

159

VERSLAG

DER

STAATSCOMMISSIE

BENOEMD BIJ

KONINKLIJK BESLUIT VAN 5 MEI 1893 N°. 16

TOT

HET INSTELLEN VAN EEN ONDERZOEK

OMTRENT

BEVLOEIJINGEN.



'S-GRAVENHAGE.
GEBROEDERS VAN CLEEF,
1897.

152 252 377.

STAATSCOMMISSIE
VOOR DE
BEVLOEIINGEN.

N^o. 92.

VERSLAG.

49 BIJLAGEN.

Rotterdam, 2 December 1896.

Het behaagde Hare Majesteit de Koningin-Weduwe; Regentes van het Koninkrijk, bij besluit van 5 Mei 1893, n^o. 16:

1^o. in te stellen eene Staatscommissie met opdracht om te onderzoeken: welke gronden hier te lande voor bevoeiing in aanmerking zouden kunnen komen; door welke middelen zoodanige bevoeiing zou zijn tot stand te brengen; of en zoo ja op welke wijze die van Staatswege zou behooren te worden bevorderd;

2^o. te bepalen dat door die Commissie naar gelang van hare bevinding aan de Regeering rapporten zullen worden uitgebracht en voorstellen zullen worden gedaan.

Bij hetzelfde besluit benoemde Hare Majesteit:

a. tot lid en voorzitter van genoemde Staatscommissie, den heer G. J. VAN HEEK, toenmaals lid der Provinciale Staten van Overijssel, thans lid van de Eerste Kamer der Staten-Generaal, te Enschede;

b. tot lid en secretaris den heer J. C. RAMAER, ingenieur van den Rijks waterstaat, toen te 's Gravenhage, thans te Rotterdam;

c. tot leden de heeren:

Mr. MENNO O. GRATAMA, lid der Provinciale Staten van Drenthe, secretaris der Drentsche landbouwmaatschappij, te Hoogeveen;

J. DE KONING, civiel-ingenieur, te Nijmegen;

H. J. LOVINK, directeur der Nederlandsche Heidemaatschappij, te Wageningen;

Dr. ADOLF MAYER, hoogleeraar aan de Rijks Landbouwschool, te Wageningen; en

H. W. J. MOL, lid der Provinciale Staten, thans tevens lid der Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant, te Gilze.

Ter gedeeltelijke voldoening aan de vereerende opdracht werd door ondergeteekenden

Aan

Zijne Excellentie den Minister van Waterstaat,
Handel en Nijverheid,

bij brief van 13 Maart jl. n^o. 78 een wetsontwerp op de bevoeiingen aan Uwe Excellentie ingediend.

Verder werd door ons bij brief van 30 Mei jl. n^o. 87 een voorstel gedaan tot het op de Staatsbegrooting voor 1897 brengen eener som ten behoeve van de bevordering van bevoeiing.

Thans hebben wij de eer, ter verdere voldoening aan die opdracht, hierbij een Verslag van de uitkomsten van ons onderzoek aan Uwe Excellentie aan te bieden.

Wij zijn in ons oordeel omtrent alle punten, aangaande welke het Verslag handelt, eenstemmig.

Wij merken verder op dat de voorstellen, vervat in ons genoemd schrijven van 30 Mei jl., in Hoofdstuk XXIII van bijgaand Verslag zijn opgenomen, terwijl het wetsontwerp met begeleidend schrijven van 13 Maart jl., waarvan hierboven sprake was, als bijlagen bij dat Verslag gevoegd is.

De Staatscommissie voornoemd,

G. J. VAN HEEK, *Voorzitter.*

MENNO O. GRATAMA.

J. DE KONING.

H. J. LOVINK.

ADOLF MAYER.

H. MOL.

J. C. RAMAER, *Secretaris.*

B. Onderzoekingen omtrent het régime der kleine rivieren in Nederland (Hoofdstukken III—IX).

C. Mededeelingen omtrent in Nederland bestaande bevoeiingen (Hoofdstuk X).

D. Mededeelingen omtrent door de Commissie verrichte werkzaamheden (Hoofdstuk XI).

E. Onderzoekingen aangaande de vruchtbaarmakende werking van het voor bevoeiing beschikbare water, de doorlatendheid van den bodem en de geschiktheid van den bodem om stoffen op te nemen en van de werking van het water nut te trekken, alsmede omtrent de geologische gesteldheid der gronden in Oostelijk Nederland (Hoofdstukken XII en XIII).

F. Nadere mededeelingen omtrent door de Commissie bezichtigde bevoeiingsinrichtingen en omtrent op haar initiatief en met haar behulp tot stand gekomen bevoeiingen (Hoofdstukken XIV en XV).

G. Beschrijving van het plaatselijk onderzoek door de leden der Commissie verricht en aanwijzing omtrent de plaatsen waar met goed gevolg bevoeiingen zouden kunnen worden aangelegd (Hoofdstukken XVI—XXII).

H. Maatregelen, die door de Regeering kunnen worden genomen om het tot stand komen van bevoeiingen te bevorderen (Hoofdstuk XXIII).

HOOFDSTUK II.

Regenval en verdamping.

Zooals uit Hoofdstuk I gebleken zal zijn, heeft de Commissie zich op het standpunt geplaatst, dat slechts bevoeiingen in het niet tot het polderland behoorende deel van ons land zullen worden overwogen.

Deze ontleenen hun water hoofdzakelijk aan de kleine rivieren en beken, en de bevoeiingen uit groote rivieren worden daarbij buiten bespreking gelaten.

De hoofdfactor voor de voeding der op de aardoppervlakte stroomende wateren is de regen. Ook de verdamping oefent een gewichtigen invloed uit. Het is daarom wenschelijk, na te gaan, wat het verband is tusschen deze factoren en den afvoer dier wateren.

Wie eene bevoeiing wenschte aan te leggen, moet niet alleen rekening houden met de gemiddelde hoeveelheid waarover hij kan beschikken, maar moet ook zoo mogelijk de mate van vermindering, welke die hoeveelheid ondergaat in de droge jaren die telkens weder voorkomen, kennen, ten einde op eventueele teleurstellingen voorbereid te zijn.

Een deel van het water dat op den bodem neervalt, gaat weder opwaarts door verdamping, een ander deel vloeit door den ondergrond weg en verzamelt zich in de rivieren en beken. In den bodem komt in het algemeen even goed een strooming voor als in open wateren, alleen

is de snelheid in den bodem ten gevolge van den grooten weerstand dien de gronddeeltjes tusschen welke het water moet doordringen, aan die beweging bieden, zeer gering.

Voor ons doel is het van belang, een overzicht te verkrijgen over de verdeling van den regen in de verschillende maanden. Daartoe zullen wij de gemiddelde maandelijksche regenhoogte in verschillende deelen van Oostelijk Nederland zoeken, en vervolgens nagaan, welke in verband hiermede het aandeel van grooteren en geringeren regenval is.

De gemiddelde jaarlijksche regenval is over tal van jaren voor vele plaatsen zeer nauwkeurig bekend. De waarneming van de regenhoogte is betrekkelijk eenvoudig en daardoor zijn de uitkomsten zeer nauwkeurig, gelijk uit vergelijking van den regenval, op verschillende plaatsen terzelfder tijd waargenomen, blijkt.

De sedert 1849 gedane regenwaarnemingen zijn door de zorgen van het Meteorologisch Instituut verzameld in de Meteorologische Jaarboeken.

Eene bijzondere studie werd aan den regenval gewijd door den heer E. ENGELENBURG, civiel ingenieur (1), terwijl ook de heer Dr. H. TONKES (2) zich daarmede heeft beziggehouden.

De heer ENGELENBURG verdeelt, ten einde na te gaan in welke maanden de gemiddelde maximum-regenval voorkomt, Nederland in 7 groepen, met maxima in verschillende maanden.

Hiervan behooren de plaatsen in het door ons beschouwde gedeelte van Nederland gelegen, allen tot de 1ste groep (maximum in Juli), de 2de groep (maximum in Augustus) en de 4de groep (maximum in Augustus en een ander, geringer maximum in October).

De heer TONKES verdeelt, ten einde den gemiddelden regenval in de vier jaargetijden te leeren kennen, het land voor elk dezer in eenige kwartieren.

Hoeveel verdienstelijks de overwegingen der beide genoemde heeren ook mogen hebben, hebben wij gemeend, den regenval in het deel van ons land hetwelk in ons onderzoek begrepen is, opnieuw tot een onderwerp van studie te moeten maken, daar de schrijvers zich vooral bepaald hebben tot het zoeken van totalen en gemiddelden, terwijl het er ons vooral om te doen is, *te weten hoe de regenval afwisselt, m. a. w. in welke mate perioden van meerderen en minderen regenval te verwachten zijn*, en zulks hoofdzakelijk in de voor bevoeiing bestemde maanden.

Door de welwillendheid van den Directeur van het Meteorologisch Instituut, Dr. MAURITS SNELLEN, te Utrecht, werd ons inzage verleend van de oorspronkelijke waarnemingen, waardoor eenige fouten in de gedrukte opgaven verbeterd konden worden. Ook viel onze aandacht op enkele onwaarschijnlijkheden, zooals b.v. de regenval te Groningen in 1850, waarvoor blijkbaar een veel te geringe hoogte is opgegeven.

Behalve de in de jaarboeken medegedeelde of door het Meteorologisch Instituut overgenomen regenhoeveelheden kon nog door ons gebruik gemaakt worden van de opgaven welke sedert 1876 van wege den Rijks Waterstaat worden waargenomen te Apeldoorn en te Dieren, op beide plaatsen nabij het Apeldoornsch kanaal; welke opgaven ons door den heer R. P. J. TUTEIN NOLTHENIUS, ingenieur van den Rijkswaterstaat te Zutphen, benevens die welke sedert

(1) Hyetographie van Nederland, uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam (1891).

(2) Over den regenval in Nederland, in het Tijdschrift van het Aardrijkskundig Genootschap, 1892, blz. 301.

Daarom werd getracht, de op verschillende stations in een bepaalde streek verrichte waarnemingen bij elkander te voegen, ten einde zoodoende de plaatselijke afwijkingen uit de uitkomsten zooveel mogelijk te doen verdwijnen.

Terwijl de regen sedert 1880 in de Meteorologische Jaarboeken opgegeven wordt over 6 kwartieren (onder welke het Noordooster-, Ooster- en Zuidoosterkwartier tot het in ons onderzoek begrepen terrein behooren), kwam het ons wenschelijk voor deze splitsing eenigszins verder uit te strekken, te meer daar het ons uit Bijlage I bleek dat in Zuidelijk Limburg de regenverhoudingen geheel anders zijn dan in Oostelijk Noord-Brabant en Noord-Limburg, waarmede het in de Jaarboeken het Zuidoosterkwartier uitmaakt, en daar dezelfde omstandigheid zich wellicht ook voor andere deelen van ons land voordoet.

Er werden 13 kwartieren aangenomen, zijnde:

- Iste kwartier Zuidoostelijk Groningen.
 IIde » » Friesland.
 IIIde » Drenthe.
 IVde » Overijssel behalve het Noordwestelijk deel.
 Vde » Noord-Veluwe.
 VIde » West-Veluwe, Noordoostelijk Utrecht en Gooiland.
 VIIde » Graafschap.
 VIIIste » Zuid-Veluwe, Zuidoostelijk Utrecht, Oost-Betuwe en Nijmeegsche heuvelen.
 IXde » Zuidwestelijk Noord-Brabant.
 Xde » Noordoostelijk Noord-Brabant en Noordelijke punt van Limburg.
 XIde » Zuidoostelijk Noord-Brabant en aangrenzend deel van Limburg.
 XIIde » Midden-Limburg.
 XIIIde » Zuid-Limburg.

Hierbij valt op te merken, dat in het IIde en het Xde dezer kwartieren te weinig plaatsen gelegen zijn waar regenwaarnemingen geschied zijn, weshalve deze hiervoor met de er op volgende kwartieren gecombineerd worden.

Op Bijlage F (blad II) komt eene kaart van Oostelijk Nederland voor, waarop de stations en de grenzen dezer 13 kwartieren aangegeven zijn.

De gezamenlijke regenhoeveelheden der verschillende stations in dezelfde maand in elk kwartier werden evenals die voor dezelfde tijdperken te Utrecht bijeengeteld en in Bijlage II vergeleken geheel als in Bijlage I voor de afzonderlijke stations gedaan was.

De gemiddelde hoogte van den maandelijkschen regenval te Utrecht is zeer nauwkeurig bekend.

Zij bedraagt:

In Januari	50.12 m.M.
» Februari	45.96 »
» Maart	44.55 »
» April	38.13 »
» Mei	48.36 »
» Juni	56.56 »

Over te brengen . 283.68 m.M.

	Overgebracht .	283.68 m.M.
In Juli		78.34 »
» Augustus		83.51 »
» September		67.04 »
» October		74.39 »
» November		60.99 »
» December		64.66 »
	Totaal . . .	712.61 m.M.

Om nu tot de kennis van den gemiddelden regenval die waarschijnlijk in elk kwartier in elke maand zou zijn gevonden wanneer in elk punt van waarneming gedurende de 47 jaren 1849—1895 regenval ware waargenomen, te komen, is de methode van HANN door eene eenvoudige evenredigheid toegepast.

Zoo werd om den waarschijnlijksten regenval x in Januari in het Iste kwartier te vinden, de evenredigheid opgesteld:

$$4510.0 : 3484.4 = 50.12 : x.$$

In deze evenredigheid zijn de beide eerste getallen die van den gezamenlijk waargenomen regenval (zie Bijlage II), het derde getal is de gemiddelde regenval te Utrecht in Januari. Er wordt uit opgelost $x = 38.72$ m.M. Deze waarde is in Bijlage II in de laatste kolom ingevuld, en op dezelfde wijze zijn deze waarden voor alle andere maanden en kwartieren berekend.

Uit bijlage II blijkt het volgende:

1°. In het algemeen zijn de grootste uit plaatselijke invloeden ontstane fouten uit de laatste kolom van Bijlage II verdwenen.

2°. De gemiddelde jaarlijksche regenval is het grootst in Overijssel en de Graafschap, en wordt van daar naar het Noorden en Zuiden geleidelijk kleiner. Eene afwijking vormt slechts het XIde kwartier, dat een iets grooteren gemiddelden regenval heeft dan het XIde.

3°. In verscheidene kwartieren, namelijk het Vde, VIde, VIIste en XIIdde, is de gemiddelde regenval in Juli nog iets grooter dan in Augustus, terwijl het secundaire maximum in October waarvan de heer ENGELBURG spreekt, voorkomt in alle kwartieren behalve het IVde, Xde, XIde en XIIdde. De gemiddelde regenval is in Maart of April het geringst, behalve in het Vde en het IXde kwartier, waar in Februari de minste hoeveelheid regen voorkomt.

Verder zien wij uit de gemiddelde maandcijfers voor geheel Oostelijk Nederland (onderaan de laatste kolommen in Bijlage II), dat het gemiddelde jaarlijksch verloop van den regenval enigszins anders is dan te Utrecht. In de maanden Januari tot en met April loopt de hoeveelheid zeer weinig uit elkander, al blijft April de maand met den geringsten regenval. Verder is de gemiddelde regenhoogte in December, die te Utrecht grooter dan in November is, in Oostelijk Nederland iets geringer dan in die maand. Juli en Augustus zijn niet alleen over het geheele Oostelijk Nederland, maar ook in elk der kwartieren, de maanden met den meesten regen.

Wij wisten hieruit wel de gemiddelde regenhoogte voor de verschillende deelen van Oostelijk Nederland, doch wij achtten het, zooals boven werd opgemerkt, raadzaam ook de afwisseling van den regenval in dezelfde maand in verschillende jaren te kennen.

Ook daarvoor werd naar de methode van HANN, al is het niet door eene eenvoudige evenredigheid, te werk gegaan.

Hierbij werd de volgende verdeling aangenomen.

Met het Iste kwartier beginnende, werd voor de vijf plaatsen in dat kwartier nagegaan in hoeveel Januari-maanden een regenval van 9.9 m.M. en minder, in hoeveel een regenval tusschen 10 en 19.9 m.M., enz. was voorgekomen. Nu werd nagegaan welke de regenval in dezelfde Januari-maanden te Utrecht geweest was, en in dezelfde kolommen het aantal malen dat eene hoeveelheid 9.9 en minder, tusschen 10 en 19.9 m.M., enz. gevallen was daarin opgenomen, op dezelfde wijze als dit boven is medegedeeld om de laatste kolom der tabellen in Bijlage II te verkrijgen.

De uitkomst was b.v. dat er van de 88 maanden waarin de regenval in Januari op verschillende plaatsen in het Iste kwartier was waargenomen, gedurende 13 maanden van 10 tot 19.9 m.M. regen gevallen was. In dezelfde 88 maanden waren 11 maanden dat te Utrecht van 10 tot 19.9 m.M. regen was gevallen. Er waren in de 47 jaren (1849 tot en met 1895) 5 Januari-maanden waarin te Utrecht van 10 tot 19.9 m.M. regen viel. Om nu op dezelfde wijze als door HANN gedaan is, het waarschijnlijkste getal maanden x van die 47 dat er in het Iste kwartier zooveel regen gevallen was te leeren kennen, werd de evenredigheid

$$41 : 13 = 5 : x$$

opgesteld, waaruit werd opgelost $x = 5.9$.

Hieruit is dus af te leiden dat het aantal maanden waarin de hoogte van den regenval in het Iste kwartier 10 tot 19.9 m.M. bedroeg, over de 47 jaren (1849 tot en met 1895) 5.9 belooft.

Op dezelfde wijze werd deze evenredigheid voor alle andere hoeveelheden in de verschillende kolommen opgemaakt. De som van de getallen x in die kolommen bleek te zijn 49.8. Vervolgens werden de op deze wijze tot Utrecht herleide getallen opgeteld, en daarna hunne percentsgewijze verhouding tot het geheel berekend.

Hierbij deed zich de moeilijkheid voor, dat er onder een zeker aantal maanden regenval te Utrecht somtijds geen enkele was tusschen twee der aangenomen grenzen. Zoo was in de Januari-maanden te Utrecht geen enkele maal een regenval van 9.9 m.M. en minder waargenomen. Om de 2 malen dat in het Iste kwartier in Januari-maanden een regenval van 9.9 m.M. en minder was waargenomen, tot hun recht te doen komen, werd hun aantal onmiddellijk tot percenten herleid, dus daar er 88 Januari-maanden waren waarin de regenhoogte in het Iste kwartier was waargenomen, werd voor het percentsgewijze aandeel van den regenval van 9.9 m.M. en minder $\frac{2}{88} \times 100 = 2.3$ aangenomen.

Hetzelfde (dat een regenval tusschen twee der aangenomen verdeelgrenzen wel in eenig kwartier en niet te Utrecht was waargenomen) kwam slechts zelden voor; in de Januari-maanden in het Iste kwartier slechts voor dien van 9.9 m.M. en minder. Om de percentsgewijze verdeling voor de overige rubrieken van regenhoogte te berekenen, werd eerst van de 100 die het geheel aantal percenten moesten uitmaken, 2.3 afgetrokken, zoodat overbleef 97.7; en nu werd b. v. voor den regenval van 10 tot 19.9 m.M. het waarschijnlijke percentsgewijze aandeel y van den regenval van 10 tot 19.9 m.M. berekend uit de evenredigheid:

$$49.8 : 5.9 = 97.7 : y,$$

waaruit gevonden werd $y = 11.6$.

Wij hebben hierin het percentsgewijze aandeel der regenhoogte 10 tot 19.9 m.M. ten opzichte van het geheel in Januari.

Tot opheffing van de toevallige fouten in de op deze wijze gevonden percenten werden

deze geregulariseerd door hen graphisch voor te stellen, waarbij het gemiddelde van 0 en 9.9, van 10 en 19.9 enz. als abscissen, het bijbehorend aantal percenten, berekend volgens het boven gezegde, als ordinaten in teekening werden gebracht. Zoo dicht mogelijk nabij de zoo verkregen punten werden vloeiende kromme lijnen geteekend.

De uitkomsten dezer graphische berekening worden in Bijlage III aangetroffen. Aan het slot daarvan zijn twee recapitulatiën, een voor de maanden en een voor de kwartieren opgenomen, terwijl daarin bovendien nog zijn samengesteld en in percenten uitgedrukt de betrekkelijke hoeveelheden van:

zeer geringen regenval	(19.9 m.M. en minder);
geringen	» (20—39.9 m.M.);
gemiddelden	» (40—59.9 »);
grooten	» (60—99.9 »);
zeer grooten	» (100 m.M. en meer),

Uit laatstgenoemde Bijlage ziet men dat Augustus (volgens Bijlage II die maand in welke gemiddeld de meeste regen valt, hoewel slechts weinig meer dan in Juli) ook het grootste aandeel van grooten en zeer grooten regenval (te zamen 70 pct. van het geheel) heeft, terwijl April (volgens Bijlage II de maand met gemiddeld den geringsten regenval, hoewel ook weder slechts weinig minder dan Februari) ook het grootste contingent van geringen en zeer geringen regenval (te zamen 56.3 pct. van den geheelen regenval in die maand) heeft.

De maanden October en November, welke voor bevoeiing van de grootste beteekenis zijn, geven betrekkelijk zeldzaam geringen regenval; in het bijzonder October volgt wat dit betreft op Juli en Augustus.

Uit de aan het einde van Bijlage III opgenomen recapitulatie voor de kwartieren blijkt dat van het door ons beschouwde deel van het land het Noorden meer maanden van grooten regenval dan het Zuiden heeft, en dat de gemiddelde en de groote maandelijksche regenval bijna overal een gelijk percentage heeft, alleen met uitzondering van Zuid-Limburg (het XIIIde kwartier), waar de regenval belangrijk geringer is dan in de overige kwartieren.

In Zuid-Limburg bedraagt het aandeel der maanden van grooten en zeer grooten regenval 30.6 pct., dat van kleinen en zeer kleinen regenval 44.7 pct. van het geheel, voor de overige kwartieren zijn deze cijfers respectievelijk 36.2 à 43.0 pct. en 31.6 à 38.5 pct.

Verder ziet men, dat de kwartieren vereenigd kunnen worden tot eenige grootere kwartieren, in de deelen waarvan de regenval zeer weinig verschilt, en wel:

- de Iste, IIde en IIIde kwartieren;
- » IVde, Vde en VIde kwartieren;
- » VIIde en VIIIste kwartieren;
- » IXde, Xde, XIde en XIIde kwartieren;

terwijl het XIIIde kwartier eenigszins van alle andere afwijkt.

De percentsgewijze verhouding blijkt te zijn:

KWARTIEREN.	Aantal maanden met				
	zeer geringen	geringen	gemiddelden	grooten	zeer grooten
	regenval, uitgedrukt in pct. van het geheele aantal maanden.				
Iste, IIde en IIIde	10.6	24.7	24.5	28.7	11.5
IVde, Vde en VIde	7.9	25.3	26.0	28.7	11.8
VIdde en VIIste	10.8	23.9	24.1	29.7	11.5
IXde, Xde, XIde en XIIde. . .	11.1	25.1	23.0	29.8	8.0
XIIIde.	14.2	30.5	25.1	24.3	6.3

Opmerkelijk is hierbij de bijna volkomen overeenstemming van de verzameling van het Iste, IIde en IIIde met die van het VIde en VIIIste kwartier.

Uit het bovenstaande moge blijken, dat men, wat den regenval betreft, rekenen kan dat alle deelen van Oostelijk Nederland van eenzelfde klimaat zijn; alleen Zuid-Limburg kan als vrij beteekenend droger beschouwd worden.

Daarbij bedenke men, dat het bij een groot aantal waarnemingen in Duitschland is gebleken, dat de regenval grooter is naarmate het terrein hooger boven de zee ligt. Deze vermeerdering is bij geringe hoogten (tot 1000 M. boven den spiegel der zee) ongeveer 50 m.M. per 100 M. grootere hoogte. Daar de voor het XIIIde kwartier gevondene regenval in hoofdzaak uit die te Maastricht (gelegen op omstreeks 50 M. boven de zee) is afgeleid, zal de werkelijke gemiddelde regenval iets grooter zijn dan de in Bijlage II gevondene.

Behalve door regen kan in sommige gevallen nog aan den grond water ten goede komen door condensatie, waaromtrent door Dr. E. EBERMAYER (1) belangrijke proefnemingen zijn verricht.

Dr. O. VOLGER heeft in 1857 eene theorie opgesteld, volgens welke het grondwater niet van den regen afkomstig is, maar het gevolg is van neerslag, veroorzaakt door afkoeling en verdichting der met de atmospherische lucht in den grond indringende waterdampen.

Uit de onderzoekingen van EBERMAYER blijkt, dat deze theorie wel is waar in het algemeen onjuist is, doch dat er toch werkelijk bij zand, en in het bijzonder bij fijnkorrelig zand, water uit de dampkringslucht in niet geringe mate neerslaat. Het overschot boven den gevallen regen bereikte zelfs bij laatstgenoemde grondsoort gemiddeld over vier jaren in den winter 39.7 m.M., en in het geheele jaar 58.7 m.M. hoogte.

Onmogelijk is het zelfs niet dat zij gemiddeld nog eenigszins grooter is, daar zijne proeven in het laatste der vier jaren een overschot voor den winter van 109.7 m.M., voor het geheele jaar van 136.2 m.M. hoogte gaven, terwijl de vermeerdering van jaar tot jaar voortging, iets hetgeen de schrijver vermoedt dat veroorzaakt wordt doordat het indringende water langzamerhand kleine kanaaltjes in den bodem vormt, die den loop van het water daardoor vergemakkelijken.

Vooraf bij zeer heldere nachten, wanneer de grond veel warmte uitstraalt, zal de neerslag van beteekenis kunnen zijn.

(1) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, 13de deel (1890), blz. 1 en vlgg.

De uitkomsten van EBERMAYER'S proeven vertoonen eene zeer goede overeenstemming met die van Dr. GISELER omtrent vorming van condensatiewater.

Het is ons niet bekend, in welke mate gedeelten van den bodem van Oostelijk Nederland zijn samengesteld uit dergelijke zandsorten als voor deze proeven zijn gebruikt, doch wij wenschen er slechts op te wijzen dat door dezen neerslag eenig meerder water in den bodem zal indringen dan men uit den regenval alleen afleiden zoude, en dit des te sterker naarmate de grond meer overeenkomst heeft met het door EBERMAYER onderzochte terrein, als b.v. in terreinen als duinen en zandverstuivingen, doch is hij bij eenige begroeiing spoedig nul.

De gegevens ten opzichte van verdamping zijn niet zoo talrijk als die omtrent regenval.

In de meteorologische jaarboeken komen hieromtrent geen waarnemingen voor dan die sedert 1855 te Utrecht geschieden. Van den heer R. P. J. TUTEIN NOLTHENIUS, Ingenieur van den Rijks Waterstaat te Zutphen, mochten wij bovendien waarnemingen der verdamping sedert 1876 te Apeldoorn en te Dieren, beide nabij het Apeldoornsch Kanaal, ontvangen.

Verder wordt de verdamping, naar ons de heer Dr. H. EKAMA, Directeur der afdeeling voor de waarnemingen te land aan het Meteorologisch Instituut te Utrecht, mededeelde, hier te lande waargenomen te Leeuwarden, te Helder, op 4 plaatsen in het Haarlemmermeer en te Katwijk, dus op geen enkel punt in het terrein waarover ons onderzoek zich uitstrekt.

De bovenvermelde waarnemingen hebben betrekking op verdamping uit oppervlakten water. Het is evenwel wenschelijk, ook van andere oppervlakten de verdamping te kennen, en daarom zijn belangrijk de waarnemingen die van wege het hoogheemraadschap Rijnland sedert 1876 geschieden en die openbaar gemaakt zijn in de jaarlijksche Verslagen omtrent den toestand van den algemeenen waterstaat van dat hoogheemraadschap. Zij hebben betrekking op water, grasland en zwarte aarde (de waarnemingen omtrent zwarte aarde vangen aan in 1877).

De uitkomsten der bovenvermelde verdampingswaarnemingen zijn in Bijlage IV vereenigd.

Behalve deze gegevens bestaan er omtrent verdamping nog eenige, die zijn aangehaald in Bijlage 13a van het Rapport der Amsterdamsche duinwaterleidingscommissie (1) en waaruit blijkt welke groote afwijkingen bij proeven omtrent verdamping van den bodem gevonden worden.

Van de terreinen in Oostelijk Nederland geldt hetgeen aldaar gezegd wordt, dat in den regel alleen dan de regen voor een gedeelte tot het grondwater zal doordringen wanneer de verdamping geringer is dan de regenval, dat is in de maanden September tot en met Februari of Maart.

De genoemde Commissie leidt uit de door haar geraadpleegde gegevens af, dat van den regenval omstreeks 40 pct. tot het grondwater doordringt.

Uit Bijlage IV is het volgende af te leiden.

De gemiddelde verdamping is het grootst in Juni, het geringst in December. Vrij nauwkeurig vormt de lijn der hoeveelheid verdamping, graphisch voorgesteld ten opzichte van den tijd, eene sinusoïde.

De verdamping is in Juni bijna 10 maal zoo groot als in December, terwijl de gemiddelde beschijning van den grond door de zon (2) evenzeer in Juni bijna 10 maal zoo groot is als in December.

(1) Rapport der Commissie van onderzoek in zake de duinwaterleiding van Amsterdam, uitgebracht aan Burgemeester en Wethouders (1891), blz. 42 der Bijlagen.

(2) De beschijning van de zon is afhankelijk van den tijd tusschen zonsopgang en zonsondergang en van de hoogte der zon gedurende dien tijd boven den horizon.

De beschijning der zon is op eene breedte van $53^{\circ} 10'$ (het Noordelijkste punt van de door ons beschouwde terreinen, gelegen nabij Groningen) ongeveer $\frac{1}{20}$ geringer dan op die van $50^{\circ} 45'$ (het Zuidelijkste punt in Limburg). Wanneer wij dus de gemiddelde verdamping van Utrecht, Apeldoorn en Dieren, waar de breedte iets meer dan 52° is, voor al de 13 kwartieren, waarin wij Oostelijk Nederland verdeeld hebben, aanhoudend, maken wij uit dezen hoofde eene fout van hoogstens 3 pct., dus bij de overigens in deze te bereiken nauwkeurigheid van geen beteekenis.

De waargenomen verdamping te Dieren bedraagt 13 pct. meer en die te Oude Wetering 30 pct. minder dan het gemiddelde van Utrecht en Apeldoorn, welke zeer weinig verschillen.

De heer Dr. E. F. VAN DISSSEL, Ingenieur van Rijnland, deelde ons mede, dat het gras in den verdampingsmeter te Oude Wetering daar het reservoir bij droogte telkens weder wordt aangevuld, bijzonder welig groeit, hetgeen in de natuur niet steeds plaats heeft.

DELAPORTE (1) heeft van 1839 tot 1845 op drie plaatsen (Saint-Jean de Losne, Dijon en Pouilly) waarnemingen gedaan met verdampingsmeters van ten minste 2 M. zijde. Hij vond eene gemiddelde jaarlijksche verdamping van respectievelijk 0.57, 0.63 en 0.56 M., op 185, 241 en 400 M. boven de oppervlakte der zee.

RUINET (2) heeft de verdamping in twee nabij elkander geplaatste verdampingsmeters waargenomen, de een had 2 M., de ander 0.30 M. zijde. Hij vond gedurende de maand Mei 1851, dat de uitdamping uit den grootste 88 m.M., uit den kleinste 134 m.M. was.

Uit het bovenstaande is af te leiden, dat men geen groote fout begaat als men aanneemt dat de verdamping $\frac{2}{3}$ van het gemiddelde der in de verdampingsmeters te Utrecht, Apeldoorn en Dieren waargenomene is.

Ten einde eenigszins over de afwisseling in de verdamping te kunnen oordeelen, is in Bijlage V een staat van de percentsgewijze verdeling naar de grootten van de te Utrecht, Apeldoorn en Dieren waargenomen verdamping (volgens het boven aangevoerde tot $\frac{2}{3}$ gereduceerd) opgenomen. Deze staat is ingericht op dezelfde wijze als Bijlage III. Men ziet daaruit dat voor denzelfden tijd van het jaar de afwisseling veel geringer is dan die van den regenval.

Daarentegen is de verdamping uit grasland volgens WOLLNY veel grooter dan uit die waarnemingen zou blijken. Hij zegt naar aanleiding van zijne proeven: (3)

»De omstandigheid dat de vegeteerende planten ontzaglijke hoeveelheden water verdampen, welke zij aan den grond onttrekken en dezen tot groote diepten uitdrogen, geeft eene genoegzame verklaring van de door stelling 5 (4) uitgedrukte regelmaat. Ook in dit opzicht stemmen de uitkomsten van dit onderzoek overeen met die van vroegere onderzoekingen van den schrijver, waarbij bewezen is dat eene bedekking met levende planten gedurende den tijd der vegetatie de hoeveelheid water die in den bodem trekt, tot een minimum beperkt.«

De waarnemingen van WOLLNY zijn nabij München genomen, waar de verdamping des zomers veel grooter is dan in Nederland. Uitzonderingen van de door WOLLNY gevonden regelmaat wegens koud en regenachtig weder zullen hier te lande zeker veelvuldiger zijn dan daar.

(1) DEBAUVE, *Météorologie* enz., blzz. 101 en 102.

(2) Blz. 102.

(3) *Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik*, 14de deel (1891), blz. 347.

(4) Deze stelling luidt: „dat zich in met vegeteerende planten bedekten grond gedurende het zomerhalfjaar (April tot en met September) zelfs bij groote dikte (tot 1.20 M.) van de doordringbare laag niet of slechts zeer tijdelijk grondwater vormt.”

De afwijkingen der verdamping uit de maandelijksche gemiddelden zijn belangrijk, zij zijn volgens Dr. E. PERELS (1) afhankelijk van:

1°. »De temperatuur der lucht.« Deze is hier te lande gemiddeld het hoogst in Juli, het laagst in Januari, terwijl, gelijk zooveen gezegd werd, bij alle waarnemingen in ons land gebleken is dat de verdamping gemiddeld in Juni het grootst, in December het geringst is. Wij zouden derhalve meenen dat de temperatuur der lucht, ofschoon zij zonder eenigen twijfel van invloed is, in deze achterstaat bij de onmiddellijke verwarming der grondoppervlakte door de stralende zonnearmte, welke o. a. afhankelijk is van de hoogte der zon boven den horizon.

2°. »De kracht en de heerschende richting van den wind.« Bij grootere snelheid der luchtstroomen (zich uitende in meerdere windkracht) zal de verdamping grooter moeten zijn, terwijl zij bovendien wanneer de wind meer Westelijk is, daar de lucht dan meer waterdamp bevat, geringer zal zijn, dan wanneer hij Oostelijk is.

3°. »De vochtigheid van de lucht.« Deze hangt samen met de windrichting, die slechts een middellijken invloed heeft, en wel doordat de vochtigheid grooter is bij Westelijke winden.

De vochtigheid moet steeds in verband met de temperatuur beschouwd worden. Bij lage temperatuur kan de lucht reeds geheel met waterdamp verzadigd zijn, terwijl zij bij hoogere temperatuur met een zelfde gehalte aan waterdamp nog veel daarvan kan opnemen.

Volgens WOLLNY (2) evenwel heeft de windkracht een veel grooteren invloed dan de mate van verzadiging der lucht met waterdamp.

4°. »De hoogte boven de oppervlakte der zee.« Bij grootere hoogte wordt de verdamping grooter. Bij de geringe verschillen in hoogte in ons land behoeft hierop echter niet gelet te worden.

5°. »De gesteldheid en de bedekking van den bodem.« Het maakt een groot verschil of er al dan niet planten groeien, of het grondwater nabij de oppervlakte is of niet, of de grond dicht is of niet, en welke zijn kleur is. Wat dit laatste betreft, geldt in het algemeen, dat hoe donkerder de grond is, des te grooter de verdamping zal zijn.

Eindelijk heeft de helling van den bodem grooten invloed. De verdamping wordt bij steile helling, naar het Zuiden gericht, veel grooter; ook wordt zij grooter wanneer zij gericht is naar de heerschende windrichting, in Nederland de Zuidwestelijke. Dit heeft echter voor ons doel weinig belang.

In het Zuiden van Limburg heeft men zeer steile terreinen van eenige uitgebreidheid ter plaatse van de stroomgebieden der Geleenbeek en der Geul, doch hunne oppervlakte is naar verschillende zijden gekeerd en hunne grootte is gering in vergelijking van de stroomgebieden dier riviertjes. (3)

Verder zijn op de Veluwe en elders vrij steile hellingen, echter niet ter plaatse van het stroomgebied van rivieren of beken, wier water voor bevloeiing in aanmerking komt. Wanneer de terreinshelling flauwer is dan 50 op 1, zal haar invloed op de verdamping gering zijn.

(1) Handbuch des Landwirthschaftlichen Wasserbaus, 2de druk (1884), blz. 10.

(2) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, 14de deel (1891), blz. 358.

(3) Zie omtrent afvloeijing van het regenwater bij verschillende hellingen en hellingsrichtingen. WOLLNY, Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, 13de deel (1890), blz. 316 en vlgg.

Op het grootste deel van het door ons beschouwde terrein is in het algemeen toepasselijk hetgeen door de Amsterdamsche duinwaterleidingscommissie gezegd wordt (1) omtrent vier verschillende lagen, die in den grond gevonden worden.

Zij zijn, van onder beginnende:

1°. De laag van het grondwater, waar alle tusschenruimten in den grond met water gevuld zijn. Deze laag heeft een afwisselend bovenvlak, dat hooger komt te liggen als er veel, lager als er weinig water is gevallen.

2°. Eene laag waar het water door de capillaire opzuiging omstreeks 70 pct. der poriën (2) vult. Zij is in de duinen hoog ongeveer 0.35 M., elders kan zij veel hooger zijn.

3. Eene laag, reikende tot niet ver van de oppervlakte, waarin het watergehalte afwisselt tusschen vrij enge grenzen, die bij duinen 6 à 11 pct. van de geheele ruimte der poriën bedraagt.

4°. De verdampingslaag, welke den invloed der temperatuurswisselingen ondervindt en waarin het watergehalte zeer afwisselend is. Zij kan bijna volkomen droog zijn en kan na overvloedigen regen met water gedrenkt zijn; dit zakt er voortdurend uit weg naar de onderliggende lagen. De dikte der verdampingslaag is waarschijnlijk dezelfde als die der sub 2°. genoemde, of waar loswerking van den grond heeft plaats gehad, aan hellingen onder den invloed van plantengroei enz. eenigszins grooter.

Het bedekt houden van vochtig zand met eene volkomen droge zandlaag van ongeveer 0.10 M. dikte kan de verdamping van water uit diepere lagen nagenoeg geheel verhinderen.

Gelijk boven gezegd werd, is de verdamping o. a. afhankelijk van de vochtigheid der lucht. Wanneer het regent, kort daarvoor en kort daarna is de lucht geheel met waterdamp verzadigd. Dan heeft er dus geene verdamping plaats. Ook is gedurende een regentijd de bewolking oorzaak van mindere verdamping. Hoewel er dus geen onmiddellijk verband tusschen beide bestaat, moet toch bij meerderen regen de verdamping geringer zijn.

Ten einde na te gaan, in hoever zulks het geval is, werd in Bijlage VI een vergelijkende tabel opgenomen, waarbij de maanden voor elk der waarnemingsplaatsen in 4 soorten gerangschikt worden, naarmate het veel of weinig regende (3). Daarbij werd, ten einde in elk der vier kolommen een gelijk getal waarnemingen (te Utrecht 10, te Apeldoorn en te Dieren 5 voor elke maand) te hebben, voor Utrecht het jaar 1855 niet medegerkend.

Vervolgens werd door ons getracht de werkelijk plaats gehad hebbende verdamping voor de 13 kwartieren waaromtrent boven behandeld is, op andere wijze te bepalen.

De grondsoorten uit welke het door ons beschouwde terrein in hoofdzaak bestaat, zijn:

Bouwland.

Grasland.

Dennenbosch.

Andere soorten bosch.

Heide.

(1) Blzz. 55 en 56.

(2) Deze hebben bij zand iets meer dan $\frac{1}{3}$ van den geheel inhoud eener laag.

(3) In deze Bijlage is de boven als waarschijnlijk een vrij juist resultaat gevende reductie der verdamppte hoeveelheden tot $\frac{2}{3}$ toegepast.

Volgens Bijlage IV zou de verdamping uit zwarte aarde ongeveer evenredig zijn aan die uit water, en wel van 0.7 tot 0.8 maal, gemiddeld 0.75 maal die hoeveelheid. De verdamping uit grasland heeft onder geheel andere omstandigheden plaats, daar het meeste water uit den bodem door de plant wordt opgenomen en aldus verdampt. Het aanrakingsvlak met de lucht is dus veel grooter. Deze verdamping is in den winter iets geringer, de plant neemt dan weinig water op en beschermt den bodem tegen de invloeden van buiten, in den zomer is zij belangrijk grooter dan die uit water. De verhouding tusschen verdamping uit grasland en uit water, gelijk die is gevonden uit de waarnemingen te Oude Wetering, is door eene sinusoïde voor te stellen, wier minimum in Januari en wier maximum in Juli voorkomt (1). Zij is in de verschillende maanden als volgt:

Januari	85 pct.
Februari	89 »
Maart	100 »
April	115 »
Mei	130 »
Juni	141 »
Juli	145 »
Augustus	141 »
September	130 »
October	115 »
November	100 »
December	89 »

Te Oude Wetering is in de bakken met behulp waarvan de meting plaats heeft, de toestand van gewoon weiland zooveel mogelijk nagevolgd. Echter vond MILLER (door de Amsterdamsche Commissie aangehaald), dat de verdamping van begroeciden grond 138 à 283 pct. van die van water is, naar gelang de plantengroei uit kort of lang gras of uit klaver bestaat.

De waarnemingen van MILLER moeten op bijzonder welig groeiend weiland, b. v. op met afval van steden bevoeid weiland, betrekking hebben. Het schijnt veiliger, voor het gewone grasland, waaruit hier te lande de weilanden bestaan, te werk te gaan naar de uitkomsten der waarnemingen te Oude Wetering.

Volgens RISLER verdampt uit gras een grootere hoeveelheid water dan uit klaver.

Hij geeft op, dat dagelijks verdampen: (2)

Uit lucerne en gras	3.4 à 7	m.M.
» haver	3	» 5 »
» maïs	3	» 4 »
» tarwe	2.8	»
» klaver	3	»
» dennenhout	0.5	» 1.1 »
» eikenhout	0.5	» 0.8 »

(1) Waarschijnlijk is de verdamping, uit water waargenomen, grooter dan in de werkelijkheid, daar de temperatuur der bakken waarin het water verdampt, dikwijls hooger is dan die der lucht. Bij de waarnemingen van verdamping uit grasland komt dit echter niet voor.

(2) A. DEBAUVE, *Météorologie, hydrologie, culture rationelle*, 1876, blz. 107.

Hoewel deze opgaven voor Zuidelijker streken gelden, geven zij toch een denkbeeld van de verhouding der verdamping uit terreinen met verschillende begroeiing. Wij mogen daaruit afleiden dat de verdamping uit bouwland omstreeks $\frac{2}{3}$ van die uit grasland zal zijn.

De op een bosch vallende regen wordt niet geheel naar den grond afgevoerd. Hieromtrent heeft W. RIEGLER gevonden (1), dat de percentsgewijze hoeveelheid, welke van den regen die op de kruinen der boomen viel, naar den grond werd afgevoerd, de volgende grootte had.

SOORT DER BOOMEN.	De langs de stammen afgevoerde hoeveelheid regen	
	niet	wel
	mederekenende	
	pet.	pet.
Beukenboomen	65.4	78.2
Eikenboomen	73.6	79.3
Ahornboomen	71.3	77.5
Dennenboomen (2)	39.8	41.2

Bij eene proef van FANTRAT (3) bleek dat van 300 m.M. regen die in 8 maanden op een bosch gevallen waren, 179 m.M. of 59.7 pct. op den bodem terecht kwam en de overige hoeveelheid in de bladeren bleef hangen en verdampte eer de bodem bereikt werd.

Uit een bosch kan (afgezien van dit vasthouden van regenwater) overeenkomstig de bovenstaande mededeeling van RISLER gerekend worden dat $\frac{1}{6}$ of $\frac{1}{3}$ verdampt van hetgeen uit grasland verdampt, naarmate het een dennebosch of een ander bosch is.

De verdampingsmeter te Utrecht heeft 0.20 M., die te Apeldoorn 0.22 M., die te Dieren 0.224 M. middellijn, en door deze geringe afmeting geven zij een te groot resultaat, in het bijzonder doordat de wanden te veel door de onmiddellijke werking der zonnestralen verwarmd worden. Die te Oude Wetering hebben 1 M. zijde.

In Bijlage VII vindt men de soorten grond in de verschillende kadastrale gemeenten welke in het door ons beschouwde gedeelte des lands liggen, overgenomen uit de Verslagen van de Hoofdcommissie voor de herziening der belastbare opbrengst van de ongebouwde eigendommen. Deze Verslagen, die in 1890 zijn uitgegeven, geven ook thans nog met volkomen genoegzame juistheid den aard der gronden aan.

Genoemde Bijlage werd, behalve ten behoeve van de kennis der verdamping, ook samengesteld omdat men daaruit een overzicht verkrijgt van de verhouding der soorten grond in verschillende streken, iets hetgeen met het oog op ons onderzoek van belang was. Zoo is het voor bevloeiing van veel beteekenis om te weten welke de verhouding is van de oppervlakte bouwland tot de oppervlakte weiland.

(1) WOLNY, Forschungen aus dem Gebiete der Agrikulturphysik, 1^{de} deel (1890), blz. 333.

(2) Bij dennenboomen druipen bovendien eenige procenten van de takken op den grond. Men mag daarbij rekenen dat 45 pct. naar den grond afloopt.

(3) Waterbouwkunde van N. H. HENKER, enz., 2de deel, afd. XIII, bewerkt door W. VERWEIJ Az., blz. 270.

Wij hebben van onze opgave de onbelastbare eigendommen uitgezonderd, daar wij hunne soort niet kennen.

Daarentegen werden de eigendommen die wegens vrijdom van de herziening uitgezonderd waren, als heide medegerekend, daar zij in de meeste gevallen nog niet ver genoeg ontgonnen zullen zijn om reeds als bouwland, bosch of anderszins gerekend te kunnen worden.

Tuin, moestuin, boomgaard, bloemisterij, boomkweekerij, griend, twijg en rijswaard zijn evenals erven van gebouwen en lustplaatsen medegerekend als bosch; rietland, kwelders, gorzen, schorren, aanwassen en slikken (zich in het door ons beschouwde terrein bepalende tot rietland) is als bouwland; dijken en bermen zijn als weiland, veld en spoorwegen als heide enz., vergraven grond en moeras (strand komt hier niet voor) als water gerekend.

Heide, veengrond, duin en zand staan, wat verdamping betreft, met zwarte aarde gelijk. Konden wij den veengrond, die in de verslagen te zamen met de drie andere soorten genoemd wordt, daarvan gescheiden houden, zoo zouden wij, daar veengrond zich in natte tijden met water verzadigt en dit in droge tijden weder aan de daarop aanwezige vegetatie afstaat, een hooger cijfer voor de verdamping moeten aannemen. Dit is ons thans onmogelijk.

Wij ontveinzen ons niet, dat wij groote onzuiverheden in de berekening invoeren als wij de bovenstaande gegevens aldus gebruiken, maar wij achten het toch wenschelijk, die niet achter te houden, daar, al zijn de resultaten op zichzelf onnauwkeurig, de verhouding voor de verschillende kwartieren en maanden onderling daardoor betrekkelijk nauwkeurig bekend kan worden.

Uit Bijlage VII is de onderstaande percentsgewijze samenstelling der gronden die zich ten opzichte van verdamping verschillend verhouden, opgemaakt voor elk der 13 kwartieren.

K W A R T I E R E N.	De grond bestaat in percenten uit:					
	Bouwland.	Wei- en hooiland.	Dennenbosch.	Ander bosch.	Heide, enz.	Vergraven grond, enz.
I	39.7	24.9	0.1	3.2	30.0	2.1
II	13.6	42.5	0.5	7.0	32.8	3.6
III	12.8	25.0	0.8	3.4	57.5	0.5
IV	20.6	31.4	2.5	4.9	39.6	1.0
V	17.8	22.0	7.4	14.0	38.3	0.5
VI	20.2	24.6	7.7	16.9	29.8	0.8
VII	28.6	28.3	5.2	12.5	24.6	0.8
VIII	19.9	18.1	9.7	15.5	36.1	0.7
IX	34.3	18.1	14.0	8.1	24.4	1.1
X	28.3	21.8	5.8	6.9	35.2	2.0
XI	22.9	11.9	7.8	4.2	49.8	3.4
XII	36.7	11.0	14.8	9.4	22.6	5.5
XIII	65.6	10.6	1.6	18.9	2.8	0.5
Alle kwartieren te zamen . . .	24.7	23.2	5.4	8.2	36.9	1.6

Volgens het boven gezegde hebben wij nu b.v. voor de verdamping uit het 1ste kwartier, vergeleken met die uit het water:

$$\text{In Januari } \left\{ (39.7 \times \frac{2}{3}) + 24.9 + (0.1 \times \frac{1}{6}) + (3.2 \times \frac{1}{8}) \right\} \times 0.85^{(1)} + 30.0 \times 0.75 + 2.1 = 68.6.$$

100

Op dezelfde wijze vinden wij deze verhouding voor de verschillende kwartieren als volgt:

KWARTIER.	Verhouding der verdamping uit den grond van elk kwartier in elke maand tot die uit water.											
	Januari.	Februari.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Augustus.	September.	October.	November.	December.
	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.	pet.
I	68.6	70.7	76.4	84.2	91.9	97.6	99.7	97.6	91.9	84.2	76.4	70.7
II	72.8	75.0	80.7	88.6	96.5	102.2	104.4	102.2	96.5	88.6	80.7	75.0
III	72.6	74.0	77.7	82.8	87.9	91.7	93.1	91.7	87.9	82.8	77.7	74.0
IV	69.9	71.8	76.9	83.8	90.7	95.8	97.6	95.8	90.7	83.8	76.9	71.8
V	60.5	62.0	66.1	71.6	77.1	81.5	83.0	81.5	77.1	71.6	66.1	62.0
VI	64.5	66.1	70.7	76.9	83.1	87.7	89.3	87.7	83.1	76.9	70.7	66.1
VII	61.6	63.6	69.0	76.5	84.0	89.5	91.5	89.5	84.0	76.5	69.0	63.6
VIII	57.8	59.2	63.1	68.4	73.6	77.5	78.9	77.5	73.6	68.4	63.1	59.2
IX	57.0	58.8	63.7	70.3	77.0	81.8	83.6	81.8	77.0	70.3	63.7	58.8
X	64.5	66.2	70.9	77.3	83.6	88.3	90.0	83.3	83.6	77.3	70.9	66.2
XI	65.4	66.6	69.7	74.1	78.4	81.6	82.3	81.6	78.4	74.1	69.7	66.6
XII	55.7	57.2	61.6	67.4	73.3	77.6	79.2	77.6	73.3	67.4	61.6	57.2
XIII	51.0	52.9	59.6	63.1	76.7	82.9	85.2	82.9	76.7	63.1	59.6	52.9
Alle kwartieren te zamen . .	64.6	66.3	70.8	77.1	83.3	87.9	89.6	87.9	83.3	77.1	70.8	66.3

Uit deze tabel en het gemiddelde uit de waargenomen verdamping te Utrecht, Apeldoorn en Diëren de verdamping in de 13 kwartieren in de verschillende maanden afleidende, en deze vergelijkende met den in Bijlage II gevonden gemiddelden regenval, wordt de tabel Bijlage VIII verkregen. In die tabel is tevens opgenomen de hoogte van den regenval die doordat hij niet verdampt, aan het grondwater ten goede komt. Daarbij is overeenkomstig de proeven van RIEGLER (zie boven) aangenomen, dat bij dennenbosschen 45 pct., bij andere

(1) Dit getal wordt met gebruik van het boven voorkomende tabelletje voor Februari 0.89, voor Maart 1.00, enz.

bosschen, in den zomer (dat is hier van Juni (1) tot en met October), 78.3 pct. van den regenval aan den bodem ten goede komt.

Er kan gerekend worden dat in den winter hetzelfde percent aan den bodem der dennensbosschen ten goede komt, daar het onderscheid in begroeiing des zomers en des winters gering is. Bij andere bosschen zal des winters meer op den bodem komen, daar het water dan niet in de bladeren blijft hangen. Wij mogen, zonder groote fout te maken, aannemen dat dit is: in Mei en November 85 pct. en van December tot en met April 90 pct.

Voor de verdamping uit water werd het gemiddelde van de daarvoor te Utrecht, Apeldoorn en Dieren waargenomen hoeveelheden genomen, en dat gemiddelde overeenkomstig het boven gezegde met $\frac{2}{3}$ vermenigvuldigd.

De beschouwing van Bijlage VIII leidt tot de slotsom, dat in de verschillende kwartieren gemiddeld het volgende aandeel van den jaarlijkschen regenval aan het grondwater ten goede komt:

Iste kwartier	35.8 pct. ;
IIde »	34.0 »
IIIde »	36.7 »
IVde »	35.0 »
Vde »	37.4 »
VIde »	36.3 »
VIIde »	35.5 »
VIIIste »	35.2 »
IXde »	33.6 »
Xde »	34.7 »
XIde »	35.9 »
XIIde »	33.7 »
XIIIde »	34.9 »

Gemiddeld . . . 35.1 pct.

Hieruit blijkt dat, hoeveel onnauwkeurigheden de wijze waarop tot deze getallen gekomen is, ook mogen aankleven, toch bovenstaande verhouding voor alle deelen van het door ons beschouwde terrein nagenoeg dezelfde is. Dit is vooral daaraan toe te schrijven, dat de percentsgewijze samenstelling van den grond in de verschillende kwartieren vrij groote overeenkomst aanbiedt.

Wij zijn dus gerechtigd, de voor een terrein verkregen uitkomsten toe te passen op elk ander terrein in Oostelijk Nederland, als wij de verhouding van den regenval tusschen beide terreinen kennen.

Uit Bijlage VIII zien wij verder, dat in de maanden April, Mei, Juni en Juli de grondwaterstand in het algemeen zal dalen. Daar de afvoer der rivieren en beken van den grondwaterstand afhankelijk is, zal ook die afvoer en derhalve de daarmee in verband staande waterstand in die rivieren en beken in die maanden in het algemeen geringer worden. Zelfs

(1) De proef van RIGLER werd in een terrein in Oostenrijk genomen, waar de boomen reeds half April in blad staan, hetgeen hier te lande gerekend kan worden half Mei te zijn.

zal, daar de snelheid van het water dat zich door den grond beweegt, zoo uiterst gering is, in het algemeen deze daling zich nog eenigen tijd moeten voortzetten al verkrijgt het grondwater reeds eenigen toevoer. Werkelijk zullen wij dan ook in Hoofdstuk IV zien dat de gemiddelde waterstand in de kleine rivieren en beken hier te lande eenigen tijd na het eind van Juli, namelijk in Augustus of September, het laagst is.

Daar wij intusschen uit Bijlage III hebben gezien hoe groot de afwijkingen van den regenval in eene bepaalde maand uit het voor die maand gevonden gemiddelde zijn, hebben wij getracht, met de gegevens die voor Bijlage VIII gediend hebben, de hoeveelheid die in het hooge terrein van Nederland werkelijk tot het grondwater is doorgedrongen, te bepalen. Wij hebben daarvoor in Bijlage IX het gemiddelde van den regenval voor elke maand sedert 1881 in al de plaatsen in Bijlage I voorkomende, genomen (vóór dat jaar zijn er te weinig waarnemingen) en daarvan op dezelfde wijze als in Bijlage VIII de hoeveelheid water die in de bosschen niet op den bodem terecht komt, en de verdamping afgetrokken.

Uit Bijlage IX volgt voor het aandeel dat het grondwater uit den regenval ontvangt gemiddeld niet 35.1 pct., maar 43.7 pct., een bewijs dat de wijze waarop deze verhouding in Bijlage VIII verkregen is en die gevolgd werd naar eene berekening der Amsterdamsche Commissie, minder goed is.

Op de maanden April tot en met September valt $\frac{1}{3}$, op de overige maanden $\frac{3}{4}$ dezer hoeveelheid.

Tevens blijkt daaruit dat in Juli en September telkens 9, in Augustus 6, in April en Juni telkens 4 en in Mei 2 van de 15 maanden in 1881—1895 water in den grond is getrokken.

De jaren naar de grootte van den regenval rangschikkende, kunnen wij de onderstaande vergelijking opmaken.

J A A R.	Gemiddelde regenval in Oostelijk Nederland.	Aandeel van den regenval dat aan het grondwater is toegevoerd.	
	m.M.	m.M.	pct.
1882	899.0	470.1	52.3
1894	820.6	382.9	46.7
1881	713.8	360.4	50.5
1891	709.5	268.2	37.9
1890	705.7	331.7	47.0
1880	691.0	272.0	39.4
1888	678.6	296.9	43.8
1895	675.9	267.3	39.5
1884	661.9	273.1	41.1
1886	644.2	222.4	34.5
1883	635.7	290.7	45.7
1885	631.3	300.7	47.6
1893	629.0	283.8	45.1
1892	609.6	261.2	42.9
1887	506.9	182.6	36.0

Uit deze tabel blijkt, dat gedurende de meest regenachtige jaren de grootste hoeveelheid water in den grond trekt, en omgekeerd, doch dat bij gemiddelde jaren, wat regenval betreft, de afwisseling in hetgeen aan den bodem ten goede komt, vrij groot is, namelijk tusschen 34.5 en 47.0 pct.

Uit Bijlage IX volgt, dat van 1881 tot en met 1895 gemiddeld aan den grond per jaar 297.6 m.M. hoogte toegevoerd is geworden. Dit is per H. A. oppervlakte 2 976 000 L., of per secunde

$$\frac{2\,976\,000}{365\frac{1}{4} \times 24 \times 60 \times 60} = 0.0944 \text{ L.}$$

De gemiddelde jaarlijksche regenval van 1881 tot en met 1895, waarvan is uitgegaan, was 682.38 m.M.

Den werkelijken gemiddelden regenval over een groot aantal jaren vindt men voor elk kwartier in de laatste tabel van Bijlage II.

Door eene evenredigheid kan nu de hoeveelheid die in elk kwartier gemiddeld 's jaars aan den grond toegevoerd wordt, worden gevonden uit deze waarden en de boven uit Bijlage VIII gevonden verhouding. Zoo heeft men voor het Iste kwartier:

$$682.38 : 662.82 \times \frac{35.8}{35.1} = 0.0944 : x,$$

waaruit de hoeveelheid water die gemiddeld per H. A. per secunde aan den bodem van dat kwartier ten goede komt:

$$x = 0.0935 \text{ L.}$$

Hetzelfde voor de overige kwartieren bewerkstelligende, vinden wij voor die hoeveelheid:

Iste kwartier	0.0935 L.
IIde »	0.0924 »
IIIde »	0.0997 »
IVde »	0.0969 »
Vde »	0.1040 »
VIde »	0.0989 »
VIIde »	0.0964 »
VIIIste »	0.0906 »
IXde »	0.0824 »
Xde »	0.0869 »
XIde »	0.0899 »
XIIde »	0.0857 »
XIIIde »	0.0831 »

Het gemiddelde voor geheel Oostelijk Nederland is 0.0924 L. Wij zien hieruit dat het grootste verschil met dit gemiddelde 12.6 pct. is.

Over deze hoeveelheid zal men gemiddeld (over verscheidene jaren rekenende) kunnen beschikken, daarbij aannemende, dat al dit water zich werkelijk in de waterleidingen verzamelt.

Geheel waar is dit evenwel niet, daar er zich altijd, zelfs langs groote rivieren, een stroom door den bodem beweegt. Deze stroom is, gelijk boven reeds werd opgemerkt, meestal

van weinig beteekenis, zelfs kan hij waar ondoorlatende lagen op zijnen weg worden aange-
troffen, nagenoeg nul zijn.

In het algemeen zal de ondergrondsche stroom bij een beek van geringe beteekenis
betrekkelijk grooter zijn dan bij eene rivier door welke het van eene groote oppervlakte af-
komstige water afvloeit. Dit is ook het gevolg daarvan dat de laatste in het algemeen dieper
in den bodem is ingesneden.

Wat hiervan is, kan slechts uit directe meting blijken.

HOOFDSTUK III.

Grootten der stroomgebieden van de kleine rivieren en beken in Nederland.

Indien de in Hoofdstuk II verkregen cijfers omtrent den toevoer dien het grondwater
ondervindt, op eenige nauwkeurigheid aanspraak maken, moeten zij bevestigd worden door
directe meting van de hoeveelheid water, die door de rivieren en beken wordt afgevoerd.
De oppervlakte van het grondwater ligt in het algemeen zóóver onder den bodem, dat daaruit
geen verdamping plaats vindt, zoodat alles wat in den grond trekt, ook naar de beken en
rivieren afgevoerd wordt.

De gemiddelde hoeveelheid water, die in den grond trekt om naar de rivieren en beken
af te vloeien, is in Hoofdstuk II gevonden te zijn 0.0824 à 0.1040 L. per seconde voor elke
H. A. waaruit het stroomgebied bestaat, al naarmate van het gedeelte van Oostelijk Nederland
waar dit gebied gelegen is.

Deze gemiddelde waterafvoer is volstrekt niet de hoeveelheid, welke bij den gemiddelden
waterstand afgevoerd wordt. De reden hiervan is, dat de afvoer bij hooge waterstanden in
sterkere mate toeneemt dan bij lage waterstanden. Het gevolg hiervan is dat die gemiddelde
waterafvoer voorkomt bij een waterstand, hooger dan de gemiddelde.

In eene verhandeling van K. MICHAËLIS (1) komen gegevens voor omtrent den regenval
en den afvoer van de rivieren in het gedeelte van de Pruissische provincie Westphalen,
grenzende aan Gelderland en Overijssel en gelegen tusschen het Teutoburger Woud en den
Haarstrang.

Deze landstreek, het Westphaalsche Bekken geheeten, is, wat betreft den regenval,
volkomen vergelijkbaar met die gedeelten van Nederland waar bevoeiing het eerst en het
meest in aanmerking komt.

MICHAËLIS onderscheidt landen met veel bronnen en groot verhang en land met weinig
bronnen en gering verhang.

(1) Uitkomsten der waarnemingen omtrent den gevallen regen en de afstroming van water in
het Westphaalsche bekken gedurende het tijdvak van 1866 tot 1880, vertaald voorkomende in het Tijdschrift
van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1884—1885, Verhandelingen, enz., blz. 321 en vlgg.