr G. P. H. VAN HEUSDEN, bioloog bij de Gemeentewaterleidingen van Amsterdam;

Ir J. G. G. JELLES, hoofdingenieur bij het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noordholland;

Ir A. STOFFELS, houtvester bij het Staatsbosbeheer, *leden*.

Door het Itbon werd een bioloog aangesteld, onder wiens directe leiding het werk is geschied en die als secretaris van de commissie optrad.

In 1949 was dit de heer Z. VAN DOORN, die op 1 Januari 1950 als zodanig is opgevolgd door Dr R. WIND HZN.

De Technische Commissie kwam regelmatig bijeen om de werkzaamheden te bespreken. Een groot deel der vergaderingen is bijgewoond door de heer W. A. HENNEVELT, Technisch ambtenaar bij de Haagse Duinwaterleiding.

Het werk is in hoofdzaak uitgevoerd in de duinen bij Den Haag, Leiden en Haarlem en in de laboratoria van het Itbon en de Haagse Duinwaterleiding.

Wij ondervonden de grootst mogelijke medewerking van de verschillende duinwaterleidingen. Speciaal moet worden vermeld, dat de directeur van de N.V. Leidsche Duinwatermaatschappij bereid bleek een proef te nemen, waardoor ons inzicht in het probleem aanmerkelijk kon worden verdiept.

De Technische Commissie heeft voor het begin van het onderzoek contact opgenomen met het Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen en vervolgens met het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage en later met het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noordholland en wel speciaal inzake het lysimeteronderzoek. Deze contacten en wel vooral dat met het P.W.N. waren een belangrijke steun voor het ontwikkelen van een methodiek tot het verkrijgen van hangwater, welke methodiek is gepubliceerd in „Water”, als mededeling no. 1 en 2 van de Technische Commissie voor Duinonderzoek.

Bij het beëindigen van dit onderzoek wordt de Technische Commissie ontbonden. Het is het Comité een behoefte dank te brengen aan de leden der commissie voor de wijze waarop zij hun taak hebben opgevat, waardoor het werk tot een goed einde kon worden gebracht en speciaal aan de beide secretarissen, de heren Z. VAN DOORN en Dr R. WIND HZN, voor het vele werk, dat zij hebben gedaan.

Namens het Comité voor Duinonderzoek,
de Voorzitter,

Prof. Dr G. A. VAN POELJE

de Secretaris,
Dr A. D. VOÛTE

HOOFDSTUK I

INLEIDING

Het onderzoek zou de kwalitatieve invloed van verschillende duinbegroeiingen op het duinwater omvatten, of met andere woorden: de verandering, die het regenwater ondergaat op zijn weg, eerst door de strooisellaag en vervolgens door de verschillende lagen van het duinzand, tot het als drainwater wordt opgevangen.

Alvorens dit water zich bij het grondwater heeft gevoegd en als zodanig wordt opgepompt, heeft het waarschijnlijk veranderingen ondergaan, die nauw met dit onderzoek verband houden.

Het bleek aldaar, dat er van de aard der processen, die zich daarbij in de duingrond afspelen, weinig bekend of onderzocht is en nog minder gepubliceerd. Een gangbare methode van onderzoek vond de heer VAN DOORN evenmin in de literatuur. Bij landbouwkundig onderzoek gaat het meestal om bemeste landbouwgronden en wel speciaal om de bovenste laag van de grond, de bouwkuin of bouwvoor en op dit gebied is wel veel onderzocht. Daarvoor wordt gebruik gemaakt o.a. van lysimeters met *ingevulde* grond. Bij dit duinonderzoek komt het evenwel noodzakelijk voor uit te gaan van *ongeroeerde* grond. Voor dit onderzoek kunnen de gangbare lysimeters niet gebruikt worden.

Voor het leren kennen van de invloed van de begroeiing op het grondwater, is het nodig de samenstelling van het infiltrerende water op verschillende diepten onder het maaiveld te kunnen nagaan. Men zou dus het zogenoemde „hangwater” (zie hoofdstuk II) moeten opvangen en analyseren. Immers dit hangwater komt voor in het gebied boven de capillaire zone en dit gebied is de tijdelijke verblijfplaats van alle geïnfiltreerde neerslag. Het is dus van belang te onderzoeken welke processen zich daar afspelen met het door het omlaag zakkende water uit de strooisellaag opgenomen stoffen. Hoe nu dit hangwater te verkrijgen?

Naar aanleiding van een bespreking met deskundigen werd allereerst overwogen een proef te nemen met koperen vanggoten, circa 3 m lang, 10 à 15 cm wijd, die van een loodrechte wand (loopgraaf) uit, al dan niet na voorboren, schuinoplopend in het duinzand waren aangebracht.

De Technische Commissie besloot een vanggoot in een eenvoudige

uitvoering aan te brengen in de Haagse duinen en op het terrein van het Itbon, op Mariëndaal, bij Oosterbeek. Deze proefgoten leverden geen gunstig resultaat op. Bij nadere bestudering leek het ook waarschijnlijk, dat zulke goten weinig of niets zouden opvangen, doch dat het water zijdelings zou uitwijken en naast de goten zijn capillaire weg zou vervolgen. Een andere proef nl. om met poreuze kaarsen (filters) het gewenste water aan het duinzand te onttrekken, bracht evenmin een oplossing. Hierbij lag het in de bedoeling het hangwater aan de grond te onttrekken door middel van een fijn-poreus lichaam, dat een grotere capillaire zuigkracht had dan de grond. Getracht werd met een filterkaars een hoeveelheid hangwater uit de grond aan te trekken en, nadat de kaars uit de grond was genomen, het in de kaars verzamelde water in gedistilleerd water uit te logen.

Het bleek dat met deze fijn-poreuze kaarsen inderdaad water aan vochtige grond kon worden onttrokken, doch het bleek tevens, dat de verschillende ionen niet in dezelfde verhouding in het uit de kaarsen verkregen water voorkwamen, als waarin zij in het hangwater in de grond aanwezig waren. Met andere woorden de filterkaarsen vertoonden ten opzichte van de in het water aanwezige ionen een selectieve absorbtie. Voor kwantitatief onderzoek kon deze methode derhalve niet worden gevolgd.

Door Ir H. M. Bos werd in het laboratorium van de Haagse Duinwaterleiding de proef met de opvanggoot in het klein nagebootst.

In een stalen bak (50 × 50 cm, bij 80 cm hoogte) werd een gootje aangebracht, een verkleind model van de door de Technische Commissie ontworpen opvanggoot. De bovenwijdte van dit gootje was 5 cm, de lengte gelijk aan die van de bak. De bak werd zover met zand gevuld, dat het gootje ongeveer 10 cm onder het zand lag. Het gootje had een afvoer, door de wand van de bak, naar buiten.

In het zand werd het phreatisch vlak op een constante hoogte, enkele decimeters onder het gootje, gehouden met behulp van een overloop, met beluchting op het hoogste punt. Het zand boven het phreatisch vlak was geheel met water verzadigd, het gootje lag dus in de capillaire zone. Werde er nu juist boven het gootje water op het zand gegoten, dan stroomde er niets uit de afvoer van het gootje, maar wel uit de overloop van de bak. De verklaring is, dat het capillaire water in het zand ter hoogte van het gootje een onderdruk heeft; zou er water uit het gootje willen stromen, dan zou dit minstens een druk moeten hebben gelijk aan die van de atmosfeer. Met opvanggoten is dus geen hangwater te verkrijgen.

Een schets (doorsnede) van het boven beschreven apparaat geeft tekening nr I.

Nu heeft men in het buitenland (Rusland o.a.) wel gewerkt met trechters, op een bepaalde diepte in de grond geplaatst, om het water uit de grond daarboven op te vangen en af te tappen. In „Lysimeter-onderzoekingen aan het Rijkslandbouwproefstation te Groningen en elders” I Regenval, drainage en verdamping, beschrijft Ir J. G. MASCHAUP op blz. 6 en 7 zo een methode. Als lysimeter gebruikt, ten behoeve van landbouwkundige onderzoekingen, is er op deze bodemtrechters nogal wat aan te merken, maar hoe dit ook zij, voor het onderwerpelijke onderzoek zijn ze slecht bruikbaar, omdat ze diepe werk-loopgraven nodig maken. Niet alleen kosten deze vrij veel, maar ze zijn bezwaarlijk toe te passen in bossen en een groot deel van ons onderzoek moest juist in bosgrond plaats vinden.

Bij de bestudering van de resultaten van de lysimeters van het P.W.N. te Castricum zag de heer VAN DOORN de stuwende invloed, die regenbuien op het reeds in het zand aanwezige hangwater uitoefenen. Een der lysimeter-bakken (nr I) was nl. bemest met kalizout (KCl) en dit kon nu als indicator gebruikt worden. Eerst circa 4 maanden na het bemesten, kon het KCl in het drainwater aangetoond worden, die tijd was dus nodig geweest om de 2.25 m dikke zandlaag te doordringen, maar de regenbuien, die het kalizout omlaag voerden, hadden reeds lang te voren hun stuwende invloed op het reeds in het zand aanwezige hangwater kenbaar gemaakt in de uitloop-(drain) cijfers.

Deze stuwung nu zou de methodiek opleveren voor het verkrijgen van hangwater uit grondmonsters van verschillende diepten. Zie: Z. VAN DOORN, Een hydrologische waarneming aan de lysimeters van het P.W.N. te Castricum „Water”, 1 Februari 1951, nr 3.

De studie van de waterbeweging in de grond boven het phreatisch vlak nam veel tijd in beslag; hoofdstuk II geeft een exposé daarover. Het is een bekort en omgewerkt verslag van de hand van de heer VAN DOORN over dit onderwerp.

Na zijn benoeming tot adjunct-directeur van de Stichting voor Bodemkartering, werd de heer VAN DOORN opgevolgd door Dr R. WIND HZN, eveneens gewezen inspecteur bij het Boswezen in Nederlands-Indië; de heer VAN DOORN werd toen lid van de Technische Commissie.

Naast literatuurstudie en verdere aanvulling van het literatuur-overzicht, dat op het Itbon beschikbaar zal zijn, was nu het eerste

wat Dr WIND te doen stond, het zoeken naar geschikte proefperken en naar een bruikbare methode om hangwater te krijgen. De resultaten van de studie van de methodiek zijn neergelegd in hoofdstuk III van dit verslag, terwijl in hoofdstuk IV een beschrijving wordt gegeven van de proefperken en proefterreinen. Deze proefperken en terreinen liggen alle in kalkrijk jong duin. Hierdoor is het onderzoek wat beperkter van opzet dan aanvankelijk in de bedoeling lag; immers het is niet alleen gewenst om de invloed der begroeiingen in kalkrijk duinterrein te leren kennen, maar ook die in kalkarme duinen, zowel ter wille van de waterleidingbelangen, als om verruiming van onze kennis.

Voor het onderzoek was het een voordeel, dat dit in de aanvang onmiddellijk kon profiteren van de accommodatie, die nabij gelegen en goed bereikbare waterleidinglaboratoria konden bieden. Zo viel de keuze allereerst op het areaal van de Haagse Duinwaterleiding, rondom Meijndel. Dit gebied heeft tevens het voordeel dat de flora en fauna er van, voor de laatste wereldoorlog, onder leiding van Dr A. SCHIERBEEK, goed bestudeerd zijn. In de jaren 1925 tot en met 1938 zijn in „De Levende Natuur” de resultaten van dit „Meijndel”-onderzoek gepubliceerd. Alleen een artikel van Ir S. W. TROMP over een onderzoek naar de korrelgrootte van duinzand werd afgedrukt in de Verhandelingen van het Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën (Band IX 1932). A. L. BRANDHORST en CH. A. C. NELL schreven over de Meteorologie (De Levende Natuur, Maart 1927 en October 1927), Dr N. TINBERGEN over Stuifduinen (De Levende Natuur, April 1927) en Dr Ir J. E. CARRIÈRE over De waterleiding in de duinen (De Levende Natuur, Augustus en September 1929).

Wat nu de regenwaarnemingen, die voor het duinonderzoek van veel belang zijn, aangaat, zo is de reeks van waarnemingen, sedert de publicatie van BRANDHORST en NELL, veel groter geworden. Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut was zo vriendelijk ons de veeljarig gemiddelde maand- en jaarsommen van de neerslag in mm te Scheveningen en Wassenaar-West (= Meijndel) te verstrekken. De gemiddelden voor Scheveningen zijn berekend over een reeks van 73 jaren, die van Wassenaar-West over een reeks van 39 jaren. In de laatste kolommen zijn de gegevens over 1950 en 1951 van Meijndel opgenomen. De zomer van 1950 was hier dus wel zeer nat, een factor, waarmee bij de bestudering van de resultaten van dit onderzoek rekening moet worden gehouden; ook de zomer van 1951,

ofschoon minder nat dan die van het voorafgaande jaar, komt met 215,2 mm nog aanzienlijk boven het veeljarig gemiddelde. Toch zijn de maanden Juni en Juli zeer droog geweest, maar de regenval in de laatste week van Augustus, te weten 56,6 mm, bracht het totaal over deze maand, zowel als het totaal over de maanden Juni, Juli en Augustus boven het veeljarig gemiddelde.

Maanden	Veeljarige gemiddelde maand- en jaarsommen van de neerslag in mm te		Neerslag in mm in	
	Scheveningen	Wassenaar-West (Meijendel)	Wassenaar-West (Meijendel)	
			in 1950	in 1951
Januari	51,0	58,5	32,6	87,8
Februari. . . .	39,1	43,2	98,9	60,0
Maart.	43,8	44,3	31,5	87,1
April	40,7	42,1	55,2	76,3
Mei.	46,1	49,5	46,9	44,9
Juni	49,6	57,6	64,4	57,3
Juli.	62,4	61,2	89,5	43,4
Augustus . . .	76,5	73,0	111,6	114,5
September. . .	73,3	77,6	148,3	74,0
October	81,9	79,4	73,7	15,2
November . . .	68,6	79,1	142,3	131,0
December . . .	64,2	65,0	115,1	66,9
Jaartotaal . . .	697,1	731,0	1010,0	858,4

De hierboven gegeven neerslaghoeveelheden zouden de indruk wekken alsof de totale jaarlijkse neerslag in Meijendel groter is dan in Scheveningen. Het verschil is echter voornamelijk een gevolg van de ongelijkheid van de reeks van jaren waarover de waarneming loopt. In zijn boek „Wat de Haagsche Waterleiding ons leert aangaande den Hydrologischen toestand der Duinen” geeft Dr A. H. PAREAU als veeljarig gemiddelde voor Scheveningen voor de periode 1877 tot en met 1908, 658 mm. Hiervan uitgaande komen we voor de laatste 41 jaren (1873-1932) op een gemiddelde van 727,5 mm voor Scheveningen, dat is dus vrijwel gelijk aan het veeljarig gemiddelde voor Meijendel in de laatste 39 jaren.

Voor de geologie van Meijendel is lezing van het artikel van Dr J. VANHOUTEN „De oppervlakte-vormen van het Haagsche Duinland-

schap" (Tijdschrift Koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap, Dl. LVI, 1 Januari 1939) zeer aan te bevelen.

Ten slotte moet nog vermeld worden, dat Dr Ir P. C. LINDENBERGH, directeur van de Leidsche Duinwatermaatschappij genegen was een proef te nemen met het verdringen van hangwater in een zeer hoge zandkolom, nl. in een buis van asbest-cement van 4 m hoogte met een inwendige diameter van 80 cm. De inhoud van de zandkolom is derhalve rond 2 m³.

Het zand werd gehaald van een duinterrein met natuurlijke duinbegroeiing, op een diepte tussen 1 en 2 m onder het maaiveld. Van de ongeroerde grond (op diepten van 1 m, 1,30 m en 1,60 m) en van de grond in de buis, na het instampen, werden grondmonsters genomen, met het toestel afgebeeld en beschreven op blz. 38 van het proefschrift van Dr Ir LINDENBERGH, getiteld: „Bijdrage tot oordeelkundig beheer van het duinwaterkapitaal", terwijl na het beëindigen van de proef nogmaals grondmonsters uit de zandkolom zijn genomen. Van deze monsters werden vochtgehalte (watervolume), luchtvolume, korrelvolume en poriënvolume bepaald. Als indicator is bij deze proef fluoresceïne gebruikt. De proef is in November 1950 beëindigd, de resultaten zijn in hoofdstuk VI opgenomen.

Het uitvoeren van de laboratoriumwerkzaamheden is in hoofdzaak geschied in het laboratorium van de Haagse Duinwaterleiding. Zij geschiedde uiterst nauwgezet door de heer W. A. HENNEVELT, aan wie de commissie grote dank verschuldigd is.

HOOFDSTUK II

IETS OVER DE WATERHUISHOUDING IN DE BODEM, BOVEN HET PHREATISCH VLAK

Voorkomen van het water in de bodem

Het nu volgende heeft tot doel enig inzicht te geven in de vele, soms verwarrende problemen, die met het water in de bodem samenhangen, waarbij wij ons hebben moeten beperken tot datgene, wat voor deze studie van direct belang is. Dit overzicht berust voornamelijk op literatuurstudie en heeft ten dele ook op andere, dan duingronden, betrekking. Tussen de termen grond en bodem is geen consequent onderscheid gemaakt.

Wij kunnen het water in de bodem in 3 zones verdelen, nl.: de *grondwater zone*, de *capillaire zone* en de *hangwater zone*. Het grondwater bevindt zich bijna overal in de ondergrond en vult daar vrijwel alle poriën en ruimten tussen de gronddeeltjes. Het wordt aan de bovenzijde begrensd door de grondwaterspiegel, beter *phreatisch oppervlak* genoemd. We verstaan hieronder het denkbeeldige vlak, dat door de stand van het water in peilbuizen of ingravingen wordt bepaald. In dat vlak heerst de atmosferische druk. Het is allerm minst een waterspiegel gelijk, behalve daar waar het water in vrije gemeenschap staat met de open lucht, dus in putten of gangen in de grond, in kanalen, sloten en meren enz.

Boven het grondwater en in verbinding er mee heeft men de capillaire zone. Deze zone vormt in zekere zin een overgang tussen grondwater en hangwater. In de regel noemt men de capillaire zone verzadigd, maar dit geldt alleen voor de onderste lagen er van. De hogere lagen van deze zone worden meestal slechts door afzakking en niet, of uiterst langzaam, door opstijging aangevuld en zijn daardoor niet altijd, of niet geheel, verzadigd. Ook kunnen luchtruimten voorkomen, door met water gevulde capillairen ingesloten. Dergelijke luchtruimten kunnen verder de opstijging beletten, tot het water er via capillairen omheen gaat. Ook komen wijde capillairen voor, waarin de opstijging minder hoog is. Om al deze redenen zal dus het watergehalte in de capillaire zone van het phreatisch vlak af naar boven afnemen.

Naar boven gaat de capillaire zone over in het hangwatergebied,

d.w.z. het overige niet met water verzadigde gebied, reikende vanaf de capillaire zone tot aan het bodemoppervlak. Het hangwater vult slechts ten dele het poriënvolume tussen de gronddeeltjes en het deelt deze ruimte in steeds wisselende verhouding met de lucht in de bodem. Daarom wordt de hangwaterzone hieronder ook wel aangeduid als het onverzadigde gebied.

Toestanden waarin het water in de bodem zich kan bevinden

Het water bevindt zich in het hangwatergebied en in de capillaire zone in verschillende toestanden. We kunnen onderscheiden:

1. *waterdamp*;
- 2a. *osmotisch water* in cellen van organische stof, (bacteriën etc.);
b. *imbibitiewater*, gebonden aan colloïdale organische stof of andere colloïden (vooral in humus);
3. *hygroscopisch water*;
4. *hangwater*;
a. pendulair, als ringen rond contactpunten van gronddeeltjes,
b. funiculair, als samenhangende draden langs de aanrakingslijnen van gronddeeltjes,
c. sejunctie, in ruimten los van het grondwater;
5. *capillair water*, in de capillaire zone of daarboven al dan niet in verbinding met het grondwater;
6. *gravitatiewater*, in de niet-capillaire ruimten, als ook in de grotere capillairen, zowel in de capillaire zone, als daarboven.

Deze laatste toestand heeft betrekking op het water dat zich, als gevolg van de zwaartekracht, bij het grondwater kan voegen. In de vormen 5 en 6 kan water in de bodem afzakken, zonder dat deze verzadigd is. Zij vertegenwoordigen de schakel tussen het aardoppervlak en het grondwater via het hangwatergebied.

Behalve in zeer droge gronden is de luchtvochtigheid vrijwel steeds nabij 100%. Eerst als slechts hygroscopisch water is overgebleven, dat alleen bij sterke verhitting verdwijnt, kan de luchtvochtigheid tot 50% dalen. Vroeger werd grote betekenis aan de beweging van waterdamp in de grond toegekend (verdamping en condensatie door temperatuur- en drukverschillen) en ook thans zijn er nog onderzoekers, die zulks doen, maar er bestaat weinig twijfel, dat de meeste waterbeweging in de grond plaats vindt in de vorm van vloeibaar water.

Dr Ir J. VERSLUYS¹⁾ ontwikkelde in 1916 de begrippen funiculair en pendulair water; het begrip sejunctiewater was toen nog niet be-

¹⁾ Dr Ir J. VERSLUYS. „De capillaire werkingen in de bodem”.

kend, dit werd in 1928 door Dr Ir J. H. ENGELHARDT¹⁾ geïntroduceerd. VERSLUYS gebruikte voor het water boven de capillaire zone de verzamelnaam pelliculair water.

In de praktijk kan men rekenen met een capillaire opstijging niet veel hoger dan 30 cm in duinzand tot 100 cm in klei, het gebied daarboven behoort dan tot de hangwaterzone, waar de capillairen niet met water zijn verzadigd. Bij afzakking van overvloedig regenwater is het evenwel anders; dan kan het verzadigde gebied wel zijn theoretische stijghoogte boven het phreatisch vlak hebben, totdat de vegetatie weer water daaraan onttrekt. De vegetatie kan, afhankelijk van het vermogen, meer of minder diep te wortelen, water onttrekken zowel aan de capillaire zone, als aan de hangwaterzone. Alleen bij een hoge grondwaterstand kan de begroeiing van het capillair opstijgende water leven, in vele gevallen is de plantengroei in hoofdzaak van het hangwater afhankelijk.

Iets over de relatie tussen grond en water

De krachten, waarmee het water aan de bodem is gebonden en die, welke dit bodemwater in beweging brengen, vormen belangrijke factoren in de relatie tussen grond en water. De bestudering in vele landen van de betrekking tussen plant, bodem en water heeft tot een groot aantal termen geleid, waarmee een bepaalde vochtigheidsgraad van de bodem wordt aangeduid, de „bodemconstanten”. PAUL J. KRAMER Ph.D.²⁾ somt er in zijn boek op bladzijde 28 en 29 een aantal (19) op. Het moet van veel belang geacht worden de onderlinge verhouding tussen deze bodemvochtconstanten vast te kunnen leggen. In de notulen van de vijfde Technische Bijeenkomst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O., gehouden op 26 April 1949 te Utrecht, is een beknopte maar duidelijke verhandeling opgenomen van Dr P. K. PEERLKAMP over het bodemwater, in verband met de watervoorziening van de plant, waarin het verband tussen verschillende vochtgehalten en daarmee ook tussen de verschillende vormen van water in de onverzadigde grond wordt besproken.

Reeds in 1907 introduceerde BUCKINGHAM de „capillaire potentiaal”, een maatstaf voor de binding van het water aan de bodem. BUCKINGHAM en de onderzoekers uit zijn tijd baseerden hun theo-

¹⁾ Dr Ir J. H. ENGELHARDT. „Bijdrage tot de kennis van capillaire verschijnselen in verband met de heterogeniteit van den grond”.

²⁾ PAUL J. KRAMER Ph. D. „Plant and Soil Water Relationships”, 1949.

rieën op de hypothese van de capillaire buizen, die in de bodem een samenstel van capillairen van verschillende afmetingen zag. Latere onderzoekers stellen, dat de binding van het water niet uitsluitend door capillaire krachten behoeft te worden uitgeoefend. ZUNKER¹⁾ heeft de verschillende vochttoestanden in de grond tot één principe willen terugbrengen en wel tot de oppervlaktespanning en daarbij gerekend met het specifiek oppervlak van de grond. Inderdaad zijn de krachten, die de toestand, beweging, binding en onttrekking van het vocht in de grond beheersen, merendeels van de oppervlaktespanning af te leiden.

SCHOFIELD²⁾ voerde in 1935 het Symbool pF in, in analogie met de pH voor de zuurgraad. De capillaire potentiaal of vochtpotential wordt meestal uitgedrukt in cm water zuigspanning, nodig om vocht aan de bodem te onttrekken. Deze zuigspanning varieert echter van 0 tot 10^7 en dus is het gemakkelijker de $10 \log$ van de in cm water gemeten zuigspanning als maat te gebruiken.

Zet men grafisch het vochtgehalte van de grond af tegen de pF dan krijgt men lijnen, „vochtkarakteristieken” genoemd. PEERLKAMP doet mededelingen hierover in zijn bovengenoemde verhandeling. Deze vochtkarakteristieken zijn typisch voor verschillende grondsoorten, het beloop dezer lijnen wordt bepaald door de textuur en de structuur van de grond. De pF-curve laat zien, dat de spanning zich voortdurend wijzigt, als de vochtigheidstoestand van de grond de verschillende stadia van nat naar droog doorloopt; de verschillende vochtigheidstoestanden zijn dus niet scherp begrensd, maar lopen in elkaar over. De vochtverdeling boven het phreatisch oppervlak is in een toestand van vochtevenwicht. Het beloop der pF-lijnen is voor verschillende gronden anders, de karakteristieke punten in de curven treden bij verschillende vochtgehaltes op. In verband daarmee is ook het voor planten beschikbare waterkwantum zeer verschillend.

PEERLKAMP geeft hiervan de op blz. 19 volgende voorbeelden.

Het vochtequivalent is het maximale vochtgehalte van een grondmonster, dat door middel van een centrifuge in een gravitatieveld met een versnelling van 1000 g is geplaatst. Bij de verwelkingsgrens treedt permanente verwelking voor de meeste planten op.

We zien dus, dat de ene grond (klei) veel meer water kan vasthou-

¹⁾ F. ZUNKER. „Die Durchlässigkeit des Bodens”. (Trans. 6th Comm. Intern. Soc. Soil Sci. Vol. B 1933).

²⁾ R. K. SCHOFIELD. „The pF of the water in soil”. (Trans. 3d Intern. Congr. Soil Sci. 2 : 37-48, 1935).

Object	Vocht-equivalent (volume-procent)	Verwelkings-grens (volume-procent)	Beschikbaar water (volume-procent)
Duingrond. laag 5-20	7	5	2
Brab. zandgrond . . . „ 5-10	23	10	13
Jonge dalgrond . . . „ 7-12	31	17	14
Rivierklei „ 1-15	39	24	15
Zeeklei „ 65-70	48	18	30

den dan een andere (zand), zowel bij vochtequivalent als verwelkings-grens. Een klei- of leemgrond en een humeuze zandgrond zijn daarbij zeer in het voordeel, boven een gewone zandgrond. Daar tegenover staat, dat zandgrond het water minder bindt en een groter deel van wat er is aan de planten afstaat.

Een duingrond heeft voor de vegetatie zeer weinig water beschikbaar, zijn waterhoudend vermogen is gering, zijn doorlatendheid groot.

Alle binding en beweging van het bodemwater in de onverzadigde grond wordt door de pF beheerst. De waterbeweging zal altijd van lage pF naar hoge pF zijn gericht, hetgeen niet hetzelfde is als van hoog vochtgehalte naar lager.

Het water in de onverzadigde bodem en het mechanisme van beweging en afzakking

De verschillende vormen van hangwater worden door verschillende krachten beheerst.

Een belangrijke groep daarvan, waarop nader wordt ingegaan, zijn de capillaire.

Elke grond is doortrokken met capillairen van steeds wisselende wijdte, die zich tussen en in de korrels en kruimels bevinden en die vele belangrijke eigenschappen van een grond bepalen.

Een ander deel van het poriënvolume bestaat uit grovere gangen en kanalen, die door wormen, plantenwortels of droogtescheuren zijn veroorzaakt.

Het op een grond vallende regenwater zal – voor zover het niet verdampst of oppervlakkig afstroomt – in die grond dringen, zowel in de capillairen, als in de niet-capillaire ruimten. Langs de niet capillaire gangen kan het water snel tot grote diepten doordringen, om

zich bij het grondwater te voegen, voor zover het niet onderweg door de aangrenzende capillairen wordt weggezogen.

Het water wil altijd van wijde gangen naar de capillairen, van wijde capillairen naar de nauwste opdringen. Het is een dynamisch samenstel, waarin enerzijds de regen, anderzijds de plantenwortels, telkens weer beweging brengen.

Soms zal het afzakkende water vrijwel tot stilstand gekomen zijn, dan weer zal het door nieuw ingedrongen regenval verder naar beneden gestuwd worden, tot het eindelijk de capillaire zone en het grondwater bereikt.

Het kan theoretisch ook uit het grondwater opstijgen tot een hoogte, de capillaire stijghoogte, die bepaald wordt door de breedte der capillairen, dus door de grondsoort. In de zandgronden bedraagt die hoogte 30 tot 60 cm boven het phreatisch vlak, in kleigronden kan zij 3 meter en meer bedragen.

Elke capillaire beweging geschiedt echter zeer langzaam, als gevolg van lucht en wrijvingsweerstand, dus hoe nauwer de capillairen, des te langzamer de waterbeweging.

CARMAN¹⁾ geeft van de theoretische stijghoogte het volgende staatje:

Substance	Porosity	Capillary rise
Coarse sand . . 0,2 mm	0,40	33,3 cm
Fine sand . . . 0,02 „	0,45	271,- „
Silt. 0,002 „	0,50	2220,- „

en voor de benodigde tijd:

Capillary rise	Coarse sand	Fine sand	Silt
30 cm.	8,1 min.	20,4 min.	145,4 min.
120 „	—	1,02 days	50 days
240 „	—	44 „	17 weeks
610 „	—	—	52,5 „
1100 „	—	—	105 „
2100 „	—	—	9,4 years

¹⁾ P. C. CARMAN. „Capillary rise and capillary movement of moisture in fine sands”. Soil Science Vol. 52 July-Dec. 1941.

In de practijk reikt dan ook de capillaire opstijging niet verder dan 30 cm voor zand en 100 cm voor klei.

De capillaire opstijging wordt ook belemmerd of belet, wanneer het grondwater niet of niet voldoende kan worden aangevuld door toestroming van opzij. Immers, het opstijgende capillaire water moet uit het grondwater komen.

ENGELHARDT voerde dan ook terecht de zeer wezenlijke onderscheiding in van *vrij* phreatisch vlak en *ingesloten* phreatisch vlak. Dit laatste omvat alleen de capillairen op dat niveau, die dus zowel onder als boven het phreatisch vlak met water gevuld zijn en geen grensvlak laten zien, terwijl het vrij phreatisch vlak de wijdere, niet-capillaire holten en kanalen omvat, waarin de waterstand gelijk is aan het phreatisch vlak of daarnaar streeft en waar men dit vlak dus kan zien.

Deze niet-capillaire ruimten en in de naaste omgeving aanwezige sloten en kanalen kunnen het grondwater aanvullen, maar dit geschiedt zo langzaam, dat een wateronttrekking aan de capillaire zone, bv. door plantenwortels, weinig of geen dadelijke capillaire opstijging veroorzaakt, maar wel een daling van het phreatisch vlak, in verband met toegenomen kromming van de meniscus, door wijziging in de oppervlaktetensioning.

Het blijkt, dat de capillaire zone een overgangsgebied is. Enerzijds kan het door wateronttrekking en onvolledige aanvulling in het hangwatergebied overgaan, anderzijds kan het zonder noemenswaardig watertransport in grondwater overgaan, door stijging van het phreatisch vlak.

ENGELHARDT is dan ook, om verschillende hierboven besproken redenen, van mening dat, althans in fijn korrelige gronden, de wateraanvulling van de capillaire zone in hoofdzaak door afzakking moet geschieden en dat de opstijging zelden meer dan 1 m bedraagt en daarboven geen praktische betekenis heeft.

Schommeling van het phreatisch vlak zonder overeenkomstige waterverplaatsing.

De hier bedoelde eigenaardigheid, die o.a. in het *Lisse-effect* en het *Wieringermeer-effect* tot uiting komt, betreft de grens tussen grondwater en capillair verzadigde zone.

Zij wordt ter sprake gebracht, omdat zij het karakteristieke van de capillaire verschijnselen illustreert.

Het *Lisse-effect* is het eerst uitvoerig beschreven en besproken voor een tamelijk homogene zandgrond zonder niet-capillaire gangen, ge-

leggen bij Lisse. Het phreatisch vlak is dus geheel ingesloten. Het grondwater (ook in de sloten) staat ca 50 cm onder maaiveld en de capillaire zone 30 à 40 cm hoog, dus 10 à 20 cm onder maaiveld.

De bovenste 10 cm dikke grondlaag was droog en dus waren de poriën daarvan geheel met lucht gevuld. Onder die omstandigheden is het dat een regenbui de bovenlaag bevochtigt en a.h.w. een deksel vormt, dat de grond en de lucht daaronder opsluit.

Van boven dringt het water met capillaire kracht naar binnen, waardoor de bodemlucht daaronder wordt samengeperst, met als gevolg een drukverhoging en een onevenredige grondwaterstijging. Immers de toegenomen luchtdruk wordt op de capillaire en de phreatische zone overgebracht, hetgeen een stijging van het phreatisch vlak (= 1 atmosfeer) te weeg brengt of wat hetzelfde is: de stijghoogte in de peilbuizen neemt toe. Men constateert en meet dus een onevenredige verhoging van de grondwaterspiegel, *zonder feitelijke waterverplaatsing* (behalve in de peilbuizen).

Het *Wieringermeer-effect* is iets soortgelijks, doch daarbij reikt de capillair verzadigde zone tot even onder het maaiveld. Het phreatisch vlak staat dan op 30 tot 50 cm daaronder. Een kleine regenbui heeft tot gevolg, dat de capillairen verder gevuld worden tot aan of boven het maaiveld, waarmee dan tegelijk het phreatisch vlak tot die hoogte is *gestegen*. Dus weer met een kleine (hier zeer kleine) regenval een grote stijging van het phreatisch vlak, *zonder wezenlijke waterverplaatsing*. Een even plotselinge verlaging van het phreatisch vlak constateert men als enige verdamping volgt. Ook kan een omgekeerd effect zich voordoen, wanneer een kleigrond met phreatisch vlak op bv. 1 m diepte met bos of ander diep wortelend gewas begroeid is. Dit zal op warme zomerse dagen een deel van het water uit de capillaire zone onttrekken, met als direct gevolg een verlaging van het phreatisch vlak. Ook hier is het eigenlijk een drukverandering die men constateert, zonder feitelijke waterverplaatsing. 's Nachts neemt de verdamping van het gewas sterk af en kan het grondwater uit de omgeving worden aangevuld.

Lucht in de bodem

De bijzondere betekenis van de lucht in de grond is reeds aangevoerd, maar moet nog uitdrukkelijk in het licht gesteld worden. In het hangwatergebied, dus in de gehele grondmassa boven de capillair verzadigde zone, is behalve water, steeds ook lucht aanwezig. Samen vullen zij het poriënvolume, bv. 40%; samen in wisselende verhou-

ding zijn zij van bijzonder belang voor de chemische en biologische processen in de bodem en voor de plantengroei. Globaal genomen acht men een volumeverhouding 1 : 1 : 1 voor grond, water en lucht gunstig voor de plantengroei. Niet een bodem met alleen lucht in de poriën, noch een met uitsluitend water, is een geschikt medium voor plantengroei, een goede verhouding tussen alle drie is nodig.

Doch ook op de waterbeweging in dat gebied kan de lucht een merkwaardige invloed hebben; zij moet altijd verdrongen worden wil infiltratie of waterbeweging plaats hebben. Zij vormt dan ook altijd een belemmering voor de waterbeweging en soms een grote. Ook Dr LINDENBERGH wijst daar herhaaldelijk op. Zij is eveneens de oorzaak van het reeds besproken Lisse-effect.

Verdringing van de lucht is het gemakkelijkst bij een grond met wortelkanalen, scheuren of wijde gangen, zoals een kleigrond kan hebben.

Een zandgrond heeft weliswaar wijdere capillairen en die laten wel een geringe luchtbeweging toe, maar wijdere niet-capillaire gangen heeft een zandgrond weinig.

Elke sejunctie heeft aan haar onder- en bovenzijde lucht, wordt a.h.w. daardoor gedragen (in werkelijkheid door de oppervlaktespanning); dit feit legt reeds de nadruk op het bijzonder belang van de bodemlucht voor vorming en behoud van een hangwatervoorraad.

Zowel capillaire als niet-capillaire beweging van water gaat gemakkelijker, vollediger en sneller in een natte grond (dus met weinig lucht), dan in een droge.

Heterogeniteit van de grond

De merkwaardige en nog slechts ten dele bekende eigenschappen, die het hangwater in de bodem heeft, houden ook verband met de heterogeniteit van de grond, wat betreft zijn samenstellende delen, zijn structuur en textuur, de wisselende wijden van zijn capillairen en niet-capillaire ruimten, het wisselende vochtgehalte, e.d. De heterogeniteit werkt de vorming en het behoud van sejuncties, dus van hangwatervoorraad in de hand.

In de landbouwgronden spelen hierbij droogscheuren, gangen en kanalen (door wortels en wormen veroorzaakt), alsook afwisseling van zandige en lemige of kleiige lagen een rol. Zandgrond en speciaal duingrond is homogener van korrel en structuur en vertoont weinig of geen scheuren en gangen, maar wel heeft men daar afwisseling van

grovere en fijnere lagen en soms ook grindlagen. De praktijk kent deze storende lagen.

Ook de afwisseling van droge en regenrijke periodes, die lucht of luchtbeweging in de grond brengen, kan een oorzaak van heterogeniteit zijn. In elk geval, ook in zandgronden is de heterogeniteit zo belangrijk, dat vele eigenaardigheden van het hangwater daarin een verklaring kunnen vinden. Vooral ENGELHARDT heeft daar bij zijn fundamentele onderzoeken nadrukkelijk op gewezen.

Heterogeniteit en capillariteit

De capillaire verschijnselen van de grond berusten op aanwezigheid van nauwe buizen en ruimten in en tussen de kruimels en korrels. De capillairen zijn altijd variërend van wijdte en ook afgewisseld door niet capillaire ruimten, gevolg van wormgangen, wortelkanalen, droogtescheuren, grindlagen e.d.

De capillaire waterbeweging kan in alle richtingen gaan, steeds van wijdere naar nauwere capillairen.

Deze beweging heeft neiging te stoppen, waar een nauwe capillair in een wijdere of in een niet-capillaire ruimte overgaat. Alleen benedenwaarts kan een dergelijke belemmering worden overwonnen door de zwaartekracht, indien door overmaat van infiltrerend water de maximale dikte van de capillaire zone (= draaghoogte) wordt overschreden. Binnen die grens echter kan bv. een grof-korrelige laag de afzakking van capillair water ophouden.

Bij sterke indroging in de zomer kan de bovengrond zo stofdroog worden, dat hij moeilijk water opneemt. Ook dit is een capillair verschijnsel; hoe vochtiger de capillairen, hoe gemakkelijker de waterbeweging (ingevolge de oppervlaktetensioning).

Zelfs na een vrij langdurige regen kan het bij een droge zandgrond voorkomen, dat alleen een oppervlakkige laag van 1 à 2 cm is bevochtigd en dat het water daar blijft hangen, blootgesteld aan verdamping en a.h.w. gedragen door de luchtruimten in de droge grond er onder.

Capillaire opstijging beperkt

Zoals reeds werd besproken, heeft men vaak een overdreven voorstelling van de grootte der capillaire opstijging vanuit het phreatisch vlak. Weliswaar is de max. capillaire stijghoogte theoretisch van 30 cm tot 3 m en meer, al naar mate het zandgrond als in de duinen, of kleigrond van fijne textuur betreft. Maar behalve bij geringe stijg-

hoogte van zand geschiedt de capillaire opstijging zeer langzaam. Dit is een gevolg van de wrijving, die de waterbeweging in de zeer fijne capillairen ondervindt, alsook van andere oorzaken. Zo is er een bijzondere belemmering, wanneer weinig of geen *vrij* phreatisch vlak aanwezig is, zoals vaak voorkomt. In kleigronden is de werkelijke capillaire opstijging niet meer dan 1 m.

Gevolg van een en ander is, dat na de onttrekking van water uit de capillaire zone geen spoedige of volledige aanvulling plaats heeft.

Wateraanvulling van het bovenste deel van de capillaire zone heeft dan ook veelal plaats door nieuwe regenval en infiltratie. Dan kunnen de capillairen weer gevuld worden, tot hun maximum stijghoogte, of ook hoger, wat dan stijging van het phreatisch niveau meebrengt.

Korte schets van de infiltratie

Na het voorgaande ten slotte een korte en ruwe schets van de beweging van indringend en afzakkend water.

In bosgrond en bouwgrond van goede structuur zijn het worm- en wortelkanalen en droogtescheuren, die een deel van de regen snel kunnen opnemen en naar het grondwater voeren, zonder dat nog alle capillairen gevuld behoeven te zijn.

Duingrond en andere zandgrond met grovere en meer gelijke korrel kunnen ook een diepwortelende begroeiing hebben, bv. bos met diepgaande wortelkanalen, maar als regel zullen zij toch minder niet-capillaire ruimten hebben.

Het mechanisme, waarvan getracht wordt een beschrijving te geven, is van een algemeen type.

Het regenwater, dat in gangen en holten is opgenomen en niet dadelijk tot het grondwater is doorgedrongen, wordt onderweg uit die gangen ten dele weer weggezogen door aangrenzende capillairen.

Verder zal de regen in de bodem trachten van boven binnen te dringen of langs capillaire weg. Is de grond zeer droog, dan gaat die indringing moeilijk en zeer langzaam, is hij vochtig dan gemakkelijk en snel.

Door de variërende capillaire wijdden zal soms het water dicht onder de oppervlakte als sejunctie blijven hangen, boven een met lucht gevulde al of niet capillaire ruimte.

Intussen is de door het ingezogen water verplaatste lucht enigszins samengeperst en probeert geleidelijk naar buiten te ontwijken. Ook kan door van verschillende kanten opdringend capillair water wel lucht in enkele holten tussen de capillairen worden ingesloten.

Een volgende regenbui wordt weer capillair ingezogen, voegt zich bij de vorige en stuwt deze naar beneden. De lucht, ook in de diepere lagen, zal deels ontwijken, doch ook plaatselijk en tijdelijk door haar spanning de druk overbrengen op dieper gelegen sejuncties, waardoor deze in beweging komen en het verzadigde gebied bereiken; door een en ander zal het phreatisch vlak stijgen.

Zo zullen door opeenvolgende regenbuien de hogere sejuncties samenvloeien, de maximale capillaire hoogte overschrijden en door haar gewicht langzaam afzakken. Geleidelijk zal daarbij de ingesloten, onder lichte spanning staande, lucht kunnen ontwijken.

Een deel van het water zal door afsnoering als sejuncties achter blijven tot het door de vegetatie tot verdamping of door nieuwe regenval tot verdere afdaling wordt gebracht.

Elke nieuwe regenbui doet zich aldus gelden op het lagere hangwater. Dit geschiedt langs uiterst grillige ook zijwaarts verlopende capillaire wegen van steeds variërende wijdt. Onderwijl wordt aan het dalende water geregeld ook water onttrokken en door planten- en dierenleven, en door achterblijvende sejuncties.

Boven grindlagen kan, ingevolge het sejunctiebeginsel, een grote hoeveelheid water blijven staan, tot door opvolgende regens de max. dikte van de capillaire zone is overschreden. Dan zal het door de grondlaag naar beneden zakken.

En is door zware winterregens in zulk een grindlaag de lucht geheel door water vervangen, dan werkt de grindlaag niet meer als rem, maar versnellend op het afzakproces.

Opstuwing van het hangwater

Het is niet zo, dat een bepaalde geïnfiltreerde regenhoeveelheid na verloop van tijd onvermijdelijk het grondwater bereikt. Neen: intussen gaat er water verloren door verdamping (door de vegetatie) en door achterlating van sejuncties. Ook vindt vermenging plaats met vroeger of later geïnfiltreerd water.

Plaatselijk en gedeeltelijk kan een *latere* regenval zelfs *eerder* het grondwater bereiken.

Echter, lang voor het water zelf beneden aankomt, heeft het zijn invloed door opstuwing van vroeger water; deze invloed uit zich in verhoging van het phreatisch vlak of eventueel door verhoogde afvoer van drainwater.

Dit laatste effect, „de stuwing”, kan men zeer mooi waarnemen aan

de lysimeters te Castricum¹⁾ door vergelijking van dagelijkse regenval en dagelijkse afvloeiing.

Hierbij treedt een faseverschil op van 3 tot 14 dagen, terwijl het water zelf blijkens een opgebrachte indicator (KCl) eerst na ca 4 maanden in het drainwater aankomt.

Ook de grilligheid van die stuwing, door seizoen- en andere invloeden, spreekt zich in de resultaten uit.

Soms blijft een flinke regenbui geheel zonder zichtbaar effect.

Verdringing van voorafgaand water door volgend water

Het beginsel van deze stuwing en beweging, zoals die in de lysimeters te Castricum worden waargenomen, is uitermate belangrijk. Het beheerst de waterbeweging en de waterberging in het duin.

Het kan ook een methodiek verschaffen om monsters hangwater uit het onverzadigde gebied te verkrijgen, ten behoeve van een verder onderzoek van dat water naar eigenschappen, die het heeft verkregen onder verschillende omstandigheden en begroeiingen.

Uit het voorgaande is wel gebleken, dat inderdaad water zich, na infiltratie, door het hangwatergebied naar beneden beweegt en zich bij het grondwater voegt, terwijl toch het hangwatergebied zijn onverzadigde toestand behoudt.

Het is ook wel duidelijk, dat in een zandgrond dit water merendeels de capillairen van het hanggebied passeert en in innig en langdurig contact komt met de gronddeeltjes. Het is ons niet bekend in hoeverre ook in andere gronden een dergelijke verdringing mogelijk is; het is te verwachten, dat zij alleen in zandgronden mogelijk is.

Waterberging in het onverzadigde gebied

Behalve de beweging van het afzakkende water, is ook de hoeveelheid ervan uitermate grillig. Zowel de hoeveelheid, die minimaal of maximaal in de grond aanwezig kan zijn, als ook de werkelijk, tijdelijk en plaatselijk aanwezige hoeveelheden, zijn moeilijk vast te stellen.

De minimum hoeveelheid water in een droge duingrond bedraagt volgens PEERLKAMP 4 à 5 volumeprocent. Het maximum is ongeveer gelijk aan het poriënvolume, voor zand ca 40%; volgens onze waarneming bedroeg de minimum hoeveelheid water in duingrond onder dennen ruim 1 volumeprocent. Gewoonlijk bedraagt het gehalte 3 tot 9 volumeprocent.

¹⁾ Zie ook Z. VAN DOORN. „Een hydrologische waarneming aan de lysimeters van het P.W.N. te Castricum”. „Water”, 1 Februari 1951 nr 3.

De werkelijk passerende en tijdelijk in de grond verblijvende hoeveelheid is zeer variërend en nog weinig bekend.

Het is van belang die hoeveelheid, de waterberging, voor het natuurlijke duin te onderzoeken, waartoe de waarneming te Castricum een eerste inleiding was.

Nog iets over vochtgehalte

Gewoonlijk bepaalt men het vochtgehalte als een *gewichtspercentage* t.o.v. het droge gewicht (bij 105° tot 110° C gedroogd). Dit gewichtspercentage heeft echter ook nadelen en vooral voor zandgronden en waterwinningsproblemen zou een *volumepercentage* een duidelijker beeld geven van het *watervolume* tegenover *bodemvolume*, *poriënvolume* en *luchtgehalte* van de grond.

Ook het volumepercentage heeft een groot nadeel en wel, dat bodemvolume en poriënvolume niet constant zijn, doordat de pakking der gronddeeltjes kan veranderen.

Voor de natuurlijke ongeroerde grond geldt dit nadeel niet, daarvan staat het volume vast, 't zij men de grond in situ, 't zij men gestoken monsters wil onderzoeken. In deze gevallen is men dan ook geneigd met volumeverhoudingen te werken.

Doorlatendheid

Ook doorlatendheid lijkt meer een zaak van volume, dan van gewicht. In werkelijkheid echter is de doorlatendheid van een grond geenszins afhankelijk van het poriënvolume, noch waar het verzadigde, noch waar het onverzadigde gronden betreft.

De problemen, die de doorlatendheid van de grond vergezellen, laten wij onbesproken.

HOOFDSTUK III

DE ONTWIKKELING VAN DE METHODIEK

A. PROEVEN MET BETONNEN BAKKEN EN GEGLAZURDE GRESBUIZEN, GEVULD MET DUINZAND, MET OF ZONDER STROOISELLAAG DAAROP

1. *Betonnen bakken*

Door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage werden ten behoeve van de Technische Commissie voor Duinonderzoek bepalingen gedaan op semi-technische schaal over de invloed van humus op zakwater. Daartoe werd een laag strooisel gebracht op een bed van duinzand van 1 m dikte, dat in een betonnen bak was gestort. Er werden op het terrein van dat bedrijf bij het Pompstation 5 bakken in de buitenlucht opgesteld; op de strooisellaag viel dus de normale neerslag. Maar bovendien werden deze bakken eenmaal per week kunstmatig beregend met een hoeveelheid water, overeenkomende met een neerslag van 10 mm.

De betonnen bakken zijn cilindrisch van vorm en hebben een middellijn van 1 m. De binnenwand en de bodem zijn bestreken met een asfaltpreparaat. In elke bak is onder in het zandbed een drainering aangebracht, die buiten de bak uitmondt. Aan de uitmondingspijp kan een monsterfles verbonden worden.

In de eerste bak is geen strooisel opgebracht, het duinzand werd, zonodig door wieden, voortdurend kaal gehouden. Deze bak is als contrôle bedoeld. In de andere bakken is op het zandbed een bedekkende laag gebracht van respectievelijk:

bak 2: humus en naalden van de Oostenrijkse den (*Pinus nigra* var. *austriaca* A en G);

bak 3: humus en blad van de zomereik (*Quercus Robur* L);

bak 4: duinzode met mos en gras;

bak 5: duinzode met mos en gras en afgevallen duindoornblad.

Deze strooiselsoorten zijn einde Maart 1949 in de duinen tussen Scheveningen en Wassenaar verzameld. De dikte van de strooisellaag was bij het opbrengen 10 à 20 cm. Het lag in het voornemen de kunstmatige bergening met opvangen regenwater te doen geschieden. Dit is de eerste weken ook gebeurd, maar al spoedig bleek dat het opvangen water, o.a. door de invloed van in de nabijheid van het

opvangende dak uitgevoerde werken, een sterk wisselende samenstelling had. Het gehalte aan organische stof, aangegeven door het KMnO_4 -verbruik, bleek er van afhankelijk te zijn, of zich in een voorafgaande droge periode veel stof op het dak had verzameld en het regenwater, dat werd opgevangen, nadat in de nabijheid veel beton was gestort, had een zeer hoge pH, doordat er tijdens het storten veel cementstof in de lucht was geraakt. Daarom werd besloten de beregning met gedestilleerd water voort te zetten.

De betonnen bakken waren inwendig met een asfaltpreparaat bestreken, ten einde ontzuring van het zakwater door kalk uit het beton te voorkomen. Deze bestrijking bleek onvoldoende afsluitend. Wellicht ook doordat de vloer van de bakken betrekkelijk kort na het storten bestreken was, bleken alle afgetapte watermonsters voortdurend een abnormaal hoge pH te hebben. De bepalingen van de pH, van de grootheden in verband met de koolzuurhuishouding en vermoedelijk ook van de andere gehalten aan ionen, werden daardoor zeer onregelmatig en niet representatief. Slechts in het gehalte aan organische stof, uitgedrukt in het aantal milligrammen kaliumpermanganaat, dat per liter water voor de oxydatie van die organische stof nodig is, en in de kleur werd een zo regelmatig verloop waargenomen, dat aan deze uitkomsten zekere waarde mag worden toegekend.

De kleur is uitgedrukt in een overeenkomstig aantal milligrammen platina per liter water.

De uitkomsten zijn in staat I en grafiek I opgenomen en worden in hoofdstuk V besproken.

2. *Geglazuurde gresbuizen*

Gaf de vorige proef een zekere richting aan, waarin het onderzoek zou kunnen geschieden, de opzet was zodanig, dat vele vragen er niet door beantwoord zouden kunnen worden, bv. welke ionen brengen de verschillende humussoorten in het zakwater en treedt er bij het omlaagzakken van het water verdere mineralisatie op. Om in dergelijke vraagstukken meer inzicht te krijgen, werd een proef met geglaazuurde buizen opgezet.

Hierbij is de hoogte van het duinzandbed 3 m, hetgeen bereikt werd door 3 buizen van 1 m op elkaar te plaatsen. Ter vergelijking werd een zandbed van 1 m aangehouden, dus een zandkolom ter hoogte van één buislengte. De inwendige diameter van deze gresbuizen is 60 cm.

Verwacht werd, dat door het gebruik van geglaazuurde gresbuizen

HOOFDSTUK III

DE ONTWIKKELING VAN DE METHODIEK

A. PROEVEN MET BETONNEN BAKKEN EN GEGLAZURDE GRESBUIZEN, GEVULD MET DUINZAND, MET OF ZONDER STROOISELLAAG DAAROP

1. *Betonnen bakken*

Door de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage werden ten behoeve van de Technische Commissie voor Duinonderzoek bepalingen gedaan op semi-technische schaal over de invloed van humus op zakwater. Daartoe werd een laag strooisel gebracht op een bed van duinzand van 1 m dikte, dat in een betonnen bak was gestort. Er werden op het terrein van dat bedrijf bij het Pompstation 5 bakken in de buitenlucht opgesteld; op de strooisellaag viel dus de normale neerslag. Maar bovendien werden deze bakken eenmaal per week kunstmatig beregend met een hoeveelheid water, overeenkomende met een neerslag van 10 mm.

De betonnen bakken zijn cilindrisch van vorm en hebben een middellijn van 1 m. De binnenwand en de bodem zijn bestreken met een asfaltpreparaat. In elke bak is onder in het zandbed een drainering aangebracht, die buiten de bak uitmondt. Aan de uitmondingspijp kan een monsterfles verbonden worden.

In de eerste bak is geen strooisel opgebracht, het duinzand werd, zonodig door wieden, voortdurend kaal gehouden. Deze bak is als contrôle bedoeld. In de andere bakken is op het zandbed een bedekkende laag gebracht van respectievelijk:

bak 2: humus en naalden van de Oostenrijkse den (*Pinus nigra* var. *austriaca* A en G);

bak 3: humus en blad van de zomereik (*Quercus Robur* L);

bak 4: duinzode met mos en gras;

bak 5: duinzode met mos en gras en afgevallen duindoornblad.

Deze strooiselsoorten zijn einde Maart 1949 in de duinen tussen Scheveningen en Wassenaar verzameld. De dikte van de strooisellaag was bij het opbrengen 10 à 20 cm. Het lag in het voornemen de kunstmatige beregening met opvangen regenwater te doen geschieden. Dit is de eerste weken ook gebeurd, maar al spoedig bleek dat het opvangen water, o.a. door de invloed van in de nabijheid van het

opvangende dak uitgevoerde werken, een sterk wisselende samenstelling had. Het gehalte aan organische stof, aangegeven door het KMnO_4 -verbruik, bleek er van afhankelijk te zijn, of zich in een voorafgaande droge periode veel stof op het dak had verzameld en het regenwater, dat werd opgevangen, nadat in de nabijheid veel beton was gestort, had een zeer hoge pH, doordat er tijdens het storten veel cementstof in de lucht was geraakt. Daarom werd besloten de beregning met gedestilleerd water voort te zetten.

De betonnen bakken waren inwendig met een asfaltpreparaat bestreken, ten einde ontzuring van het zakwater door kalk uit het beton te voorkomen. Deze bestrijking bleek onvoldoende afsluitend. Wellicht ook doordat de vloer van de bakken betrekkelijk kort na het storten bestreken was, bleken alle afgetapte watermonsters voortdurend een abnormaal hoge pH te hebben. De bepalingen van de pH, van de grootheden in verband met de koolzuurhuishouding en vermoedelijk ook van de andere gehalten aan ionen, werden daardoor zeer onregelmatig en niet representatief. Slechts in het gehalte aan organische stof, uitgedrukt in het aantal milligrammen kaliumpermanganaat, dat per liter water voor de oxydatie van die organische stof nodig is, en in de kleur werd een zo regelmatig verloop waargenomen, dat aan deze uitkomsten zekere waarde mag worden toegekend.

De kleur is uitgedrukt in een overeenkomstig aantal milligrammen platina per liter water.

De uitkomsten zijn in staat I en grafiek I opgenomen en worden in hoofdstuk V besproken.

2. *Geglazuurde gresbuizen*

Gaf de vorige proef een zekere richting aan, waarin het onderzoek zou kunnen geschieden, de opzet was zodanig, dat vele vragen er niet door beantwoord zouden kunnen worden, bv. welke ionen brengen de verschillende humussoorten in het zakwater en treedt er bij het omlaagzakken van het water verdere mineralisatie op. Om in dergelijke vraagstukken meer inzicht te krijgen, werd een proef met geglazuurde buizen opgezet.

Hierbij is de hoogte van het duinzandbed 3 m, hetgeen bereikt werd door 3 buizen van 1 m op elkaar te plaatsen. Ter vergelijking werd een zandbed van 1 m aangehouden, dus een zandkolom ter hoogte van één buislengte. De inwendige diameter van deze gresbuizen is 60 cm.

Verwacht werd, dat door het gebruik van geglazuurde gresbuizen

de bezwaren met de pH bij de betonnen bakken ondervonden, zouden zijn ondervangen, terwijl door vergelijking van een bak van 3 m hoogte met een van 1 m een eventuele voortgaande mineralisatie misschien zou kunnen worden onderkend en nagegaan.

De naad tussen de op elkaar gezette buizen is dichtgemaakt met een mengsel van bitumen en asbestvezel. De vulling dezer buizen was aldus:

- buis 1. 1 m hoog, gevuld met duinzand tot een hoogte van 80 cm daarboven een 20 cm dikke strooisellaag van de Oostenrijkse den;
- buis 2. 3 m hoog, gevuld met duinzand tot een hoogte van 270 cm, daarboven een 20 cm dikke strooisellaag van de Oostenrijkse den;
- buis 3. 3 m hoog, gevuld met zand tot een hoogte van 270 cm, daarboven een 20 cm dikke strooisellaag van de inlandse eik (zomereik);
- buis 4. 3 m hoog, gevuld met zand tot een hoogte van 270 cm, daarop een duinzode, d.i. een natuurlijke duinbegroeiing van mossen, grassen e.d.;
- buis 5. 3 m hoog, gevuld met zand tot een hoogte van 270 cm, zonder verdere bedekking. Deze laatste buis diende dus als contrôle (blanco) proef.

De buizen zijn in de open lucht opgesteld op het terrein van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage, naast het laboratorium aan de Pompstationsweg.

Boven de natuurlijke neerslag ontvingen ze eenzelfde kunstmatige beregening, als bij de betonnen bakken is geschied, dus met gedestilleerd water, tot een hoeveelheid overeenkomende met een neerslag van 10 mm per week. Het uitlopende water werd opgevangen in 5 liter-flessen. Van de watermonsters werden bepaald de pH, het organische stofgehalte en de kleur. De resultaten hiervan zijn opgenomen in staat II en grafiek II en worden besproken in hoofdstuk V.

B. BEWERKING VAN MONSTERS IN PROEFPERKEN GENOMEN

1. *Verdringingsproeven in geglazuurde gresbuizen*

Zoals reeds in het eerste hoofdstuk is medegedeeld, is van de stuwende invloed, die de in de bodem dringende neerslag uitoefent, op het reeds in de bodem aanwezige water, gebruik gemaakt voor het verkrijgen van hangwater.

In het laboratorium van het Itbon op Mariëndaal bij Oosterbeek zijn proeven genomen met het verdringen van hangwater in zandkolommen, door het opgieten van water. Twee gresbuizen, 1 m lang, met een inwendige diameter van 20 cm, werden los op elkaar geplaatst en gevuld met zand tot een gewicht van ongeveer 100 kg en met een vochtgehalte van 5 gewichtsprocenten. Dagelijks werd een liter pekewater opgegoten en na ongeveer 4 dagen begon er onderuit het buizenstel water te lekken, dat geen natrium-reactie in de vlam vertoonde. Twee dagen later verscheen het zout in het uitlekkende water (smaak en gele vlam), er was toen reeds ongeveer $\frac{1}{2}$ liter keukenzout-vrij water uitgelekt. De proef werd herhaald met zand dat slechts $1\frac{1}{2}$ gewichtsprocent water bevatte, het na zes dagen te voorschijn komende water kleurde onmiddellijk de vlam geel. Volgens deze methode werd nu gedurende een drietal maanden in het laboratorium van de Haagse Duinwaterleiding tewerk gegaan. Echter werd in plaats van keukenzout fluoresceïne als indicator gebruikt en wel in een oplossing van 1 mg in 1 liter water.

Keukenzout was niet bruikbaar, omdat juist een van de waarden, die van het verdreven water bepaald moest worden, het Cl-gehalte is. Behalve pekewater en fluoresceïne kunnen wellicht ook als indicator dienst doen: kininesulfaat, lythiumchloride en strontiumzouten. Prof. Dr J. K. BAARS van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O. heeft voor het bestuderen van de infiltratie van op het duinzand gegoten water gebruik gemaakt van eosine.

Het lag aanvankelijk in de bedoeling van terreinen met karakteristieke begroeiingen, zowel een natuurlijke duinbegroeiing, als beplantingen met den en eik, op bepaalde diepten grond uit te graven, hiermede geglazuurde gresbuizen te vullen, om vervolgens door begieten het hangwater er uit te verdrijven en dit op te vangen en te analyseren.

Het werd raadzaam geoordeeld het aantal begroeiingstypen voorlopig te beperken tot drie, nl. een natuurlijke duinbegroeiing en aanplantingen van den en eik.

Een beschrijving van de terreinen, die daarvoor gekozen zijn, wordt in hoofdstuk IV gegeven.

Voorlopig zou maandelijks in deze drie perken op twee plaatsen grond worden opgegraven uit een laag tussen 1 en $1\frac{1}{2}$ m onder het maaiveld; van het graven van grond op een diepte tussen —2 m en —2 $\frac{1}{2}$ m werd afgezien, met het oog op het zeer grote grondverzet, dat hiervan het gevolg zou zijn.

Er werd nu een stelling gemaakt voor 6 buizenkolommen, elke kolom bestaande uit 2 op elkaar geplaatste geglazuurde gresbuizen van 1 m lengte, met een inwendige diameter van 20 cm. De naden tussen de buizen werden niet gedicht, aangezien proeven op Mariëndaal hadden uitgemaakt, dat er weinig verschil is tussen buiskolommen met open en gesloten naden.

De opgegraven grond werd terstond in papieren (suiker) zakken, gedrenkt in paraffine, gedaan en zo snel mogelijk naar het laboratorium vervoerd en in de buizen gestort onder licht aanstampen. De buizenstelling was binnenshuis, omdat er geen neerslag op de zandkolommen mocht vallen.

Het ging er toch om sejunctiewater op te vangen, door dit uit de zandmassa te verdrijven met behulp van boven opgegoten en door fluoresceïne (1 mg op 1 liter water) gekleurd water. Het opgieten geschiedde aanvankelijk eenmaal daags, waarbij dan 1 liter water werd opgegoten; om rand-effect te vermijden werd spoedig overgegaan tot het tweemaal daags opgieten van 500 cm³.

Met het opgieten werd eerst begonnen, nadat de buizen 4 dagen gevuld hadden gestaan en het hangwater dus gelegenheid had gehad wat omlaag te zakken. Het opgieten geschiedde in langzaam tempo, in een holte boven in het zand gedrukt, in het midden van de buis.

Op deze wijze tewerk gaande, bleek het zeer wel mogelijk vrij grote hoeveelheden (de uitersten waren 400 cm³ en 1700 cm³) helder hangwater, niet door fluoresceïne gekleurd, te verdringen en op te vangen, steeds voldoende voor het analyseren. Er werd niet nagegaan, welk deel van het hangwater op deze wijze verdrongen zou kunnen worden. Van het op deze wijze verkregen hangwater werden bepaald: de kleur, de pH, het gehalte aan organische stof, de totale en de tijdelijke hardheid, het HCO₃-ion, het ferri-ion, het fosfaat-, nitraat- en chloor-ion.

Gedurende de maanden April, Mei en Juni 1950 is volgens deze methode gewerkt. De resultaten van de analyse van het hangwater zijn in staat IV verzameld.

Inmiddels was gebleken, dat het steken van grondmonsters met stalen buizen en het verdrijven van hangwater uit die grondmonsters, terwijl ze in de stalen buizen bleven, succesvol verliep en aangezien op deze wijze vrijwel ongeroerde grond aan het verdringingsproces kan worden onderworpen, werd de werkwijze met ingevulde grond gestaakt en hierna tewerk gegaan volgens de nu te beschrijven methode.

2. *Monsters steken met stalen buizen, waarin de grond aan het verdringingsproces wordt onderworpen*¹⁾

Aanvankelijk werden proeven genomen met stalen buizen 35 cm lang, die in de grond geslagen werden en daarna voorzichtig er uit getrokken, waarna de grond *in die buis* aan het verdringingsproces werd onderworpen. Het uitlekkende water was evenwel onmiddellijk gekleurd (fluoresceïne), doordat de gebruikte buizen te kort waren en de binnenkant niet ruw gemaakt was. Het opgegoten water zakte langs de binnenwand veel sneller omlaag, dan in het zandlichaam. Bovendien sloot de bovenste laag van de zandkolom (ter dikte van 10 à 15 cm) dikwijls minder vast tegen de binnenwand van de buis aan, als gevolg van de samenstelling van die laag (humusrijk zand vermengd met min of meer vergane takjes, bladeren en/of naalden) en de horizontale (wrikkende) beweging van de buis bij het begin van het inslaan.

Maar ook al zou kleurloos water uitgelekt zijn, dan zou toch de zandkolom, die dit moest opleveren, te kort zijn geweest (30 cm minus 10 à 15 cm) om voor de analyse voldoende water op te leveren. De proeven werden herhaald met langere buizen (lengte ongeveer 90 cm, inwendige diameter 15 cm) voorzien van een koperen voering, die ruw gemaakt was (gezandstraald). Deze buizen werden met een hand-
heit in de bodem gedreven. En nu werd succes verkregen. Uit de zandkolommen kon voldoende ongekleurd water verdrongen worden, nodig voor het chemisch onderzoek.

Er moet nog op gewezen worden, dat de zandkolom bij het uittrekken van de buis daarin blijft hangen, indien dit uittrekken met voorzichtigheid geschiedt.

Gedurende drie maanden werden met buizen monsters gestoken in een dennenbos, een eikenbos en een terrein met een natuurlijke, lage, duinbegroeiing.

Een enkele maal was de hoeveelheid opgevangen ongekleurd water, slechts 150 tot 200 cm³, te gering voor alle chemische bepalingen, namelijk als het grondmonster zeer weinig vocht bevatte. Dit bezwaar kan gemakkelijk ondervangen worden, door de monsters in duplo te steken. Bovendien is het gewenst een ruime marge aan te houden tussen het afgetapte drainwater, dat voor de analyse gebruikt wordt en het water, dat volgens de vochtbepaling van de aanvang af in het zandlichaam aanwezig was. Het is toch denkbaar, dat van het eerst

¹⁾ Zie ook: Dr R. WIND HZN. „Een methode voor het verkrijgen van hangwater uit zandgronden”. „Water” nr 4 van 15 Februari 1951, met foto's.

opgegoten water de fluoresceïne grotendeels door het zand geabsorbeerd is en de fluoresceïne-kleuring van het opgegoten water bij het uitlekken moeilijk herkenbaar is (zie hierna over het gebruik van fluoresceïne als indicator).

Op grond van de ervaringen, gedurende die drie maanden opgedaan, werd een groot aantal naadloze stalen buizen aangeschaft, lang 105 cm, met een inwendige diameter van 15 cm en een oppervlakte van de horizontale doorsnee van de cylinder van rond 176 cm² (inwendig). De buizen zijn voorzien van een koperen voering, op het bovineinde is een flens gelast, die de slagen van het heiblok moet opvangen. De buizen zijn van onderen uitwendig een weinig schuin afgedraaid, om het binnendringen in de bodem te vergemakkelijken. De buizen worden na het uittrekken van onderen gesloten met een koperen deksel (bajonet sluiting), waarin in het midden een gaatje van 5 mm diameter is geboord.

Zoals reeds terloops is opgemerkt, geschiedt het indrijven van de buizen met een handhei (gewicht 33 kg). Op de flens wordt een plankje van hard hout gelegd om de slagen op te vangen. Aan dit plankje is een klos gespijkerd, die in de bovenkant van de buis steekt en het plankje voor afvallen behoedt. Al naar de vastheid van de grond gaat het indrijven sneller of langzamer. Zo werd de buis bijvoorbeeld met 20 tot 25 slagen 1 m diep in stortgrond gedreven, reeds 40 jaar geleden gestort en begroeid met 35-jarige eiken, terwijl in vast, kaal, ongeroerd duinzand 80 tot 100 slagen nodig zijn om de buis tot dezelfde diepte in te slaan. Duimdikke wortels worden gemakkelijk door de buis doorgesneden. Is de buis snel, met een gering aantal slagen ingedreven, dan kan hij door twee personen, zonder hulpwerktuigen, weer uit de grond getrokken worden. Gaat het inslaan moeilijker, dan wordt voor het uittrekken een hefboom gebruikt. Een ketting wordt onder de flens om de buis geslagen en bevestigd aan een haak aan de korte arm van de hefboom, dat is een handspaak, die op enige op elkaar gelegde baddings rust. Soms moeten dan nog 4 personen de lange arm van de hefboom omlaag drukken, om de buis langzaam te doen omhoog komen. Het kloppen met een houten hamer tegen de flens bevordert het lichten. Voor het steken van grondmonsters uit lagen tussen —1 en —2 m moet uiteraard eerst een werkkuil tot 1 m diep gegraven worden. Door het indrijven van de buis wordt de grond daarin iets samengedrukt, zodat men, dit voor ogen houdende, ook volgens deze werkwijze nog niet volkomen ongeroerde grond onderzoekt. Voor dit onderzoek kan echter, naar gemeend wordt, dit ge-

ringe samendrukken van de grond geaccepteerd worden. Het samendrukken heeft het voordeel, dat de zandkolom daardoor ook beter tegen de binnenwand van de buis aansluit, zodat voor het sneller wegzakken van het opgegoten water daarlangs niet gevreesd hoeft te worden (zie ook foto's nr 1 en 2).

In het laboratorium hoeft men de buizen slechts in daarvoor gemaakte houten rekken te plaatsen en er een kolf of bekeerglas onder te zetten, waarna het verdringingsproces een aanvang kan nemen.

Met de nu gebruikte buizen kunnen monsters van een 1 m dikke bodemlaag gestoken worden, er blijft dan aan het bovineinde van de buis een 5 cm hoge ruimte open voor het opgieten. Dit geschiedt in een kuiltje met de hand midden in de zandkolom gedrukt, en wel tweemaal daags, waarbij telkenmale 250 cm³ met fluoresceïne gekleurd water wordt opgegoten, overeenkomende dus met een regenval van ruim 14 mm.

De fluoresceïne-oplossing heeft een gehalte van 1 mg per liter water.

Veelal komt op de vierde dag onder uit de buis water druppelen, doch het kan ook verscheidene dagen langer duren. Zodra het water flink uitlekt, wordt het opgieten gestaakt, om soms nog eens hervat te worden, als de lek sterk vermindert en er nog niet voldoende water voor de analyse is verkregen. Zodra er voor het chemisch onderzoek voldoende water was opgevangen, werd het opgieten definitief gestaakt. Aan de hand van de resultaten van dit onderzoek kan daarom niet worden opgegeven hoeveel hangwater er in totaal uit de verschillende grondmonsters zou kunnen zijn verdreven. Om tijd en arbeid te sparen, wachtten we bij ons onderzoek dus het te voorschijn komen van het met fluoresceïne gekleurde water niet af, hoewel het dikwijls is voorgekomen, dat er, nadat er reeds enige dagen ongekleurd water was uitgelekt, 's morgens in de opvangkolf gekleurd water werd aangetroffen, dat er 's nachts was uitgelekt. Daarom is het zaak aan het einde van de middag steeds het opgevangen, nog niet gekleurde, water te meten en over te gieten in gereedstaande flessen, om te voorkomen, dat een hoeveelheid uitgelekt ongekleurd water onbruikbaar voor de analyse wordt, doordat er 's nachts wat gekleurd water is bijgekomen.

3. *Oppompen van grondwater*

Onder hoofd B van dit hoofdstuk, d.i. bewerking van monsters in proefperken genomen, behoort ook het onderzoek van het grondwater, gelegen boven een veenlens en afkomstig van neerslag, gevallen op een terrein met een uniforme begroeiing, bv. geheel kaal duin,

of een zuivere dennenaanplant. De beschrijving van de terreinen, waarin de putten geslagen zijn en de bijzonderheden van deze putten zijn vermeld in hoofdstuk IV „De proefperken en proefterreinen”; ze zijn gelegen in de boswachterij Noordwijk.

C. HET GEBRUIK VAN FLUORESCËINE ALS INDICATOR

VOOR HET OPGEGOTEN WATER

Hiervoor werd medegedeeld, dat het water, dat op de buizen gegoten werd, om het in het zand aanwezige hangwater te verdrijven, met fluoresceïne was gekleurd, ten einde het te kunnen onderscheiden van dit hangwater.

Nu wordt fluoresceïne door zand geabsorbeerd en het zou dus kunnen zijn, dat, vooral bij de zwakke concentratie die gebruikt werd, het eerst opgegoten water geheel ontkleurd werd; met het gevolg, dat als verdrongen water wordt beschouwd wat ten rechte opgegoten water is.

Neemt men kennis van hetgeen het Laboratorium van de Afdeling Volksgezondheid van de Gemeentelijke Geneeskundige en Gezondheidsdienst van Amsterdam mededeelt over het gebruik van fluoresceïne als indicator om de waterbeweging aan te tonen, dan wordt reeds veel van de vrees voor het algeheel ontkleurd geraken van het eerst opgegoten water weggenomen. Daarbij wordt nl. aangeraden het oplossen van de fluoresceïne te doen geschieden ver van de plaats van de proefneming. De plaats waar het materiaal voor de monsterneming wordt bewaard en waar de monsters later worden onderzocht, moet zich op voldoende afstand bevinden van die, waar de kleurstof wordt opgelost, een en ander om te voorkomen dat die plaats door verstuijing van de droge poedervormige kleurstof bij het maken van de oplossing zou worden besmet.

Fluoresceïne in water opgelost in een verhouding van 1 : 100.000.000 tot 1 : 200.000.000, dus bij een oplossing van 0,01 tot 0,005 mg fluoresceïne per liter water, kan nog zonder hulpmiddelen worden waargenomen. Het aantonen van zwakkere oplossingen van deze kleurstof tot ongeveer 0,001 mg/l moet geschieden in het donker, met een op de vloeistof gerichte lichtbundel (projectielantaarn).

Nu is bij onze proeven met het verdrijven van hangwater door opgieten een fluoresceïne-oplossing gebruikt van 1 mg/l. Van het eerst opgegoten water zou dus door de 1 m hoge zandkolom meer dan 99%

geabsorbeerd moeten worden, voordat de kleurstof in het uitlekkende water niet meer zonder hulpmiddelen kan worden waargenomen.

Om na te gaan of een deel van het eerst opgegoten met fluoresceïne gekleurde water tijdens de infiltratie geheel zou worden ontkleurd, werden enkele proeven genomen:

1. In 2 gresbuizen, lang 1 m, met een inwendige diameter van 10 cm werd zand gedaan. Het zand in de ene buis was bevochtigd met een fluoresceïne-oplossing in water van 1 mg/l tot een vochtgehalte van 8 gewichtsprocenten; het zand in de andere buis was bevochtigd met ongekleurd water, eveneens tot een vochtgehalte van 8 gewichtsprocenten.

Op de 1e buis werd dagelijks 100 cm³ ongekleurd water en op de 2e buis 100 cm³ met fluoresceïne gekleurd water (1 mg/l) gegoten. De hieronder volgende staat laat het resultaat zien:

Datum van het begieten	Gekleurd zand (1 mg/l)			Ongekleurd zand		
	Opgegoten ongekleurd water cm ³	Uitgelekt cm ³	Fluoresceïne in het uitgelekte water	Opgegoten gekleurd water (1mg/l)cm ³	Uitgelekt cm ³	Fluoresceïne in het uitgelekte water
1950						
18 Jan.	100	—	—	100	—	—
19 „	100	—	—	100	—	—
20 „	100	—	—	100	—	—
21 „	100	83	0,3 mg/l	100	—	—
22 „	100	71	0,25 „	100	0,2	0 mg/l
23 „	100	61	0,25 „	100	83	0 „
24 „	100	157	0,20 „	100	66	0,07 „
25 „	100	60	0,06 „	100	67	0,20 „
26 „	100	109	0,03 „	100	126	0,30 „
27 „	100	79	± 0,01 „	100	92	0,40 „
28 „	100	109	± 0,01 „	100	38	0,40 „
29 „	—	—	—	—	—	—
30 „	—	117	—	—	169	0,45 „

Uit het resultaat blijkt, dat het verdrongen water, dat door het opgegoten heldere water allereerst tot uitlekken werd gebracht, niet alle fluoresceïne in het zand heeft achter gelaten, maar slechts 70% daarvan, de tweede buis laat zien, dat er eerst 83 cm³ helder water is uitgelekt, voordat door fluoresceïne gekleurd water te voorschijn kwam. Nu bevat de zandkolom bij een vochtgehalte van 8 gewichtsprocenten

ca 100 cm³ water en de evenvermelde 83 cm³ water zouden dus uitsluitend verdrongen water kunnen zijn geweest, maar de mogelijkheid is aanwezig, dat een deel er van uit geheel ontkleurd opgegoten water heeft bestaan.

2. De volgende proef is genomen met 2 monsters gestoken met de stalen buizen. De grondmonsters waren afkomstig van Leiduin en gestoken op 30 Mei 1951 in het eiken-berkenbos uit de grondlaag tussen —1 m en —2 m en het terrein met natuurlijke lage duinbegroeiing, uit de grondlaag tussen —1 m en —2 m.

Het grondmonster uit het eiken-berkenbos bevatte 3,5 gewichtsprocenten, het andere 4,2 gewichtsprocenten vocht. Opgegoten werd gedestilleerd water + fluoresceïne (1 mg/l).

Datum	Uur	Grondmonster uit eiken-berkenbos				Grondmonster van terrein met natuurlijke lage duinbegroeiing			
		Opgegoten cm ³	Uitgelekt cm ³	Cl' mg/l	Fluoresceïne	Opgegoten cm ³	Uitgelekt cm ³	Cl' mg/l	Fluoresceïne
31/5	10. ³⁰	250	—	—	—	250	—	—	—
1/6	9	250	—	—	—	250	—	—	—
2/6	10. ³⁰	250	—	—	—	250	—	—	—
4/6	11. ³⁰	250	—	—	—	250	—	—	—
5/6	9	250	—	—	—	250	—	—	—
6/6	10	250	—	—	—	250	—	—	—
7/6	9	250	—	—	—	250	—	—	—
8/6	11	250	lekt	—	—	250	100	9,5	—
8/6	17	—	92	48	—	—	—	—	—
9/6	9	250	155	47	—	250	214	10,0	—
11/6	11	250	480	36	fluoresceïne	250	410	9,0	0,04 mg/l
12/6	11	250	117	24	„	250	100	7,0	0,1 „
13/6	9	250	163	18	„	250	186	7,0	0,3 „
14/6	9	250	234	12	„	250	242	6,0	0,75 „

Het hangwater in het duinzand bevat steeds meer of minder chloriden en door het chloridgehalte van het uitlekkende water regelmatig te bepalen, kan uit het blijvend sterk afnemen daarvan geconstateerd worden, wanneer vermenging met gedestilleerd (opgegoten) water heeft plaats gevonden. Gelijktijdig werd de fluoresceïne in het lekwater waargenomen. Bij het grondmonster uit het eiken-berkenbos kon de sterkte van de fluoresceïne in het uitlekkende water niet

worden bepaald, omdat dit lekwater geel gekleurd was door aanraking met beschadigde eikenwortels.

3. Op 26 Juni 1951 werd in een dennenbosje (*Pinus nigra* var. *corsicana*) in Meijendel uit de grondlaag tussen 1 m en 2 m onder het maaiveld met een stalen buis een monster gestoken.

Het vochtgehalte van deze grond bedroeg 2,8 gewichtsprocenten. De zandkolom werd in het laboratorium begoten met gedestilleerd water, gekleurd met fluoresceïne (1 mg/l).

Het resultaat vindt men in de volgende staat.

Datum	Uur	Opgegoten cm ³	Uitgelekt cm ³	Cl' mg/l	Aantekeningen
27/6	17	250	—	—	Het Cl'-gehalte van het hangwater uit de bodemlaag tussen maaiveld en —1 m bedroeg in dit geval 31 mg/l.
28/6	9	250	—	—	
29/6	10	250	—	—	
30/6	9	250	—	—	
2/7	11	250	—	—	
3/7	11	250	—	—	Zwak fluorescerend. " " " " " "
4/7	9. ³⁰	250	—	—	
5/7	10	250	173	49	
6/7	8	250	146	42	
6/7	17	—	75	34	
7/7	8	—	176	27	
7/7	17	—	72	20,3	
9/7	9	250	90	19,8	
10/7	19	—	78	?	
					1 mg/l.

Ook hier heeft het constateren van de fluoresceïne ongeveer gelijktijdig plaats met het blijvend sterk afnemen van het Cl'-gehalte van het uitlekkende water, als gevolg van het feit, dat vermenging met gedestilleerd water heeft plaats gevonden.

Deze proeven wijzen wel uit, dat bij gebruik van fluoresceïne in een oplossing van 1 mg op 1 liter water, in een zandfilter van 1 m dikte deze kleurstof in het eerst opgegoten water niet geheel door het zand geabsorbeerd zal zijn, zodat herkenning van dit water onmogelijk zou worden.

Van elk met de stalen buizen gestoken grondmonsters werd onmiddellijk het vochtgehalte bepaald, aan de hand van een monster van de wand van het gat over de gehele diepte daarvan afgeschraapt, zodat berekend kon worden hoeveel hangwater zich in de desbetreffende zandkolom bevond. Bij een vochtgehalte van 3 gewichtsprocenten is dit ruim 800 cm³, waarvan echter slechts 400 cm³ behoeften te

worden verdrongen ten behoeve van de analyse. De veiligheidsmarge was hierdoor vrij ruim, omdat het duinzand meestal meer dan 3 gewichtsprocenten vocht bevatte (zie grafiek IV). Slechts in de allerdroogste maanden was het vochtgehalte van het zand in de dennenbosjes en soms ook in het eikenbos (onder een grasmatt) lager en moesten de monsters in duplo worden gestoken, zodat per buis met 150 à 200 cm³ verdrongen water kon worden volstaan.

Bij een vochtgehalte minder dan 2 gewichtsprocenten kon meestal geen onvermengd hangwater verdrongen worden, het uitlekkende water was dan van stonde af aan fluorescerend. Het hangwater bevindt zich dan grotendeels in de nauwste capillairen en het opgegoten water zakt gedeeltelijk door de wijdere capillairen en gangen omlaag, weinig of geen hangwater voor zich uitdrijvende.

HOOFDSTUK IV

DE PROEFPERKEN EN PROEFTERREINEN

In het areaal van de Haagse Duinwaterleiding werden, in overleg met de Technische Commissie, perken uitgezet in een dennenbos, een eikenbos en in een terrein met een natuurlijke duinbegroeiing. De eerste twee liggen nabij de voormalige boerderij *Meijendel*, het laatst genoemde ligt in de *Kijfhoek*, beide terreinen zijn dellen.

Perk nr 1, het dennenperk, ligt ongeveer 200 m ten noorden van die boerderij, in een 20-jarige zuivere aanplant van Corsicaanse dennen (*Pinus nigra* var. *corsicana* Loudon). Aantal bomen per ha momenteel ongeveer 3200 (zie foto nr 3).

Grootte en indeling

Het perk mat aanvankelijk 24 bij 16 m en was verdeeld in 24 vakken van 4 m in het vierkant. Ten behoeve van de in April tot en met September 1951 te steken monsters, werd er aan de zuid-oost hoek een stuk aan toegevoegd, metende 8 bij 24 m en verdeeld in 12 vakken van 4 m in het vierkant.

De grondmonsters werden maandelijks in twee vakken, derhalve in duplo, gestoken.

Bodem

Het terrein helt flauw naar het zuiden af en het perk ligt 4 tot $4\frac{1}{2}$ m boven N.A.P. Tot de diepte waarbij met monstersteken gegaan wordt, d.i. 2 m onder het maaiveld, bestaat de grond uit gewoon matig grof geel duinzand. Vóór de dennen geplant werden, is het terrein diep omgespit, de grens van dit diep spitten is nog in het profiel te herkennen (op circa 65 cm onder het maaiveld). Humusvorming van enige betekenis heeft nog niet plaats gehad, het enigszins grijs getinte humeuze bovenste grondlaagje is slechts enkele centimeters dik (maximaal 5 cm). De bovenste 65 cm (vroeger gespit) is meestal niet helder geel maar enigszins grijsachtig geel, terwijl een enkele maal ook verkleuring door ferrioxjde werd gevonden, op 65 cm onder het maaiveld wordt dan het helder gele duinzand aangetroffen.

worden verdrongen ten behoeve van de analyse. De veiligheidsmarge was hierdoor vrij ruim, omdat het duinzand meestal meer dan 3 gewichtsprocenten vocht bevatte (zie grafiek IV). Slechts in de allerdroogste maanden was het vochtgehalte van het zand in de dennenbosjes en soms ook in het eikenbos (onder een grasmat) lager en moesten de monsters in duplo worden gestoken, zodat per buis met 150 à 200 cm³ verdrongen water kon worden volstaan.

Bij een vochtgehalte minder dan 2 gewichtsprocenten kon meestal geen onvermengd hangwater verdrongen worden, het uitlekkende water was dan van stonde af aan fluorescerend. Het hangwater bevindt zich dan grotendeels in de nauwste capillairen en het opgegoten water zakt gedeeltelijk door de wijdere capillairen en gangen omlaag, weinig of geen hangwater voor zich uitdrijvende.

HOOFDSTUK IV

DE PROEFPERKEN EN PROEFTERREINEN

In het areaal van de Haagse Duinwaterleiding werden, in overleg met de Technische Commissie, perken uitgezet in een dennenbos, een eikenbos en in een terrein met een natuurlijke duinbegroeiing. De eerste twee liggen nabij de voormalige boerderij *Meijendel*, het laatst genoemde ligt in de *Kijfhoek*, beide terreinen zijn dellen.

Perk nr 1, het dennenperk, ligt ongeveer 200 m ten noorden van die boerderij, in een 20-jarige zuivere aanplant van Corsicaanse dennen (*Pinus nigra* var. *corsicana* Loudon). Aantal bomen per ha momenteel ongeveer 3200 (zie foto nr 3).

Grootte en indeling

Het perk mat aanvankelijk 24 bij 16 m en was verdeeld in 24 vakken van 4 m in het vierkant. Ten behoeve van de in April tot en met September 1951 te steken monsters, werd er aan de zuid-oost hoek een stuk aan toegevoegd, metende 8 bij 24 m en verdeeld in 12 vakken van 4 m in het vierkant.

De grondmonsters werden maandelijks in twee vakken, derhalve in duplo, gestoken.

Bodem

Het terrein helt flauw naar het zuiden af en het perk ligt 4 tot 4½ m boven N.A.P. Tot de diepte waarbij met monstersteken gegaan wordt, d.i. 2 m onder het maaiveld, bestaat de grond uit gewoon matig grof geel duinzand. Vóór de dennen geplant werden, is het terrein diep omgespit, de grens van dit diep spitten is nog in het profiel te herkennen (op circa 65 cm onder het maaiveld). Humusvorming van enige betekenis heeft nog niet plaats gehad, het enigszins grijs getinte humeuze bovenste grondlaagje is slechts enkele centimeters dik (maximaal 5 cm). De bovenste 65 cm (vroeger gespit) is meestal niet helder geel maar enigszins grijsachtig geel, terwijl een enkele maal ook verkleuring door ferrioxyde werd gevonden, op 65 cm onder het maaiveld wordt dan het helder gele duinzand aangetroffen.

Begroeiing

Zoals reeds boven werd gezegd is de hoofdhoutsoort de Corsicaanse den, vermoedelijk als driejarige kluitplant geplant. Kort geleden heeft onderplanting, o.a. met beuk en esdoorn plaats gehad, in een gering aantal. De afmetingen van deze boompjes zijn nog zeer gering, de grootste (esdoorns) halen nauwelijks een hoogte van 2 m.

De ondergroei bestaat uit mossen, wat gras, veel orchideeën (de breedbladige wespenorchis = *Epipactis latifolia* All.) en een enkele koningskaars (*Verbascum Thapsus* L.). De grond is slechts dun met naalden bedekt en wel voornamelijk onder de dennen, op vele plaatsen is de bodem geheel onbedekt en ziet men dus het kale zand.

Perk nr 2, het eikenperk, ligt ongeveer 300 m ten zuid-westen van de boerderij Meijendel. Het is uitgezet in een bosje van zomereik (*Quercus Robur* L.). De leeftijd der bomen is niet met zekerheid bekend. Volgens een rapport van A. J. BLIJDENSTEIN en L. R. BRANTS: „De bosbeplanting op de Nederlandsche Zeeduinën”, afgedrukt in het Tijdschrift der Nederlandsche Heide Mij, Jaargang 4, 1892, „is in den Meijendel (Wassenaar) omstreeks 1840 een grote bouwhoeve aangelegd, waarbij de wallen zijn beplant met kluitdennen en Canadeesche populieren en de omringende vlakke gedeelten en ook enkele duinheuvels met eik, berk en dennen”. Op de grote schuur is boven de deur in de oostelijke zijwand het jaartal 1840 aangebracht. Hoewel de eiken in het perk van geringe afmetingen zijn (hoogte 8 tot 12 m, omtrek 55 tot 65 cm), komen er aan de rand van het bosje, langs een rechthoekig onbegroeid vlak grondstuk (voormalige akker?) aanmerkelijk zwaardere eiken voor (omtrek circa 100 cm op borsthoogte). Het tellen van jaarringen aan gevelde stammen, die stronkuitlopers waren, gaf ons de zekerheid, dat deze stronkuitlopers ruim 70 jaar oud waren (zie foto's nr 4 en 5).

Grootte en indeling

De rechthoek, in het eikenbosje uitgezet, mat oorspronkelijk 32 bij 24 m en was eveneens verdeeld in 24 vakken. Voor het steken van monsters in de maanden April tot en met September 1951 werd er aan de oostelijke zijde een stuk aan toegevoegd, 16 × 24 m groot, verdeeld in 12 vakken. Alle vakken zijn dus 8 m lang en 4 m breed. Maandelijks werd in 2 vakken een grondmonster gestoken.

Bodem

Dit perk vertoont overal een humusrijke bovenste laag, in dikte variërend van 10 tot 25 cm, veelal ongeveer 20 cm. Daaronder volgt dan het gele duinzand. De bovenste humusrijke laag is zwart, bruinzwart of grijs van kleur en in het gele duinzand vindt men ook dikwijls zwarte of grijze aderen en vlekken, als gevolg van infiltratie van humeuze stoffen uit de bovenlaag. Ook treden af en toe roestbruine verkleuringen op (ferrioxyde).

In de bovenste 50 cm treffen we veel eikenwortels aan, daarna weer op een diepte van 1 m onder het maaiveld en daar dikwijls eindigend in kwastjes. Het terrein is sterk golvend, de hoogte boven N.A.P. is circa 4 m.

Begroeiing

Onder de eiken vindt men zeer veel kamperfoelie (*Lonicera Periclymenum* L), voorts vlier (*Sambucus nigra* L), meidoorn (*Crataegus spec.*), dauwbraam (*Rubus caesius* L), aalbes (*Ribes rubrum* Jancz). Veelvuldig komt er de heggerank (*Bryonia alba* L) voor. Van de overige flora noemen we: brandnetels (*Urtica spec.*), smeewortel (*Symphytum officinale* L), hondsdrif (*Glechoma hederacea* L), valse salie (*Teucrium Scorodonia* L) als veelvuldig voorkomend en voorts ook nog talrijk jacobakruiskruid (*Senecio Jacobaea* var. *discoideus*), drienerfmuur (*Moehringia trinerva* Clairv.), kleefkruid (*Galium Aparine* L), vergeet mij nietje (*Myosotis collina* Hoffm. alias *M. hispida* Schlecht en *M. arvensis* Hill alias *M. intermedia* Link), speerdistel (*Cirsium lanceolatum* Scop.) en salomonszegel (*Polygonatum odoratum* Druce). Op enkele plaatsen ontbreekt de ondergroei van heesters en kruiden, daar vindt men dan een dichte grasmat.

Perk nr 3, gelegen in de *Kijfhoek*, een terrein met een *natuurlijke duinbegroeiing* (zie foto nr 6).

Grootte en indeling

Het perk was aanvankelijk 24 m lang en 12 m breed en verdeeld in 24 vakken. Voor het steken van monsters in de maanden April tot en met September 1951 werd het perk uitgebreid met een stuk aan de noordelijke hoek, metende 5 × 18 m, verdeeld in 12 vakken.

Bodem

De oostelijke helft van het perk helt sterk af naar het westen, de westelijke helft is vlak.

Een groot deel van het perk is bedekt met een laag opgestoven zand, ter dikte van 35 tot 50 cm. De grens met de oorspronkelijke oppervlakte was in vele vakken in het profiel duidelijk te zien als een gemiddeld 10 cm dikke zwart tot grijs gekleurde laag, met golfstructuur. Deze laag bevindt zich op diepten van 35 tot 50 cm onder het huidige maaiveld. Onder deze laag en wel 50 tot 80 cm onder het maaiveld, troffen we soms restanten van duimdikke vermolmde boomwortels. Het zand om deze wortels was grijs gekleurd (humeuze stoffen). Het gele zand troffen we vrijwel onmiddellijk aan de oppervlakte aan, de spaarzame begroeiing heeft geen humuslaag van enige betekenis gevormd. Hoogte boven N.A.P. 6 à 7 m.

Begroeiing

Deze wordt gevormd door enkele duindoorns (*Hippophae Rhamnoides* L), enkele kruipwilgen (*Salix repens* L); een enkele liguster (*Ligustrum vulgare* L), mossen, helm (*Ammophila arenaria* Lk), buntgras (*Corynephorus canescens* P.B.), zo spaarzaam over het terrein verspreid, dat het zand over vele en grote plekken bloot ligt. Deze ijle begroeiing wordt in de voorzomer nog aangevuld met muur (*Arenaria serpyllifolia* L), viooltje (*Viola tricolor* L), muurpeper (*Sedum acre* L), vergeet mij nietjes, rolklaver (*Lotus corniculatus* L), e.a., alles heel klein en armtierig.

Het feit, dat opgestoven zand de bovenste laag van de grond in perk nr 3 vormt, althans voor een groot gedeelte van dit perk en dat deze laag nogal variabel van dikte is, is onder meer aanleiding geweest om aanvullende monsters te steken in het gebied van de Amsterdamse waterleiding (Leiduin), nabij de Oranje-kom.

Ook het voorkomen van een zeer dik naaldendek in daar groeiende dennenbosjes en de aanwezigheid van een eikenbos met een zeer dikke humuslaag leidden er toe, de perken van Meijendel en de Kijfhoek aan te vullen met een drietal perken in Leiduin.

In Leiduin werden als proefterrein voor dit onderzoek uitgekozen:

1. een perceel *Oostenrijkse dennen* (*Pinus nigra* var. *austriaca* A en G), circa 300 m ten noorden van de Oranje-kom. Een perk werd niet uitgezet, de monsters werden gestoken in een rechte lijn, in het midden van het perceel en in de lengterichting daarvan lopend.

Bodem

Stortgrond, gestort omstreeks 1927. Geel duinzand, hier en daar vermengd met kleine veenbrokken en zandoer. Het terrein is vol-

komen vlak. Hoogte boven N.A.P. 8 m, grondwater op N.A.P. +0,5 m tot +1,0 m.

Begroeiing

Oostenrijkse dennen, 5 tot 7 m hoog, ca 20 jaar oud, zuivere aanplant, als zeer jonge dennetjes in de winter van 1931-1932 geplant in een vrij wijd verband nl. $1\frac{1}{2} \times 2$ m.

Thans staan er nog rond 1800 bomen per ha, bijna de helft van het oorspronkelijke aantal is door dunning verdwenen. Op open plekken is later hier en daar een eikje of een paardenkastanje geplant. Overigens weinig begroeiing: wat jakoba kruiskruid, een enkele vlier en hier en daar een orchis. Op het zand ligt een dik naaldendek, de dikte daarvan varieert van enkele cm tot 10 cm. Dit naaldendek ruikt muf en de onderkant is vol schimmeldraden en vlokken.

2. Een perceel *zomereiken* (*Quercus Robur* L.). Ook hier werden de monsters in één rechte lijn gestoken, evenwijdig met de lengterichting van het perceel lopend. Afstand 600 m zuid-west van de Oranje-kom.

Bodem

Stortgrond ongeveer 40 jaar geleden gestort, afkomstig van Leiduin (cultuurgrond). Hoogte terrein 12 à 13 m +N.A.P., grondwater N.A.P. +1,5 m. Geel duinzand, met hier en daar veenbrokken. Onder een rulle bladlaag treffen we eerst een ca 20 à 25 cm dikke, zwarte zeer humusrijke laag aan, daaronder volgt dan het gele zand, dat echter door intensieve infiltratie van humeuze stoffen tot de diepte waarop de monsters werden gestoken, d.i. tot 2 m onder het maaiveld, zwart geaderd, gevlekt en gespikkeld is. In de bovenste laag, tot — 1 m troffen we veel dunne wortels van eik en vlier aan. Het terrein is vlak.

Begroeiing

Quercus Robur L, vermoedelijk als heester geplant in 1915, dus ruim 40 jaar oud. Vlier (*Sambucus nigra* L), eveneens geplant, vormt een dichte ondergroei, zo dicht, dat wanneer de bomen en de vlier in het blad staan, weinig licht op de bodem doordringt. Op wat lichtere plekken, bv. daar waar een eik gekapt is, vinden we brandnetels, ook wel fluitekruid (*Anthriscus silvestris* Hoffm.) en hier en daar varens.

3. *Het derde terrein is golvend duinterrein, met een natuurlijke begroeiing* voornamelijk van mossen, grassen en kruipwilg (*Salix*

repens L.). Ligging eveneens 600 m ten zuid-westen van de Oranjekom. Hoogte terrein N.A.P. +10 m, grondwater N.A.P. +1,50 m. De bodem bestaat uit zeer vast geel duinzand, onder een enigszins humeus, grijs gekleurd, bovenlaagje van slechts enkele centimeters (maximaal 5 cm) dikte. Opmerkelijk is het, dat de stortgrond in de twee eerstgenoemde terreinen nog zo los is, de stalen buis kon met 20 à 30 slagen van het 33 kg zware heiblok in de grond gedreven worden, terwijl hiervoor in het terrein met natuurlijke duinbegroeiing, d.i. ongeroerde duingrond, 85 tot 100 slagen nodig waren.

Onze proefperken en proefterreinen in de Haagse en Amsterdamse waterleiding-duinen werden nog aangevuld met een tweetal *putten in de boswachterij Noordwijk*.

De eerste put werd geboord in een 17-jarige zuivere aanplant van Oostenrijkse dennen (*Pinus nigra* var. *austriaca* A en G), groot 4,83 ha. De terreingesteldheid is zo, dat het grondwater, boven de veenlens ter plaatse, alleen afkomstig kan zijn van neerslag, in dit dennenbos gevallen. De veenlens werd op 6,62 m aangeboord, het grondwater stond in Maart 1950 op 4,11 m onder het maaiveld.

Het naaldendek in dit dennenbos is dun, het ligt onder en rondom de bomen, maar laat op vele plaatsen het zand onbedekt. Er is weinig ondergroei.

De tweede put is in een *volkomen kaal* duinterrein geboord. Tegen verstuiven is dit terrein nu door hagen van dood hout in vakken verdeeld en is op het zand een bedekking van dode helm aangebracht. Hier is het opgepompte grondwater afkomstig van neerslag, die op kaal duinzand is gevallen. De veenlens werd hier aangeboord op 7,55 m en het grondwater stond in Maart 1950 op 4,09 m onder het maaiveld.

Ten slotte dient nog te worden vermeld, dat na September 1950 geen monsters meer gestoken werden in het eikenbos op stortgrond, hierboven onder de proefterreinen bij *Leiduin* beschreven.

Wel is het monstersteken gedurende 3 maanden in dit zeer fraaie bos zeer nuttig geweest voor de bestudering van onze problemen, maar de Technische Commissie oordeelde het niet representatief voor een eiken-berkenbos in de duinen.

In plaats daarvan werd een oud eiken-berkenbos gekozen, ongeveer 400 m ten noord-oosten van de boerderij Panneland (eveneens in het areaal van de Gemeente Waterleidingen van Amsterdam bij Leiduin). Dit terrein ligt op N.A.P. +7 m, het grondwater ligt op N.A.P. +2 m.

In dit bos zijn de berken grotendeels afgestorven, de eiken komen in groepjes of alleenstaande voor, de dikte is ca 50 cm diameter op borsthoogte, de hoogte 12 tot 15 m. Onder en tussen de eiken komt veel meidoorn voor, grote, oude exemplaren van 3 tot 4 m hoogte zijn niet zeldzaam, terwijl overal het kardinaalsmutsje veelvuldig voorkomt. Tussen de eiken zijn open plekken met een dichte, dikke grasmat, die zich ook onder de eiken dikwijls voortzet.

In Mei 1951 werden enkele grondmonsters gestoken in kalkarm duin, gelegen in het areaal van het P.W.N., ten noorden van de weg Bergen-Bergen aan Zee.

Het ene terrein is een oud, kalkarm, middelhoog duinplateau, gelegen aan de oostzijde van het Eendenvlak, ten noord-oosten van Bergen aan Zee. Het terrein is spaarzaam begroeid met duingrassen, helm, kruipwilg en mossen.

Onder een 10 cm dik grijsgekleurd zandlaagje met enkele dunne ($\frac{1}{2}$ cm—1 cm dik) zwarte horizontale bandjes, volgt egaal geelwit zand, met plaatselijk infiltraties van humeuze stoffen tot —20 cm en enkele dunne wortels tot —60 cm. Op enkele plaatsen werden bij het graven van de kuil, voor de monstersteking tussen —1 m en —2 m, gele ijzerverkleuringen aangetroffen, het zand was op die plaatsen aanmerkelijk vaster.

Het andere terrein ligt in de zuid-west hoek van het vak „Linkse Rand”, afdeling 4, eveneens ten noord-oosten van Bergen aan Zee. Het is begroeid met Oostenrijkse dennen, over een oppervlak van 3,8361 ha. De bodem in dit bosje is verder onbegroeid, er is slechts een dun naaldendek, waar het zand overal doorschijnt. Het terrein is in 1936 60 cm diep gespit en in het plantenseizoen 1936—1937 beplant met 3-jarige planten van de Oostenrijkse den en de bergden. De aanplant is geheel gemengd met zomer- en wintereik, waarvan zich slechts een enkel exemplaar heeft kunnen handhaven. Het terrein is zacht golvend. Onder het naaldendek is geen humeus laagje zichtbaar. Het bovenste, gespitte, deel van de grond is wat grijsachtig van kleur en door veel dunne dennenwortels doorkruist, daaronder — dus vanaf 60 cm — ligt egaal wit zand.

HOOFDSTUK V

BESPREKING VAN DE RESULTATEN DER PROEVEN

I. WAARNEMINGEN BIJ INGEVULDE GROND

Eerst zullen de aanwijzingen besproken worden, die de proeven met ingevulde = geroerde grond, dus met de betonnen bakken en geglaazuurde gresbuizen, opleveren. Deze proeven hebben slechts een kwalitatieve waarde, niet alleen omdat met geroerde grond gewerkt is, maar ook wijl de op het duinzand gebrachte strooisellaag van afgevallen dennennaalden en eikenblad een zodanige dikte heeft, nl. 10 tot 20 cm, als in de duinen slechts zelden en dan nog maar over kleine uitgestrektheden, als verzamelplaatsen van opgewaaid blad, wordt aangetroffen. Zo is ook de dichtheid van de grond in de buizen niet gelijk aan die van het ongeroerde zand, maar al zou deze door laagsgewijze hard aanstampen gelijk zijn, dan nog blijven er vele verschillen over, als het ontbreken van gangen door bodemdieren gemaakt of ontstaan door het afsterven en vergaan van plantendelen en het ontbreken van storende lagen in de zandkolom in de buizen, terwijl men vooral bij de 3 m hoge buizen geenszins de garantie heeft, dat het bacterieleven in de zandkolom – althans in de aanvang – gelijk zal zijn aan dat van de ongeroerde grond.

De resultaten van de proef met de betonnen bakken zijn verzameld in staat I en in de grafiek I, die van de proef met de geglaazuurde gresbuizen in staat II en in de grafieken II en III.

A. Proef met de betonnen bakken

Bij de beoordeling van het cijfermateriaal, dat deze proef heeft opgeleverd, moet bedacht worden, dat de bakken aanvankelijk met opgevangen regenwater werden begoten. Reeds spoedig bleek, dat als gevolg van de in de nabijheid van het opvangende dak uitgevoerde werken, dit regenwater een sterk wisselende samenstelling had. Het gehalte aan organische stof, aangegeven door het KMnO_4 -verbruik, bleek afhankelijk te zijn van de mate, waarin zich stof op het dak had verzameld in een voorafgaande droge periode. Nadat in de nabijheid veel beton was gestort, had het opgevangen regenwater een zeer hoge pH, als gevolg van het cementstof in de lucht.

Enkele getallen mogen dit illustreren:

ANALYSE VAN HET OPGEGOTEN REGENWATER

Datum	pH	HCO ₃ ' mg/l	Totale hardheid D°	Fe mg/l	KMnO ₄ - verbruik mg/l	Kleur mg Pt per liter	Cl' mg/l
9-4-1949	6,45	3,6	1,3	0,29	(29,4 ¹) (27,0 ²)	23 ²)	97
20-4-1949	6,00	3,6	1,5	0,16	37,8	54 ¹)	27
27-4-1949	5,3	3,66	1,4	0,38	126	130	15
4-5-1949	9,7	42,7 HCO ₃ 30,48 CO ₃	6,8	0,11	95,6	niet te bepalen	10
11-5-1949	7,19	6,7	5,3	0,15	171	250	26
18-5-1949	6,53	4,8	3,7	0,19	—	300	10
24-5-1949	6,70	6,0	2,75	0,28	133	200	8

Ongetwijfeld zijn de hoge waarden voor KMnO₄-verbruik en kleurgetal, in de eerste maanden voor het uit de betonnen bakken gelekte water gevonden, het gevolg van het begieten met dit regenwater.

Beschouwen wij nu de gegevens, die de proef met de betonnen bakken oplevert, nader, dan zien wij, dat zowel het organische stofgehalte als het kleurgetal verreweg het hoogst is voor de bedekking met humus en naalden van de Oostenrijkse den = *Pinus nigra* var. *austriaca* A en G, ook nog zeer hoog voor de bedekking met humus en bladeren van zomereik = *Quercus Robur* L., veel lager voor de bedekking van duinzode met mos en gras, al dan niet met toevoeging van afgevallen duindoornblad. Deze laatste toevoeging heeft het kaliumpermanganaatverbruik en de kleur niet noemenswaardig verhoogd.

De rekenkundige gemiddelden van de kaliumpermanganaat- en kleurgetallen voor 12 maanden (sedert begin April 1950), gedurende welke periode de gevonden waarden merendeels om een constant niveau schommelen, zijn (afgerond op gehele getallen):

Bedekking	Kaliumperman- ganaatgetal	Kleur- getal
Kaal zand.	7	7
Duinzode	23	26
Duinzode + afgevallen duindoornblad	25	30
Humus + blad van eik	50	65
Humus + naalden van den	102	128

¹) niet gefiltreerd.

²) na filtreren.

Er kan uit deze waarden een betrekkelijk constante verhouding tussen kleur en organische stof geconstateerd worden.

VAN DER SLEEN¹⁾ zegt hiervan:

„In duinwater is de kleur vrijwel evenredig met het gehalte aan organische stof”, en verder: „Men ziet, dat onder de invloed der soda, de organische stof aanmerkelijk sterker gekleurd is dan gewoonlijk”, en ten slotte: „Een betrekkelijk constant verhoudingsgetal schijnt dus slechts voor te komen bij watermonsters van verwante afkomst en samenstelling.”

Uit de resultaten, verkregen met de proef met de betonnen bakken, mogen wij concluderen:

Een dik dek van humus en naalden van de Oostenrijkse den en van humus en blad van de zomereik verhoogt in zeer sterke mate het gehalte aan organische stof en de kleur van het daarop gevallen water en deze verhoging is nog aanzienlijk, nadat dit water een 1 meter dikke laag duinzand is gepasseerd.

Ook voor de bedekking van duinzoden met mossen en grassen, al dan niet met toevoeging van afgevallen duindoornblad, een natuurlijke duinbegroeiing voorstellende, moet een, in vergelijk met het geheel onbedekte zand, hoger gehalte aan organische stof en een hoger kleurgetal geconstateerd worden, doch de nadelige invloed mag hier gering worden genoemd, ten opzichte van die van de humus van de eik en vooral die van de Oostenrijkse den.

De grafiek laat zien, dat voor het kleurgetal begin 1951 voor alle bakken een constant niveau is bereikt, waaromheen de gevonden waarden schommelen; voor het verbruik aan kaliumpermanganaat is deze toestand in Februari 1951 bereikt.

Opvallend is het gedrag na de vorstperiode op het einde van Januari 1950. Voor het onbedekte zand en de bedekkingen met duinzode, met of zonder duindoornblad, werd in het water, dat in de eerste week na afloop van de vorstperiode uitlekte, een veel hoger gehalte aan organische stof gevonden dan vóór de vorst; bij de bedekking met humus van den en eik is het gehalte daarentegen niet gestegen, maar gedaald. De daaropvolgende week is de toestand dan weer normaal. De proef met de geglazuurde gresbuizen geeft echter niet zo'n stijging na een vorstperiode te zien.

Nu is de vorstwerking op de aggregaten van de grond afhankelijk

¹⁾ W. G. N. VAN DER SLEEN. „Bijdrage tot de kennis der chemische samenstelling van het duinwater in verband met de geo-mineralogische gesteldheid van den bodem”. Proefschrift Amsterdam 1912.

van de temperatuur, de duur van de lage temperatuur, het vochtgehalte en de aggregatietoestand¹⁾, factoren, waarvan wij bij deze proeven weinig of niets weten. Dat de dikke humuslaag van dennen-naalden en eikenblad de vorstwerking enigszins heeft belemmerd is waarschijnlijk, de vorstperiode duurde niet lang en de vorst was niet streng, maar zekerheid, dat primair hierdoor het verschijnsel is veroorzaakt, hebben wij niet.

Dat ook aan de bakken met de dikke strooisellaag van den en eik de vorst niet ongemerkt is voorbijgegaan, blijkt wel daaruit, dat het eerste water, na de vorstperiode opgevangen, sterk opaliserend was. Het is jammer, dat wij over dit vorstverschijnsel niet meer kunnen zeggen, maar de bestudering van de invloed van de vorst op de grond is een zeer veel omvattend onderzoek op zichzelf, het zou regelmatige temperatuurwaarnemingen in de bakken en onderzoek aan grond-monsters daaruit hebben nodig gemaakt en dit laatste zou de infiltratie gestoord hebben en daarmee de opzet van deze proef.

In verband hiermee mag op de waarschuwing van KOHNKE, DREIBELBIS en DAVIDSON²⁾ in een overzicht van de vraagstukken, die met lysimeteronderzoek verband houden: „The frequent practice of attempting to study too many factors with too few lysimeters should be avoided” worden gewezen.

Wij willen nu nog enige aandacht schenken aan de zuurgraad van het drainwater uit de betonnen bakken. Een vergelijking van de pH van drainwater uit onbedekt (kaal) zand in de betonnen bak en in de geglazuurde gresbuis toont duidelijk aan, dat de pH van het uitgelekte water bij de betonnen bak, waarvan de bepaling einde 1949 ge- staakt werd, vanaf het begin abnormaal hoog is geweest. Hoewel de bakken inwendig met een asfaltpreparaat bestreken zijn, is het zak- water klaarblijkelijk toch in contact gekomen met de kalk uit het beton.

Nu is de bestrijking wellicht onvoldoende afsluitend geweest, mogelijk ook doordat de vloer van de bakken betrekkelijk kort na het storten werd bestreken. Deze pH-bepalingen hebben daarom voor ons onderzoek geen waarde.

¹⁾ Zie o.a. A. G. SCHUFFELEN en J. VAN SCHUYLENBORGH. „Het gebruik van de methode Vilenski ter bestudering van de invloed van de vorst en van de micro-organismen op de structuur van de grond”. Landbouwkundig Tijdschrift April-Mei 1950.

²⁾ „A survey and discussion of lysimeters and a bibliography on their construction and performance”. U.S. Dep. Agric. Misc. Publ. 372, 1946.

B. Proef met de geglazuurde gresbuizen

Beschouwen wij de uitkomsten van deze proef, dan zien wij, dat gedurende de eerste 3 maanden de waarden van het kaliumpermanganaatverbruik en van het kleurgetal voor de 5 zandkolommen dicht bij elkaar liggen, eerst na deze periode komt er tekening in, zoals grafiek II duidelijk laat zien. Het gehalte aan organische stof van het lekwater uit de buis met onbedekt zand (V) daalt vrij regelmatig. Het betreft hier de organische stof, die in het zand aanwezig was en aanvankelijk als gevolg van het verstoren van het profiel door het opgraven van het zand en het vullen van de buis, in vrij grote hoeveelheden is uitgespoeld. Bekijken wij nu de grafiek van het kleurgetal, dan blijkt wel, dat na ongeveer 18 weken de toestand min of meer stabiel is geworden. Ook bij de buizen, waarin het zand een bedekking heeft, zien wij zowel voor het KMnO_4 -verbruik, als voor het kleurgetal hoge waarden bij het begin, gevolgd door een daling gedurende enkele weken, waarna weer een stijging is te constateren, die aanwijst, dat nu water uitlekt, dat uit de bedekking (strooisellaag) stoffen heeft opgenomen en wel in toenemende mate. Voor de bedekking met duinzoden (mossen en grassen) is de stijging van het kaliumpermanganaatverbruik slechts gering, al spoedig blijft het KMnO_4 -verbruik schommelen tussen 13 en 15 mg/l; bij het kleurgetal liggen de waarden meer uit elkaar. Opmerkelijk is het gedrag van het eikenstrooisel. De invloed hiervan op het omlaag sijpelende water is, wat gehalte aan organische stof en kleurgetal aangaat, eerder en in sterkere mate te bespeuren dan van het dennenstrooisel, niet alleen als wij de desbetreffende waarden vergelijken voor de buizen met een gelijk hoge zandkolom (2,70 m), maar zelfs zijn die waarden tot aan de 19e week, dus gedurende meer dan 4 maanden, voor de zandkolom van 270 cm met een bedekking van eikenstrooisel hoger, dan voor de zandkolom van 80 cm met een dennenstrooisellaag van 20 cm. Na de 19e week lopen de waarden voor KMnO_4 -verbruik en kleurgetal voor den en eik bij gelijke hoogte van de zandkolom, waardoor het water omlaag zakt, maar weinig uiteen; voor de zandkolom van 80 cm met dennenstrooisellaag zijn deze waarden echter veel hoger, dan voor de zandkolom van 270 cm met een dennenstrooisellaag daar bovenop en ze blijven dit tot aan het einde van de proef.

De bijzonder sterke stijging van het kleurgetal voor de buis met 80 cm zand + 20 cm strooisel van Oostenrijkse den in de 24e week en die van het KMnO_4 -verbruik in de 67e week kunnen niet worden verklaard. Het is zeer wel mogelijk, dat toevallige bevuilding van het

oppervlak van de strooisellaag – de bakken zijn onbedekt – er de oorzaak van is.

Aangezien de hoeveelheden lekwater wekelijks zijn gemeten, kunnen wij ook de totale hoeveelheden organische stof, aangegeven door de hoeveelheid KMnO_4 , nodig om die stof te oxyderen, vergelijken.

Het totaal KMnO_4 -verbruik bedroeg:

Perioden van 4 weken		Kaliumpermanganaatverbruik in mg:				
		I 80 cm zand + 20 cm dennen- strooisel	II 270 cm zand + 20 cm dennen- strooisel	III 270 cm zand + 20 cm eiken- strooisel	IV 270 cm zand + duin- zode	V 270 cm zand zonder bedekking (contrôle)
1950	13/4-4/5	168	151	138	150	81
	11/5-1/6	256	235	254	217	185
	8/6-29/6	288	270	315	230	180
	6/7-27/7	369	307	506	224	197
	3/8-24/8	895	532	455	285	157
	31/8-21/9	1083	680	563	388	210
	28/9-19/10	887	704	572	371	197
	26/10-16/11	1088	494	620	246	108
	23/11-14/12	> 1394	> 762	> 771	> 245	> 156
	20/12-11/1	> 470	> 146	> 146	> 170	> 84
	18/1-8/2	687	122 ¹⁾	50 ¹⁾	329	181
	15/2-8/3	505	364	364	217	130
	15/3-5/4	776	381	286	208	145
	12/4-3/5	389	> 417	> 356	< 264	> 160
1951	10/5-31/5	164	230	> 59	114	85
	7/6-28/6	168	242	> 106	84	89
	5/7-26/7	153	> 282	231	> 114	135
	2/8-23/8	155	168	> 219	> 179	> 111
	30/8-20/9	109	554	447	247	174

Bij het beëindigen van deze proef op einde September 1951 bedroeg het totale verbruik aan KMnO_4 in mg:

Buis I	II	III	IV	V
10006	7123	6562	4307	2772

Verminderen wij het verbruik van KMnO_4 voor de oxydatie van de organische stof in het lekwater van de buizen I tot en met IV met dat voor buis V, dan krijgen wij voor de buizen I tot en met IV respec-

¹⁾ Als gevolg van de vorst zijn deze buizen lek gesprongen, waardoor een weinig water verloren is gegaan. De hoeveelheden vooraf gegaan door het teken groter dan (>) zijn vermoedelijk iets te laag door geringe verliezen bij het aftappen.

tievelijk 8234 mg, 4351 mg, 3790 mg en 1535 mg, welke hoeveelheden zich verhouden als 536 : 283 : 247 : 100.

Zoals wij reeds eerder mededeelden heeft deze proef alleen een kwalitatieve waarde.

Wij stellen daarom alleen vast, dat onder omstandigheden als voor deze proef gelden, een dikke laag strooisel van eik of den op het zand leidt tot aanzienlijk meer organische stof in het doorsijpelende water dan de bedekking met duinzoden, dus de natuurlijke lage begroeiing en dat, indien dit water een langere weg heeft af te leggen, de hoeveelheid organische stof, die met het water uittreedt, kleiner wordt.

Grafiek III brengt de waarden, in bovenstaande staat opgenomen, in beeld. Afgezien van de stijging in de periode van 30 Augustus–20 September 1951 voor de buizen II tot en met V, welke stijging is veroorzaakt door een abnormaal hoge afvoer van organische stof in de 74e en 75e week (opname 6 en 13 September), laten zowel staat als grafiek zien, dat in Mei 1951 de hoeveelheid organische stof in het uitlekkende water sterk afneemt, terwijl een vergelijking met de hoeveelheden organische stof in het uit buis V lekkende water wel aan toont, dat de organische stof, die in de andere buizen met het water uittreedt, vermoedelijk voor een belangrijk deel afkomstig zal zijn van op de buizen gewaaid stof en van de organische stof in de neerslag.

Dat leidt tot de conclusie, dat de strooisellagen na een jaar groten deels verteerd zijn. Op 22 Maart 1951 is het strooisel, dat toen nog aanwezig was en dat was niet veel meer, onder het zand gewerkt. Deze bewerking heeft niet tot een noemenswaardige verhoging van de hoeveelheid organische stof in het uitlekkende water geleid. Opvallend is het hoge nitraatgehalte, dat zich op 6 September 1951 voordoed. Reeds enkele weken tevoren was van het uitlekkende water van de buizen I en II het nitraatgehalte bepaald; de analyse-uitkomsten waren: (zie pag. 56)

Het hoge nitraatgehalte, gevonden in het drainwater op 6 September 1951, zou afkomstig kunnen zijn van de neerslag, gevallen op 30 Augustus 1951 tijdens een hevig onweer. Wij vonden in het voorjaar voor het smeltwater van hagel, gevallen tijdens onweer, een hoog nitraat- en ammoniakgehalte. Nu is buis I tegen zuidelijke winden beschermd door een muur, bij de hoge buizen is dit minder het geval. Hierdoor zal de hoeveelheid neerslag, die op buis I valt bij sterke zuidelijke wind belangrijk minder zijn, dan de hoeveelheid die de andere buizen ontvangen.

Dit was het geval voor de neerslag, die op 6 September 1951 werd

	Buis I	Buis II
Hoogte zandkolom:	80 cm	270 cm
Bedekking:	20 cm dennen- strooisel	20 cm dennen- strooisel
Opname	Hoeveelheid nitraat in mg/l	
2/8	afwezig	afwezig
9/8	4,0	afwezig
16/8	1,5	afwezig
23/8	geen lekwater	4,0
30/8	sporen	0,8
6/9	14,0	16,0
13/9	2,0	5,0
20/9	1,0	sporen
27/9	10,0	afwezig

afgetapt, buis II leverde toen ruim 20 maal zoveel uitgelekt water op als buis I; niettegenstaande dit grote verschil in hoeveelheid water, die door de zandkolommen is omlaag gezakt en uitgelekt, is het nitraatgehalte practisch gelijk.

De veronderstelling komt dan naar voren, dat dit nitraat in de neerslag aanwezig is geweest. Is deze veronderstelling juist, dan is dit regenwater op 30 Augustus op de buizen gevallen en in ten hoogste 7 dagen door de zandkolom van 270 cm omlaag gezakt, hetgeen een infiltratiesnelheid van minstens $38\frac{1}{2}$ cm per etmaal betekent. Deze snelheid sluit wel aan bij de waarden, die wij bij andere proeven met ingevuld zand voor de infiltratiesnelheid vonden.

Zoals reeds gezegd bracht het op 6 en 13 September afgetapte drainwater voor de buizen II tot en met V ook abnormaal veel organische stof mee; buis I, beschut achter een muur, toont dit verschijnsel niet. Het zou nu kunnen zijn, dat de grote hoeveelheden organische stof in het lekwater afkomstig zijn van stof, dat aan de onweersbui voorafgaande wervelwinden op de buizen gebracht hebben, terwijl het nitraat afkomstig is van de regen, die het onweer vergezelde. Het hoge nitraatgehalte voor het lekwater uit buis I op 27 September 1951 gevonden is daarmee echter niet verklaard. Beschouwen wij de waarden voor het kaliumpermanganaatverbruik en die voor het kleurgetal van het lekwater uit alle vijf buizen, dan blijkt duidelijk, dat er een correlatie tussen deze waarden bestaat, iets wat wij tevoren reeds bij de proef met de betonnen bakken opmerkten en ook reeds door Dr VAN DER SLEEN werd gevonden.

Voorts schijnt er een constante verhouding te zijn tussen het totale kaliumpermanganaatverbruik, dus de totale hoeveelheid organische stof in het afgetapte water en de hoeveelheid uitgelekt water of met andere woorden het gehalte van de organische stof in het lekwater (mg/l) is betrekkelijk onafhankelijk van de hoeveelheid water, die in de buizen omlaag zakt. Vermoed wordt dat de oplosbaarheid beperkt is, zij het dat deze voor de verschillende bedekkingen anders begrensd wordt. Mogelijk spelen hierbij ook de bacteriën een rol, in die zin, dat men een verminderde activiteit daarvan zou kunnen veronderstellen, als de ontledingsproducten zich ophopen zodra de hoeveelheid water, die afzakt in de bodem, kleiner wordt. Maken wij een grafiek, waarbij op de x-as en y-as worden afgezet de gevonden hoeveelheden verbruikt KMnO_4 (mg/l) en de daarbij behorende hoeveelheden uitgelekt water, dan zien wij dat er een lineair verband tussen beide bestaat en dat het KMnO_4 -verbruik bij benadering constant is (zie grafiek V).

Wat de zuurgraad, de pH, betreft, valt slechts te zeggen, dat deze voor het drainwater uit alle buizen – 2 waarnemingen van buis I uitgezonderd – steeds minstens 7,5 bedroeg. Dit is niet te verwonderen, omdat het duinzand hier zeer kalkrijk is. De pH was het laagst in de winter, de daling begon in September en eindigde in Februari. Dit is wel een gevolg van de grote regenval van Augustus tot Januari, de pH van het regenwater is veelal lager. Ir K. W. H. LEEFLANG deelt in „De chemische samenstelling van den neerslag in Nederland”, Chem. Weekblad Df 35 nr 38 (1938) mede, dat de pH van de neerslag soms betrekkelijk laag is en voor het Wester proefveld (440 m van de Noordzeekust) 5 tot 7 bedroeg.

Het gemiddelde van de gemeten pH's, gedurende het gehele verloop van deze proef, bedroeg voor:

buis I 7,76; buis II 7,82; buis III 7,88; buis IV 7,89; buis V 7,88.

Het onderlinge verschil van de gemiddelden is wel zeer gering. Nu is de pH van het lekwater uit buis I in de regel lager dan die van het drainwater uit de andere buizen, maar er zijn toch ook gevallen, waarin het anders is.

De oorzaak uitsluitend bij het dennenstrooisel te zoeken lijkt niet juist, daarvoor is ook het verschil tussen de pH's van het lekwater uit buizen II tot en met V te gering. Eerder speelt de veel kortere weg, die de infiltrerende neerslag heeft af te leggen in het (kalkrijke) zand van buis I, nl. 80 cm, tegenover 270 cm in de andere buizen, een rol.

Bij de hierboven besproken proeven met de betonnen bakken en

geglazuurde gresbuizen is drainwater onderzocht, dat door ingevuld dus geroerd, zand is gelopen. Ook al wordt het zand bij het vullen van de bakken en buizen laagsgewijze goed aangestampt of zelfs ingewaterd, dan toch is het profiel verstoord, de van nature in de grond voorkomende wortel- en wormgangen zijn afwezig, er heeft luchttoetreding plaats gehad, zowel bij het opgraven, als bij het vullen en men weet niet wanneer de hydrologische toestand weer normaal is en wanneer chemische omzettingen, die mogelijk optreden, als gevolg van gewijzigde onderlinge ligging der bodemdeeltjes, van de veranderde kruimeling, van de aëratie, van de wijzigingen in vochtigheidstoestand en temperatuur van de grond, weer een normaal karakter hebben en welke chemische omzettingen dat zijn. In een verhandeling over het meten van de bodemstructuur vergelijkt Dr P. K. PEERLKAMP in het Landbouwkundig Tijdschrift, Jaargang 1948, pF-curven van zandlagen binnen en buiten de lysimeterbakken van Castricum; daarbij blijkt, dat in de bakken in bepaalde lagen de zandkorrels voor een groot gedeelte van gelijke grootte zijn (gevolgen van het inspoelen bij de vulling) in tegenstelling met de grond buiten de bakken. Bij de vergraven grond verdwijnt vrijwel alle water bij het bereiken van een bepaalde pF, bij de niet vergraven grond geschiedt de wateronttrekking veel geleidelijker. Ook toont Dr PEERLKAMP aan, dat in de vergraven grond in de lysimeterbakken een zeer selectieve poriënverdeling is ontstaan.

Uit onze eigen waarnemingen moge het volgende voorbeeld tot voorzichtigheid manen, bij de beoordeling van resultaten van onderzoekingen aan geroerde grond gedaan.

In het perk in de Kijfhoek (bij Meijendel), een duinterrein voor minstens 50% onbegroeid, voor de rest bedekt met een schrale armtierige begroeiing van mossen, wat ijle helm en verspreid een enkele kruipwilg-pol en mager duindoornstruikje, werden in Juni, Juli en Augustus 1950 met de eerder beschreven stalen buizen telkens op 2 plaatsen A en B grondmonsters gestoken en hieruit het hangwater verdreven.

Het KMnO_4 -verbruik bedroeg in mg/l:

	Juli		Augustus		September	
	A	B	A	B	B	A
Laag waaruit gestoken:						
a. maaiveld tot —1 m	5,6	9,9	13,8	8,8	19,4	17,3
b. —1 m tot —2 m	2,6	6,3	5,5	6,2	3,2	5,5

¹⁾ Zie ook Drs G. F. MAKINK. „De waarde van lysimeters voor ecologisch onderzoek”. Landbouwkundig Tijdschrift Augustus 1949.

Wij zien, dat in alle gevallen het organische stofgehalte van het uitgelekte water in de laag maaiveld tot —1 m groter is dan het daarbij behorende uit de laag —1 m tot —2 m.

In April, Mei en Juni werd van de bovenste laag ook met de stalen buis een monster gestoken, doch van de laag daaronder werd op een diepte van $1\frac{1}{2}$ m onder het maaiveld zand verzameld en hiermede de geglazuurde gresbuizen gevuld, waarop vervolgens het verdringings-procédé werd toegepast. De resultaten waren voor zover betreft het gehalte aan organische stof (KMnO_4 -verbruik in mg/l):

	April	Mei	Juni
Laag waaruit gestoken:			
Maaiveld tot —1 m, <i>ongeroderde grond</i> in stalen buizen.	16,0	10,8	18,0
Daaronder op $1\frac{1}{2}$ m gegraven grond, waarmee gresbuizen gevuld = <i>geroerde grond</i>	32,2 en 24,4	17,8 en 12,5	27,2 en 23

De grondmonsters werden in April tot en met Juni slechts in simpto met de stalen buis gestoken, de proeven met de geroerde grond werden in duplo uitgevoerd.

De watermonsters uit de gresbuizen met geroerde grond, welke grond steeds opgegraven werd onder het boorgat van de stalen buis, geven een veel hoger gehalte aan organische stof te zien, dan die uit de stalen buizen, terwijl lagere gehalten verwacht mochten worden, zoals bij de monsters in Juli, Augustus en September gestoken.

Deze verhoging van het gehalte aan organische stof in het uitgelekte water is ongetwijfeld het gevolg van het opgraven.

Aan de uitkomsten van de proeven met de betonnen bakken en geglazuurde gresbuizen mag daarom slechts kwalitatieve waarde toegekend worden. Vergelijking mag alleen plaats vinden bij uitkomsten, volgens dezelfde methode verkregen.

Dit voor ogen houdende, mochten wij met onze conclusie uit deze proeven niet verder gaan dan te constateren, dat een abnormaal dikke strooisellaag van den en eik het gehalte aan organische stof en de kleur van het er door sijpelende water zeer ongunstig beïnvloedt.

Zijn nu de eigenschappen, die het hangwater aan de begroeiing ontleent, ook representatief voor het grondwater, m.a.w. kunnen de eigenschappen van het infiltrerende water, als gevolg van verschillen in de begroeiing, in het grondwater teruggevonden worden, of ver-

dwijnen die verschillen, dan wel nemen zij dermate af, dat zij niet meer duidelijk aantoonbaar zijn gedurende de afzakking van het geïnfilteerde water tot aan het grondwater?

Onze reeks van waarnemingen is, zoals reeds meer gezegd, nog te beperkt voor het trekken van goed gefundeerde conclusies. Toch geven de hieronder volgende analyse-resultaten met betrekking tot bovengestelde vraag wel enig uitsluitsel.

Begroeiing	KMnO ₄ - verbruik mg/l	Kleurgetal	HCO ₃ -ion mg/l	Totale hardheid °D	Chloriden mg/l	pH
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>						
Meijendel { maaiveld tot —1 m	7,4	10,9	104	5,8	16,6	8,11
—1 m tot —2 m	5,0	8,3	110	6,0	18,9	8,04
Leiduin —1 m tot —2 m	6,9	9,7	118	5,8	19,5	8,16
Noordwijk —7 m	2,2	4,2	197	10,8	39,8	7,77
<i>Dennenbos</i>						
Meijendel { maaiveld tot —1 m	46,0	38,0	218	16,5	108	8,09
—1 m tot —2 m	26,0	18,0	135	13,1	107	8,05
Leiduin —1 m tot —2 m	55,0	34,0	169	25,6	80,5	8,03
Noordwijk —7 m	9,8	8,8	242	12,8	57,3	7,57
<i>Eikenbos</i>						
Meijendel { maaiveld tot —1 m	114,5	105,9	215	12,8	59,3	8,22
—1 m tot —2 m	58,1	49,1	175	10,5	66,7	8,28
Leiduin —1 m tot —2 m	88,0	59,2	173	11,4	74,6	8,16
(Panneland)						

Deze staat is samengesteld uit de gegevens van de staten III A tot en met I, waarin de analyse-uitkomsten van het hangwater uit de grondmonsters, maandelijks met de stalen buizen gestoken, zijn opgenomen. Uit de staat hierboven, waarin dus gemiddelde waarden zijn opgenomen, geldend voor de periode van Juli 1950 tot en met Augustus 1951, zijn enige conclusies te trekken. Daarbij mogen wij alleen horizontaal vergelijken, dus verschillen tussen het hangwater afkomstig uit met dennen begroeid en kaal duinterrein vergelijken met verschillen tussen het grondwater, afkomstig van met dennen begroeid en kaal duinterrein. Wij kunnen niet beschikken over analyse-uitkomsten van grondwater van Meijendel, afkomstig van met dennen begroeid en kaal duinterrein, maar moesten volstaan met gegevens van Noordwijk. Daarom is een vergelijking in verticale zin niet verantwoord.

Wij zien dan in bovenstaande staat, dat het KMnO_4 -verbruik, nodig voor oxydatie van de organische stof in het hangwater uit de bodemlaag tussen maaiveld en -1 m voor het terrein met natuurlijke lage duinbegroeiing veel geringer is dan voor het dennenbos. Een groot verschil constateren wij ook voor de bodemlaag tussen -1 m en -2 m en evenzo voor het grondwater uit Noordwijk. Ook voor andere waarden blijken zulke verschillen te bestaan, die zowel voor het hangwater in beide bodemlagen, als voor het grondwater kunnen worden opgemerkt.

Alleen voor de pH is het verschil niet duidelijk in het hangwater, in het dennenbos zou deze lager moeten zijn, dan in het duinterrein met natuurlijke lage duinbegroeiing; wij vinden vrijwel gelijke waarden, vermoedelijk als gevolg van het grote kalkgehalte van het duinzand in Meijndel, waar de pH van het hangwater bij onderzochte grondmonsters nimmer onder $7\frac{1}{2}$ kwam.

Constateren wij nu, dat een bepaalde eigenschap, bv. het kaliumpermanganaatverbruik, niet alleen volgens bovenstaande staat, die gemiddelde waarden geeft, voor het water afkomstig van het terrein met natuurlijke lage duinbegroeiing lager is, dan voor het dennenbos, maar dat dit verschil maand na maand optreedt, zoals staat III B laat zien en kunnen wij ook voor andere eigenschappen een dergelijke gedragslijn constateren, zij het dat de verschillen in het grondwater dikwijls minder groot zijn, dan mogen wij wel aannemen, dat de conclusies, waartoe het onderzoek naar de invloed van de begroeiing op het hangwater ons kan leiden, mutatis mutandis ook van toepassing zijn op het grondwater.

Ter opheldering dient nog te worden vermeld, dat het hoge gehalte aan organische stof in het opgepompte water van Noordwijk in Mei en Juni 1950, wel het gevolg is van het slaan van de putten, hetgeen slechts één maand tevoren had plaats gevonden.

C. Verdringingsproef bij geroerde grond

Tot de waarnemingen bij ingevulde grond rekenen wij ook die, waarbij grond uit de Meijndel-perken in geglazuurde gresbuizen aan het verdringingsproces werd onderworpen.

Zoals reeds gezegd, is het riskant de analyse-uitkomsten van het op deze wijze verkregen hangwater te vergelijken met die van op andere wijze verdrongen hangwater, nl. in de stalen buizen. De methode, waarbij met ingevulde grond is gewerkt, is slechts van April tot en

„nuttig effect” negatief was, er dus door de begroeiing en verdamping vanuit de bodem meer vocht aan de grond werd onttrokken, dan er uit de neerslag bijkwam.

Keren we na deze summiere beschouwingen over de relaties tussen neerslag en begroeiing tot de vochtigheid van de duingrond in de Meijendelperken terug, dan kunnen we nog het volgende opmerken:

1. In het dennenperk is de vochtigheid in het voorjaar lager, dan voor het terrein met een natuurlijke lage begroeiing (de boomkronen houden veel neerslag tegen en de bomen onttrekken veel aan de grond), de geringe neerslaghoeveelheden in het voorjaar zijn er de oorzaak van, dat gedurende de zomer de vochtigheid nog geringer wordt, waarbij ook de verdamping een rol speelt, doordat de zon op talrijke plaatsen de bodem rechtstreeks bestraalt, in September heeft dan de omslag plaats (meer neerslag vanaf Augustus), terwijl in de wintermaanden (December–April) het vochtgehalte in het dennenperk zelfs boven dat van de grond met een natuurlijke duinvegetatie bedekt, uitkomt (minder verdamping uit de bodem en horizontale neerslag).

2. In het eikenperk is enig verschil waar te nemen met het dennenperk voor de periode waarin de bomen kaal staan, dus in de winter en in het voorjaar. Opgemerkt moet worden, dat de vochtgehalten van de grond in het eikenperk in Mei en Juni 1951 zeer laag zijn, vermoedelijk veroorzaakt door de lichte grasmat die de bodem, op de plaats waar de monsters gestoken zijn, bedekte.

In April en Mei daalt het vochtgehalte dan sterk (bomen lopen uit, ook het struikgewas en de korte flora onder de eiken verbruiken veel water), doch zodra de eiken in het blad staan, is de vermindering van het vochtgehalte van de bodem meestal kleiner dan in het dennenperk (geen directe bestraling van de bodem). In de herfst begint dan ook in het eikenbos de stijging van de bodemvochtigheid om, evenals zulks in het dennenbos het geval is, in de maanden December–April boven die van het terrein met de natuurlijke lage duinbegroeiing uit te komen.

Voor de bodemlaag tussen —1 m en —2 m zijn de verschillen veel minder markant, de boomwortels dringen slechts voor een gering deel in deze laag door, de wortels van de heesters en struiken nauwelijks, die van de korte flora in het geheel niet. In de winter en het vroege voorjaar daalt de vochtigheid van de grond in het terrein met de natuurlijke lage duinbegroeiing veelvuldig onder die van dennen- en eikenperk, voor de rest van het jaar is de vochtigheid van de grond er hoger.

Aangezien het de infiltrerende neerslag is, die – via het hangwater – het grondwater in de duinen voedt en de uit de strooisellaag opgenomen stoffen slechts met dit omlaag zakkende water in het grondwater kunnen worden gebracht, zal men dus in het beboste duin dit transport voornamelijk in de maanden vanaf September tot April kunnen verwachten. Ten gevolge van de tijd, die het water nodig heeft om in de bodem omlaag te zakken, zal er een faseverschil optreden, dat toeneemt met de diepte.

We willen nu de resultaten van de verdringingsmethode nader bezien. Het verdringingsproces is in de stalen buizen steeds zo spoedig mogelijk na het steken van de grondmonsters aangevangen. Aanvankelijk (April tot en met Juni 1950) zijn slechts grondmonsters gestoken in de 3 Meijendelperken en wel alleen in de bodemlaag maaiveld tot -1 m.

Na Juni 1950 heeft het steken van monsters plaats gevonden in alle perken en terreinen van Meijendel en wel telkens op 2 plaatsen in een perk, waarbij van de bodemlaag maaiveld tot -1 m 2 monsters werden gestoken en van de bodemlaag -1 m tot -2 m 1 monster. Dit in duplo steken in de bovenste bodemlaag van ieder vak van een perk geschiedde uit voorzorg, daardoor moest de kans vermeden worden dat er voor de analyse over te weinig verdreven water kon worden beschikt, in die gevallen waarin het vochtgehalte van de grond in die bovenste laag gering was. In het areaal van de Gemeentewaterleidingen van Amsterdam bij Leiduin werden vanaf Juli grondmonsters gestoken in de laag tussen -1 m en -2 m in een terrein met natuurlijke duinbegroeiing en in stortgrond, begroeid met Oostenrijkse den en eik. Vanaf October 1950 is het monstersteken in de met eik begroeide stortgrond vervangen door monstersteken in een oud eiken-berken bos. Bovendien zijn op 31 Mei 1951 enkele monsters gestoken in kalkarm duin bij Bergen, nl. in een terrein met natuurlijke lage duinbegroeiing en in een dennenbos. Het schema van het maandelijkse monstersteken met de stalen buizen was dus zo: (zie pag. 68).

Het verdrongen en opgevangen water uit de buizen, die paarsgewijze naast elkaar (afstand maximaal 1 m) in de grond geslagen werden, als voorzorgsmaatregel om steeds over voldoende water voor de analyse te kunnen beschikken, werd bij elkaar gevoegd.

We beschikten dus sedert 1950 maandelijks over de uitkomsten van de analyse van

2 watermonsters uit Noordwijk (grondwater)

6 monsters hangwater van Meijendel, uit de laag maaiveld tot -1 m

	Meijndel						Leiduin		
	dennenbos		eikenbos		natuurlijke begroeiing		dennenbos	eikenbos	natuurlijke begroeiing
	maai- —1 m	maai- —1 m	maai- —1 m	maai- —1 m	maai- —1 m	maai- —1 m	uitsluitend tussen —1 m en —2 m		
	veld tot —2 m	veld tot —2 m	veld tot —2 m	veld tot —2 m	veld tot —2 m	veld tot —2 m			
April t/m Juni v/a Juli 1950	1 —	1 —	1 —	1 —	1 —	1 —	—	—	—
	2 × 2 2	2 × 2 2	2 × 2 2	2 × 2 2	2 × 2 2	2 × 2 2	1 × 2	1 × 2	1 × 2

6 monsters hangwater van Meijndel, uit de laag tussen —1 m en —2 m en

3 monsters hangwater van Leiduin, uit de laag tussen —1 m en —2 m.

In totaal kregen we vanaf Juli 1950 maandelijks de analysegegevens van 2 monsters grondwater en 15 monsters hangwater, behalve in de maanden waarin de grond zeer droog was en enkele monsters geen hangwater opleverden. Het spreekt wel vanzelf, dat deze reeks waarnemingen, die over een periode van vijftien tot achttien maanden lopen, te kort is, om goed gefundeerde gevolgtrekkingen daaruit te maken.

Indien we dan ook hierna mededelingen over de invloed van de begroeiing op de in de grond zakkende neerslag doen, aan de hand van de gedane waarnemingen, dan moet hierbij het voorbehoud gemaakt worden, dat deze mededelingen een voorlopig karakter dragen en waarneming over een langere periode daarin nog zeer wel veranderingen zou kunnen brengen. Uiteraard zijn deze voorlopige mededelingen nog zeer onvolledig.

In tabel III A t/m I zijn de resultaten van de analyse van het verdreven hangwater en van het opgepompte grondwater opgenomen.

We zullen de verschillende veranderingen, die het infiltrerende water ondergaat, puntsgewijze bespreken.

1. Het kleurgetal

De kleur van het in de bodem gedrongen water wordt veroorzaakt door opgeloste organische stoffen en ook wel door het uitvlokken van ijzerverbindingen. Bij onze proeven was het uitgedreven water uit de grondmonsters, afkomstig uit de eikenperken, dikwijls helder geel gekleurd. Deze kleur is afkomstig uit de wortelbast; werden bij het

monstersteken een of meer eikenwortels doorgesneden, dan was het uitlekkende water geel gekleurd. Een weinig bast in kleine snippers gesneden, kleurde kleurloos leidingwater in een beker glas in korte tijd geel. Dit verschijnsel is in zover van belang, dat de mogelijkheid bestaat, dat bij groundbewerking in eikenbos, of bij het rooien van eikenstobben, het grondwater ter plaatse hierdoor tijdelijk geel wordt gekleurd.

Bezien we de analyseresultaten in staat III A en vergelijken we deze met de uitkomsten der bepalingen van het kaliumpermanganaat-verbruik, dan zien we ook hier bevestigd, dat in het duinwater de kleur veelal ten naaste bij evenredig is aan het gehalte aan organische stof. Het kleurgetal is soms zeer hoog in het eikenbos op stortgrond bij Leiduin. Nu is dit echter een extreem geval, het goed groeiende eikenbos heeft samen met de er onder geplante vlier een 20 tot 25 cm dikke humusrijke bovenlaag geschapen, het infiltrerende water heeft de humusstoffen in de betrekkelijk losse stortgrond in grote hoeveelheden omlaag gevoerd, zoals ook uit het bodemprofiel duidelijk waarneembaar was. De getallen voor het verbruik van KMnO_4 (organische stof) bevestigen dit.

Het oude natuurlijke eiken-berkenbos in Leiduin, ten noorden van de boerderij Panneland gaf niet zulke afwijkingen te zien. Het dennenbos op stortgrond in Leiduin, met een dik naaldendek (onvolledige vertering) toont wat kleurgetal en organische stof betreft slechts af en toe een groot verschil met het dennenperk in Meijendel, waar we slechts een dun laagje naalden rondom de stammen aantreffen. Het hoge KMnO_4 -verbruik en het hoge kleurgetal, dat we enkele malen voor het hangwater uit het dennenbos in Leiduin vonden, zou het gevolg kunnen zijn van de aanwezigheid van een of meer veenbrokken in het grondmonster; de stortgrond bevat nl. veel veenbrokken tot vuistgrootte.

Het dennenvak in de boswachterij Noordwijk, waaruit het grondwater wordt opgepompt en geanalyseerd, heeft slechts een dun naaldendek rondom de stammen, het laat een groot deel van de bodem volkomen onbedekt. Toch wijst de analyse de invloed van de dennenbegroeiing op de kleur van het grondwater duidelijk aan, men vergelijke naast staat III A, de volgende gegevens:

Kleurgetal	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Aantal waarnemingen
Dennenvak	6,3	13	9,0	17
Kaal zand	2,5	9	4,1	17

Is voor de bodemlaag tussen maaiveld en —1 m het kleurgetal van het hangwater in het eikenperk hoger dan dat van het hangwater in het dennenperk in Meijendel, ook voor de grondlaag tussen —1 m en —2 m tonen de analyseresultaten een belangrijk verschil.

Het volgende staatje moge dit nader verduidelijken:

Kleurgetal voor het hangwater afkomstig van	ge-middelde	minimum	maximum	aantal waar-nemingen
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijendel</i>				
maaiveld tot —1 m	11,0	4	26	32
—1 m tot —2 m	8,2	4,5	16	27
<i>Leiduin</i>				
—1 m tot —2 m	9,4	5	18	14
<i>Dennenbos Meijendel</i>				
maaiveld tot —1 m	39,4	15	143	29
—1 m tot —2 m	18,9	6	40	24
<i>Eikenbos Meijendel</i>				
maaiveld tot —1 m	102	16	330	33
—1 m tot —2 m	48,5	12,5	154	25
<i>Leiduin</i> (Panneland)				
—1 m tot —2 m	59	30	110	11

Wij kunnen dus voor zover het kleurgetal betreft voor het hangwater een groot verschil constateren tussen dat, afkomstig van duinterrein met een natuurlijke lage begroeiing enerzijds, en dat, afkomstig van bebost duinterrein anderzijds en voorts tussen het hangwater, afkomstig uit eikenbos, en dat, afkomstig uit dennenbos. Voor het eikenbos is het in de door ons onderzochte objecten het grootst.

2. De zuurgraad: pH

De resultaten van de bepaling van de pH van het hang- en grondwater zijn opgenomen in staat III C.

Het volgende staatje geeft de gemiddelde waarden, minimum en maximum en het aantal bepalingen.

pH voor het water afkomstig van	ge- middelde	minimum	maximum	aantal waar- nemingen
a. Hangwater:				
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijndel</i>				
maaiveld tot —1 m	8,10	7,80	8,55	30
—1 m tot —2 m	8,07	7,75	8,29	27
<i>Leiduin</i>				
—1 m tot —2 m	8,16	7,83	8,38	14
<i>Dennenbos Meijndel</i>				
maaiveld tot —1 m	8,12	7,78	8,68	30
—1 m tot —2 m	8,04	7,65	8,38	27
<i>Leiduin</i>				
—1 m tot —2 m	8,03	7,53	8,38	14
<i>Eikenbos Meijndel</i>				
maaiveld tot —1 m	8,21	7,98	8,52	32
—1 m tot —2 m	8,21	7,92	8,44	25 ¹⁾
<i>Leiduin</i>				
—1 m tot —2 m	8,15	7,99	8,28	10 ²⁾
b. Grondwater Noordwijk:				
<i>Kaal terrein</i>	7,77	7,60	7,89	15 ³⁾
<i>Dennenbos</i>	7,56	7,38	7,72	15 ³⁾
¹⁾ Zonder de abnormaal hoge waarde van 9,42 in Augustus 1951 gevonden. Wel medegerekend zouden de getallen zijn: 8,25 — 7,92 — 9,42 en 26. ²⁾ Alleen voor het oude eiken-berkenbos, dus van October 1950 af. ³⁾ Rekenen we de in Augustus 1950 gevonden pH's, die sterk afwijken, mede, dan worden de getallen: kaal terrein 7,74 — 7,32 — 7,89 — 16 dennenbos 7,56 — 7,19 — 7,72 — 16				

Deze zuurgraden hebben alle betrekking op hang- en grondwater, afkomstig uit het jonge duinlandschap, waar het zand zeer kalkrijk is, als gevolg waarvan het water steeds alkalisch is.

In Mei 1951 staken we enkele monsters in het kalkarme duin bij Bergen. De plaatsen, waar deze monsters gestoken zijn, bleken achter-

af niet karakteristiek voor kalkarm duinzand. Bij het opgieten van water, ter verdringing van het hangwater, bleek toch het zand, afkomstig van het terrein met een natuurlijke lage duinbegroeiing, nog vele schelpfragmentjes te bevatten; het maakte ook tijdens het monstersteken niet de indruk wit te zijn, hetgeen wel het geval was met het zand in het dennenbos. De pH's, voor deze monsters gevonden, wijzen er allerminst op, dat we hier met kalkarm duinzand te maken hebben.

De pH's gevonden voor de verschillende begroeiingen tonen geen markante verschillen, alleen de zuurgraad van het hangwater in het eikenbos op stortgrond in Leiduin is relatief vrij laag. Nu is deze stortgrond, althans voor een deel, afkomstig van cultuurgrond, waarvan de kalkrijkdom hoogst waarschijnlijk reeds aanzienlijk was afgenomen en van kalkarm binnenduin.

De pH van een bosgrond is niet constant, maar varieert gedurende de loop van het jaar; een groot verschil geven de seizoenen wel niet te zien, maar voor de door ons onderzochte begroeiingstypen liggen de minima vrijwel allen in de herfst en wintermaanden. De neerslag die veelal een veel lagere pH heeft (5 tot 7 volgens LEEFLANG), zou hierbij wel eens een beslissende rol kunnen spelen. BIJHOUWER¹⁾ vond, dat de voorjaars - pH van het duinzand te Bergen iets hoger was, dan de zomer - pH en wel van 0 tot 0,8, gemiddeld 0,2. G. R. CLARKE (Engeland) vond, dat de pH in de periode van de sterkste groei hoger was dan in de zomer. NEHRING (Duitsland) vond de hoogste pH-waarden in de winter, de laagste in de zomer, terwijl de bekende bodemkundige JOFFE constateerde, dat de pH in boshumus het hoogst is in de herfst. Deze waarnemingen zouden dus er op wijzen, dat in de zomer de pH het laagst is; de door ons gevonden waarden wijzen dit niet uit, wel is in Juli en Augustus een enkele maal een relatief zeer lage pH gevonden, maar zoals gezegd de meeste minima vinden we in de herfst en winter; hetgeen er op zou kunnen wijzen dat, bij het kalkrijke duinzand, de invloed van de neerslag op de pH van het hangwater zich sterker doet gevoelen, dan die van de begroeiing. De verschillen tussen de pH's van het hangwater, afkomstig uit dezelfde bodemlaag van terreinen met verschillende begroeiing en gelijktijdig bepaald, zijn zeker niet groter dan die, welke we kunnen constateren voor de pH's van het hangwater, afkomstig van duingrond met een en

¹⁾ J. T. P. BIJHOUWER. „Geobotanische studie van de Berger Duinen”. Proefschrift Wageningen 1926.

dezelfde begroeiing voor de verschillende seizoenen. SALISBURY¹⁾ zegt, dat in natuurbossen het gehalte aan organische stof in de bodem snel met de diepte afneemt en in verband daarmee de H-ion-concentratie toeneemt, naarmate de oppervlakte genaderd wordt, om daar zijn maximum te bereiken. De door ons gevonden waarden zijn hiermee niet in strijd.

3. *Organische stof*

De analyse-uitkomsten betreffende de hoeveelheid kaliumperman-ganaat, nodig voor de oxydatie van de organische stof in het hang- en grondwater, zijn opgenomen in staat III B.

Een recapitulatie daarvan vindt men op pag. 74.

De waarden voor het KMnO_4 -verbruik wijzen er op, dat voor duingrond:

a. Het organische stofgehalte afneemt met de diepte en wel betrekkelijk snel. Dit was ook te verwachten, immers een groot deel van de organische stoffen in de bodem wordt ontleed en na condensatie en polymerisatie blijven de dikwijls niet of moeilijk aantastbare producten (stabiele humus) over. Onze notities over het bodemprofiel wijzen uit, dat in ongestoorde grond in oud eikenbos, met veel struiken en korte flora, vrijwel steeds vanaf 50 cm onder het maaiveld egaal geel duinzand wordt aangetroffen; soms was de humusrijke laag met de daarop volgende laag, waarin nog veel infiltraties voorkomen, nog aanmerkelijk dunner en troffen we reeds op 35 à 40 cm onder het maaiveld egaal geel duinzand. De meeste boomwortels en vrijwel alle wortels van de ondergroei worden in die bovenste laag, van ca 50 cm dikte, aangetroffen, ook leven hierin de grotere bodemdieren, die bij het transport en de verwerking van het strooisel een grote rol spelen.

In het terrein met een lage natuurlijke duinbegroeiing werd reeds op 25 à 30 cm onder het maaiveld egaal geel duinzand aangetroffen, soms was de min of meer grijs gekleurde laag daarboven, volgende op een enkele cm dik humuslaagje, veel dunner en troffen we reeds op 10 cm onder het maaiveld egaal geel zand.

In het dennenbos in Meijndel was de grond ruim 20 jaar geleden diep gespit ten behoeve van de aanleg van dit bos. De grens van het spitten, op ca 65 cm onder het maaiveld gelegen, was meestal duidelijk zichtbaar, daaronder volgde egaal geel duinzand, de dennenwortels

¹⁾ E. J. SALISBURY. „Stratification and hydrogen-ion concentration of the soil in relation to leaching and plant succession with special reference to woodland”. Journal of Ecology 9 pag. 220-240, 1922.

Kaliumpermanganaatverbruik in mg/l voor het water afkomstig van	ge- middelde	minimum	maximum	aantal waar- nemingen
a. Hangwater:				
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijndel:</i>				
maaiveld tot —1 m	8,2	2,9	19,4	32
—1 m tot —2 m	5,3	1,7	13,9	29
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	6,7	2,6	15,8	15
<i>Dennenbos</i>				
<i>Meijndel:</i>				
maaiveld tot —1 m	50,9	14,0	147	32
—1 m tot —2 m	26,7	9,4	84,8	26
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	55,5	14,7	122	15
<i>Eikenbos</i>				
<i>Meijndel:</i>				
maaiveld tot —1 m	111	21,6	298	33
—1 m tot —2 m	58,3	10,6	200	27
<i>Leiduin¹⁾:</i>				
—1 m tot —2 m	87,9	32,4	284	11
b. Grondwater				
<i>Noordwijk:</i>				
<i>Kaal terrein²⁾.</i>	2,3	0,4	3,5	15
<i>Dennenbos²⁾.</i>	10,0	6,3	12,4	15

werden in de bovenste laag van de bewerkte grond aangetroffen, al zal de penwortel ook wel een eindje in de ongeroerde grond zijn door-
gedrongen.

In de bovenste grondlaag, dat is de laag tussen maaiveld en —50 cm, waarbij de onderste begrenzing soms veel hoger, soms wat lager kan liggen, kunnen we de meeste humusstoffen verwachten, immers hierin leven de grotere bodemdieren, die het strooisel onder de grond werken en hier vinden we de meeste resten van de afgestorven onder-

¹⁾ Alleen voor het oude eiken-berkenbos, dus van October 1950 af.

²⁾ Van Juli 1950 af.

aardse plantendelen (vooral van de een- en tweejarige planten). Daaronder, in het egaal gele duinzand, zijn de humusstoffen voor hun transport vrijwel geheel aangewezen op het infiltrerende water en wordt de intensiteit van dat transport bepaald door de hoeveelheid water, die in de bodem omlaag zakt.

b. Het organische stofgehalte in het bodemwater van duingrond met een natuurlijke lage begroeiing van mossen, grassen en verspreid staande struiken (kruipwilg, duindoorn, liguster) lager is, dan dat van het bodemwater in de kunstmatig beboste duinen; dit was te verwachten, aangezien deze natuurlijke begroeiing aanzienlijk minder strooisel produceert.

c. Het organische stofgehalte in het bodemwater van dennenbossen in de kalkrijke duinen niet hoger behoeft te zijn, dan dat in het bodemwater van eikenbossen. Zelfs in het dennenbos op stortgrond bij Leiduin, met een dikke strooisellaag, is het gehalte aan organische stof in het hangwater van dezelfde grootte, als dat van het eikenbos bij Meijndel. Nu is er in deze dennenbossen in de duinen veelal weinig ondergroei, in tegenstelling met de eikenbossen, en deze ondergroei levert jaarlijks ook een grote hoeveelheid strooisel; op deze kwestie komen we nog nader terug.

d. Op stortgrond, als waarop het eikenbos ten zuiden van de Oranjekom in Leiduin groeit, die althans ten dele afkomstig is van oude cultuurgrond, grote hoeveelheden organische stof in het bodemwater aanwezig kunnen zijn; hoever deze grote verrijking van de bodem met organische stoffen in dit extreme geval gaat, is niet onderzocht.

De seizoeninvloeden zijn, voor zover het duinterrein met een lage natuurlijke begroeiing betreft, niet herkenbaar in de gehalten aan organische stof in het hangwater. Bij de dennen- en eikenbossen schijnt een dergelijke invloed wel aanwijsbaar, het duidelijkst bij het dennenbos, waar we voor de bodemlaag maaiveld tot —1 m een duidelijk minimum zien in Maart/April en in October en een maximum in Augustus en Januari, hetgeen wijst op een belangrijke invloed van de neerslag. Voor de bodemlaag —1 m tot —2 m vinden we een geringe verschuiving (faseverschil), tot maximum 1 maand. Bij het eikenbos zien we de maxima en minima een maand eerder verschijnen dan bij het dennenbos; globaal gerekend vinden we voor beide vormen van kunstmatige begroeiing een minimum aan organische stof in het hangwater in lente en herfst en een maximum in zomer en winter. De waarnemingen hebben echter over een veel te korte periode gelopen, om aan deze conclusies anders dan een oriënterende

waarde toe te kennen. Bovendien was het jaar 1950 wat de neerslag aangaat zeer abnormaal.

4. Totale hardheid

De analyseresultaten zijn opgenomen in staat III E, de volgende staat geeft een recapitulatie daarvan.

Totale hardheid in °D	ge- middelde	minimum	maximum	aantal waar- nemingen
a. Hangwater:				
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaiveld tot — 1 m	5,83	3,2	7,8	31
— 1 m tot — 2 m	5,99	4,3	8,7	28
<i>Leiduin:</i>				
— 1 m tot — 2 m	5,73	4,2	14,3	15
<i>Dennenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaiveld tot — 1 m	16,5	7,7	37,0	31
— 1 m tot — 2 m	12,7	6,0	36,7	25
<i>Leiduin:</i>				
— 1 m tot — 2 m	25,0	12,9	61,0	14
<i>Eikenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaiveld tot — 1 m	13,2	8,0	23,2	33
— 1 m tot — 2 m	10,4	4,4	21,7	27
<i>Leiduin:</i>				
— 1 m tot — 2 m	11,4	7,3	18,8	11 ¹⁾
b. Grondwater				
<i>Noordwijk:</i>				
<i>Kaal terrein</i>	10,9	9,0	12,0	17
<i>Dennenbos</i>	12,9	11,1	13,9	17

De getallen wijzen wel uit, dat het hangwater uit beboste terreinen (den en eik) een grotere hardheid heeft, dan dat van kale terreinen, of wel terreinen met een natuurlijke lage duinbegroeiing. Ook het grond-

¹⁾ Alleen voor het oude eiken-berkenbos, dus van October 1950 af.

water, afkomstig uit een zuiver dennenbos, heeft een grotere hardheid, dan het grondwater afkomstig uit een volkomen kaal duinterrein. De uitkomsten geven geen aanwijzing ten aanzien van een verschil in hardheid van het hangwater afkomstig uit duingrond, begroeid met dennen, dan wel met eiken. Seizoeninvloeden zijn niet zeer duidelijk herkenbaar, we kunnen slechts zeggen dat de meeste hoge waarden (toppen) in de zomermaanden (Juni en Juli) liggen.

5. Tijdelijke of bicarbonaathardheid

De gegevens hierover vindt men in staat III F en in de hieronder volgende recapitulatie daarvan. Overigens geldt hiervoor hetzelfde

Tijdelijke of bicarbonaathardheid in °D	ge- middelde	minimum	maximum	aantal waar- nemingen
<i>a. Hangwater:</i>				
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaveld tot —1 m	4,86	3,4	6,65	32
—1 m tot —2 m	4,98	3,7	7,55	28
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	5,01	4,1	8,1	15
<i>Dennenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaveld tot —1 m	10,0	6,6	15,1	31
—1 m tot —2 m	6,28	2,6	12,25	25
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	7,59	5,2	10,8	14
<i>Eikenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaveld tot —1 m	9,91	5,5	16,9	33
—1 m tot —2 m	7,72	4,4	13,7	27
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	7,65	2,8	12,0	11 ¹⁾
<i>b. Grondwater</i>				
<i>Noordwijk:</i>				
<i>Kaal terrein</i>	9,1	8,4	9,4	17
<i>Dennenbos</i>	11,1	9,24	11,6	17

¹⁾ Alleen voor het oude eiken-berkenbos, dus van October 1950 af.

als hierboven over de totale hardheid is gezegd. De tijdelijke hardheid van het hangwater uit het dennenbos in Leiduin wijkt niet zo sterk af van de overige waarden, als zulks met de totale hardheid voor bedoeld bos het geval wel is.

Een enkele maal werd voor de bicarbonaathardheid een hogere waarde gevonden, dan voor de totale hardheid, in die gevallen heeft het water dus ook aan natrium en kalium gebonden bicarbonaat bevat.

6. Hydrocarbonaat of HCO_3 -ion

De analyseresultaten zijn opgenomen in staat III D, een recapitulatie daarvan volgt hier:

HCO_3 -ion (Hydrocarbonaat) mg/l	ge- middelde	minimum	maximum	aantal waar- nemingen
a. Hangwater:				
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaveld tot —1 m	105	73	157	33
—1 m tot —2 m	109	81	165	28
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	117	88	199	15
<i>Dennenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaveld tot —1 m	220	145	328	31
—1 m tot —2 m	138	78	268	25
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	166	113	235	14
<i>Eikenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaveld tot —1 m	216	120	369	33
—1 m tot —2 m	172	104	299	27
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	166	61	261	11 ¹⁾
b. Grondwater				
<i>Noordwijk:</i>				
<i>Kaal terrein</i>	197	182	204	17
<i>Dennenbos</i>	242	201	264	17

¹⁾ Alleen voor het oude eiken-berkenbos, dus van October 1950 af.

Het zijn vooral de bacteriën, die met betrekking tot de vorming van koolzuur in de bodem een rol spelen en de activiteit daarvan is van verscheidene factoren afhankelijk, als temperatuur en vochtigheid van de bodem, afvoer van de omgezette producten e.a. De cellulose bacteriën zouden in de naaldhoutbossen een voorjaars- en een najaarsmaximum kunnen tonen, in het loofhoutbos slechts een maximum in de nazomer, zulks als gevolg van de periodiciteit in de bladval.

De analyseresultaten tonen allereerst aan, dat in dennen- en eikenbos het HCO_3 -gehalte veel hoger is, dan in het hangwater in de duingrond, begroeid met een natuurlijke lage duinvegetatie. Dit was te verwachten, gezien het grote verschil in de productie van organische stof. Tussen dennen- en eikenbos is geen karakteristiek verschil. Ook is er weinig verschil in de 2 grondlagen in het terrein met een lage natuurlijke duinbegroeiing, nl. die tussen maaiveld en —1 m en tussen —1 m en —2 m. Voor het eiken- en dennenbos is het HCO_3 -gehalte van het hangwater in de bodemlaag tussen maaiveld en —1 m wel hoger, dan in de laag tussen —1 m en —2 m. Ook voor het grondwater uit het dennenbos van Noordwijk is het HCO_3 -gehalte hoger, dan voor het grondwater van het kale duin afkomstig.

Voor het eikenbos van Meijendel vallen de maxima van het gehalte aan HCO_3 in het hangwater in de grondlaag tussen maaiveld en —1 m bij onze reeks van waarnemingen in September en October, voor het dennenbos valt er een maximum in Januari en Februari te zien en een in Mei en Juni, hetgeen wel in overeenstemming is met hetgeen hoger is opgemerkt over de invloed van de bladval.

Overigens moet ook hier nog eens herhaald worden, dat onze reeks van waarnemingen over een te korte periode loopt en deze mededelingen dus slechts als oriënterende kunnen worden beschouwd.

7. IJzer

Enige invloed van de begroeiing op het ijzergehalte van het hangwater en grondwater is uit de staat III G, die de analyseresultaten geeft, niet te bespeuren. Daarmee is uiteraard niet gezegd, dat de begroeiing niet van invloed zou kunnen zijn. Afgezien van de kringloop van het ijzer via het planten- en dierenrijk, voor de opbouw van de protoplasma, waarbij het om relatief kleine hoeveelheden gaat, kunnen bossen en dan speciaal naaldhoutbossen, indien zich daarin zure humus, dat is adsorptief niet verzadigde humus, ophoopt, de uitspoeling van het ijzer o.a. sterk bevorderen. Deze humus gaat in de sol-toestand over en werkt dan als schutkolloid, dat wil zeggen, hij

heeft het vermogen om bij andere kolloïden het uitvlokken te beletten of te vertragen, zo van ferrihydroxyde. In diepere grondlagen, met meer basen, kan het ijzer dan weer uitvlokken en overgaan in ferri-oxjde. Dit geeft aan de grond zijn bruine kleur (podsol). Bij het graafwerk voor het monstersteken met de stalen buizen in de laag tussen —1 m en —2 m, zijn in de grondlaag tussen maaiveld en —1 m een enkele maal zulke ijzerverkleuringen waargenomen en wel in alle proefperken van Meijendel.

Bij een pH van 7 en hoger, zoals het door ons onderzochte water steeds had, verkeert het ijzer vrijwel geheel in de gel-toestand. De humus werkt hier niet als schutkolloïd.

Een recapitulatie van staat III G volgt hieronder:

Fe ⁺⁺⁺ mg/l	ge- middelde	minimum	maximum	aantal waar- nemingen
a. Hangwater:				
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaiveld tot —1 m	0,66	0,05	3,9	29
—1 m tot —2 m	0,55	0,05	4,3	26
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	0,32	afwezig	1,4	14
<i>Dennenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaiveld tot —1 m	0,50	sporen	3,6	29
—1 m tot —2 m	0,97	0,08	8,6	22
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	0,28	afwezig	1,0	13
<i>Eikenbos</i>				
<i>Meijendel:</i>				
maaiveld tot —1 m	0,70	sporen	4,0	30
—1 m tot —2 m	1,06	0,07	12,0	25
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	0,92	0,03	5,0	13
b. Grondwater				
<i>Noordwijk:</i>				
<i>Kaal terrein</i>	0,21	0,04	1,3	17
<i>Dennenbos</i>	0,28	0,05	1,1	17

8. Chloriden

Staat III-I geeft de resultaten van de analyse van het verdrongen hangwater en van het grondwater; een recapitulatie van die staat volgt hieronder:

Chloriden mg/l	ge- middelde	minimum	maximum	aantal waar- nemingen
a. Hangwater:				
<i>Natuurlijke lage duinbegroeiing</i>				
<i>Meijndel:</i>				
maaveld tot —1 m	19	8	61	31
—1 m tot —2 m	19	7	54	28
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	19	6	71	15
<i>Dennenbos</i>				
<i>Meijndel:</i>				
maaveld tot —1 m	103	20	384	31
—1 m tot —2 m	105	23	403	25
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	78	25	153	15
<i>Eikenbos</i>				
<i>Meijndel:</i>				
maaveld tot —1 m	66	25	307	33
—1 m tot —2 m	61	21	170	27
<i>Leiduin:</i>				
—1 m tot —2 m	54	26	145	11 ¹⁾
b. Grondwater				
<i>Noordwijk:</i>				
<i>Kaal terrein.</i>	40	38	42	17
<i>Dennenbos</i>	58	50	66	17

De analyseresultaten geven de volgende aanwijzingen:

a. het chloridgehalte is hoger in het hangwater, afkomstig uit de dennen- en eikenperken, dan in het hangwater, afkomstig van de terreinen met een natuurlijke lage duinbegroeiing;

b. het chloridgehalte is hoger in het grondwater, afkomstig uit

¹⁾ Alleen voor het oude eiken-berkenbos, dus van October 1950 af.

het dennenvak, dan in het grondwater afkomstig van het volkomen kale duinterrein in de boswachterij Noordwijk;

c. meestal is het chloridgehalte van het hangwater in de zuidwestelijke helft van het dennenperk in Meijendel hoger, dan dat van het hangwater uit de noordoostelijke helft van dat perk;

d. voor het eikenbos in Meijendel is een gelijk verschijnsel te constateren, maar voor het terrein met een natuurlijke, *lage*, duinbegroeiing (Kijfhoek) in Meijendel is zo een scheiding niet te trekken;

e. het chloridgehalte is hoger in het hangwater van het dennenbos, dan in dat van het eikenbos.

Een en ander wekte het vermoeden op, dat een geëxponeerd liggend bos, als bv. het dennenperk in Meijendel, als het ware het zout uit de lucht zeeft.

Uiteraard is het chloridgehalte van het hangwater ook afhankelijk van het nuttig effect van de neerslag, dat met de seizoenen sterk wisselt, van de wateronttrekking door de begroeiing en de verdamping van de bodem (rechtstreekse). Maar al deze factoren zijn voor de zuidwestelijke en noordoostelijke helft van de hier bedoelde bosjes practisch gelijk, ze wettigen in geen geval de soms zeer grote verschillen in Cl'-gehalte van het hangwater uit grondmonsters, die met een gering tijdsverschil ($\frac{1}{2}$ uur tot 1 uur) gestoken zijn.

9. *Nitraat*

De nitraatgehaltes zijn opgenomen in staat III H, ze lopen zo sterk uiteen, dat een recapitulatie van de gehalten, zoals we voor de andere bepalingen deden, achterwege moet blijven. We zien in staat III, dat de nitraatgehaltes van het hangwater uit de stortgrond in Leiduin, zowel voor het eikenbos (Juli t/m September 1950) als voor het dennenbos, zeer hoog zijn. In de losse stortgrond van het dennenbos is destijds de mineraalrijke ondergrond en het plaatselijk opgegraven veen vermengd geraakt met de mineraalarme bovengrond, waardoor een rijker bacterieleven mogelijk werd, dan in het ongeroerde humusarme duinzand. Bij de stortgrond van het eikenbos is vergraven oude cultuurgrond, die ook humusrijker is dan het ongeroerde duinzand, gevoegd.

Seizoeninvloeden zijn niet duidelijk aanwijsbaar, de minima vallen wel bijna alle in de lente (April) en de zomer (Juli), maar de maxima zijn meer verdeeld over de seizoenen, behalve de winter, waarvoor slechts éénmaal een top werd genoteerd (December).

Vermeld moge nog worden, dat bij bepalingen van het nitraat- en ammoniakgehalte van het opgevangen regenwater, bij de proef genomen om na te gaan of geëxponeerd liggende duinbosjes keukenzout uit de lucht zeven en zo ja in welke mate (zie hoofdstuk VII), in het smeltwater van hagel en sneeuw, gevallen tijdens een onweersbui, hiervoor veel hogere waarden gevonden werden, dan gewoonlijk het geval is voor regen.

HOOFDSTUK VI

VERDRINGINGSPROEF TE KATWIJK¹⁾

Inrichting van de proef

De proef is verricht in een verticaal opgestelde asbest-cementbuis, 4 m hoog, met een diameter van 80 cm (zie tekening). De binnenwand is tevoren met bitumen bestreken en met duinzand bestrooid. De buis werd opgesteld in het voorfiltergebouw van de Leidse Duinwaterleiding, dus onder zoveel mogelijk constante atmosferische omstandigheden. Wegens reparatiewerkzaamheden aan het plafond werd de buis na enige tijd met een los houten deksel afgedekt. De verliezen door verdamping zullen gering zijn geweest en door ze buiten beschouwing te laten kan geen grote fout worden gemaakt. Dit deksel beschermde tevens tegen mogelijk invallende waterdruppels. Onder in de buis was een steunlaag aangebracht, bestaande uit 5 cm rivierzand, waaronder 10 cm fijn grind, gevolgd door 10 cm middel grind, dat op de betonnen bodem van de buis rustte.

De buis werd op 27 April 1950 's morgens bij zware bewolking, met af en toe wat motregen, met zand van een nabij gelegen ongestoord duin gevuld. Het zand werd ontleend aan de laag tussen 1 en 2 m onder het maaiveld, ongeveer 5 m boven het phreatisch vlak. Het werd zo snel mogelijk in emmers aangevoerd, na elke toevoeging van een emmer zand, werd dit aangestampt.

Met een speciaal instrument (zie Hoofdstuk I) werden van het zand in het terrein op 3 verschillende plaatsen (zie staatje hieronder) en in de buis in de bovenste helft monsters genomen ter grootte van 50 cm³. Deze werden onmiddellijk ter plaatse in een gesloten ruimte gewogen. Na droging en weging bleek, dat in de buis een nog iets grotere dichtheid was verkregen, dan gemiddeld in het terrein voorkwam. Het op blz. 85 volgend staatje toont zulks.

Maar al is de grond in de buis, wat dichtheid aangaat, gelijk aan het ongeroerde duinzand, er blijven nog vele verschillen over, om slechts het ontbreken van storende lagen en van gangen, gemaakt door bodemdieren of ontstaan als gevolg van het vergaan van onderaardse plantendelen te noemen.

¹⁾ Een beschrijving van deze proef door Dr R. WIND HZN en Dr Ir P. C. LINDENBERGH is ook opgenomen in „Water”, Februari 1952. Nr. 4.

Omschrijving van de plaats waar het monster genomen is	Water volume- procent	Lucht volume- procent	Korrels volume- procent	Poriën- volume- procent	
a. in het terrein					
1 m onder het maaiveld .	10,50	31,9	57,6	42,4	} ge- middeld 41,6 %
	8,78	32,7	58,5	41,5	
	7,46	33,3	59,2	40,8	
1,30 m onder het maaiveld	7,02	33,4	59,6	40,4	} ge- middeld 39,9 %
	9,30	30,5	60,2	39,8	
	9,94	29,5	60,6	39,4	
1,60 m onder het maaiveld	7,68	35,7	56,6	43,4	} ge- middeld 43,5 %
	6,36	37,1	56,5	43,5	
	7,32	36,3	56,4	43,6	
b. in de buis	8,70	31,6	59,7	40,3	} ge- middeld 40,8 %
	8,00	32,7	59,3	40,7	
	8,70	33,1	58,2	41,8	
	7,64	32,9	59,5	40,5	

Na de vulling van de buis kreeg het water, in het zand aanwezig, gedurende 5 dagen gelegenheid tot uitzakken, eerst daarna werd begonnen met het opgieten (met een gieter) van dagelijks 10 l regenwater gedurende 10 dagen.

Dit regenwater werd uit een ton geschept, die het water van het dak van een machinegebouw opvangt. Deze begieting, overeenkomende met een regenbui van 20 mm, werd in ongeveer 1 minuut volbracht. Na 8 dagen pauze (van 12 tot en met 19 Mei), gedurende welke niet is begoten, werd vanaf 20 Mei dagelijks 5 l regenwater, overeenkomende met een regenbui van 10 mm, opgegoten. Dit water was met fluoresceïne gekleurd, het bevatte 50 mg fluoresceïne op 5 l water, dus een oplossing van 1 : 100.000. Deze kleurstof werd tevoren opgelost in 300 cm³ regenwater in maatkolfjes. Met het begieten met door fluoresceïne gekleurd water werd doorgegaan, totdat de kleurstof in het uitlekkende water zichtbaar werd, dat was na 21 dagen. Van toen af is ongekleurd regenwater opgegoten en wel eerst gedurende 11 dagen 4,7 l en vervolgens wederom 5 l gedurende 51 dagen, dat is tot en met 10 Augustus 1950.

Toen was de fluoresceïne nog steeds zichtbaar in het afgetapte water, zelfs 3 maanden later op 7 November, toen de installatie wegens uitbreidingswerkzaamheden aan de voorfilters moest worden afgebroken, was de kleur nog niet volkomen verdwenen. De hoeveelheden fluoresceïne waren toen evenwel zo gering, dat ze volgens de gebezigde colorimetermethode niet meer konden worden bepaald.

Aan het zand uit de buis was in November geen verkleuring meer waar te nemen.

Het volgende schema moge een en ander nog verduidelijken (zie ook staat V):

27 April 1950	Begin van de proef.
27 April-2 Mei	Water in het ingevulde zand aanwezig heeft gelegenheid tot uitzakken.
2 Mei t/m 11 Mei	Dagelijks 10 l ongekleurd regenwater opgegoten.
12 Mei t/m 19 Mei	Pauze, niet begoten.
20 Mei t/m 9 Juni	Dagelijks 5 l regenwater opgegoten, gekleurd met fluoresceïne (1 : 100.000.)
10 Juni	Fluoresceïne voor het eerst in het uitlekkende water waargenomen.
10 Juni t/m 20 Juni	Dagelijks 4,7 l ongekleurd regenwater opgegoten.
21 Juni t/m 10 Augustus	Dagelijks 5 l ongekleurd regenwater opgegoten.
7 November 1950	Proef beëindigd.

Het afgetapte water bevatte de volgende hoeveelheden fluoresceïne:

op 10 Juni	0,5 mg/l
„ 11 „	2 „
„ 12 „	8 „
„ 13 „	8,4 „
„ 14 „	10 „

Begin October werden de op bovengenoemde data verzamelde monsters van het uitgelekte water gelijktijdig met in de volgende maanden verzamelde monsters volgens de colorimetrische methode op het fluoresceïnegehalte onderzocht. De resultaten van deze bepaling zijn:

11 Juni	$\frac{1}{4}$ mg/l	20 Juli	$1\frac{1}{2}$ mg/l
12 „	1 „	26 „	$\frac{1}{2}$ „
15 „	2 „	28 „	$\frac{1}{2}$ „
16 „	4 „	6 Aug.	$\frac{1}{2}$ „
19 „	5 „	13 „	$\frac{1}{4}$ „
2 Juli	$4\frac{1}{2}$ „	19 „	$\frac{1}{4}$ „
8 „	4 „	25 „	$\frac{1}{4}$ „
14 „	3 „	2 Sept.	$\frac{1}{5}$ „

Wellicht is de kleur in de periode tussen de eerste en de tweede bepaling wat teruggelopen, de gang van zaken is echter duidelijk. De fluoresceïne wordt eerst gedeeltelijk geabsorbeerd, doch op den duur wordt practisch alle fluoresceïne weer uitgespoeld, zoals uit een fluoresceïnebalans ook blijkt. Bij het demonteren van de buis werd alleen in de steunlagen nog fluoresceïne aangetroffen.

Analyse van het opgegoten en van het afgetapte water

Het opgegoten water en het uitgelekte werden enkele malen geanalyseerd. De resultaten hiervan zijn in de volgende staat opgenomen. Daaruit blijkt, dat de pH steeds boven 7 lag, hetgeen nodig is, omdat de fluoresceïne alleen in een alcalisch milieu duidelijk is waar te nemen; ware dit niet het geval geweest, dan zou de fluoresceïne dus niet aantoonbaar zijn geweest.

Het chloridengehalte was aanvankelijk belangrijk hoger, hetgeen wel veroorzaakt is door het leidingwater in het rivierzand en -grind van de steunlaag onder in de buis, gebruikt voor het schoonspoelen van de steunlagen, dat een veel hoger Cl' -gehalte heeft, dan het regenwater en het eerst verdrongen is. De waarden voor geleidingsvermogen, soda, natriumbicarbonaat, bicarbonaat-ion en permanganaatverbruik wijzen op een sterke uitspoeling in het begin (20 mm/dag). Aangezien het opgegoten regenwater een wisselende samenstelling moet hebben gehad, o.a. afhankelijk van de aard en hoeveelheid van het stof, dat op het dak is gewaaid, vanwaar dit water is opgevangen, heeft een onderlinge vergelijking geen zin. De hardheid van het afgetapte water loopt, met een onderbreking in de laatste week van Mei, steeds op; het zachte regenwater wordt harder, als gevolg van de opname van kalk- en magnesiumzouten tijdens het afzakken.

De infiltratiesnelheid en iets over de infiltratie

Op 20 Mei 1950 werd met het opgieten van met fluoresceïne gekleurd water begonnen, op 10 Juni daaraanvolgende werd de kleurstof het eerst in het uitlekkende water waargenomen. In 21 etmalen is dit gekleurde water door de buis omlaag gezakt, hetgeen een gemiddelde infiltratiesnelheid betekent van rond 16 cm per etmaal, als de steunlaag buiten beschouwing wordt gelaten en van rond 17 cm per etmaal, indien deze laag meegerekend wordt.

Analyse afgetapt water op	2 Mei	4 Mei	7 Mei	10 Mei	15 Mei	20 Mei	24 Mei	31 Mei	7 Juni	9 Juni	10 Juni	14 Juni	21 Juni	28 Juni	10 Juli
pH	R 7,2	—	—	—	—	7,1	—	—	7,6	—	—	—	7,7	—	—
Geleid. verm. bij 18° C.	A 9,1	8,5	8,2	8,2	7,8	—	7,8	8,1	8,2	8,1	8,2	8,3	8,3	7,9	8,0
In reciproke Mega Ohms	R 215	—	—	—	—	172	—	—	196	—	—	—	162	—	—
Chloriden mg/l	A 981	646	415	325	165	—	372	418	340	361	361	361	361	361	361
Tijds. hardh. °D . . .	R 33,0	—	—	—	—	19,5	—	—	23,4	—	—	—	18,1	—	—
	A 66,4	52,5	34,4	27,7	26,6	—	30,2	28,4	26,1	27,6	27,5	26,3	24,9	23,4	25,9
Totale hardh. °D . . .	R 1,6	—	—	—	—	1,3	—	—	1,6	—	—	—	1,3	—	—
	A 6,3	7,1	7,1	7,0	7,3	—	5,8	6,2	7,5	7,5	7,5	7,6	7,7	8,1	7,5
	R 3,5	—	—	—	—	3,0	—	—	3,3	—	—	—	2,5	—	—
	A 6,3	7,1	7,1	7,0	7,3	—	6,5	6,2	7,5	7,7	7,6	7,7	8,0	8,2	8,5
Soda Na ₂ CO ₃ mg/l . .	R —	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
	A 132	36,1	12,7	7,4	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NaHCO ₃ mg/l	R —	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
	A 359	139	38,1	25,2	9,0	—	0	60,0	9,0	0	0	0	0	0	0
HCO ₃ ' mg/l	R 34,8	—	—	—	—	28,3	—	—	34,2	—	—	—	28	—	—
Vrij koolzuur CO ₂ mg/l.	A 488	256	182	159	166	—	126	178,3	170,2	163	163	165	167	176	166
	R 2,3	—	—	—	—	2,2	—	—	1,5	—	—	—	1,2	—	—
	A —	0	—	—	2,6	—	2,2	1,0	0,9	1,6	0,92	2)	2)	3,7 ³⁾	3,6 ³⁾
Ijzer Fe mg/l	R 3,3 ¹⁾	—	—	—	—	0,8	—	—	1,5	—	—	—	2,5	—	—
	A 0,45	0,20	0,25	0,06	0,02	—	0,05	0,13	0,04	0	0	0	0,03	0,14	0,10
Mangaan Mn mg/l . .	R 0	—	—	—	—	0	—	—	0	—	—	—	0,16	—	—
	A 0	0	0	0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Permanganaatverbruik .	R —	—	—	—	—	—	—	—	41,7	—	—	—	18,8	—	—
KMnO ₄ mg/l	A 101,5	—	103,7	88,7	—	—	—	46,8	33,2	15,7	15,6	22,6	28,4	29,4	26,9

Opmerking: R = opgegoten regenwater. A = afgetapt water.

¹⁾ Roestvlokjes van de regenton.

²⁾ Niet te bepalen door de fluoresceïne.

³⁾ Onnauwkeurig door fluoresceïne, vermoedelijk iets lager.

Ter vergelijking worden hieronder enige infiltratiesnelheden gegeven, door ons waargenomen bij de verdringing van hangwater in duinzand in het laboratorium van de Haagse Duinwaterleiding.

Het gaat hierbij om ongeroerd duinzand, nl. gestoken met stalen buizen, waarin de monsters blijven tijdens het verdringingsproces.

De verdringing van het hangwater geschiedde door 2 maal per dag 250 cm³, met fluoresceïne gekleurd water op te gieten (1 mg/l). Deze begieting komt overeen met een dagelijkse neerslaghoeveelheid van 28 mm.

Volg-nummer	Vocht in het zandmonster bij het begin van de verdringing in volume %	Hoeveelheid water die moest worden opgegoten voordat de fluoresceïne in het lekwater zichtbaar werd in cm ³	Aantal dagen ad 500 cm ³ per dag	Infiltratie-snelheid in cm per etmaal
1	5,1	2500	5	19
2	5,5	2000	4	24
3	5,9	2500	5	19
4	6,1	2000	4	24
5	6,3	2250	4½	21
6	7,5	1750	3½	27
7	9,6	1750	3½	27

De monsters zijn alle gestoken in duinterrein, spaarzaam begroeid met helm, grassen, mossen, een enkel duindoorn- of ligusterstruikje, duinviooltje, vergeet mij nietje, muurpeper e.d., een duinterrein gelijk aan dat waarvan het zand voor de vulling van de buis te Katwijk werd gehaald. Met uitzondering van nr 5, dat in het areaal van de Gemeentewaterleidingen van Amsterdam bij Leiduin, ten Zuiden van de Oranjekom, werd gestoken, zijn alle monsters afkomstig uit de Kijfhoek-Meijendel, in het areaal van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage. Na het steken van het monster bleek, dat, op de plaats waar dit voor de nummers 2, 3, 4 en 7 was geschied, op circa 35 cm onder het maaiveld een 10 tot 20 cm dikke donker gekleurde (zwart), soms min of meer golvende en ongeveer horizontaal lopende band aanwezig was, de bovenste zandlaag is vermoedelijk opgestoven.

De dichtheid van de zandmonsters in de stalen buizen zal, door het inslaan, vermoedelijk nog wel iets groter zijn geweest, dan die van de grond in de buis te Katwijk, de berekening was bijna 3 maal zo groot, de af te leggen weg echter 3 maal zo klein, de zandmonsters in de stalen buizen zijn nl. 95 cm hoog.

De uitkomsten van de proef te Katwijk zijn dus niet zuiver vergelijkbaar met die van de verdringsproeven in de stalen buizen; de te Katwijk gevonden infiltratiesnelheid sluit echter wel goed aan bij de snelheden, gevonden voor de met de stalen buizen gestoken monsters.

ENGELHARDT¹⁾ nam proeven met afzakking van water in zandgrond en onderscheidt 2 fasen, nl.:

1. er staat nog water op de grond en
2. er staat geen water meer op de grond.

Hij constateerde, dat de snelheid van afzakking plotseling afneemt, zodra er geen water meer op de grond staat.

Er bleef bij de proeven te Katwijk en in Den Haag geen water op de grond staan, althans niet gedurende langere tijd. ENGELHARDT constateerde verder, dat bij toenemende afzakking de infiltratiesnelheid voortdurend afneemt, dat reeds op geringe diepte na afzakking beneden de primaire laag deze in totaal, dus over haar gehele diepte, aan de voeding deelneemt en dat bij toenemende diepte de vulling van de capillairen met water steeds afneemt.

Onder de primaire laag is te verstaan het grondlaagje, dat door het opgegoten water is bevochtigd, op het moment, dat er juist geen water meer op de grond staat.

Nu verkeerde het infiltrerende water bij de proef te Katwijk nog in de gunstige omstandigheid, dat het zand in de buis vochtig was. Op 20 Mei 1950 bevatte dit zand 7,44 volumeprocent vocht en op 10 Juni was dit gestegen tot 10,43 volumeprocent. PEERLKAMP²⁾ geeft voor het vochtequivalent van duingrond 7 volumeprocent op, in overeenstemming hiermee is het vochtgehalte van het zand in de buis op 30 October (7,11 volumeprocent) en 7 November (7,09 volumeprocent), toen er nog maar zeer geringe hoeveelheden uitlekten. Het vochtequivalent wordt gedefinieerd, als het maximale vochtgehalte van een grondmonster, dat door middel van een centrifuge geplaatst is in een gravitatieveld met een versnelling van 1000 g. Vochtequivalent, veldcapaciteit en watercapaciteit (ENGELHARDT) van de grond zijn ten naaste bij gelijke grootheden. In deze toestand is het gravi-

¹⁾ Dr Ir J. H. ENGELHARDT. „Een onderzoek naar de afzakking van water in de grond en naar een methode ter bepaling van de watercapaciteit van de grond”. Landbouwkundig Tijdschrift 1940, blz. 233-268.

²⁾ Dr P. K. PEERLKAMP. „Het bodemwater in verband met de watervoorziening van de plant”. Voordracht op de 5de Technische Bijeenkomst van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O. te Utrecht, op 26 April 1949.

tatiewater verdwenen en is het water gebleven, dat door capillaire krachten kan worden vastgehouden, voornamelijk sejunctiewater. In de buis te Katwijk was tijdens de periode van 20 Mei tot 10 Juni 1950 voortdurend gravitatiewater aanwezig.

BAVER¹⁾ vermeldt op bladzijde 233 proeven van F. J. ALWAY en G. R. MC DOLE, die vonden, dat water in een grondkolom, die aan de bovenzijde bevochtigd wordt en bedekt is om verdamping tegen te gaan, omlaag zakt totdat het vochtgehalte achter het infiltratiefront is teruggelopen tot 2 à 3 maal de waarde van de hygroscopische coëfficiënt (99 % rel. vochtigheid). Gebaseerd op de pF-kromme komen hun onderzoeken tot het resultaat, dat evenwicht wordt bereikt bij een pF van ongeveer 3,0.

Dit komt ten naaste bij overeen met het vochtgehalte, waarbij MOORE de capillaire doorlaatbaarheid = 0 stelt en correspondeert eveneens met veldcapaciteit, d.i. de vochtigheidstoestand volgens VEIHMEYER en HENDRICKSON, waarbij de benedenwaartse beweging van het water in de grond belangrijk is afgenomen. BAYER vermeldt ook proeven van G. B. BODMAN en E. A. COLMAN, doch deze onderzoekers observeerden de waterbeweging in de grond, terwijl de oppervlakte voortdurend door een 5 mm dik waterlaagje bedekt was.

LINDENBERGH wijst er in zijn proefschrift op, dat wanneer water gebracht wordt op zand, waarin nog een normaal kwantum lucht aanwezig is, de weerstand, die het water op zijn weg door dat zand ondervindt, zeer groot is. Professor THAL LARSEN²⁾ toonde aan, dat bij de berekening van grond de lucht boven de capillaire zone wordt samengedrukt, doordat gedurende een kort tijdsverloop de toename van de luchtdruk de afname ervan, door ontsnapping, overtreft. Is de druk van de ingesloten lucht door de afname, welke laatste over een langer tijdsverloop plaats vindt, ten slotte gelijk geworden aan die van de atmosfeer, dan zal het ingedrongen water verder afzakken. Nu kan men zich voorstellen, dat boven de grindlaag in de buis te Katwijk, volgens het sejunctiebeginsel, een hoeveelheid water blijft staan, totdat door een volgende begieting de maximale dikte van de capil-

¹⁾ L. D. BAYER, „Soil Physics”. Sec. ed. 1948. John Wiley & Sons Inc. New York Chapman & Hall Limited. London.

²⁾ Professor Ir J. H. THAL LARSEN. „Over de invloed van regenval op de grondwaterstand”. Meded. Landb. Hogeschool D1 34 en Landbouwkundig Tijdschrift 1931 blz. 222 e.v. en: „Nogmaals over stijging van het phreatisch oppervlak bij indringing van regenwater aan het aardoppervlak”. Landbouwkundig Tijdschrift 1931, blz. 694 e.v.

laire zone wordt overschreden en het water door die grindlaag wegzakt. Samendrukking van lucht zou dan eveneens bij deze proef geconstateerd kunnen worden en zulks is ook inderdaad het geval geweest.

Bij begieting is waargenomen, dat het lekwater, dat tevoren druppelsgewijze uitlekte, bij het begin van de beregening plotseling even met een straaltje uitstroomde.

Zodra op 2 Mei 10 l water werd opgegoten, begon het uitlekken; ook dit wijst er op, dat zich boven de steunlaag sejunctiewater had verzameld en dat er slechts een geringe overdruk nodig was om dit water door de grindlaag te doen wegzakken.

Waterberging en waterbeweging

De volle watercapaciteit van een grond kan ten hoogste gelijk zijn aan het poriënvolume van die grond. Echter zullen vrijwel nimmer alle poriën bij beregening of bevoeiing met water zijn gevuld, zodat de volle watercapaciteit meestal kleiner zal zijn, dan het poriënvolume. Een deel van de poriën zal met lucht zijn gevuld. LINDENBERGH bevestigde door proeven, dat de in het duinzand aanwezige lucht van grote invloed is op de hoeveelheid water, die in de bodem kan dringen. Het volumepercentage van een grond, dat onder normale omstandigheden met evenveel water kan worden gevuld, als er later weer aan kan worden onttrokken, de „nuttige holle ruimte”, bedroeg volgens LINDENBERGH's proeven voor duinzand 35,5 %. Omdat de holle ruimte in het ongeroerde duinzand 1,05 % kleiner was dan van het zand in zijn proefinstallatie en er in het zand onder water nog tot maximaal 3,24 % lucht aanwezig kan zijn, terwijl deze bij de proefinstallatie er geheel uit was verwijderd door het water opwaarts door het zand te doen stromen, neemt LINDENBERGH als „nuttige holle ruimte” voor de watervang van de Leidsche Duinwatermaatschappij rond 30 % van het totale volume van de zandmassa aan.

Omtrent de totale hoeveelheid water, die in het duinzand kan worden geborgen, verschaft de hier beschreven verdringingsproef geen inlichtingen; wel geeft de proef enig inzicht betreffende de vraag hoeveel water een enkele meters dikke zandlaag boven de capillaire zone kan bergen bij onbelemmerde afzakking.

VAN DOORN¹⁾ deelt mee, dat een waarneming aan de lysimeters van het P.W.N. te Castricum, voor een 2 meter dikke zandlaag, een

¹⁾ Z. VAN DOORN. „Een hydrologische waarneming aan de lysimeters van het P.W.N. te Castricum”. „Water”, 1 Februari 1951 nr 3.

nuttige waterberging van rond 10 % van de totale zandmassa boven het grondwater zou uitwijzen. Gelet op de variatie in het watergehalte van de grond in de verschillende seizoenen, acht VAN DOORN een eenmalige waarneming, als de vermelde, niet maatgevend.

Bij de verdringsproef te Katwijk bedroeg, als we de verdamping verwaarlozen, de maximale hoeveelheid water in de zandkolom bij de dagelijkse begieting van 10 l (= 20 mm neerslag per dag) 11.07 volumepercent, op 9 Mei 1950. Toen de begieting met 5 l per dag (= 10 mm neerslag) werd beëindigd op 10 Augustus 1950, bedroeg de hoeveelheid water in de zandkolom 11.29 volumepercent (zie staat V en grafiek VI).

Op 27 Juni 1950 bevatte de zandkolom reeds 11 volumepercent water, vanaf dit ogenblik is de stijging nog maar zeer gering geweest, nl. van 11.01 volumepercent tot 11.29 volumepercent in 44 dagen. Ofschoon deze op 10 Augustus 1950 vermoedelijk nog niet geheel beëindigd was, schijnt het maximum op die datum toch dicht te zijn benaderd. Op grond van deze waarnemingen mogen we voor de zandkolom in de asbest-cementbuis ($3\frac{1}{2}$ m hoog) een nuttige waterberging van rond 11 volumepercent aannemen.

Op 1 Mei 1950, nadat het in het zand aanwezige water gedurende 5 dagen na de vulling van de asbest-cementbuis gelegenheid tot uitzakken was gegeven, bedroeg het vochtgehalte 8.23 volumepercent; op 19 Mei d.a.v., nadat gedurende 8 dagen niet was begoten, bedroeg het vochtgehalte 7.32 volumepercent en bij het beëindigen van de proef op 7 November 1950, nadat gedurende 89 dagen geen water meer was opgegoten, 7.09 volumepercent. Aangenomen mag worden, dat op dat moment het gravitatiewater nagenoeg geheel was uitgelekt en praktisch slechts water was achtergebleven, dat door capillaire krachten kon worden vastgehouden. Hiermede zou dan de veldcapaciteit benaderd zijn, voor welke bodemvochtconstante PEERLKAMP voor duingrond 7 volumepercent opgeeft. Echter was de hoeveelheid vocht in de zandkolom niet over de gehele hoogte ongeveer 7 volumepercent.

Bij het demonteren van de proefinstallatie werden zandmonsters uit de buis genomen. De resultaten van het onderzoek daarvan volgen op bladz. 94.

Uit de resultaten van zeefproeven met zandmonsters, gedaan in het laboratorium van de Leidsche Duinwatermaatschappij blijkt, dat het monster op ca. 3,5 m diepte ten dele in de steunlaag is gestoken en dat het niet merkbaar is, dat fijnere deeltjes uit de zandkolom naar

Diepte waarop het monster werd genomen	Water		Lucht volume- procent	Korrels volume- procent	Poriën volume- procent
	volume- procent	gew. procent			
0,5 m	4,6	2,9	36,7	58,7	41,3
0,5 „	3,9	2,4	37,9	58,2	41,8
1,0 „	4,2	2,8	39,9	55,9	44,1
1,0 „	4,5	2,9	39,1	56,4	43,6
1,5 „	4,2	2,9	41,4	54,4	45,6
1,5 „	4,5	3,0	39,9	55,6	44,4
2,0 „	5,1	3,2	36,4	58,5	41,5
2,0 „	5,0	3,2	38,5	56,5	43,5
2,5 „	4,4	2,8	38,5	57,1	42,9
2,5 „	4,9	3,1	36,2	58,9	41,1
3,0 „	8,8	5,5	34,2	57,0	43,0
3,0 „	8,6	5,5	35,1	56,3	43,7
ca 3,5 „	29,9	16,5	14,1	57,0	43,0

beneden zijn gespoeld (staat VI). Wij moeten daaruit concluderen, dat volgens het seunctiebeginsel boven de steunlaag een hoeveelheid water is blijven staan, vandaar het hoge vochtgehalte in de monsters op 3,5 m, terwijl het feit, dat het vochtgehalte op 3 m diepte ook nog aanmerkelijk hoger is dan daarboven, hiervan ook wel het gevolg is.

Invloed van de luchtdruk op het uitlekken

Doordat beschikt kon worden over de dagelijkse barometerstanden, op het vliegveld Valkenburg waargenomen, welk vliegveld op korte afstand is gelegen van de plaats waar deze proef werd genomen, was het mogelijk na te gaan of er een correlatie bestaat tussen deze waarden en die van de dagelijks uit de asbest-cementbuis gelekte hoeveelheid water.

Ir A. STOFFELS was zo vriendelijk de correlatie te berekenen over het tijdvak van 9 Juni tot en met 10 Augustus 1950, d.i. gedurende de periode, dat dagelijks ca. 5 l water werden opgegoten (gedurende de eerste 11 dagen 4,7 l, vervolgens 5 l) en de vochtigheid van het zand in de buis geleidelijk en langzaam toenam van 10,41 volume-procent tot 11,29 volume-procent. Het resultaat was $-0,070 \pm 0,125$.

Een correlatiecoëfficiënt van 1 (of -1) wijst op een absolute samenhang van de twee grootheden, een waarde 0 wijst aan, dat er generlei samenhang is. Uit de gevonden waarde mag, gezien de middelbare fout, practisch worden besloten, dat er tussen de bedoelde grootten generlei correlatie bestaat.

Waterbalans

In het in de buis gebrachte zand was aanwezig		137 l
Opgegoten werden	10×10	$1 = 100$ l
	21×5	$1 = 105$ l
	$11 \times 4,7$	$1 = 52$ l
	51×5	$1 = 255$ l
	Samen . . .	649 l
Afgetapt werden		531 l
zodat nog in het zand aanwezig moesten zijn		118 l

In het zand was volgens de bemonstering aanwezig tot een diepte van 3,30 m 99 à 105 l.

De ontbrekende 13 tot 19 l zullen grotendeels in de steunlagen van grind en rivierzand aanwezig zijn geweest. Afgezien van de normale meetonnauwkeurigheden kunnen nog verschillen zijn ontstaan, door verliezen ten gevolge van in de gieter achterblijvend water (welke iedere dag opnieuw tot een merkstreep werd gevuld), van eventueel wegs pattend water bij het begieten en van verdamping.

Ten slotte moge nog op het volgende worden gewezen. Toen op 10 Juni voor het eerst fluoresceïne in het uitlekkende water werd waargenomen, was een deel van het ongekleurde water nog niet tot uitlekken gebracht.

Bij het begin van de proef was aanwezig	137 l
Er is opgegoten <i>ongekleurd</i> water vóór 20 Mei	100 l
	237 l
Er is uitgelekt <i>ongekleurd</i> water tot 10 Juni	175 l
Vershil . . .	62 l

Er was dus op het moment, dat fluoresceïne te voorschijn kwam nog 62 l van het ongekleurde water in de buis, d.w.z. deze 62 l waren niet verdrongen door het met fluoresceïne gekleurde water. Nu was het op 11 tot 14 Juni afgetapte gekleurde water een mengsel van oud en ongekleurd water en opgegoten gekleurd water, doch het aandeel van het oude water hierin kan op niet veel meer dan 5 l worden geschat, zodat er dus minstens $62 - 5 = 57$ l, dat is rond $3\frac{1}{2}$ volume-procent, zijn achtergebleven. Een deel hiervan zal in het zand aan-

wezig zijn geweest in de vorm van pendulair water en imbibitiewater, maar het grootste deel moet hangwater zijn, dat in de fijnste capillairen aanwezig was en door het opgegoten water, dat de wijdere capillairen volgde, niet verdrongen is; het omlaagzakkende water heeft dit in de fijnste capillairen aanwezige water als het ware links laten liggen.

Zulks stemt overeen met onze ervaring met het verdringen van hangwater uit de zandkolom in de stalen buizen, waarbij bij een vochtgehalte van het zand van 2 gewichtsprocent (= ca. 3 volume-procent) en minder het eerst uitlekkende water fluoresceïne bevatte.

HOOFDSTUK VII

HET OPVANGEN VAN ZOUT UIT DE LUCHT DOOR EEN DENNENBOSJE IN DE DUINEN

Het is bekend, dat bij harde wind of storm uit zee, deze wind zee-water in zeer fijn verdeelde toestand vele kilometers ver het land in blaast. Na een storm uit westelijke richting ziet men de sporen daarvan op de ruiten, enkele kilometers landinwaarts, in de vorm van kleine zoutkristallen. J. A. VAN STEIJN¹⁾ deelt mede, dat de aangevoerde hoeveelheden zout soms vrij belangrijk kunnen zijn. Zo waren bv. in de Staatsboswachterij „Noordwijk” in September 1921 alle dennen met uitzondering van die, welke op beschutte plaatsen stonden, met een zoutlaagje overtrokken.

Om na te gaan of geëxponeerd liggende bossen in de duinen bij harde wind uit zee zout uit de lucht zeven en in welke mate, plaatsten we in een as, lopende van zuid-west naar noord-oost, dwars door het dennenbosje in Meijndel een aantal zinken bakken. Na een zuid-wester storm of harde wind werd het water in die bakken verzameld en geanalyseerd.

We zijn hiermede in September 1950 begonnen en hebben de waarnemingen in Februari 1951 gestaakt, aangezien we daarna de proef volgens advies van Dr WOUDENBERG, Hoofd van de Afdeling Landbouwmeteorologie van het K.N.M.I. te De Bilt, anders hebben ingericht. Over deze gewijzigde proef zal hieronder een en ander worden medegedeeld.

Van zuid-west naar noord-oost gaande, waren de bakken aldus geplaatst. Bak 1 12 m voor het bos in open terrein, bak 2 vlak voor de bosrand, bak 3 in het bos 11 m achter de bosrand, bak 4 4 m achter bak 3, bak 5 4 m achter bak 4 enz. tot en met bak 7, bak 8 stond buiten het bos 7 m achter de noord-oost rand in onbegroeid terrein en bak 9 10 m meer naar het noord-oosten in terrein met een lage begroeiing. De resultaten waren de volgende (zie blz. 98).

Nadat enkele waarnemingen zijn gedaan, werden de bakken 8 en 9 in zuidwestelijke richting verplaatst en wel naar het gedeelte van de as, gelegen tussen bak 7 en de noordoostelijke bosrand, dat 48 m lang

¹⁾ Dr J. A. VAN STEIJN. „Duinbebossching”. 1933.

Datum	Windrichting en windkracht	Neerslag	Chloriden in mg/l in het opgevangen regenwater in de bakken																					
			I	2	3	4	5	6	7	8	9	VIII	IX											
1950																								
Sept. 6/7.	Z.W. storm	4/9 - 9,3 mm 6/9 - 3,6 " 7/9 - 4,6 "	15	76	139	123	63	97	52	20	12													
" 18.	Z./Z.W. har- de wind	16/9 - 19,6 " 18/9 - 3,0 "																						
" 21.	Z.W./W. har- de wind	19/9 - 8,2 " 20/9 - 12,5 " 21/9 - 6,9 "																						
Oct. 2.	Z.W. storm tijdens onweersbui	13,5 mm	13	30	32	45	21	42	13	14	10													
" 10/11.	Z.W. harde wind	10/10 nihil 11/10 4,7 mm	26	52	225	213	113	128	64	20	18													
Nov. 10/11.	Z.W. harde wind	10/11 0,9 11/11 27,5 mm	7	11	11	18	13	19	8	6	5													
" 12/13.	Harde Z.W. wind met uitschieters	12+13/11 8,4mm	15	34	46	32	24	26	22	10	9													
" 19/20.	Harde Z.Z.O. wind	18/11 6,8 mm 19+20/11 8,2mm	8	19	31	33	28	23	12			18	19											
" 27/28.	Harde Z.Z.W. wind	24/11 12,8 mm 25/11 4,0 mm 26+27/11 1,9mm																						
" 28/29.	Harde tot krachtige Z.W. tot W. wind	28/11 5,3 mm 29/11 11,4 mm	16	24	24	19	21	22	17			22	23											
" 29/30.	Harde W. wind met uitschieters	30/11 6,3 mm	38	70	256	252	216	198	97			243	124											
Dec. 1/2.	Harde W. wind	1/12 0,6 mm 2/12 16,4 mm	30	100	320	173	166	196	134			256	254											
" 2.	Harde tot stormachtige W. wind																							
" 7.	Krachtige Z.Z.W. wind	3+4/12 10,2 mm 5/12 11,1 mm 6/12 9,3 mm 7/12 1,8 mm	7	12	19	14	12	12	10			13	17											
" 11.	Krachtige Z.W. tot N.W. wind	9/12 0,1 mm 10+11/1 16,9mm																						
1951																								
Jan. 11.	Harde tot stormachtige Z.W. wind	11/1 11,3 mm												10	30	47	35	27	31	18			26	35
" 18.	Harde tot stormachtige Z.W. wind	17/1 8,7 mm	8	32	45	24	23	24	29			19	44											
Febr. 8/9.	Harde Z.Z.W. wind	9/2 4,5 mm	11	14	14	11	14	21	10			22	25											

is, om daarmee een vollediger beeld te krijgen. Dit zijn de bakken VIII en IX, die respectievelijk 16 m en 32 m achter bak 7 liggen. We willen er nog op wijzen, dat het chloridgehalte van de neerslag, opgevangen in bak 2, die vlak voor de bosrand stond, steeds hoger, soms vele malen hoger, was, dan dat van de neerslag, opgevangen in bak 1, in het open voorterrein staande. De oorzaak hiervan is wellicht te zoeken in het zgn. luchtkussen, dat aan de windzijde van een windscherm, hier dus het dennenbos, wordt gevormd en waar de windsnelheid aanzienlijk is vertraagd.

BRANDHORST en NELL delen in een artikel, in de Levende Natuur van Maart 1929, getiteld Meteorologie I, mede dat volgens gegevens van de Havendienst te Scheveningen in de jaren 1911-1916 de wind uit de volgende richtingen waaide:

Noord. . . .	105 maal (7,2)	Zuid. . . .	209 maal (14,3)
Noord-oost .	166 „ (11,4)	Zuid-west .	328 „ (22,4)
Oost	134 „ (9,2)	West	124 „ (8,5)
Zuid-oost . .	187 „ (12,8)	Noord-west. .	207 „ (14,2)

Wij voegden er de procentsgewijze verhouding tussen haakjes bij. De zuid-westen winden komen dus verreweg het veelvuldigst voor.

Deze Havendienst was zo vriendelijk ons de gegevens te verschaffen, over aantal en duur (in wachten van 6 uur) van de winden, vanaf flinke bries (windkracht 6 à 7) tot storm (windkracht 10 en meer), die waaiden uit de richting tussen zuid-west en noord-oost (magnetisch) van 1 Januari 1946 tot einde Juni 1950.

Voor de 4 seizoenen was de onderlinge verhouding w.b. de duur aldus:

	Voor wind- kracht 6 en hoger	Voor wind- kracht 8 en hoger
Winter (December t/m Februari) . . .	31,0 %	35,8 %
Lente (Maart t/m Mei)	21,7 %	20,6 %
Zomer (Juni t/m Augustus)	17,4 %	6,0 %
Herfst (September t/m November) . .	29,9 %	37,6 %
	100 %	100 %

Uit het bovenstaande volgt, dat de altijd groene dennenbossen een veel grotere hoeveelheid zout uit de lucht zouden kunnen zeven, dan

de loofhoutbossen, die een groot deel van de periode, waarin de westelijke harde winden waaien, kaal staan.

De proef werd op advies van Dr WOUDEMBERG als volgt herhaald.

In hetzelfde dennenbos werden op 19 Maart 1951 in 3 rijen, op onderlinge afstand van 10 m, evenwijdig aan elkaar, in de richting zuidwest-noordoost lopende, regenmeters geplaatst.

Deze regenmeters bestonden uit een fles van 1500 cm³ inhoud, in een in de bodem ingegraven zinken cylinder geplaatst. Op de fles werd een plastiek trechter gezet, met een bovenwijdte van 20 cm. Deze trechter rustte op de bovenrand van de zinken cylinder, de bovenrand van de trechter was ruim 10 cm boven de grond.

De eerste regenmeter van iedere rij stond voor de zuidwestelijke rand van het bos, op een afstand van ca. 25 m, in een terrein met een lage, natuurlijke begroeiing; daarop volgden in iedere rij 8 regenmeters in het bos, op onderlinge afstanden van 8 m in de rij, terwijl achter de noordoostelijke rand van het bos, op ca. 10 m daarvan verwijderd, in iedere rij nog een regenmeter, weer in een terrein met lage begroeiing, was opgesteld. Van deze 10 m is 7 m volkomen kaal (brandsleuf), terwijl voor de zuidwestelijke rand van het bos een ca. 10 m breed ruiterspad ligt.

Aanvankelijk werd de inhoud der flessen 2 maal per week gemeten en gelijktijdig een monster genomen voor de bepaling van het gehalte aan chloriden. In de warme zomermaanden werd hiervan afgeweken en werd meestal na iedere regenval van enige betekenis de inhoud van de flessen gemeten en een monster genomen, omdat anders de kans bestond dat door verdamping zoveel verloren zou gaan, dat er niet voldoende voor de analyse overbleef. Ook na zeer zware regenval werd de opname onmiddellijk verricht, om te voorkomen dat bij grote regenval de flessen vol zouden raken en een deel van het opgevangen water zou wegstromen. In September werd er tussen de eerste en tweede regenmeter van iedere rij nog een regenmeter geplaatst en wel in het bos, maar dicht bij de zuidwestelijke rand daarvan, omdat de mogelijkheid aanwezig was, dat reeds in de bosrand veel zout zou worden opgevangen.

Het schema was hierna dus:

A_1 } ten	A_0 en A_2 t/m A_9 } in	A_{10} } ten
B_1 } zuid-westen	B_0 en B_2 t/m B_9 } het	B_{10} } noord-oosten
C_1 } van het bos	C_0 en C_2 t/m C_9 } bos	C_{10} } van het bos

Van 27 Maart 1951, toen de eerste opname werd gedaan, tot en met 20 September 1951, de laatste opname voordat de regenmeters A₀, B₀ en C₀ werden geplaatst, bedroegen de totale hoeveelheden chloriden, afgerond op gehele milligrammen, in de regenmeters, met de daarin gevallen neerslag, verzameld en de hoeveelheid opgevangen neerslag in cm³:

Nummer v. d. regenmeter	Rij A		Rij B		Rij C		Opmerkingen
	cm ³	mg	cm ³	mg	cm ³	mg	
1	13890	120	13489	123	13690	115	ten Z.W. voor het bos
2	6647	141	8141	108	6536	154	
3	7860	102	9298	154	8398	85	
4	8528	132	12023	234	9040	154	in het bos
5	8753	137	11775	241	10022	110	
6	8574	111	6173	82	10236	199	
7	8371	96	6291	73	8172	91	
8	7845	100	9496	336	11087	214	
9	8974	120	10577	123	9003	169	ten N.O. achter het bos
10	14053	114	11847	115	13001	127	

De gemeentelijke Havendienst te Scheveningen verstrekke ons regelmatig de gegevens over windrichting (magnetisch Noorden) en windkracht, die voor de bovengenoemde periode opgenomen zijn in het volgende staatje:

Windkracht	Windrichting en aantal malen dat de wind uit die richting waaide																Aantekeningen
	NO	NNO	N	NNW	NW	WNW	W	WZW	ZW	ZZW	Z	ZZO	ZO	OZO	O	ONO	
1	3	1	2	2	3	1	7	1	4	—	7	1	2	1	2	1	Per wacht van 6 uur wordt eenmaal wind-richting en kracht in het journaal geschreven. Windstilte en draaiende winden zijn weggelaten. Windkrachten boven 8 werden in deze periode niet genoteerd.
2	11	—	14	2	9	6	19	5	14	4	14	9	13	5	20	1	
3	11	9	24	3	10	9	28	17	7	3	13	5	6	4	8	6	
4	10	12	13	12	4	9	16	14	13	10	12	2	2	1	3	14	
5	8	5	27	10	14	12	10	9	6	7	2	—	1	1	1	5	
6	2	2	9	8	5	9	3	9	13	7	5	—	1	—	—	1	
7	1	—	2	1	9	1	2	3	5	5	1	—	—	—	—	—	
8	—	—	—	—	—	—	1	1	2	2	—	—	—	—	—	—	

De zeewinden met een kracht van 6 en hoger, dat zijn de winden die het zeewater fijn verdeeld het land in blazen, hebben in de maanden, waarin dit onderzoek plaats vond, slechts in 20 van de 88 gevallen uit het zuid-westen gewaaid.

Het grootste deel dezer winden waaide uit westelijke of noordelijke richting en hierdoor zijn de resultaten van deze proef, althans wat de totale hoeveelheid chloriden betreft, sterk beïnvloed. We komen hier nog nader op terug, maar willen eerst enkele mededelingen doen betreffende de hoeveelheid van de in de regenmeters opgevangen neerslag.

In de regenmeters in het voorterrein van het dennenbos, dat is een terrein met een natuurlijke lage duinbegroeiing, ten zuidwesten van het bos gelegen, is tot en met 20 September 1951 opgevangen:

in A₁ 13890 cm³, overeenkomende met 442 mm neerslag,

in B₁ 13489 „ „ „ „ 430 „ „ en

in C₁ 13690 „ „ „ „ 436 „ „

De regenmeter te Meijndel (Wassenaar-West) wees voor deze periode 454,3 mm neerslag aan. In procenten van de neerslag in de regenmeter A₁ gemeten, is in de overige regenmeters opgevangen:

A ₁ 100	A ₂ 47,8	A ₃ 56,6	A ₄ 61,4	A ₅ 63,0	A ₆ 61,7	A ₇ 60,3	A ₈ 56,5	A ₉ 64,6	A ₁₀ 101,2
B ₁ 97,1	B ₂ 58,6	B ₃ 66,9	B ₄ 86,6	B ₅ 84,8	B ₆ 44,4	B ₇ 45,3	B ₈ 68,4	B ₉ 76,1	B ₁₀ 85,3
C ₁ 98,6	C ₂ 47,1	C ₃ 60,5	C ₄ 65,1	C ₅ 72,2	C ₆ 73,7	C ₇ 51,6	C ₈ 79,8	C ₉ 64,8	C ₁₀ 93,6

De regenmeters A₀, B₀ en C₀, die eerst voor kort werden geplaatst, moesten uiteraard buiten beschouwing blijven.

In procenten van de neerslag in A₁ gemeten, is er in de regenmeters in het dennenbos gemiddeld 63,5 % neerslag opgevangen. De hoeveelheid neerslag, die in het bos de bodem bereikte, zal nog wat groter zijn geweest, als gevolg van het langs de stammen afvloeiende water. Bij dennen wordt echter een belangrijk deel daarvan in de vele schorsspleten vastgehouden, om daar dan te verdampen. Zodoende bereikt er in een dennenbos op deze wijze niet zoveel neerslag de bodem, als bv. in een beukenbos, met gladde stammen.

Behalve van de boomsoort, de leeftijd en de dichtheid van het bestand, is de hoeveelheid neerslag, die in een bos de bodem bereikt,

afhankelijk van de grootte van de neerslag en de aard daarvan. Bij hagel bereikt practisch alles de bodem, bij regen minder en bij sneeuw nog minder, vooral als op de sneeuw vorst volgt.

Bij een neerslag van enkele mm komt maar weinig aan de bosgrond ten goede, bij zware en ook bij langdurige regens bereikt daarentegen het grootste deel van de neerslag de bodem, vooral bij winderig weer.

Voor het 20-jarig bos van Corsicaanse den, waarin ons proefperk in Meijndel ligt, welk bos goed gesloten is, mag worden aangenomen dat van de jaarlijkse neerslag 30 à 35 % in de kronen blijft hangen en daar verdampt.

Van de zoutkristallen, die door de harde zeewinden worden meegevoerd, zal een deel direct de bodem van het bos bereiken, onverschillig of die winden gepaard gaan met regen, dan wel niet.

Een deel kan in de boomkronen blijven hangen en zal dan door volgende regens, dus ook bij landwind, er uit gespoeld worden en de bodem bereiken. Het zal er vermoedelijk weinig toe doen, of de kronen meer of minder neerslag vasthouden, indien de waarnemingsperiode lang genoeg is zal de totale hoeveelheid chloriden, die de bodem bereikt, niet of nauwelijks door het achterblijven van een deel van de neerslag in de boomkronen beïnvloed worden. De concentratie van de chloriden in de neerslag, die de bosbodem bereikt, zal uiteraard hoger kunnen zijn, naarmate de bomen meer neerslag in hun kronen vasthouden.

Nu blijkt uit grafiek VII, dat voor de B-serie in de regenmeters B₆ en B₇ de minste neerslag is opgevangen.

De kronensluiting is boven deze regenmeters echter bij verre niet het dichtst, het dichtst is deze boven B₅ en B₈, daarna volgen B₃ en B₉, terwijl boven de overige regenmeters van de B-serie de sluiting nagenoeg gelijk is. We hebben dit verschil in kronensluiting vastgelegd, door vanuit de regenmeters van de B-serie foto's van de kronen recht daarboven te maken.

Dat er in B₆ en B₇ veel minder neerslag is opgevangen en ook de totale hoeveelheid chloriden daarvoor het laagst is, zou hiervan het gevolg kunnen zijn, dat de kronen boven deze regenmeters, althans in de richting van de zee, in de luwte liggen van hogere of dichtere kronen.

Een dergelijke verklaring ligt ook in de lijn van onze veronderstelling, dat geëxponeerd staande bomen of boomgroepen in de duinen zout uit de lucht zeven. Het zal dan echter slechts om een gering

verschil in hoogte kunnen gaan, omdat de zeewind het kronendak van bomen of van een bosje, in de nabijheid van de zee staande, steeds glad scheert. Eerder zou naar onze mening de kronendichtheid van meer invloed kunnen zijn.

Beschouwen we de resultaten der Cl'-bepalingen in de opgevangen neerslag voor enkele regenmeters van de B-serie nader, dan zien we dat aanvankelijk B₈ de grootste uitbijter was, met B₅ en B₄ op de tweede en derde plaats. Vanaf begin Augustus heeft echter B₄ meestal de grootste hoeveelheid chloriden en komt B₈ op de tweede plaats. Het volgend staatje geeft de maandtotalen van chloriden (mg) en opgevangen neerslag (cm³) voor de regenmeters B₁, B₄, B₅ en B₈.

Het grote verschil tussen B₈ enerzijds en B₄ en B₅ anderzijds, gedurende de periode Maart tot en met Juli, blijkt in de daaropvolgende twee maanden geheel te zijn verdwenen. De hoeveelheid opgevangen neerslag verschaft ons geen opheldering aangaande de oorzaak van deze verandering.

Totale hoeveelheid chloriden (mg) en opgevangen neerslag (cm³)							
Maand	B ₁	B ₄		B ₅		B ₈	
	Cl'mg	Cl'mg	neerslag cm³	Cl'mg	neerslag cm³	Cl'mg	neerslag cm³
Maart.	29,0	42,5	973	51,0	1136	85,4	930
April	22,2	30,8	1300	38,3	1694	43,0	1351
Mei.	7,5	19,3	490	18,7	235	35,3	315
Juni	19,1	21,5	2570	27,1	2430	47,9	1960
Juli.	5,6	12,4	1010	16,2	1300	22,4	935
Maart t/m Juli .	83,4	126,5	6343	151,3	6795	234,0	5491
Augustus . . .	22,8	62,1	3630	54,2	3185	49,4	2895
September. . .	19,3	53,3	2185	39,4	1880	58,6	1230
Aug. en Sept. .	42,1	115,4	5815	93,6	5065	108,0	4125

Met de windrichting en de windkracht is het echter anders. We hebben nagegaan met welke kracht, te beginnen met windkracht 6, en gedurende hoelang er in bovengenoemde maanden zeewind heeft gewaaid. In het volgend staatje zijn opgenomen voor de afzonderlijke maanden en windrichtingen de som der producten van windkracht en duur daarvan (aantal uren in wachten van 6 uur):

Verdelen we deze getallen over 3 sectoren: nl. NO+NNO+N, NNW+NW+WNW en W+WZW+ZW, dan krijgen we voor

Product van windkracht (6 en hoger) en aantal uren waarin de wind met deze kracht waaide ¹⁾									
Maand	NO	NNO	N	NNW	NW	WNW	W	WZW	ZW
Maart	—	—	20	13	35	—	—	14	29
April	—	—	6	12	39	24	—	13	36
Mei	6	12	30	24	—	—	—	—	—
Juni	—	—	—	—	—	6	6	—	24
Juli	—	—	12	—	6	—	7	12	6
Maart t/m Juli	6	12	68	49	80	30	13	39	95
Augustus . .	—	—	—	6	—	6	7	25	22
September . .	—	—	—	—	13	19	19	18	28
Aug. en Sept.	—	—	—	6	13	25	26	43	50

Windkracht volgens schaal Beaufort	Wind- snelheid in m/sec.	Benaming		Kenmerken
		Zeelieden	Meteorologen	
0	0 - 0,5	windstille	windstil	rook stijgt recht omhoog
1	0,6 - 1,7	zwak	} zwakke wind	} juist waarneembaar } populieren ruisen
2	1,8 - 3,3	} flauwe koelte		
3	3,4 - 5,2			
4	5,3 - 7,4	matige koelte	} vrijkrachtigewind	} grote takken bewegen
5	7,5 - 9,8	flinke koelte		
6	9,9 - 12,4	flinke bries	krachtige wind	}
			harde wind	
7	12,5 - 15,2	} stijve bries	stormachtigewind	} bomen zwiepen. Het } lopen wordt bemoeilijkt
8	15,3 - 18,2			
9	18,3 - 21,5	harde bries	} storm	} bomen waaien om } takken breken af
10	21,6 - 25,1	storm		
11	25,2 - 29,0	} orkaan	zware storm	} veel verwoesting in de } natuur en aan gebouwen
12	boven 29,0		zeer zware storm	

Maart t/m Juli resp. 86 — 159 en 147 en voor Augustus + September resp. nihil — 44 en 119.

Het blijkt, dat er begin Augustus een verschuiving heeft plaats gevonden naar de zuidelijkste van deze 3 sectoren en aangezien wij begin Augustus ook een verschuiving constateren van B₈ naar B₄, als grootste uitbijter en B₄ 32 m dicht bij de zuidwestelijke rand van het dennenbos ligt dan B₈, lijkt het niet te gewaagd om te veronderstellen, dat er tussen beide verschijnselen, nl. de vervanging van B₈,

¹⁾ De windkracht wordt meestal aangegeven volgens de schaal Beaufort.

als regenmeter waarin de grootste hoeveelheid chloriden wordt opgevangen, door B_4 en de verschuiving van de richting, waaruit de harde zeewinden waaiden, verband bestaat.

Om enig inzicht te krijgen met betrekking tot de vraag, in welke mate windrichting en windkracht van invloed zijn op de hoeveelheid chloriden in de regenmeters, zouden we moeten beschikken over waarnemingen gedaan gedurende perioden met harde zeewind uit een enkele richting, met het oog op de opstelling der regenmeters van deze proef dus uit het zuidwesten.

We hadden verwacht voor het afsluiten van dit verslag nog te kunnen beschikken over de resultaten van analyses van neerslagmonsters, genomen tijdens of onmiddellijk na de herfststormen, waarbij de wind dikwijls gedurende langere tijd uit het zuidwesten waait. Deze zuidwestelijke stormen zijn uitgebleven en de grote schoonmaak in de natuur is dit jaar vooral het werk geweest van harde landwinden.

Na het opstellen van de regenmeters A_0 , B_0 en C_0 konden we slechts eenmaal neerslagmonsters verzamelen, die betrekking hadden op een periode van harde zuidwesten wind en wel op 26 September.

Deze periode wordt gekarakteriseerd door de volgende winden:

ZW 4, 7 en 9 } een cijfer geeft de windkracht aan in het journaal
ZZW 4 en 7 } opgetekend voor een wacht van 6 uren.

Voor de rest van de duur van deze periode waaiden er landwinden of zeewinden met een windkracht geringer dan 4. De analyseresultaten zijn (totale hoeveelheid chloriden in mg):

Regen- meter	1	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	2,480	5,600	2,160	1,750	2,300	1,885	2,125	1,150	2,560	2,070	—
B	2,035	0,960	1,450	1,755	8,370	3,740	1,710	1,540	5,600	2,940	2,835
C	1,750	1,105	1,275	1,500	1,760	1,760	2,470	1,540	2,080	4,290	—

De in de regenmeters A_{10} en C_{10} opgevangen neerslag was sterk verontreinigd door egels, die zich in de trechters te slapen hadden gelegd.

Ons vermoeden, dat A_2 te ver van de bosrand stond en dat er tussen deze rand en A_2 plaatselijk meer zout op de bodem terecht kan komen dan in de regenmeters, verderop in de A-reeks, gevonden, werd dus bevestigd.

De afstand van A_2 tot de zuidwestelijke bosrand is nl. iets groter dan die van B_2 en C_2 tot die rand, doordat de rand bij A wat uitbuigt.

Na 26 September was er nog driemaal gelegenheid monsters neerslag te analyseren. In de periode vanaf 26 September tot begin November hebben overwegend landwinden gewaaid en slechts een enkele maal kon er zeewind met een windkracht van 6 of meer in het journaal worden opgetekend. Rekenen we windkrachten vanaf 4 mede, dan krijgen we voor het product van windkracht en duur daarvan voor de zeewinden uit de verschillende windstreken, voor de periode vanaf 26 September tot 5 November, de volgende waarden:

ZZW	ZW	WZW	W	N
66	258	132	60	102

Gedurende die periode heeft de harde zeewind dus vooral uit zuidwestelijke richting gewaaid, hetgeen nog duidelijker uitkomt, als we alleen met windkracht 6 en groter rekenen; dan vallen de windstreken WZW, W en N af en blijven slechts ZZW en ZW over, in een onderlinge verhouding van 1 : 3.

De totale hoeveelheid chloriden in de neerslag, met de regenmeters opgevangen, bedroeg in deze periode voor:

B_1	B_0	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
6.730	5.445	5.550	5.435	17.240	14.490	5.760	4.485	12.260	10.040	6.285 mg

We zien dus, voor zover het de B-serie betreft, weer B_4 als grootste uitbijter bij harde zeewind uit de zuidwestelijke sector, B_8 is zelfs op de derde plaats gekomen.

Ir A. STOFFELS was zo vriendelijk de gegevens van de eerste 30 analyses, dus tot en met de opname van 13 September wiskundig te bewerken. Afgezien van enkele minder belangrijke feiten, als bv. dat er een sterke aanwijzing is, dat in de B-serie B_8 een uitbijter is, gaven zijn becijferingen slechts aan dat er met wiskundige zekerheid onvoldoende uit te halen was.

Toepassing van de analyse van FISHER op de totale hoeveelheden chloriden per regenmeter, gaf als resultaat spreidingsommen van de afhankelijkheid van nummer in de rij (1 t/m 10) en van afhankelijkheid van rij (A, B en C) van dezelfde orde van grootte, als de spreidingsom van het toeval. Opvallend groot is de toevalsspreiding, in vergelijking tot de gemiddelde opgevangen hoeveelheid. Het is zeer

wel mogelijk, dat meerdere factoren een rol spelen, waarvan de werking in deze toevalsspreiding zit. Invloed van de wind (richting en sterkte) is daarom geenszins onmogelijk.

Het zou nuttig zijn, indien over enkele waarnemingen kon worden beschikt, die uitsluitend betrekking hebben op perioden met harde tot stormachtige zuidwestelijke winden, dus in de richting van de rijen der regenmeters¹⁾.

Ten slotte moge nog dank worden uitgesproken aan de Gemeentelijke Havendienst te Scheveningen, voor de ons welwillend verstrekte gegevens over windrichting en windkracht.

¹⁾ Na de samenstelling van dit verslag konden, na enkele perioden van harde tot stormachtige wind, uit richtingen tussen zuid-west en west, neerslagmonsters worden verzameld, waarvan de analyse-uitkomsten ons vermoedelijk iets meer inzicht in deze materie zullen verschaffen. Er werd in enkele monsters (2 à 3) in December samen evenveel zout gevonden, als in totaal in ruim 30 monsters, genomen van Maart tot eind September 1951.

HOOFDSTUK VIII

NABESCHOUWING

Het onderzoek werd gedaan met betrekking tot hangwater en grondwater uit kalkrijk duin, tussen 's-Gravenhage en Zandvoort en de begroeiingstypen bleven beperkt tot drie, namelijk terrein met een natuurlijke lage duinbegroeiing, tegenover met dennen en loofhout beplante grond.

Het kalkarme duin werd er niet in betrokken, behalve het eikenbos op stortgrond in Leiduin, waarvan het hangwater uit de zone tussen 1 m en 2 m onder het maaiveld gedurende een drietal maanden (Juli t/m September 1950) werd onderzocht. Deze stortgrond is afkomstig van kalkarm oud duin.

Nu komen er meer belangrijke begroeiingsvormen in de waterleidingduinen voor, als bv. het duindoornbos, de helmduinen, de uitgestrekte terreinen met grassen begroeid (duinschapengrasassociatie en buntgrasgemeenschap bv.) en de heidevelden.

Voorts hebben we de ondergroei in het eiken-berkenbos niet bij dit onderzoek kunnen betrekken. Het onderzoek is dus – noodgedwongen – zeer beperkt geweest en heeft ook over een te korte periode gelopen.

Om deze redenen willen wij hier nog een en ander meedelen, dat ons door literatuurstudie bekend is geworden.

Allereerst willen we nagaan hoe groot de *strooiselproductie* wel is. Deze is voor het bos afhankelijk van verschillende factoren als de boomsoort, de standplaats, het klimaat, de leeftijd der bomen en de dichtheid van het bos.

EBERMAYER publiceerde reeds in 1876 de volgende productiecijfers (per ha):

Houtsoort	Ouderdomsklasse	Jaarlijkse strooiselproductie	
		Totaalgewicht watervrij	Organische bestanddelen na aftrek zuivere as
Beuk	30- 60 jaar	3365 kg	3176 kg
	60- 90 „	3368 „	3179 „
	90-120 „	3270 „	3087 „
Spar	30- 60 „	3369 „	3217 „
	60- 90 „	2869 „	2740 „
	90-120 „	2783 „	2658 „

Houtsoort	Ouderdomsklasse	Jaarlijkse strooiselproductie	
		Totaalgewicht watervrij	Organische bestanddelen na aftrek zuivere as
Den.	25- 50 „	2921 „	2878 „
	50- 75 „	3002 „	2958 „
	75-100 „	3636 „	3578 „

Deze cijfers hebben betrekking op Beieren.

Uit onderzoek van MARK (Noorwegen 1942) zou zijn af te leiden, dat bomen onder ongunstige verhoudingen een relatief grotere hoeveelheid naalden of bladeren nodig hebben voor het produceren van een gelijke hoeveelheid hout. Uit onderzoekingen van BURGER (Zwitserland 1936) blijkt, dat na een dunning een geringere naaldenproductie nodig is voor dezelfde houtbijgroei.

WITTICH (1933) geeft voor het strooisel van de kruidenvegetatie in het bos in de herfst op de bodem gevallen onder:

Houtsoort	Hoeveelheid droge stof per ha/jaar
Beuk	4367 kg
Ile boniteit	
Grove den II/IIIe boniteit	2580 „
„ „ II/IIIe boniteit	2533 „
„ „ II/IIIe boniteit	3300 „
„ „ II/IIIe boniteit	4060 „

en voor beuk zonder bodemvegetatie 3000 kg.

Uit bovenstaande productiecijfers blijkt wel, dat de strooiselproductie van de ondergroei in een bos even groot (zelfs groter) kan zijn, als (dan) die van de bomen zelf en als gevolg daarvan een niet te verwaarlozen invloed kan hebben op de kwaliteit van het bodemwater.

Nu ontbreekt in de meeste dennenbossen, die we zagen in de duinen, de ondergroei vrijwel geheel, maar in het loofhoutbos is dit heel anders, daar treffen we dikwijls een dichte ondergroei aan van zeer uiteenlopende samenstelling.

De productie aan organische stof op terreinen, begroeid met heide of gras, kan ook zeer groot zijn en die van bossen zonder ondergroei evenaren. Zo schat MARK (1946) de productie aan droge stof voor een heide van het Callunatype op 2600 kg droge stof per jaar en per ha.

AALTONEN¹⁾, aan wiens boek wij deze gegevens ontleenden, zegt in zijn samenvatting van de productiecijfers van bos en ondergroei, dat,

¹⁾ V. T. AALTONEN. „Boden und Wald“. (1948). Paul Parey. Berlin und Hamburg.

ofschoon de kennis van de strooiselproductie door de bodemflora nog gering is, gezegd kan worden dat ze ogenschijnlijk een belangrijk deel uitmaakt van de strooiselproductie in de bossen in Noord-Europa en zonder grote fouten te maken kan men zeggen, dat de strooiselproductie van de bodemflora daar ongeveer even groot is als die van de bomen.

Maar behalve de hoeveelheid strooisel is ook de *aard en samenstelling* daarvan van betekenis en wel vooral met het oog op de vertering. Op het gebied van de chemische samenstelling en de verteerbaarheid van het strooisel zijn reeds onderzoekingen verricht, maar de onderzochte houtsoorten zijn niet alle van gelijke standplaatsen en dit maakt een vergelijking onzuiver.

Van de verschillende onderzoekers willen we hier korthedshalve slechts NÖMMIK (Estland 1938) en WITTICH (Duitsland 1939 en 1943/'44) noemen, die beiden tot het resultaat komen dat een hoog N-gehalte en een enge C : N verhouding van het meeste belang zijn voor een snelle omzetting van het strooisel.

Zeker is het wel, dat de afbraaksnelheid van het strooisel van verschillende boomsoorten verschillend is.

Naaldhoutstrooisel verteert onder overigens gelijke omstandigheden moeilijker dan loofhoutstrooisel; onder voor afbraak gunstige omstandigheden verteert ook het naaldhoutstrooisel vrij snel, zoals we in het kalkrijke duin kunnen waarnemen. W. BEYERINCK en A. J. TER PELKWIJK namen bladverteringsproeven met het loof van enkele boomsoorten ¹⁾.

De houtsoorten in een bepaalde volgorde te rangschikken is volgens AALTONEN op grond van de huidige kennis moeilijk, maar voor Noordepese omstandigheden kan een volgende rangschikking opgesteld worden, te beginnen met die boomsoorten, waarvan het strooisel het gemakkelijkst verteert:

es - iep	} De naast elkaar gezette boomsoorten zijn ongeveer gelijkwaardig.
esdoorn - linde	
berk - esp - els	
beuk - eik	
grove den - spar	
larix	

¹⁾ W. BEYERINCK en A. J. TER PELKWIJK. „Bladverteringsproeven aan het Biologisch Station te Wijster. I en II” resp. Mededeling nr 42 en nr 47 van het Biologisch Station te Wijster (Dr.), ook afgedrukt in het Ned. Boschb. Tijdschr. nr 2 (1948) en nr 1 (1950).

De C : N verhouding is volgens WITTICH bij de volgende houtsoorten:

acacia 14	iep 28	esdoorn . . 52
zwarte els . 15	linde . . . 37	Amerik. eik 53
witte els . . 19	eik 47	populier. . 63
es 21	spar 49	grove den . 66
vogelkers . . 22	berk 50	douglas . . 77
haagbeuk . . 23	beuk 51	larix . . . 113

Op het gebied van de verteerbaarheid van het strooisel van de bodemflora is nog weinig onderzocht.

Volgens WITTICH (1944) ging de omzetting van het strooisel van de door hem onderzochte gewassen het snelst bij strooiselsoorten met de meeste N. Het strooisel van varens en grassen bleef gedurende 2 jaren bijna onveranderd en verteerde dan snel. Ook op arme grond, waar onder berken een dikke humuslaag werd gevormd, leverden de grassen geen belangrijke hoeveelheden humus. De stikstofrijkste plant uit de bodemflora is wel de brandnetel met een C : N verhouding van 8, het strooisel er van verteert zeer snel; voor de framboos is de C : N verhouding 23, voor de bosbes 34 en voor de grassen ligt deze bij 60.

Wat de betekenis van de opbouw van het strooisel voor de vertering aangaat zijn de resultaten der onderzoekingen niet steeds met elkaar in overeenstemming. Van de afzonderlijke componenten schijnen in het bijzonder Ca en N, zowel als de in water oplosbare organische stoffen voor de afbraak van belang. In fysisch-chemisch opzicht hebben volgens AALTONEN de basen, acidoïden en zuren, ook in hun onderlinge verhouding, betekenis.

Het bovenstaande wil slechts laten zien hoe omvangrijk een onderzoek als het onderwerpelijke in feite is en daarbij tevens aanduiden, waarop bij de keuze der houtsoorten voor een beplanting moet worden gelet.

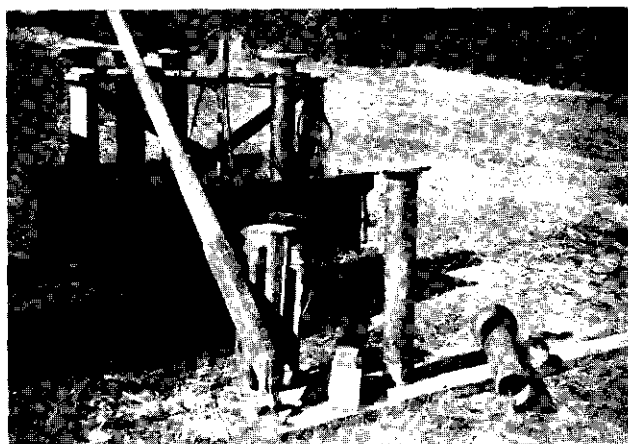
Als gevolg van de kalkrijkheid van de jonge duinen in het gebied, waarop dit onderzoek betrekking heeft, is grote ophoping van strooisel en vorming van zure humus voorlopig niet te vrezen; bedacht moet echter worden, dat die kalkrijkdom geen onveranderlijke eigenschap is.



Afb. 1. Het indrijven van een stalen buis in de grondlaag tussen maaiveld en 1 m daaronder.



Afb. 3. Bos van Corsikaanse den bij Meijendel, waarin een der proefperken voor dit onderzoek was gelegd.



Afb. 2. Aanhangwagentje van de jeep, voor het vervoer van de stalen buizen en de nodige werktuigen en materialen. Op de voorgrond van links naar rechts: handspaaik, heiblok, blokje met klos, dat op de flens van de stalen buis wordt gelegd om de slagen van het heiblok op te vangen, staande en liggende stalen buis met deksel.



Afb. 4. Eikenbos (*Q. robur* L.), waarin eveneens een proefperk, in de zomer.



Afb. 5. Hetzelfde eikenbos in de winter.



Afb. 6. Duinterrein met natuurlijke lage begroeiing in de Kijfhoek bij Meijndel, waarin ook een proefperk was gelegd.

SAMENVATTING

Er werd een onderzoek ingesteld naar de invloed van de begroeiing der duinen op de kwaliteit van het grondwater, dus naar de verandering die het infiltrerende regenwater ondergaat op zijn weg, eerst door de strooisellaag en vervolgens door de verschillende lagen van het duinzand, tot het als drainwater wordt opgevangen.

Daartoe werd voornamelijk het hangwater onderzocht, dat voorkomt in het gebied boven de capillaire zone, welk gebied de tijdelijke verblijfplaats is van alle geïnfiltreerde neerslag.

Een methode werd ontwikkeld om dit hangwater te verkrijgen, nl. door het te verdringen uit de grond en tot uitlekken te dwingen met behulp van opgegoten water. Dit opgegoten water bevatte fluoresceïne (1 mg/l) als indicator.

Het onderzoek vond plaats bij ingevulde grond en bij ongeroerde grond.

Bij het onderzoek met ingevulde grond werden 1 m hoge cementen bakken en 1 m en 3 m hoge geglazuurde gresbuizen gevuld met duinzand. Op dit duinzand werd een bedekking aangebracht van verschillende strooiselsoorten. Behalve de natuurlijke neerslag ontvingen de bakken en buizen nog een kunstmatige beregening, overeenkomende met een neerslag van 10 mm per week. Het uitlekkende water werd opgevangen en wekelijks geanalyseerd.

Daarnaast werd te Katwijk een proef genomen met het verdringen van hangwater in een hoge zandkolom, nl. in een buis van asbestcement, 4 m hoog en met een inwendige diameter van 80 cm.

Het onderzoek met ongeroerde grond geschiedde door stalen buizen, 105 cm lang en met een inwendige diameter van 15 cm, in de bodem te drijven en vervolgens het hangwater in de zandkolom in die buizen door opgieten te verdringen.

Dit onderzoek kon geschieden in duinterrein met een verschillende begroeiing en had gedurende $1\frac{1}{2}$ jaar plaats in 2 dennenbossen, 2 eikenbossen en 2 terreinen met een natuurlijke lage duinbegroeiing in de Haagse en Amsterdamse waterleidingduinen. Maandelijks werden monsters op verschillende diepte gestoken, nl. tussen maaiveld en —1 m en tussen —1 m en —2 m. Het verdrongen hangwater werd geanalyseerd.

Voorts werd maandelijks grondwater onderzocht, dat afkomstig

was van 2 terreinen in de boswachterij Noordwijk, nl. een terrein met een zuivere dennenbegroeiing en een kaal duinterrein.

Het onderzoek leverde de volgende resultaten op:

1. Onderzoek van het hangwater in duingrond met verschillende begroeiingen kan een inzicht geven in de invloed van die begroeiingen op het grondwater.
2. Een dikke strooisellaag van dennennaalden of eikenblad verhoogde in aanzienlijke mate het gehalte aan organische stof (aangeduid door het KMnO_4 -verbruik) en de kleur van het door die laag infiltrerende water en deze verhoging was nog zeer goed waarneembaar, nadat dit water een laag ingevuld zand, van enkele meters dikte, was gepasseerd. (Staat I en II, grafiek I en II).
3. De totale hoeveelheid organische stof door het uitgelekte water meegevoerd, was na omlaag zakken door een 80 cm dikke laag van ingevuld zand, bedekt met een 20 cm dikke laag dennennaalden, veel groter, dan na omlaag zakken door een 270 cm dikke zandlaag met een gelijke bedekking van dennenstrooisel. (Grafiek III).
4. Tussen de waarden, gevonden voor de kleur en het verbruik van kaliumpermanganaat, nodig voor oxydatie van de organische stof in het uit de buizen – met verschillende strooisellagen op het ingevulde zand – lekkende water, kon een betrekkelijk constante verhouding worden waargenomen. Volgens Dr VAN DER SLEEN schijnt dit slechts voor te komen bij watermonsters van verwante afkomst en samenstelling.
5. Bij de proef met ingevulde grond in gresbuizen werd een nagevoeg constante verhouding gevonden tussen het totale verbruik van kaliumpermanganaat, nodig voor de oxydatie van de organische stof in het uitgelekte water en de hoeveelheid afgetapt lekwater. Vermoed wordt, dat de oplosbaarheid van de organische stof beperkt is, zij het dat deze voor de verschillende bedekkingen van het zand anders wordt begrensd. (Grafiek V).
6. Voor de proefperken in Meijendel werden voor het hangwater, verkregen door verdringing uit de met stalen buizen gestoken grondmonsters, meestal lagere waarden voor kleurgetal en KMnO_4 -verbruik gevonden voor de grondlaag tussen —1 m en —2 m, dan voor die tussen maaiveld en —1 m. (Staat III A en B).
7. Mede gelet op het in 3 medegedeelde, kan worden aangenomen,

dat het gehalte aan organische stof in het omlaag zakkende water met de diepte afneemt en wel in het begin betrekkelijk snel.

8. Eikenwortels geven bij beschadiging aan het water een gele kleur.
9. Een op stortgrond (oude cultuurgrond) geplant eikenbos, met een dichte ondergroei van vlier, veroorzaakte een hoog gehalte aan organische stof in het hangwater. (Staat III B).
10. Voor het hangwater, verkregen door verdringing uit met stalen buizen gestoken grondmonsters, uit het dennenbos en het eikenbos in Meijndel, werden bij de analyse voor verschillende grootheden als kleurgetal, KMnO_4 -verbruik, HCO_3 -ion, hardheid en chloridgehalte hogere waarden gevonden, dan voor het hangwater, afkomstig uit duingrond, met een lage natuurlijke begroeiing in Meijndel. Dit verschil werd zowel voor de bodemlaag tussen maaiveld en —1 m als voor die tussen —1 m en —2 m gevonden en het werd eveneens geconstateerd voor het hangwater uit de perken in Leiduin (alleen de grondlaag tussen —1 m en —2 m bemonsterd). (Staten III).
11. De analysesresultaten leiden niet tot de conclusie, dat een dennenbos in het kalkrijke duin een ongunstiger invloed heeft op de kwaliteit van het duinwater, dan een eikenbos. Voor kleurgetal en kaliumpermanganaatverbruik werden voor het hangwater uit het dennenbos aanzienlijk lagere waarden gevonden dan voor dat uit het eikenbos, voor andere grootheden als chloridgehalte en hardheid was het omgekeerde het geval. (Staten III).
12. In hoeverre een dikke strooisellaag in een dennenbos, als in het proefperk in Leiduin, de kwaliteit van het duinwater beïnvloedt, is door dit onderzoek niet uitgewezen. De pH van het hangwater uit dit dennenbos verschilde over het algemeen niet zoveel met die voor het hangwater uit het dennenbos met zeer weinig naalden op de bodem in Meijndel en lag steeds boven $7\frac{1}{2}$. Wel werden voor andere grootheden als KMnO_4 -verbruik, koolzuur, hardheid en nitraatgehalte soms in het hangwater uit het dennenbos in Leiduin hogere, ja zelfs zeer veel hogere waarden gevonden, maar het is niet bekend welk aandeel de talrijke veenbrokken in de stortgrond, waarop het dennenbos in Leiduin groeit, hierin hebben. (Staten III).
13. De analyse-uitkomsten van het grondwater in Noordwijk wijzen op een ongunstige invloed van het dennenbos in vergelijking met kaal duinterrein. (Staten III).
14. De pH van het onderzochte hang- en grondwater was nimmer

lager dan $7\frac{1}{2}$, het onderzochte water was dus steeds alkalisch. (Staat III C).

15. Voor alle begroeiingsvormen, bij dit onderzoek betrokken, werden de laagste waarden voor de pH in de maanden vanaf September tot Februari gevonden. Aangezien de neerslag in de duinen veelal een pH heeft, die lager is dan 7, zou de verlaging van de pH van het duinwater, althans ten dele, het gevolg kunnen zijn van een grotere infiltratie (groter nuttig effect) van de neerslag in die periode. Ook lost er bij lage temperatuur meer CO_2 en minder kalk op in water, met gevolg een lagere pH. (Staat III C).
16. Vergelijken we het vochtgehalte van de grond in de laag tussen maaiveld en —1 m van het terrein met de natuurlijke lage duinbegroeiing met dat van de grond in het dennen- en eikenperk van Meijndel dan zien we voor:
 - a. het dennenbos een geringere vochtigheid in het voorjaar, in de zomer wordt het verschil nog groter, tot bij het begin van de herfst de omslag komt en de vochtigheid sneller toeneemt, om in de winter groter te worden dan in het onbeboste terrein;
 - b. het eikenbos een geringere vochtigheid in het voorjaar, doch zodra de bomen in het blad staan neemt de vermindering af en wordt deze kleiner dan onder de dennen. In de herfst krijgen we dezelfde stijging als bij het dennenbos, terwijl in de winter de vochtigheid in het eikenbos eveneens groter is, dan in het terrein met een natuurlijke lage duinbegroeiing. (Grafiek IV).
17. Het grondwater uit het dennenbos in Noordwijk had steeds een aanzienlijk hoger gehalte aan chloriden, dan het grondwater, afkomstig van het kale duinterrein aldaar. Dit verschil kan, althans ten dele, veroorzaakt worden door het verschil in nuttig effect van de neerslag; de mogelijkheid dat nog een andere factor een rol speelt, mag niet uitgesloten worden geacht. (Staat III I).
18. In het dennenperk in Meijndel werd in het hangwater uit de zuidwestelijke helft van het perk dikwijls een veel hoger chloridgehalte gevonden, dan in het hangwater uit de noordoostelijke helft; voor het hangwater uit de overeenkomstige delen van het perk met een natuurlijke lage duinbegroeiing werd dit verschil niet waargenomen.
19. Een kwantitatief onderzoek van de neerslag, in en buiten dit dennenbosje opgevangen, heeft uitgewezen, dat op enkele plaatsen binnen het bos een veel grotere hoeveelheid chloriden met

- de neerslag de bodem bereikt, dan elders in het bos en daarbuiten in een terrein met lage begroeiing.
20. Enige invloed van de begroeiing op het ijzergehalte van het duinwater is uit de resultaten van dit onderzoek niet af te leiden. (Staat III G).
 21. De gevonden nitraatgehaltes lopen binnen de verschillende begroeiingen zo sterk uiteen, dat hieruit geen conclusies kunnen worden getrokken. Alleen de zeer hoge nitraatgehaltes voor het hangwater uit een eikenbos met dichte ondergroei van vlier op stortgrond (cultuurgrond) vallen op. (Staat III H).
 22. Het hangwater en het grondwater hadden bij de onderzochte begroeiingen een grotere hardheid, indien afkomstig van beboste terreinen. (Staat III E en F).
 23. Voor het smeltwater van hagel, gevallen tijdens een hevig onweer, werden veel hogere gehalten aan nitraat en ammoniak gevonden, dan gewoonlijk voor neerslag in de duinen het geval is.
 24. Bij de verdringingsproef te Katwijk, waarbij opgegoten, door fluoresceïne gekleurd, water door een $3\frac{1}{2}$ m dikke laag van ingevuld, maar stevig aangestampt duinzand omlaag zakte, werd een infiltratiesnelheid gevonden van 16 à 17 cm/etmaal.
 25. De nuttige waterberging bedroeg bij deze proef rond 11 volumeprocenten.
 26. Bij een vochtgehalte van het duinzand van ca. 2 gewichtsprocenten of ca. 3 volumeprocenten en minder, is het niet of nauwelijks mogelijk hangwater, volgens de bij dit onderzoek gebruikte verdringingsmethode, te verkrijgen.
 27. Het onderzoek is beperkt, zowel wat het aantal begroeiingstypen betreft, als wat de duur van het onderzoek aangaat; dat er aan een onderzoek als het onderwerpelijke veel meer vastzit, wordt in de Nabeschouwing in het kort uiteengezet.

SUMMARY

An investigation was conducted on the influence of the vegetation of dunes on the quality of the undergroundwater, i.e. on the changes the seeping rain water is subjected to during its course, first through the litter layer and subsequently through the various layers of dune sand, until it is caught as drainwater.

For the purpose mainly the water retained in the soil above the capillary zone was tested, this area being the temporary abode of all seeping precipitation.

A method has been developed to gather this retained water viz by displacing it by watering and forcing it to seep through. The added water contained fluorescein (1 mg. per litre) as indicator.

The test was made with dumped soil and with undistorted soil. With the experiments with dumped soil concrete trays, 1 m in height, and glazed sewer tubes, either of 1 m or 3 m in height, were filled up with dune sand. This dune sand was covered by different kinds of litter.

In addition to the naturally precipitating rainwater the trays and tubes were also irrigated artificially overhead with quantities equalling a rainfall of 10 mm a week. The water seeping through was caught and analysed weekly.

Besides an experiment was carried out at Katwijk on displacing the retained water in a high head of sand, namely in a tube of asbestos-cement, 4 m in height with a diameter of 80 cm inside.

Undistorted soil was tested by using steel tubes, 105 cm in length and the experiments were performed for 1½ years in 2 pine-woods, 2 oak-woods and two areas with a natural low dune-vegetation in the dunes of the public water supply boards of the Hague and Amsterdam. Samples were made at different depths between the land surface and 1 m down and between 1 and 2 m down, once a month. The displaced retained water was analysed.

Furthermore undergroundwater originating from two areas in the forest-holding at Noordwijk was tested monthly.

One area was under pines only, and the other was bare. The following results were recorded:

1. Tests of the retained water in dune soil under various vegetations can disclose the effect of the vegetations of the underground-water.
2. A thick litter-cover of pine-needles or oak-leaves increased the rate of organic matter (expressed in the quantity of KMnO_4 , used for the oxidation) and the colour of the water seeping through this layer, and the increase was quite well noticeable after this water had percolated through a layer of dumped soil of a few metres in depth. (Tables I and II, graphs I and II).
3. The total quantity of organic matter moved with the percolated water, after having passed through a layer of dumped sand, 80 cm in depth and covered with a 20 cm cap of pine-needles, was much larger than after it had seeped through a sand layer of 270 cm covered with a similar cap of litter. (Graph III).
4. A rather constant ratio was recorded to exist between the values found for colour and for use of permanganate of potash, required to oxidate the organic matter, in the water seeping from the tubes with various layers of litter on top of the sand used for filling. (According to Dr VAN DER SLEEN this seems only to apply to watersamples of kindred origin and composition).
5. The experiment on dumped soil in glazed sewer tubes brought out that an almost constant ratio existed between the total quantity of permanganate of potash, required for the oxidation of the organic matter, contained in the seepage, and the quantity of seepage caught. It is presumed that the solubility of organic matter is restricted, be it that the limit varies with the nature of the litter overlying the sand. (Graph V).
6. As to the trial plots at Meijendel, lower values were usually recorded for the retained water, gathered by displacement from soil samples taken with steel tubes, as regards colour-figure and KMnO_4 absorption in the soil-layer between 1 and 2 m of the surface, in comparison with those found for the toplayer down to 1 m of the surface. (Table III A and B).
7. Taking into consideration what has already been stated under sub 3, it can be assumed that the rate of organic matter in the seepage declines with the depth and rather quickly at the beginning.
8. Oak-roots, when damaged, cause a yellow colouring of the water.
9. An oak-wood planted on dumped soil (from old cultivated land)

with a close undergrowth of elders resulted in a high content of organic matter in the retained-water. (Table III B).

10. As to retained-water, gathered by displacement from samples, taken with steel tubes in the pine-wood and the oak-wood at Meijndel, higher values for various magnitudes such as colour-figure, KMnO_4 absorption, HCO_3 -ions, hardness and content of chlorides, were recorded on analysis than with retained-water originating from dune soil with a lower natural vegetation than the one prevailing at Meijndel. This difference was stated in the toplayer, down to 1 m of the surface and in the underlying layer to a depth of 2 m as well as in the retained-water of the plots in Leiduin (only the layer between 1 and 2 m of the surface has been sampled). (Tables III).
11. The results of the analyses gave no rise to the conclusion that a pine-wood on chalky dunes has a more impropitious effect on the quality of the dune water than an oak-wood. The colour-figure and permanganate of potash absorption were substantially lower for retained-water gathered from the pine-wood than for retained-water from the oak-wood, but as regards other magnitudes, such as content of chlorides and hardness the reverse applied. (Tables III).
12. The question in how far a thick litter cap in a pine-wood, such as at the trial plot in Leiduin, affects the quality of the dune-water, has not been settled by this investigation. The pH of the retained-water from this pine-wood did, as a rule, not differ so much from the pH of the pine-wood at Meijndel, with a scanty cover of needle-litter and was always over 7.5. For other magnitudes like the absorption of KMnO_4 , carbonic acid content, hardness, and nitrate-content, higher figures were recorded, but it is not known what is the share to be attributed to the numerous lumps of peat in the dumped soil in the pine-wood in Leiduin. (Tables III).
13. The results of the analysis of the undergroundwater at Noordwijk are an indication of the unfavourable effect of pine-woods, when compared with conditions prevailing for bare dunes. (Tables III).
14. The pH of the analysed retained-water and undergroundwater was never lower than 7.5 and the water was always alkaline on test. (Table III C).
15. Of all kinds of vegetation, involved in this investigation the lowest values of pH were determined in the months of September

to January. As the precipitation on the dunes has usually a pH less than 7, the depreciation of the pH in the dune-water might, at least partly, be caused by the penetration of a larger proportion of the precipitation in this period. At lower temperatures more CO_2 , but less chalk, is dissolved in the water, resulting in a lower pH. (Table III C).

16. In comparing the moisture content of the top soil layer of the dune area (down to 1 m) with a naturally low vegetation, with one of the soil of the pine and oak plots of Meijendel, we find that:
 - a. the pine-wood shows a lower moistness in spring, in summer it is lower still, but in early autumn the table turns and moistness increases more quickly, to rise in winter to a higher rate than in not afforested areas;
 - b. the oak-wood shows a lower moistness in spring, but as soon as the trees are green, the decline slows down, whereas in winter the moistness in an oak-wood is also higher, than in an dune area under a low vegetation. (Graph IV).
17. The undergroundwater of the pine-wood at Noordwijk always showed a higher content of chlorides, than the undergroundwater originating from the bare dune area at that place. This difference may, at least partly, be caused by the diversity in utility of the precipitation, but the possibility that there is still another contributive factor must not be overlooked. (Table III I).
18. At the pine-plot at Meijendel a much higher content of chlorides have often been recorded in the South Western part of same, than in the North Eastern section. As regards the retained-water from the corresponding parts of the plot with a naturally low dune vegetation this difference has not been stated.
19. Quantitative records of the precipitation, within and outside this pine-wood, has shown that at some spots within the wood a larger quantity of chlorides penetrates into the soil with the rain-water, than elsewhere either in the wood or outside in an area with a low vegetation.
20. Any effect from the vegetation on the iron content of dune water cannot be deduced from the results of this investigation. (Table III G).
21. The determined nitrate contents, as associated with the various vegetations, vary so much, that no relevant conclusions can be drawn. Yet the very high nitrate contents in the retained-water,

- gathered in an oak-wood on dumped soil, with a close undergrowth of elder, are striking. (Table III H).
22. The retained-water and the undergroundwater showed a higher degree of hardness, if it originated from wooded areas. (Table III E and F).
 23. As to hailwater, of hail fallen during a heavy thunderstorm, much higher contents of nitrate and ammonia were determined in it, than are usually found in precipitation water fallen in the dunes.
 24. With a displacement-experiment at Katwijk, where irrigation water, stained with fluoresceïn, seeped through a layer of 3.5 metres of dumped, well compressed dune sand, a seepage velocity of 16-17 cm per 24 hours has been recorded.
 25. With this experiment the useful water reserve amounted to 11 per cent, expressed in volume.
 26. With a moisture-content of dune sand of about 2 per cent in weight i.e. approximately 3 per cent in volume, or less, it is not or hardly possible to gather any retained-water by applying the displacement method, used with this investigation.
 27. The investigation was confined both as regards the types of vegetation and its duration. That many more problems are involved in an investigation like this one, is briefly elucidated in the postscript.

RÉSUMÉ

Le but de l'étude a été de faire des recherches sur l'influence de la couverture végétale des dunes sur la qualité de l'eau souterraine, c'est-à-dire sur les changements que l'eau pluviale infiltrée subit d'abord dans la couche de jonchée et ensuite dans les couches différentes du sable jusqu'au moment l'eau drainée est recueillie.

Principalement l'eau suspendue a été examinée, qu'on trouve au-dessus de la zone capillaire comme réservoir intérimaire des précipitations infiltrées.

Une méthode a été montrée de gagner l'eau suspendue par remplacer l'eau du sol et par faire égoutter l'eau à l'aide de l'eau infusée. L'eau infusée contenait de la fluorescine (1 mg/l) comme indicateur.

Les recherches ont été faites avec du sol rempli et avec du sol pas remu.

On a fait les recherches avec du sol remu dans des caisses cimentées d'une hauteur de 1 m et dans des tubes remplis de sable des dunes. Sur ce sable on a placé des couvertures différentes de jonchée. Les caisses et les tubes recevaient sauf les précipitations naturelles encore un arrosage artificiel, correspondant à une précipitation de 10 mm par semaine. L'eau égouttante a été gagnée et analysée toutes les semaines.

En outre une recherche a été faite à Katwijk pour remplacer l'eau suspendue d'une colonne de sable dans un tube d'asbeste cimenté d'une hauteur de 4 m et d'un diamètre interne de 80 cm.

Les recherches avec du sol pas remu ont eu lieu par enfoncer des tubes d'acier de 105 cm et d'un diamètre de 15 cm et ensuite par remplacer l'eau suspendue par infuser les tubes.

Pendant 1½ années ces recherches ont été faites dans des dunes avec des couvertures végétales différentes, c'est-à-dire des peuplements de pins, des peuplements de chênes pédonculés et deux terrains avec une couverture naturelle peu élevée ce qu'on a trouvé dans les dunes communales de la Haye et d'Amsterdam. Tous les mois des épreuves ont été prises d'une profondeur différente, c'est-à-dire entre surface et —1 m et entre —1 m et —2 m.

L'eau suspendue remplacée était analysée.

Dans le cantonnement forestier de Noordwijk on a examiné tous les mois l'eau souterraine de deux terrains, d'un peuplement de pins noirs d'Autriche et des dunes nues.

Les recherches nous ont donné les résultats suivants:

1. La recherche de l'eau suspendue des dunes avec des couvertures différentes peut donner une opinion de l'influence de ces couvertures sur l'eau souterraine.

2. Une couche volumineuse d'aiguilles de pins et de feuilles de chênes augmentait la quantité des éléments organiques considérablement. (marquée par l'emploi —K Mn O₄) et la couleur de l'eau infiltrée par cette couche et l'augmentation était très bien visible, après l'eau avait passé une couche de sable d'une épaisseur de quelques mètres (tables I et II, graphiques I et II).

3. Les quantités organiques étaient plus grandes après avoir passé une couche de 80 cm de sable et une couche de 20 cm d'aiguilles de pins que après une couche de sable de 270 cm avec la même couverture d'aiguilles de pins (graphique III).

4. Entre les valeurs, trouvées pour la couleur et l'emploi-KMnO₄, nécessaire pour l'oxydation des quantités organiques de l'eau des tubes avec des couvertures différentes, un rapport assez constant a été constaté.

5. Les recherches avec les tubes remplis de sable ont démontré un rapport presque constant entre l'emploi total de KMnO₄, nécessaire pour l'oxydation des quantités organiques dans l'eau recueillie et la quantité de l'eau recueillie. On suppose que la dissolubilité des étoffes organiques est limitée, quoique cette dissolubilité ait des autres limites pour les couvertures différentes.

6. Les épreuves à Meyendel ont donné en général pour l'eau suspendue, obtenue par remplacement dans des tubes d'acier, des valeurs moins grandes du nombre de couleur et l'emploi —KMnO₄ de la couche entre —1 m et —2 m en comparaison de la couche entre surface et —1 m (table III A et B).

7. On peut supposer que les quantités organiques dans l'eau baissante diminuent avec la profondeur et que cette diminution est assez rapide au début.

8. Les racines endommagées des chênes donnaient une couleur jaune à l'eau recueillie.

9. Un peuplement de chênes, planté sur un sol déchargé (vieux sol de culture) avec une végétation secondaire de sureaux produisait une grande quantité d'étoffes organiques dans l'eau suspendue (table III B).

10. L'analyse de l'eau suspendue, obtenue par remplacement des tubes d'acier, donnait pour les peuplements de pins et de chênes à

Meyendel pour le nombre de couleur, l'emploi -KMnO₄, ion -HCO₃ crudité et nombre-chlorides des valeurs plus hautes que l'analyse de l'eau suspendue dérivée des dunes avec une couverture naturelle à Meyendel. La différence a été montrée pour la couche entre surface et —1 m et pour celle de —1 m et —2 m. Cette différence a été observée aussi à Leyduin (épreuves seulement de la couche entre —1 m et —2 m) (table III).

11. Les résultats des analyses ne permettaient pas la conclusion que dans les dunes calcaires le bois de pins aurait une influence plus défavorable que le bois de chênes. On a trouvé pour le nombre-couleur et l'emploi - KMnO₄ de l'eau suspendue du peuplement de pins des valeurs plus basses que pour ceux du peuplement de chênes. Les résultats du nombre-chlorides et de la crudité étaient le contraire (table III).

12. Les recherches n'ont pas montré à quel point une couche épaisse de jonchée végétale dans un peuplement de pins, comme à Leyduin, influençait l'eau des dunes. Il n'y avait pas en général une grande différence entre le pH de l'eau suspendue de ce peuplement de pins et le pH de l'eau suspendue du peuplement de pins avec peu d'aiguilles à Meyendel. Ce chiffre était plus de 7¹/₂. Des autres quantités, comme l'emploi - KMnO₄, acide carbonique, crudité et nombre - NO₃ donnaient pour l'eau suspendue du peuplement de pins à Leyduin des valeurs plus grandes, même des valeurs très plus élevées, mais il n'est pas connu quelle part avaient les tourbières nombreuses, sur lesquelles le peuplement à Leyduin a été planté.

13. Les résultats des analyses de l'eau souterraine dans le cantonnement de Noordwijk montrent une influence défavorable du peuplement de pins noirs d'Autriche en comparaison des dunes nues (table III).

14. Le pH de l'eau suspendue et souterraine n'était pas moins de 7¹/₂; l'eau examinée était alors toujours alcaline.

15. Pour toutes sortes de couvertures les valeurs les plus petites du pH ont été trouvées dans les mois de septembre jusqu'à février. Parce que l'eau pluviale dans les dunes a presque toujours un pH moins de 7, la diminution du pH de l'eau des dunes pourrait être, du moins en partie, la conséquence d'une plus grande infiltration (plus grand rendement), des précipitations dans cette période. Et surtout plus de CO₂ et moins de chaux sont décomposées quand la température est peu élevée. Un pH petit est la conséquence (table IIIC).

16. Comparons-nous l'humidité du sol de la couche entre surface et —1 m d'un terrain avec une couverture végétale naturelle et celle du sol dans les peuplements de pins et chênes à Meyendel, nous pourrions prendre les conclusions suivantes:

a. Le peuplement de pins a une humidité plus petite en printemps et la différence s'augmente en été. Au commencement de l'automne il y a tout un changement et l'humidité s'augmente très vite. En hiver l'humidité est plus grande que dans un terrain pas boisé.

b. Le peuplement de chênes a une humidité plus petite en printemps, mais aussitôt que les arbres ont des feuilles la diminution se réduit à un chiffre moins que l'humidité du peuplement de pins. En automne on trouve la même augmentation que dans le bois de pins. En hiver l'humidité du peuplement de chênes était aussi plus grande que d'un terrain avec une couverture végétale naturelle (graphique IV).

17. L'eau souterraine du peuplement de pins à Noordwijk avait toujours une quantité de chlorides considérablement plus grande que l'eau souterraine du terrain nu. Cette différence peut être, du moins en partie, la conséquence d'une différence en rendement des précipitations. La possibilité qu'un autre facteur joue un grand rôle n'est pas excepté (table III I).

18. L'eau suspendue de la partie sud-ouest du peuplement de pins à Meyendel avait une plus grande quantité de chlorides que celle de la partie nord-est. Une différence entre ces deux parties par rapport à la couverture végétale naturelle ne pouvait pas être constaté.

19. Des recherches quantitatives des précipitations recueillies en dedans et en dehors du peuplement de pins ont montré qu'à quelques lieux en dedans du peuplement une plus grande quantité de chlorides atteint le sol avec les précipitations qu'autre part en dedans du peuplement et en dehors sur le terrain avec une couverture végétale normale.

20. Les recherches n'ont pas montré une influence des couvertures végétales sur la quantité ferrugineuse de l'eau des dunes (table IIIG).

21. Les quantités trouvées des nitrates ne sont pas si divergent pour les couvertures différentes qu'on pouvait faire des conclusions. Seulement les quantités hautes de l'eau suspendue d'un peuplement de chênes avec une végétation dense de sureaux sur sol déchargé étaient remarquables (table IIIH).

22. L'eau suspendue et l'eau souterraine des terrains boisés avec

les couvertures examinées avaient une crudité plus élevée (table IIIE et F).

23. Dans l'eau fondue de grêle, tombée pendant un orage violent, on a trouvé des quantités plus grandes de nitrates et d'ammoniaque qu'on trouve ordinairement dans les précipitations dans les dunes.

24. Les recherches à Katwijk ont montré que l'eau colorée de fluorescine se secouait par une couche de $3\frac{1}{2}$ m avec une vitesse d'infiltration de 16 à 17 cm par vingt-quatre heures.

25. La capacité profitable de l'eau faisait ca 11 pourcents du volume.

26. Avec une humidité du sable de 2 en 3 pourcents ou moins, il n'est pas ou seulement à peine possible d'obtenir de l'eau suspendue par la méthode d'expulsion.

27. Les recherches ont été limitées, aussi bien il s'agit du nombre des types végétales que de la durée des recherches. Qu'une problème que celle-ci a des plusieurs facettes, a été expliquée dans le dernier chapitre.