

DE INVLOED VAN BOSSCHEN OP HET REGIME VAN RIVIEREN

REDE UITGESPROKEN BIJ HET AANVAARDEN VAN HET HOOG-
LEERAARSAMBT AAN DE LANDBOUWHOOGESCHOOL TE
WAGENINGEN OP 21 MEI 1919 DOOR

IR. J. H. THAL LARSEN.

*Mijne Heeren Curatoren, Professoren, Lec-
toren en Privaat-Docenten van de Landbouw-
hogeschool,*

*Dames en Heeren Assistenten en Studenten
en allen, die door Uwe aanwezigheid van Uwe
belangstelling doet blijken.*

Zeer gewaardeerde Toehoorders!

Het onderwerp, waarvoor ik hier eenige oogenblikken Uwe aandacht vraag n.l. *de invloed van bosschen op het regime van rivieren* behoort tot een gebied van wetenschap, waarbij zoowel de waterbouwkunde als de land- en boschbouwkunde betrokken zijn en kwam mij daarom voor deze gelegenheid geëigend voor.

Door praktische ervaring op waterstaatkundig gebied in een regenrijk tropisch klimaat, alsmede door min of meer eenzijdige litteratuur allengs overtuigd geworden van het nut van reboisatie als *universeel* middel om de kleinste debieten van rivieren te doen toenemen en de grootste afvoeren te beperken, trof mij nu ongeveer vijf jaar geleden een artikel over reboisatie in het in de ingenieurswereld bekende, Amerikaansche tijdschrift „*Engineering Record*” van 4 April 1914, waarin melding wordt gemaakt van het eindverslag der „*INLAND WATERWAYS COMMISSION*”, die na een uitvoerig onderzoek en raadpleging van een 800 à 1000-tal geschriften en artikels tot de volgende conclusie kwam. „Welke de invloed van bosschen op den regenval, „den afvoer der rivieren, afspoelingen en ontgrondingen ook „moge zijn, het is duidelijk dat de invloed in bergachtig terrein „het grootst is, waar de regenval het hevigst is, de hellingen het „steilst zijn en het water het snelst afvloeit. Buitendien doet zich

„hier nog een omstandigheid voor ten gunste van boschkultuur, „n.l. dat de grond minder dan in de vlakke voor andere doelen is te benutten. De mate van den invloed der bosschen op „de drie genoemde factoren is zeer verschillend en hangt geheel „af van de omstandigheid naarwelke elk geval op zich zelf moet „worden beschouwd. Terwijl onder zekere omstandigheden bosschen het minimumdebiet van een rivier ten goede komen en „de grootste afvoeren temperen, kan die invloed onder andere „omstandigheden van geheel tegenovergestelden aard zijn. In „geen geval kan er op *gerekend* worden dat bosschen eenerzijds „overstromingen anderzijds het droogvallen van rivieren voor- „komen. Dat is deugdelijk gebleken.

„Noch ook strekt zich die invloed ver genoeg uit om de toepassing van reboisatie als eenig middel ter reguleering van het regime van rivieren ten behoeve van scheepvaart of van waterkrachten te rechtvaardigen. Dat doel wordt met den bouw van „reservoirs beter bereikt.”

Voor al de slotzin deed bij mij de vraag rijzen of hier wellicht niet uitsluitend de ingenieur aan 't woord is geweest, die psychologisch geneigd zal zijn tot verbetering van het regime van een rivier bij voorkeur technische middelen aan te wenden, waarmede het doel sneller wordt bereikt dan door den aanleg van bosschen.

Weinig kon ik vermoeden door nadere bestudeering van het onderwerp, dat ons thans bezig houdt en door kennismaking met klimaatsomstandigheden geheel verschillend van die in het regenrijke gedeelte van onzen Indischen Archipel eenmaal tot een meening te zullen geraken, welke nagenoeg geheel met de conclusie der voornoemde Amerikaansche Commissie overeenstemt.

Van een verblijf in den staat CALIFORNIE der VEREENIGDE STATEN VAN NOORD-AMERIKA gebruik makende om eenige in dat land karakteristieke systemen van bevoeiing en watervoorziening te bezichtigen, viel het mij op, dat in dit regenarm klimaat tal van reservoirs voor bevoeiing en watervoorziening van steden in nagenoeg kaal heuvelland zijn aangelegd, waar sporen van boschkultuur zeldzaam zijn of geheel ontbreken. Van zelf kwam mij de slotzin uit de conclusie van de „INLAND WATERWAYS COMMISSION” in de gedachten en ik wendde mij tot het hoofd van den, onder het Departement van Landbouw ressorteerende, te BERKELY bij SAN FRANCISCO gevestigde dienst der „IRRIGATION INVESTIGATIONS”, den Civiel-ingenieur DR. SAMUEL FORTIER, een ook bij ons bekend auteur van werken over bevoeiing, om diens zienswijze te leeren kennen. Hij bleek niet tot diegenen te behooren, die in den aanleg van bosschen het voor alle omstandigheden aangewezen middel zien om van den gevallen regen het grootst mogelijke nut te trekken ten behoeve van bevoeiing en watervoorzieningen van anderen aard.

Hij verwees mij echter ter verkrijging van nadere inlichtingen naar PROFESSOR WALTER MULFORD, van de afdeeling Boschwezen aan de Universiteit te BERKELEY. PROFESSOR MULFORD betoonde zich over hetgeen in de VEREENIGDE STATEN was verricht, om tot een juist inzicht te geraken aangaande het nut van bosschen in vergelijking met hetgeen op dat gebied in EUROPA was gedaan, weinig ingenomen en kon slechts een drietal geschriften ter lezing aanbevelen, dat naar zijn meening het beste is hetgeen op dat gebied in AMERIKA aangaande den invloed van bosschen op het regime van rivieren is gepubliceerd en waaruit straks een en ander door mij zal worden aangehaald.

Deze werken zijn:

„*Forest Influences*”, een door het Departement van Landbouw, afdeeling Boschwezen, als *Bulletin No. 7* uitgegeven verzameling van verschillende rapporten, waarin o.m. ook een ruim gebruik is gemaakt van de gepubliceerde uitkomsten der in verschillende landen in Europa verrichte waarnemingen en proeven,

„*The Diminished Flow of the Rock River in Wisconsin and Illinois and its Relation to the Surrounding Forests*” van G. FREDERICK SCHWARZ, uitgegeven als *Bulletin No. 44* door voornoemd Departement en

„*The Relation of Forests and Water*”, een verslag van het subcomité voor *Forest Investigations*, voorkomende in het „*Rapport of the Forestry Committee van het Fifth Nationaal Conservation Congress*, hetwelk van 18 tot 20 November 1913 te WASHINGTON gehouden werd.

Uit den aard der zaak zal ik mij, thans tot de bespreking van het onderwerp mijner rede overgaande, er toe bepalen het nut van bosschen te bekijken van het standpunt van den ingenieur en de beteekenis van de boschkultuur voor de oeconomie geheel buiten beschouwing laten.

Als doeleinden van waterbouwkundigen aard nu zijn te noemen:

1e. beperking van de grootste afvoeren der rivieren met het oog op bedijkingen en andere waterkeerende werken, op bruggen alsmede op de scheepvaart.

2e. beperking van afspoeling van den bodem met het oog op verzanding en opslibbing van waterwegen en irrigatiekanalen en beschadiging van kunstwerken, z.a. stuwwerken, alsook tegen het gevaar van geheele of gedeeltelijke afsluitingen van een rivierdal door grondafstortingen en katastrofe watervloeden als gevolg van doorbraak van zulke afdammingen.

3e. reguleering van den waterafvoer, ten einde zooveel mogelijk een gunstige verdeeling over het geheele jaar te verkrijgen van de, in totaal binnen een stroomgebied jaarlijks af te voeren hoeveelheden water ten voordeele van de debieten gedurende de waterarme perioden en wel ten behoeve van bevloeiing en andere watervoorzieningen, ter benutting van waterkracht, zoomede ten dienste van de scheepvaart.

4e. absolute vermeerdering van het debiet van waterarme rivieren.

Voor een overzichtelijke beschouwing van den invloed van bosschen op rivieren is mij de volgende indeeling doelmatig voorgekomen.

I. De bosschen en de neerslag, dus het gebied der meteorologie.

II. De bosschen en de kringloop van het water, d. i. het gebied der hydrologie.

Het tweede hoofdstuk zal worden onderverdeeld in:

- a. Oorzaken van onthouding of ontrekking van water aan den bodem.
- b. Factoren van behoud van water.

I. De bosschen en de neerslag.

Alvorens over te gaan tot het mededeelen van de uitkomsten en gevolgtrekkingen uit waarnemingen met betrekking tot den invloed van bosschen op den neerslag in verschillende landen verricht, moge hier worden aangestipt, dat tegenwoordig in de meteorologie als voornaamste oorzaak van wolkenvorming en regen op groote schaal uitsluitend *dynamische afkoeling* in opstijgende luchtstroomen wordt aangenomen. Dat wil zeggen, wanneer een door de aarde verwarmde luchtmassa omhoog stijgt, heeft een geleidelijke uitzetting van die luchtmassa plaats ten gevolge van den regelmatig kleiner wordenden druk der omringende hoogere dampkringslagen. Daar bij die uitzetting der lucht uitwendige arbeid wordt verricht, gaat zij met afkoeling gepaard. Bijgevolg daalt de temperatuur der opstijgende luchtmassa naarmate zij grooter hoogte bereikt en wel ongeveer één graad Celsius voor elke 100 M., zoolang de waterdamp der opstijgende luchtmassa niet tot water wordt verdicht. Zoodra de condensatie is ingetreden, zal de hierbij vrijkomende verdampingswarmte de verdere temperatuursdaling ongeveer tot de helft terug brengen.

In het licht dezer theorie beschouwd, zal de invloed van bosschen op den regen alleen daar bestaan, waar het bosch de oorzaak kan zijn van een merkbare stijging van luchtmassa's en wolken.

In 't algemeen zal dit in bergachtig terrein minder het geval zijn dan in de vlakke, aangezien de hoogte van een bosch gering is met betrekking tot de terreinhoogteverschillen in bergachtig terrein.

Volgens SURREL „*Torrents des Hautes Alpes*” waarvan in het tijdschrift van het KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS afdeling NEDERLANDSCH-INDIE, Jaargang 1879-80 een uitvoerig uittreksel voorkomt, zijn de oudste waarnemingen, die van 1688 van het observatorium te PARIJS. Zij werden begonnen

op bevel van COLBERT aan de ACADEMIE met het oog op de waterwerken te VERSAILLES.

Volgens enkele schrijvers kan uit de reeks waarnemingen tot en met het jaar 1860 zijn af te leiden, dat het te PARIJS nu meer regent dan vroeger, doch anderen hebben de verklaring van de, trouwens weinig sprekende, toenamen meer gezocht in fouten in oudere waarnemingen, aangezien die fouten voornamelijk in *mindering* der gemeten hoeveelheden kwamen, n.l. door verdamping, doorzijpeling, lekken, verzuim enz. en hierdoor de stijging in de cijfers van latere jaren zou zijn te verklaren.

Te BORDEAUX beschikt men over een serie waarnemingen van het jaar 1714 af. Ook hier evenals te PARIJS toont de kolom der verschillen aan, dat de variatie geen wet van continuïteit volgt.

Er zijn in het werk van SURREL meer seriën waarnemingen vermeld, doch ook de daaruit gemaakte gevolgtrekkingen met betrekking tot den invloed van ontwoordingen zijn zoozeer met elkaar in strijd, dat de schrijver zijn aanhalingen besluit met de volgende woorden welke betrekking hebben op een reeks waarnemingen te MONTPELLIER verricht.

„Men moet inderdaad erkennen dat de ontwoording de *Deus ex machina* der meteorologie is. Deze is goed voor alles: de regen „vermeerdert tot 1790, dat komt door de ontwoording; zij vermindert na 1790, dat is eveneens de schuld der ontwoording; „zij vermindert te MONTPELLIER, terwijl zij vermeerdert te „VIVIERS, weer is de ontwoording er de oorzaak van; eindelijk zij „vermeerdert te BORDEAUX en nu komt het door de herwoording „(n.l. de *Landes*)”.

Het kan niet verwonderen, dat de latere schrijvers eenstemmig den grondslag der historische vergelijkingen verwerpen, omdat de waargenomen klimaatsveranderingen vaak niet van blijvenden aard zijn en de jaren zich veelal in groepen van jaarreeksen karakteristiek onderscheiden, terwijl de gegevens aangaande den toestand der beschouwde streken geen volstrekt voltrouwen verdienen,

Nochtans vindt men in de litteratuur omtrent waarnemingen van lateren tijd aangaande den invloed van bosschen op den regenval gevallen vermeld, waaraan bijzondere waarde kan worden gehecht.

Bijvoorbeeld in „*Forest Influences*” de waarnemingen van DR. MÜTTRICH te LINTZEL op de LUNEBURGERHEIDE, waar in 1877 begonnen werd met den aanleg van eiken- en dennenbosch, totdat over een uitgestrektheid van ongeveer 6000 H.A. de verhoudingen als volgt waren:

na bebouwing	te voren
10 % bouwland, weide en water;	12 % bouwland, weide enz.;
10 % heide, wegen en open ruimten;	85 % heide enz.;
80 % bosch;	3 % oud bosch.

Het station van waarneming was gelegen in een open veld van 30 H.A., omringd door bosch en vormde ongeveer het middelpunt van voornoemde uitgestrektheid.

De regenwaarnemingen loopen over een tijdvak van negen jaren. De regenval te LINTZEL is vergeleken met die van stations gelegen geheel buiten de met bosch bezette streek, doch voldoende in de nabijheid van LINTZEL om voor vergelijking te kunnen dienen. Teneinde den invloed van mogelijke schommelingen in den jaarlijkschen regenval zooveel mogelijk te elimineeren, zijn steeds gemiddelden over groepen van drie en vier jaren genomen bijv.

$$\frac{2a + b}{3}, \frac{a + 2b + c}{4}, \frac{b + 2c + d}{4} \text{ enz.}$$

Na in eenige tabellen, welke ik U zal besparen, de verhoudingen van den regenval te LINTZEL tot die van elk der overige stations afzonderlijk te hebben gegeven, vat DR. MÜTTRICH ten slotte alles tezamen in een overzicht van de verhoudingen van den regenval te LINTZEL tot het gemiddelde van de cijfers der overige stations tezamen, uitgedrukt in percenten van die gemiddelden en vindt dan een tamelijk regelmatige toename van 81,8 % in het jaar 1882, d.i. vijf jaar na het begin van den aanplant der bosschen, tot 103,9 % in het jaar 1888.

Men zal met den auteur gereedelijk kunnen instemmen, dat zijn cijfers den invloed der bosschen in dit geval ontwijfelbaar aantoonen.

Een ander voorbeeld, eveneens in „*Forest Influences*” beschreven, is dat van M. FAUTRAT („*Comptes Rendus*”), die zijn waarnemingen verrichtte in de bosschen van HALATTE en ERMENONVILLE (*Departement* van de OISE) op twee paar stations.

Bij elk dier plaatsen was een regenmeter boven het bosch opgesteld en de andere op een afstand van ongeveer 300 M. daarvan in het open veld. Voor HALATTE loopen de waarnemingen over de maanden Februari tot Juli 1874 en van Augustus 1876 tot Juli 1877; voor ERMENONVILLE van 1875 tot Juli 1877. Het bosch te HALATTE bestaat uit loofhout en dat te ERMENONVILLE uit naaldhout.

De regenwaarnemingen zijn, verdeeld over vier jaargetijden afzonderlijk en daarna in totaal voor het geheele jaar, verzameld in een tweeledig staatje van drie kolommen, waarin de beide eerste den regenval aangeven boven het bosch en in het open veld van elk paar stations en de derde kolom het verschil tusschen beide.

Voor het geheele jaar vindt FAUTRAT te HALATTE 770 m.M. boven het bosch en 710 m.M. in het open veld en onderscheidelijk 762 en 702 m.M. voor ERMENONVILLE, derhalve voor beide paren stations een gelijk bedrag van 60 m.M. meer regenval boven het bosch of nagenoeg 9 %.

Het is inderdaad jammer, zooals in het Amerikaansche geschrift wordt opgemerkt, dat deze waarnemingen zich niet over een grooter aantal jaren hebben uitgestrekt. De uitkomsten zouden dan van grooter beteekenis zijn geweest. Niettemin zeggen ook deze cijfers wel iets.

Er zouden nog tal van waarnemingen van dien aard kunnen worden medegedeeld, doch ik wil van Uw aandacht niet te veel vergen en zal, voor zoover den invloed van bosschen op den regenval betreft, alleen nog melding maken van een bijzondere methode van verwerken der waarnemingen door Dr. F. J. STUDNICKA, hoogleeraar in de wiskunde aan de universiteit te PRAAG.

In de aan alle zijden door hooge bergen ingesloten vlakte van BOHEMEN werden omstreeks het jaar 1880 een reeks regenwaarnemingen opnieuw georganiseerd met een aantal stations, dat in 1886 meer dan 700 bedroeg en wel op elke 75 K.M.² één. Jammer genoeg strekten ook deze waarnemingen zich slechts over een betrekkelijk kleine reeks van jaren uit. De waarnemingen, welke alle stations omvatten, liepen slechts over de laatste vier jaren, doch volgens den schrijver was deze serie bijzonder geëigend voor het doel, aangezien daarin twee jaren van middelmatigen regenval voorkwamen, één van grooten en één van geringen regenval.

Het groote aantal stations daarentegen maakte het mogelijk om alle waarnemingen van twijfelachtige waarde buiten beschouwing te laten, zonder vrees voor een onvoldoend aantal gegevens voor het samenstellen van de regenkaart, waarvan die, bevattende de lijnen van gelijken regenval hier verder onbesproken zal blijven. De tweede kaart echter, die STUDNICKA samenstelde, is voor ons onderwerp van belang. Vooreerst werden daarop aangegeven de hoogtelijnen vanaf 100 M. tot 1000 M. met 100 M. hoogteverschil tusschen elke twee, vormende de zoogenaamde hoogtegordels. Van de binnen elken gordel gelegen stations werd de gemiddelde hoogteligging bepaald en tevens de gemiddelde regenval. Deelt men nu het verschil tusschen den gemiddelde regenval van de twee aangrenzende gordels door het hoogteverschil, dan geeft het quotient de toename van den regenval aan voor elke meter stijging in de beschouwde zone. Met behulp van deze cijfers kan men nu voor elk station het bedrag van den regenval bepalen, hetwelk men volgens de regenkaart theoretisch normaal zou kunnen noemen.

Afwijkingen van dien theoretisch normalen regenval meende STUDNICKA, moesten bepaalde oorzaken hebben en wat bleek nu? Dat van de 186 stations, die uit te voren genoemde schifting waren overgebleven, 48 een beduidend grooteren regenval aanwezen dan de theoretische normale en dat die stations gelegen waren in de dichtst bewoude gedeelten van BOHEMEN.

Dat juist omtrent den invloed van de bosschen op den regen de meeningen nog sterk uiteen loopen, niettegenstaande ook tamelijk vertrouwbare uitkomsten bestaan, zooals de hier meegedeelde, daarvan blijkt o.a. in het voornoemde rapport van de boschbouwkundige commissie van het FIFTH NATIONAL CONSERVATION CONGRESS. Terwijl de commissie in de samenvatting van haar verslag o.m. concludeert, dat:

„Bosschen zoowel de intensiteit als het veelvuldiger voorkomen van de regenbuien bevorderen in de streken, waar de bosschen aanwezig zijn en dat de hoeveelheden, die daar vallen, soms tot 25 % meer bedragen dan de regenval in de aangrenzende open terreinen,” vermeldt een voetnoot dat PROFESSOR WALTER MULFORD zich niet met de conclusie van de meerderheid der commissie, voor zoover den invloed van bosschen op den regenval betreft, heeft kunnen vereenigen.

Het is mij opgevallen, dat in het regenarme CALIFORNIE onder de ingenieurs, die door hun werkring aandacht hebben moeten schenken aan het vraagstuk, dat ons thans bezighoudt, geen enkelen heb aangetroffen, die overtuigd was van een merkbaaren gunstigen invloed van de bosschen op den regenval. Eerder was men ginds geneigd te gelooven aan het omgekeerde, n.l. dat de levensvatbaarheid van bosschen geheel afhankelijk is van het klimaat.

Deze beschouwing is als *conclusie* eenzijdig en niet te aanvaarden, maar op zich zelf ongetwijfeld juist en bevreemdt niet in een land, waar men in een volmaakt drogen zomertijd op de heuvels, die zich als een keten op een afstand van 10 tot 20 mijlen evenwijdig aan de kust uitstrekken, tusschen de boomen de van uit zee aandrijvende nevels, welke het klimaat der kuststrook tijdens den zomer kenmerken, zich verdichten ziet tot een fijnen neerslag, die den bodem nauwelijks bereikt, doch wel het loof bevochtigt. In deze mistige atmosfeer gedijt in het bijzonder de „Redwood”, een tot de coniferen behoorende rechtstammige reuzenboomsoort, die velen Uwer ongetwijfeld uit beschrijvingen en afbeeldingen wel bekend zal zijn. Eertijds waren de westelijke hellingen van de voornoemde lage bergketen met uitgestrekte redwood-bosschen bedekt, waarvan de resten thans door den Staat tegen verdere devastatie worden beschermd en voornamelijk als natuurmomumenten in eere worden gehouden.

Als sprekend voorbeeld van den invloed van het klimaat op den groei van bosschen, tevens illustratie van de theorie, dat neerslag op beteekende schaal, uitsluitend in opstijgende luchtstroomen ontstaat, kan nog een door PROF. H. MAYR (*Waldungen von Nord-Amerika, Munich 1890*) opgemerkt verschijnsel worden aangehaald, dat zich langs de kusten van den STILLEN OCEAAN, in de ROCKY MOUNTAINS, in den KAVKASUS en in TURKESTAN voordoet. Daar strekken zich verscheidene even-

wijdige, trapsgewijze hoogere bergketenen uit in een richting dwars op die van den heerschenden wind en hier nu ziet men den benedengrens der bosschen, op de achter gelegen bergruggen niet lager reiken dan de kruinshoogte van den bergketen daarvoor. Ook de tusschengelegen valleien zijn kaal. Dit verschijnsel is inderdaad karakteristiek in CALIFORNIE. Achter de tevoren genoemde, nabij de kust loopende heuvelenreeks, strekt zich de breede vlakte uit van de valleien der SACREMENTO- en SAN JOAQUIN-rivieren, de tweelingstroom, die den staat nagenoeg in de geheele lengte doorloopt en in de baai van SAN FRANCISCO zijn gemeenschappelijke uitmonding heeft. De een-tonigheid dier vlakte, bekend overigens om haar landbouw en vruchtenkultuur, wordt eerst door een gordel van bosschen tegen de *hoogere* westelijke hellingen van de SIERRA NEVADA, die de vallei aan den oostkant insluiten, gebroken.

Aangaande den invloed van bosschen op de temperaturen en den vochtigheidsgraad van de lucht zijn mede vele waarnemingen verricht en tál van uitkomsten staan den lezer, die daarvan meer wenscht te weten, ten dienste. Waar wij ons hier echter alleen bezighouden met de factoren, die er toe bijdragen om den neerslag, die den bodem bereikt, met meetbare hoeveelheden te vermeerderen, zullen wij die klimatologische invloeden hier buiten beschouwing laten en het gebied der metereologie thans verlaten om dat der hydrologie te betreden.

II. De bosschen en de kringloop van het water.

a. Oorzaken van onthouding en onttrekking aan den bodem.

Op drieërlei wijze kan de neerslag, die den bodem bereikt, worden verminderd, n.l.:

- doordat het bladerdak een gedeelte van den regen en de sneeuw tegenhoudt,
- door directe verdamping,
- door uitwaseming en waterverbruik van de planten.

Een gedeelte van den regen, die door het loof der boomen aanvankelijk wordt tegengehouden, vloeit iets later langs de takken van den stam naar den grond. Om de juiste cijfers te verkrijgen van de hoeveelheden, die den bodem niet bereiken, heeft men die langs de stammen afvloeiende hoeveelheden eveneens moeten meten.

Volgens DR. ERNST EBERMAYER (*Einfluss der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser und auf die Ergiebigkeit der Quellen*) wordt door beukenbosch van middelbaren leeftijd gemiddeld 20 % van den regen tegengehouden en door naaldhoutbosch 30 tot 45 %, gemiddeld tweemaal zooveel als bij loofhoutbosschen. Uiteraard zijn duur

en intensiteit van den regen mede van grooten invloed op de percentages.

Tegenover het grootere percentage van den regen, dat door naaldhoutbosch wordt opgevangen staat een veel geringer waterverbruik door uitwaseming bij naaldhoutsoorten dan bij loofhout, doch op dit punt komen we straks terug.

EBERMAYER besluit uit de mededeelingen, die met het voorgaande slechts in het kort zijn weergegeven, dat naaldhoutbosschen alleen daar aangewezen zijn, waar de regenval overvloedig is, derhalve voornamelijk in het gebergte.

Uit waarnemingen van WOLLNY betreffende de hoeveelheden van den neerslag, die door verschillende landbouwgewassen worden tegengehouden is gebleken, dat het verlies in het stadium van volle ontwikkeling bij haver, boonen en lupinen van 25 tot 30 % kan bedragen, doch over het geheele jaar gerekend in bosschen gemiddeld grooter is dan op bouwland.

Forest Influences geeft tal van cijfers aangaande deze verliezen in bosschen, zoomede grafische voorstellingen van de waarnemingen over het geheele jaar. Daarvan zal ik hier echter alleen de einduitkomsten noemen van een serie in Duitschland verrichte waarnemingen van 16 stations over een tijdsverloop van omstreeks 150 jaren.

In den zomer bedroeg het verlies gemiddeld voor alle soorten van bosch 30 % van den regenval en gemiddeld voor het geheele jaar 25 %. Alhoewel deze eindcijfers met de tevoren genoemde van EBERMAYER opmerkelijk overeenstemmen, blijkt uit de gedetailleerde opgaven o.m. dat de verhoudingen tusschen de verliezen in loofhoutbosschen en die in naaldhoutbosschen andere zijn dan die EBERMAYER opgeeft en zij derhalve van verschillende herkomst zijn.

Een serie van 12 jaren waarnemingen van 3 stations in ZWITSERLAND geeft een gemiddeld verlies van slechts 16 %; waarnemingen te BELLEFONTAINE nabij NANCY leverden over 11 jaren een zelfde gemiddelde van 16 % op.

Aangaande de *direkte verdamping* in en buiten bosschen wederom een groot aantal gegevens, waarvan ik U inzonderheid de grafische voorstellingen, in *Forest Influences* voorkomende, noode onthoud. Zij zouden meer tot U spreken dan de cijfers vermogen te doen. U zoudt er al aanstonds uit ontwaren:

1e. dat in den zomertijd de verdamping het grootst is,
2e. hoeveel grooter de verdamping in het open veld is dan in bosschen,

3e. dat de verdamping in loofhoutbosschen gedurende den zomertijd beduidend minder is dan in naaldhoutbosschen doch gemiddeld over het geheele jaar nagenoeg even groot is.

De gegevens zijn ontleend aan waarnemingen van het Boschwezen in DUITSCHLAND van de jaren 1879—1888. De einduitkomst

is, dat de jaarlijksche verdamping in loofhoutbosschen 41 % bedraagt van de verdamping in het open braak veld, 45 % in naaldhoutbosschen en 44 % gemiddeld voor alle bosschen. Op bouwland is de verdamping veel aanzienlijker en bedraagt ruim 90 % van die van braak land. Bij deze waarnemingen is zoowel in 't bosch als in 't open veld alleen gemeten hetgeen van een vrij wateroppervlak verdampft. DR. EBERMAYER evenwel heeft niet alleen de hoeveelheden gemeten, welke van een vrij en waterspiegel verdampften, doch ook van onbedekte bodemsoorten, zoomede met bladeren afval bedekte boschgrond. De verkregen uitkomsten zijn uiteraard leerrijk, doch de beperkte tijd noopt mij de mededeelingen hier uitkomsten achterwege te laten en alleen te vermelden, dat de cijfers van het Duitse Boschwezen nagenoeg met die van DR. EBERMAYER overeenstemmen voor zoover deze betrekking hebben op proeven met verdamping van vrije waterspiegels en dat de verdamppte hoeveelheden van een wateroppervlak nagenoeg gelijk zijn aan die van den onbedekten bodem.

In de mededeelingen aangaande de onderzoekingen omtrent verdampingscijfers in en buiten bosschen, waarvan ik U zoo juist de uitkomsten heb genoemd, staat niet vermeld onder welke atmosferische omstandigheden de proeven werden genomen. Op de verdamping toch zullen 3 factoren voornamelijk van invloed zijn, n.l. de vochtigheidsgraad van de lucht, de wind en de mate waarin het verdampingsoppervlak aan het zonlicht blootgesteld of daaraan onttrokken is geweest.

De schaduw in het bosch zal niet alleen den direkten invloed van de zonnestralen op het verdampingsoppervlak beperken, maar is tevens bevorderlijk aan den vochtigheidsgraad van de lucht. Voorts is de wind mede van grooten invloed. Waarnemingen van het SEINWEZEN en den dienst der GEOLOGISCHE OPNAME in de VEREENIGDE STATEN hebben een aanzienlijke hoeveelheid gegevens aangaande verdampingshoeveelheden opgeleverd, waarvan hier slechts eenige zullen worden genoemd, welke een idee kunnen geven van den invloed van den wind op de verdamping. Zij zijn afkomstig van onderzoekingen van het jaar 1887 van het SEINWEZEN.

Bij een temperatuur van 84° F. en een vochtigheidsgraad van 50 % bleek de verdamping bij een windsnelheid van:

5	mijl per uur	2,2	maal	zoo groot als bij windstijle,
10	„	3,8	„	„
15	„	4,9	„	„
20	„	5,7	„	„
25	„	6,1	„	„
30	„	6,3	„	„

Als men nu bedenkt, dat de gemiddelde snelheid van de win-

den, die gestadig over de z.g. droge en half droge vlakten der Westelijke Staten van NOORD-AMERIKA waaien, tusschen de 10 en 15 mijl schommelt, dan is de oorzaak van de daar heerschende droogte duidelijk en evenzeer de beteekenis van boschgordels als *windbrekers*.

Welke hoeveelheden vocht bij droge harde winden verdampen kunnen, daarvan geven eenige, in ZWITSERLAND verkregen uitkomsten betreffende den invloed van de *Foehn* een denkbeeld. Als gevolg van dien bekenden, in ZWITSERLAND gevreesden wind steeg o.a. de temperatuur van 28 tot 31° F., terwijl de vochtigheidsgraad van de lucht 58 % daalde.

Tijdens een *Foehn* van een duur van twaalf uren verdween een sneeuwlaag van $\frac{3}{4}$ M. dikte geheel door verdamping.

Te DENVER, COLORADO, rees de temperatuur tijdens een *Chinook*, dat is de *Amerikaansche Foehn*, gedurende 24 uur 57° F. (waarvan 36° in 5 minuten) terwijl de vochtigheidsgraad van de lucht van 100 tot 21 % daalde.

Aangaande de belangrijke rol, die de bosschen als windbrekers kunnen vervullen, kan men in het rapport van het 5de NATIONAL CONSERVATION CONGRESS nog een en ander vermeld vinden omtrent onderzoekingen van het AGRONOMISCHE INSTITUUT te Moskou. Deze toonden o.a. aan, dat terwijl de duur voor het smelten van de sneeuw in de bosschen schommelde tusschen 26 dagen (in 1904) en 57 dagen (in 1902), verdween de sneeuw in het open veld in 6 à 7 dagen. In het jaar 1908 begon de sneeuw den 12 April te smelten en was in het bosch eerst 34 dagen later (15 Mei) geheel verdwenen, daarentegen op de open plaatsen, om het Instituut gelegen, reeds op 22 April, d.i. slechts 11 dagen later en in de geheel open vlakte reeds op 18 April, of wel 7 dagen na het begin van de smelting.

Niet minder belangwekkend, in het bijzonder om de verhouding van den invloed van de zonnestrallen tot dien van den wind te leeren kennen, zijn gegevens ontleend aan R. A. PIPER „*Trees of Amerika*.” Ziehier een der meegedeelde feiten: een laag sneeuw ter dikte van 1 voet, beschermd tegen den wind en slechts gedeeltelijk aan het zonlicht blootgesteld, was na 2 weken dooi nog niet geheel gesmolten, terwijl een laag van 6 voet dikte, nog meer tegen het zonlicht beschermd dan de evengenoemde sneeuwmassa maar ten volle aan den wind blootgesteld, in minder dan een week tijds geheel verdwenen was.

Te voren hebben wij gezien, dat bosschen afgescheiden van hunne functie als windbrekers een middel zijn om de direkte verdamping van den neerslag ongeveer tot de helft te beperken, maar daartegenover staat weer, dat de boomen water aan den bodem onttrekken, waarvan een gedeelte in de plant wordt opgenomen en vastgehouden en een ander gedeelte door de bladeren weder aan de atmosfeer wordt afgestaan door uit-

waseming. Wat leeren ons nu de proeven aangaande deze aan den bodem onttrokken hoeveelheden vocht?

Het straks te geven staatje, ontleend aan een reeks door DR. EBERMAYER in de jaren 1884—1886 genomen proeven zal daarop een antwoord geven.

De onderzoekingen strekken zich over alle jaren tot de vier jaargetijden uit, doch hier moge worden volstaan met van de door hem medegedeelde uitkomsten slechts de gemiddelden te vermelden over het geheele jaar en voor de diepte van af 5 tot 80 c.M. beneden het aardoppervlak, zoomede voor de eerste laag van 5 c.M. dikte afzonderlijk, wjl de vochtigheids-toestand van deze karakteristiek met dien van de diepere lagen verschilt.

Wij vinden nu de volgende cijfers voor het gehalte aan water als gewichtspercentages van den grond.

DIEPTE VAN DE LAAG IN C.M.	SPARRENBOSCH			OPEN ONBEOUWD TERREIN
	25 JAAR OUD	30 JAAR OUD	120 JAAR OUD.	
0—5	28,97	29,48	40,25	22,33
5—80	18,67	17,32	19,75	20,23

We zien er uit, dat het watergehalte in de bovenlaag van 5 c.M. dikte in het bosch aanzienlijk grooter is dan in het open veld en wel het grootst in het bosch van 120 jaar, als gevolg van de dichtheid van het oude strooiseldek, waarvan te voren sprake is geweest. In de diepere lagen daarentegen is de vochtigheid van den bodem in het bosch geringer dan in het open veld, hetgeen een gevolg is van het waterverbruik voor den groei der boomen.

DR. EBERMAYER herinnert, met verwijzing naar een tevoren verschenen tijdschriftartikel in zijn eerder reeds genoemd werk er aan, dat men in 1889 reeds op grond van onderzoekingen aangaande het waterverbruik van verschillende landbouwgewassen en boomsoorten tot de conclusie was gekomen, dat bosschen minder bevordelijk zouden zijn aan het indringen van water in den bodem en het ontstaan van bronnen dan de onbedekte grond.

Daarentegen was uit onderzoekingen van RISLER in de jaren 1870—1871, zoomede uit proeven van EBERMAYER zelf tevoren gebleken, dat jonge boomen (sparren en beuken) minder water uit den bodem verbruikten dan gras, klaver en voedingsgewassen op grond waarvan men toenmaals wel moest besluiten dat bosschen bevordelijk zouden zijn aan de voeding van het ondergrondsche water.

Nadere onderzoekingen leerden echter, dat het waterverbruik van jonge boomen soms grooter was dan bij de voornoemde

voedingsgewassen en dan weer eens kleiner, zoodat jong hout voor een vergelijking niet dienen kon. Bij den verderen groei van den boom en de ontwikkeling van zijn wortel- en takkenstelsel neemt het waterverbruik echter in progressieve mate toe en thans staat vast, dat bosschen meer water aan den bodem onttrekken dan voedingsgewassen, gras e.d.

Dit is, voegt EBERMAYER er aan toe, ook gemakkelijk te verklaren, daar boomen zelf veel water bevatten en een zekere uitgestrektheid met boomen beplant, jaarlijks meer organische stoffen voortbrengt dan een gelijke, met andere gewassen beplante oppervlakte. En tevens gaat die grootere productie ook met een sterkere uitwaseming gepaard, waarvoor wederom meer water aan den bodem wordt onttrokken. Volgens proeven van HOEHNEL verdampen bladeren van loofboomen dagelijks 2 tot 4 maal zooveel als hun eigen gewicht in luchtdrogen toestand bedraagt. Zelfs het groen van naaldhoutsoorten verdampt per dag nagenoeg de helft van zijn gewicht.

De verhouding tusschen de voor de voortbrenging van een zekere hoeveelheid plantaardige stof verdampte hoeveelheid water en het droog gewicht (niet te verwarren met het te voren genoemde gewicht in luchtdrogen toestand) dier hoeveelheid organische stof wordt het betrekkelijk verdampingsgetal genoemd.

Heeft b.v. een plant 100 gram droog gewicht aan stengels, bladeren en wortels voortgebracht en is gedurende de geheele groei-periode van die plant 30 L. water verdampt dan is het betrekkelijk verdampingsgetal 300. Volgens PROFESSOR HELL-RIEGEL schommelen die verdampingsgetallen bij de meest belangrijke kultures tusschen 273 en 376.

Uit de opbrengst in droog gewicht kan nu met behulp dier betrekkelijke verdampingsgetallen bij benadering worden berekend hoeveel water voor een zekere productie aan den bodem alleen voor de verdamping is onttrokken. Zoo brengt een klaverveld per H.A. jaarlijks gemiddeld 4500 K.G. aan droog gewicht op. Bij een voor klaver gevonden gemiddeld verdampingsgetal van 310 is dan voor den groei van dat product 1.395.000 K.G. water aan den bodem onttrokken, hetgeen overeenkomt met een waterschijf van bijna 140 m.M.

Waar nu een goed ontwikkeld beukenbosch gemiddeld per H.A. jaarlijks 7057 K.G. aan droog gewicht produceert, zal dat bosch bij een gelijk verdampingsgetal als dat van de klaver, jaarlijks ongeveer 2.180.000 K.G. bodemvocht verbruiken of 218 m.M.

Aangezien slechts een deel van den neerslag aan de planten ten goede komt, volgt uit de vorengenoemde cijfers, zegt EBERMAYER, dat de levensvoorwaarden voor loofhoutbosschen gevaar loopen in streken, waar de gemiddelde jaarlijksche regenval minder dan 400 m.M. bedraagt.

Ziedaar nu het geval van CALIFORNIE, waar, de hogere bergstreken niet mede gerekend, de jaarlijksche regenval over het algemeen minder is dan 250 m.M., tegen het tienvoudige voor een groot gedeelte van JAVA en ongeveer het drievoudige voor NEDERLAND. Daar zouden bosschen derhalve den neerslag geheel verbruiken en is reboisatie van hydrologisch standpunt alleen reeds veroordeeld.

Waar ongeveer de halve oppervlakte der VEREENIGDE STATEN, n.l. de westelijke helft, een z.g. droog klimaat heeft, waaronder men ginds verstaat, dat er de jaarlijksche regenval minder bedraagt dan 500 m.M., kan het geen verwondering wekken, dat de „INLAND WATERWAYS COMMISSION” tot de slotsom kwam, dat in vele gevallen de aanleg van reservoirs meer bevordelijk is aan de verbetering van het regime van rivieren voor technische doeleinden dan reboisatie.

Ook moeten de hiervoor genoemde uitkomsten ons doen instemmen met een der conclusiën van het meergenoemd FIFTH NATIONAL CONSERVATION CONGRES, n.l. dat in droge streken het bosch uitsluitend als windbreker nuttig kan zijn en de aanplant tot smalle strooken dient te worden beperkt,

Hetgeen met betrekking tot den invloed van bosschen op de oorzaken van onthouding en onttrekking van water aan den bodem is medegedeeld samenvattende, kunnen wij zeggen te hebben gezien dat bosschen :

ongunstig werken door den neerslag te verminderen,
gunstig werken door de directe verdamping tegen te gaan,
ongunstig werken als bevorderaars van de indirecte verdamping

Wij zijn nu het tweede gedeelte genaderd van het hoofdstuk, betreffende den kringloop van het water, n.l. aan

b. Factoren van behoud.

Als factoren van behoud van water voor den bodem zijn te onderscheiden:

absorptie en filtratie,
het belemmeren van snelle afstroming.

Absorptie en filtratie.

„De populaire meening, — zegt FERNOW als samensteller „van het hoofdstuk *Betrekking tusschen bosschen en voedingswateren* in FOREST INFLUENCES — als zou een mosdek of een „sponsachtige bedekking van den boschgrond veel meer door „absorptievermogen dan door het tegengaan van de verdamping „een factor zijn ten gunste van het ondergrondse water en „het ontstaan van bronnen, berust ten eenenmale op een dwaling „en is in strijd met de wetten der natuurkunde, hetgeen trouwens ook proefondervindelijk kan worden aangetoond.

„Het water dringt in een dekkende laag als gevolg van de „zwaartekracht, totdat de massa verzadigd is. Bij een voortgezette toevoer van water zal dit doorfiltreren en ook de „onderliggende humuslaag bereiken en dit proces zal voortgaan, zoolang de toevoer van water niet ophoudt en de humuslaag nog niet verzadigd is. Eindelijk wanneer deze verzadigd is, voordat de regen ophoudt, zal het water door den onderliggenden grond dringen, al naarmate de bodem doorlaatbaar is, maar het zal vaak gebeuren, dat de regen ophoudt, voordat mosdek of humuslaag verzadigd zijn en daarna begint weer de verdamping en door cappilaire werking wordt het tekort aan de oppervlakte van beneden aangevuld. Het water bereikt in die gevallen juist door de dekkende laag den bodem niet.

„Echter moet worden opgemerkt — vervolgt de schrijver — dat een bladerendek niet functioneert als een mosdek en voorts dat er ook onderscheid gemaakt moet worden tusschen een dek van versch gevallen bladeren van het voorafgegaane jaar en een compacte laag van eenige jaren oud. Terwijl de eerste gemakkelijk water doorlaat, is de laatste volgens de proeven van RIEGLER nagenoeg ondoordringbaar en het regenwater kan, practisch gesproken, den bodem slechts daar bereiken, waar die dekkende laag verbroken is. En aangezien nu zulke ondoordringbare bedekkingen in den regel worden afgewisseld door bedekte of met mos begroeide plekken, bestaat er genoegzame gelegenheid voor het water om in den bodem te dringen, terwijl dan het bladerendek in het bosch de verdamping tegengaat.

„Maar er is nog een andere gunstige werkzaamheid van den boschgrond, n.l. dat de poreuse dekkende laag den bodem beschermt tegen de mechanische invloeden van de met kracht neervallende regendruppels. De grond blijft meer poreus, neemt derhalve meer water op en er blijft minder aan de oppervlakte over ten prooi aan snelle verdamping of afstrooming.” Tot zoover het Amerikaanse verslag.

Volgens driejarige onderzoeken van WOLLNY filtreerde door een 5 c.M. dikke laag van bladeren en naalden, welke aan wind, zon en regen was blootgesteld, gemiddeld 64—70 % en door een mosdek van de zelfde dikte slechts 53 % van den neerslag. Tot aan de dikte van 20 c.M. van het strooiseldek nam de doorgefilterde hoeveelheid toe, doch bij nog grootere dikte nam zij gestadig af terwijl de teruggehouden en verdampte hoeveelheden water toenamen.

Deze verhoudingen, — zegt EBERMAYER — gelden uiteraard niet zonder meer voor boschgrond, aangezien de verdamping in het bosch, zooals hij uit waarnemingen heeft afgeleid, jaarlijks gemiddeld 64 % bedraagt van die in het open veld.

Daaruit volgt, dat het percentage, hetwelk in het bosch door het strooiseldek heendringt, ongetwijfeld grooter is en het ver-

dampste percentage geringer dan bij de te voren genoemde proeven van WOLLNY is gebleken.

Inderdaad is — aldus weer EBERMAYER — het verlies aan vocht door verdamping van het water in het strooiseldek van ondergeschikte beteekenis, doordat tegelijkertijd de verdamping van uit den bodem in die mate verhinderd wordt, dat dit effect voor de vochtigheid van den bodem van meer belang is dan het vochtverlies van het strooiseldek. Dit is het laatst nog door WOLLNY aangetoond met proeven gedurende den zomertijd in de jaren 1882, 1883 en 1888.

Dit nu wat de deklaag betreft.

Welke rol vervullen de onmiddellijk daaronder voorkomende aardlagen bij het filtratie proces?

Het vermogen van den grond om water door te laten, is geringer naarmate de *watercapaciteit* of *vochtigheidscoëfficiënt* van dien grond grooter is. Onder die benaming wordt verstaan het vermogen om door cappilaire werking een zekere hoeveelheid vocht op te nemen en vast te houden, physisch te binden zegt men ook wel.

Aangezien een aardlaag dan eerst water doorlaat, nadat zij zelf verzadigd is, zal een grondsoort te eerder water doorlaten naarmate die grond zelf spoediger verzadigd is, d.w.z. naarmate de *watercapaciteit* kleiner is.

Als nu doorlaatbaarheid en *watercapaciteit* complementair zijn, dan moeten doorlaatbare grondsoorten, zooals kwartzand, weinig waterhoudend zijn en ondoorlaatbare bodemsoorten, z.a. leem, sterk waterhoudend. Proeven hebben dit dan ook bevestigd.

Volgens PROF. SCHUEBLER te TUBINGEN, die verschillende grondsoorten in den natuurlijken toestand onderzocht, kan zandgrond 25 % van zijn eigen gewicht aan water bevatten, leemgrond 40 %, klei 30 % en zuivere klei 75 %.

Hetgeen zoo juist gezegd is aangaande het samengaan van eene groote *watercapaciteit* en geringe doorlaatbaarheid, kan men hierdoor verklaren, dat naarmate de cappilairen fijner zijn, de cappilaire werking, die de invloed van de zwaartekracht weerstreeft, ook sterker is.

Het voorgaande is juist alleen voor zoover de mineralen betreft, maar zoodra organische stoffen in den bodem voorkomen wordt het verband tusschen *watercapaciteit* en doorlaatbaarheid gewijzigd.

Organische stoffen doen de *watercapaciteit* van den grond toenemen. Het beknopt bestek dezer rede laat niet toe op dit belangwekkend verschijnsel zelf en zijn verklaring dieper in te gaan, maar het is noodig om een oogenblik bij dit punt stil te staan.

Bij humeusen grond gaat een groote *watercapaciteit* niet gepaard met ondoorlaatbaarheid, zooals bij de mineralen het

geval is, doch humus is, zoodra het verzadigd is, evenzeer water-doorlatend als zand en werkt zoodoende als 't ware als een spons. Humuslagen functioneeren dus in de eerste plaats als accumulator van water in den bodem ten behoeve van den plantengroei maar na verzadiging niettemin ook als een filter.

Hiermede is, in enkele woorden de beteekenis aangegeven van bladerenafval en dergelijke organische bestanddeelen voor het indringen van het regenwater in den bodem en de gevolgtrekking ligt voor de hand, dat doorlatende grondsoorten, zooals een zandbodem, zonder plantengroei het meest bevordelijk zijn voor het filtratie proces terwijl op ondoorlaatbare bodemsoorten daarentegen bosschen er toe zullen medewerken om den bodem meer en meer poreus te maken en de boomen bovendien met hun wortels den grond voor het indringen van het water toegankelijk maken.

Aangezien het filtratieproces in den bodem door lage temperaturen in beduidende mate wordt bevorderd en door de warmte wordt vertraagd en in het bosch de temperatuur in den zometijd lager is dan daarbuiten, pleit ook deze factor voor het nut van bosschen.

DR. EBERMAYER resumeert zijn beschouwingen aldus:
 „dat een met doode organische bestanddeelen (mos, strooisel, „mest, bladeren, naalden) bedekte grond aan het indringen van „water in den bodem meer bevordelijk is dan braak land;
 „dat een dicht bosch van middelbaren leeftijd beduidend minder „water in den bodem laat dringen dan grasland;
 „dat naaldhoutbosschen ongunstiger werken dan loofhoutbosschen;
 „dat, alnaarmate het bosch minder dicht is en de kronen een „minder aaneengesloten dak vormen, de boomen meer vrij „staan, de hoeveelheid grondwater toeneemt enz.”

Hoeveel van den neerslag dieper in den bodem dringt, doet een serie door WOLLNY in de jaren 1887—1893 verrichte onderzoekingen in een humeusen kalkzandbodem zien.

Gemiddeld over alle waarnemingen bedroegen de doorgefilterde hoeveelheden in percentages van den neerslag jaarlijks onder:

SPAREN.		BERKEN	GRAS	BRAAK LAND
ZONDER STROOISELDEK	MET STROOISELDEK			
(DENNEN NAALDEN, LATER MOS)				
12,7	11,0	22,8	26,3	50,6

Bij den humusachtigen en bovendien zelf reeds min of meer

poreusen kalkzandsteen is de doorgezijpelde hoeveelheid water onder een braak veld dus verreweg het grootst. Het is echter jammer, dat wij niet over een dergelijke serie proeven op een leem- of mergelbodem beschikken; zij zou een geheel ander beeld vertoonen.

Doch volgen wij het in den bodem gedrongen water nu verder op zijn onderaardschen weg. Wat leeren ons de onderzoekingen naar den invloed van het bosch met betrekking tot het grondwater en het ontstaan van bronnen?

De grondwaterbeweging en het ontstaan van bronnen zijn, zooals wij allen wel begrijpen, voornamelijk afhankelijk van geologische gesteldheid en configuratie van het terrein. Doorlaatbare lagen van den aardkorst, afgewisseld door ondoorlaatbare lagen, spleten tusschen de gesteenten e.d. bepalen in verband met de hellingen waaronder zij voorkomen den weg dien het water te volgen heeft en van de ligging en de helling van het aardoppervlak ten opzichte van die ondergrondse waterwegen en filters hangt het dan af op welke wijze het water voor den dag treedt: eenvoudig als grondwaterbronnen zonder merkbare drukhoogte, dan wel als krachtige bronnen soms met aanzienlijke stijghoogte en alle variaties, die daar tusschen liggen.

Men zal aanstonds inzien, dat naarmate de dynamische oorzaken van ondergrondse waterbeweging sterker zijn, dat is in bergachtig terrein met zijn groote hoogteverschillen en groote helling der gesteentelagen, de invloed van den plantengroei en het bosch geringer moet zijn. Het regenwater zal, nadat het den humeusen boschgrond met zijn groote vochtcapaciteit heeft verzadigd over het algemeen snel door spleten of doorlaatbare lagen in de diepte verdwijnen en dra buiten het bereik van de boomwortels zijn. Waarnemingen in het gebergte zullen daardoor moeilijk te verrichten zijn en wellicht is hierdoor verklaard, dat de litteratuur over dit onderwerp alleen gegevens van onderzoekingen op vlak terrein vermeldt.

Zoo vindt men in het geschrift van EBERMAYER ook alleen gewag gemaakt van onderzoekingen in verschillende steppen-gebieden en laaglandbosschen van RUSLAND verricht. Daarbij is o.m. gebleken dat, terwijl men in een bosch geen grondwater vermocht aan te boren, op 250 M. afstand van dat bosch onder volkomen gelijke geologische omstandigheden een tamelijke overvloedige bron werd aangetroffen. Op 40 K.M. afstand van evenbedoelde plaats bevindt zich een bosch, waarin geen water kon worden aangeboord terwijl dat bosch omringd was door bronnen.

Een groot aantal onderzoekingen leverde uitkomsten van den zelfden aard op. Overal werd in het bosch een lagere waterstand aangetroffen dan onder met gras bedekte steppen en hier bleek de grondwaterstand wederom lager dan onder geheel onbedekt terrein. Bijvoorbeeld vond men op 130 M. afstand een niveau-

verschil van 10,96 M. elders zelfs op 10 M. afstand een daling van 10 M.

De depressie van den grondwaterstand in het bosch bleek met de dichtheid van het bosch toe te nemen.

Verder bleek de invloed van het bosch op den grondwaterstand in het koudere en vochtiger klimaat van NOORD-RUSLAND over het algemeen kleiner te zijn dan in de steppen van ZUID-RUSLAND, uiteraard doordat de boomen in een vochtige atmosfeer minder vocht aan den bodem onttrekken, terwijl daarbij ook de regenval grooter is.

Het zijn deze factoren: grootere regenval in het gebergte, grootere vochtigheid van de lucht en de lagere temperaturen, waaraan EBERMAYER meent te moeten toeschrijven dat de invloed van het bosch op de grondwaterbeweging in het gebergte geringer moet zijn.

Een zeer suggestieve redeneering is die welke FERNOW in *Forest Influences* volgt. Hij zegt: de hoeveelheden regenwater die langs de oppervlakte tot afstroming komen en die uit de bronnen te voorschijn komen zijn complementair, dus daar waar de afstroming langs de oppervlakte overheerschend is, zijn de bronnen schaarsch en omgekeerd. Waar nu bosschen de afstroming langs de oppervlakte belemmeren, daar moet de voeding van rivieren door het ondergrondsche water toenemen.

Wij hebben echter gezien hoeveel de boomen zelf aan vocht verbruiken en in welke ongunstige verhouding het waterverbruik door het bosch zelf tot den regenval kan staan. Zoo eenvoudig als FERNOW de kwestie beziet, is zij niet.

Maar wat leert de ervaring op practische schaal, d.w.z. wat weet men aangaande den invloed van bosschen op de kleinste debieten van rivieren? De litteratuur kan weinig behoorlijk vastgestelde feiten noemen. Behalve in het meer genoemde werk van SURREL, waarin de minimum-debieten per 100 K.M.² stroomgebied van een drietal rivieren in verband met den toestand van bewouding onderling zijn vergeleken — aan welke vergelijking de schrijver zelf weinig waarde blijkt te hechten — treft men in de latere werken geen voorbeelden aan.

De archieven van den dienst der IRRIGATIE en van den WATER-AEVOER in NEDERLANDSCH-INDIE bevatten, voorzoover mij bekend, geen met zekerheid geconstateerde, ter kennis van het DEPARTEMENT gebrachte feiten aangaande veranderingen in de kleinste afvoeren van rivieren als gevolg van wijzigingen in den toestand der bosschen van het betreffende stroomgebied.

Een sterke aanwijzing zou men nochtans kunnen zien in een, door den voormaligen Chef der IRRIGATIE-AFDEELING PEMALI-TJOMAL, den Ingenieur der 1ste klasse J. G. NUMANS gedane mededeeling aangaande de KABOEJOETAN, een riviertje in de afdeeling TEGAL der residentie PEKALONGAN, waaruit

een gebied van 5588 bouws of 3960 H.A. bevoeid wordt.

In den drogen moesson voert dit riviertje uiterst geringe hoeveelheden water af, zoodat in het tekort aan bevoeiingswater in het betrokken gebied door suppletie van uit een aangrenzend bevoeiingswerk moest worden voorzien.

Tot omstreeks het jaar 1910 bedroeg het minimumdebiet der KABOEJOETAN 250 L. per secunde doch vermeerderde daarna in die mate, dat zelfs het buitengewoon droge jaar 1914 den afvoer niet beneden 350 L. per secunde zag dalen.

Ingenieur NUMANS heeft zich de moeite gegeven om na te gaan, welke de oorzaak van die vermeerdering kon zijn, doch hij vermocht geen andere aan te wijzen dan een, ongeveer een vijftal jaren te voren aangevangen reboisatie in het stroomgebied van het riviertje.

Een vermeerdering van 100 op de 250 L. of 40 % is van beteekenis, doch men zal de waarnemingen nog over een reeks van jaren moeten voortzetten om geheel vertrouwbare gevolgtrekkingen te kunnen maken.

Een ander vermeldingswaardig feit betreft de PEMALI, een in de afdeeling TEGAL stroomende rivier van beteekenis, waaruit een gebied van 44370 bouws of 31500 H.A. van bevoeiingswater wordt voorzien.

De achteruitgang in de afvoeren van deze rivier gedurende den oostmoesson leidde tot de opdracht der Regeering aan een, bij het Gouvernementsbesluit van 10 September 1901 benoemde COMMISSIE om een onderzoek naar de oorzaken van die vermindering in te stellen.

Van het belangrijke verslag der PEMALI-COMMISSIE, hetwelk bij hare eindvergadering op 2 Mei 1903 werd vastgesteld, zal hier slechts worden medegedeeld, dat onder de door de commissie aangewezen oorzaken werd genoemd de vermindering van het boschareaal in het bovenstroomgebied, zoowel ten gevolge der wettige als der clandestine ontginningen der bevolking.

Eindelijk hebben wij nog nategaan wat het bosch beteekent voor de *afstroming*.

Dat plantengroei in het algemeen en bosch in het bijzonder de afstroming belemmert en dat het hierdoor, zoomede door middel van het strooiseldek en de wortels afspoeling van grond en beekvorming tegengaat, daarover is een ieder het tegenwoordig wel eens en wij zullen daarom bij dit punt niet langer stilstaan, alleen aanstippen, dat de beteekenis van het bosch in dit opzicht dus toeneemt met de hellingen van het terrein en de grootte van den jaarlijksehe regenval. Minder zeker echter is men er van of de invloed van de wouden op de vermindering van de grootste afvoeren wel practisch merkbaar is.

Het ontstaan van de groote rivierwassen hangt met zoovele oorzaken samen, dat de benadering van de waarschijnlijkke

waarde van den maximumafvoer eener rivier tot het meest ingewikkelde vraagstuk der hydrologie kan worden gerekend.

De verdeeling van de regenval en de intensiteit van de buien is een vraagstuk op zich zelf, dat nu opnieuw de pennen van wetenschappelijke onderzoekers in beweging heeft gebracht, nadat voorgangers op dit gebied reeds een zekere vermaardheid hebben verworven.

Verder zijn horizontale vorm van het stroomgebied, de verticale gesteldheid (configuratie) de geologische gesteldheid en de ligging ten opzichte van de heerschende winden, die de regenval veroorzaken, alle factoren die nevens de begroeiing het verschijnsel beheerschen, hetwelk wij hier korthedshalve zullen aanduiden met de JAVAANSCHÉ benaming *bandjir*, welke ook hier te lande al welhaast burgerrecht verkregen heeft.

Is het te verwonderen, dat tegenover een zoo samengesteld verschijnsel als een *bandjir* de onderzoeker niet licht geneigd is om merkwaardige, doch op zich zelf staande afwijkingen in het regime eener zelfde rivier met beslistheid aan één der bovengenoemde factoren als hoofdoorzaak toe te schrijven?

In het werk van SURREL worden wel verschillende gevallen van rivieren in FRANKRIJK onderling met elkander vergeleken, doch hoe weinig zulke vergelijkingen voor onaantastbare gevolgtrekkingen kunnen dienen blijkt wel hieruit, dat overtuigde voor- en tegenstanders van het nut van bosschen voor het regime van rivieren uit de zelfde vergelijkingsobjecten geheel tegenovergestelde gevlogtrekkingen hebben afgeleid, terwijl BELGRAND zelf, die in het werk van SURREL vaak wordt aangehaald als een van die mannen, die in FRANKRIJK op het gebied der hydrologie het meest hebben gedaan, uit de door hem vergeleken gevallen besluit, dat de bosschen niet in staat zijn het regime der waterlopen te regulariseeren. Hij kwam hiertoe op grond van het feit, dat terwijl het stroomgebied van de eene rivier beschermd is door bosschen en de andere die mist, toch een groote overeenkomst werd geconstateerd tusschen de wetten, die bij beide de afwisseling in de debieten kenmerken.

Zulke tegenstrijdigheden leidden SURREL tot een conclusie, die volgens hem niet genoeg herhaald kan worden: *dat twee verschillende stroomgebieden niet onderling vergeleken kunnen worden, maar alleen opvolgende toestanden in een zelfde stroomgebied.*

In *Forest Influences* vindt men tal van mededeelingen en getuigenissen aangaande veranderingen in het regime van waterlopen, waaraan zeer zeker waarde kan worden gehecht, omdat in vele dier gevallen het bestaan van industrieele bedrijven met die veranderingen gemeoid waren. Geheel vertrouwbare *hydrografische statistieken* echter ontbreken allerwegen.

Niettemin kunnen ook de analen van den INDISCHEN WATERSTAAT eenige gevallen aanwijzen van wijzigingen in het karakter

van rivieren, welke met stelligheid aan ontwoodingen in het bovenstroomgebied dier rivieren, konden worden toegeschreven en het DEPARTEMENT der BURGELIJKE OPENBARE WERKEN heeft daarin aanleiding gevonden om bij den DIRECTEUR van LANDBOUW NIJVERHEID en HANDEL met klem op reboisatie aantedingen.

Ter gelegenheid van het , van 25—27 October 1916 te DJOKJA gehouden *Algemeen Nederlandsch-Indisch Bodem Congres* heeft de Ingenieur der 1ste klasse van den Waterstaat CH. G. CRAMER eenige dier gevallen genoemd, waaronder dat van de KALI SAMPEAN, een der voornaamste rivieren in de residentie BESOEKI, wel het meest belangrijke is.

In de bandjirkronieken van deze rivier ligt de beteekenis niet zoo zeer in het feit, waarop de Ingenieur CRAMER mede wijst, dat in den westmoesson van 1915—1916 een bandjir voorkwam die ongeveer vijfmaal zoo groot was als de berekende z.g. meest waarschijnlijk, maximum afvoer, dan wel in de omstandigheid, dat die maximum afvoer in de laatste jaren nagenoeg elk jaar voorkwam, terwijl dat eertijds ongeveer eenmaal in de tien jaar geschiedde. Hierover toch zijn alle auteurs het vrijwel eens, dat de toestand van begroeiing op afvoeren van een *buitengewoon karakter* geen invloed hebben, maar de *toenemende frequentie* van bijzonder groote afvoeren wijst op een oorzaak van blijvenden aard, waarvoor in het beschouwde geval met zekerheid de devastatie in het bovenstroomgebied der rivier kon worden aangewezen.

Over het geheel genomen bevat de oudere litteratuur, waartoe het werk van SURREL kan worden gerekend, meer tegenstrijdigheden in de meeningen aangaande den invloed van boschen op den regenval en het regime van rivieren dan de nieuwere werken. Naarmate meer gegevens ter beschikking kwamen, is het antagonisme verdwenen, dat zoowel door overdrijving van de zijde der voorstanders als door reactionaire neigingen der tegenstanders verscherpt is geworden.

Behalve de uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek hebben ook aanschouwing en praktische ervaring er toe bijgedragen om de meningsverschillen te vereffenen.

In het lijvige verslag van de DIRECTOIN GENERALE DES EAUX ET FORETS „*Restauration et Conservation der Terrains en Montagne*” hetwelk in 1911 in Frankrijk is verschenen, vindt men in een beknopt historisch overzicht o.a. vermeld, hoeveel tegenkanting de tenuitvoerlegging van de wet van 27 Juli 1860 ten behoeve der reboisatie bij de bevolking ondervond.

Die wet was een gevolg van rampspoedige overstromingen en verwoestingen in het jaar 1858, nadat FRANKRIJK te voren in 1840 reeds door een zelfde catastrofe geteisterd was geworden, doch een ingediend wetsontwerp van gelijke strekking ten gevolge van talrijke protesten van belanghebbenden bij de veeteelt was gedeponeed.

Ook nu grondde het verzet zich op het vermeende gevaar dat de bosschen de weidegronden geheel zouden verdringen. De reactie kwam zelfs tot een gewapend verzet.

Teneinde aan de gerezen bezwaren tegemoet te komen en de vervanging van weidegronden door bosch geleidelijk en stelselmatig te doen plaats vinden, zag de wet van 8 Juni 1864 het licht, doch ook deze kon de rechtstreeks belanghebbenden niet bevredigen totdat eindelijk de wet van 4 April 1882 deze materie definitief regelde.

Sedert is met het werk der reboisatie van de bovenstroomgebieden in de ALPEN, de PYRENEËN de CVENNEES en de overige Departementen geregeld voortgegaan. Van 1860 tot 1909 zijn door den Staat en door gemeenten zoomede particulieren met subsidies van den Staat en de Departementen in totaal 255.200 H.A. gereboiseerd, waarvoor de kosten 102.935.000 francs hebben bedragen met inbegrip van ruim 30.000.000 francs aan onteigening zoomede de uitgaven voor beteugeling van bergbeken.

De meening der bevolking van de betrokken streken is intusschen geheel veranderd en de aanvankelijke vijandigheid heeft plaats gemaakt voor vertrouwen. Tal van gemeenten, die zich weleer hadden verzet, zijn nu zoozeer overtuigd van het nut der reboisatie, dat zij zelf het verzoek doen om de herwouding in hun gebied ter hand te nemen.

Een betere proef op de som kan men niet verlangen en hier mede wensch ik te besluiten.

Het voorgaande zou in een conclusie, voornamelijk met betrekking tot het nut voor rivieren en watervoorziening, zoo beknopt mogelijk aldus kunnen worden samengevat:

Alnaarmate de regenval overvloediger is, zijn bosschen in het gebergte noodig om afspoeling van vaste stoffen en beekvorming tegen te gaan of te voorkomen, zij hebben bovendien op het regime van rivieren over het algemeen eer een gunstigen dan een nadeeligen invloed door reguleerend te werken op de afwisseling in de debieten. In regenarme klimaten hebben bosschen op den watertoevoer een schadelijken invloed en het doel, het reguleeren van het regime van rivieren, kan dan beter worden bereikt door den aanleg van reservoirs.

Edelgrootachtbare Heeren Curatoren der Landbouwhoogeschool.

Uwe voordracht, welke geleid heeft tot het Koninklijk Besluit van 24 April, waarbij ik werd aangewezen om een leerstoel in de Cultuurtechniek intenenen, steunde op een goed vertrouwen in mijne geschiktheid, dat bij mij het bewustzijn van verantwoordelijkheid tegenover mijn nieuwe taak nog heeft verscherpt door het besef, dat ik stilzwijgend tegenover U de verplichting

heb aanvaard om er naar te streven mij dit vertrouwen ten volle waardig te maken.

Mijne Heeren Professoren aan deze Hoogeschool.

Zowel Uwe medewerking om mij voor het ambt te doen voordragen, hetwelk ik heden aanvaard, als de cordiale ontvangst die mij in Uw midden is te beurt gevallen, in het bijzonder van Uwe zijde hooggeachtte PROFESSOR ABERSON, hebben mij vervuld met het bemoedigende vertrouwen, dat het in Uw midden niet zal ontbreken aan harmonische samenwerking tot den bloei dezer hoogeschool.

Hooggeschatte Haringhuizen.

Hoe weinig kon ik vermoeden, toen ik U nu juist 4 jaar geleden aan het Departement der Burgerlijke Openbare Werken als hoofd der technische afdeling IRRIGATIE, WATERAFVOER en WATERKEERING opvolgde, dat ik aan deze hoogeschool wederom Uw plaats zou innemen.

Dat Ge mij daarvoor hebt willen aanbevelen, vervult mij met erkentelijkheid voor Uw vertrouwen in mijne capaciteiten, een vertrouwen dat mij geholpen heeft eenigermate den twijfel te overwinnen of ik wel een opvolger zou zijn U waardig, die zowel door wetenschappelijke zin en grondigheid als door Uw scheppingsvermogen en organiseerende gaven eenmaal een eereplaats in het corps Ingenieurs van den Indischen Waterstaat hebt ingenomen.

Alhoewel de richting van het onderwijs in de Tropische Cultuurtechniek aan deze hoogeschool en die van de Indische Waterbouwkunde aan de Technische Hoogeschool eenigszins uiteenloopen, zal ik het op prijs stellen om met U duurzame betrekkingen van wetenschappelijken aard tusschen onze afdelingen te mogen aanknoopen.

Dames en Heeren Studenten.

Zal men zich in het algemeen bij de aanvaarding van een zetel aan een hoogeschool van te voren een voorstelling vormen van de wijze, waarop het onderwijs het meest aan het gestelde doel zal beantwoorden, voor den waterbouwkundigen ingenieur, die als een vreemde eend in de bijt der Landbouwhoogeschool is te beschouwen, bestaat er in het bijzonder aanleiding om zich rekenschap te geven van het karakteristieke verschil tusschen het onderwijs in de Cultuurtechniek en dat in de overeenkomstige hoofdstukken van de Waterbouwkunde aan een Technische Hoogeschool.

Dat verschil in studierichting valt aanstonds in 't oog indien

men den blik slechts naar het doel in bijde gevallen richt: aan de Technische Hoogeschool de vorming van den *ontwerper* en *uitvoerder*, aan de Landbouwhoogeschool van den *gebruiker* van werken der Cultuurtechniek.

In overeenstemming hiermede zal bij de vorming van de eersten de *constructieleer* een voorname plaats moeten innemen, terwijl voor den a.s. landbouwtechnicus het verkrijgen van een *algemeen inzicht* in de hulpmiddelen en de doeleinden der cultuurtechniek hoofdzaak zal dienen te zijn.

Uiteraard is die scheiding echter niet altijd zoo streng door te voeren als het voorgaande wellicht zou doen veronderstellen, niet alleen omdat de landbouwtechnicus in verschillende bedrijven geroepen zal zijn om als bouwheer op te treden, maar ook omdat in vele gevallen een juist inzicht in het doel der werken slechts verkregen kan worden met behulp van een grondige kennis van hunne samenstelling en de theoretische beginselen, welke daaraan ten grondslag liggen.

De moeilijkheid ligt dus in het trekken van de juiste grens. Een schadelijk te veel vermijden en toch volledigheid betrachten, ziedaar hetgeen door mij zal worden nagestreefd, naar ik hoop niet alleen tot bevrediging van mij zelf maar ook van hen die mijne colleges zullen volgen.

Dames en Heeren ik dank U voor Uwe belangstelling.