7e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1940

Orgaan der Groep Ned.-Indië van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs,
Maandblad gewijd aan de Techniek en Wetenschap in Ned.-Indië,
waarin opgenomen
*De Waterstaats-Ingenieur,* opgericht in 1913
en
*De Mijningenieur,* opgericht in 1919.

*Commissie van Toezicht:*
jhr. ir. H. S. van Lennep,
ir. W. Holleman,
ir. C. P. J. Süverkropp.

*Commissie van Redactie:*
Voorzitter: prof. ir. P. P. Bijlaard;
Leden: ir. G. Meesters,
dr. ir. Tan Sin Hok.

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Huygensweg 22, Bandoeng.
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng.
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

## I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: De Oost-Borneo-weg, door ir. A. J. J. Dorrenboom. — De toepassing van grondmechanica bij den wegenbouw in Nederland, door prof. ir. A. S. Keverling Buisman. — *Varia.* — *Ontvangen geschriften.* — *Personalia.* — *Kon. Inst. v. Ingenieurs:* Bestuursmededeelingen.

# De Oost-Borneo-weg

door

ir. A. J. J. DORRENBOOM,

Ingenieur bij 's Lands Waterstaat te Balikpapan.

### Inleiding.

De residentie Zuider- en Oosterafdeeling van Borneo, na de residentie Molukken (inclusief Ned. Nieuw-Guinea), de grootste residentie van Nederlandsch-Indië, met een oppervlakte van rond 390 000 km² (Nederland 33 000 km², Java en Madoera 132 000 km²) en een bevolking van meer dan 1 millioen zielen, heeft door haar groote bevaarbare rivieren, uitgestrekte moerassen en oerwouden, een zeer beperkt wegennet.

Dit net van naar schatting 600 km lengte aan wegen van diverse klassen ligt zoo goed als geheel in den uitersten Z.O.-hoek der residentie, n.l. in het achterland van de hoofdplaats Bandjermasin, in de bestuursafdeelingen Bandjermasin en Hoeloe Soengei, de dichtst bevolkte streken der residentie.

Uit de inkomsten, verkregen uit het gedurende 3 jaren tot 1 Januari 1937 in Nederl.-Indië geheven bijzonder uitvoerrecht op bevolkingsrubber, werd een fonds — het z.g. Rubberfonds — gevormd, teneinde te worden aangewend voor de uitvoering van openbare werken binnen de residenties, die dat recht hadden opgebracht.

De voor de residentie Zuider- en Oosterafdeeling van Borneo gereserveerde millioenen waren voor een belangrijk deel bestemd voor de verbetering en uitbreiding van het bestaande wegennet.

Eerste eisch was om van den hoofdverkeersweg Bandjermasin — Martapoera — Kandangan — Amoentai — Tandjoeng — Moeara Oeja (280 km) de daarvoor in aanmerking komende strekkingen bandjirvrij te maken, de verharding te verzwaren, het alignement te verbeteren en de bruggen te permaneeren.

Een tweede hoofdweg in de Noord-Zuid-verbinding n.l. de weg Kandangan — Barabai — Paringin — Tandjoeng wordt als zoodanig ingericht, waarvan het 20 km lange gedeelte Paringin — Tandjoeng momenteel in aanleg is.

In de opgemaakte plannen tot uitbreiding van het wegennet waren opgenomen het scheppen van nieuwe verbindingen, ten eerste met de Oostkust (Tanah Grogot — Balikpapan en Samarinda) en voorts met het binnenland (Moeara Tewe, Poeroek Tjahoe) en met de residentie Westerafdeeling van Borneo (van Moeara Tewe via Koeala Koeroen naar Kota

Baroe — Nangapinoh, alwaar aansluiting zal worden verkregen met het wegennet in die residentie).

Na uitgebreide en moeizame tracéverkenningen in Borneo's oerwouden zijn momenteel in aanleg de wegen: Ampah — Moeara Tewe (140 km);
Moeara Tewe — Poeroek Tjahoe (60 km);
Moeara Oeja — Tanah Grogot — Balikpapan — Samarinda (500 km).

Deze laatste weg, Oost-Borneo-weg genoemd, zal dus niet alleen een rechtstreeksche verbinding vormen tusschen Bandjermasin en de Oostkust, doch verwacht wordt, dat deze weg ook een basis zal zijn voor de verdere openlegging en ontwikkeling van Oost-Borneo.

## De financiering.

De weg is voor de eene helft (270 km) gelegen binnen z.g. Gouvernements- of rechtstreeks bestuurd gebied, voor de andere helft (225 km) binnen het gebied van het zelfbesturende Landschap (Sultanaat) Koetai.

De financiering van den wegaanleg is verschillend voor ieder dezer helften.

Het gedeelte op Gouvernementsgebied wordt gefinancierd uit het Rubberfonds. Voor dezen wegaanleg is een bedrag van 4,65 millioen gulden gereserveerd.

De eindigheid van dit Rubberfonds, dat wegens het opheffen van het bovengenoemde bijzonder uitvoerrecht over geen verdere inkomsten meer beschikt, legt de verplichting op om dit werk tot stand te brengen binnen het kader van het daarvoor gereserveerde bedrag.

Behalve de kosten voor den eigenlijken wegaanleg worden uit de Rubbergelden nog betaald de „overheadkosten", waaronder vallen de kantoor- en opnamekosten en de salarieering van het geheele personeel (inclusief de technische staf).

Een ander beeld geeft de financiering van den wegaanleg binnen het Landschap Koetai.

Dank zij de royalties van de Bataafsche Petroleum Maatschappij met haar uitgestrekt oliewinningsbedrijf tusschen de Mahakam-delta en Balikpapan, beschikt het Landschap Koetai over zeer ruime inkomsten.

Door deze inkomsten is deze wegaanleg mogelijk geworden.

Uitgetrokken werd een bedrag van 5 millioen gulden.

De „overheadkosten" worden ook door het Landschap betaald.

De uitgaven van den wegaanleg worden op de gebruikelijke wijze verwerkt in de jaarbegrooting van het Landschap, welke begrooting wordt vastgesteld door den Resident der Zuider- en Oosterafdeeling.

## Het tracé.

Zooals reeds vermeld, werd het definitieve tracé bepaald na langdurige en moeizame verkenningen, welk pionierswerk door verschillende ingenieurs en opnemers van den Waterstaat tot stand werd gebracht.

Van het te doortrekken, grootendeels met oerbosch bedekte, gebied bestonden slechts globale kaarten; eenige triangulatiepunten, de sporadische bevolkingspaden en de met nummerplaatjes gemerkte triangulatie-rintissen (boschdoorkappen) der B.P.M. gaven orientatiebases voor verdere opnamen.

Over de geologische gesteldheid werden rapporten uitgebracht door ir. A. Harting, mijningenieur

bij het Bureau „Geologisch-technische onderzoekingen" van den Dienst van den Mijnbouw.

Vanaf Moeara Oeja tot Batoesopang (85 km) wordt een daltracé gevolgd, dat tusschen eerstgenoemde plaats en Moeara Langoen op 230 m hoogte (Batoebabipas) de waterscheiding kruist tusschen de Hoeloe Soengei en de Oostkust.

Tusschen Moeara Oeja en Moeara Langoen wordt voornamelijk een grillige formatie van zand- en kleisteenen van eocenen ouderdom doorsneden, waarin de rivieren zich slingerende en labiele beddingen hebben uitgeschuurd.

In de Batoebabi-pas treden conglomeraten en kalksteenbanken uit het Krijt aan den dag.

Het weggedeelte Moeara Langoen — Batoesopang volgt hoofdzakelijk de Kendilo-rivier.

Het dal dezer rivier bestaat grootendeels uit jong tertiaire gesteenten n.l. pliocene zand- en kleisteenen, doorspekt met talrijke koollagen. Plaatselijk komen miocene kalken aan den dag (dolinen-gebieden).

De bovenbeschreven topografische en geologische gesteldheid van het terrein stempelt dit tracé tot een der moeilijkste voor de uitvoering. Een gedetailleerd geologisch vooronderzoek zal hier noodig zijn om de ligging van den weg veilig te stellen.

Bij Batoesopang (kampong Semborong) wordt de 60 m breede Kendilo-rivier gekruist.

Het weggedeelte Batoesopang — Soengei Rijeh (23 km), momenteel in uitvoering, wordt een bergweg met eenige 10%-hellingen, welke het bergmassief van de G. Bolang (andesieten, geflankeerd door zand- en kleisteenen aan de westzijde en serpentijnen aan de oostzijde) op rond 330 m hoogte oversteekt.

Het weggedeelte langs de kust (tot de Balikpapanbaai) doorsnijdt hoofdzakelijk een flauw geaccidenteerd heuvelland, in bonte afwisseling samengesteld uit jong-tertiaire zand- en kleisteenen en mergels.

Plaatselijk komen kalksteenbanken aan den dag o.a. bij Lolo, ten noorden van Longkali, Riko en Pemaloean.

Bij Longkali wordt de 70 m breede Telakai-rivier gekruist.

Ten zuiden van Longkali worden de vele op de Adangbaai uitmondende rivieren overgestoken.

De weg Balikpapan — Samarinda (130 km) komt te liggen in jong-tertiaire formaties, welke in het algemeen geen gunstigen ondergrond voor een weg vormen.

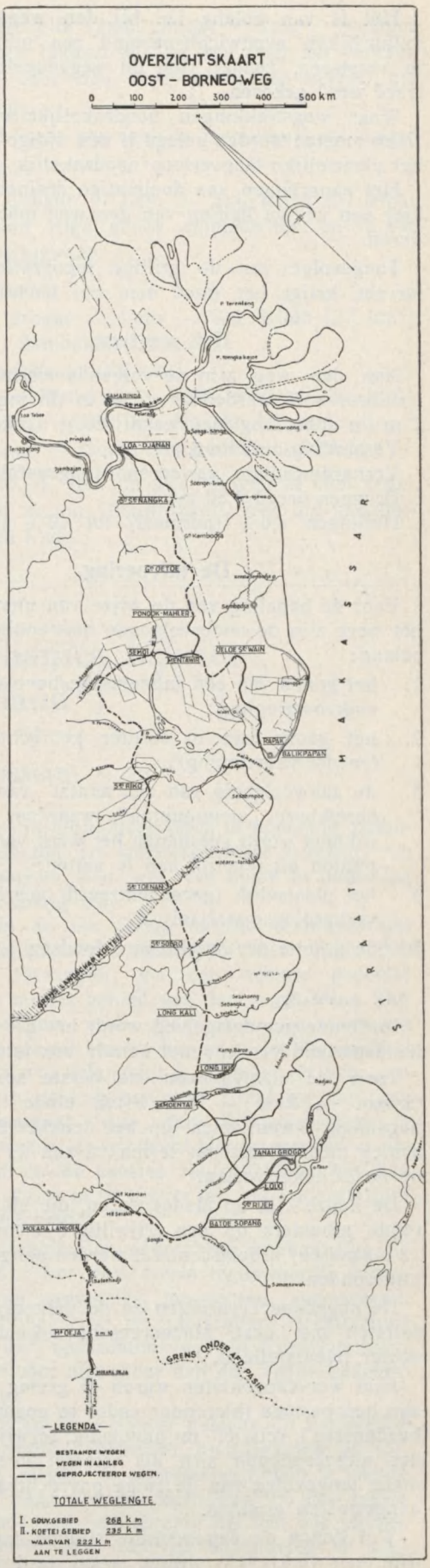
Al naar gelang van den ouderdom onderscheidt men drie lagen, welke onderling karakteristieke verschillen vertoonen.

De oudste lagen, het verst van de kust gelegen, bestaan hoofdzakelijk uit min of meer vaste zand- en kleisteenen met plaatselijke voorkomens van kalksteen (bijv. bij Mentawir).

De hieropvolgende jongere lagen bestaan uit zachtere zand- en kleisteenen, plastische klei, veel kool en plaatselijke voorkomens van zand. Geen materiaal voor steenslag is te verwachten.

De jongste lagen bestaan hoofdzakelijk uit plastische klei met zand en jonge bruinkool.

Deze klei vertoont een sterk schuifkarakter (grondmonsteronderzoek).



Het is van belang i.c. bij den wegaanleg den natuurlijken evenwichtstoestand zoo min mogelijk te verstoren, zoodat voor dit weggedeelte een rugtracé werd gekozen.

Waar wegstrekkingen noodzakelijkerwijze op de flank moeten worden gelegd is een tijdige kennis van het plaatselijke laagverloop noodzakelijk.

Het aanbrengen van doelmatige draineeringen zal hier een veilige ligging van den weg moeten bevorderen.

Tengevolge van de grillige topografie van het terrein, krijgt het tracé een vrij bochtig verloop.

## Het wegtype.

Aan den weg zijn de volgende eischen gesteld: Kruinsbreedte aardebaan 5,50 m (in ingraving) en 7 m (in ophooging incl. wegdijkjes);
Verhardingsbreedte 3 m;
Verhardingsdikte varieerend (ongeasfalteerd);
Bruggen breed 4,50 m;
Hellingen 6,6% (normaal) tot 10% (maximaal).

## De uitvoering.

Voor de bepaling van de wijze van uitvoering van het werk zijn de ondervolgende omstandigheden van belang:

1. het gemis van een inheemsche bevolking (werkvolkvoorziening);
2. het gemis van in cultuur gebrachte gronden (voedselvoorziening);
3. de aanwezigheid van een aantal „van buitenaf" bereikbare „steunpunten", waardoor de mogelijkheid wordt geschapen het werk van meerdere punten uit tegelijk aan te vatten;
4. het plaatselijk (geconcentreerd) voorkomen van verhardingsmateriaal;
5. de grootte der beschikbare fondsen.

*Ad 1. en 2.*

In Gouvernementsgebied wordt het grondverzet in handenarbeid verricht met behulp van importkoelies.

Toen de aanleg van de eerste sectie Tanah Grogot — Lolo — Sei Rijeh einde 1937 werd begonnen, kwam men op het denkbeeld den wegaanleg mede dienstbaar te maken aan de kolonisatie op de Buitengewesten.

De keuze viel op Madoereezen, die als koloniseerende arbeiders op een vrijwillig 6-maandsch (later 12-maandsch) arbeidscontract werden aangenomen en uitgezonden.

De opgedane ervaringen en de verkregen werkresultaten met deze Madoereesche arbeiders waren echter teleurstellend.

Hun werkcapaciteiten waren te gering en dus de aan hen bestede (hieronder nader te noemen) „overheadkosten" relatief te ongunstig, terwijl geen een der uitgezondenen zich als kolonist bleef vestigen, mede tengevolge van de ruige onvruchtbaarheid der aangetroffen gronden.

Wel liepen de dagprestaties tijdens den contracttijd, door verkregen routine, op en werd de lichamelijke gesteldheid tengevolge van de goede voeding en de medische contrôle zienderoogen beter, doch niettemin bleken deze dagprestaties voor den wegaanleg niet „efficient".

Bovendien verminderde de animo in Madoera voor dit werk sterk, zoodat naar een andere oplossing moest worden omgezien.

Momenteel zijn de eerste ploegen Soendaneesche grondverzetters aan het werk, die — naar het zich laat aanzien — bevredigende resultaten zullen geven.

De bovengenoemde „overheadkosten" voor het grondverzetwerk omvatten, behalve de uitzendingskosten, nog de uitgaven voor een compleet ingericht hospitaal en ziekenbarak met mantri's-verpleger te Tanah Grogot, de voedseltoko's en de koeliepondoks op het werk, de verstrekking van klamboe's, vaatwerk en werkgereedschap aan iederen arbeider, de medische behandeling en voorziening.

Geregeld werd atebrin (later kinine) prophylactisch tegen malaria toegediend; het in de toko's verkrijgbare voedsel stond wat prijs, kwaliteit en hoeveelheid betreft onder contrôle van de Waterstaatsdirectie van het werk.

Het grondverzet op de in aanleg zijnde wegsecties in het Koetai-gebied geschiedt geheel op machinale wijze.

De Nederlandsche Aanneming Maatschappij (Nedam), heeft voor den aanleg van de wegsectie Loa Djanan — G. Sei Nangka International Harvester-materieel in gebruik. Over deze 27 km lange sectie moet in totaal rond 470 000 $m^3$ grondverzet (in ophooging en in ingraving) worden verricht.

De Hollandsche Beton Maatschappij, welke de uitvoering van de wegsectie Balikpapan — Oeloe Soengei Wain (30 km) en Semoi — Pondok Mahler (21 km) toegewezen kreeg, heeft Caterpillar-materieel in gebruik. Over deze strekkingen moet resp. rond 245 000 $m^3$ en 560 000 $m^3$ grondverzet (in ingraving en in ophooging) worden verricht.

De N. V. Volker Aanneming Maatschappij heeft voor de uitvoering van de wegsectie Riko — toenan eveneens Caterpillars in bedrijf.

*Ad 3.* Als steunpunten (werkcentra) voor den wegaanleg komen in aanmerking: Moeara Oeja, Batoesopang (aan de Kendilorivier), Tanah Grogot, Longkali (aan de Telakei-rivier), Riko, Semoi en Balikpapan (rondom de Balikpapanbaai) en Loa Djanan (aan de Mahakam-rivier en den bestaanden weg Samarinda — Tenggarong).

Al deze steunpunten zijn met land- of watertransportmiddelen te bereiken onafhankelijk van de vorderingen van den wegaanleg.

*Ad 4.* Het slechts plaatselijk voorkomen van geschikt verhardingsmateriaal voor den weg, maakt het noodzakelijk te rekenen niet alleen op lange transportafstanden, doch ook op zware transportbelastingen tijdens de uitvoering op de pas aangelegde aardebaan.

Bij het „eigenbeheerswerk" op de Tanah Grogotsecties wordt voor het vervoer van het verhar-

dingsmateriaal gebruik gemaakt van een 2-tal Caterpillar-dieselsleepers (op rupsbanden) en een International-Harvester-wielsleeper met, naar gelang van de behoefte, rupsband- of wielaanhangers.

De lichtere, z.g. algemeene transporten, geschieden met benzinetractie (vrachtauto's).

De steenbanken treden — buiten het gebied van de Kendilo en Oeja-rivieren — slechts plaatselijk aan den dag en wel bij Lolo, Longkali, Riko, Pemaloean en Mentawir.

Zand en grind komt voor in de Kendilo, in de rivieren uitmondende in de Adangbaai, in de Telakai, Sei. Riko, Sei. Semoi en Sei. Loa Djanan; heuvelzand slechts sporadisch in den vorm van zandheuvels bij Balikpapan, Mentawir en Loa Djanan.

*Ad 5.* Hierover werd reeds onder „de financiering" het noodige vermeld.

De huidige uitvoeringsplannen voorzien in de totstandkoming van den weg Balikpapan — Samarinda in 4 jaar na 1 Januari 1940 en in 5 à 6 jaar van de weggedeelten Semoi — Lolo — Moeara Oeja.

Het weggedeelte Tanah Grogot — Lolo — Soengei Rijeh werd in Januari van dit jaar voor het verkeer opengesteld door den Gouverneur van Borneo, dr. B. J. Haga.

De stand van het werk is momenteel als volgt:

*Gereed:*

a. Tanah Grogot — Lolo — Sei. Rijeh (27 km);
b. Steunpunt Riko annex emplacement en 3½ km hulptoegangsweg.

*In uitvoering:*

a. Tanah Grogot — Lolo — Sei. Rijeh (27 km);
b. Lolo — Samoentai (33 km);
c. Riko — Toenan (24 km);
d. Semoi — Mentawir — Pdk. Mahler (21 km);
e. Loa Djanan — G. Sei. Nangka (27 km);
f. Balikpapan — Oeloe Soengei Wain (30 km);

Voor 1940 is voor de uitvoeringen in Gouvernementsgebied 4 ton uitgetrokken, voor die in Landschapsgebied 8 ton.

# De Toepassing van Grondmechanica bij den Wegenbouw in Nederland*)

door

prof. ir. A. S. KEVERLING BUISMAN.

Met genoegen wil spreker trachten in kort bestek een en ander mede te deelen over de hem van nabij bekende toepassing der grondmechanica op wegenbouwvraagstukken in Nederland; met des te meer genoegen heeft hij aan de uitnoodiging van het Bestuur der N.I.W.V. gevolg gegeven, omdat hij zoodoende mag spreken voor technici en in de techniek belangstellenden uit het land, waar hij de eerste zelfstandige schreden op technisch gebied mocht zetten.

In Holland wordt door spreker nauw samengewerkt met het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft, waarvan hij oprichter en thans lid van het Dagelijksch Bestuur is. Zijn contact met dit laboratorium is, nog afgezien van de genoemde bestuursfunctie, tweevoudig. Ten eerste is er contact, indien door spreker technische adviezen worden gegeven en het Laboratorium naar zijn aanwijzingen en in overleg met hem bepaalde punten onderzoekt. En ten tweede, als er door dat Laboratorium, d.w.z. onder leiding van den Directeur ir. T. K. Huizinga en zijn staf van ingenieurs en andere technici onderzoekingen worden verricht, die door spreker als docent voor grondmechanica aan de T. H. worden gevolgd. Dit onderscheid doet hier intusschen niet ter zake en spreker zal in het ondervolgende eenvoudigheidshalve in het midden laten of bepaalde methoden, denkbeelden en werkwijzen van hemzelf, van het Laboratorium dan wel van beide in onderling overleg, afkomstig zijn.

Gedurende de zes jaren, dat het Laboratorium voor Grondmechanica bestaat, werden ruim 600 opdrachten ontvangen; ca. een achtste gedeelte daarvan ligt op het gebied van den wegenbouw. Dat de belangstelling voor grondmechanica-onderzoek reeds in de eerste jaren na de oprichting van het Laboratorium zoo belangrijk is gebleken, is voor een groot deel te danken aan een circulaire van den Directeur-Generaal van den Rijkswaterstaat in Nederland, waarin de aandacht werd gevestigd op de mogelijkheid om ten aanzien van problemen van den ondergrond advies in te winnen bij het Laboratorium voor Grondmechanica.

De meerderheid der opdrachten is ingevolge de uitbreiding van het werkterrein tegenwoordig echter afkomstig van provincies, gemeenten, spoorwegen, groote maatschappijen en particuliere architecten; het aantal der opdrachten van den Rijkswaterstaat afkomstig beloopt niet meer dan een vijfde gedeelte van het totaal.

De problemen, voor zoover gelegen op het gebied van den wegaanleg, betreffen hoofdzakelijk de uitvoering van wegen en wegverbreedingen in slappe terreinen. Telkens doen zich daarbij de zelfde moeilijkheden voor en spreker zal dan ook slechts den algemeenen aard daarvan behandelen en niet elken weg afzonderlijk noemen.

*) Voordracht gehouden voor de 16de Algemeene Vergadering der Nederlandsch-Indische Wegenvereeniging te Bandoeng op 13 April 1940, met de leden van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs als genoodigden.

Ten einde aan het wegverkeer een effen en draagkrachtig wegdek te kunnen bieden, moeten de twee volgende problemen worden onder oogen gezien:

*Probleem A* (wegdek).

Er mogen geen plaatselijke inzinkingen tengevolge der wieldrukken plaats vinden. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tusschen probleem $A_1$ (*fig. 1*), waarbij oppersingsgevaar (evenwichtverstoring) wordt bestudeerd en probleem $A_2$ (*fig. 2*), waarbij de verdichting (samendrukking) wordt in beschouwing genomen.

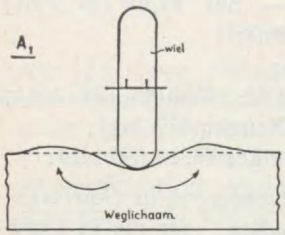



*Fig. 1. Oppersing (evenwichtsverstoring).*

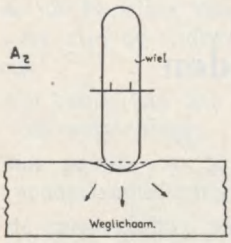



*Fig. 2. Verdichting (samendrukking).*

Ook bij de herhaalde belastingen en ontlastingen, die kenmerkend zijn voor alle verkeersbelastingen, mogen deze plaatselijke inzinkingen niet in hinderlijke mate worden veroorzaakt.

Indien er een kunstmatig weglichaam van eenige dikte is, komt de aard van den ondergrond bij probleem A nauwelijks in het geding.

*Probleem B* (weglichaam en ondergrond).

Eveneens mogen er geen ernstige verzakkingen plaats vinden, noch tengevolge van afschuiving en oppersing (Probleem $B_1$ — *fig. 3*), noch tengevolge van plaatselijke verdichting en vervorming (Probleem $B_2$ — *fig. 4*).

Bij probleem B speelt het eigen gewicht van het weglichaam een belangrijke rol, daar het meestal betrekkelijk groot is en bovendien continu werkt. De invloed van het verkeersgewicht valt daartegenover dikwijls te verwaarloozen, daar dit vaak gering is t.o.v. het gewicht van het weglichaam, het bovendien slechts kortstondig werkt en eerst optreedt nà voltooiïng van den weg.

Zou bij probleem $B_2$ de verdichting volkomen gelijkmatig zijn, dan zouden geen moeilijkheden optreden, tenzij de weg op den duur te laag zou komen te liggen en derhalve spoedig een nieuwe ophooging daarvan zou moeten plaatsvinden. Op dit laatste punt wordt later nog uitvoerig teruggkomen.

In het Laboratorium voor Grondmechanica is probleem A zelden aan de orde gesteld, daar door de wegtechnici meestal wordt vastgehouden aan in vroegere overeenkomstige gevallen doeltreffend gebleken oplossingen van het wegdekprobleem. In Holland behoort de bestudeering van dit probleem, voor zoover het de Rijkswegen betreft, tot het werkterrein van het Rijkswegenbouw-laboratorium. Wel meent spreker, dat ook ten aanzien van het vraagstuk

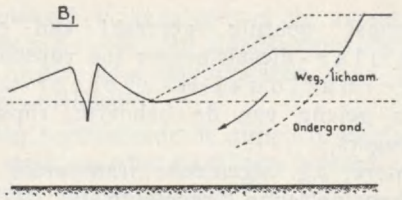



*Fig. 3. Oppersing (evenwichtsverstoring).*

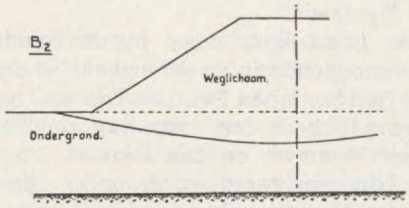



*Fig. 4. Verdichting (samendrukking).*

der drukoverbrenging door het wegdek en van de ondersteuning daarvan, langs theoretischen weg belangrijke aanwijzingen zouden kunnen worden verkregen. Toch zal naar zijn meening in dezen wel steeds het laatste woord aan het experiment dienen te worden gelaten, aangezien men steeds met herhaalde belastingen te maken heeft en het moeilijk is de verkeersinvloeden nauwkeurig na te bootsen.

Het probleem B doet zich meestal voor bij wegen op slappen grond en het is dan ook voornamelijk dit *probleem B*, dat in het Laboratorium voor Grondmechanica wordt onderzocht en dat hier verder uitsluitend zal worden behandeld.

Soms gold het onderzoek daarbij alleen het weglichaam, soms alleen den ondergrond, doch veelal beide tezamen.

*Weglichaam.*

Hieromtrent wordt veelal, als er een keuze gedaan kan worden, de vraag gesteld, welke grond tot vorming van het weglichaam de meest geschikte is. Is bijv. ophooging met aan te voeren zand vereischt, of kan de uitgegraven grond van een kanaal, dat langs den weg loopt, gebruikt worden? Bij de beantwoording van deze vragen komt al dadelijk het laboratorium-onderzoek aan de orde.

Betreffende dit laboratorium-onderzoek wil spreker volstaan met het noemen der verschillende apparaten, welke gebruikt worden, zonder er een uitvoerige beschrijving van te geven, waarvoor naar de literatuur moge worden verwezen *).

In het samendrukbaarheidsapparaat wordt een onderzoek ingesteld naar de samendrukbaarheidseigenschappen van den grond. Onder toenemende verticale belastingen worden de daarbij optredende vervormingen zeer nauwkeurig gemeten; uit de uitkomsten kunnen de onder het gewicht van het

*) Voor de Delftsche apparatuur en voor den loop van het onderzoek te Delft naar een dezer dagen bij de uitgeverij W a l t m a n te Delft van de hand van spreker verschijnend Leerboek voor Grondmechanica; naar de „Proceedings of the Internat. Conference on Soil mechanics", in 1936 te Cambridge gehouden, Deel II, blz. 3-12 en naar: „Normale proeven op Grondmonsters in het L.v.G. te Delft" door ir. L. d e B e e r, *Tijdschrift der Openbare Werken van België*, Febr. 1938.

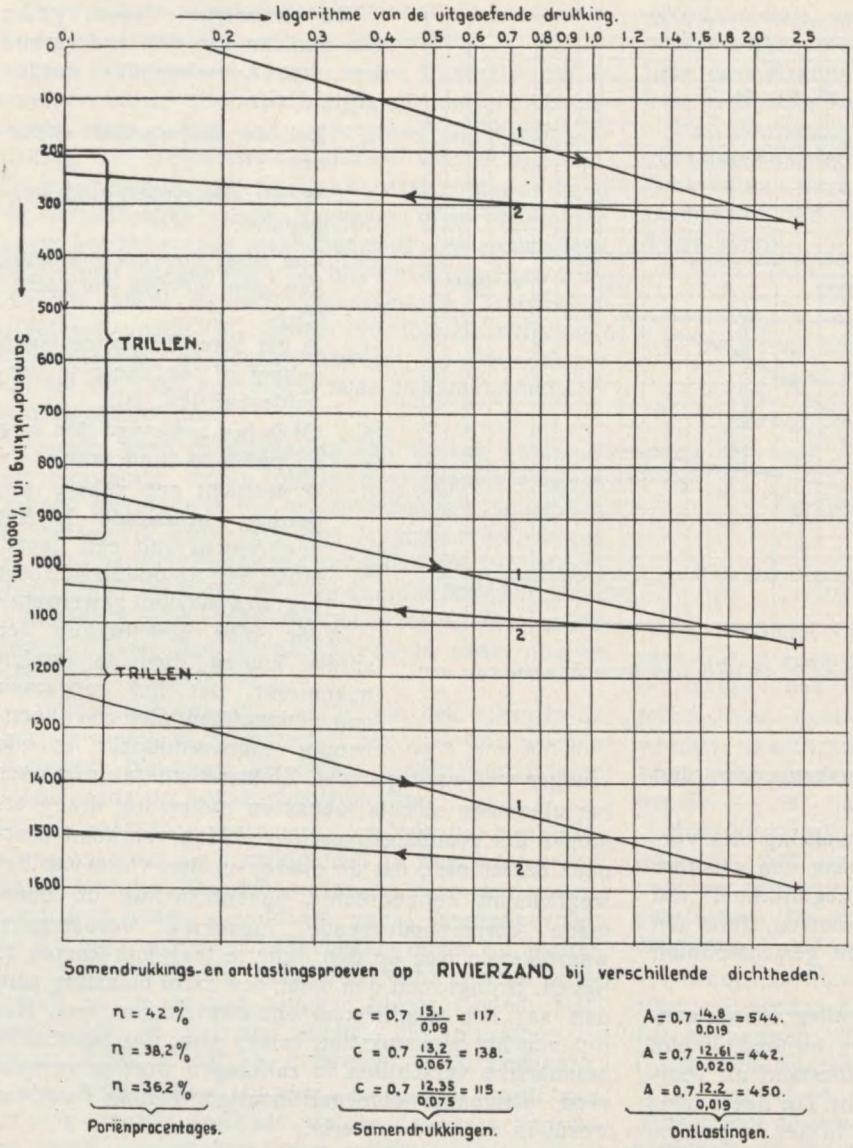



*Fig. 5. Samendrukkings- en ontlastingsdiagram van een zandsoort.*

weglichaam en het verkeer te verwachten samendrukkingen worden afgeleid.

De inwendige wrijvingshoek en de cohaesie kunnen bepaald worden in het schuiftoestel en in het celapparaat. In dit laatste toestel wordt het grondmonster eveneens verticaal belast, doch zijdelings gesteund door wisselenden waterdruk.

Ook de doorlatendheid en de capillaire stijghoogte, beide grootheden die van grooten invloed zijn op de bruikbaarheid van het ophoogingsmateriaal, kunnen in het Laboratorium worden bepaald.

Aan den wand zijn verschillende teekeningen van de gebruikte apparaten opgehangen en tevens de diagrammen, welke met behulp van deze toestellen ten aanzien van bepaalde grondmonsters zijn bepaald. Van dergelijke diagrammen zijn er reeds duizenden in het Laboratorium vervaardigd.

Als voorbeeld van een samendrukkings- en ontlastingsdiagram wordt hier *fig. 5* afgedrukt; als voorbeeld van een onderzoek naar wrijvingseigenschappen *fig. 6*.

Een nieuw punt, dat van groot belang is, betreft de kritische dichtheid van zand, i.v.m. het gevaar voor het optreden van een z.g. zettingsvloeiing. Deze kritische dichtheid wordt bepaald door na te gaan, of er bij vervorming der massa in een bepaalde nauwkeurig bekende graad van dichtheid een volumetoeneming dan wel een -afneming plaats heeft. Is vochtig zand bijv. los gestort, dan is een holle ruimte van ca. 50% of meer aanwezig en bevindt dit zand zich in een toestand van dichtheid, gelegen beneden de kritische. Wanneer dit zand met water verzadigd is en er vindt daarin onverhoopt een evenwichtsverstoring plaats, dan zal het volume der zandmassa onder die omstandigheden willen afnemen. Het water zal dan, indien dit niet snel kan ontwijken, onder druk komen te verkeeren en dus een grooter gedeelte van de totale belasting opnemen, waardoor de wrijvingsweerstand in de korrelmassa, die blijkens het optreden der eerste verstoring reeds tekort schoot, nog kleiner zal worden, hetgeen uiteraard tot een ernstige catastrophe aanleiding kan geven. Dit is het geval geweest bij tal van belangrijke grondstortingen in Nederland en daarbuiten. In recente gevallen kon worden aangetoond dat daarbij de dichtheid van het zand beneden de kritische dichtheid gelegen was.

Als voorbeeld van de uitkomsten van een onderzoek naar de kritische dichtheid van een bepaalde zandsoort wordt hier *fig. 7* afgedrukt. In dit geval komt een dichtheid van 60% (40% poriënvolume) voor een drukking van 0,51 kg/cm² ongeveer met de kritische dichtheid overeen.

Ook voor waterkeerende wegen, bestaande uit een zandlichaam, is dit punt van belang. Een tijdelijk hoogere waterstand kan bijv. de oorzaak zijn van een primaire evenwichtsverstoring. Indien dan de dichtheid van het zand te klein is, wordt in dat geval de wrijving tusschen de korrels tijdens de beweging kleiner en is bezwijking van het zandlichaam mogelijk.

Ook in verschillende andere gevallen is een te geringe dichtheid van het zand de oorzaak geweest van catastrophen of tegenvallers.

Kunstmatige verdichting van het zand zal dus dikwijls noodig zijn. De samendrukbaarheid neemt daardoor bovendien af en de wrijvingsgrootheden, die

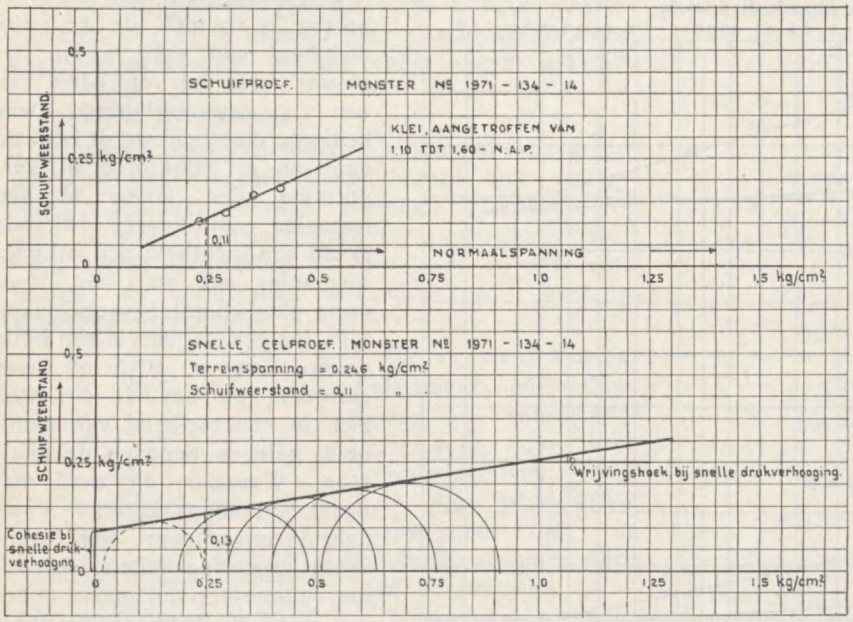



*Fig. 6. Voorbeeld van een onderzoek naar de wrijvingseigenschappen van een kleisoort.*

weer van invloed zijn op de evenwichtskansen, worden gunstig beïnvloed.

Het Laboratorium heeft de uitwerking van verschillende hulpmiddelen ter verkrijging van grootere dichtheid bestudeerd en bij de mogelijkheid van keuze tusschen verschillende grondsoorten, deze aan de hand der verschillende genoemde gezichtspunten onderling vergeleken.

Oorspronkelijk is bij den wegenaanleg weinig aandacht aan de dichtheid van het zand besteed. Veelal werd het zand alleen in vochtigen toestand uit voertuigen, gestort en niet verder verdicht. Dit heeft soms aanleiding gegeven tot golfvorming in het wegoppervlak en tot extra zetting bij voegen in het wegdek. Opspuiten van het zand is in 't algemeen beter dan vochtig deponeeren uit voertuigen, daar dan reeds direct een grootere dichtheid kan worden verkregen.

Ten einde het gevaar voor oppersing van den ondergrond te voorkomen is men er soms toe overgegaan een weglichaam met een gering eigen gewicht te vervaardigen, bijv. door het toepassen van hoogoverslakken of turfmolmpaketten.

Hiermede zijn wij tevens tot een belangrijk probleem aangeland, n.l. dat van den ondergrond.

*Ondergrond.*

De ondergrond, welke een rol speelt bij de problemen $B_1$ en $B_2$ heeft in Holland terecht veelal een slechte reputatie.

De stereotype vragen, welke ten aanzien van den ondergrond aan het Laboratorium worden gesteld zijn:

1. Zal de ondergrond oppersen? ($B_1$)
2. Wordt alle ondergrond weggeperst?
3. Zoo niet, hoeveel nazetting kan dan worden verwacht? ($B_2$)
4. Is het beter de slappe lagen geheel of ten deele te verwijderen? ($B_1$, $B_2$).
5. Of is het gewettigd den weg op palen te fundeeren?
6. Is wellicht een zekere wapening, bestaande in het aanbrengen van een „zinkstuk" aan de onderzijde van het weglichaam gewenscht?

Waar hier zinkstukken ter sprake komen, dient te worden opgemerkt, dat het toepassen van zinkstukken niet zoo'n eenvoudig „toovermiddel" is als vroeger wel werd gedacht. Zinkstukken zal men over het algemeen slechts toepassen indien het draagvermogen der grondlagen gering is. Men voorkomt daardoor echter niet, dat de daarop in den vorm van het weglichaam aangebrachte bovenbelasting de daarmede correspondeerende inzakking veroorzaakt, waardoor de weg op den duur te laag kan komen te liggen. Brengt men dan weer een extra-belasting aan, dan zal het weglichaam opnieuw zakken, enz. Het nut van het zinkstuk kan echter zijn, dat plaatselijk belangrijke verschillen in zakkingen worden voorkomen, aangezien een gelijkmatiger zetting daardoor wordt in de hand gewerkt.

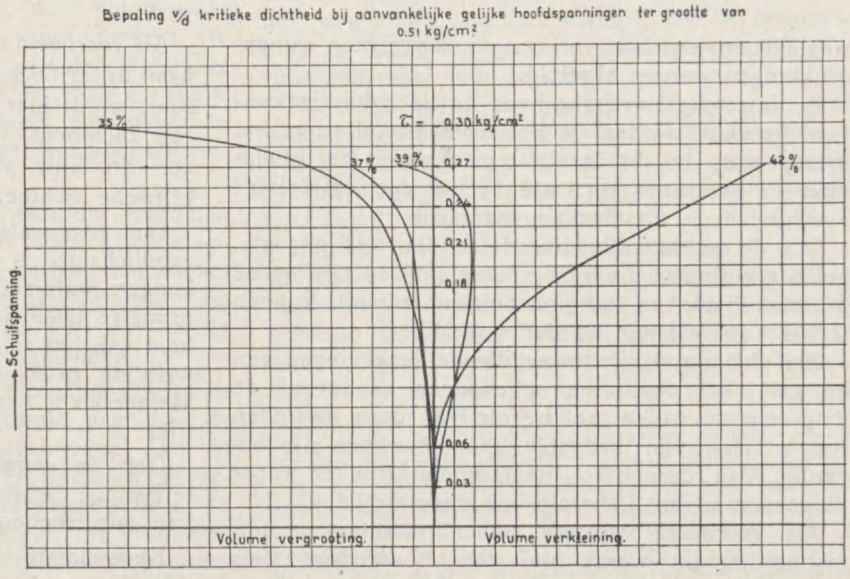



*Fig. 7. Voorbeeld van een onderzoek naar de kritische dichtheid van een zandsoort.*

Op welke wijze wordt het onderzoek tot beantwoording der vermelde vragen nu ingericht?

In de eerste plaats kunnen in het Laboratorium de samendrukbaarheids-, wrijvings- en doorlatendheidseigenschappen van den ondergrond onder gebruikmaking van ongeroerde monsters worden bepaald. Op grond van de uitkomsten kan daarna aan de hand van berekeningen worden nagegaan, of te verwachten is, dat het ontworpen weglichaam op den aanwezigen ondergrond in evenwicht zal blijven. Dus of geval $B_1$ dan wel geval $B_2$ zich zal voordoen. Tijdens de uitvoering speelt $B_1$, beheerscht door de wrijvingseigenschappen, de voornaamste rol, na gereedkomst van het werk $B_2$, beheerscht door de samendrukbaarheidseigenschappen.

Vroeger vond de uitvoering van werken veelal in een langzamer tempo plaats dan tegenwoordig. In verband hiermede is het grondmechanisch onderzoek zoo belangrijk geworden. Hoe langzamer het tempo zal zijn, waarin belastingen op grond worden aangebracht, hoe gunstiger de voorwaarden worden, daar de dichtheid en de inwendige wrijving van den grond toenemen met den na het opbrengen eener nieuwe belasting verloopen tijd.

Aan het Laboratorium wordt dan ook dikwijls de vraag gesteld, in welk tempo het werk kan worden uitgevoerd. Naarmate het tempo sneller wordt, is er grooter kans op evenwichtsverstoring.

Soms heeft men met succes getracht het tempo op te voeren, door z.g. „zandpalen" in den ondergrond aan te brengen. Daarbij perforeert men den ondergrond met gaten gevuld met zand. Dientengevolge kan het ingevolge de bovenbelasting onder z.g. hydrodynamische spanning gebrachte water sneller wegvloeien en de zetting vlugger plaats vinden. Dan neemt ook de wrijving sneller toe, waardoor er minder kans is dat het evenwicht wordt verstoord.

Het verloop van de waterspanningen wordt met het oog daarop somtijds tijdens de uitvoering van een werk gecontroleerd met waterspanningsmeters. Blijkt de spanning te hoog op te loopen, dan moet het werktempo zooveel worden vertraagd, als de ingestelde berekeningen uitwijzen.

Wat de kwestie der zettingen (probleem $B_2$) betreft kan de zetting die nog optreedt nadat, al dan niet, groote zakkingen (volgens $B_1$) hebben plaats gevonden aan de hand van de uitkomsten van samendrukkingsproeven, worden nagegaan. Zij bestaan voor de zeer samendrukbare grondsoorten als klei en veen in tegenstelling tot zand, uit een binnen een betrekkelijk kort tijdsverloop optredend gedeelte en voorts uit eeuwen lang toenemende zettingen. Deze laatste, door ons genoemd de seculaire zettingen, verloopen recht evenredig met de logarithme van den na de belasting verloopen tijd. Op dit punt heeft het Laboratorium te Delft zich in 't bijzonder gespecialiseerd.

Tallooze zettingsdiagrammen zijn bepaald voor uiteraard dunne grondmonsters, die gedurende langen tijd werden waargenomen, doch ook voor de dikke samendrukbare grondlagen waaruit de door de weglichamen belaste ondergrond is samengesteld.

Het verband tusschen het gedrag van dunne grondmonsters aan het terrein ontleend en het gedrag der dikke terreinlagen werd nagespeurd, zoowel theoretisch als ook practisch in het terrein (proefwegvakken).

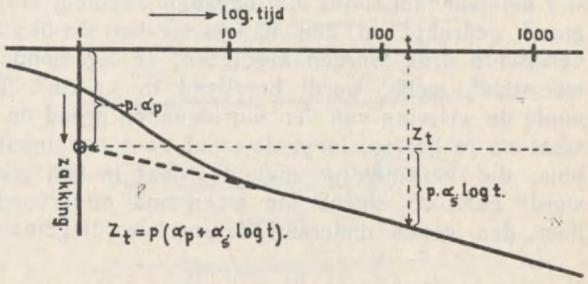



*Fig. 8. Voorbeeld van een zettingsdiagram.*

Aan de hand van aldus bepaalde zettingsdiagrammen (*fig. 8* geeft hiervan een voorbeeld) valt ook af te leiden, hoe de zakking zal verloopen, indien telkens extra ophoogingen op den ondergrond moeten worden aangebracht, aangezien de eerste zettingen soms zeer groot zijn, bijv. — om de gedachten te bepalen — na 1 jaar soms 1 meter en meer zakking.

Men verkrijgt dan, het Laboratorium-jargon gebruikend, een z.g. zaag-diagram, waaruit de tijdsperioden tusschen opeenvolgend vereischte ophoogingen blijken (*fig. 9* geeft een voorbeeld van zulk een diagram).

Uit het monsteronderzoek in het Laboratorium kan aldus een zettingsprognose worden afgeleid (probleem $B_2$) en kunnen ook de evenwichtskansen (probleem $B_1$) worden voorspeld.

Ten einde de laboratorium-resultaten te kunnen toetsen aan de practijk, is het echter noodzakelijk de zettingen op wegproefvakken te bepalen en die te vergelijken met de voorspelde zettingen. Over het algemeen blijkt, dat er een behoorlijke overeenstemming bestaat tusschen laboratorium- en practijkuitkomsten.

Indien over groote afstanden wegen worden aangelegd, is het uiteraard te bewerkelijk, om over het heele traject grondmonsters te nemen en te onder-

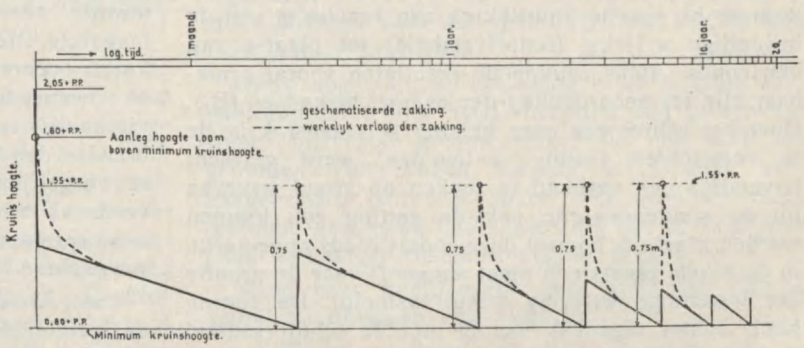



*Fig. 9. Voorbeeld van een „zaag-diagram", waaruit de tijdsperioden tusschen opeenvolgend vereischte ophoogingen blijken.*

zoeken. In dat geval kan met voordeel de inschakeling plaats vinden van een eenvoudig hulpmiddel in den vorm van het sondeertoestel Barentsen. Dit toestel bestaat uit een staaf, waaraan de onderzijde een conus is bevestigd en aan de bovenzijde een drukmeter, bestaande uit een vloeistofreservoir met tegen de staaf drukkende plunjer en manometer. Door middel van aan den drukmeter bevestigde handgrepen wordt door tusschenkomst van de vloeistof de staaf met conus met bepaalde snelheid in den grond gedrukt; op den manometer kan de daartoe vereischte druk worden afgelezen, de z.g. sondeerweerstand, welke wordt berekend in kg/cm$^2$. Ten einde de wrijving van den omringenden grond op de staaf op te heffen, loopt de staaf door een mantelbuis, die gezamenlijk met de staaf in den grond wordt gedrukt; slechts de weerstand ondervonden door den conus onderaan de staaf wordt gemeten.

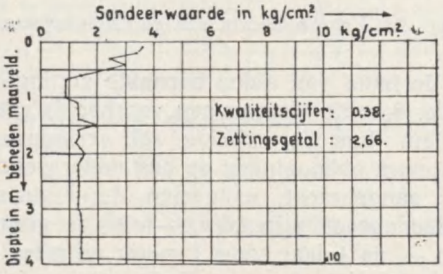



*Fig. 10. Sondeerprofiel.*

Door de staven en mantelbuizen telkens met 1 m te verlengen worden op verschillende diepten de sondeerweerstanden gemeten; zij kunnen worden in teekening gebracht door de gevonden waarden langs een verticaal uit te zetten. *Fig. 10* geeft op deze wijze het resultaat van een sondeering aan. Door op regelmatige afstanden sondeerprofielen te nemen en gebieden met verschillende weerstanden met verschillende harceering aan te duiden (*fig. 11*), verkrijgt men dus een sondeer-profiel langs het wegtracé, waarin de hoedanigheden van den met het weglichaam te belasten ondergrond weerspiegeling vinden. Langs de wanden zijn van verschillende wegtracés zulke sondeerprofielen opgehangen.

Een moeilijkheid is echter, de aldus gevonden sondeer-resultaten op de juiste wijze te interpreteeren.

Langs theoretischen weg blijkt, dat de sondeerwaarde bij snelle indrukking een functie is van de inwendige wrijving (schuifvastheid) ter plaatse van den conus. Aldus zouden de resultaten vooral bruikbaar zijn ter beoordeeling der evenwichtskansen ($B_1$). Daar het echter een even belangrijk vraagstuk is, de te verwachten zetting te bepalen, werd getracht bovendien een verband te zoeken op grond waarvan uit de sondeerwaarde ook de zetting zou kunnen worden afgeleid, hoewel deze zooals reeds opgemerkt, in de eerste plaats een maat aangeeft voor de grootte der inwendige wrijving (schuifvastheid). De zetting heeft echter eigenlijk weinig met de schuifvastheid te maken, daar de zetting afhankelijk is van de samendrukbaarheid.

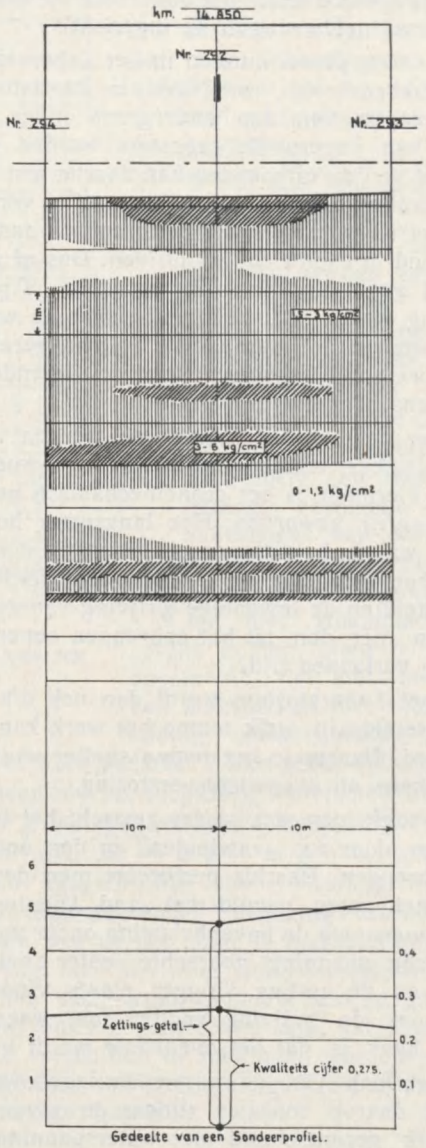



*Fig. 11. Gedeelte van een sondeerprofiel, waarin de gebieden met verschillende weerstanden met verschillende harceeringen zijn aangeduid.*

Aanvankelijk werd, ten einde toch de sondeeringsuitkomsten te benutten, gewerkt met het z.g. *kwaliteitscijfer* dat gelijk is aan: de *gemiddelde sondeerwaarde over een verticaal* gedeeld door de totale laagdikte. Men nam dan aan, dat de zettingen omgekeerd evenredig zouden zijn aan het kwaliteitscijfer en evenredig aan de opgebrachte belasting per vierkante eenheid; hierbij dient bedacht dat de breedte der beoogde weglichamen steeds groot was, in vergelijking tot de laagdikte, zoodat over een verticaal in het hart van den weg weinig invloed van een spreiding der belasting in breedterichting te verwachten was.

Later werd overwogen, dat het beter zou zijn om de gemiddelde sondeerwaarde voor iederen meter laagdikte te bepalen, daarvan de omgekeerde waarde te nemen en dit alles te sommeeren. Zeer lage plaat-

selijke sondeerwaarden krijgen dan meer invloed. Men verkrijgt aldus het z.g. *zettingsgetal.*

Indien alle waarnemingen onderling gelijk zouden zijn, zou het zettingsgetal zijn: $\frac{1}{\text{kwaliteitscijfer}}$.

Daar zij niet alle gelijk zijn wordt echter het zettingsgetal steeds grooter dan het omgekeerde kwaliteitscijfer. Ook de aldus bepaalde zettingsgetallen zijn nog niet alleszeggend. Bij gelijke sondeerwaarde is veen veel meer samendrukbaar dan klei. Slechts voor bepaalde terreinen, waarvan de grondsoort bekend is, geven de zettingsgetallen dus een eenigszins ondubbelzinnige aanduiding. Voor zuivere klei-terreinen zouden 50% te hooge en voor zuivere veenterreinen 50% te lage zettingen gevonden worden, indien van de voor een gemengd terrein geldende norm zou worden uitgegaan.

Gemiddeld komt in Nederland voor een gemengd klei-veen terrein het zettingsgetal ongeveer overeen met de zetting in meters na 100 weken (2 jaar) bij een belasting van 10 ton/m$^2$, hetgeen bij uitsluitend veen dus dus globaal met 50% verhoogd en bij uitsluitend klei globaal met 50% verminderd zou dienen te worden. Men moet dus niet verwachten, dat aldus met deze zettingsgetallen de zetting met mathematische nauwkeurigheid kan worden bepaald en het is gewenscht en ook de bedoeling om van geval tot geval door het uitvoeren en waarnemen van proefvakken en het onderzoeken van grondmonsters uit een aantal over het tracé verspreide boringen, tot een zekere „ijking" der zettingsgetallen te geraken, d.w.z. den factor te bepalen waarmede bij de gegeven terreinsamenstelling het zettingsgetal moet worden vermeninvuldigd om de bij 1 kg/cm$^2$ extra belasting na 100 weken te verwachten zetting te vinden. Bij kleinere belastingen wordt dan naar evenredigheid een kleinere zetting aangenomen.

De zettingsgetallen bieden zooals in het bovenstaande opgesloten ligt, niet anders dan een globaal hulpmiddel bij de zettingsvoorspelling waarvan de deugdelijkheid zooveel als slechts mogelijk is door waarneming van proefvakken en door het laboratoriumonderzoek van aan het terrein ontleende monsters dient te worden opgevoerd.

Als eenige verontschuldiging voor de inschakeling van de zettingsgetallen in de zettingsvoorspelling kan slechts gelden de practische onmogelijkheid om voor ieder punt van een tracé een nauwkeuriger onderzoek in te stellen.

Met behulp van op de zettingsgetallen berustende zettingsvoorspellingen van verschillende punten van een tracé kan nu de benoodigde hoeveelheid ophoogzand met behulp van zaagdiagrammen (*fig. 9*) worden geraamd en nagegaan worden welke oplossing (paalfundeering of normale ophooging dan wel gedeeltelijke grondverbetering) de meest economische is. Meestal worden daarbij de in *fig. 12* afgebeelde mogelijkheden in beschouwing genomen. Daarbij wordt zoo goed mogelijk rekening gehouden met de uit de zettingsprognose volgende periodiek vereischte ophoogingen, waarbij de door het verkeer te onder-

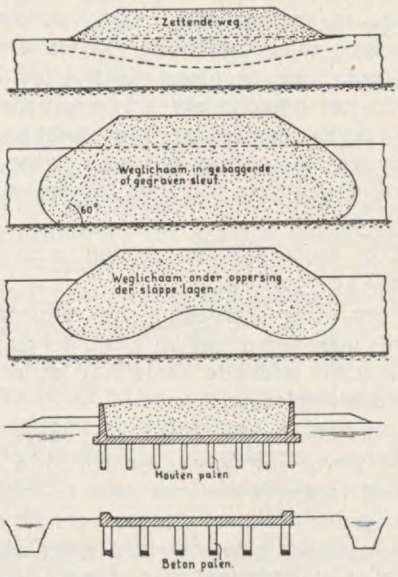



*Fig. 12. Bij slechten ondergrond zijn o.a. de bovenstaande oplossingen mogelijk.*

vinden last tijdens de uitvoering eener wegverhooging en ook de in een sterk samendrukbaar terrein met plaatselijke ongelijkmatigheden aan het tijdstip der verhooging voorafgaande periode van zich steeds meer accentueerende oneffenheid in het geding kan worden gebracht.

In een gegeven geval kunnen, indien de kosten der verschillende oplossingen daarbij voor verschillende gedeelten van een tracé (verschillende waarden van het zettingsgetal) vaststaan, voor die gedeelten uiteenloopende oplossingen de meest gunstige worden geacht. Bij het overschrijden van een bepaalde waarde door de zettingsgetallen, kan een bepaalde oplossing blijken niet langer de meest economische of met inachtneming van andere overwegingen de meest wenschelijke te zijn en zal een andere oplossing zich opdringen.

Ook de problemen $B_1$ oefenen hierbij natuurlijk nog hun invloed uit op de te nemen beslissing.

Soms blijkt het aldus het beste de slappe lagen geheel te verwijderen. In andere gevallen behoeft zulks slechts gedeeltelijk of in 't geheel niet te geschieden. De onder het weglichaam gedeeltelijk ingesloten slappe grond is dikwijls aanleiding tot moeilijkheden, daar het spanningswater slechts langzaam kan wegstroomen.

Soms ook valt de beslissing in de richting eener paalfundeering met hetzij beneden den grondwaterstand blijvende houten palen die een met zand gevulden bak dragen, waarop het wegdek wordt aangebracht, dan wel boven den grondwaterstand reikende gewapend betonpalen die het op een gewapend betonvloer rustende wegdek dragen.

Naast deze hoofdvragen doen zich ook nog een aantal *detailvragen* voor, bijv.:

1. Welke moeilijkheden zullen dwars op den weg aanwezige slooten opleveren?

Dit hangt af van de dikte der slappe lagen. Indien deze lagen dik zijn, zullen de slooten bij aanvulling met zand aanleiding zijn tot het op den duur ontstaan van grootere plaatselijke zettingen, terwijl juist het omgekeerde zal geschieden, indien de slappe lagen een kleine dikte hebben. Gezocht wordt naar een slootvulling die even zwaar weegt en dezelfde eigenschappen heeft als het ongeroerde terrein.

2. Welke moeilijkheden zullen zich bij een wegverbreeding voordoen?

Indien een wegverbreeding op samendrukbaren grond wordt uitgevoerd, zal dit altijd tot nazakkingen van het nieuwe gedeelte aanleiding geven en soms tot evenwichtsverstoring.

Bij een verbreeding van een weg langs een ringvaart is de uitvoering bijv. geschied, door eerst het heele kanaal laagsgewijze met zand te vullen en dit later weer gedeeltelijk weg te graven. In dergelijke gevallen zijn echter moeilijkheden mogelijk door het tijdelijk onder hydrodynamische spanning komen van het grondwater en is een contrôle dier spanningen met behulp van waterspanningsmeters gewenscht.

3. Welke maatregelen moeten bij het opstorten van weglichamen worden genomen, opdat beslist geen oppersing optreedt?

Dit beteekent dus het oplossen van probleem $B_1$ (*fig. 3*). Er kan bijv. een berekening worden opgezet om na te gaan waar en op welke wijze tegengewichten kunnen worden aangebracht om oppersing (afschuiving) te voorkomen. Dergelijke situaties doen zich bijv. voor in de nabijheid van fabrieken en begraafplaatsen. Een contrôle met waterspanningsmeters zal hier dikwijls wenschelijk zijn.

4. Is het aanbrengen van een tijdelijke overbelasting aan te raden?

Ook dit vraagstuk kan worden opgelost. Het is een combinatie van de problemen $B_1$ en $B_2$.

Er zijn voorts nog verschillende bijkomstigheden. Bijv. de aansluiting van den weg aan de kunstwerken. Een te groote gronddruk tegen de in slappen grond staande palen van een kunstwerk kan bijv. worden vermeden door het toepassen van een verlengde fundeering, of door het toepassen eener grondverbetering vooraf, zooals bekend mag worden verondersteld.

Dit is een punt dat naar de ervaring leert eerst met zorg dient te worden bekeken.

Bij verticale samendrukking der slappe lagen worden daarin staande (trek) palen gebogen. Ook hieromtrent zijn waarnemingen gedaan.

Een nieuw probleem heeft zich de laatste jaren voorgedaan, doordat oude spoorwegen veranderd moesten worden in autowegen. Dit is meestal een gelijksoortig probleem, als zich voordoet bij een gewone wegverbreeding en betreft dus de kans op ongelijkmatige zettingen van de wegschouders t.o.v. het oorspronkelijke weglichaam.

Spreker is hiermede aan het einde van zijn voordracht gekomen. Het is niet zijn bedoeling geweest ver in details af te dalen, doch slechts er een indruk van te geven op welke wijze de grondmechanica in Holland bij den wegenbouw toepassing vindt. Evenals zulks in Holland is gebleken, zullen ook hier te lande door meer gebruik te maken van grondmechanisch onderzoek verschillende werken mogelijkerwijze met grooter zekerheid dan tevoren kunnen worden tot standgebracht.

Indien deze voordracht tot verhoogde belangstelling voor het instellen van grondmechanische onderzoekingen mocht hebben bijgedragen, acht spreker zijn moeite ruimschoots beloond.

## VARIA.

### Ontzouting van water.

Reeds is langeren tijd bekend, dat als bepaalde stoffen (n.l. de z.g. zeoliethen en permutieten) in aanraking worden gebracht met water, deze het natrium dat zij bevatten, af kunnen geven aan het water onder opname van calcium, magnesium, ijzer en mangaan dat in het water aanwezig is.

Het natrium van de filtermassa wordt dus tegen de metaalionen uit het water uitgewisseld.

Deze filterstoffen of „wisselaars" worden veel toegepast voor het ontharden of ontijzeren van water.

Nadat in de filtermassa het natrium grootendeels door de uit het water afkomstige metalen is vervangen, kan door de behandeling van de wisselaars met een keukenzoutoplossing de reactie worden omgekeerd. Dan wordt weder het Na-zeolieth verkregen, dat opnieuw als tevoren uit het water calcium en andere metalen kan opnemen onder afgifte van natrium.

Aangezien bij dit procédé in het water het eene ion komt in de plaats van het andere, wordt het zoutgehalte van het water niet lager. Ontzouting langs dezen weg zou slechts kunnen worden verkregen wanneer de metaal-ionen uit het water werden vervangen door waterstof en de zuurrest-ionen (sulfaat en chloride) door OH-groepen.

Instede van de Na-wisselaars, zooals de zeoliethen en permutieten zijn, zou dus van zure (H-) of alkalische (OH-) wisselaars gebruik gemaakt moeten worden.

Het gelukte het eerst aan d u S a a r om door behandeling van steenkool met sterk wateronttrekkende middelen ($SO_3$) bij bepaalde niet te hooge temperaturen, een dergelijken zuren wisselaar, het „Dusarit" te bereiden. In het water, dat over Dusarit gefiltreerd wordt, worden de metaal-ionen door waterstof vervangen. Het filtereffluent bevat dan vrij koolzuur, indien bicarbonaten aanwezig zijn en ook vrij zoutzuur en zwavelzuur, indien het tevens chloriden en sulfaten bevat.

Het koolzur kan door verwarming of versproeiing grootendeels worden verwijderd, doch de minerale zuren blijven bij dit proces nog in het water achter. Slechts water dat uitsluitend bicarbonaten bevat, is dus met Dusarit volkomen te ontzouten. Het zoeken bleef dus naar stoffen, welke onder afgifte van OH-groepen de zuurrestgroepen konden opnemen.

In de organische of carbo-basis, waarop ook het Dusarit berust, werden deze gevonden. Zij worden met den verzamelnaam organoliethen of carbozeoliethen aangeduid. Zij zijn thans onder verschillende handelsbenamingen en met verschillende samenstelling verkrijgbaar. De meest bekende zijn: het Tymharsit, de Allassionen en het Zeocarbolieth, welke ieder weder worden onderscheiden in een + en een — (of een A- en een K-) praeparaat, naar gelang ze anionen of kationen uitwisselen tegen waterstof of OH-groepen.

Voor de ontzouting van het water wordt nu eerst het water over den H-wisselaar gevoerd. Dan heeft verwijdering van de metaal-ionen plaats. Voor natrium is de vergelijking hiervoor:

H-wisselaar + Na′ = Na-wisselaar + H′.

Bij een tweede filtratie nu over den OH-wisselaar worden de zuurresten verwijderd, bijv.

OH-wisselaar + Cl′ = Cl-wisselaar + OH′.

Het filtraat van het eerste filter is dus zuur. De hooge waterstof-ionenconcentratie na het eerste filter wordt door de vervanging van de zuurresten in het water door de OH-ionen weder verlaagd. Slechts vrij koolzuur, afkomstig van de bicarbonaten uit het ruwe water, wordt bij de tweede filtratie niet uitgewisseld. Het moet door versproeiing al dan niet in vacuum of door verwarming worden verwijderd.

Nadat de vervangbare waterstof of OH-groepen grootendeels uit de filtermassa's zijn verdwenen, moeten de massa's worden geregenereerd. Dit geschiedt bij de K-wisselaars door behandeling met zuur (in den regel zwavelzuur van 1,5%) en bij de A-wisselaars met een 2%-oplossing van loog of soda. Teneinde te voorkomen dat loog, welke na het regenereeren in het tweede filter is achtergebleven, door het water wordt meegevoerd, wordt achter het tweede filter soms een derde geplaatst, dat met dezelfde massa is gevuld als het eerste filter. Bij zorgvuldig naspoelen van de geregenereerde filters is dit derde filter echter niet noodig.

De contrôle op de werkzaamheid van de filters is eenvoudig. Het effluent van het eerste filter moet zuur zijn, hetgeen met een indicator gemakkelijk is na te gaan. In het effluent van het tweede filter moet geregeld met behulp van bariumchloride of zilvernitraat de afwezigheid van sulfaten of chloriden worden vastgesteld.

Aan de verwijdering van de opgeloste bestanddeelen uit het water onttrekt zich bij dit procédé het kiezelzuur. Er wordt dus ontzout water verkregen, niet gedemineraliseerd water.

Dit laatste wordt wel verkregen door destilleeren of electro-osmotische behandeling van het water. Wegens het zeer groote energieverbruik zijn deze beide methoden doorgaans echter belangrijk duurder dan het uitwisselingsprocédé, terwijl in de meeste gevallen waarvoor gedestilleerd water wordt gebezigd, het effluent van de wisselaar-filters ook kan dienen.

Voor het verkrijgen van goed drinkwater op plaatsen, waar gedurende het geheele of een deel van het jaar slechts brak water beschikbaar is, heeft het procédé nog geen toepassing gevonden.

In hoeverre het er bruikbaar voor is, zal voor ieder afzonderlijk geval moeten worden nagegaan.

Voor huisinstallaties op bovenbedoelde plaatsen lijkt het systeem aanbevelenswaardig voor degenen, die zich de kosten van aanschaffing en de, overigens geringe, moeite van de behandeling van de filters wil getroosten.

Voor het verkrijgen van goed drinkwater uit brak water zal het noodig zijn slechts zoodanig deel van het ruwe water te ontzouten, dat na menging van deze hoeveelheid met het ruwe water, water wordt verkregen, dat het gewenschte zoutgehalte heeft.

S.

## ONTVANGEN GESCHRIFTEN.

Verslagen en Mededeelingen van het Waterkadaster, no. 21.

Statistiek van waterwaarnemingen (Hydrometrie) 1939.

Uitgave van het Departement van Verkeer en Waterstaat, Bandoeng (Java) 1940.

## PERSONALIA.

Ir. W. M. H. Engelberts, inspecteur bij de S.S., fungd. insp. van Vervoer (hoofd eener Inspectie) IV te Poerwokerto, is overgepl. naar Soerabajakotta en toegevoegd a.d. adjunct-chef der 4de afd. (Treindienst).

Ir. E. F. van Marle, idem, is overgepl. van Bandoeng naar Poerwokerto en belast met de functie van insp. van Vervoer (hoofd eener Inspectie) IV aldaar.

Ir. G. J. Verburg, idem, is overgepl. van het Hoofdkantoor (bureau Verkeers- en Handelszaken) te Bandoeng naar de Exploitatie der Westerlijnen (Inspectiekantoor III) Bandoeng en belast met de functie van Insp. van Vervoer (hoofd eener Inspectie) III.

Ir. C. L. Begemann, tijd. wd. ingr. 2de kl. bij 's Lands Waterstaat, is benoemd tot ingr. 2de klasse bij genoemden dienst en blijft geplaatst bij het Dept. van V. en W. te Bandoeng.

## KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS, Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

### Aangenomen en opnieuw ingeschreven leden.

De in no. 5 van dezen jaargang voorgestelde leden zijn aangenomen.

Als *lid* werd wederom ingeschreven het voormalig gewoon lid:

Ir. J. A. A. Hoefnagels, Administrateur der N. V. Deli Spoorweg Maatschappij, Medan.

### Betrekking gezocht door:

*Civiel ingenieur,*
diploma Delft 1935, oud 28 jaar. Wenscht bij voorkeur in dienst te treden bij Aannemersfirma. Over eenige maanden beschikbaar.

*Werktuigkundig ingenieur,*
diploma Delft 1939, oud 23 jaar. Wenscht bij voorkeur in Gouvernementsdienst te treden. Beschikbaar Juli 1940.

*Werktuigkundig ingenieur,*
diploma Delft 1926. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*
diploma Bandoeng 1937. Direct beschikbaar.

*Werktuigkundig ingenieur,*
diploma Delft 1926, oud 41 jaar. Wenscht bij voorkeur een technisch-administratieven werkkring. Direct beschikbaar.

*Mijningenieur,*
diploma Delft 1928. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*
diploma Bandoeng 1937, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

*Werktuigkundig ingenieur,*
diploma Delft 1929, oud 36 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*
diploma Bandoeng 1936, oud 29 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*
diploma Bandoeng 1933, oud 30 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*
diploma Bandoeng 1939, oud 31 jaar. Direct beschikbaar.

*Civiel ingenieur,*
diploma Bandoeng 1940, oud 24 jaar. Direct beschikbaar.

Inlichtingen bij het Secretariaat van de Groep Ned.-Indië van het Kon. Instituut v. Ingenieurs, Bragaweg 38, Bandoeng.

Ir. E. A. Neeb m.i., Oud-Hoofdingenieur van de Banka Tinwinning en van den Dienst van den Mijnbouw in N. O. I., p/a Dr. G. Kloosterhuis, Celebesstr. 3 Bandoeng,

stelt zich beschikbaar voor het verleenen van diensten aan:

1e de Overheid;
2e Particulieren in een leidende positie, liefst mijnbouw.

---

### Verbetering.

Op blz. II. 76 van no. 6 van dezen jaargang, rechter kolom, regel 4 van boven, dient ten rechte te worden gelezen:

$$z_0 = \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{2\,g}.$$

7e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1940

## II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Waterstaatswerken in de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng, door ir. H. Vlugter. — Maximum afvoer en hydrologische empirie, door B. Roessel.

# Waterstaatswerken in de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng

door

ir. H. VLUGTER,

Leider van het Waterloopkundig Laboratorium van het Departement van Verkeer en Waterstaat te Bandoeng.

### Inleiding.

Ter verbetering van den bevloeiings- en afwateringstoestand in de vlakte, gelegen ten Zuiden van het plaatsje Toeloengagoeng, zijn ten laste van het Nederlandsche 25 millioen-welvaartsfonds, verschillende waterstaatswerken uitgevoerd, waarvan de totale kosten op rond *f* 900 000 werden geraamd.

Alvorens die werken nader te bespreken zal een korte beschrijving van den zeer ongunstigen hydrologischen toestand, waarin deze streek tot voor kort verkeerde, worden gegeven.

Daarna zullen de voornaamste plannen, die in den loop der jaren en wel sinds 1912, ter verbetering daarvan werden opgesteld, in chronologische volgorde worden vermeld. Besloten zal worden met gedetailleerde beschouwingen omtrent doel en strekking van de plannen welke ten uitvoer werden gebracht.

### Beschrijving van het gebied.

Hetgeen men thans de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng noemt is slechts het laagste deel van de groote kom die, zooals duidelijk op de overzichtskaart (*fig. 1*) te zien is, geheel door bergmassieven omgeven is. Volgens geologen is deze depressie het gevolg van de opheffing uit zee van het Zuidelijk Kalkgebergte,

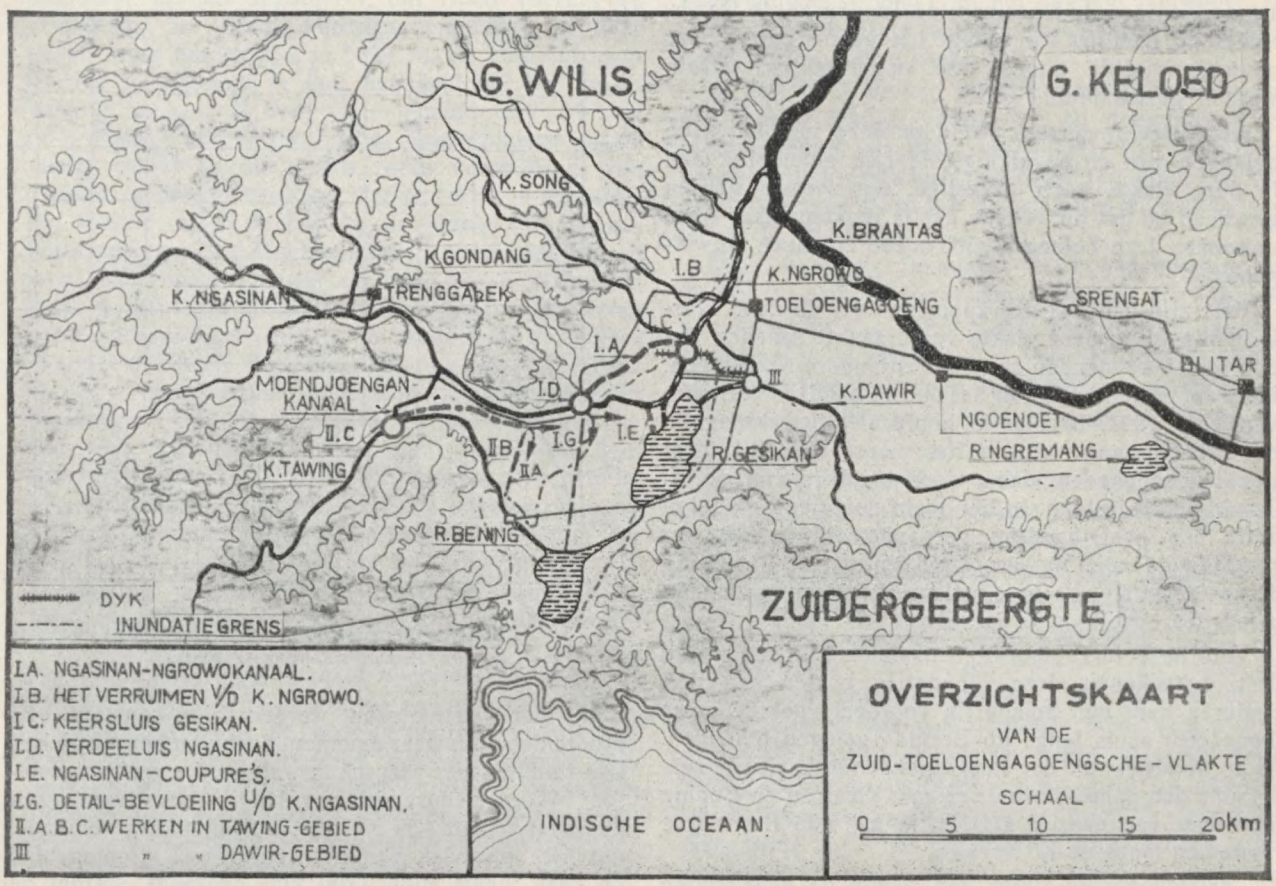



*Fig. 1.*

waardoor tevens de typische loop van de K. Brantas wordt verklaard.

Door het ontstaan van dit Zuidergebergte zal zich ongetwijfeld ten Noorden daarvan een groot meer gevormd hebben, dat slechts aan de noordzijde tusschen de G. Keloed en de G. Wilis afwateringsmogelijkheid had door het dal van de K. Brantas.

De omliggende gebergten en vulkanen hebben in den loop der eeuwen dit meer in periodiek meerdere of mindere mate met hun erosieve dan wel eruptieve producten opgevuld.

Bij dit natuurlijke opbouwingsproces werd het meeste materiaal uit het Oosten door de Keloedlahars en uit het Westen van de Wilis, door de K. Ngasinan aangevoerd; het Zuidergebergte met zijn kalkformatie en dus zeer fijne afspoelingsproducten, en daarbij rivieren met een weinig omvangrijk stroomgebied, heeft daarin het minste aandeel gehad.

Zoo is het te verklaren, dat grenzend aan dit Zuidergebergte, tegen dichtslaan van andere zijde beschermd door vooruitspringende uitloopers, een paar diepe kommen als laatste deelen van het oude meer konden blijven bestaan. De voornaamste zijn de thans als rawahs Bening en Gesikan bekende plassen, en geheel in het Oosten, de rawah Ngremang, welke nog slechts een weinig diepe terreininzinking is, die in den oostmoesson droog staat.

De zoo juist in korte trekken geschetste wordingsgeschiedenis van de Zuid-Toeloengagoengvlakte is nog niet ten einde. Bijna alle rivieren, die de vlakte doorstroomen en waarvan als voornaamste genoemd kunnen worden de Ngasinan, de Tawing en de Dawir, treden bij bandjirs van eenige beteekenis buiten haar oevers, waarbij uitgestrekte oppervlakten terrein worden geïnundeerd.

Het spreekt vanzelf, dat door deze inundaties de belangen van de bevolking, die zich geleidelijk aan in deze vlakte heeft gevestigd, ten zeerste werden geschaad en dat die schade des te omvangrijker werd naarmate deze belangen zich meer en meer ontwikkelden.

Vele zijn dan ook de rapporten over de door overstroomingen in deze vlakte veroorzaakte schaden aan den te velde staanden aanplant en andere bezittingen. Deze rapporten, waarvan het oudste bandjirs vermeldt van vóór 1894, hebben in hoofdzaak betrekking op de schade, aangericht in het meest westelijk deel der Toeloengagoengvlakte door bandjirs van de K. Tawing en Ngasinan. In het begin dezer eeuw werden zelfs een paar bandjirs gerapporteerd, welke een dusdanige vernieling veroorzaakten, dat de Regeering financieelen steun moest verleenen om eenigszins den nood der bevolking te lenigen.

Voor de Zuid-Toeloengagoengvlakte zelf een groote last, beteekenen deze inundaties echter aan den anderen kant een belangrijk voordeel voor de meer benedenstrooms langs de Brantas gelegen belangen. Het overslagwater der hoogergenoemde rivieren verzamelt zich namelijk in de rawahs Gesikan en Bening om eerst van daaruit geleidelijk naar de Brantas te stroomen langs de K. Ngrowo.

Laatstgenoemde rivier, ten rechte de voortzetting van de K. Ngasinan voorbij de verbinding met de R. Gesikan, neemt tot aan haar uitmonding in de kali Brantas nog verscheidene van de zuid-oostelijke helling van de G. Wilis afkomende zijrivieren op, waarvan de voornaamste zijn de kali's Gondang en Song. Tengevolge van het geringe verhang der K. Ngrowo, dat gemiddeld slechts 15 cm per km bedraagt, is bij bandjirs in de zoo juist genoemde affluenten, dan wel door terugstuwing van hooge Brantasstanden, afstrooming van de rawahs al spoedig onmogelijk en stroomt er zelfs water van de Ngasinan en Ngrowo via de K. Tjampoerdarat en de K. Ngipik, een paar kleine takken de genoemde rawahs binnen. In regenrijke perioden loopen de meerwaterstanden dan ook dikwijls snel op en zoo komt het bijna iederen westmoesson voor, dat rond de rawahs gedurende vele weken een oppervlakte van meer dan 60 km$^2$ blank staat. De grens van deze inundatie, die zich ook langs de K. Ngrowo uitstrekt, is op de overzichtskaart (*fig. 1*) met een streep-punt lijn aangegeven.

Het rawahcomplex heeft bij dergelijke hooge standen een zeer groot waterbergend vermogen; bij het hoogst voorgekomen peil zelfs ruim 100 millioen m$^3$. Het accumuleerend vermogen van de rawahs bij verschillende waterstanden en de daarbij geïnundeerde oppervlakte zijn grafisch voorgesteld in *fig. 2*. De getrokken lijn daarop stel de oppervlakte voor in millioenen m$^2$; de stippellijnen den inhoud in millioenen m$^3$. De sterk reguleerende werking, welke de rawahs bezitten, demonstreert zich echter wel het duidelijkst aan de afvoeren van de K. Ngrowo, welke in het drijfvak te Toeloengagoeng dagelijks worden gemeten.

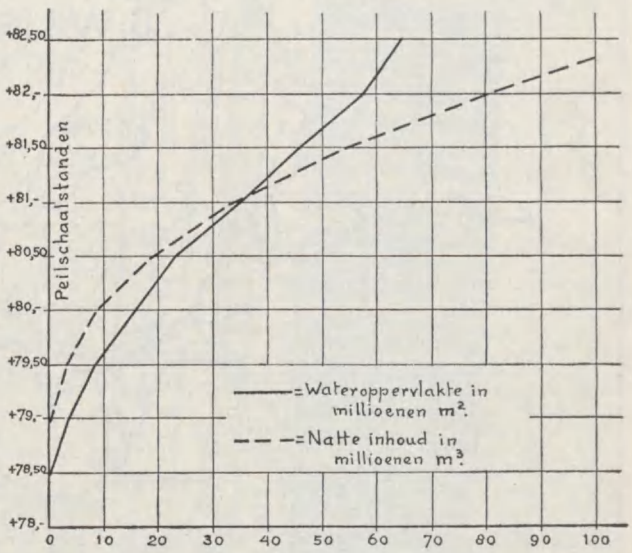



*Fig. 2. Grafische voorstelling wateroppervlakte en natte inhoud Rawah's Bening-Gesikan.*

In den westmoesson worden hier constant vrij groote debieten waargenomen, doch van bandjirpieken kan feitelijk niet gesproken worden. De grootst gemeten afvoer gedurende een lange reeks van jaren bedraagt slechts 150 m$^3$/sec. In aanmerking nemende, dat het oppervlak van het afwaterend stroomgebied op deze plaats ruim 1100 km$^2$ bedraagt, springt de sterke bufferwerking van het rawahcomplex wel

duidelijk in het oog. Zonder dit inundatiebekken zouden de maximum debieten van de K. Ngrowo zeker het vijfvoudige kunnen bedragen. Dat zulks een zeer nadeeligen invloed zou uitoefenen op het regiem van de K. Brantas, in het bijzonder voor de plaats Kediri, waar men nu reeds zeer veel last ondervindt van overstroomingen, alsook voor de meer benedenstrooms aanwezige Brantasdijken, die slechts een matige waking bezitten, behoeft geen nader betoog. Het is dan ook om deze reden, dat men bij het opmaken van plannen ter verbetering van de afwatering in de Zuid-Toeloengagoengvlakte er steeds angstvallig voor heeft moeten waken de grootste Ngrowo-debieten niet te verhoogen.

Gelijktijdige behartiging van de belangen zoowel langs de K. Brantas als in de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng was voor een bevredigende oplossing van het onderwerpelijke afwateringsprobleem steeds het moeilijke punt en daarom lag het voor de hand verbetering te zoeken in een rechtstreeksche waterloozing naar den Indischen Oceaan met behulp van een tunnel door het Zuidergebergte. Waarom het niet tot deze oplossing, die zoo dikwijls in het brandpunt der belangstelling heeft gestaan, gekomen is, zal later nog worden uiteengezet.

## Chronologisch overzicht der plannen.

Thans gekomen tot de vermelding van de belangrijkste plannen, die in verband met het onderwerpelijke afwateringsvraagstuk werden opgesteld, kan allereerst worden opgemerkt, dat reeds vóórdat de afwatering der Zuid-Toeloengagoengvlakte in haar geheel werd beschouwd, in 1899 enkele verbeteringen werden voorgesteld in den benedenloop van de K. Tawing, welke met haar stroomgebied van 144 km$^2$ de grootste rivier is, die uit het Zuidergebergte in de vlakte treedt en die zooals reeds vermeld, al van oudsher de streek met haar overstroomingen teisterde. Bij Widoro, waar de Tawing als gevolg van het opbouwingsproces der Toeloengagoengvlakte gedwongen werd zich vrijwel haaks op haar oorspronkelijken loop in oostelijke richting vlak langs den voet van het Zuidergebergte een weg te banen naar het lagere gedeelte der Toeloengagoengvlakte en op welke plaats in deze rivier eenige Inlandsche bevloeiingswerken bestonden, werd in dat jaar de bouw toegestaan van een permanenten stuwdam met het aansluitende afvoerkanaal Moendjoengan. Dit Moendjoengan-kanaal, waarvan het tracé ongeveer samenviel met dat van de Inlandsche bevloeiingsleiding van dien naam, had de bedoeling het bandjirwater der K. Tawing gedeeltelijk af te voeren naar de K. Ngasinan. De stuwdam Widoro bestaat daarom uit twee vaste overlaatdrempels, n.l. één in de richting van het Moendjoengan-kanaal, voorzien op den linkerzoowel als op den rechteroever van een bevloeiingsaftapping, en één in de oostwaarts afbuigende K. Tawing, welke beide overlaten het bandjirwater dan ongeveer gelijkelijk verdeelen. Het zou te ver voeren om over deze werken en de daarmede bereikte resultaten in nadere beschouwing te treden. Volstaan moge derhalve worden met de opmerking, dat hoewel vermoedelijk in mindere mate, toch bij groote afvoeren in de K. Tawing overslag bleef voorkomen. Hierdoor werden vaak over groote uitgestrektheid de bevolkingsaanplantingen totaal verwoest en het zijn deze catastrophen geweest, die telkens weer een fel licht wierpen op de onhoudbare toestanden in deze streek.

Sinds de oprichting van de Sectie Kediri der Irrigatie Afdeeling Brantas heeft men zich dan ook met de verbetering van de afwatering van de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng bezig gehouden. Het reeds vermelde idee van rechtstreeksche loozing van het rawahcomplex op den Indischen Oceaan moet oorspronkelijk zijn uitgegaan van één der eerste Sectie-Ingenieurs van Kediri, ir. A l l a r t, die hieromtrent echter niets op schrift stelde.

Latere aanhangers van dit plan waren de ingenieurs G a a d e en d e B r u i j n K o p s, welke laatste, toenmaals Chef van de Irrigatie Afdeeling Brantas, door ir. E r i c h s e n in 1912 een drietal tunnelplannen liet opmaken. De eerste twee daarvan beoogden het maken van tunnels naar den Indischen Oceaan respectievelijk met een capaciteit van 150 m$^3$/sec voor afwatering van de rawahs en gedeeltelijk van de K. Tawing en van 300 m$^3$/sec voor afwatering van de rawahs, de Tawing alsmede van een gedeelte van het debiet der K. Ngasinan, door een te graven verbindingskanaal naar de K. Tawing.

Het derde plan was veel meer omvattend, aangezien het, behalve in de afwatering der rawahs, tevens voorzag in de ontlasting van de K. Brantas naar den Indischen Oceaan met een debiet van ± 300 m$^3$/sec. De afleiding van dit Brantasdebiet zou plaats hebben even benedenstrooms van het gehucht Ngoenoet. De totaal benoodigde tunnelcapaciteit voor dit plan werd berekend op 400 m$^3$/sec.

In Juni 1917 werden tegelijk met de indiening van een viertal nieuwe voorstellen op hoogergenoemde tunnelplannen, waarvan het laatste door sommigen grootsch, door anderen vermetel is genoemd, kritische beschouwingen geleverd in een uitvoerige nota door wijlen ir. S a l t e t.

Deze vestigde de aandacht op het zandbezwaar van de K. Brantas en waarschuwde tegen het onttrekken van water aan die rivier, omdat deze daardoor niet meer in staat zou zijn een zelfde hoeveelheid zand, komende van de Keloedhellingen, te vervoeren en waarschijnlijk haar bedding aanzienlijk zou verhoogen.

Dit is dan ook wel de voornaamste reden, waarom ook thans niet tot loozing van het rawahcomplex op den Indischen Oceaan is overgegaan.

Niettemin heeft het 3de plan, het ontlasten van de Brantas naar den Indischen Oceaan, haar beteekenis voor de toekomst nog niet verloren. Indien men er namelijk in zou slagen behalve water ook een aanzienlijke hoeveelheid zand in die richting te spuien, zou er van een dergelijk werk veel heil te verwachten zijn. Het behoeft echter wel geen nader betoog, dat alvorens men kan besluiten tot een dergelijke ingrijpende regiemsverandering van een zandafvoerende rivier als de Brantas, uitgebreide studies noodig zullen zijn omtrent het transport van haar vaste stoffen.

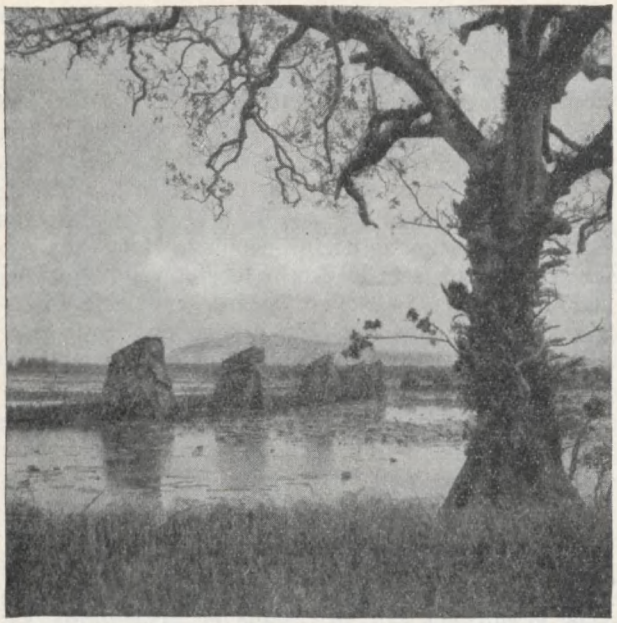


*Foto 1. Gezicht op de R. Bening langs den weg naar de baai van Popoh (met visschershutten).*

In het voor de Zuid-Toeloengagoengsche vlakte rampspoedig aan te merken jaar 1916, toen tengevolge van twee elkaar met korte tusschenpooze opvolgende zware bandjirs in Juli en Augustus, waardoor telkens ongeveer 300 bouws polowidjoaanplant der bevolking werden vernield, verscheen een viertal nota's, welke weer aanleiding waren tot het indienen van nieuwe voorstellen.

Wat deze nota's betreft kan allereerst die van den heer Eyken, destijds Assistent-Resident van Toeloengagoeng genoemd worden, waarin op krachtige wijze werd aangedrongen op verbetering van den toestand. Ter illustratie moge uit die nota het volgende worden aangehaald:

„Hetgeen ikzelf in den Westmoesson heb kunnen waarnemen is waarlijk bedroevend te noemen. Huizen dagenlang gedeeltelijk in het water, pluimvee verdronken, grootvee dikwijls zonder voeder samengedreven op hoogere gedeelten in de desa's, sawahs dagen en weken onder water, alle gevolgen van koortsen en buikziekten daarna, in één woord een toestand onverantwoordelijk en onwaardig voor een Bestuur, dat zichzelf respecteert. Indien ergens op Java, dan is het zeker hier noodig dat de Regeering ingrijpt en maatregelen neemt ter verbetering van den onhoudbaren toestand."

De tweede nota, welke vermeld kan worden is die van den toenmaligen landbouwleeraar van Blitar Paerels.

Deze becijferde dat een verbetering van den afwateringstoestand in de afdeeling Toeloengagoeng, gepaard gaande met verbetering van de bevloeiing een vermeerdering van de jaarlijksche opbrengst der bevolkingsgewassen van ruim één millioen zou opleveren, waarbij om allen mogelijken twijfel hieromtrent bij voorbaat weg te nemen, opgemerkt werd dat dit cijfer geenszins als te optimistisch moest worden beschouwd.

Beide nota's verschenen in April 1916, dus vóór de hoogergenoemde bandjirs. Kort na den eersten bandjir verschijnt nog een nota van den landbouwleeraar Dinger, waarin deze zich op voor de Waterstaats-ingenieurs weinig waardeerende wijze als volgt uitliet:

„Onder den indruk van de onlangs weder plaats gehad hebbende rampen door watersnood, die telken jare hier in dit gewest voorkomen, vestig ik in de eerste plaats er Uwe aandacht op, hoe stiefmoederlijk het door de natuur zoo rijkelijk bedeelde Gewest behandeld wordt door den Indischen Waterstaat. Want niet anders dan een kwaad, een gróót kwaad kan het genoemd worden, dat de rawah Bening geheel en al buiten behandeling blijft bij den Waterstaat! De gedragslijn met de rawah Bening gevolgd is niet alleen misdadig maar zoo kortzichtig dat men zich daarover voor den vreemdeling, die zulk een toestand vond, zou moeten schamen!"

Tenslotte zag eind November 1916 een lijvige nota van wijlen ir. Dijkerman, toenmaals Sectie-Ingenieur te Kediri, het licht. Naast een beschrijving van den meer dan slechten afwateringstoestand, toegelicht met foto's, worden o.a. de in deze streek reeds uitgevoerde werken bij Widoro besproken, alsmede de meer benedenstrooms uit de K. Tawing met behulp van tijdelijke dammen tot stand gebracht bevloeiing.

De bij deze tijdelijke dammen aftappende leidingen krijgen bij bandjirs dusdanig groote hoeveelheden bandjirwater te verwerken, dat de afmetingen dezer leidingen zelfs grooter zijn geworden dan die van de K. Tawing. Men heeft derhalve in dit gebied te maken met een systeem, waarbij groote hoeveelheden bandjirwater over de terreinen worden gevoerd.

Eenige partieele verbeteringen, in hoofdzaak een verruiming en bedijking van de K. Tawing beoogend, om het water zoo snel mogelijk naar de rawah Bening af te voeren, werden voorgesteld.

*Foto 2. Armelijke rawah-toestanden.*

*Foto 3. De Bonodijk, die voortaan de begrenzing van het rawahgebied in het Noorden zal vormen.*

Als gevolg van de rampen in 1916 werd op bespoediging inzake de indiening van plannen met betrekking tot de afwatering van de onderwerpelijke streek aangedrongen en zoo werden in 1917 door wijlen ir. H. Varkevisser, toenmaals Chef van de Irrigatie Afdeeling Brantas, een viertal plannen bij den Directeur B.O.W. voorgebracht, onder overlegging van de reeds eerder genoemde nota van wijlen ir. Saltet.

*Plan A* omvatte algeheele afleiding van de K. Tawing via het Moendjoengan-kanaal naar de K. Ngasinan. Voorts verruiming en bedijking van de K. Ngasinan en verdieping van de K. Ngrowo tot 150 m³/sec bij vulling tot terreinhoogte. Daarbij diende echter om grootere afvoeren naar de Brantas te kunnen tegenhouden een bandjirscherm in deze rivier geplaatst te worden.

*Plan B* voorzag in den afvoer zoowel van de K. Ngasinan als van de K. Tawing naar den Indischen Oceaan via een nieuw te graven kanaal van de K. Ngasinan gedeeltelijk langs de K. Tawing naar de rawah Bening en één of meer tunnels door het Zuidergebergte.

*Plan C* was een combinatie van beide eerst genoemde plannen, terwijl

*Plan D* beoogde het inrichten van de rawah Gesikan en Bening tot een wadoek met een waterberging van ongeveer 140 millioen m³, waaruit de K. Brantas in de droge maanden met circa 12,5 m³/sec zou zijn te suppleeren. Overigens behoorden tot dit plan de reeds onder *A* genoemde werken.

De toenmalige Directeur B.O.W. kon zich met laatstgenoemd plan wel vereenigen, doch gaf in overweging slechts één der beide rawahs en wel de zuidelijkste, de rawah Bening, als reservoir te gebruiken en de rawah Gesikan geheel droog te leggen. Hierdoor zou in de eerste plaats maar een korte wadoekdijk noodig zijn en voorts werd er een compensatie gevonden voor de gronden, die tengevolge van den wadoekaanleg in den oostmoesson onbeplantbaar zouden worden. Bij dit plan werd overigens een tunnel naar den Indischen Oceaan gedacht met een capaciteit van ongeveer 50 m³/sec voor loozing van overtollig water uit de wadoek Bening.

Voor het verrichten van de noodige terreinopnamen en allerlei hydrologische waarnemingen om de plannen verder te kunnen uitwerken werd in het zelfde jaar nog een bedrag van *f* 12 000,— toegestaan. Daar met het verrichten der opnemingen vooral in het rawahgebied vrij veel tijd gemoeid ging, kon eerst in 1923 een voorontwerp met uitvoerige nota van toelichting van de hand van ir. M. Valkenburg worden ingediend. Dit voorontwerp omvatte de werken zooals deze door den Directeur B.O.W. waren uitgestippeld benevens eenige bevloeiingswerken. De totale kosten dezer plannen werden geraamd op rond 18 millioen gulden. Indien conform het oorspronkelijke plan D beide rawahs als reservoir zouden worden ingericht zouden de kosten echter slechts 12 millioen bedragen. Voorts werd in de zoo juist genoemde nota opgemerkt dat, mocht men de beslissing omtrent de dure wadoekplannen willen uitstellen, men dan toch door het verruimen van de Ngrowo tot een capaciteit van 250 m³/sec en den bouw daarin van een bandjirscherm, benevens een tunnel door het Zuidergebergte met 100 m³/sec capaciteit, reeds een aanzienlijke verbetering in de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng tot stand zou kunnen brengen met betrekkelijk weinig kosten, n.l. rond 2 millioen gulden.

De verdere geschiedenis van dit ontwerp is helaas merkwaardig kort.

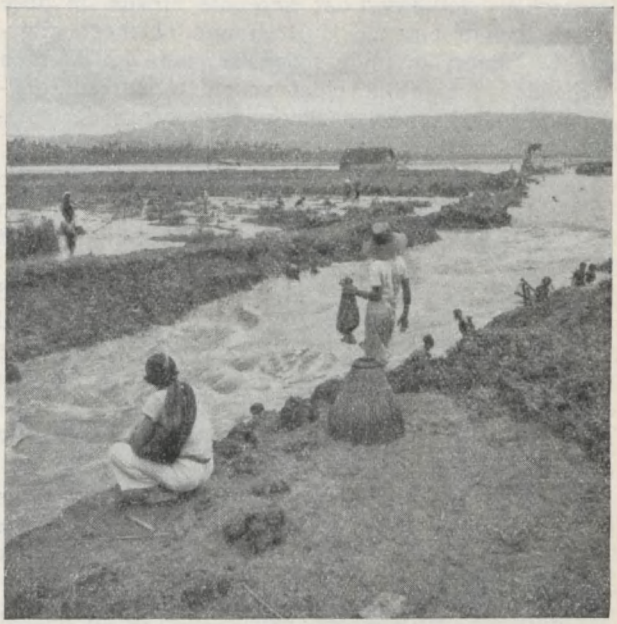


*Foto 4. Het graven van de coupure van de R. Gesikan naar de K. Ngrowo moest onder moeilijke omstandigheden worden aangevangen.*

*Foto 5. Bij het doorsteken van de K. Ngasinan naar de R. Gesikan werd veel waterbezwaar ondervonden.*

Doorgezonden naar het Departement raakten de „bescheiden" zoek en naspeuringen zijn uitgebleven, waarschijnlijk ook omdat men bij gebrek aan financiën weinig belangstelling meer had voor millioenenplannen.

Van 1923 tot 1932 worden dan geen verbeteringen in de afwatering van de Zuid-Toeloengagoengvlakte voorgesteld; maar in deze periode werden vele regen- en debietwaarnemingen verricht en verschillende andere gegevens verzameld, die later van zeer veel nut zijn geweest.

De toestand in de Toeloengagoengvlakte werd er intusschen niet beter op; geregeld bleven de deze vlakte doorstroomende rivieren min of meer uitgestrekte oppervlakten inundeeren met de daaraan verbonden ernstige gevolgen voor den aanplant, zoodat nog menigmaal van overheidswege aan de benadeelde bevolking steun moest worden verleend.

Eerst omstreeks 1932 wordt de onderwerpelijke materie weer ter hand genomen, doch meer uit een oogpunt van wadoekexploitatie. Hoewel buiten het eigenlijke afwateringsplan staande mogen hier terwille van de volledigheid de nota's, die in genoemd jaar en in 1934 verschenen naar gegevens, verzameld door ir. Barkey, vermeld worden. Deze nota's handelen over het gebruik der rawahs Bening en Gesikan als wadoek, met de bedoeling, zonder benadeeling van de streek zelve, de Brantas-debieten in den drogen tijd te suppleeren.

Aangezien het echter niet mogelijk bleek een afwateringsgeul van de diepste punten der rawahs naar de Brantas in stand te houden moesten deze plannen ook blijven liggen.

In 1935 wordt dan door het toenmalige Hoofd van den Provincialen Waterstaat van Oost-Java ir. Lammers weder een voorstel tot verbetering van de afwatering der Zuid-Toeloengagoengvlakte bij den Directeur van Verkeer en Waterstaat voorgebracht. Dit plan beoogde verlaging der rawahstanden door middel van een tunnel naar den Indischen Oceaan met betrekkelijk geringe capaciteit bijv. 25 of 50 $m^3$/sec. Als nevenvoordeel van dit plan werd genoemd het eenigermate ontlasten van Kediri en van de Brantasdijken bij zeer groote bandjirs. De invloed dien deze tunnels gehad zouden hebben op de rawahwaterstanden werd voor den gepasseerden zeer natten westmoesson 1933/1934 nagegaan. Stilzwijgend was bij deze berekeningen tevens een verruiming van de Ngrowo aangenomen.

Door den Directeur van Verkeer en Waterstaat werden naar aanleiding van dit voorstel nadere inlichtingen verzocht inzake het verminderen van de bezwaren voor Kediri en de Brantasbandjirs, terwijl voorts de vraag gesteld werd of ten aanzien van de verlaging der rawahstanden niet eenzelfde effect te bereiken zou zijn door de capaciteit van de K. Ngrowo met bijv. extra 30 $m^3$/sec te vergrooten.

Overigens werden als bezwaren tegen het voorstel met tunnel geopperd het risico aan den aanleg daarvan verbonden en het onttrekken van water aan de K. Brantas, waardoor deze rivier minder zand zou kunnen vervoeren.

Het, naar aanleiding van de door het Departement verzochte inlichtingen, vereischte onderzoek werd begin 1936 aan schrijver dezes opgedragen en in een algemeene nota getiteld: „Aan te leggen werken in de vlakte van Zuid-Toeloengagoeng" is toen een nieuw plan ontwikkeld, dat instemming bij alle instanties mocht verkrijgen en thans uitgevoerd is.

Hierbij werd van den aanleg van tunnels naar den Indischen Oceaan afgezien en werden enkele nieuwe inzichten op het gebied van rivierverbetering verwerkt. Het geheele plan is verdeeld in drie deelen.

*Foto 6. De Ngasinan-doorsteek in een verder gevorderd stadium op het moment dat een montage-steiger voor een ijzeren brug van 30 m overspanning wordt geslagen.*

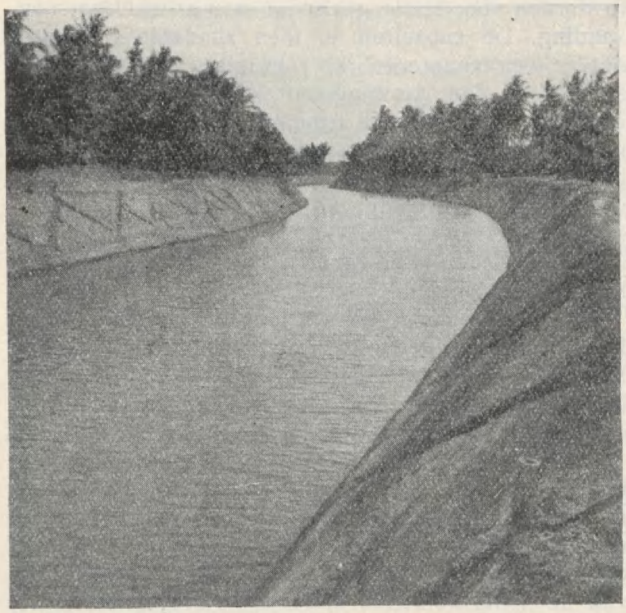


*Foto 7. De verruimde kali Ngrowo toen deze nog 1,5 m verdiept moest worden.*

Het *1ste gedeelte* omvat de werken in het eigenlijke rawahgebied, dienende tot verlaging van de waterstanden daarin.

Hierbij worden echter die rawahs zoo veel mogelijk als bufferreservoirs voor het opvangen van bandjirs benut.

Ten einde zulks te bereiken zal de K. Ngrowo worden verruimd en verdiept en door middel van een te graven coupure met de rawah Gesikan in verbinding worden gebracht. Voorts zal een keersluis in de K. Ngrowo terugstrooming naar de rawahs bij de hooge Ngrowowaterstanden, welke optreden tengevolge van bandjirs in de affluenten dezer rivier of bij zeer hooge Brantasstanden, beletten. Door deze keersluis wordt tevens de mogelijkheid geschapen om de rawahs volledig als accumulator te benutten, door daarin zoonoodig al het afstroomende water gedurende eenigen tijd op te houden, om op deze wijze de Brantas tijdelijk te ontlasten.

Verder zal het Ngasinanwater door middel van een verdeelsluis geleid kunnen worden òf direct naar de K. Ngrowo via een buiten het inundatiegebied omloopend nieuw aan te leggen verbindingskanaal, genaamd het Ngasinan-Ngrowo kanaal, òf naar de rawah Gesikan, waarvoor de doorgaande K. Ngasinan eenige kilometers benedenstrooms van de verdeelsluis naar genoemde rawah zal worden doorgestoken.

Het *2de gedeelte* der Zuid-Toeloengagoengwerken dient tot verbetering van het zoogenaamde Tawinggebied gelegen bewesten de rawahs tusschen de K. Ngasinan en K. Tawing.

Met het *3de gedeelte* wordt tenslotte hetzelfde beoogd voor het Dawirgebied, dat ten Oosten van de rawahs ligt.

De grondslagen voor het uitvoeren van de werken ten behoeve van het rawahgebied werden in de reeds genoemde algemeene nota in het kort ongeveer als volgt uiteengezet.

De bezwaren in de Zuid-Toeloengagoengsche vallei ondervonden door overslagwater uit de rivieren, gevolgd door dikwijls lang aanhoudende inundaties, hebben in den loop der laatste 25 jaren geleid tot het ontwerpen, nu eens van ruime, genormaliseerde afvoeren in de richting van de K. Brantas, dan weer van tunnels naar den Indischen Oceaan.

De leidende gedachtengang daarbij is steeds geweest dat, had men aldus een vergroot afvoervermogen geschapen, het kwaad wel verholpen zou zijn. Inderdaad zou zulks na totstandkoming dier werken het geval zijn, maar daarbij dienen we ons toch de vraag te stellen: „Voor hoelang?"

Want zouden de verruimde rivierprofielen zich zelve niet in stand houden, zouden deze door aanzandingen of opslibbingen aan capaciteit inboeten, dan zou — en misschien wel in heel korten tijd — de zaak weer zijn zooals voorheen en terecht zou er dan van „monnikenwerk" gesproken kunnen worden.

Dit overwegende dringt zich direct een tweede vraag aan ons op, namelijk deze:

> „Wat is de eigenlijke oorzaak van de overstroomingen: het te veel aan water of het zand dat de rivierbeddingen verkleint?"

Oorzaak en gevolg dienen hier eerst scherp gescheiden te worden. Welnu, het spreekt welhaast vanzelf, dat het kwaad niet in eerste instantie wordt teweeggebracht door het water, want dat zou zich stellig ook zonder menschelijke hulp, een voldoend ruimen weg hebben gebaand. Neen, de feitelijke oorzaak is gelegen in de afzettingen van de vaste stoffen, zand en slib, die door het stroomende water van de bergen worden meegevoerd. Daarom is het alleen mogelijk een *blijvende* verbetering aan te brengen, door opheffing van het z.g. zandbezwaar.

Herbebossching, bergbeekbeteugeling, zeker, dat zijn nuttige dingen, maar helaas voorloopig slechts „woorden" voor deze streek, waar, zooals een landbouwconsulent het eenige jaren geleden wel is waar

*Foto 8. Het Ngasinan-Ngrowo kanaal, lang 6,5 km met een capaciteit van 100 m³/sec, in uitvoering.*

overdreven maar typeerend uitdrukte, een boom een „zeldzaam verschijnsel" is geworden.

Intusschen vervoert de K. Ngasinan jaarlijks ongeveer twee millioen $m^3$ zand en slib, zooals uit door ons getrokken watermonsters is afgeleid. Bij een stroomgebied van rond 500 $km^2$ komt deze hoeveelheid overeen met een denudatie van 4 mm per jaar, welk cijfer in verhouding tot de getallen, die men voor andere stroomgebieden opgeeft, bijv. dat van de Solorivier, niet eens hoog genoemd kan worden.

Nochtans komt deze zeer belangrijke hoeveelheid materiaal langs de K. Ngasinan, die in zijn benedenloop een verhang heeft van 50 cm per km, naar beneden en moet via de K. Ngrowo, waarvan het verhang gemiddeld slechts 15 cm per km bedraagt, naar de Brantas gevoerd worden. Om te kunnen beoordeelen of dit mogelijk is, meer in het algemeen gesproken, om de gevolgen van rivierverbeteringen ook maar eenigermate te kunnen voorzien, kunnen studies over het transport van vaste stoffen door stroomend water niet gemist worden. Er zijn zooveel slechte ervaringen op dit gebied opgedaan en het leergeld was dikwijls zoo duur, dat men in den laatsten tijd in vele landen, helaas nog niet in ons Indië, uitgebreide systematische onderzoekingen naar het materiaaltransport in de rivieren zelf is gaan verrichten. Ook in bijna alle hydrodynamische laboratoria houdt men zich thans ernstig met dit interessante doch moeilijke probleem bezig en er zijn reeds eenige waardevolle resultaten bereikt.

Eenmaal kennis genomen hebbende van de wijze waarop dergelijke vraagstukken tegenwoordig op wetenschappelijke wijze worden aangevat, kan het niet anders of men beziet den toestand in de Zuid-Toeloengagoengsche vlakte in het licht van dien arbeid. Dan zal men allereerst de natuurkundige wetten willen leeren kennen, volgens welke zich de verplaatsingen van het materiaal, de afzettingen of opwoelingen daarvan voltrekken. Daartoe in de gelegenheid gesteld, hebben wij dan ook vele honderden watermonsters getrokken op verschillende plaatsen in de K. Brantas, in irrigatiekanalen en natuurlijk ook in de kali's Ngasinan en Ngrowo, waardoor de werken, die in de Zuid-Toeloengagoengsche vlakte werden aangelegd, voor een groot gedeelte gebaseerd konden worden op het resultaat van die onderzoekingen. In de eerste plaats is uit de analysen van het Ngasinanmateriaal gebleken, dat de K. Ngrowo daarvan slechts een gedeelte kan transporteeren, zoodat een op zich zelf staande verruiming van deze rivier moest worden ontraden, omdat dit naar alle waarschijnlijkheid teleurstellingen zou geven.

De oplossing werd toen gevonden in een coupure van de K. Ngasinan naar de rawah Gesikan en een aparte aanmonding van de Ngrowo op voldoend grooten afstand daarvan verwijderd.

De rechtstreeksche verbinding tusschen de K. Ngasinan en de K. Ngrowo werd dus verbroken. Zoodoende zullen de vaste stoffen, die de Ngasinan jaarlijks afvoert, in de rawah neerslaan en stroomt langs de Ngrowo slechts „schoon" water.

Hierdoor werd het mogelijk de Ngrowo te verruimen en verdiepen, zonder dat er gevreesd behoefde te worden voor teloor gaan van dien arbeid door aanzanding. De capaciteit is toen zoodanig berekend, dat er een aanmerkelijke verlaging van de rawahstanden in den westmoesson verwacht kan worden. Niettemin kon van het accumuleerend vermogen der rawahs nog meer partij worden getrokken dan bij den bestaanden toestand het geval is, omdat door verruiming en verdieping van de K. Ngrowo de waterstand in de rawahs veel sneller zal dalen en dus de rawahs tusschen twee regenperioden in geheel zullen kunnen leegloopen.

Dit was bij de bestaande toestand niet het geval. Daarbij daalde gedurende de westmoessonmaanden het peil in de rawahs niet of slechts hoogst zelden beneden + 81,50 en bleven er dus steeds een 50 millioen $m^3$ water aanwezig.

Behalve met de rawahstanden moest bij de berekening van de benoodigde capaciteit van de Ngrowo ook rekening gehouden worden met hooge Brantasstanden, die een negatieve stuwkromme in de Ngrowo doen ontstaan en voorts met de van de oosthelling van de Wilis komende affluenten, die tezamen nog een stroomgebied van ruim 350 $km^2$ bezitten.

Vervolgens moest er ook nog gedacht worden aan de belangen van de kotta Kediri en de meer benedenstrooms gelegen Brantasdijken, waardoor het wenschelijk is bij zeer hooge Brantasstanden geen water uit het merencomplex te loozen.

De bepaling van de capaciteit der Ngrowo was hydraulisch gesproken dus tamelijk ingewikkeld, te meer omdat de hoeveelheid water die op een bepaald moment langs de Ngrowo zal afstroomen o.a. ook afhankelijk is van den rawahstand. Er bestaat een verband tusschen dezen afvoer en den rawahinhoud, en we hebben dus de retentie van het inundatiegebied mede in beschouwing te nemen.

Ter oplossing van het vraagstuk is een der bekende grafische methoden gebruikt, welke ook toegepast worden bij de bepaling van de benoodigde lengte van reservoiroverlaten. Bij de vaststelling van den toevoer naar de rawah is hierbij gebruik gemaakt van de regencijfers en de verrichte debietmetingen in deze streek. Voor de natte maanden van het jaar 1934 zijn toen voor eenige verschillende capaciteitsvergrootingen der K. Ngrowo de rawahstanden grafisch berekend.

Duidelijk viel daarbij de snellere daling in perioden met weinig regen op, terwijl de hoogste standen die zullen voorkomen lager zijn dan bij den bestaanden toestand.

Aannemende dat een aanplant wel gedurende eenige dagen geïnundeerd kan zijn, zonder dat er daardoor veel schade berokkend wordt aan de oogst, vonden we de strook grond die in de toekomst beplantbaar zal zijn. De breedte van deze strook zal in verschillende jaren uiteenloopen, maar gemiddeld zullen er ongeveer 1 000 bouw in den westmoesson meer beplant kunnen worden. Voorts kan als voordeel genoemd worden, dat de rawahstanden aan het einde van den natten tijd, dus omstreeks Mei, sneller zullen dalen, zoodat de oostmoessonaanplant (bonoråwåhcultuur) spoediger en met minder risico in den grond kan worden gebracht. Een derde voordeel is gelegen in de betere afvoermogelijkheid van de aan-

grenzende gebieden zoowel ten Oosten als ten Westen van de rawahs.

Teneinde de belangen van de stad Kediri en de meer benedenstrooms gelegen terreinen langs de Brantas te kunnen behartigen dient zooals reeds vermeld tijdens zeer hooge Brantasstanden de loozing uit de meren geheel gestopt te kunnen worden. Daartoe is een keersluis geprojecteerd in de K. Ngrowo ongeveer 3 km van de rawah. De sluis heeft bovendien de functie om bij lage rawahstanden het binnenloopen van water daarin uit de Ngrowo, die hoog kan staan als de affluenten bandjiren of bij hoogen Brantasstand, te beletten.

Deze sluis Gesikan moet dus tweezijdig water kunnen keeren. In verband daarmede is een schotbalkinrichting ontworpen.

Met de reeds genoemde werken, t.w. de coupure van de Ngasinan naar de rawah, de verruiming van de Ngrowo en het bouwen van de keersluis Gesikan zou men eventueel hebben kunnen volstaan.

Dan echter zouden alle vaste stoffen door de Ngasinan meegevoerd in de rawah gedeponeerd worden, waardoor dit accumulatiebekken jaarlijks ongeveer twee millioen $m^3$ aan inhoud zou verliezen en dus binnen afzienbaren tijd zijn nuttige reguleerende werking niet meer zou kunnen uitoefenen.

Om aan dit bezwaar tegemoet te komen en ook omdat daardoor de rawahstanden nog lager gehouden konden worden, is er toch een rechtstreeksche verbinding tusschen de Ngasinan en de Ngrowo geprojecteerd.

Uit de analyses van het materiaal door de K. Ngasinan meegevoerd was namelijk gebleken, dat een groot gedeelte daarvan uit zeer fijne deeltjes bestaat. Deze stoffen, waarvan de korreldiameter kleiner is dan 0,07 mm, zullen ook met de zooveel kleinere snelheden in de K. Ngrowo wel worden meegevoerd, hetgeen uit vele door ons gedane waarnemingen was gebleken. De grovere bestanddeelen echter dienen uit de Ngrowo geweerd te worden. Om deze splitsing naar de grootte van de Ngasinandeeltjes te bewerkstelligen was een sluis van bijzonderen vorm noodig aan den mond van de verbinding tusschen de K. Ngasinan en de K. Ngrowo, het z.g. Ngasinan-Ngrowokanaal. Deze sluis kon het best ongeveer 5 km stroomopwaarts van de rawah in de Ngasinan gebouwd worden, welke plaats werd gekozen, omdat in dat geval het Ngasinan-Ngrowokanaal in hoog terrein kon worden ontgraven en dus niet bedijkt behoefde te worden.

Bovendien kon deze sluis dan tevens dienen als watervang voor een gedeelte van het z.g. Tawinggebied en dus ook in de bevloeiing voorzien van de gronden langs de rawah, die door verlaging van de rawahstanden beplantbaar worden.

De capaciteit van het Ngasinan-Ngrowokanaal, dat ruim 6 km lang is, werd aangenomen op 100 $m^3$/sec. Het is interessant hierbij te vermelden, dat de hoeveelheid water, die maximaal door het Ngasinan-Ngrowokanaal zal kunnen worden afgelaten, beheerscht wordt door het materiaaltransport van de K. Ngasinan. Om namelijk alle grovere deelen naar de rawah te spuien is bij het gegeven verval een bepaalde hoeveelheid water noodig, welke dus niet door het Ngasinan-Ngrowokanaal kan stroomen. Op de vraag hoeveel water daar wel voor gebruikt zal moeten worden, zal hier niet dieper worden ingegaan. Theorieën hieromtrent zijn wel opgesteld, maar de practijk zal dat over eenige jaren het beste leeren.

Wij zullen ons dus beperken met te constateeren hoe maatgevend in een streek als deze de door de rivier meegevoerde vaste stoffen zijn voor daarin aan te leggen werken. En spreken daarbij de hoop uit, dat er na de totstandkoming dezer werken bijzondere aandacht zal worden besteed aan de exploitatie daarvan, opdat door nauwkeurige observatie van de wijzigingen in het regiem der rivieren iets meer bekend zal worden omtrent het transport van vaste stoffen door stroomend water.

Uit bovenstaande beschouwingen moge duidelijk zijn geworden dat een oplossing voor het afwateringsprobleem der Zuid-Toeloengagoengvlakte slechts mogelijk was door een zekere hoeveelheid zand te deponeeren in de rawahs. Deze worden dus behalve als accumulator gebruikt als z.g. „desilting basin".

Dat op den duur beide functies niet vereenigbaar zijn stond bij den opzet der werken reeds vast.

De gevonden oplossing is dus slechts tijdelijk en voldoet misschien voor eenige tientallen jaren.

Zeker is het, dat men naderhand andere maatregelen zal moeten treffen, waarvan het afleiden van water en zand van de Brantas naar den Indischen Oceaan, zooals opgemerkt, wel overwogen moet worden.

Hiermede moge worden afgestapt van deze geschiedkundige en hydrologische beschouwingen, welke grootendeels werden ontleend aan voordrachten door wijlen ir. A. J. Beauchez en schrijver dezes gehouden tijdens de 26ste Jaarvergadering der Vereeniging van Waterstaatsingenieurs te Kediri.

In een volgend artikel hoop ik de belangrijkste kunstwerken, die gebouwd werden om het gestelde doel te bereiken, nader te beschrijven.

Bandoeng, Juni 1940.

*(Wordt vervolgd.)*

# Maximum afvoer en hydrologische empirie

door

B. W. P. ROESSEL,

Gepens. Opperhoutvester bij den Dienst v. h. Boschwezen in N.-I., Dordrecht.

Hoe staan de in Indië gebruikelijke methoden ter berekening van den te verwachten maximum afvoer tegenover de hydrologische empirie? Zoo zou eigenlijk de titel van dit artikel hebben moeten luiden, doch ik heb een kortere geprefereerd. De methoden door mij bedoeld (van Melchior, van Kooten en der Weduwen) gaan uit van topografische gegevens (oppervlakte, vorm, rivierlengte, verhang) en meteorologische gegevens (dagmaximum van den regenval) van het stroomgebied waarvoor de berekening moet worden uitgevoerd.

Men gaat hierbij dus niet uit van afvoergegevens van het stroomgebied, zooals bij de methode Begemann, die de waarschijnlijkheidsleer toepast op gegevens van het stroomgebied zelve. Hierop heeft het ondervolgende geen betrekking.

Pascher stelde voor deze berekening op een grondformule: $Q = \alpha\,\beta\,q\,f$.

Hierin is $Q$ de te berekenen maximum-afvoer, $f$ het oppervlak van het stroomgebied in km$^2$, $q$ de te verwachten hoogste plaatselijke regenval, die zooveel mogelijk voor het stroomgebied zelve empirisch wordt vastgesteld, $\beta$ een min of meer empirisch vastgestelde reductiefactor, die den plaatselijken regenval $q$ herleidt tot een regenval over het geheele gebied $f$, in verband met den voor het stroomgebied aan te nemen afvoertijd $T$, en $\alpha$ een in percenten van den regenval uitgedrukte factor, aangevende dat gedeelte dat direct tot afvoer komt.

Zijn $q$ en $\beta$ meteorologische factoren, $\alpha$ en de afvoertijd van het stroomgebied kan men rekenen tot de hydrologische en het zijn deze beide laatste, die hier speciaal de aandacht zullen hebben.

## De factor $\alpha$.

De factor $\alpha$ is tot op zekere hoogte het stiefkind in de formule van Pascher. Dit houdt verband met het feit, dat een methode om dezen factor uit waarnemingen te bepalen tot nu toe niet bekend is. Bovendien is het aantal gegevens, dat zou kunnen hebben gediend om dezen factor te benaderen zeer gering, en het is dan ook niet te verwonderen, dat verschillende onderzoekers hier tot verschillende oplossingen kwamen.

A. Specht (Beieren 1915) ging uit van enkele waarnemingen, waaruit hij concludeerde, dat de afvoercoëfficiënt, door hem $\varphi$ genoemd, het grootst was bij heftige buien en kleiner werd bij minder heftige regens. Een overtuigend cijfermateriaal is daarbij echter niet overgelegd en ik krijg den indruk, dat Specht hier meer de logica dan de empirie heeft gevolgd. Hij stelde een formule op voor den afvoercoëfficiënt gebaseerd op 0,9 à 1,0 bij zeer heftige regens, 0,7 à 0,9 voor regens tot ongeveer 5 uren duur, 0,2 à 0,5 voor landregens. Ik zal hier niet zijn geheele redeneering volgen, gebaseerd op afvoer over de oppervlakte is ze logisch. Vertaald staat er: Voor landregens is de afvoercoëfficiënt veel kleiner, daar de geringe intensiteit daarvan het indringen van het water in den grond vergemakkelijkt en het afstroomen van een ruwe bodemoppervlakte bemoeilijkt. Men kan derhalve op grond van de bestaande ervaring voor zulke gevallen slechts met een afvoercoëfficiënt van 0,2 tot 0,5, al naar de grootte en de geaardheid van het neerslaggebied en in het bijzonder van zijn doorlaatbaarheid rekenen.

Van den afvoer bij zeer heftige buien zegt hij, na een bewering dat de afvoercoëfficiënt met de snelheid van den afvoer toeneemt, dat dit het duidelijkst blijkt bij catastrofale stortbuien welke de max. afvoer bijna op den voet volgt. In zulke gevallen werd reeds meermalen aangetoond, dat bijna de totale hoeveelheid neerslag onverminderd ten afvoer is gekomen (z.a. bijv. op 29 Mei 1911 in het Taubergebied en 3 Juni 1913 in Ebern).

Als kritiek hierop mag het volgende dienen:

1) Van den afvoer bij landregen zijn geen cijfers bekend gemaakt, die de getallen 0,2 tot 0,5 zouden rechtvaardigen.
2) Wat betreft den afvoercoëfficiënt neemt Specht een uitzonderlijke positie in, doordien hij dezen berekent uit de verhouding tusschen den afvoer per secunde tijdens den hoogsten top en den gemiddelden regen per secunde.

Specht kwam nu tot de volgende formule voor den afvoercoëfficiënt:

$$\varphi = 0{,}2 + \frac{0{,}8}{\sqrt[4]{(t+1)}},$$ waarin $t$ voorstelt den duur in uren van den gevaarlijksten regen.

Uitgewerkt geeft deze formule de volgende waarden voor

| | |
|---|---|
| $t = 1$ uur | $\varphi = 0{,}87$ |
| 2 uur | 0,81 |
| 3 uur | 0,77 |
| 12 uur | 0,62 |
| 24 uur | 0,56 |
| 48 uur | 0,50 |
| 72 uur | 0,47 |

In principe wordt deze formule door van Kooten (1929) overgenomen, *zonder rekening te houden met de uitzonderlijke definieering*, alleen is hij het niet eens met het voorkomen van den regenduur in de formule en neemt hij daarom aan voor landregens met een $q\beta$ van 0 — 3 m$^3$/sec/km$^2$ een $\alpha$ van 0,40 — 0,60 en voor buien met een $q\beta$ van 3 — 34 m$^3$/sec/km$^2$ een $\alpha$ van 0,60 — 0,90, waarvoor hij de formule opstelt

$$\alpha = 1 - \frac{4{,}1}{q\beta + 7}.$$

Beiden gaan dus uit van het principe dat *percentsgewijze* van kortere intensieve buien meer wordt afgevoerd dan van langere minder intensieve regens, dat dus de $\alpha$ daalt naarmate de regens langer duren. Geheel in deze lijn ligt de conclusie van van

Kooten, dat bij de betrekkelijk kleine stroomgebieden van Java, waarin *de maximum-afvoeren door zeer hevige buien ontstaan, de α veel grooter zal zijn dan 0,52.*

Lijnrecht tegenover Specht (en van Kooten) staat Klunzinger, die een α aanneemt van 100%, formules geeft waarin deze niet voorkomt, omdat werd aangenomen, dat het vooraf zoo lang zou hebben geregend, dat een nagenoeg volkomen verzadiging van den bodem zou zijn ingetreden. Hij moet zich dus voorstellen, *dat de bodem niets meer opneemt na volkomen verzadiging en het daarna vallende water geheel over de oppervlakte afstroomt,* althans er is niets dat wijst op een andere opvatting.

Denzelfden gedachtengang vindt men terug bij ir. D. J. F. van Es, in de *Waterstaatsingenieur* van 1917.

De meening van Klunzinger staat niet ver af van die van Lauterburg (1887), die aanneemt dat er *gedurende den regen een toeneming van de grootte van den coëfficiënt α plaats heeft,* welke meening in principe door Melchior niet onwaarschijnlijk wordt geacht. Er zou volgens Lauterburg gedurende het vierde etmaal (waaruit volgt dat de redeneering bedoeld is voor landregens) een toestand optreden, waarbij tengevolge van de verzadiging alle vallende regen wordt afgevoerd. Hoewel zal mogen worden aangenomen dat deze uitspraak gebaseerd werd op waarnemingen, is Melchior het er niet mede eens. Ter weerlegging vergelijkt hij een regen van 200 mm in 1 dag met een regen van 200 mm in 4 dagen. In het eerste geval zou afgevoerd worden 50% van 200 mm, dus 100 mm, en in het tweede geval 50% van 150 mm + 100% van 50 mm = 75 + 50 = 125 mm. Melchior achtte dit resultaat ongerijmd, hetgeen het ook is, indien men den afvoer bekijkt van het tot nu toe algemeen ingenomen standpunt, dat men uitsluitend te maken heeft met oppervlakte-afvoer. Vooruitloopend op hetgeen straks over doordengrondschen afvoer gezegd zal worden, kan hier dus geconstateerd worden, dat Melchior uitging van de meening, dat op den 4den dag na den eersten regen daardoor op dien afvoer nog geen invloed werd uitgeoefend. Bekijkt men het vraagstuk echter uit het standpunt, dat de doordengrondsche afvoer (niet van vorige regens doch van den regen zelve) ook een woordje heeft mede te spreken, dan blijken de opvattingen van Lauterburg en Klunzinger nog zoo gek niet. Natuurlijk behoeft dat niet in te sluiten, dat de α drie dagen op 50% zou blijven en dan plotseling op 100% zou springen.

Om te zien wat de empirie hierin beslist, geef ik cijfers van het Zwitsersche onderzoek van Engler in Emmental, een onderzoek dat de meeste empirische argumenten zal opleveren om uit te maken, wat nu eigenlijk het juiste zal zijn. De hydrologie is, zooals ook ir. van Staalen zegt, een empirische wetenschap en men moet dus, wil men de waarheid leeren kennen, beginnen met het beste cijfermateriaal dat er op het oogenblik te krijgen is, te bestudeeren. Dat men echter aan een onderzoek over slechts twee stroomgebieden niet voldoende kan hebben, zal een ieder die eenig idee heeft van de groote verschillen, die diverse stroomgebieden vertoonen in hun afvoer, direct beamen.

De onderzochte Zwitsersche stroomgebieden zijn niet extra doorlatend, ook niet extra ondoorlatend en kunnen beschouwd worden als een in Europa veel voorkomend type. Ter verdere toelichting moge dienen, dat ze klein zijn, beide beneden 1 km², zoodat de afvoertijd (over de oppervlakte) geschat kan worden te liggen in de buurt van een half uur.

De ondervolgende tabel geeft nu weer, hoe de afvoer verloopt in een regenperiode met landregenachtigen neerslag.

**Tabel 1.**

| Regenperiode 1909 | Sperbelgraben | | | Rappengraben | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Regen mm | Afvoer mm | Afvoer in % v. d. regen | Regen mm | Afvoer mm | Afvoer in % v. d. regen |
| 6 Juli 12 — 24 u | 13,4 | 1,537 | 11,5 | 12,9 | 1,615 | 12,5 |
| 7 „ 0 — 24 u | 24,4 | 5,673 | 23,3 | 27,1 | 8,671 | 32,0 |
| 8 „ 0 — 24 u | 18,5 | 7,719 | 41,7 | 17,8 | 13,306 | 74,8 |
| 9 „ 0 — 24 u | 48,4 | 25,772 | 53,2 | 49,1 | 38,172 | 77,7 |
| 10 „ 0 — 24 u | 16,6 | 21,256 | 128,0 | 16,0 | 26,102 | 163,1 |
| 11 „ 0 — 24 u | 24,7 | 16,569 | 67,1 | 21,2 | 15,718 | 74,1 |
| 12 „ 0 — 24 u | 14,8 | 24,412 | 164,9 | 13,4 | 22,098 | 164,9 |
| 13 „ 0 — 24 u | 0,1 | 10,679 | — | — | 8,757 | — |
| 14 „ 0 — 24 u | — | 6,122 | — | — | 4,991 | — |
| 9/12 Juli | 104,5 | 88,009 | 84,2 | 99,7 | 102,090 | 102,4 |
| 10/12 Juli | 56,1 | 62,237 | 110,9 | 50,6 | 63,918 | 126,3 |

Men ziet hieruit, dat de afvoer na enkele dagen bij beide gebieden boven de 100% komt, bij Rappengraben een dag eerder dan bij Sperbelgraben. Dit en de afvoeren na het ophouden van den regen is alleen verklaarbaar, door voor dit geval een groote plaats in te ruimen aan den doordengrondschen afvoer, zonder dat dit nog in zich sluit allen bovengrondschen afvoer uit te sluiten. De afvoer wordt blijkbaar beïnvloed door de meerdere of mindere vulling van het grondreservoir. Denkt men zich dit, om het inzicht te vergemakkelijken, als een open reservoir, een wadoek, afgesloten door een poreusen dam (idee ontleend aan van Staalen), dan is gemakkelijk in te zien, dat de afvoer nu eens kleiner, dan weer grooter is dan de regenval, dat deze nog doorgaat na het ophouden van den regen en minder wordt naarmate de waterstand in het reservoir daalt. Er ontstaat een nivelleerende werking, die maakt dat de hoogste dagafvoer steeds zal blijven beneden en de laagste dagafvoer steeds boven resp. den hoogsten en den laagsten dagregenval.

Men ziet uit deze tabel dat (steeds voor dit geval) de opvatting van Lauterburg het dichtst bij de waarheid is en althans voor landregens de meening van Specht geen bevestiging vindt.

Melchior beschouwde den afvoer als volgt: „Van de hoeveelheid regen $q$ die volgens het voorgaande per km² en per sec. op een stroomgebied van $F$ km² oppervlakte kan vallen komt slechts een gedeelte tot dadelijken afvoer. Dit gedeelte bedraagt voor het geheele stroomgebied $Q = \alpha\, q\, F$.

Het overige verdampt of zakt in den bodem en *komt eerst veel later en op zekeren afstand* — misschien wel buiten de grenzen van het stroomgebied — *weder te voorschijn.*

Voor de waarde van den coëfficiënt $\alpha$, die afhankelijk is van de helling, de begroeiing en de geaardheid van den bodem, wordt bij de toepassing van de formules van Lauterburg in Indië veelal aangenomen op 0,41, 0,52 of 0,62, meestal de gemiddelde waarde 0,52. Er zijn geen gegevens beschikbaar, die vrijheid zouden geven om van den *eenmaal aangenomen regel* af te wijken."

Van Kooten is wat den afvoer betreft van ongeveer dezelfde meening als Melchior. Hij zegt het volgende: „De $\alpha$ coëfficiënt stelt voor de verhouding tusschen de afgevoerde en gevallen hoeveelheid regen per seconde. Deze verhouding is niet uit waarnemingen te bepalen. Men benadert haar door den gemiddelden afvoercoëfficiënt gedurende den geheelen duur van den hevigen regen, die den maximum afvoer veroorzaakte, te bepalen [1]). Maar ook deze gemiddelde afvoercoëfficiënt kan nog niet juist worden bepaald, omdat bij het begin van den hevigen regen nog afvoer van vorige regens bestaat en bij het einde van den regen nog niet alle water van dien regen is afgevoerd. Bij den afvoercoëfficiënt, die voor de berekening van den maximum afvoer noodig is, speelt de verdamping een geringe rol en wordt het verschil tusschen afvoer en regenval in hoofdzaak veroorzaakt door het water, dat in den grond dringt of op andere wijze achterblijft en *den bovengrondschen afvoer vermindert.*"

Men kan deze beide meeningen (van Melchior en van Kooten) onderschrijven voor *hevige buien op terreinen, die niet in staat zijn dergelijke buien geheel in zich op te nemen.* Maar hoe nu, wanneer men te maken krijgt met terreinen, die wel in staat zijn zelfs hevige buien geheel in zich op te nemen, of voor weinig intensieve, maar langdurige landregens, die naar alle waarschijnlijkheid door de meeste soorten terreinen zoo niet geheel, dan toch grootendeels zullen worden opgenomen?

Alvorens op die vraag in te gaan eerst een andere.

Welke factoren beïnvloeden de $\alpha$?

Melchior noemt helling, begroeiing en geaardheid van den bodem, maar brengt die, wegens gebrek aan gegevens niet in rekening. Specht en van Kooten rekenen met de intensiteit van den regen, van Kooten direct door $\beta\, q$ in zijn formule op te nemen, Specht indirect door den tijdsduur van den regen, die bij verlenging regens geeft van geringer intensiteit. Zij brengen helling, begroeiing en geaardheid van den bodem ook niet in rekening. Strele publiceert een tabel van R. Iszkowski, die afvoercoëfficiënten opgeeft, gesplitst naar het orografisch karakter van het gebied, de vegetatie en naar de doorlatendheid van den bodem.

Orografisch deelt hij de stroomgebieden in 4 soorten n.l.

1. Deels laagvlakte, deels heuvels;
2. Heuvelland;
3. Middelgebergte;
4. Hooggebergte.

De bodems deelt hij ook in 4 soorten:

I. Doorlatende bodems met normale vegetatie of gemengde bodemsoorten met overvloedige vegetatie;

II. De meest voorkomende bodemsoorten met normale vegetatie;

III. Zwak doorlatende bodemsoorten met normale vegetatie in steile ligging;

IV. Ondoorlatende bodems zonder of met weinig vegetatie en ongunstige verhoudingen, slechts voor oppervlakten tot 300 km².

In tabelvorm zijn de cijfers:

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,030 | 0,055 | — | — |
| 2 | 0,035 | 0,070 | 0,125 | — |
| 3 | 0,040—0,055 | 0,082—0,140 | 0,155—0,290 | 0,400—0,550 |
| 4 | 0,060—0,080 | 0,160—0,210 | 0,360—0,600 | 0,600—0,800 |

Het is te mooi om waar te kunnen zijn, doet denken aan de resultaten van een uitgebreid en nauwkeurig onderzoek, dat waarschijnlijk niet heeft plaats gehad. Opvallend is dat de invloed van de intensiteit van den regen geheel verwaarloosd is.

1) Had van Kooten dit gedaan, dan zou hij niet zoo gemakkelijk overgegaan zijn tot de opinie van Specht. Zie de 24-uurs afvoeren in tafel 12.

Om te weten hoe verschillende factoren inwerken, zal begonnen moeten worden den afvoer in onderdeelen te splitsen, te weten een gedeelte dat over de oppervlakte afstroomt en een gedeelte dat door den grond afstroomt.

### Amerikaansche afstroomingsproeven.

Deze proeven behandelen den bovengrondschen afvoer. Het verband tusschen regenval, infiltratie en bovengrondschen afvoer wordt door R. E Horton gezien zooals onderstaande formule het uitdrukt:

$$ri - ii = ai$$

Hierin beduidt *ri* regenintensiteit
*ii* infiltratie-intensiteit
*ai* afvoer-intensiteit.

Dit is in wezen hetzelfde als de door Melchior en van Kooten verkondigde theorie over het bovengronds afvloeiende gedeelte. Valt er dus een regen met een *ri* van 1,5 mm, is de infiltratie per minuut 0,5 mm, dan zal er per minuut 1,0 mm regen bovengronds afstroomen.

Uit doorlatendheidsbepalingen, waarbij men stalen kokers een eind in den grond dreef, deze met een zekere hoeveelheid water vulde, en naging in welke mate en met welke snelheid het water in den grond verdween, kan men concludeeren dat de *ii* geen constante grootheid is, doch groot is bij het begin der proef, om naarmate de proef langer werd voortgezet, kleiner te worden en eindelijk een constante waarde te bereiken.

Men kan aannemen dat zich hetzelfde bij regen zal voordoen. De waarden echter, die men vindt bij de doorlatendheidsbepalingen, zijn niet aan te wenden voor regen, daarvoor lijkt de proefneming te weinig op het natuurlijk gebeuren.

Meet men met een zelfregistreerend toestel de regenintensiteit en tegelijk, eveneens zelfregistreerend, den afvoer van een niet te groote oppervlakte, dan kan men het verband tusschen beide duidelijk nagaan. *Voor een vaste basis, waarop de hydrologische wetenschap kan voortbouwen is dit zeker noodig. Gebeurd is het echter nog niet.*

In Amerika werden proeven genomen op verschillende grondsoorten, bedekt met verschillende vegetaties. Men mat regenval, bovengrondsche afstrooming en de hoeveelheid door het water meegevoerden grond. In hoofdzaak dienden deze proeven om de verschillen tusschen diverse vegetaties aan het licht te brengen. Op verschillende grondsoorten genomen bij dezelfde vegetatie geven de resultaten tot op zekere hoogte verschillen van bodemsoorten weer. Diverse vegetaties kan men gemakkelijk vergelijken, naast elkaar, dus onder dezelfde regen- en klimaatsomstandigheden, echter gaat dit met verschillende bodemsoorten veel moeilijker, daar die niet naast elkaar voorkomen.

De gegevens van de ondervolgende *tabel 2* zijn ontleend aan een publicatie van Bennett.

**Tabel 2.**

| Erosie-station | Bodemsoort | Gemidd. neersl. inches p. jaar | Helling % | Vegetatie | Oppervl. afstr. in % v/d neersl. |
|---|---|---|---|---|---|
| Tyler, Texas | Kirvin, fine sandy loam | 44,4 | 12,5 | bosch | 0,8 |
| id. | id. | id. | id. | bosch, strooisel verbrand | 2,6 |
| id. | id. | 42,3 | 8,75 | Bermuda gras | 1,5 |
| id. | id. | id. | id. | katoen | 20,— |
| id. | id. | 48,8 | 16,5 | Bermuda gras | 0,7 |
| id. | id. | id. | id. | katoen | 13,— |
| Guthrie, Oklahama | Vernon, fine sandy loam | 33,5 | 5,2 | bosch | 0,13 |
| id. | id. | id. | id. | bosch, strooisel verbrand | 5,06 |
| id. | id. | 32,9 | 7,7 | Bermuda gras | 1,5 |
| id. | id. | id. | id. | katoen | 14,— |

Zooals men zien kan spreekt hier zeer duidelijk de invloed van de vegetatie. De cijfers zijn echter jaarcijfers en men heeft er voor het hier beoogde doel weinig aan, tenzij eenig verband gelegd kan worden tusschen de jaarcijfers en die van een maximum bui.

Veel gegevens hierover heb ik niet kunnen vinden, doch één gegeven is altijd nog beter dan geen. Uit de publicatie van Bennett haal ik het volgende: Op een tiental proefperken, waarvan de gemiddelde oppervakte-afstrooming gedurende 1931/1933 gemeten werd, viel in 1934 een excessieve bui op 3 April van 3,7 inches in totaal, waarvan 3,03 inches met een gemiddelde van 2,36 inches per uur, dus gelijk aan 77 mm in 77 minuten (zie *tabel 3*).

De perken lagen op Shellby silt loam, helling 8% en werden opgenomen door het Erosion Experiment Station Bethany, Missouri. De grootte der perken is voor perk 1 $6 \times 145{,}7$ ft en voor de overige negen $6 \times 72{,}85$ ft.

De regenval 1931/1933 was gemiddeld 33,54 inch per jaar en op 3 April 1934 3,7 inch.

**Tabel 3.**

| Perk | Beplanting 1931/1933 | Opp. afstr. in % v/d regenval | Beplanting op 3 April 1934 | Opp. afstr. in % v/d regenval op 3 April '34 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | voortdurend mais | 24,59 | maisgrond kaal, niet geploegd | 66,6 |
| 2 | voortdurend mais | 27,41 | maisgrond kaal, niet geploegd | 68,6 |
| 3 | mais, tarwe en klaver in rotatie | 13,37 | klaverstoppels | 29,6 |
| 4 | tarwe, klaver en mais in rotatie | 10,68 | tarwe, bladeren 2 à 3 inches lang | 72,2 |
| 5 | klaver, mais en tarwe in rotatie | 11,57 | klaver, gezaaid voorjaar 1933, niet bemest | 43,0 |
| 6 | klaver (bemest), mais en tarwe in rotatie | 8,64 | klaver, gezaaid voorjaar 1933, bemest | 39,0 |
| 7 | voortdurend alfalfa gras | 3,41 | alfalfa, net begonnen te groeien | 40,5 |
| 8 | voortdurend blue grass | 7,74 | blue grass, net begonnen te groeien | 39,2 |
| 9 | braak, met de spade bewerkt | 26,02 | braak, in den herfst geploegd | 52,7 |
| 10 | braak (ondergrond), met de spade bewerkt | 24,65 | braak (ondergrond), in den herfst geploegd | 74,5 |
| | Gemiddeld..... | 15,8 | | 52,6 |
| | Verhouding ..... | 1 | | 3,3 |

De begroeiingsomstandigheden zijn begin April in Noord-Amerika beslist ongunstig. Bij eenzelfde bui in vollen zomer zou het afstroomingscijfer zeker lager zijn geweest. Van het vochtgehalte van den bodem, dat zooals bleek uit de hiervoor genoemde doorlatendheidsbepalingen ook van invloed is, is niets bekend.

De infiltratie hangt verder nog af van de bodemsoort en het is van belang te weten of het hierboven gevonden cijfer voor Noord-Amerika aan den hoogen of aan den lagen kant is. Daartoe dient de hieronder volgende *tabel 4,* waar verschillende gronden vergeleken zijn, beplant met gewassen, die over het algemeen, gelijk uit de proeven bleek, de hoogste oppervlakte-afvoeren opleveren.

**Tabel 4.**

| Plaats | Bodemsoort | Helling % | Gewas | Regenval | Bovengr. afstr. in % v/d regen |
|---|---|---|---|---|---|
| Temple — Texas | Houston, black clay | 4 | mais | 27 | 11 |
| Tyler — Texas | Kirvin, fine sandy loam | 8,75 | katoen | 42 | 19,5 |
| La Crosse — Wisconsin | Clinton, silty clay loam | 16 | mais | 29 | 17 |
| Bethany — Missouri | Shellby, silt loam | 8 | mais | 34 | 26 |
| Clarinda — Iowa | Marshallt, silt loam | 9,4 | mais | 32 | 12,5 |
| Hays — Kansas | Colby, silty clay loam | 5 | tarwe | 22 | 9,5 |
| Guthrie — Oklahama | Vernon, fine sandy loam | 7,7 | katoen | 33 | 14 |

De in *tabel 3* behandelde grondsoort, Shellby silt loam neemt met 26% de hoogste plaats in. Men kan dus aannemen, dat het in *tabel 3* voor een hevige bui gevonden cijfer voor bovengrondsche afstrooming van bij den landbouw in gebruik zijnde terreinen, voor Amerika aan den hoogen kant is.

De in *tabel 3* gevonden 52,6% is pas een gedeelte van de $\alpha$ zooals die bedoeld wordt door Melchior en van Kooten. Voor een stroomgebied moet hier nog bijgevoegd worden het gedeelte dat, van vorige regens afkomstig, door den grond wordt afgevoerd, eventueel ook nog een gedeelte van den regen zelve, dat direct door den grond heen tot afvoer komt.

Specht vond voor het Taubergebied ook bij een regen van 1 mm per minuut een afvoerpercentage van 100. Is in het Taubergebied de bovengrondsche afstrooming nog hooger of is de 47,4% afkomstig van doordengrondschen afvoer? Het heeft weinig zin zich hierover in gissingen te verdiepen, maar het heeft wel zin aan te toonen, dat het cijfer van Specht ondeugdelijk is. Empirisch zal dit hierachter aan de hand van cijfers van Rappengraben gedemonstreerd worden, theoretisch zal dat hier met de cijfers van de Amerikaansche bui aangetoond worden.

Specht berekent den afvoercoëfficiënt door de verhouding te nemen tusschen de gemiddelde regenintensiteit en den hoogsten afvoertop. Een regenval van 77 mm in 77 minuten vertoont geen constante intensiteit van 1 mm per minuut, maar zal steeds een top hebben (of misschien twee toppen), die ver daarboven uitgaan, de 2 mm per minuut naderen of wel daar nog over heen komen. Daarnaast komen gedeelten voor, die een eind onder de 1 mm per minuut blijven. Ik verwijs voor deze uitspraak naar de hierachter behandelde onweders van Rappengraben en naar diverse teekeningen van van Kooten van onweders, waarbij de aflezing om de 20 minuten plaats had.

Van de hier voor de berekening te gebruiken bui van 3,71 inch of 94,2 mm is de totaalduur niet opgegeven. Zeker is dat de tijdsduur meer dan 94 minuten was. Door nu den totaalduur te stellen op 2 uur, blijf ik zeker aan den korten kant. De gemiddelde intensiteit wordt dan 0,785 mm per minuut. Zonder overdrijving kan men de topintensiteit aannemen op 2 mm per minuut. Hieruit kan nu de gemiddelde *ii* berekend worden op 0,37 mm per minuut, zoodat dan de *ai* tijdens den regentop wordt 2,00 — 0,37 = 1,63 mm. Voor een klein oppervlak wordt de top *ai* gelijk aan den topafvoer, dus 1,63 mm per minuut of meer dan 200% van de gemiddelde *ri*, hetgeen ongeveer 4 maal het bedrag is van den afvoercoëfficiënt waarmede de berekening begonnen werd. Voor een klein oppervlak kan dus volgens de methode van Specht gemakkelijk een $\varphi$ van 200% gevonden worden, zonder nog rekening te houden met den doordengrondschen afvoer van voorafgegane regens of van den regen zelve.

Hiermede is dus duidelijk gemaakt dat de afvoercoëfficiënt van Specht een andere waarde is, dan de waarde die er door Melchior en van Kooten aan gegeven wordt blijkens hun definities en men kan reeds van te voren verwachten, dat de $\alpha$-formule van van Kooten, welke op die van Specht gebaseerd werd, empirisch niet zal voldoen.

## Afstroomingsproeven van Java.

Op Java werden afstroomingsproeven genomen door Coster. Ze geven in hoofdzaak, evenals de Amerikaansche, jaarcijfers. Coster gebruikte voor zijn proeven afstroomingsoppervlakken van 3 × 1 m, naast enkele van 16 m lengte. Hij onderzocht of de bij de perkjes van 3 m gevonden cijfers absolute waarde hadden en wel door na te gaan of er verschil was in afstrooming tusschen vakjes van 3 m lang en van 1 m lang. Hij vond toen, dat deze bij de laatste grooter was. Dit verklaart hij als volgt: „In de werkelijkheid zal men (dus) altijd een ongelijkmatige bovengrondsche afstrooming aantreffen: op de ondoorlatende gedeelten stroomt veel water af, terwijl deze hoeveelheid vermindert of zelfs geheel verdwijnt op de doorlatende plekken. Wanneer nu de gemiddelde hoeveelheid water, die per vlakte-éénheid weg kan zakken, gooter is dan de regenval, dan stroomt als geheel genomen van een bepaalde helling geen water bovengronds af. Men treft dan echter wel een plaatselijke bovengrondsche afstrooming aan, die elders weer verdwijnt. Een vakproef zal op dergelijk terrein bij bepaalde regenintensiteiten wel degelijk een bovengrondsche afstrooming aantoonen, die afkomstig is van de minder doorlatende gedeelten vlak boven de afvoergoot, terwijl toch het terrein als geheel genomen geen bovengrondschen waterafvoer bezit. Met andere woorden, de bovengrondsche afstrooming is in dergelijke gevallen niet evenredig met de lengte der helling, doch zij is geringer dan men zou afleiden uit kleine vakproeven."

Coster nam 4 proeven van telkens 2 perken van 3 m, waarvan één na zekeren tijd werd ingekort op 1 m. Nu bleek, dat de korte perken een hoogeren oppervlakte-afvoer vertoonden, dan men uit de verhouding der oppervlakten zou afleiden. Berekent men nu hoeveel afstrooming er gekomen zou zijn van het ingekorte perk, indien het niet ingekort ware, dan kan men daaruit berekenen, door van dat bedrag de werkelijke oplevering van het ingekorte perk af te trekken, hoeveel op rekening van de weggelaten 2 m had moeten komen. Neemt men verder aan, dat de afstrooming van de bovenste 2 meters zeker dichter staat bij de werkelijke afstrooming van een gebied, dan de gevonden afstrooming van een 3m-perk, dan kan men daaruit berekenen met hoeveel of men het cijfer voor de 3m-perken moet vermenigvuldigen, om de afstrooming op de bovenste twee meters te verkrijgen. Dit blijkt bij de 4 proeven te zijn resp. 0,762, 0,606, 0,600 en 0,489 of gemiddeld 0,614.

De zelfde redeneering zal dan echter moeten worden toegepast op de 16m-perken. Hierover zijn geen proeven genomen. Door nu, uitgaande van de cijfers van de proeven op de 3m-perken, aan te nemen, dat de 4de tot en met de 16de denzelfden afvoer hebben als de 2de en 3de meter, dus alleen de onderste meter een vermeerdering vertoont, kan men berekenen, dat de cijfers der 16m-perken vermenigvuldigd moeten worden met 0,945, 0,891 0,889 en 0,837 of gemiddeld 0,890. Op deze wijze bewerkt zullen de cijfers van de perken van verschillende lengte beter met elkaar vergelijkbaar worden. Opgemerkt moet worden dat bij een dergelijke proef met een perk van 16 m, ingekort op 8 m, de redeneering niet uitkomt. Het ingekorte perk leverde meer water op dan voor het onverkorte berekend wordt. Mogelijk is echter dat dit een gevolg was van een gedeeltelijk afsterven van den ondergroei.

Het blijft mij echter beter toeschijnen een reductie toe te passen, die de cijfers van de perken met verschillende lengte naar elkaar toebrengen; hiertoe zullen de uitkomsten van de perken van 3 m gereduceerd worden met 0,614 : 0,890 = 0,690 en de perken van 16 m ongewijzigd worden gelaten.

De cijfers van Coster over intensieve buien geven niet direct uitsluitsel over de maximum bovengrondsche afvoeren, omdat gemiddelden gegeven worden van meerdere waarnemingen, terwijl ook nog de intensiteiten samengevoegd zijn tot gelijk of grooter dan 1 mm per minuut, zonder verdere differentiatie. Van groot belang zijn ze echter om een indruk te krijgen over de bovengrondsche afstrooming per jaar. Deze jaarcijfers hangen samen met die van de maximum afvoeren, al zal er waarschijnlijk geen zuivere evenredigheid zijn. Een oppervlakkige indruk van de hoogste bovengrondsche afvoeren is via de jaarcijfers wel te verkrijgen.

De jaarcijfers geven groote verschillen te zien voor de verschillende vegetaties, een factor, die door de waterbouwkundigen niet ontkend, maar wel practisch uit het oog verloren wordt.

In de ondervolgende *tabel 5* zijn de cijfers der 3m-

perken gereduceerd met 0,69, de perken van 16 m (en enkele van 8 m) zoo gelaten. Buiten beschouwing zijn gebleven al die proeven, waarbij door kunstmatige maatregelen, zooals kaal houden, afbranden, herhaaldelijk patjollen, vasttrappen, beloopen, enz. de bovengrondsche afstrooming opgevoerd werd. Voor het door mij beoogde doel heb ik de natuurlijke toestanden noodig.

**Bovengrondsche afstrooming gedurende langere perioden in het gebergte en hooggebergte.**

**Tabel 5.**

| | Hoogte boven zee m | Jaarregenval ongev. mm | Lengte perken m | Afstrooming bovengronds in % v/d regenval | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | min. | max. | gemidd. |
| Regenwoud, Tjiwidej | 1 750 | 3 200 | 16 | 0,4 | 4,5 | 1,3 |
| Inlandsche landbouw, Tjiwidej | 1 750 | 3 200 | 16 | 4,7 | 17,3 | 10,6 |
| id. id. , Klakah | 200 | 3 200 | 16 | — | — | 11,9 |
| id. id. , Ngadisari | 2 000 | 1 500 | 16 | 10,1 | 10,3 | 10,2 |
| id. id. , Tjobanrondo | 1 500 | 1 800 | 16 | — | — | 2,0 |
| Inl. landb. niet in gebruik, bedekt met gras en onkruid, Tjiwidej | 1 750 | 3 200 | 16 | 0,1 | 1,7 | 0,5 |
| Gesloten wildhoutcult., Tjiparaj | 1 000 | 4 000 | 3 | 3,5 | 12,3 | 6,2 |
| id. id. , Artjamanik | 1 300 | 2 500 | 3 | 0,55 | 2,4 | 1,5 |
| Gedunde Pinuscultuur, Artjamanik | 1 300 | 2 500 | 3 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| Jonge niet gesloten wildhoutcult., Tjiparaj | 1 000 | 4 000 | 3 | 2,1 | 20,6 | 9,5 |
| Glagah en alang-alang, ongebrand, Artjamanik | 1 300 | 2 500 | 3 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| id. id. id. , Klakah | 200 | 3 200 | 16 | — | — | 5,0 |
| id. id. 1 × gebrand, Klakah | 200 | 3 200 | 16 | — | — | 5,0 |
| id. id. ongebrand, Tjobanrondo | 1 500 | 1 800 | 16 | 0,2 | 3,0 | 1,6 |
| id. id. 1 × gebrand, Tjobanr. | 1 500 | 1 800 | 16 | 0,7 | 1,6 | 1,1 |
| Kerinjoe, Tjiwidej | 1 750 | 3 200 | 3 | 0,35 | 2,7 | 1,5 |
| Lantana, Klakah | 200 | 3 200 | 16 | — | — | 2,1 |
| H e u v e l l a n d. | | | | | | |
| Inlandsche landbouw, Janlappa | 100 | 3 000 | 3 | 13,0 | 19,5 | 16,2 |
| Albizzia cult. met ondergroei, Janlappa | 100 | 3 000 | 3 | 1,0 | 4,3 | 2,6 |
| Alang-alang, Janlappa | 100 | 3 000 | 3 | 0,35 | 7,6 | 3,9 |
| Mahonie boschje, Monggot | 150 | 2 200 | 3 | 2,4 | 4,6 | 3,6 |
| Jonge djaticultuur na het 2de jaar, Monggot | 150 | 2 200 | 3 | 2,8 | 7,5 | 4,2 |
| Jonge djaticult. 1ste jaar (ongeveer gelijk aan Inl. landbouw), Monggot | 150 | 2 200 | 3 | 9,0 | 10,7 | 9,5 |
| Alang-alang (zonder perk 7), Monggot | 150 | 2 200 | 3 | 2,5 | 8,9 | 5,4 |

De bodem bestaat in Monggot uit mergel en in Janlappa is het lateritische leem.

De bovengrondsche afstrooming per jaar of daaraan nabij komende periode blijkt bij Inlandschen landbouw (niet geterrasseerd!) het hoogst te zijn. Het maximum van een perk was 19,5% (Janlappa), daarna komt Tjiwidej met 17,3%. Ook jonge boschculturen, die in dat stadium veel op Inlandschen landbouw gelijken, kunnen hooge bedragen vertoonen, zooals Tjiparaj 20,6%. Zoodra echter de bodem begroeid raakt verminderen deze bedragen snel. Voor regenwoud, kerinjoe, Lantana, glagah zijn de bovengrondsche afstroomingen klein. Er zullen vele stroomgebieden zijn waarbij de bovengrondsche jaarafstrooming niet boven de 2% komt, terwijl een jaarafstrooming van 15% volgens deze, langs empirischen weg gevonden, cijfers zeker zeer hoog genoemd mag worden.

Welke verhouding ongeveer bestaat er nu tusschen de jaarafstrooming bovengronds en die van een maximum bui? Voor een proef in Amerika werd gevonden een verhouding van 1 : 3,3. Een duidelijk antwoord hierop geeft het werk van C o s t e r niet, doch er zijn wel enkele cijfers waaruit men zich een denkbeeld zal kunnen vormen.

Het perk 4 Monggot gaf voor buien met een grooter intensiteit dan 1 mm per minuut (perken 1 × 3 m, cijfers niet gereduceerd) op

4 Febr. 1936 regelval 58 mm, bovengr. afstr. 21,2%
26 „ „ „ 52 mm, „ „ 23,7%
9 „ „ „ 57 mm, „ „ 31,3%.

Het jaarcijfer was voor dit perk 23,7% en wordt dus de verhouding tot het maximum 1 : 1,3.

De begroeiing was mahonie, waarbij het strooisel verwijderd was.

Dit verwijderen van het strooisel is voor Indië geen gewoonte, doch men heeft na brand in een djatibosch denzelfden toestand.

Voor Klakah geeft C o s t e r nog een voorbeeld, en wel voor perk 2, in gebruik bij Inlandschen landbouw (perklengte 16 m)

13 Jan. 1937 regenval 112 mm, bovengr. afstr. 18,1%
5 Febr. 1937 „ 147 mm, „ „ 14,2%
18 Febr. 1937 „ 108 mm, „ „ 13,1%
26 Mei 1937 „ 169 mm, „ „ 17,3%.

De jaarafstrooming voor dit perk is 11,3%, de verhouding dus 11,9 : 18,1 = 1 : 1,53.

Aan den eenen kant weet men niet of men hier te maken had met voor die plaats excessieve buien en is over de intensiteit te weinig bekend gemaakt, aan den anderen kant doet zich de vraag voor of de hoogste afvoeren bovengronds wel ontstaan tengevolge van deze hoogste dagregens. De regen van 112 mm gaf in ieder geval een hooger percentage dan die van 147 mm en die van 169 mm. Het lijkt er echter op of de maximum bovengrondsche afvoeren op Java vrij dicht bij de jaarafvoeren staan. De gegevens zijn te gering in getal om er een definitieve conclusie uit te halen. Een nader onderzoek blijft gewenscht. Een lagere verhouding voor Java dan voor Amerika zou intusschen niet vreemd zijn. Op Java valt een groot gedeelte van den regen met groote intensiteit, in N.-Amerika zijn dergelijke wolkbreuken hooge uitzondering. In dezelfde richting wijzen de cijfers van Coster, waar hij buien met een grooter intensiteit dan 1 mm per minuut vergelijkt met de overige buien.

De verhouding der bovengrondsche afstroomingen bedroeg bij buien boven 20 mm gemiddeld:

| Buitenzorg | Overige buien | Buien boven 1 mm per minuut |
|---|---|---|
| Kale grond | 1 | 1,8 |
| Grasveld | 1 | 2,1 |
| Spaarzame kruiden onder dicht kronendak | 1 | 1,4 |
| Kale grond onder Ficus | 1 | 1,4 |
| Selaginella onder Ficus | 1 | 1,4 |
| Bamboe, geen ondergroei, Tjiwidej | 1 | 2,0 |
| Regenwoud intact | 1 | 1,0 |
| Kale bodem | 1 | 1,3 |

Wanneer men dus voorloopig voor de verhouding tusschen jaarcijfer en maximum cijfer aanneemt 1 : 2, dan is men zeker aan den veiligen kant. De conclusie kan dan luiden: *dat op Java in het gebergte bij gunstige vegetatie tijdens maximum afvoeren een bovengrondsche afstrooming verwacht mag worden beneden 5%, bij ongunstige vegetatie niet boven 30% van den regenval.*

Het onderdeel van de $\alpha$ waaraan voor den maximum afvoer de grootste waarde wordt toegeschreven (in vele gevallen terecht), blijkt voor Java, de hooge regenintensiteiten ten spijt, vrij laag uit te vallen.

### Afvoer van voorafgegane regens.

Van Kooten vermeldde dat bij het begin van een hevigen regen nog afvoer van vorige regens bestaat. Men kan dit vrijwel steeds bij alle soorten afvoerdiagrammen constateeren. Stroomgebieden die droog loopen na een kortere of langere droogteperiode zijn uitzondering. Er doen zich nu twee vragen voor:

1) Hoe groot is die afvoer in verhouding tot den afvoer van den regen zelve?
2) Is dit grondwater of een mengsel van grond- en oppervlaktewater?

Op de tweede vraag luidt het antwoord: Het is grondwater indien de bovengrondsche afstroomtijd van het stroomgebied kleiner is dan de tijd, die sedert het ophouden van den voorafgaanden regen verliep. Men moet dus, om dit uit te kunnen maken, een idee zien te krijgen over den afstroomtijd. Specht nam daarvoor globaal $L : 2$ of $L : 3$ (waarin $L$ voorstelt de lengte van den afvoer in km), Pascher vond voor de Wienrivier 10 uur voor 30 km, dus $L : 3$, Klunzinger mat de snelheid van de Wienrivier tijdens hooge afvoeren en vond 4 uur, dus $L : 7{,}5$. Het cijfer van Klunzinger berust in ieder geval op empirie. Volgens der Weduwen vindt men voor de Tjigoenoeng — Gandoeng en voor de Kali Welang — Poerwodadi $L : 14$, voor de Agam-rivier — Titi $L : 2{,}7$. Melchior volgde Pascher, niet Klunzinger.

Ik voor mij hecht de meeste waarde aan de werkwijze van Klunzinger, maar zal ten einde met zekerheid fouten uit te schakelen den langsten tijd, dus $L : 2$ volgen, indien er sprake van is uit te maken of men al dan niet met een zuiveren grondwater-afvoer te doen heeft.

Ter beantwoording van de eerste vraag diene het volgende. Een diagram over een geheele maand, doet zien hoe de afvoer verloopt als het één, twee, drie etmalen niet regent. Aan de hand daarvan kan door verlenging van de afvoerlijn bij het begin van den hevigen regen, een vrij zuivere splitsing verkregen worden tusschen den afvoer van voorafgegane regens en dien van den regen zelve.

In den regel is de daling in den afvoer van voorafgegane regens, op het moment dat de nieuwe regen valt, reeds vrij gering, het diagram nadert de horizontale lijn. Men maakt dus over het algemeen een vrij kleine fout indien men den afvoer van voorafgegane regens op het tijdstip dat de top van den nieuwen regen ontstaat, gelijk neemt aan het begindebiet, vóórdat de nieuwe stijging begon. De verhouding tusschen begindebiet en topdebiet van den bandjir geeft dus ongeveer weer de verhouding tusschen het debiet van de voorafgegane regens tot het topdebiet van oude en nieuwe regens bij elkaar. Deze verhouding geldt niet voor langeren duur, daar de top een punt is.

Ter verduidelijking moge dienen de Tjidjoeraj op 17 Maart 1931, waarbij tijdens den top de verhouding was 1 : 2,15, zoodat dus 47% van het topdebiet gerekend moet worden afkomstig te zijn van voorafgegane regens. Voor den afvoer in 24 uur was die hoeveelheid echter 71,5% van het totaal.

**Tabel 6.**

| Neerslag | Stroomgebied | Oppervlakte | Datum | Verhouding begin-/top-debiet v/d bandjir |
|---|---|---|---|---|
| Sneeuwsmelt..... | Colorado-river at Glenwood Springs, Colo., N.A. | 4600 sqm | Mei — Juni 1928 | 1 : 2,6 |
| Landregen..... | Rio Grande at Alamosa, Colo., N.A. | 700 sqm | Juni — Juli 1927 | 1 : 12,— |
| Wolkbreuk..... | Arkansas-river at Pueblo, Colo., N.A. | 930 sqm | Juni 1921 | 1 : 25,— |
| Landregenachtig onweder | Wagon Wheel Gap A, Colo., N.A. | 222,5 acres | 4 Oct. 1911 | 1 : 10,— |
| Kort onweder..... | Rappengraben, Emmental, Zwitserland | 0,70 km² | 13 Juni 1915 | 1 : 135,— |
| Landregen..... | id. | id. | 14/15 Juni '10 | 1 : 45,— |
| Landregen..... | Sperbelgraben, Emmental, Zwitserland | 0,56 km² | id. | 1 : 29,— |
| Onweder..... | Tjidjoeraj, Java | 20,— km | 17 Mrt. 1931 | 1 : 2,15 |
| id. ..... | id. | id. | 24 Juni 1932 | 1 : 4,3 |
| id. ..... | Agamrivier, Sumatra | 310,— km² | 17 Jan. 1931 | 1 : 5,— |
| id. ..... | Tjiberang, Java | 58,— km² | 8 Juni 1930 | 1 : 34,— |
| id. ..... | Tjisadane, Java | 129,— km² | 6 Jan. 1925 | 1 : 52,5 |
| id. ..... | Tjimanoek, Java | 286,— km² | 30 Juni 1924 | 1 : 97,— |
| id. ..... | Kali Welang, Java | 146,— km² | 6 Apr. 1928 | 1 : 42,— |
| id. ..... | id. | id. | 20 Dec. 1930 | 1 : 99,— |

Volgens deze cijfers kan men voor het Java-gebergte verwachten, dat het aandeel van voorafgegane regens in den topafvoer varieert tusschen 1 en 47%. Vindt men een hoog percentage en weet men dan tegelijkertijd, dat deze afvoer een doordengrondsche is, dan kan men besluiten dat de doordengrondsche afvoer voor dat gebied aanzienlijke afmetingen moet hebben.

Het lijkt mij niet mogelijk op grond van formules de verhouding te benaderen.

## Doordengrondsche afvoer van den regen, die den hoogen afvoer veroorzaakte.

Het staat vast dat, in het algemeen gesproken, van elken regen een deel den grond ingaat, zich daar voegt bij het reeds aanwezige grondwater, langs kleinere of grootere kanalen zich voortbeweegt tot het weder aan den dag komt. Deze afvoer blijft doorgaan ook na het ophouden van den regen. Practisch alle stroomgebieden van het Javagebergte blijven water leveren, ook al is het een half jaar lang droog geweest. Elken westmoesson vindt aanvulling plaats van het water dat den volgenden oostmoesson tot afvoer komt. Elke regen zal eenige aanvulling van het grondwater veroorzaken, zoodra de bodem boven het grondwater verzadigd is.

De vraag doet zich nu voor: wanneer reageert de afvoer daarop, direct, na een uur, na een dag, na een week, na één of meerdere maanden?

Van Kooten zegt dat het in den grond gedrongen water, of dat op andere wijze achterblijft, in hoofdzaak het verschil veroorzaakt tusschen regenval en afvoer. Hij laat er zich niet over uit, wanneer dat water weder te voorschijn komt. Melchior gaat uit van de gedachte, dat het in den grond gezakte water eerst veel later weder te voorschijn komt. Bekeken in het licht van wat hierboven gezegd is over den afvoer in droogteperioden is dat wel juist, maar Melchior moet er ook mede bedoeld hebben, dat men bij de berekening van den maximum afvoer met de aanvulling, veroorzaakt door den maximum regen zelve, niets te maken heeft. Ook aan van Kooten kan men geen ander standpunt toeschrijven. Ik moet zelfs verder gaan: het is de bijna algemeen gangbare meening. Alleen bij van Staalen heb ik iets ontmoet, dat wijst op het aanvaarden van een vrij snelle reactie van den afvoer op de aanvulling van het grondwater door den regen zelve.

De bron Lanang op den Merapi vertoont een faseverschil met den hoogsten maandregenval van enkele maanden (zie *Tectona*, Jan. '39). Deze bron voldoet volkomen aan den gedachtengang van Melchior en men moet aannemen dat dergelijke brongedragingen de grondslag waren, waarop de bovenomschreven gangbare meening ontstond. Groote en constante bronnen zullen zeker hun invloed kunnen uitoefenen op het droogtedebiet van een stroomgebied. Er is mij voor Java één enkel voorbeeld bekend van een stroomgebied, waarbij verhooging van den doordengrondschen afvoer optrad lang nadat de regens opgehouden waren. De Kali Konto — Kedoengredjo had in Mei 1925 een debiet van 4,2 en in Juni van dat jaar een debiet van 4,3 m³/sec. In April waren de regens opgehouden en het is vrij zeker dat er in Juni geen regens van eenige beteekenis vielen. In 1929, eveneens een zeer droog jaar, waarbij de droge periode reeds half April inzette, waren de debieten Mei 3,5, Juni 3,5, Juli 3,4 m³/sec. Men moet hier aan iets dergelijks denken als zich bij de bron Lanang voordoet.

In *fig. 1* is het diagram gegeven van een afvoer van een landregenachtig onweder in Wagon Wheel Gap, Colorado. Om dit diagram overtuigend toe te lichten zou ik het aan het eind van dit betoog moeten doen. Voorloopig moet men enkele dingen maar aannemen, in afwachting van de latere opheldering. Het stroomgebied A is 222,5 acres of rond 90 ha groot, bij een uiterste lengte van 7 300 voet of 2,225 km.

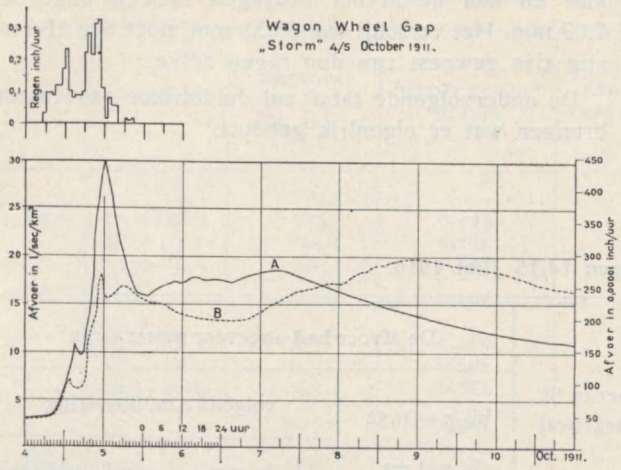



*Fig. 1.*

De afvoertijd kan dus blijkens het voorgaande op maximaal $\frac{2{,}225}{2}$ h = 67 minuten worden aangenomen. De eerste afvoertop van 30 l/sec/km² ontstaat op het eind van den intensieven regen, na een stijging van 19 uur. Om terug te vallen tot 16 l/sec/km² is 10 uur tijd noodig. Dit vertoont een zoodanige overeenkomst met den afvoer tijdens landregens en landregenachtige onweders van de straks te behandelen stroomgebieden Rappengraben en Sperbelgraben, dat hier met zekerheid gezegd kan worden, dat deze eerste top een doordengrondsche afvoer-top is. Dit voldoet echter niet aan de algemeen gangbare meening over den doordengrondschen afvoer, daar deze zich direct, nog tijdens den regen doet gelden. Ongeveer 54 uur later doet zich in het diagram *A* een tweede top voor van stomperen vorm. Hierover bestaat geen verschil van meening, algemeen wordt deze top aan doordengrondschen afvoer toegeschreven. Ook met den top die zich twee dagen later in het diagram *B* voordoet is dat het geval. Men kan zeggen dat deze toppen niet in strijd zijn met de gangbare meening, hoewel ze dichter bij den regen liggen, dan Melchior het zich dacht. De top die in het stroomgebied *A* twee, en die, welke in het stroomgebied *B* vier dagen na den regen ontstaan, hebben eigenlijk *historische waarde: het zijn de eerste afvoertoppen die men in een stroomgebieddiagram heeft herkend als afkomstig van doordengrondschen afvoer.*

Aan de hand van cijfermateriaal van Rappengraben en Sperbelgraben, in hoofdzaak van het eerste stroomgebied, zal nu nagegaan worden hoe daar de afvoer gaat.

Het kan een axioma genoemd worden, dat indien een afvoer onderhevig is aan schommelingen men in het diagram toppen en dalen, stijgende en dalende lijnen moet kunnen vinden. Eigenaardig is, dat men bij de studie van dit materiaal wel dalingen en dalen heeft aangenomen voor den doordengrondschen afvoer, doch alle stijgingen en toppen toeschreef aan oppervlakte-afvoer. *Noch Engler, noch Burger, die de Zwitsersche proeven bewerkten, hebben gezocht naar de toppen van den doordengrondschen afvoer.* Wel werden de dalingen in dezen afvoer gedurende droogteperioden grondig bestudeerd en met elkander vergeleken, maar om de stijgingen hebben zij zich niet bekommerd. Dit, niet alleen bij deze onderzoekers, maar meer algemeen voorkomend verzuim, moest tot gevolg hebben *op verkeerde basis gegronde conclusies.*

Ik begin nu bij den landregen van 14/15 Juni 1910, waarvan neerslag en afvoer zijn weergegeven in *figuur 2a.* Op het geheel beboschte Sperbelgraben viel tusschen 14 Juni 0 uur en 15 Juni 12 uur 80,7 mm regen en bedroeg de afvoer in dien tijd 40,961 mm of 50,8% van den regenval. In de volgende 12 uur valt er nog 1,0 mm regen, waardoor de totale regelval komt op 81,7 mm. Vijf dagen later op 20 Juni 12 uur is er 86,594 mm of 106,0% van den regenval afgevoerd, een aanwijzing dus dat de grondwaterafvoer een groote rol gespeeld moet hebben, *ook al is nà den regen geen top daarvan waar te nemen.* Is de 45,633 mm, die na den regen werden afgevoerd, doordengrondsche afvoer van den regen zelve of van voor-

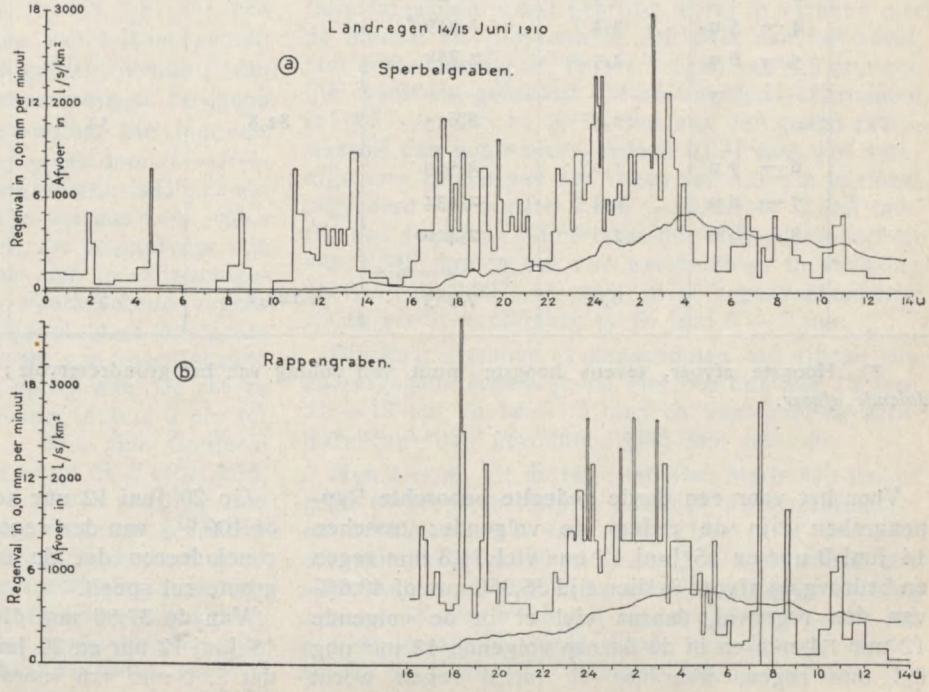



*Fig. 2.*

afgegane regens? Het is dank zij het overvloedige cijfermateriaal globaal te berekenen. De beginafvoer was 27,8 l/sec/km², bij het ophouden van den nieuwen regen, 36 uur later, zou deze afvoer zonder nieuwen regen ongeveer 23,5 l/sec/km² geweest zijn om 5 dagen later te eindigen op ongeveer 9,2 l/sec/km² en zou de afvoer bedragen hebben ongeveer 7,07 mm. Het verschil van 38,56 mm moet dus afkomstig zijn geweest van den regen zelve.

De ondervolgende tabel zal duidelijker naar voren brengen wat er eigenlijk gebeurt.

**Tabel 7.** **Sperbelgraben. Landregen 14/15 Juni 1910.**

| Datum | Uur | Regenval per uur in mm | Afvoer per uur in mm | Afvoer in % v/d regenval | De afvoer had ongeveer moeten zijn | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | bij $\alpha = 0{,}52$ | volgens Am. opvatting | |
| | | | | | % v/d reg. | in mm | in % v/d reg. |
| 14 Juni | 11 — 12 u | 4,5 | 0,339 | | | 2,952 | |
| | 12 — 13 u | 2,8 | 0,402 | | | 1,252 | |
| | 13 — 14 u | 1,9 | 0,448 | | | 0,352 | |
| | | 9,2 | 1,189 | 12,9 | 52 | 4,556 | 50 |
| | 18 — 19 u | 4,7 | 0,899 | | | 3,652 | |
| | 19 — 20 u | 4,2 | 1,109 | | | 2,652 | |
| | 20 — 21 u | 2,4 | 1,212 | | | 0,852 | |
| | | 11,3 | 3,220 | 28,5 | 52 | 6,656 | 59 |
| 15 Juni | 0 — 1 u | 5,2 | 2,130 | | | 3,652 | |
| | 1 — 2 u | 5,3 | 2,323 | | | 3,752 | |
| | 2 — 3 u | 5,2 | 2,647 | | | 3,652 | |
| | | 15,7 | 7,100 | 45,2 | 52 | 11,056 | 70 |
| | 3 — 4 u | 4,9 | 2,832 | | | 3,352 | |
| | 4 — 5 u | 3,2 | 2,919 *) | | | 1,652 | |
| | 5 — 6 u | 2,3 | 2,864 | | | 0,752 | |
| | | 10,4 | 8,615 | 82,8 | 52 | 5,656 | 54 |
| | 6 — 7 u | 1,0 | 2,549 | | | 0,097 | |
| | 7 — 8 u | 2,4 | 2,434 | | | 0,852 | |
| | 8 — 9 u | 2,6 | 2,400 | | | 1,052 | |
| | | 6,0 | 7,383 | 123,1 | 52 | 2,001 | 32 |

*) Hoogste afvoer, tevens hoogste punt van vulling van het grondreservoir; *tevoren stijgende afvoer, daarna dalende afvoer.*

Voor het voor een derde gedeelte beboschte Rappengraben zijn de cijfers de volgende: tusschen 14 Juni 0 uur en 15 Juni 12 uur viel 71,3 mm regen en bedroeg de afvoer in dien tijd 35,356 mm of 49,6% van den regenval, daarna viel er in de volgende 12 uur 1,1 mm en in de daarop volgende 12 uur nog 0,2 mm regen, waardoor de totaal regen wordt 72,6 mm.

Op 20 Juni 12 uur bedraagt de afvoer 73,220 mm of 100,9% van den regenval. Ook hier moet men dus concludeeren dat de doordengrondsche afvoer een groote rol speelt.

Van de 37,86 mm die afgevoerd werden tusschen 15 Juni 12 uur en 20 Juni 12 uur is globaal berekend, dat 5,66 mm van voorafgegane regens en 32,20 mm van den laatsten regen afkomstig waren.

**Rappengraben. Landregen 14/15 Juni 1910.** **Tabel 8.**

| Datum | Uur | Regenval per uur in mm | Afvoer per uur in mm | Afvoer in % v/d regenval | De afvoer had ongeveer moeten zijn | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | bij $\alpha = 0{,}52$ % v/d reg. | volgens Am. opvatting | |
| | | | | | | in mm | % v/d reg. |
| 14 Juni | 11 — 12 u | 2,0 | 0,144 | | | 0,734 | |
| | 12 — 13 u | 2,2 | 0,190 | | | 0,934 | |
| | 13 — 14 u | 2,8 | 0,270 | | | 1,534 | |
| | | 7,0 | 0,604 | 8,6 | 52 | 3,202 | 45,7 |
| | 17 — 18 u | 4,7 | 0,469 | | | 3,434 | |
| | 18 — 19 u | 2,3 | 0,696 | | | 1,034 | |
| | 19 — 20 u | 3,5 | 0,782 | | | 2,234 | |
| | | 10,5 | 1,947 | 18,5 | 52 | 6,702 | 63,8 |
| 14 Juni | 23 — 24 u | 4,6 | 1,244 | | | 3,334 | |
| 15 Juni | 0 — 1 u | 4,5 | 1,837 | | | 3,234 | |
| | 1 — 2 u | 4,4 | 1,901 | | | 3,134 | |
| | | 13,5 | 4,982 | 36,9 | 52 | 9,702 | 71,8 |
| | 2 — 3 u | 5,5 | 2,344 | | | 4,234 | |
| | 3 — 4 u | 5,1 | 2,784 | | | 3,834 | |
| | 4 — 5 u | 1,6 | 2,967*) | | | 0,334 | |
| | | 12,2 | 8,095 | 66,4 | 52 | 8,402 | 68,9 |
| | 6 — 7 u | 2,1 | 2,319 | | | 0,834 | |
| | 7 — 8 u | 1,7 | 2,239 | | | 0,434 | |
| | 8 — 9 u | 1,9 | 2,128 | | | 0,634 | |
| | | 5,7 | 6,686 | 117,3 | 52 | 1,902 | 33,4 |
| | 10 — 11 u | 1,4 | 1,745 | | | 0,134 | |
| | 11 — 12 u | 0,9 | 1,785 | | | 0,069 | |
| | 12 — 13 u | 0,6 | 1,490 | | | 0,069 | |
| | | 2,9 | 5,020 | 173,1 | 52 | 0,272 | 9,4 |

*) Tusschen 3 en 4 uur valt de berekende hoogste vulling van het grondreservoir, tusschen 4 en 5 uur is de hoogste afvoer per uur; *vóórdien stijgende afvoer, daarna dalende afvoer.*

In de voorgaande *tabellen* 7 en *8* zijn bij een landregen de afvoerpercentages, van telkens gemiddeld 3 uur, vergeleken met de gelijkblijvende $\alpha$ van Melchior en met de afvoerpercentages berekend volgens de Amerikaansche opvatting, die hiervoor behandeld is en uitgedrukt kan worden door $ri - ii = ai$. Bij de berekening dezer afvoeren is Horton gevolgd. Hoe te werk gegaan is zal door een voorbeeld duidelijk gemaakt worden. De beginafvoer was bij Sperbelgraben 0,097 mm per uur en er is aangenomen dat deze afvoer van voorafgegane regens gedurende den regen onverminderd bleef doorgaan. In 36 uur regen zal dus de afvoer van voorafgegane regens gesteld kunnen worden op 3,5 mm. De afvoer van den regen zelve wordt dus van 14 Juni 0 uur tot 15 Juni 12 uur 41,0 — 3,5 = 37,5 mm. Conform Horton is nu nagegaan hoe groot de *ii* moet zijn, om een totaal bovengrondschen afvoer van 37,5 mm over te houden. Hierbij moest rekening gehouden worden met de voorwaarde, dat een *ii* gelijk of grooter dan de *ri* geen bovengrondschen afvoer veroorzaakt. Er werd voor de infiltratie-intensiteit gevonden 1,645 mm per uur. De berekeningen zijn, evenals ook Horton dat deed, per uur uitgevoerd en alle bedragen zijn per uur genoteerd, hoewel de term intensiteit meest gebruikt wordt in verband met de minuut als tijdseenheid. Dit doet aan het resultaat echter weinig af. Bij een regen van 4,5 mm per uur wordt nu gerekend dat bovengronds afstroomen zal 4,5 — 1,645 = 2,855 mm van den regen zelve, waarbij dan nog wordt gevoegd 0,097 mm van voorafgegane, zoodat van den regen van 4,5 mm in totaal afgevoerd zal worden 2,855 + 0,097 = 2,952 mm. Bij een regenval kleiner dan de infiltratie-capaciteit van 1,645 mm in het uur wordt alleen in rekening gebracht de 0,097 mm van vorige regens afkomstig, zooals bij Sperbelgraben op 15 Juni 6 — 7 uur.

Bij Rappengraben is aangenomen als afvoer van voorafgegane regens 0,069 mm per uur (zie 15 Juni 11 — 12 uur en 12 — 13 uur) en werd voor de infiltratie-capaciteit gevonden 1,335 mm per uur.

Men ziet nu uit de twee tabellen hierboven dat er geen overeenstemming is tusschen de werkelijkheid en de constante $\alpha$ van Melchior of de niet-constante volgens Horton. Men ziet echter iets anders naar voren komen, n.l. *een stijgende afvoer zoolang de afvoer kleiner is dan de regen, dus het grondreservoir bijgevuld wordt, een dalende afvoer zoodra de afvoer grooter wordt dan de regenval, dus het grondreservoir zich ledigt.*

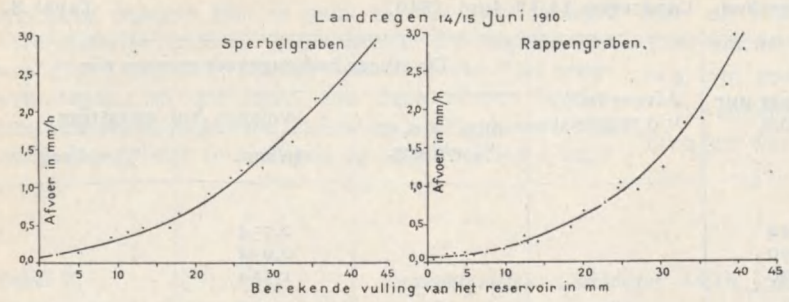



*Fig. 3.*

*Figuur 3* laat nu zien het verband tusschen berekende reservoir-vulling en werkelijken afvoer. De overeenkomst tusschen deze krommen en afvoerkrommen van een rivier, zooals zij gebruikt worden voor debietsbepaling, of van afvoerkrommen geteekend voor overlaten, behoef ik hier niet nader te demonstreeren.

*Hiermede acht ik het bewezen dat deze landregen in deze stroomgebieden niet over de oppervlakte afstroomde, doch den weg door den grond nam.*

Hierbij gelieve men te bedenken dat het stroomgebied Rappengraben geenszins als een extra doorlatend gebied kan gelden, dus de waarschijnlijkheid zeer groot is, dat in de meeste stroomgebieden landregens practisch geheel in den bodem dringen.

Indien men nu *figuur 2* bekijkt, gewapend met de wetenschap dat men te maken heeft met een doordengrondschen afvoer, een afvoer dus die niet op de regenintensiteit reageert, zooals een oppervlakteafvoer dat doet, doch een afvoer die zich min of meer zal gedragen als bij een open reservoir met overlaat, dan valt het op dat de beginregens weinig of geen invloed hebben. Regen en afvoer zijn hier op gelijke schaal geteekend, zoodat daar, waar de afvoerlijn boven de regenlijn komt, lediging van het reservoir optreedt. Toch klopt dit niet volkomen. Op 15 Juni tusschen 0 uur 20′ en 1 uur 30′ vermindert bij Rappengraben de regen, zonder dat echter nog van lediging van het reservoir gesproken kan worden, omdat er nog steeds meer regen valt dan er afgevoerd wordt. Toch daalt de afvoer tusschen 0 uur 35′ en 1 uur 15′, hetgeen op lediging van het reservoir wijst. Iets dergelijks vindt men bij Sperbelgraben tusschen 21 uur 35′ en 22 uur 30′ op den 14 Juni.

Dit en de geringe reactie in het begin kan men verklaren als volgt: Een regen is te verdeelen in 4 deelen:

a. Het gedeelte dat aan de vegetatie blijft hangen;
b. Het gedeelte dat den bodem bereikt, er niet in kan en dus over de oppervlakte moet afvloeien;
c. Het gedeelte dat in den bodem dringt en gebruikt wordt voor de aanvulling van het tevoren direct en indirect via de vegetatie verdampte aanhangwater;
d. Het gedeelte dat het grondwater aanvult (en door Nederlandsche waterleidingkundigen nuttige neerslag genoemd wordt).

Met b behoeft in dit geval niet gerekend te worden. Het gedeelte a wordt afgenomen van het eerst vallende water, daarna komt c aan de beurt, en pas wat er dan nog overschiet, wordt d. Wanneer a en c nog niet voldaan zijn, zal dus bij berekende vulling in de werkelijkheid een daling kunnen optreden. Pas wanneer de bodem behoorlijk verzadigd is, zal het verband tusschen reservoirvulling en afvoer duidelijk naar voren komen. Overigens volgt uit *fig. 3* dat de reactie op eenzelfde hoeveelheid regen tegen het eind grooter is dan bij het begin.

In *fig. 4a, b* en *c* zijn eenige landregens van Rappengraben weergegeven, op dezelfde wijze uitgewerkt als *fig. 2*. Ook hier zijn dus weer regen en afvoer op dezelfde schaal geteekend. Duidelijk ziet men, dat men hier te maken heeft met hetzelfde type. De regens in *fig. 4a* en *b* werden echter door Engler gerangschikt bij de onweders, hetgeen vermoedelijk samenhangt met onwederverschijnselen.

Men zal wel inzien dat bij deze soort afvoeren een $\alpha$ berekening zich zal moeten baseeren op de reservoirvulling. Deze berust op het verschil tusschen regenval en afvoer, terwijl een onbekend aandeel dat aan de vegetatie blijft hangen, en vooral een onbekend aandeel, dat moet dienen voor de aanvulling van het reservoir, voor extra moeilijkheden zorgen. Bovendien is het niet waarschijnlijk, dat hetgeen voor het eene stroomgebied berekend wordt, ook voor een ander zal kunnen gelden. Bij niet veel verschillenden regenval bereikt de doordengrondsche afvoer van Rappengraben 850 l/sec/km², die van Wagon Wheel Gap *A* niet meer dan 30 l/sec/km², of wanneer men hier de hoofdmoot van den doordengrondschen afvoer beschouwt, niet meer dan 20 l/sec/km².

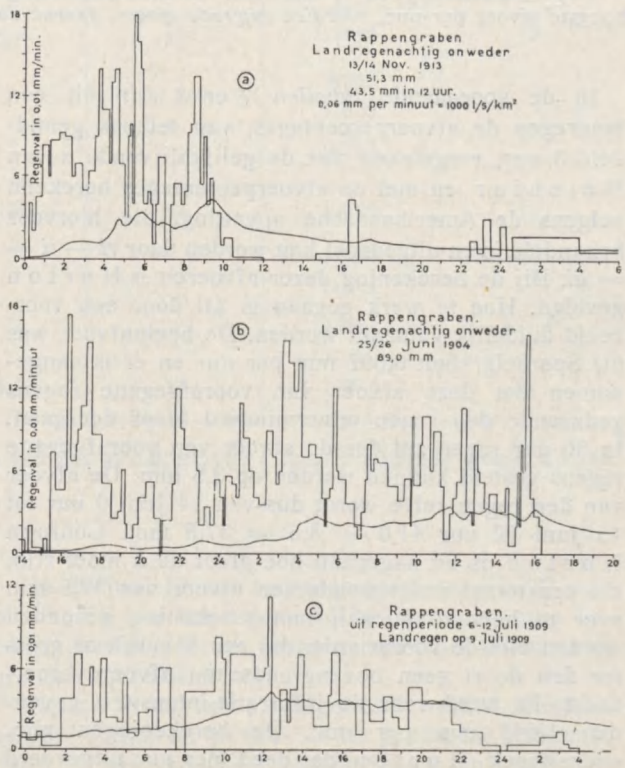



*Fig. 4.*

Men behoeft het echter niet zoover te zoeken. De conclusies van Engler over de beide stroomgebieden in Emmental zijn gebaseerd op het feit, dat op enkele uitzonderingen na, de afvoeren van Rappengraben steeds hooger waren dan die van Sperbelgraben, bij ongeveer gelijke regens. Engler zocht de oplossing bij een grootere bovengrondsche afstrooming van Rappengraben, hetgeen gelijk men gezien heeft voor landregens niet opgaat. Voor een verklaring verwijs ik naar *Tectona*, Januari 1939. Voorloopig valt er niet aan te denken voor dezen afvoer een algemeen geldende formule te vinden.

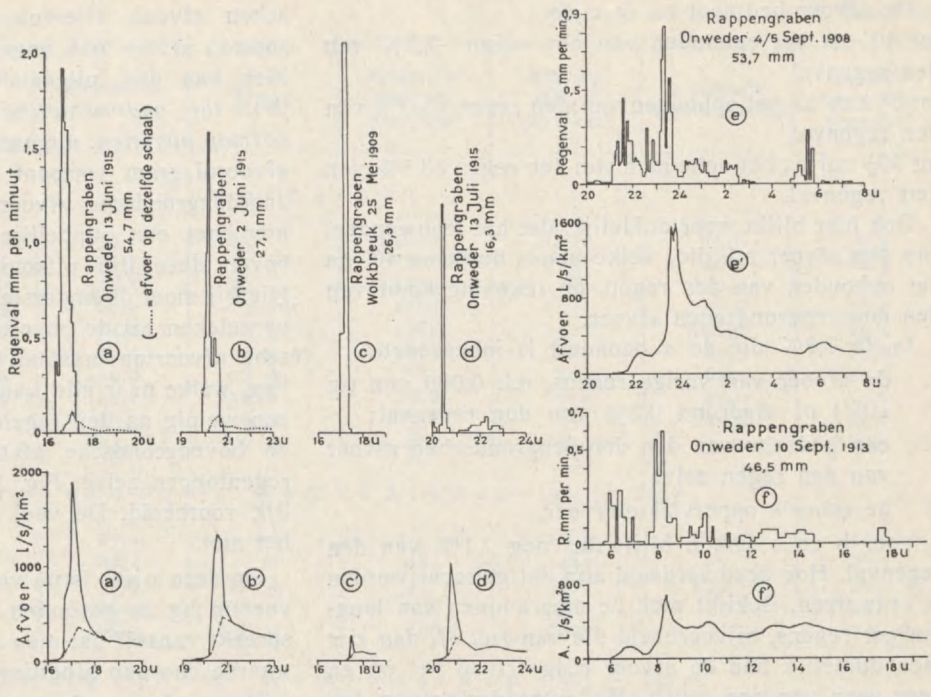



*Fig. 5.*

Nu is een belangrijke vraag aan de beurt en wel: hoeveel tijd is er noodig vóórdat de doordengrondsche afvoer op den regen reageert? In de *figuren 2* en *4* is duidelijk te volgen het verband tusschen regen en afvoer. Elke duidelijke afvoertop is terug te voeren naar een vulling, elke afvoerdaling naar een lediging v. h. reservoir. Het verschil in tijd blijkt uiteen te loopen tusschen 0′ en 20′.

Bij de straks te behandelen kortere onweders van grooter intensiteit, die oppervlakte-afvoer veroorzaken, is het faseverschil 10′ à 20′. *Er is dus tusschen beide afvoeren practisch geen verschil in reactietijd.*

Dit lijkt zeer onwaarschijnlijk, immers er is tijd noodig voor het regenwater om het grondwater te bereiken en dan beteekent bereiken van het grondwater nog geen afvloeiing. Intusschen is dit onwaarschijnlijke empirisch vastgesteld. Een verklaring zal men moeten zoeken in het door prof. Thal Larssen onderzochte z.g. verschijnsel van Lisse. Hierbij werd vastgesteld, dat de regen reeds een verhoogden druk op het grondwater uitoefende lang voordat dit bereikt was. Het is bekend dat een druk zich snel voortplant. Er is geen reden om aan te nemen, dat de vinding van Thal Larssen alleen voor stilstaand grondwater zou gelden.

De onwaarschijnlijkheid van het hier geconstateerde is een bewijs te meer, dat de hydrologie een empirische wetenschap is, en men er met de logica alleen niet komt, vooral niet indien men dan nog de logica slechts gedeeltelijk toepast, van een algemeen als bestaand erkenden afvoer wel de dieptepunten bestudeert maar verzuimt naar de toppen daarvan te zoeken. Stroomgebieden als Wagon Wheel Gap zijn uitzondering, *stroomgebieden* als Rappengraben, *waarbij de toppen van boven- en doordengrondschen afvoer samenvallen, schijnen daarentegen regel te zijn.* Op de vraag, waarom het in het eene geval op de eene manier en in het andere geval anders gaat, is voorloopig geen antwoord te geven.

## Bovengrondsche afvoer bij heftige regens.

In *figuur 5* is behandeld de tijdens de periode 1903 tot 1917, welke door Engler bewerkt werd, waargenomen maximum afvoer van Rappengraben. In de periode 1917/1927, welke door H. Burger bewerkt werd, komen nog twee hoogere afvoeren voor n.l. 1957 l/sec/km² (regenval 30,3 mm) en 2090 l/sec/km² (regenval 35,0 mm). De door Burger gegeven cijfers zijn echter te summier om door een buitenstaander bewerkt te kunnen worden. In *figuur 5a* (onweder van 13 Juni 1915) konden regen en afvoer niet meer op dezelfde schaal geteekend worden, dit zou of de teekening van den regen te groot, of die van den afvoer te klein doen worden. Echter is bij de teekening van den regen in *fig. 5a* en *b*, waar zulks nog net mogelijk was met het oog op de duidelijkheid, met een stippellijn de afvoer extra op dezelfde schaal ingeteekend. Meer dan cijfers en woorden geeft dit een indruk over de verhouding tusschen regenval en directen afvoer. Men ziet direct dat de afvoercoëfficiënt hier veel kleiner moet zijn, dan volgens de formule van Specht of van Kooten en ook nog aanzienlijk kleiner moet zijn dan volgens de schatting van Melchior.

De afvoertijd van het stroomgebied volgens $\frac{L}{2}$ en nog extra naar boven afgerond wordt aangenomen op 40′. De afvoer van af het begin van den regen tot 40′ na het ophouden daarvan geeft weer de directe afvoer, de verhouding daarvan tot den regenval nadert den afvoercoëfficiënt.

De afvoer bedraagt nu in cijfers:
tot 40′ na het ophouden van den regen 7,3% van den regenval
tot 6½ uur na het ophouden van den regen 13,0% van den regenval
tot 90½ uur na het ophouden van den regen 33,5% van den regenval.

Ook hier blijkt weer duidelijk, dat het leeuwendeel van den afvoer n.l. die, welke plaats heeft na 40′ na het ophouden van den regen, op rekening komt van den doordengrondschen afvoer.

In de 7,3% die de $\alpha$ benadert is inbegrepen:

a. de afvoer van vorige regens, n.l. 0,089 mm (in 105′) of afgerond 0,2% van den regenval;
b. een gedeelte van den doordengrondschen afvoer van den regen zelve;
c. de geheele oppervlakte-afvoer.

Voor b en c samen blijft dus nog 7,1% van den regenval. Hoe deze verdeeld zijn zal getracht worden te ontwarren. Bekijkt men de diagrammen van langduriger regens, bijvoorbeeld die van *fig. 5f*, dan ziet men duidelijk hoe de afvoer reageert op het op en neer gaan van den regen. Met uitzondering van den hoogen top wijst het diagram op doordengrondschen afvoer. Iets dergelijks ziet men in *fig. 5d*. Hier wordt de hooge afvoertop veroorzaakt door den hoogen regentop, de daarop volgende bult is het gevolg van den regenstaart. Tusschen beide bevindt zich een dieptepunt. Bij dit punt wordt dus de invloed van den staart grooter dan die van den hoogen regentop. De afvoer na het dieptepunt is analoog aan den afvoer tijdens den landregen van 14/15 Juni 1910, welke een doordengrondsche bleek te zijn. Bij het dieptepunt in *fig. 5d* heeft men dus te maken met doordengrondschen afvoer. Hiervoor werd gevonden dat beide soorten afvoer zich ongeveer even snel ontwikkelen. Men kan dus, uitgaande van het dieptepunt naar links toe, *naar schatting den doordengrondschen afvoertop uitzetten,* uitgaande van het karakter, dat het afvoerdiagram vertoont bij die regens, waarbij de doordengrondsche afvoer bewezen werd. Die top is hier met een stippellijn aangegeven. Hetgeen dan boven deze lijn uitkomt is de oppervlakte-afvoer. Hierbij moet de onderste top wat meer rechts blijven vergeleken bij de bovenste, omdat de doordengrondsche afvoertop ontstaat bij de hoogste reservoirvulling, welke naar alle waarschijnlijkheid op zal treden een weinig na den regentop. Aangenomen wordt dat de bovengrondsche afvoertoppen reageeren op de regentoppen zelve. *Fig. 5e* geeft daarvan een duidelijk voorbeeld. De veel lagere top van *fig. 5f* doet het niet.

Op deze wijze is nu voor den bovengrondschen afvoer in *fig. 5a* gevonden 4,2% van den regenval. Het spreekt vanzelf dat men aan deze cijfers een grooter waarde dan aan schattingen mag toekennen.

De maximum afvoer van Rappengraben gerekend van het begin tot 40′ na het ophouden van den regen kan men dus verdeelen in:

4,2% van den regenval aan oppervlakte-afvoer;
2,9% van id. aan doordengrondschen afvoer van den regen zelve;
0,2% van id. aan doordengrondschen afvoer van vorige regens.

Op dezelfde wijze is nu te werk gegaan voor de andere onweders en zijn de resultaten in ondervolgende tabel neergelegd.

**Tabel 9.** **Korte onweders Rappengraben.**

| Figuur | Datum | Regenval mm | Duur v/d regen minuten | Hoogste *ri* mm | Hoogste afvoer l/sec/km² | Bovengrondsche afvoer | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | mm | % v/d regen |
| *5a* | 13 Juni 1915 | 54,7 | 65 | 1,92 | 1901 | 2,3 | 4,2 |
| *5b* | 2 Juni 1915 | 27,1 | 55 | 1,58 | 1351 | 1,5 | 5,5 |
| *5c* | 25 Mei 1909 | 25,8 | 39[1]) | 2,05 | 282 | 0,06[2]) | 0,2 |
| *5d* | 13 Juli 1915 | 16,3[3]) | 120[3]) | 1,20 | 1033 | 0,9 | 5,5 |

[1]) Hierna volgt met een tusschenruimte van 15′ een regen van 0,5 mm in 5′, en weer een half uur later een zwakke regen van 14,9 mm in 7 uren.
[2]) Zeer droog voordat de regen begon.
[3]) Zonder den staart van 4 mm in de daarop volgende 13 uur.

Er moet nog gewezen worden op het volgende: *Figuur 5d, e* en *f* doen zien dat de hoogste afvoertop samenhangt met den hoogsten regentop. *De staart heeft daarop geen invloed,* hetgeen vóór den hoogsten regentop komt echter wel, door verhooging van den doordengrondschen afvoer.

Uit het voorgaande blijkt wel, dat, wil men berekeningen over den te verwachten maximum afvoer op den regenval baseeren, men zal moeten afstappen van de veel te ruwe methode van regenopnamen per dag. Zelfs regenopnamen per uur zijn voor kleine gebieden en onweders nog te ruw.

## De $\varphi$ van Specht.

Hiervoor is reeds theoretisch nagegaan welke waarden men kan vinden voor de $\varphi$ bij een kleine oppervlakte. Thans komt de vergelijking met de empirie aan de beurt.

Tabel 10.

| Regensoort | Datum | Regenval mm | Duur | Regenval gemidd. l/sec/km² | Maxim. afvoer l/sec/km² | φ volgens Specht in % | Afvoer in % v/d regenval |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Rappengraben | | | | |
| Onweder | 13 Juni 1915 | 54,7 | 65′ | 14026 | 1901 | 13,6 | 7,3 |
| id. | 2 Juni 1915 | 27,1 | 55′ | 8212 | 1351 | 16,5 | 12,3 |
| id. | 25 Mei 1909 | 25,8 | 30′ | 13833 | 282 | 2,0 | 1,3 |
| id. | 13 Juli 1915 | 16,3 | 3 uur | 2264 | 1033 | 45,6 | 16,5 |
| id. | 4/5 Sept. 1908 | 54,0 | 11 u 50′ | 1268 | 1597 | 126,0 | 29,4 |
| id. | 10 Sept. 1913 | 46,1 | 12 u 40′ | 1011 | 691 | 60,7 | 27,0 |
| id. | 25/26 Juni 1904 | 89,0 | 28 u 5′ | 881 | 569 | 64,4 | 27,3 |
| Landregen | 9 Juli 1909 | 49,1 | 24 u | 568 | 716 | 126,0 | 7,7 |
| id. | 14/15 Juni 1910 | 71,3 | 36 u | 550 | 854 | 155,3 | 49,6 |
| id. | 4/7 Juli 1910 | 93,1 | 96 u | 269 | 914 | 339,1 | 66,5 |
| | | | Rappengraben. Gemiddelden 1915 — 1927 | | | | |
| Onweders | | 29,8 | — | — | 1068 | — | 22 |
| Landregen | | 42,1 | 24 u | 487 | 463 | 95 | 33 |
| id. | | 58,8 | 48 u | 340 | 497 | 146 | 43 |
| id. | | 80,6 | 72 u | 311 | 550 | 177 | 46 |
| id. | | 109,2 | 134 u | 226 | 609 | 267 | 54 |
| | | | Sperbelgraben. Gemiddelden 1915 — 1927 | | | | |
| Onweders | | 31,8 | — | — | 619 | — | 15 |
| Landregen | | 43,3 | 24 u | 501 | 303 | 60 | 24 |
| id. | | 60,1 | 48 u | 348 | 360 | 104 | 31 |
| id. | | 80,2 | 72 u | 309 | 381 | 123 | 39 |
| id. | | 108,5 | 134 u | 225 | 400 | 178 | 42 |

Het afvoerpercentage van de eerste 7 onweders is berekend over een afvoer gedurende een tijd gelijk aan regenduur + 40′, van de drie daarop volgende landregens werd deze gelijk genomen aan den regenduur. Het afvoerpercentage van de gemiddelden 1915/1927 werd overgenomen uit een tabel van H. Burger. Voor de onweders nam Burger den afvoer gedurende 12 uur. Daar deze tijdsduur niet juist zal zijn voor den gemiddelden regenduur werd de φ voor de onweders niet berekend.

Wat ziet men nu uit deze tabel? De afvoerpercentages nemen toe naarmate regen en afvoer over een langeren tijd verdeeld zijn, hetgeen na het hiervoor behandelde gemakkelijk te begrijpen is. De doordengrondsche afvoer krijgt n.l. grooter invloed naarmate de regen langer duurt. Tegelijkertijd gaan ook de berekende waarden voor φ (berekend uit de gegevens, niet uit de door Specht gegeven formule) omhoog en komen spoedig boven de 100%. Het afvoerpercentage benadert de α en men kan dus wel zeggen, dat de φ verder van de α afkomt, naarmate de regenduur langer is. Volgens de formule moet de φ de hoogste waarden geven bij de kortste regens, de laagste bij de langste regens. *De empirie bewijst dat het omgekeerde het geval is.*

## Over de gelijkstelling van den afstroomtijd aan den aanlooptijd.

Het woord aanlooptijd is de vertaling van het door Specht gebruikte „Anlaufzeit", van wien ook de bovenstaande gelijkstelling in eerste instantie afkomstig is. De aanlooptijd is de tijd die verloopt tusschen de eerste waarneembare stijging en het hoogste punt in het afvoerdiagram. Ir. der Weduwen gebruikt hiervoor, waar ook hij uitgaat van de gelijkheid aan den afstroomtijd $T$ van het stroomgebied, den term $T_{w(aargenomen)}$.

Er is, de oude redeneeringen volgende, hiervoor misschien wel iets te zeggen. Uitgaande van de stelling dat de afvoer aan den wortel slechts dàn zijn maximum zal bereiken, indien alle deelen van het stroomgebied in afvoer zijn, dus wanneer de regenduur $t$ gelijk wordt aan of grooter wordt dan den afstroomtijd $T$ (d.i. de tijd die er noodig is voor het op de meest verwijderde deelen van het stroomgebied vallende regenwater om over de oppervlakte heen den wortel te bereiken) volgt, dat omgekeerd bij den maximum afvoer de te meten aanlooptijd $Tw$ gelijk moet zijn aan $T$, omdat dan ook $t = Tw$.

Uit den aard der zaak is bij deze redeneering alleen gedacht aan oppervlakte-afvoer, en dan nog aan een zeer bijzondere soort van oppervlakte-afvoer, n.l. een constanten.

Melchior acht de vaststelling van den tijd $T$ van het grootste gewicht, daar bijvoorbeeld bij een terrein van 50 km² de grootste regenval afwisselt tusschen 23,1 en 1,2 m³/sec/km² indien de $T$ varieert van 15′ tot 48 uren. Intusschen wijkt Melchior toch weer wat af van het bovenstaande. Hij gaat na wat er gebeuren zal, indien $t$ kleiner wordt dan $T$, aangezien dan tegelijkertijd het aangenomen gemiddelde van den maximum regen grooter wordt. Aan de hand van formules van Klunzinger berekent hij voor de Wienrivier, dat de maximum afvoer bereikt zal worden indien $\frac{t}{T} = 0{,}72,\ 0{,}74,\ 0{,}76$. Hij brengt

het voor de Wienrivier berekende op het algemeen over en komt tot de conclusie, dat hoe kleiner de $T$ is, (hoe kleiner het stroomgebied in het algemeen genomen dus is) hoe meer de $\frac{t}{T}$ de waarde 1 nadert.

Melchior gaat er dus per slot van rekening van uit dat de $t$ bij den maximum afvoer korter moet zijn dan $T$, en dit des te meer naarmate $T$ (en dus in het algemeen genomen ook het stroomgebied) grooter wordt.

Overigens leidde Melchior zijn formule voor $T$ af uit den door Pascher gevonden afvoertijd van de Wienrivier van 10 uren, welk cijfer hij verkoos boven den door middel van snelheidsmetingen tijdens den hoogsten afvoer door Klunzinger gevonden tijd van 4 uren voor dezelfde rivier.

Specht mat in Beieren bij den hoogsten waargenomen afvoer den aanlooptijd in het afvoerdiagram, stelde dezen gelijk aan $T$ en ging aan de hand van regenwaarnemingen na hoe groot de maximale regen was, die correspondeerde met den gevonden tijd. Hij ging dus uit van de stelling $Tw = T = t$. Hieruit stelde hij zijn formules op voor landregens voor grootere gebieden en zonderde daarvan uit de „Gussregen" en stroomgebieden kleiner dan 65 km$^2$.

Van Kooten werkte op dezelfde basis voor de Beiersche rivieren een andere formule uit voor $T$, en gaf nog een tweede voor de rivieren op Java.

Der Weduwen vergelijkt vervolgens steeds uitgaande van de stelling $Tw = T$, de waargenomen aanlooptijden van rivieren op Java met de $T$-formules van Melchior, van van Kooten en van zichzelven.

Welk verband bestaat er tusschen $t$ en $Tw$? Neemt men theoretisch regenval en $\alpha$ constant, dan zal steeds $t$ gelijk zijn aan $Tw$, zoolang niet het geheele gebied in afvoer is. Zoodra het geheele gebied in afvoer gekomen is zal de afvoer constant blijven, dus een horizontaal diagram geven (de Meijier)[2]). Dit horizontale diagram zou moeten optreden zoodra $t$ grooter werd dan $T$, hetgeen bij een klein stroomgebied als Rappengraben herhaaldelijk zou moeten gebeuren. Een horizontaal stuk in het afvoerdiagram van dit stroomgebied komt echter slechts bij uitzondering voor (zie *fig. 4c*), doch is dan bij doordengrondschen afvoer het gevolg van een regenval ongeveer even groot als de afvoer, waardoor de reservoirvulling op ongeveer hetzelfde peil blijft. De niet direct constant te noemen regenval, althans niet constant over korte tijdseenheden, wordt genivelleerd in den afvoer overgebracht en het diagram blijft horizontaal. Bij onweders met oppervlakte-afvoer komt het echter niet voor. Dit verschil tusschen theorie en empirie is m.i. te wijten aan de aanname van een constante afvoerintensiteit gedurende den regen. De diagrammen van regens, per 5 minuten opgenomen, doen zien dat dit niet voorkomt, speciaal niet bij onweders. Op een zeer klein oppervlak, waarbij $T$ de waarde 0 nadert, zal het diagram de *ai* volgen, die ontstaat uit een zeer variabele *ri*, onder invloed van de infiltratie ($ri - ii = ai$). $Tw$ zal dan meest $< t$ tot hoogstens $= t$ zijn.

De ondervolgende *tabel 11* geeft cijfers over de $Tw$ van Rappengraben.

2) Ik acht het een fout met constanten regenval en constante $\alpha$ te theoretiseeren, al moet ik tot mijn spijt erkennen, dat ik mij daar ook wel aan schuldig heb gemaakt.

**Rappengraben.**

**Tabel 11.**

| Regensoort | Datum | Figuur | $Tw$ | Regenduur | Regenval mm | Opm. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Onweder | 13 Juni 1915 | 5a | 40′ | 65′ | 54,7 | |
| id. | 2 Juni 1915 | 5b | 30′ | 55′ | 27,1 | |
| id. | 25 Mei 1909 | 5c | 15′ | 30′ | 25,8 | hoofdregen. |
| id. | id. | ,, | 15′ | 8 uur | 41,2 | totaal. |
| id. | 13 Juli 1915 | 5d | 15′ | 25′ | 12,3 | hoofdregen. |
| id. | id. | ,, | 15′ | 3 uur | 16,3 | |
| id. | id. | ,, | 15′ | 16 uur | 20,3 | totaal. |
| id. | 4/5 Sept. 1908 | 5e | 2 u 25′ | 11 u 50′ | 54,0 | |
| id. | 10 Sept. 1913 | 5f | 2 u 25′ | 12 u 40′ | 46,1 | |
| Landregenachtig onweder | 25/26 Juni 1904 | 4a | 19 u 10′ | 28 u 5′ | 89,1 | |
| id. | 13/14 Nov. 1913 | 4b | 9 u 10′ | 11 u 50′ | 43,5 | |
| Landregen | 9 Juli 1909 | 4c | 10 u 25′ | 24 u | 49,1 | |
| id. | 14/15 Juni 1910 | 2 | 28 u 30′ | 36 u | 71,3 | |

Men ziet hieruit, dat *bij een klein gebied de Tw steeds korter is dan de t.* Valt er vóór den hoofdregen een kleine bui (*fig. 5e* en *f*), dan treedt een verlenging van de $Tw$ op en een nog veel grootere verlenging treedt op, zoodra de regen een landregenachtig karakter krijgt. *Als globale aanwijzer van de soort regen die er viel kan men aan de Tw een zekere waarde toekennen; als een aanwijzer van de T daarom juist niet.*

Indien dat juist is zal men ook bij grootere gebieden een verschil moeten vinden tusschen landregens en onweders, wat de $Tw$ betreft.

Dat dit inderdaad het geval is, moge blijken uit het ondervolgende. Specht gaf cijfermateriaal van de $Tw$'s van Beiersche rivieren, tijdens landregen en onweder, terwijl der Weduwen dit deed voor Java. Men kan voor Indië aannemen dat de hoogste afvoeren meestal ontstaan door kortere regens,

hoewel hierop zooals men zien zal enkele uitzonderingen zijn. Op welke basis kan nu een vergelijking tusschen de Beiersche en de Indische cijfers plaats vinden?

Er zijn verschillende factoren, die den afstroomtijd beïnvloeden. In de eerste plaats is een dier factoren de door het water af te leggen weg, dus de rivierlengte $L$. Melchior, van Kooten en der Weduwen nemen deze lengte $L$ recht evenredig aan den afstroomtijd $T$. Over den invloed van het verhang $i$ en van de hoeveelheid afstroomend water $Q$ is men het niet eens, zooals blijkt uit het verschil in de formules. Er is daarom bij de vergelijking van de Beiersche en Indische cijfers van afgezien $Q$ en $i$ in rekening te brengen en heb ik mij bepaald tot de $L$ als maatstaf.

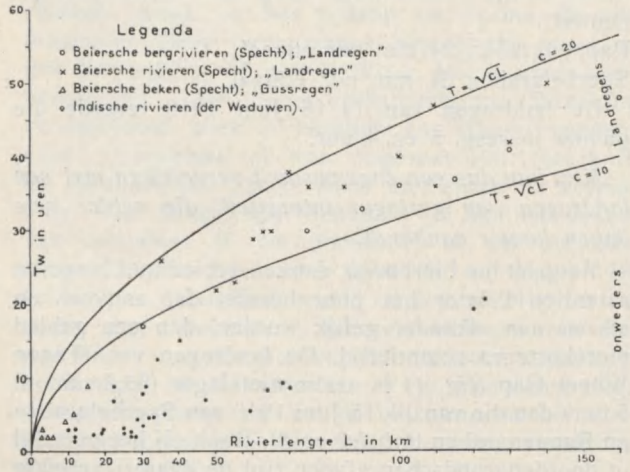



*Fig. 6.*

De grafische voorstelling in *fig. 6* doet nu duidelijk zien dat *zonder uitzondering* de $T$w's bij landregen langer zijn dan bij de stortbuien en Indische regens.

*Ware $Tw = T$ dan zou er geen splitsing naar regensoort mogen optreden.*

In *fig. 6* zijn nog ingeteekend de $T$-formules van Specht voor $c = 10$ en voor $c = 20$. Dat deze formules afgeleid werden uit de $T$w's voor landregens blijkt duidelijk uit de figuur. Er is echter een principieele onjuistheid in deze formules. Het moge juist zijn dat de $T = 0$ wordt, indien de $L = 0$ wordt, de $T$w voor landregens met doordengrondschen afvoer zal moeilijk aan dezelfde voorwaarde kunnen voldoen, omdat het hoogtepunt in den afvoer pas bereikt wordt, wanneer het reservoir zijn hoogste vulling heeft gekregen, waarvoor vele uren noodig zijn.

## De vorm van het afvoerdiagram.

In het voorgaande zag men bij een klein gebied optreden verschillende vormen van het afvoerdiagram, in verband met de opvallende regensoort.

De spitse onwederstop is voor Indische afvoerdiagrammen typeerend.

Het is de verdienste van R. J. Tipton het eerst de aandacht er op gevestigd te hebben, dat in bepaalde streken bepaalde vormen als maximum overheerschen.

In een artikel: „Characteristics of Floods in the Southern Rocky Mountain Region", gepubliceerd in *Transactions of the Am. Geoph. Union*, Part II 1937, onderscheidt hij 3 typen van het afvoerdiagram, welke hier zijn weergegeven in *fig. 7*.

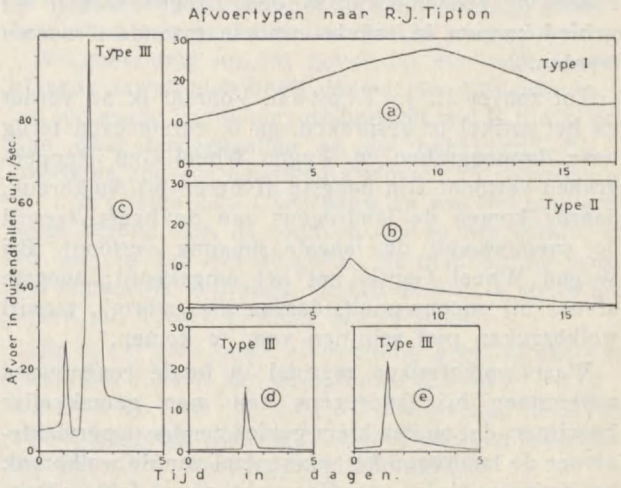



*Fig. 7.*

Het type I als maximum komt volgens hem overwegend voor in de Colorado, White en Yampa stroomgebieden en wordt veroorzaakt door sneeuwsmelting. De bandjirs, die in deze gebieden plaats hebben, uitgezonderd in kleine locale gedeelten, worden niet noemenswaard beïnvloed door den zomerneerslag. De hoogte van den vloed hangt in hoofdzaak af van de hoeveelheid sneeuwval in den voorafgaanden winter. De regenval in den zomer is gewoonlijk niet van hooge intensiteit. De hoogst waargenomen zomerregenval tusschen 1892 en 1937 te Grand Junction, Colorado, was 0,58 inch of 14,7 mm in 15 minuten en 7,6 mm in 5 minuten. Hevige sneeuwval in den winter treedt echter vaak op. Wolkbreuken hebben een zeer locaal karakter en komen wel eens voor langs de lagere zijrivieren van de Colorado, hoofdzakelijk tusschen Rifle en De Beque en in het Grand Mesa gebied.

Het type II komt niet vaak voor en wordt veroorzaakt door een neerslag in den zomer, zich uitstrekkend over een periode van dagen, gewoonlijk culmineerend in een „storm" van hooge intensiteit. (Onder een „storm" moet men verstaan een lang onweder met landregenachtig karakter). Het type II overweegt in de stroomgebieden van de San Juan Mountains in het Z. W. deel van Colorado, n.l. de San Juan rivier en zijn zijrivieren, de boven-Rio Grande, Dolores en Uncompahgre, de Lake Fork en de Gunnison rivieren. De landregens zijn vaak intensief; geconstateerde maxima waren 12,12 inch in 11 dagen en 8,05 inch in 24 uur. (Waarschijnlijk is 8,05 een drukfout, want de daaropvolgende cijfers voor 24 uur zijn 2,68 inch, 2,50 inch en 0,85 inch. Het zal vermoedelijk moeten zijn *3,05* inch).

Het type III is het cloud-burst of wolkbreuk type. Dit type komt voor in oostelijk Colorado, voornamelijk waar „the Front Range" en de vlakte elkander ontmoeten. De wolkbreuk wordt veroorzaakt door tegen de bergen opstijgende, daardoor afkoelende

vochtige lucht. De wolkbreuken hebben plotseling plaats en treden het meest op in stroomen die gewoonlijk droog zijn. De droogte van het gebied is oorzaak dat de vegetatiebedekking gewoonlijk te verwaarloozen is en slechts in deelen van het gebied een lichte bedekking genoemd kan worden. Droge beken in dit gebied kunnen in enkele minuten razende stroomen worden.

Tot zoover R. J. Tipton. Voordat ik nu verder ga het artikel te bespreken, ga ik eerste even terug naar Rappengraben en Wagon Wheel Gap. Rappengraben vertoont zijn hoogste afvoeren bij wolkbreuk, daarna komen de landregens aan de beurt, terwijl de sneeuwsmelt de laagste maxima vertoont. Bij Wagon Wheel Gap is het net omgekeerd: hoogste afvoer bij sneeuwsmelt, daarna bij „storm", terwijl wolkbreuken niet schijnen voor te komen.

Waar wolkbreuken meestal in totale regenmassa achterstaan bij landregens kan men gemakkelijk begrijpen, dat op een klein gebied zonder oppervlakteafvoer de landregen het winnen zal van de wolkbreuk en omgekeerd in gebieden met oppervlakte-afvoer de wolkbreuk het winnen zal. Waarom geeft echter op de eene plaats de landregen de hoogste afvoeren, waarom op de andere plaats de sneeuwsmelt?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden moet eerst worden na gegaan hoe de intensiteit van sneeuwsmelt staat tegenover die van landregen. Volgens Specht is 3 mm sneeuwsmeltwater per uur als hoogste maximum te beschouwen, hetgeen natuurlijk niet 72 mm per etmaal beteekent.

De hoogste in het boek van Engler behandelde sneeuwafvoer in Emmental bedroeg:

| | Sperbelgraben | Rappengraben |
|---|---|---|
| 26 April 1917..... | 2,877 mm | 2,086 mm |
| 27 id. ..... | 4,660 mm | 6,474 mm |
| 28 id. ..... | 8,132 mm | 10,822 mm |
| 29 id. ..... | 13,223 mm | 16,441 mm |
| 30 id. ..... | 19,104 mm | 20,836 mm |
| 1 Mei 1917..... | 20,394 mm | 23,286 mm |
| 2 id. ..... | 19,344 mm | 23,692 mm |
| 3 id. ..... | 16,857 mm | 20,367 mm |
| 4 id. ..... | 12,935 mm | 15,158 mm |
| | 116,526 mm | 139,162 mm |

De sneeuwafvoer in deze gebieden heeft alle kenmerken van een zeer regelmatigen doordengrondschen afvoer. Bij per etmaal niet veel verschillenden afvoer vertoonen de beide gebieden prachtig, men zou haast zeggen theoretisch zuiver, het verschil in afvoer veroorzaakt door den langeren retentietijd van Sperbelgraben t.o.v. den korteren retentietijd van Rappengraben. Tijdens de warme daguren is de afvoer het grootst en wordt het minimum bereikt in den vroegen morgen. De afvoer kenmerkt zich door een gegolfde lijn met toppen die 24 uur en dalen die eveneens 24 uur uit elkaar liggen. Voor een grooter gebied zooals waarvan Tipton een diagram geeft, wordt de gegolfde lijn genivelleerd.

Wij zagen in *tabel 1*, dat Rappengraben afvoerde:
4de en 5de dag 64,3 mm bij 65,1 mm regen of 98,8%
5de en 6de dag 41,8 mm bij 37,2 mm regen of 112,4%
6de en 7de dag 37,8 mm bij 34,6 mm regen of 109,2%
terwijl Sperbelgraben afvoerde:
4de en 5de dag 47,0 mm bij 65,0 mm regen of 72,3%
5de en 6de dag 37,8 mm bij 41,3 mm regen of 91,5%
6de en 7de dag 41,0 mm bij 39,5 mm regen of 103,8%.

De sneeuwsmelt is blijkens den afvoer regelmatiger dan de regenval in een regenperiode. Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden, dat bij Rappengraben van af den 5den, bij Sperbelgraben van af den 6den dag 100 of meer % van den sneeuwsmelt wordt afgevoerd.

Als hooge sneeuwsmelt mag dus worden aangenomen:
Rappengraben 24 mm per etmaal.
Sperbelgraben 21 mm per etmaal.

De landregen van 14/15 Juni 1910 leverde die quanta in resp. 5 en 4 uur.

*Men kan dus een sneeuwsmelt vergelijken met een landregen van geringer intensiteit, die echter vele dagen langer aanhoudt.*

Men ziet het hierboven, dat een gebied met langeren retentietijd later het punt bereikt dat aanvoer en afvoer aan elkander gelijk worden, dan een gebied met korteren retentietijd. De landregen van Wagon Wheel Gap (*fig. 1*) is zeker niet lager (33,5 mm in 5 uur) dan die van 14/15 Juni 1910 van Sperbelgraben en Rappengraben (*tabel 7* en *8*). Dank zij het verschil in doordengrondschen afvoer zijn de daarbij bereikte hoogste afvoeren zeer verschillend, n.l. 30 l/sec/km$^2$ voor Wagon Wheel Gap tegen resp. 820 en 850 l/sec/km$^2$ voor de beide Zwitsersche gebieden. De lange retentietijd van Wagon Wheel Gap maakt, dat hier de langst aanhoudende aanvoer met de grootste waterhoeveelheid in totaal het wint van hoogere intensiteit. De hoogste afvoer als gevolg van sneeuwsmelt was hier 94,4 l/sec/km$^2$ over een etmaal gerekend.

Of een gebied zijn hoogsten afvoer krijgt van landregen dan wel van sneeuwsmelt zal afhankelijk kunnen zijn van klimaat en neerslagverdeeling, zooals Tipton aangeeft, maar ook van den retentietijd van het gebied, dus van een hydrologischen factor, zooals hier boven aangetoond is.

Tipton geeft voor de drie typen de volgende oppervlakten:
type I 520 tot 165 000 vierkante mijl;
type II 700 tot 26 000 vierkante mijl;
type III 10 tot 4 000 vierkante mijl.

Het type I komt ook voor bij kleinere gebieden, zooals bij Wagon Wheel Gap, doch zal dan wel niet zoo regelmatig zijn als bij het voorbeeld van Tipton. Het type II als maximum is mij voor kleinere gebieden niet bekend, maar daarom is het niet uitgesloten. Elk gebied zonder oppervlakteafvoer zal zijn maximum vinden in type II of III; indien Sperbelgraben en Rappengraben geen bovengrondsche afstrooming hadden, zouden zij hun maximum vinden in type II.

Het type III gaat volgens Tipton tot 4000 vierkante mijl, doch wordt meest kleiner genomen: Specht neemt 60 km², van Kooten voor midden-Europa 50 tot 200 km². *Waar die grens ligt maakt het afvoerdiagram uit.*

### De vertraagde oppervlakte-afvoer.

Alvorens enkele Indische diagrammen onder de loupe te nemen, moet eerst behandeld worden een in Indië voorkomende derde soort afvoer. Empirische cijfers daarover staan mij niet ten dienste, zijn nog niet verzameld. Wel is hierover een theoretische beschouwing van ir. P. W. Godefroy in *De Waterstaatsingenieur* van 1931.

Ir. Godefroy neemt aan een onder water staande sawah op het tijdstip dat de bui, die den maximum afvoer veroorzaakt, begint. Hij voert nu een berekening uit voor 1 bouw. Den toevoer aannemend op 1 l/sec/bouw, verdamping en wegzakking verwaarloosd, geeft tot resultaat een afvoer eveneens van 1 l/sec/bouw of van ongeveer 150 l/sec/km². De afzonderlijke petaks staan met elkaar in verbinding, van boven naar beneden, via bamboe kokers van hoogstens 10 cm doorsnede of via overlaatopeningen van niet meer dan 15 cm lengte. De kruin der galangans wordt aangenomen op 20 cm boven den petakbodem, de drempelhoogte van den overlaat 5 cm, dus het verschil tusschen dijkskruin en drempel van den overlaat 15 cm. Een eenvoudige berekening leert nu dat de maximum afvoer voor een bamboekoker is 9 l/sec, en voor een aarden overlaat 13 l/sec.

Bij aanname van een maximum bui van 120 mm in 2 uur is de toevoer gemiddeld 115 l/sec/bouw.

Kan het terrein van 1 bouw afwateren met 2 overlaten, dan berekent hij den afvoer op $2 \times 7{,}5 =$ 15 l/sec/bouw in die twee uur. De sawah vult zich dus op per seconde met 115 — 15 = 100 l. Dit geldt echter alleen voor de bovenste sawah-petaks. De onderste krijgen van boven evenveel toegevoerd als er van onder uitgaat. Hier heeft dus de vulling plaats met volle 115 l/sec/bouw of 1 mm per minuut. In 2 uur met 120 mm regen is dus de onderste sawah-petak gestegen met 120 mm. Aannemend dat in het begin de waterhoogte was 8 cm, dan zijn de onderste petaks dus geheel gevuld tot 20 cm.

Op het einde van de bui is dan de afvoer
bij 2 overlaten per bouw $2 \times 13$ l/sec/bouw of 3 640 l/sec/km²;
bij 3 overlaten per bouw $3 \times 13$ l/sec/bouw of 5 400 l/sec/km².

Gaat nu echter de regen nog een uur door met 40 mm, dan zal die 40 mm direct afvloeien, dus veroorzaken een afvoer van 11 111 l/sec/km², waarbij dan nog komt 3 600 (bij 2 overlaten) of 5 400 (bij 3 overlaten) l/sec/km², dus totaal rond 14 700 tot 16 500 l/sec/km². *De afvoer kan dus grooter worden dan de na de vulling van de sawah vallende regenintensiteit, indien de sawah overloopt.* Tot zoover ir. Godefroy.

Men kan er bij opmerken dat het niet noodig is hierbij de maximale regenvallen van 120 mm in twee uur te bezigen. Aangezien de onderste petaks zich opvullen met evenveel mm als er regen valt, zal de sawah ook gevuld raken indien de 120 mm valt in 3 of 4 uur.

Het verloop zal echter geheel anders zijn, indien de sawah droog staat. Men zal dan veel minder bemerken van de boven berekende hooge afvoeren.

Verondersteld nu het geval dat een onder water staande sawah zich heeft gevuld met 120 mm water na een regen van 4 uur, na hoeveel tijd is die sawah dan weer teruggevallen op het begin-peil? Bij 2 overlaten zou er gemiddeld afvloeien 15 l/sec/bouw, bij 3 overlaten 22,5 l/sec/bouw en zou het beginpeil weer bereikt zijn na rond 16 uur in het eerste, en 10 uur in het tweede geval. De afstrooming wordt dus behoorlijk vertraagd. De cijfers van 16 en 10 uur lijken mij eerder te klein dan te groot.

Er is bij deze soort afstrooming geen sprake van een $\alpha$ die voldoet aan de definitie van Melchior, van Kooten of der Weduwen, doch de afvoer gedraagt zich als de afvoer van een reservoir, dus net als de doordengrondsche afvoer.

Echter is bij doordengrondsche afstrooming de retentietijd veel langer, de top daardoor veel lager. Voorloopig kan het maximum bedrag daarvoor aangenomen worden op de 850 l/sec/km², welke voor Rappengraben gevonden werden. Voor sawah-afvoer zal men 5 400 l/sec km² moeten rekenen, het overloopen van een sawah daarbij nog niet medegerekend.

Men kan nu de conclusies trekken:

1) In het stadium van onder water staan der sawah's moet men rekenen, dat *binnen 24 uur het op die oppervlakken vallende water in zijn geheel tot afvoer komt.* Veel sawah in een gebied zal dus den afvoer in 24 uur sterk kunnen opvoeren;
2) De hoogste afvoer bij sawah's treedt op aan het einde van den regenval;
3) De daling na den hoogsten top zal langzamer gaan dan bij gewonen oppervlakte-afvoer;
4) De voor sawah's als hoogste afvoer aangenomen 5 400 l/sec/km² staat gelijk aan een bovengrondsche afstrooming van 33% bij een regenintensiteit van 1 mm per minuut. Men mag dus van sawah's in het stroomgebied over het algemeen genomen een *verhooging* van den maximum afvoer verwachten.

### Indische diagrammen.

Het lezen van het artikel van ir. der Weduwen in *De Ingenieur in Ned.-Indië* van 1937, deed bij mij twijfel ontstaan aan de juistheid van de opvatting, dat bij den maximum afvoer de *Tw* gelijk zou zijn aan den afstroomtijd *T*. In ieder geval zouden dan de op één en twee na hoogste afvoeren een *Tw* moeten vertoonen, die daar niet ver van af stond. De verschillen zouden geringer moeten zijn naarmate deze topafvoeren dichter bij elkander stonden. De maximum afvoer van vandaag kan het volgend jaar op de tweede plaats komen, en de maximum afvoer van een jaar geleden kan thans de op één na hoogste zijn. Wanneer de *Tw*'s veel verschilden, zou het

procédé door der Weduwen gevolgd alleen al daardoor geen waarde hebben. Elke 5 of 10 jaar zou men de formules moeten herzien. Om mij van een en ander op de hoogte te stellen heb ik opgevraagd de diagrammen van de drie hoogste afvoeren van de door ir. der Weduwen gebruikte stroomgebieden. Voor de toezending daarvan door het Waterkrachtkadaster, voorzien van de noodige gegevens, uit ik hier mijn welgemeenden dank.

Intusschen kan men ook al zonder kennis van de hoogste drie afvoeren of van het hiervoor behandelde twijfel opperen aan de juistheid der werkwijze.

Melchior berekent zijn $T$ volgens de formule $T = 0{,}186 \frac{L}{Q^{\frac{1}{5}} i^{\frac{2}{5}}}$, van Kooten voor de Java rivieren volgens $T = 2{,}35 \frac{L}{Q^{\frac{2}{5}}}$ en der Weduwen volgens de formule $T = 0{,}125 \frac{L}{Q^{\frac{1}{8}} i^{\frac{1}{4}}}$

De laatste vergelijkt nu de uitkomsten van elk dezer formules met de uitkomsten volgens de waargenomen aanlooptijden ($T$w's) en het resultaat is, dat de verschillen met de formule van der Weduwen het kleinste blijken. Maar neemt men nu een paar stroomgebieden apart in beschouwing, dan komt het voor dat de drie formules uniform voor een dezer een hoogere uitkomst geven, doch de $T$w een lagere.

Hiervan een paar voorbeelden. De gegevens zijn:

| | $Q$ | $i$ | $L$ | $T$w |
|---|---|---|---|---|
| Tjiboetaroewa—Pakendjeng | 160 | 0,0490 | 27 | 2,33 uur |
| Tjiboeni—Tjipela | 210 | 0,0425 | 22 | 7 uur |

| Men vindt nu volgens de formule van: | Melchior | van Kooten | der Weduwen | $T$w |
|---|---|---|---|---|
| voor de : | | | | |
| Tjiboetaroewa | 6,08 | 8,33 | 3,11 | 2,33 |
| Tjiboeni | 4,97 | 6,09 | 3,06 | 7,— |

| Voor een paar andere vindt men volgens : | Melchior | van Kooten | der Weduwen | $T$w |
|---|---|---|---|---|
| Kali Kedaton — Tiris | 8,63 | 14,17 | 4,61 | 2,5 |
| Tjitaroem — Pagokan | 3,44 | 6,48 | 1,84 | 3,– |

| Voor nog een paar andere zijn de gegevens : | $Q$ | $i$ | $L$ |
|---|---|---|---|
| Tjikaèngan — Toblong..... | 380 | 0,0190 | 30 |
| Tjilangla — Tjikoepa..... | 720 | 0,0190 | 30 |

Twee van de drie factoren, waarvan aangenomen wordt dat zij den afstroomtijd $T$ bepalen, zijn aan elkaar gelijk, slechts de factor $Q$ is verschillend. Toch geven de formules aan den eenen kant en de $T$w aan den anderen kant geheel omgekeerde verhoudingen.

De cijfers waaruit dit blijkt zijn:

| Uitkomsten volgens: | Melchior | van Kooten | der Weduwen | $T$w |
|---|---|---|---|---|
| Tjikaèngan.... | 8,30 | 6,55 | 4,82 | 3,5 |
| Tjilangla..... | 7,31 | 5,07 | 4,45 | 8,08 |

Kleine verschillen kan men nog accepteeren, groote verschillen zooals hier wettigen echter m.i. de vraag, of er niet iets anders is dat de $T$w bepaalt, buiten de factoren $L$, $i$ en $Q$.

Men zag reeds hiervóór dat het de regensoort is, die in hoofdzaak de grootte van de $T$w bepaalt.

In de navolgende *tabel 12* zijn nu de $T$w's opgebracht van de waargenomen hoogste drie afvoeren van een aantal stroomgebieden, door ir. der Weduwen in zijn artikel gebruikt.

Ter toelichting diene het volgende: indien de $T$w door der Weduwen gebruikt, correspondeert met een der voorgaande, staat het cijfer op denzelfden regel. Indien deze echter niet met een der voorgaande correspondeert, omdat der Weduwen een andere bandjir gebruikte, staat er een sterretje bij.

Verder moet men bij het beoordeelen van deze tabel en de verschillen, die zich in enkele gevallen tusschen mijn cijfers en die van der Weduwen voordoen, hoewel zij toch dezelfde bandjir betreffen, bedenken, dat het beginpunt van de stijging aanleiding kan geven tot verschillende opvatting. Het komt voor dat in het diagram in de eerste twee uren een zeer geringe stijging optreedt, welke dan plotseling overgaat in een intensieve stijging. Men weet dan niet precies waar te beginnen. Hetzelfde doet zich voor indien aan den eigenlijken regen een vóórregen voorafgaat. Men weet dan niet of men moet beginnen bij de stijging van den eersten, of pas bij die van den tweeden regen. Het hoogste punt levert geen moeilijkheden.

Hiervóór heeft men kunnen zien, dat de $T$w zich richt naar den regen, doch steeds een onbepaalden tijd korter blijft. *Het geheele diagram geeft beter uitsluitsel over den regenduur,* doordien regens die vallen na den $T$w-top, in het diagram niet verborgen blijven. De hier beschouwde methoden om den te verwachten maximum afvoer te berekenen gaan alle uit van een door den afstroomtijd bepaalden regenduur, welke den hoogsten afvoer moet veroorzaken. Indien dat juist is, moeten de hoogste afvoeren van een gebied, afkomstig zijn van ongeveer even lange regens. Inderdaad zijn er verschillende gevallen aan te wijzen dat dit zoo is. Voorbeelden hiervan zijn: Tjikapoendoeng — Maribaja (*fig. 12 a* en *b*) en de Kali Garang — Poedakpajoeng. Bij de Tjisadané — Masing is de intensieve stijging in de diagrammen

**Tabel 12.**

| Stroomgebied | Datum v.d. bandjir | Begin afvoer l/s/km² | Top afvoer l/s/km² | *Tw* | *Tw* gebruikt door der Weduwen | Afvoer in 24 u mm | Oppervlakte v. h. gebied km² | *i* Verhang | *L* Rivierlengte km | *R* Jaarregenval mm | Tijd v. waarneming (jaren) | Omschrijving van de begroeiing van het stroomgebied naar het Waterkrachtkadaster |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tjidjoeraj — Tjidjoeraj | 17- 3-'31 | 166 | 358 | 150′ | | 19,3 | 20,– | 0,0208 | 12,– | 2503 | 13 | Bosch en een hoogvlakte met een theeonderneming en sawah's. |
| | 24- 6-'32 | 78 | 334 | 420′ | | 13,0 | | | | | | |
| | 15- 4-'28 | 71 | 310 | 130′ | 180′ | 11,3 | | | | | | |
| Tjiberang — Tjileuksa | 8- 6-'30 | 72 | 2432 | 140′ | 140′ | 33,6 | 58,4 | 0,0464 | 17,– | 4511 | 5 | Zwaar bosch met eenige theeondernemingen. |
| | 26- 9-'32 | 40 | 2106 | 150′ | | 40,7 | | | | | | |
| | 22- 4-'32 | 94 | 2020 | 75′ | | 33,6 | | | | | | |
| Kali Garang — Poedakpajoeng | 2- 2-'31 | 60 | 3475 | 150′ | 150′ | 49,1 | 59,– | 0,0519 | 18,6 | 2818 | 12½ | In den bovenloop beboscht bergland, daarna sawah's. |
| | 25- 1-'27 | 44 | 2000 | 135′ | | 25,9 | | | | | | |
| | 25- 1-'31 | 48 | 1966 | 120′ | | 30,8 | | | | | | |
| Kali Kedaton — Tiris | 3- 3-'29 | 72 | 782 | 270′ | | 19,7 | 59,5 | 0,0360 | 25,– | 3217 | 6½ | Licht begroeid bergland met veel bergsawah's en tuinen. |
| | 14- 1-'29 | 141 | 672 | 240′ | | 24,9 | | | | | | |
| | 21- 3-'31 | 101 | 617 | 150′ | 150′ | 22,3 | | | | | | |
| Tjitaroem — Pagokan | 14- 5-'30 | 72 | 395 | 210′ | 180′ | 15,1 | 65,3 | 0,0430 | 10,– | 2541 | 4⅓ | Een groot gedeelte beboscht bergland, theeondernemingen en eenige sawah's. |
| | 12- 4-'30 | 74 | 368 | 70′ | | 11,1 | | | | | | |
| | 7- 3-'31 | 121 | 299 | 180′ | | 14,5 | | | | | | |
| Tjikapoendoeng — Maribaja | 28- 1-'30 | 48 | 724 | 110′ | 120′ | 14,0 | 76,– | 0,0410 | 12,– | 2417 | 5¾ | Beboscht bergland, kinatuinen en bergsawah's. |
| | 11- 4-'33 | 60 | 717 | 120′ | | 15,7 | | | | | | |
| | 12- 5-'30 | 110 | 558 | 150′ | | 17,8 | | | | | | |
| Kali Konto — Kedoengredjo | 22- 2-'25 | 44 | 1200 | 225′ | *105′ | 26,5 | 110,– | 0,0525 | 11,8 | 2102 | 19⅓ | Beboscht bergland. |
| | 8- 2-'28 | 34 | 1109 | 135′ | | 18,4 | | | | | | |
| | 31- 8-'28 | 34 | 746 | 120′ | | 9,8 | | | | | | |
| Tjiboetaroewa — Pakendjeng | 29- 1-'33 | 129 | 1295 | 240′ | *140′ | 32,4 | 112,– | 0,0490 | 27,– | 3189 | 8½ | Zwaar beboscht bergland met een enkele theeonderneming. |
| | 10- 5-'34 | 112 | 1214 | 120′ | | 17,1 | | | | | | |
| | 6-12-'33 | 100 | 1116 | 60′ | | 17,8 | | | | | | |
| Tjiboeni — Tjipela | 17- 3-'31 | 273 | 1641 | 420′ | 420′ | 62,4 | 128,– | 0,0429 | 22,– | 3584 | 10⅓ | Beboscht bergland, theetuinen en sawah's. |
| | 11- 1-'29 | 234 | 1070 | 1140′ | | 59,5 | | | | | | |
| | 14- 1-'29 | 262 | 891 | 210′ | | 37,7 | | | | | | |
| Tjisadane — Masing | 6- 1-'25 | 62 | 3256 | 180′ | *190 | 40,5 | 129,– | 0,0663 | 25,2 | 4469 | 23½ | Meerendeels licht begroeid. |
| | 24- 3-'38 | 130 | 2674 | 180′ | | 42,6 | | | | | | |
| | 4-10-'38 | 44 | 2481 | 120′ | | 38,4 | | | | | | |
| Tjiwoelan — Lengkongdjaja | 25- 9-'32 | 30 | 1733 | 360′ | | 34,6 | 131,– | 0,030 | 22,– | 3189 | 10½ | Beboscht bergland, bergtuinen en sawah's. |
| | 6- 5-'30 | 214 | 1641 | 420′ | | 49,3 | | | | | | |
| | 30- 6-'24 | 76 | 1313 | 540′ | 540′ | 55,9 | | | | | | |
| Tjigoenoeng — Gandoeng | 25- 1-'31 | 430 | 3416 | 480′ | | 107,8 | 142,– | 0,0260 | 28,– | 3419 | 5½ | Beboscht bergland, bebouwd heuvelland, veel sawah's. |
| | 22- 4-'31 | 556 | 3197 | 60′ | | 113,8 | | | | | | |
| | 15- 2-'29 | 70 | 2958 | 120′ | 120′ | 35,5 | | | | | | |
| Kali Welang — Poerwodadi | 6- 4-'28 | 37 | 1555 | 120′ | 120′ | 16,5 | 146,– | 0,0686 | 28,– | 2180 | 10½ | Beboscht bergland en veel sawah's. |
| | 20-12-'30 | 15 | 1527 | 60′ | | 10,6 | | | | | | |
| | 24- 4-'28 | 40 | 1466 | 180′ | | 17,4 | | | | | | |
| Tjilaki — Tjiheulang | 23-10-'20 | 81 | 638 | 1170′ | | 26,8 | 163,– | 0,0335 | 32,6 | 2571 | 21 | Beboscht bergland en theetuinen. |
| | 11- 2-'23 | 89 | 626 | 300′ | 280′ | 21,0 | | | | | | |
| | 22-11-'33 | 72 | 626 | 150′ | | 14,7 | | | | | | |
| Tjiwidej — Tjoekanghaoer | 24- 4-'24 | 81 | 1892 | 180′ | | — | 167,– | 0,0272 | 18,– | 3266 | 14¼ | In bovenloop beboscht bergland en veel theetuinen, daarna sawah's. |
| | 19- 1-'31 | 53 | 994 | 330′ | 270′ | 24,6 | | | | | | |
| | 3- 3-'31 | 172 | 970 | 300′ | | 36,0 | | | | | | |
| Tjikaèngan — Toblong | 4- 1-'29 | 102 | 4219 | 180′ | *210′ | 79,3 | 192,– | 0,0190 | 30,– | 4643 | 8⅓ | In hoofdzaak gecultiveerde gronden en sawah's. |
| | 20- 1-'29 | 96 | 3906 | 75′ | | 48,1 | | | | | | |
| | 9- 3- 29 | 92 | 3021 | 180′ | | 37,8 | | | | | | |
| Tjilangla — Tjikoepa | 4-11-'29 | 146 | 4024 | 420′ | | 123,9 | 205,– | 0,0190 | 30,– | 3156 | 5⅚ | Beboscht bergland met veel sawah's. tuinen en theeondernemingen. Op 6-10-'33 afvoer in 44 u 255.- mm. |
| | 6-10-'33 | 180 | 3688 | 840′ | 485′ | 171,1 | | | | | | |
| | 28- 9-'32 | 134 | 2878 | 540′ | | 97,2 | | | | | | |
| Tjikandang — Bodjongrandoe | 2-4-'33 | 148 | 2000 | 180′ | 175′ | 30,3 | 216,– | 0,0750 | 19,– | 3354 | 7½ | Zwaar beboscht bergland en theetuinen. |
| | 16-11-'33 | 127 | 1898 | 120′ | | 30,8 | | | | | | |
| | 1-12-'33 | 183 | 1778 | 60′ | | 35,2 | | | | | | |
| Tjimanoek — Bodjongloa | 30- 6-'24 | 25 | 2448 | 780′ | 540′ | 67,0 | 286,– | 0,0157 | 31,– | 3301 | 16⅓ | Beboschte vulkaanhellingen en bergsawah's. De *Tw* op 10-3-28 kan evengoed op 150′, als op 570′ worden afgelezen. |
| | 10- 3-'28 | 35 | 1958 | 570′ | | 24,8 | | | | | | |
| | 24-10-'20 | 108 | 1783 | 1470′ | | 61,0 | | | | | | |
| Agamrivier — Titi | 17- 1-'31 | 57 | 284 | 780′ | 750′ | 14,4 | 310,– | 0,0063 | 34,– | 2307 | 8¾ | Weinig bosch, veel sawah en tuinen. Op 17-1-'31 afvoer in 48 u 30,4 mm. Op 12-1-'34 afvoer in 48 u 140,– mm. |
| | 10- 3-'31 | 48 | 136 | 420′ | | 8,0 | | | | | | |
| | 12- 1-'34 | 38 | 126 | 1620′ | | 4,4 | | | | | | |
| Tjitandoej — Indihiang | 31-10-'28 | 44 | 990 | 720′ | 420′ | 37,6 | 414,– | 0,0073 | 47,– | 2692 | 10½ | Beboscht bergland en sawah's. |
| | 16- 1-'28 | 116 | 850 | 280′ | | 42,2 | | | | | | |
| | 25- 2-'31 | 105 | 838 | 240′ | | 32,0 | | | | | | |
| Batang aer Masang — Sipisang | 16- 1-'31 | 64 | 458 | 540′ | | 20,5 | 458,– | 0,0175 | 40,– | 2307 | 7½ | In bovenloop de hoogvlakte van Fort de Cock met veel tuinen en meer benedenstrooms dicht beboscht bergland. Op 4-10-'33 afvoer in 48 u 23,5 mm. |
| | 12- 1-'34 | 49 | 328 | 960′ | 600′ | 12,7 | | | | | | |
| | 4-10-'33 | 50 | 275 | 2090′ | | 13,7 | | | | | | |

N.B. De *Tw*'s van der Weduwen zijn geplaatst op denzelfden regel als de correspondeerende bandjir; indien zij niet correspondeeren met één der drie behandelde hoogste afvoeren, staat er een *ster* (*) bij.

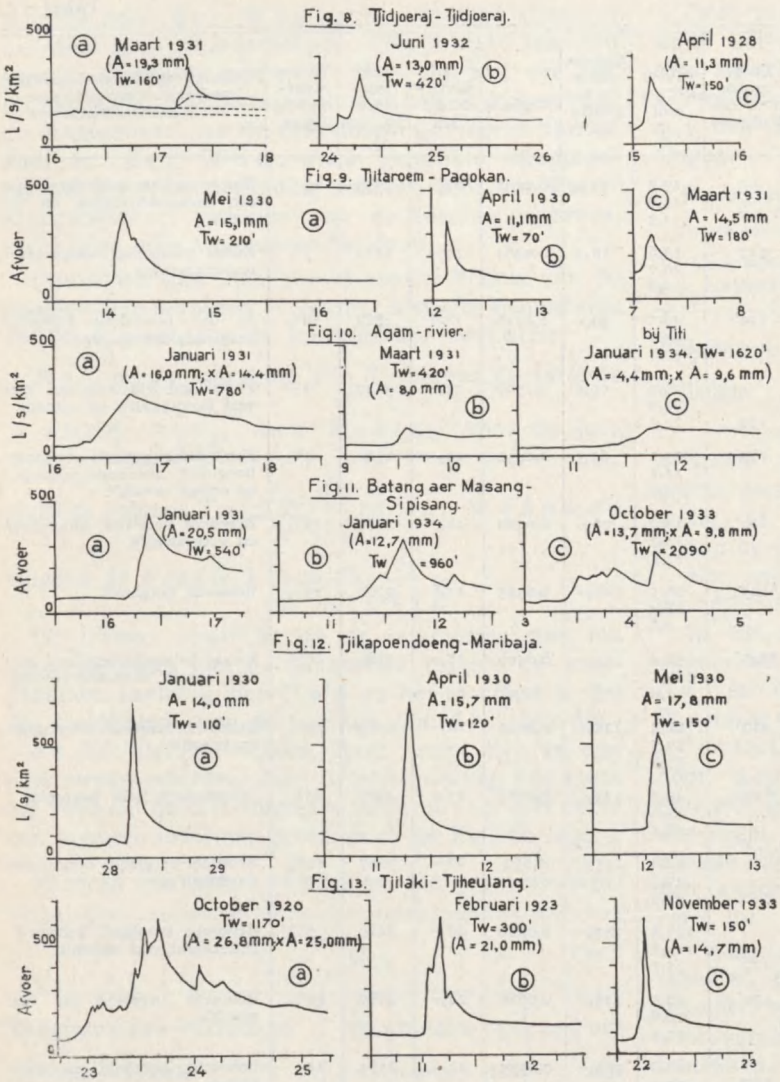



*Fig. 8* t/m *13 Afvoerdiagrammen van eenige Indische rivieren.*

Het is moeilijk om van de Indische diagrammen (*fig. 8* t/m *23*) veel te zeggen, omdat van de correspondeerende regens geen waarnemingen gemaakt zijn. In de tabel zijn opgenomen de jaarregenvallen, zooals zij opgegeven staan in de statistieken van het Waterkrachtkadaster, zoodat men kan nagaan of men met een regenrijk dan wel met een betrekkelijk regenarm gebied te maken heeft. Ik heb er wel over gedacht om van de bijbehoorende regenstations op te nemen de geconstateerde 24 uurs-maxima, doch er van afgezien, omdat de regenstations meest slecht over het terrein verdeeld zijn. Bovendien geven zij, al ware dat niet het geval, geen inzicht in duur en intensiteit. Wat er van gezegd wordt, is uit de diagrammen zelve afgeleid.

*Tjidjoeraj bij Tjidjoeraj, fig. 8.*

Uit *fig. 8b* kan men opmaken hoe de afvoer verloopt, indien er den volgenden dag niet direct weer nieuwe regen valt. Hiervan is gebruik gemaakt bij het met stippellijnen inschetsen van den afvoer van vorige regens afkomstig. In *fig. 8a* kon dit twee keer gebeuren, waardoor men duidelijk kan zien, hoe de hoogste afvoer opgebouwd werd uit den afvoer van voorafgegane regens en dien van den laatsten regen. Men ziet reeds op het oog dat in dit gebied het aandeel aan water van voorgaande regens betrekkelijk groot is.

bij alle drie hoogste afvoeren 120', al is de totaal *T*w verschillend (zie tabel). Het bovenstaande is echter meer uitzondering dan regel. Bij de Tjitaroem — Pagokan (*fig. 9 a, b* en *c*) ziet men duidelijk aan het diagram, dat *a* en *c* uit een andere soort bui moeten zijn ontstaan dan *b*. Het grootste verschil treedt op bij de Tjilaki — Tjiheulang, waar de hoogste afvoer (*fig. 13*) ontstond uit een soort landregen; de daarop volgende twee hoogste afvoeren (*fig. 13 b* en *c*), die practisch even hoog als de eerste kunnen worden genoemd, zijn ontstaan uit veel kortere, echter onderling nog verschillende buien. Dergelijke groote verschillen treden ook op bij de Agamrivier — Titi (*fig. 10*), de Batang aèr Masang — Sipisang (*fig. 11*), de Tjiboeni — Tjipela en de Tjimanoek — Bodjongloa, waarvan de afvoer van 23/24 October 1920 klaarblijkelijk eveneens door een soort landregen veroorzaakt werd. De hooge afvoeren ontstaan dus zeer vaak uit regens van verschillenden tot zeer veel verschillenden duur en dit is m.i. *geen bevestiging van de aanname, dat een gebied zijn maximum afvoer krijgt van een regen van bepaalde intensiteit en duur.*

| Datum | Figuur | Afvoer in 24 uur | | Grondwater van vorige regens | | Water van den laatsten regen mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mm | m³/sec | mm | % v/d totalen afv. | |
| 17 Maart 1931 | 8a | 19,3 | 4,47 | 13,8 | 71,5 | 5,5 |
| 24 Juni 1932 | 8b | 13,0 | 3,01 | 5,9 | 45,4 | 7,1 |
| 15 April 1928 | 8c | 11,3 | 2,62 | 5,7 | 50,4 | 5,6 |

Welke van de drie hier behandelde buien was nu de grootste? De afvoer van een bui wordt sterk beïnvloed door de daaraan voorafgaande droogteperiode. Nu viel de voorgaande bui in *fig. 8a* 20 uur tevoren (zooals men ook uit de teekening zien kan), bij *8b* 2 dagen en 18 uur tevoren, en bij *8c* 4 dagen 21½ uur tevoren. Men kan dus aannemen dat op 17 Maart 1931 een grooter percentage van den regen werd afgevoerd, dan in de beide andere gevallen. Het aantal afgevoerde mm is echter het kleinst. Dus was de bui

op 17 Maart 1931 de kleinste van de drie. Toch werd hier de hoogste afvoer bereikt. Met vrij groote zekerheid kan hier beweerd worden, dat de hoogste afvoer ontstond als gevolg van een regenperiode, zooals ook blijkt uit de door het Waterkrachtkadaster gepubliceerde dagafvoeren, nl.:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14 | Maart | 3,9 | m³/sec |
| 15 | „ | 3,3 | „ |
| 16 | „ | 3,8 | „ |
| 17 | „ | 4,1 | „ |
| 18 | „ | 4,1 | „ |
| 19 | „ | 3,8 | „ |
| 20 | „ | 3,5 | „ |

Men vergelijke deze cijfers met die van kolom 4 in het bovenstaande tabelletje. Het verschil op 17 Maart tusschen het door mij gevonden cijfer van 4,47 m³/sec en dat van het Waterkrachtkadaster van 4,1 m³/sec moet geweten worden aan verschillen tusschen begin en eindpunt der 24 uurs periode. Ik ben begonnen op het tijdstip van eerste stijging, het Waterkrachtkadaster neemt het etmaal tusschen 0 en 24 uur.

Bij een dergelijk gebied kan men een geringen bovengrondschen afvoer verwachten. Door in *fig. 8a* de bijna horizontale afvoerlijn, 4 uur na den top, naar links te verlengen, zooals door de stippellijn is aangegeven, krijgt men een schatting van de splitsing in bovengrondschen en totaal doordengrondschen afvoer. Het op deze wijze gevonden bedrag voor bovengrondschen afvoer is als een maximum te beschouwen, al bedraagt het niet meer dan 1,3 mm. Ik vermoed zelfs, dat de oppervlakte-afvoer hier dichter bij de 0 dan bij de 1,3 mm staat, doch slechts een nadere studie aan kunstmatige stroomgebieden zal hier het noodige inzicht kunnen brengen, dat een juistere schatting mogelijk zal maken.

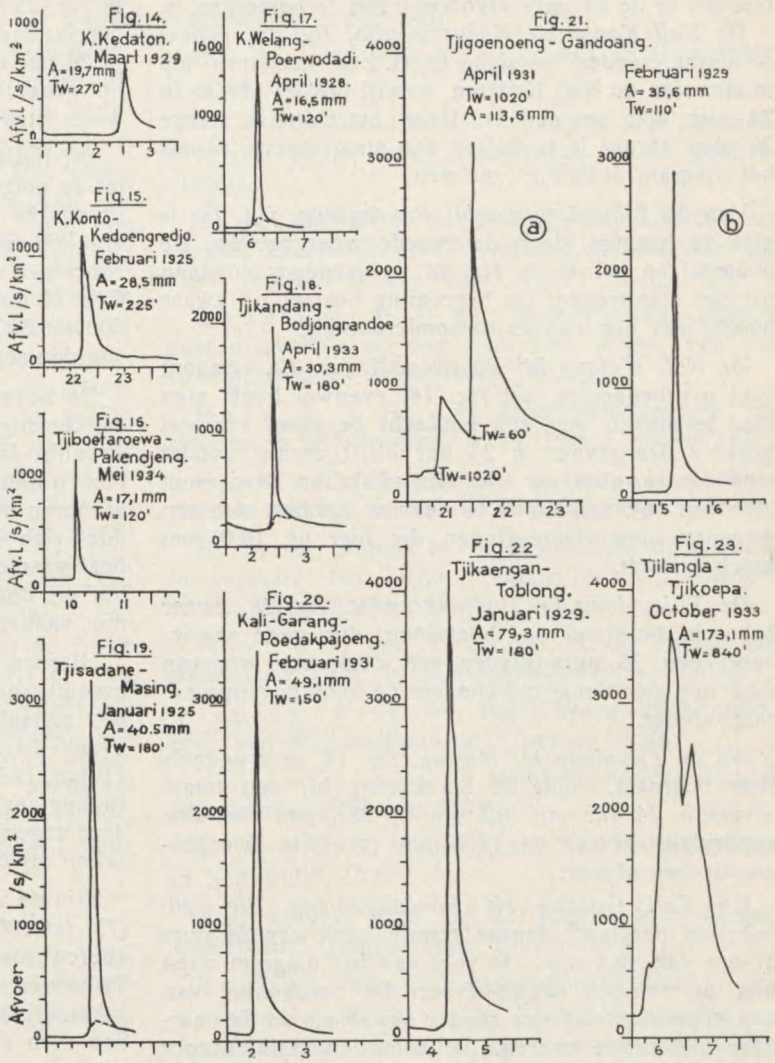



*Fig. 14* t/m *23. Afvoerdiagrammen van eenige Indische rivieren.*

De Tjidjoeraj is er een voorbeeld van, dat de hoogste toppen kunnen ontstaan uit een opéénvolging van dagelijksche buien, dan wel van een flinke bui in eens.

De *Tjitaroem bij Pagokan, fig. 9,* is een stroomgebied dat eenigszins gelijkt op het voorgaande: ook hier geringe bovengrondsche en belangrijke doordengrondsche afstrooming. Er is een duidelijk verschil tusschen *9a* en *9b*. Waarschijnlijk is de bui van *9b* korter en intensiever geweest dan bij *9a*. Het stroomgebied bevat eenige sawah's, men kan nu voor *9a* aannemen een langere bui, meer mm en sawahinvloed, en voor *9b* hetzij door droge sawah's, hetzij door geringere hoeveelheid regen, geen zichtbare sawahinvloed. Het blijft echter bij veronderstelling.

De *Agamrivier bij Titi, fig. 10,* en de *Batang Aèr Masang bij Sipisang, fig. 11,* geven hetzelfde type, doch voor grootere stroomgebieden. Het zijn hier meest langere buien die de hoogste afvoeren te voorschijn roepen.

De *Tjikapoendoeng bij Maribaja, fig. 12,* doet door den hoogeren en spitseren top denken aan een verhoudingsgewijze hoogeren bovengrondschen afvoer. Deze blijft echter altijd nog gering, n.l. 4,3 mm in *fig. 12a.*

*De Tjilaki bij Tjiheulang, fig. 13,* vertoont in de hoogste drie afvoeren toppen, die in hoogte zeer weinig verschillen. Desalniettemin zijn de regens die deze hoogste afvoertoppen veroorzaakten zeer verschillend in duur geweest, waardoor de kortste *T*w zich tot de langste ongeveer verhoudt als 1 : 8.

De volgende *figuren 14* t/m *23* zijn uitgevoerd op een schaal die in de hoogte, zoowel als in de breedte, teruggebracht is op de helft van de vorige. Er is van afgezien van elk gebied in de *tabel 11* voorkomend, de hoogste drie afvoerdiagrammen te geven. Er is een keuze uit gedaan, ten einde te doen zien, hoe de diagrammen veranderen indien de afvoer in 24 uur oploopt van onder de 20 mm tot het hier gevonden maximum van 173,1 mm.

De *Kali Kedaton bij Tiris, fig. 14,* staat opgegeven met veel bergsawah's, vreemd is het mitsdien dat

hiervan in de 24 uurs afvoeren niets te bemerken is.

De *Kali Konto bij Kedoengredjo, fig. 15,* geheel beboscht, zonder sawah's, geeft een hoogeren top te zien dan de Kali Kedaton, terwijl ook de afvoer in 24 uur hier grooter is. Deze betrekkelijk hooge 24 uurs afvoer is te wijten aan staartregens, zooals het diagram duidelijk laat zien.

Van de *Tjiboetaroewa bij Pakendjeng, fig. 16,* is niet de hoogste, doch de tweede weergegeven. De hoogste top gelijkt op *fig. 15,* is eveneens ontstaan uit een staartregen. De begroeiing bestaat uit zwaar bosch, met een enkele theeonderneming.

De *Kali Welang bij Poerwodadi, fig. 17,* vertoont veel overeenkomst met *fig. 16,* evenwel heeft men hier te maken met een beboscht bergland en *veel sawah's.* De afvoer in 24 uur blijft gering, zoodat men den sawahafvoer hier kan uitsluiten. Men moet hier dan ook aannemen te doen te hebben met een gewonen oppervlakte-afvoer, die hier op 10,0 mm geschat wordt.

De *Tjikandang bij Bodjongrandoe, fig. 18,* zwaar beboscht bergland en theetuinen, dus geen sawah, heeft een 24 uurs afvoer van 30,3 mm, waarvan 22,8 mm doordengrondsche en 7,5 mm bovengrondsche afvoer.

Bij de *Tjisadane bij Masing, fig. 19,* meerendeels licht begroeid, komt de berekening bij een totaal afvoer in 24 uur van 40,5 mm op 28,1 mm voor den oppervlakte-afvoer en 12,4 mm voor den doordengrondschen afvoer.

De *Kali Garang bij Poedakpajoeng, fig. 20,* beboscht bergland, daarna sawah, heeft een 24 uurs afvoer van 49,1 mm. De voet van het diagram wijst hier op eenigen sawah-afvoer. De berekening van den oppervlakte-afvoer zonder sawah-afvoer is daardoor niet uit te voeren. Inclusief den sawah-afvoer is de oppervlakte-afvoer te schatten op 43 mm.

De *Tjigoenoeng bij Gandoeng, fig. 21a* en *21b,* beboscht bergland, bebouwd heuvelland, veel sawah's, is zeer interessant, omdat hier twee typen diagrammen voorkomen. De teekeningen behandelen den op één en twee na hoogsten afvoer. In *fig. 21a* ziet men op 21 April een geheel van vorige diagrammen afwijkenden vorm, n.l. een weinig hoogen top doch een zeer breeden voet. Theoretisch klopt dat met sawahafvoer van onder water staande sawah's. Hetzelfde herhaalt zich op 22 April wat den breeden voet betreft, doch er is bovendien een top, die op gewonen oppervlakte-afvoer, of overloopende sawah, wijst. In *fig. 21b* daarentegen vertoont hetzelfde stroomgebied een diagram dat geheel gelijkt op de vormen in stroomgebieden zonder sawah. Het aantal afgevoerde mm in 24 uur verschilt in de beide gevallen ook aanmerkelijk, n.l. 113,8 tegen 35,5 mm. Er is dus alle reden om aan te nemen dat zich in *21a* sawahwerking vertoont en in *21b* niet.

De *Tjikaèngan bij Toblong, fig. 22,* met in hoofdzaak gecultiveerde gronden en sawah's, heeft in mm een hoogen afvoer per etmaal (79,3 mm) en een breeden voet, die sawah-afvoer doet vermoeden.

De *Tjilangla bij Tjikoepa,* beboscht bergland met veel sawah's, tuinen en theeondernemingen, waarvan in *fig. 23* de op één na hoogste afvoer is afgebeeld, bereikt daarbij den formidabelen afvoer van 173,1 mm in 24 uur en 255 mm in 44 uur. De breede vorm van het geheele diagram wijst op sawah-afvoer van onder water staande sawah's.

Dit Indische materiaal overziende, is er aanleiding tot de volgende opmerkingen: *De cijfers voor bovengrondsche afstrooming welke uit de diagrammen afgeleid zijn, zijn in overeenstemming met de onderzoekingen van Coster.* Zij bewegen zich van nabij 0 tot 28 mm en kunnen bij maximum regenvallen van 100 tot 300 mm per 24 uur, niet ver boven de 20% van den regenval komen.

De hoogste afvoeren per 24 uur vindt men overeenkomstig de theorie, in stroomgebieden met veel sawah's. Intusschen zijn er verschillende stroomgebieden met veel sawah's, die niet zulke hooge etmaalafvoeren vertoonen. Dit verschil in 24 uurs afvoer doet zich ook voor in hetzelfde gebied. Dit maakt het waarschijnlijk dat samenvallen van maximum bui en onder water staan der sawah's betrekkelijk niet vaak plaats heeft.

Hier en daar komt het voor, dat hooge afvoeren bereikt worden ten gevolge van landregens, van bijna een etmaal tot langer dan een etmaal, zooals bij de Tjilaki 23/24 Oct. 1920, *fig. 13a,* Tjiboeni — Tjipela 11 Jan. 1929, Tjimanoek — Bodjongloa 24 Oct. 1920, Batang aer Masang — Sipisang 3/4 Oct. 1933. Komen deze regens in andere gebieden niet voor of veroorzaken zij daar geen hooge afvoeren?

Zijn de verschillen in *Tw*'s tusschen de Tjikaèngan (75′ tot 180′) en de Tjilangla (420′ tot 840′) terug te voeren tot verschillen in klimaat? Komen in het Tjikaèngan-gebied geen lange regens voor of veroorzaken zij daar geen hooge afvoeren? Voor de Tjilangla kan men dezelfde vragen stellen t.o.v. korte, intensieve regens.

Op deze wijze kunnen nog vele vragen gesteld worden, die voorshands niet te beantwoorden zijn.

## Slotbeschouwing.

Tot nu toe werd de $\alpha$ aangenomen als een factor, die uit twee deelen bestond, zonder dat er kans werd gezien de waarde te benaderen. De $\alpha$ bestaat echter alleen uit twee onderdeelen, wanneer de bovengrondsche afstrooming ontbreekt, en kan zelfs uit 4 deelen bestaan, die samenwerken om den hoogsten afvoertop te vormen, wanneer het stroomgebied naast droge gronden ook sawah bevat. Een bestudeering heeft m.i. de beste kans van slagen, indien men de onderdeelen eerst apart in behandeling neemt, en vervolgens pas overgaat naar de combinatie. Of het daarom mogelijk zal worden, zoover te komen, dat van een gebied elk der onderdeelen of het totaal voorspeld kan worden, betwijfel ik. Uit meteorologische en topografische gegevens alleen, dus zonder iets te weten van de hydrologische eigenaardigheden van het gebied zelve, zal men moeilijk tot een eenigszins betrouwbaar resultaat kunnen komen.

De afstroomtijd $T$ is een belangrijke hydrologische factor, die o.a. waarde heeft voor het bepalen van de bovengrondsche afstrooming van een gebied, maar die

niet uit het afvoerdiagram te bepalen is op de door Specht uitgevonden wijze. Om dezen tijd empirisch te bepalen, zal men het in tweeën moeten doen, n.l. eerst den tijd die noodig is voor het water om over de oppervlakte van de hellingen naar de rivieren te stroomen en dan den tijd die noodig is om een zekere lengte in de rivieren af te leggen. Het eerste is m.i. het best te vinden door gebruik te maken van zelfregistreerende regen- en afvoer-meters, bij bijvoorbeeld een helling van 100 m lengte. Uit den tijd dien de afvoertop komt nà den regentop zal men zijn conclusies kunnen maken. De tijd, die noodig is om in een rivier een zekeren weg af te leggen, zal gemakkelijk met kleurstoffen of met snelheidsmetingen te bepalen zijn, indien de rivier een gelijkmatig verhang heeft. Over het algemeen zal men beter doen hier de noodige empirische gegevens te verzamelen door middel van kunstmatige vloeden. In een land waar de irrigatie zoo'n groote rol speelt als op Java zal het gemakkelijk genoeg zijn, plaatsen te vinden waar men dergelijke kunstmatige vloeden kan opwekken. Indien men in een bergriviertje een aftapping plotseling afsluit, krijgt men in de rivier zelve een plotselingen vloed. Men behoeft nu nog slechts na te gaan, wanneer die vloed een paar km verder aankomt. Het lijkt mij toe, dat eenige van zulke proeven op verschillende plaatsen en onder verschillende omstandigheden genomen, gemakkelijk tot een juiste *T*-formule zullen kunnen voeren.

Dordrecht, April 1940.

## Literatuur.


Ayres, Q. C.: Soil erosion and its control. 1936.

Bates and Henry: Forest and streamflow experiments at Wagon Wheel Gap, Colorado. (*Monthly Weather Review*, Suppl. 30). 1928.

Begemann, S. H. A.: Toepassing van de waarschijnlijkheidsleer op hydrologische waarnemingen. (*Waterstaatsing.* 1931).

Bennett, H. H.: Dynamic action of rains in relation to erosion in the humid region. (*Transact. of the Am. Geoph. Union* 1934).

Burger, H.: Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer, II. Mitt. (*Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* XVIII 2).

————: Einfluss des Waldes auf den Wasserabfluss bei Landregen. (*Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen* 1929, Heft 6).

————: Physikalische Eigenschaften von Wald und Freilandböden. V. Mitt. (*Mitt. der Schweiz. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen*, XX. Band, 1. Heft, 1937).

Coster, Dr. Ch.: De verdamping van verschillende vegetatievormen op Java. (*Tectona* 1936).

————: Bovengrondsche afstrooming en erosie op Java. (*Tectona* 1938).

Engler, A.: Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. (*Mitt. d. Schweiz. forstl. Versuchsanstalt.* XII 1919).

Es, Ir. D. J. F. van: Afvoerbepalingen. (*Waterstaatsing* 1917, blz. 430).

Es, Dr. Ir. L. J. C. van: Bodem en Hydrologie. (*Tectona* 1934).

————: Rapport over de drinkwatervoorziening van Djocjakarta. (Niet gepubliceerd).

Engelhardt, J. H.: Bijdrage tot de kennis van capillaire verschijnselen in verband met de heterogeniteit van den grond. 1928.

Godefroy, Ir. P. W.: De invloed van geïnundeerde sawah's op den maximum afvoer van een stroomgebied (*Waterstaatsing.* 1931).

Haan, Ir. J. H. de: Afvoerverhoudingen van rivieren in het Alpenland en op Java. (*Tectona* 1936).

Hirata, T.: Contributions to the problem of the relation between forest and water in Japan. 1929.

Horton, Robert E.: Determination of infiltration-capacity for large drainage-basins. (*Transact. of the Am. Geophys. Union* 1937).

Hoyt, W. G. and Troxell, H. C.: Forests and streamflow. (Ref. in *Waterstaatsingenieur* 1933).

Japing, Ir. H. W.: Bosch-hydrologisch onderzoek van den laatsten tijd. (*Tectona* 1930).

————: Doorlatendheidsonderzoek van gronden (*Tectona* 1931).

Jongh, Ir. C. A. de: Kennis van het grondwater in Ned.-Indië. 1922.

Keilhack, Prof. Dr. K.: Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1917.

Koehne, W.: Grundwasserkunde. 1928.

Kooten, F. H. van: Eenige empirische methoden tot het berekenen van den maximum-afvoer eener rivier uit de grootte van den regenval. 1927.

Lauterburg, R.: Anleitung zur Berechnung der Quellen- und Stromabflussmengen aus der Regenmenge, Grösse und Beschaffenheit der Quellen und Flussgebiete. (*Allgemeine Bauzeitung* 1887).

Lehr, G. J.: Trockenzeit und Quellergiebigkeit. (*Gesundheitsing.* 1931).

Lowdermilk: Studies of factors affecting yield of water from watersheds in Southern California. (Ref. in *Waterstaatsingenieur* 1933).

Melchior, Ir. A. P.: De toepassing der formules van Lauterburg voor de bepaling van den grootsten afvoer van de rivieren op Java. (*Tijdschrift v. h. Kon. Inst. v. Ing. in Ned.-Indië* 1895/96).

Meijier, Ir. J. E. de: Bepaling van den afvoer van regens. (*Waterstaatsingenieur* 1916).

Mezger, Chr.: Die verschiedenen Stadien der Grundwasserbildung. (*Gesundheitsingenieur* 1930).

————: Ueber die künstliche Beeinflussung der Grundwasserbildung im Flachland. (*Gas und Wasserfach* 1929).

Mohr, Dr. E. J. C.: De bodem der tropen in het algemeen en die van Ned.-Indië in het bijzonder.

Prinz, E.: Hydrologie, 1923.

Rapport Commissie ingesteld door Min. v. Binnenlandsche Zaken en Landbouw dd. 24 Febr. 1927 tot het onderzoek naar de gevolgen van wateronttrekking aan de Veluwe ten behoeve van de drinkwatervoorziening van Amsterdam. 1933.

Rutten, L.: Over denudatiesnelheid op Java. (*Ac. v. Wetenschappen* 1917).

Schaad, Dr. E.: Quellenstudien. (*Schweizer Verein f. Gas- und Wasserfachmänn.* 1926).

Schmidt, Dr. K. G.: Die Schuttströme am Merapi auf Java nach dem Ausbruch von 1930. (*De Ing. in Ned.-Indië* 1934).

Statistieken van het Waterkrachtkadaster. Div. jaren.

Stiny, J.: Die Quellen, 1933.

Specht, A.: Grösste Regenfälle in Bayern und ihre Verwertung zu Hochwasserberechnungen. (*Abh. des Kön. Bayer. Hydrotechnischen Büro's* 1915).

Staalen, Ir. A. J. van: Over den maximum afvoer van rivieren. (*Waterstaatsingenieur* 1932).

Strele, Ir. G.: Grundriss der Wildbachverbauung.

Tipton, R. J.: Characteristics of Floods in the Southern Rocky Mountain Region. (*Transact. of the Am. Geoph. Union* 1937).

Versluys, J.: De capillaire werkingen in den bodem, 1916.

Zon, Raphael: Forests and water in the light of scientific investigation (*U. S. Forest Serv.* 1927, no number).

## Letterteekens.

Naar der Weduwen:

$\alpha$ = afvoercoëfficiënt, aangevende welk gedeelte van de totalen regenval tot onmiddellijke afstrooming komt.

$\beta$ = reductiecoëfficiënt, waarmede de grootste plaatselijke regenval moet worden vermenigvuldigd om den grootsten gemiddelden regenval op een oppervlak van bepaalde grootte te verkrijgen.

$f$ = het oppervlak van het stroomgebied in km$^2$.

$i$ = het gemiddelde verhang van den afvoer of het gemiddelde terreinverhang.

$L$ = de lengte van den afvoer in km.

$q$ = de grootste plaatselijke regenval in m$^3$/sec/km$^2$.

$Q$ = de afvoer aan den wortel van het stroomgebied.

$t$ = de regenduur in uren.

$T$ = de tijd in uren welke het op de meest verwijderde deelen van het stroomgebied gevallen regenwater noodig heeft om den wortel te bereiken.

$W$ = de periode in jaren, waarover de waarnemingen hebben plaats gehad.

$Tw$ = de tijd die verloopt tusschen de eerste waarneembare stijging en het hoogste punt in de afvoerkromme.

---

$ri$ = regen-intensiteit, het aantal mm regen dat in 1 minuut valt.

$ii$ = infiltratie-intensiteit, het aantal mm regen dat in 1 minuut door den bodem kan worden opgenomen.

$ai$ = afvoer-intensiteit het aantal mm regen per minuut dat niet door den bodem kan worden opgenomen en dus gedwongen is om over de oppervlakte af te vloeien.

7e JAARGANG
NUMMER 7

# DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

JULI
1940

## IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.
## „DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Het Schwanergebergte (Westerafdeeling van Borneo), door dr. ir. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven. — Uit de literatuur. — Economische mededeelingen. — Personalia.

# Het Schwanergebergte (Westerafdeeling van Borneo)

door

dr. ir. C. P. A. ZEIJLMANS VAN EMMICHOVEN,

Geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, Bandoeng.

(With a summary in English).

### Inhoud.


| | Blz. |
|---|---|
| Inleiding. | 79 |
| I. Het gebied tusschen de S. Lekawai en de S. Ella-mahola. | 80–91 |
| A. Stollingsgesteenten. | 80 |
| 1. Stroomgebied van de S. Mentatai. | 80 |
| 2. Stroomgebied van de S. Serawai. | 80 |
| 3. De S. Ella-mahola. | 80 |
| B. Metamorfe gesteenten. | 81–91 |
| 1. Onderverdeeling in pre- en post-tonalitische gesteenten. | 81 |
| 2. Pre-tonalitische gesteenten in en bij het stroomgebied van de S. Ella-mahola. | 81 |
| 3. Post-tonalitische gesteenten. | 83 |
| 4. Pre- en post-tonalitische gesteenten in de S. Tedari (rechter zijtak van de Boven Mentatai). | 85 |
| 5. Aanvullende verkenningen van 1938. | 90 |
| II. Het gebied ten W van de S. Ella-mahola. | 91 e.v. |
| A. De S. Noea. | 91–92 |
| 1. Beschrijving der gesteenten. | 91 |
| 2. Beschouwingen. | 91 |
| B. De S. Ella-ilir. | 92–93 |
| 1. Jongste groep der pre-tonalitische gesteenten. | 92 |
| 2. Granodioritisch massief. | 92 |
| 3. Aanvullende verkenningen van 1938. | 92 |
| C. De S. Kalan (linker zijrivier van de S. Ella-ilir). | 93-100 |
| Inleiding. | 93 |
| 1. Metamorfe gesteenten ten N van den tonaliet (vnl. de jongste, ondergeschikt ook de oudste groep der pre-tonalitische gesteenten). | 94 |
| 2. De tonaliet in de Beneden Kalan. | 94 |
| 3. Migmatietstrook in den tonaliet. | 95 |
| 4. Zuidelijke overgangszone van den tonaliet in zijn contacthof. | 97 |
| 5. Metamorfe gesteenten, behoorende tot de jongste pre-tonalitische groep, ten Z der zuidelijke overgangszone. | 99 |
| 6. Granititische kwartsglimmerdioriet in het oorsprongsgebied van de S. Kalan. | 100 |


*(Wordt vervolgd.).*

### Inleiding.

In het Jaarboek Mijnwezen 1939, Verhandelingen — voortaan aan te duiden als „J. M. '39" — werd in beknopten vorm de geologie van het centrale en oostelijke deel van de Westerafdeeling van Borneo behandeld.

In de inleiding (p. 8) werd medegedeeld dat enkele hoofdstukken t.z.t. in meer uitvoerigen vorm zouden worden gepubliceerd.

Het binnen de Westerafdeeling vallende gedeelte van het Schwanergebergte en het hierin aangetroffen ijzerertsvoorkomen waren twee der hiervoor in aanmerking komende hoofdstukken. Ter voorkoming van herhalingen werden beide onderwerpen in één artikel behandeld. Dit artikel, oorspronkelijk bestemd voor een deel Verhandelingen van het Jaarboek Mijnwezen 1940, lag reeds voor den druk gereed, toen wegens den inmiddels ingetreden oorlogstoestand moest worden besloten voor onbepaalden tijd van de publicatie er van af te zien. Dit was voor de Dienstleiding reden toestemming te geven om het artikel in dit tijdschrift te doen opnemen.

De geologie van het hier behandelde gebied is weergegeven op de platen III en IV van het J. M. '39.

Voor enkele gedeelten van dit gebied, welke reeds voldoende uitvoerig in het J. M. '39 besproken werden, of welke voor een gedetailleerde bespreking van te weinig belang zijn, zal naar het J. M. '39 verwezen worden.

Korte uiteenzettingen der regionale beteekenis, der vroegere onderzoekingen en der onderzoekingen van het M.G.O. West-Borneo, en tevens een inleidend overzicht der laatste resultaten, zijn gegeven in het J. M. '39, blz. 22—24.

Terwijl in het J. M. '39 het behandelingsschema gebaseerd was op de (voorop gestelde) bereikte resultaten, zal hier een regionaal schema gevolgd worden, waarbij de uiteindelijk te bereiken resultaten geleidelijk ontwikkeld worden. Aldus komt tot uiting, dat een bepaalde opvatting eerst waarschijnlijk wordt geacht, vervolgens in daarna te behandelen gebieden nieuwe steunpunten vindt, terwijl ten slotte deze convergeerende bewijsvoering bevestigd wordt door een bewijskrachtig argument.

## I. Het gebied tusschen de S. Lekawai en de S. Ella-mahola.

### A. STOLLINGSGESTEENTEN.

Het grootste gedeelte van dit massief wordt ingenomen door granodioritisch dieptegesteente, dat een in WNW-OZO richting langgestrekt massief vormt van de S. Lekawai westwaarts tot voorbij de S. Mentatai. Het wordt in de S. Mentatai en in de bovenstroomgebieden van de S. Serawai en de S. Lekawai in het N en O begrensd door het Oudtertiair, dat met een op verschillende plaatsen ontsloten, duidelijk basaal conglomeraat, opgebouwd uit componenten van tonaliet en metamorfe gesteenten, over het Kristallinicum transgredeert.

#### 1. Stroomgebied van de S. Mentatai.

Het plutonische massief is hier het best bekend geworden. Het werd reeds vrij uitvoerig in het J. M. '39, blz. 35—39, beschreven, zoodat hier met het volgende volstaan kan worden.

Het plutonische massief is van tonalitische samenstelling. Het wordt doorsneden door verschillende gangen van iets zuurdere samenstelling, die zeer waarschijnlijk tot een iets jongere fase van dezelfde intrusieperiode behooren. Drie scheikundige analysen zijn opgenomen in het J. M. '39, blz. 38. Van veel belang zijn de talrijke drukverschijnselen. Volgens de opvattingen van Harker (1932, blz. 350) zijn zij toe te schrijven aan twee stressperioden, waarvan één tijdens de intrusie en de andere daarna geheerscht moet hebben. Aldus verkrijgt men reeds een eerste aanwijzing op twee orogenetische perioden, één tijdens en de andere na de intrusieperiode.

#### 2. Stroomgebied van de S. Serawai.

a. Granodioriet massief.

Volgens de verkenningen van het M.G.O. West-Borneo (1932, zie pl. IX in J. M. '39) bestaat het noordelijkste gedeelte van het granodioriet massief langs de twee verkende tracé's uit tonaliet, vertegenwoordigd in de monsters 1781 en 1782Me (S. Djeloendoeng, groote linker zijtak van de S. Serawai), 1761Me (Boven Serawai) en 1762, 1763, 1764 en 1765Me (voetpad ten W van de Boven Serawai). Ten Z hiervan volgt op het eerstgenoemde tracé kwartsdioriet, gekenmerkt door het ontbreken van kaliveldspaat; hiervan werden verzameld 1783Me (S. Djeloendoeng), 1784 en 1796Me (S. Sekoetai, d.i. de op de kaart aangegeven linkerzijrivier der Boven Djeloendoeng) en 1785Me (waterscheiding, ruim 1 km ten W van den Bt. Damar). Op het voetpad ten W van de Boven Serawai heeft het plutonische massief ten Z van den tonaliet door het ontbreken van hoornblende de samenstelling van kwartsglimmerdioriet (1766Me).

Bij de verkenning van Sampit (1938) werd op de waterscheiding, benoorden het brongebied van de S. Heran (tusschen Bt. Damar en Bt. Raja) alkaligraniet aangetroffen. Betreffende zijn begrenzing met de ten Noorden er van gelegen granodiorieten zijn geen gegevens bekend geworden. De alkaligraniet (424 en 425 Ar) bestaat uit: kwarts; albiet in groote, idiomorfe kristallen, gedeeltelijk gesericitiseerd of plaatselijk enkele groote schubben muscoviet bevattend; weinig xenomorfen orthoklaas; veel biotiet, grootendeels gechloritiseerd; weinig muscoviet; nagenoeg geen accessoria.

b. Doorbraak van tertiaire uitvloeiingsgesteenten.

In het ZO van dit gebied verheft zich op de waterscheiding de hoogste top van het Schwanergebergte, de Bt. Raja (2278 m), die gevormd wordt door intermediaire tot basische uitvloeiingsgesteenten, welke het granodiorietmassief doorbreken. Deze effusiva, welker samenstelling wisselt van daciet via andesiet tot kwartshoudenden diabaasporfieriet, werden door Molengraaff (1900, blz. 356 en 420) onder den naam „rajahporfiriet" samengevat. Hiervan zijn verzameld de monsters 1768Me: sterk gesericitiseerde, gechloritiseerde en gelimonitiseerde amfibooldaciet; 1769Me: gesericitiseerde en gechloritiseerde hoornblendebiotietandesiet, en 1767Me: gechloritiseerde en gecarbonatiseerde hoornblendepyroxeenandesiet.

Op grond van de overeenkomst dezer gesteenten met die, welke in de nabijheid verschillende grootè doorbraken in het Tertiair vormen, is ook de „rajahporfiriet" als een intrusie van tertiairen ouderdom te beschouwen.

#### 3. De S. Ella-mahola.

In de S. Ella-mahola is het granodiorietmassief nog slechts in twee smalle strooken vertegenwoordigd. De zuidelijkste hiervan bestaat uit den normalen tonaliet (538Me), terwijl het gesteente in de andere strook door het overwegen van alkaliveldspaat (orthoklaas en microclien) op plagioklaas (oligoklaas-andesien), den kwartsrijkdom en het uitsluitend voorkomen van biotiet als donker mineraal, de samenstelling van granitiet benadert (580Me).

## B. METAMORFE GESTEENTEN.

### 1. Onderverdeeling in pre- en post-tonalitische gesteenten.

In den bovenloop der S. Ella-mahola werd een strook gesteenten aangetroffen, die, in tegenstelling met alle overige metamorfe gesteenten uit deze rivier, geen sporen van contactwerking doch slechts van dynamometamorfose vertoonen. Hierdoor rijst het vermoeden, dat in deze strook een formatie jonger dan de tonaliet vertegenwoordigd is.

In de oostzuidoostelijke voortzetting dezer strook, ten Z van den Bt. Tekerapan en in den bovenloop van de S. Mentatai, is een analoog gesteentecomplex ontsloten. In de onmiddellijk aan den tonaliet grenzende zone hiervan werden afbraakproducten van den tonaliet gevonden, waarmee dus het bewijs voor den jongeren ouderdom dezer gesteenten dan die van den tonaliet geleverd is.

Dit leidt dus reeds tot een eerste onderverdeeling der metamorfe gesteenten, n.l. in pre- en post-tonalitische gesteenten, welke laatste slechts een dynamometamorfose hebben ondergaan.

### 2. Pre-tonalitische gesteenten in en bij het stroomgebied van de S. Ella-mahola.

**a. Gesteentebeschrijving.**

De door contactwerking beïnvloede, dus pre-tonalitische gesteenten uit dit gebied zijn onder te verdeelen in 3 groepen, nl. contactrotsen, geïnjiceerde (hälleflintachtige) gesteenten en schisten.

α. Contactrotsen 577, 578, 582, 584, 774, 775, 776, 784, 785, 787 en 788Me).

Zuidhelling Bt. Semoengga.

Onmiddellijk ten N van den tonaliet volgt een fijnkorrelige epidootbiotietrots (774Me), gevolgd door steenrood verweerden, fijnkorreligen andalusietbiotietkwartsiet (775Me).

S. Ella-mati.

De tonaliet wordt hier in het Z begrensd door een lichtgrijs, dicht, flintachtig gesteente (776Me), dat o.h.m bijna geheel bleek te bestaan uit twee mineralen, die zoo fijnkorrelig zijn, dat zij niet met zekerheid konden worden bepaald. Daar het gesteente volgens de scheikundige analyse (hieronder vermeld) voor ruim 96% uit $SiO_2$ en $Al_2O_3$ bestaat, is het waarschijnlijk mineralogisch vnl. uit kwarts en andalusiet samengesteld, waartegen het microscopisch beeld zich niet verzet. Daarnaast bevat het enkele blaadjes muscoviet en zuiltjes toermalijn. Accessorisch rutiel. Enkele spleetjes zijn opgevuld met chloriet.

*Scheikundige analyse.* Analyst: Djokojoewono.

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 61,09 % |
| $Al_2O_3$ | 35,57 % |
| $Fe_2O_3$ | afw. |
| FeO | 0,72 % |
| $TiO_2$ | 0,85 % |
| MnO | sp. |
| MgO | afw. |
| CaO | „ |
| $Na_2O$ | sp. |
| $K_2O$ | „ |
| $H_2O+$ | 1,63 % |
| $H_2O-$ | 0,16 % |
| $P_2O_5$ | niet bepaald |
| $CO_2$ | afw. |
| | 100,02 % |

S.g. = 2,878.

S. Ella-mahola.

784Me. Biotietandalusiet (?) kwartsietlei. Uiterst rijk aan fijnvezeligen biotiet. Veel, maar zeer fijnkorrelige en daardoor niet met zekerheid te bepalen andalusiet. Zwak met erts geïmpregneerd. De gelaagdheid is die van het oorspronkelijke sediment.

785Me. Donkere hoornrots met lichtkleurige laagjes en lensjes. Naast biotiet en sericiet veel kwarts en plagioklaas, vaak in den vorm van scherfjes, welke dus reeds componenten van het oorspronkelijke gesteente vormden, dat een veldspaathoudende kleizandsteen moet zijn geweest.

787 en 788Me. Biotietandalusiethoornrotsen met nog herkenbare, afwisselende fijner en grover korrelige lagen. De andalusiet, die niet met volkomen zekerheid te bepalen is, is innig vergroeid met den biotiet; weinig plagioklaas; stoffig fijn oxydisch erts; regelmatig verspreid zirkoon; 788Me bevat nog weinig muscoviet.

584Me. Biotiethoornrots, Zeer fijnschubbige biotiet.

582Me. Biotietmuscovietsillimanietandalusiethoornrots. Vnl. kwarts en biotiet; minder muscoviet; weinig sillimaniet en andalusiet; vrij veel pyriet in groote kristallen; sporadisch zirkoon.

577 en 578Me. Biotietsillimanietandalusiethoornrotsen. Vnl. kwarts en biotiet, waarbij zich in 577Me nog muscoviet voegt; de sillimaniet is in 578Me in groote hoeveelheid in afzonderlijke, haarvormige zuiltjes aanwezig en in het andere monster in fijnvezelige aggregaten; de andalusiet vormt kleine korrels in 578Me en korrelige tot kort zuilvormige aggregaten in 577Me.

β. Geïnjiceerde (hälleflintachtige) gesteenten. (574, 575, 576 en 777Me).

S. Ella-mati.

777Me. Muscovietchlorietandalusietschist. Groengrijze, zeer dun- en vlakplatig doch onvolmaakt schisteuze schist, doorsneden door een pegmatietadertje; vermoedelijk een geïnjiceerd gesteente. De chloriet is ontstaan uit biotiet; andalusiet is slechts in geringe hoeveelheid aanwezig.

S. Ella-mahola.

574, 575 en 576Me. Deze geïnjiceerde gesteenten vormen een smalle, WNW-OZO gerichte strook; zij zijn vermoedelijk door een pegmatietader, welke zelf echter niet bekend is geworden, geïnjiceerd.

576Me is een zilvergrijs, door fijnen glimmer glanzend, dicht, kwartsitisch gesteente. O.h.m. een korrelig mozaïek van kwarts, waarnaast waarschijnlijk ook weinig plagioklaas voorkomt; fijne schubjes biotiet; accessorisch talrijke, fijne zuiltjes rutiel, enkele korrels toermalijn en vermoedelijk ook apatiet.

De twee andere, dicht bij elkaar voorkomende gesteenten zijn lichtkleurige, dicht kwartsitische, sterk op hälleflint lijkende gesteenten. Uiterlijk zijn zij overeenkomstig, doch o.h.m. leveren zij vrij groote verschillen op. Beide bestaan in hoofdzaak uit een fijnkorrelig mozaïek van kwarts en weinig plagioklaas.

575Me bevat verder vrij veel muscoviet, zeer weinig en zeer fijnschubbigen biotiet en enkele langgestrekte aggregaten van andalusiet; accessorisch veel rutiel in vrij groote korrels tot haarfijne microlieten, weinig toermalijn en regelmatig verspreide zirkoon.

In 574Me[1]) werden behalve de fijnkorrelige kwarts en plagioklaas de volgende mineralen aangetroffen:

Vrij talrijke, waaiervormige partijen van chloriet.

Onregelmatig begrensde zuilen skapoliet in de Ca-arme variëteit dipyr of couseraniet, voorkomend zoowel in kleine, door fijne opake partikels grauw bestoven kristallen (typisch voor couseraniet) als ook in vrij groote, waterheldere kristallen, voor enkele waarvan het vrij zeker is, dat zij pseudomorf zijn naar plagioklaas.

Enkele kort prismatische zuilen van pargasiet (Al-variëteit van tremoliet), welker bepaling als zoodanig (en niet als tremoliet) berust, behalve op den kort prismatischen bouw en den grooten uitdoovingshoek (25°), op het in dit opzicht beslissende positieve karakter der dubbelbreking.

Verschillende veldjes van een zeoliet (?), waarschijnlijk pseudomorf naar een ander mineraal (veldspaat?), want bij // nicols zijn het homogene, scherp begrensde zuiltjes en veldjes, welke bij + nicols blijken te bestaan uit meerdere kristalindividuen met zeer lage, sterk vlekkig unduleuze tot parketachtige uitdooving.

Accessorisch zijn rutiel en regelmatig door het gesteente verspreide toermalijn.

γ. Schisten (572, 573, 579 en 581Me).

S. Ella-mahola.

579[2]) en 581Me. Andalusietglimmerschisten. Kwarts, biotiet en andalusiet, waarnaast in 581Me in mindere mate muscoviet voorkomt; accessorisch oxydisch erts.

Deze beide schisten zijn afkomstig uit de onmiddellijke nabijheid van den granitiet, resp. ten N en ten Z er van.

573Me. Toermalijnhoudende cordiërietsillimanietglimmerschist. Lichtgrijze schist met uitgesproken stengelig schisteuze textuur; vrij grove blaadjes muscoviet.

O.h.m. Zeer veel kwarts, biotiet en muscoviet; minder sillimaniet in haarfijn vezelige slieren; regelmatig verspreid kleine kristallen cordiëriet, nagenoeg volledig omgezet in een pinitisch aggregaat; accessorisch toermalijn (enkele grove zuiltjes), oxydisch erts en zirkoon.

572Me. Sillimanietcornubianietgneis. Donkere, vlakplatige schist.

O.h.m. Een mozaïek van (overwegend) kwarts en plagioklaas (mogelijk zoowel zuur intermediaire plagioklaas als albiet); zeer veel biotiet in verhakte blaadjes en minder muscoviet; zeer veel sillimaniet in haarfijn vezelige aggregaten; accessorisch veel zirkoon. Oxydisch en sulfidisch erts.

1) In het J. M. '39, blz. 41, 1ste regel, abusievelijk als 576Me vermeld.

2) In het J. M. '39, blz. 26, 3de al., 1ste regel, abusievelijk vermeld als 572Me.

b. **Beschouwingen.**

De hälleflintachtige gesteenten zijn slechts van locale beteekenis. Zij zijn zeer waarschijnlijk gebonden aan pegmatietaders, na welker intrusie een sterke pneumatohydatogene werking volgde, waardoor het nevengesteente tot imbibitiegesteenten gemetamorfoseerd werd.

De contactrotsen zijn nagenoeg steeds volkomen massieve hoornrotsen, waarin hoogstens nog een oorspronkelijke gelaagdheid herkenbaar is.

Met de hoornrotsen staan de uitgesproken schisteuze en aanzienlijk grover kristallijne schisten in scherpe tegenstelling. Ter interpretatie dezer schisten kan men aan de volgende 4 verklaringswijzen denken:

1°. Intensieve graad van contactmetamorfose.
2°. Contactmetamorfose en een gesuperponeerde beïnvloeding door de post-tonalitische dynamometamorfose.
3°. Beïnvloeding door plaatselijk overheerschenden stress tijdens de contactmetamorfose.
4°. Contactmetamorfose, gesuperponeerd op een vroegere regionaalmetamorfose.

Uit de hieronder volgende nadere beschouwingen zal blijken, dat de laatstgenoemde verklaringswijze de meest waarschijnlijke is te achten.

1°. Intensieve graad van contactmetamorfose.

Voor de beide schisten 579 en 581Me, welke uit de onmiddellijke contacten van den granitiet afkomstig zijn, zou men zich kunnen voorstellen, dat zij hun afwijkenden habitus te danken hebben aan een zeer intensieven graad van contactmetamorfose. Echter pleit hiertegen al direct de hoornrots 582Me, die uit dezelfde nabijheid van den granitiet als de schist 581Me afkomstig is. Verder blijven hiermee nog onverklaard de noordelijkste schisten 572 en 573Me, voor welke geen dergelijk nauw verband met plutonische gesteenten is aan te wijzen en welke nog grover kristallijn en duidelijker schisteus zijn.

2°. Contactmetamorfose en een gesuperponeerde beïnvloeding door de post-tonalitische dynamometamorfose.

In de inleiding dezer paragraaf werd reeds vermeld, dat de post-tonalitische gesteenten onderhevig waren aan een vrij sterken, gerichten druk, welke dus lang na de intrusie van de tonalieten geheerscht moet hebben (jongste dynamometamorfose). Een dergelijke regionaal geheerscht hebbende dynamometamorfose, zijnde het effect van stress in de hoogere zones, is gekenmerkt door een locaal sterk wisselende intensiteit in metamorfosegraad. Men zou dus de schisten kunnen opvatten als te zijn ontstaan door plaatselijk zeer intensieve werking der jongste dynamometamorfose. Hiertegenover staat, dat het effect van metamorfose op onveranderde sedimenten aanzienlijk grooter is dan op gesteenten van een reeds hoogen metamorfosegraad. Waar nu (zooals later vermeld zal worden) in de onveranderde, post-tonalitische sedimenten nergens een dergelijk hooge metamorfosegraad werd geconstateerd, is het weinig aannemelijk, dat deze uitsluitend beperkt zou zijn tot de reeds een intensieve contactmetamorfose ondergaan hebbende pre-

tonalitische gesteenten. Zonder eenige aanwijzing op begeleidende verschijnselen — als bijv. het samenvallen der schisten met overschuivingsvlakken — welke als verklaring of steun kunnen dienen, is deze opvatting weinig aanvaardbaar.

3°. Beïnvloeding door plaatselijk overheerschenden stress tijdens de contactmetamorfose.

Bij de interpretatie der drukverschijnselen (J. M. '39, blz. 37) werd het waarschijnlijk geacht, dat de intrusie plaats vond op het einde van een orogenese, dus tijdens een nog heerschenden, zij het ook reeds afnemenden, gerichten druk. Deze gerichte druk heeft de thans ontsloten gesteenten op grootere diepte beïnvloed dan de jongste dynamometamorfose, waardoor, alsmede door de gelijktijdige intrusie der plutonische massieven, hij gepaard ging met een aanzienlijk hoogere temperatuur dan de jongste dynamometamorfose. Indien nu plaatselijk de stressfactor een hooge intensiteit bereikt, dan heerschen daar de factoren, hooge temperatuur en intensieve gerichte druk, welke kenmerkend zijn voor regionaalmetamorfose in de mesozone, zoodat daar het ontstaan van schisten verwacht mag worden. Tegen deze verklaring van de schisten van de S. Ella-mahola is echter het groote bezwaar aan te voeren, dat de schist met den sterkst ontwikkelden regionaalmetamorfen habitus (573Me), waarin dus de stressfactor het meest op den temperatuursfactor heeft overheerscht, het eenige gesteente in dit gebied is, dat tevens cordiëriet bevat, hetwelk juist één der meest typische anti-stressmineralen is.

4°. Contactmetamorfose gesuperponeerd op een vroegere regionaalmetamorfose.

De twee schisten 572 en 573Me zijn gekenmerkt door sillimaniet, terwijl in één er van bovendien nog cordiëriet voorkomt, beide mineralen, die op een hoogen graad van metamorfose wijzen, waarvan het eerste zoowel door druk- als door thermische werking kan ontstaan, terwijl het tweede uitsluitend aan contactmetamorfose wordt toegeschreven. Het in deze schisten totaal ontbreken van andalusiet, welk mineraal in de contactgesteenten van dit gebied bijna steeds aanwezig is, is opvallend, te meer waar wèl sillimaniet voorkomt. Wil men de sillimaniet toeschrijven aan een gelijktijdigen, sterken stressfactor, dan pleit hiertegen de cordiëriet, die juist door het overheerschen van den temperatuursfactor ontstaat. Aldus dringt zich de opvatting op, dat men te maken heeft met door regionaalmetamorfose gevormde sillimaniethoudende schisten, later beïnvloed door contactmetamorfose, waarbij de cordiëriet ontstond. Waar tegen deze verklaringswijze — in tegenstelling met de drie vorige — geen enkel bezwaar kan worden aangevoerd, is deze de meest waarschijnlijke te achten.

De gegevens uit de S. Ella-mahola leiden dus tot de conclusie, dat zeer waarschijnlijk de pre-tonalitische gesteenten omvatten een oudste, regionaalmetamorfe en een jongere, niet-regionaalmetamorfe formatie, welke beide contactmetamorf werden beïnvloed; uiterlijk zijn de beide formaties gekenmerkt door een gefolieerd schisteuze, resp. massieve hoornrotstextuur.

### 3. Post-tonalitische gesteenten.

**a. S. Ella-mahola.**

α. Gesteentebeschrijving.

778Me. Grauwe, door limonitiseering sterk bruin gevlekte, fyllitische glanslei, welke ook o.h.m. slechts als een sterk met ijzerhydroxyde geïmpregneerde fylliet te bepalen was. Het gesteente vertoont een zwakken graad van dynamometamorfose.

779Me. Lichtblauwgrijze, zijdeglanzende, fyllitische chlorietschist met vlakbladerig schisteuze textuur. Het is een sterk met oxydisch en sulfidisch erts geïmpregneerde chlorietsericietfylliet, waarvan de chloriet ontstaan is uit grofschubbigen biotiet. Dit gesteente vertoont een aanzienlijk hoogeren metamorfosegraad dan het vorige monster.

781Me. Donkerblauwe, vlak schisteuze fylliet met de voor fyllieten typische fijne rimpeling der schistositeitsvlakken. O.h.m. blijkt dit gesteente identiek te zijn aan het vorige. Door stoffig erts zeer fijn en intensief bestoven, zwak chloriethoudende sericietfylliet; ook hier is de chloriet ontstaan uit biotiet. Verder korreltjes leukoxeen en titanomorfiet, n.l. sterk ontlede (mogelijk door druk) ilmeniet, waarbij een lamellenbouw van twee elkaar onder 60° snijdende systemen door haarfijne spleetjes, gevuld met titaniet, duidelijk tot uiting komt. In metamorfosegraad neemt dit gesteente een overgangsstadium in tusschen de twee vorig genoemde schisten.

783Me. Zwarte fylliet met gangkwarts. Door uiterst sterke impregnatie van stoffig erts zwarte sericietfylliet. Hierin een kwartsader, gedeeltelijk van het nevengesteente gescheiden door een zoompje grofschubbigen chloriet en muscoviet. Ook in de kwartsgang zelf komen enkele sliertjes voor van muscoviet en gechloritiseerden biotiet; verder tusschen den gangkwarts enkele korrels sulfidisch en oxydisch erts.

786Me. Fraai zilvergrijs glanzende, vrij grofschubbige chloritoïedbiotietchlorietfylliet. Groote, vaak goed begrensde kristallen chloritoïed, waarvan enkele met de voor ottreliet typische zandlooperstructuur. Vrij groote, vaag begrensde blaadjes lichtbruine biotiet. Enkele groote blaadjes chloriet. Het fijnschubbige bindweefsel bestaat bijna uitsluitend uit sericiet en chloriet; bestoven door opake korreltjes.

β. Beschouwingen.

Reeds op het uiterlijk dezer schisten afgaande is het duidelijk, dat zij oorspronkelijk kleischalies tot zandige kleischalies waren, welke uitsluitend een dynamometamorfose hebben ondergaan en wel in zeer verschillende mate van intensiteit. Voor 786Me werd de dynamometamorfose mineralogisch bewezen door de aanwezigheid van chloritoïed, een stressmineraal bij uitnemendheid.

De in dit gebied bekend geworden gegevens geven geen uitsluitsel omtrent de geologische positie der dynamometamorfe gesteenten t.o.v. de aangrenzende contactmetamorfe gesteenten. De eerste kunnen zoowel behooren tot een jongere als tot dezelfde formatie; in het laatste geval zouden zij slechts buiten

het contactaureool gelegen moeten hebben en door intensieve tectogenese met de contactgesteenten verplooid moeten zijn.

**b. Brongebied van de S. Mentatai.**

In de Boven Mentatai, in een linker zijtakje daarvan en op de oosthelling van den Bt. Tekerapan werd een sedimentcomplex aangetroffen, dat in zeer verschillende maten van intensiteit dynamometamorf beïnvloed werd. Van Noord naar Zuid is een geleidelijke afname in korrelgrootte te constateeren, waarmee een overgang van vrij grofkorrelige polymikte zandsteenen in kleischalies gepaard gaat.

*α.* Noordelijkste, grofst korrelige zone.

*Gesteentebeschrijving.*

Uit deze zone werden vier monsters verzameld; alle zijn grauwe, massieve gesteenten, welke op het eerste gezicht aan stollingsgesteenten doen denken.

757Me. Donkergrauw gesteente met een zeer onduidelijke schistositeit; de zwak fyllitisch glanzende schistositeitsvlakken wijzen reeds op dynamometamorfose. Enkele langgestrekte, ruim 0,5 cm lange kwartsoogen.

O.h.m. Vrij groote kristalfragmenten van basischen andesien en zuren labrador (resp. 45 à 50% en 50 à 55% An.; meth. Rittmann, 1929 [3]); vaak vlekkig unduleus uitdoovend of verbogen of ook verbroken en dan de brokstukken weer geheeld door kwarts; gedeeltelijk volkomen frisch, gedeeltelijk vrij sterk gesericitiseerd of omgezet in troebele, saussuritische aggregaten; tusschen de sericietaggregaten ook wel groote korrels zeer lichtgele epidoot tot clinozoïsiet; langs scheurtjes ingefiltreerde olijfbruingroene biotiet; de plagioklaaskristallen zijn gedeeltelijk gestrekt volgens de schistositeit.

Vrij groote brokjes sterk unduleus uitdoovende kwarts, duidelijk „uitgewalst" in uitgestrekte oogen, gericht volgens de schistositeit, waarbij vaak gerekristalliseerd, soms langs den omtrek, waaruit volgt dat deze rekristallisatie een nieuw opgetreden verschijnsel is. Enkele scheurtjes zijn opgevuld met biotiet, waarschijnlijk ingedrongen uit het bindweefsel.

In mindere mate komen voor groene hoornblende met blauwe nuances (dus de typische amfibool van den tonaliet), muscoviet, epidoot, zirkoon en oxydisch erts.

Het bindweefsel bestaat uit slieren, afwisselend in hoofdzaak opgebouwd uit fijnkorreligen, gerekristalliseerden kwarts en olijfbruingroenen biotiet.

751Me. Groote kristalfragmenten labrador (± 60% An.; meth. Rittmann), vaak in brokjes samen met groenen hoornblende en biotiet. De hoornblende komt ook afzonderlijk, in knoedelvormige aggregaten, voor. Talrijke kleine scherfjes sterk unduleus uitdoovende kwarts. Dit alles in een rijk aanwezig bindmiddel van intensief gebiotitiseerde zandige kleisteen; de biotietschubjes zijn gericht.

749Me. Talrijke groote kristalfragmenten veldspaat, vnl. andesien (± 40% An., meth. Rittmann) en in mindere mate ook orthoklaas. Kleine scherfjes sterk unduleus uitdoovende kwarts. Vrij vele gesteentebrokjes van granodioriet (bestaande uit veldspaat en biotiet, uit biotiet en grofkristallijnen epidoot, uit biotiet, kwarts en grofkristallijnen epidoot); van zuur ganggesteente (fijnkristallijne, vertandkorrelige aggregaten van kwarts en zuren plagioklaas); van fylliet. Zeer fijnschubbig gebiotitiseerd, oorspronkelijk kleïig bindmiddel, waarin de biotiet gericht is door stress.

748Me. Groote kristallen van zuur intermediairen plagioklaas, omgezet in troebele, saussuritische aggregaten of geïnfiltreerd met zeer fijnschubbigen chloriet of ook gedeeltelijk omgezet in grofschubbigen muscoviet.

Sterk slierige textuur, vnl. tot uiting komend in onregelmatig golvende slieren, afwisselend bestaande uit fijnschubbigen, lichtgroenen chloriet, waartusschen ook epidoot voorkomt, en uit fijnkristallijnen kwarts. Macroscopisch is van deze, o.h.m. zoo duidelijk tot uiting komende, gelaagdheid niets te zien.

*Beschouwingen.*

De drie eerst beschreven monsters (757, 751 en 749Me) zijn onmiskenbaar afbraakproducten van den tonaliet. Het tonalietdetritus kan niet ver zijn getransporteerd, getuige het voorkomen van gesteentebrokjes, die nog niet tot op de afzonderlijke componenten zijn gedesintegreerd (vooral in 749Me). Deze gesteenten kunnen dus niet door contactmetamorfose zijn beïnvloed, daar buiten den tonaliet geen ander stollingsgesteente in de buurt bekend is geworden.

De nieuw gevormde, parallel geörienteerde biotiet, de parallel gerichte, langgestrekte kwartsoogen met nieuw gerekristalliseerden kwarts (757Me) bewijzen, dat deze gesteenten in sterke mate dynamometamorf zijn beïnvloed.

Het laatst beschreven monster, 748Me, op zich zelf beschouwd, maakt een juiste interpretatie moeilijk. Het microscopisch beeld lijkt zeer veel op dat van een porfiroïed, waarvan het zich echter onderscheidt door het groote gehalte aan chloriet, welk mineraal in echte porfiroïeden nagenoeg geheel ontbreekt (Rosenbusch 1910, blz. 566). Daar dit monster afkomstig is uit dezelfde zone als de drie overige, is het zeer waarschijnlijk dat ook dit gesteente een sterk dynamometamorfe arkosezandsteen is.

Verder dient nog de aandacht gevestigd te worden op de gesteentebrokjes, rijk aan grofkristallijnen epidoot in één der monsters (749Me) en op den plagioklaas met grofschubbigen muscoviet in 748Me. Het is moeilijk aan te nemen, dat deze mineralen epigenetisch in het detritus zouden zijn ontstaan, althans is hiervoor geen oorzaak aan te wijzen. Aanvaardt men nu Harker's opvatting, dat deze secundaire mineralen in grofkristallijnen vorm in de plutonische gesteenten reeds tijdens de stolling (door gelijktijdige beïnvloeding door drukkrachten) ontstonden, dan is hun aanwezigheid in het detritus volkomen begrijpelijk, hetgeen men dus als een steun voor de toepasselijkheid van deze opvatting van Harker op het onderhavige gebied kan aanvoeren.

3) Bij bepaling der veldspaten met de theodoliettafel zal worden vermeld of dit volgens de zonenmethode van Rittmann (1929), dan wel volgens de methode Duparc & Reinhard (1924) is geschied.

β. Middelste zone, middelmatig- tot fijnkorrelige, veldspaathoudende kleizandsteenen.

752Me. Lichtblauwgrijze, middelmatigkorrelige, veldspaathoudende zandsteen.

Talrijke kristalfragmenten zure oligoklaas (± 10% An.; meth. Rittman). Kwarts in enkele groote kristallen, meest in kleine scherfjes. Een fijn kwartsrijk, veldspaathoudend, sterk gechloritiseerd en in mindere mate, meer plaatselijk, gesericitiseerd bindmiddel.

753Me. Grijswit tot geel, zeer fijnkorrelig tot kleiïg gesteente met uiterst zwakken, fyllitischen glans. De oorspronkelijke gelaagdheid wordt onder vrij grooten hoek gesneden door een onvolmaakte, maar duidelijke schistositeit. O.h.m. blijkt het gesteente een zeer fijnkorrelige en fijnvezelige, gebleekte biotietfylliet te zijn, waarin de biotiet een begin van chloritiseering vertoont. De schistositeit, die o.h.m. fijn geplooid is (fyllitische rimpeling), snijdt onder grooten hoek de oorspronkelijke gelaagdheid.

756Me. Lichtgrijze, dun- en vlakplatig schisteuze, zwak fyllitisch glanzende veldspaathoudende kwartsietschist. O.h.m. Een fijnkristallijn gesteente, bestaande overwegend uit veldspaat, chloriet, kleine schubjes muscoviet en enkele blaadjes gebleekten biotiet.

γ. Zuidelijkste, pelitische zone.

754Me. Uiterlijk een matgrijze, zwart gevlekte, duidelijk gedrukte, bijna massieve kleisteen. O.h.m. blijkt het gesteente een chlorietfylliet te zijn. De chloriet is ontstaan uit biotiet, waarvan nog kernen in enkele groote, a.h.w. uitgerekte, blaadjes aanwezig zijn. De glimmervezeltjes zijn duidelijk gericht.

755Me. Blauwe tot zilvergrijze, sterk glanzende fylliet. Een 1 à 2 mm dun kwartssnoertje, dat scheef de schistositeit doorsnijdt, is zelf ook weer sterk kronkelig geplooid. O.h.m. blijkt het gesteente bijna geheel uit sericiet te bestaan, waarnaast weinig kwarts voorkomt. Verder zij nog vermeld een sterk S-vormig gebogen kwartssnoertje, welks scherpe bochten gekenmerkt zijn door onderling parallelle glijdvlakken, in welke richting het kwartssnoertje geheel of nagenoeg geheel is uitgewalst; in het breedste gedeelte komt o.h.m. een helicitische structuur tot uiting door slierig gerangschikte chlorietschubjes.

**c. Samenvattende beschouwingen.**

Het sedimentcomplex ten Z van den Bt. Tekerapan transgredeert over den tonaliet met vrij grofkorrelige arkosezandsteenen, in hoofdzaak opgebouwd uit detritus van den tonaliet. Zuidwaarts, dus in het profiel naar boven, neemt de korrelgrootte geleidelijk, doch vrij snel af; op vrij geringe stratigrafische hoogte boven de basale arkosezandsteenen werden pelitische, zandige kleischalies afgezet.

Deze sedimenten vormen de jongste bekend geworden gesteenten uit dit metamorfe gebied. Ook deze jongste formatie werd intensief geplooid, waardoor zij den invloed van een sterke dynamometamorfose heeft ondergaan. De, naar het uiterlijk te oordeelen, over geringe afstanden sterk wisselende intensiteitsgraad (o.a. duidelijk in 754 en 755Me) is typisch voor dynamometamorfose (Harker, 1932, blz. 330: „The modifications thus induced in the rocks ..... often have a seemingly capricious distribution" en blz. 331: „The crucial test is the local distribution of the special phenomena"). Microscopisch kon echter zonder uitzondering een duidelijke dynamometamorfe beïnvloeding worden vastgesteld.

Het sedimentcomplex kan ongedwongen worden beschouwd als de oostelijke voortzetting van de analoge dynamometamorfe schisten van de S. Ella-mahola, in welk geval dus ook deze laatste als een jongere formatie moet worden opgevat, voor welke opvatting de omstandigheden in de S. Ella-mahola geen dwingende argumenten leverden.

4. Pre- en post-tonalitische gesteenten in de S. Tedari (rechter zijtak van de Boven Mentatai).

Men zou verwachten het dynamometamorfe sedimentcomplex van de Boven Mentatai in de slechts 5 km verder oostwaarts stroomende S. Tedari weer terug te vinden. In tegenstelling hiermee werden echter onderling sterk verschillende gesteenten aangetroffen, waarin de volgende, zeer verschillende typen zijn te onderscheiden:

1°. Compacte contactrotsen.
2°. Grofkristallijne schisten met sterk uitgesproken stengelig schisteuze textuur; habitus van regionaalmetamorfe schisten uit de mesozone.
3°. Vlakplatige, zwakkristallijne, arkosezandige schisten; habitus van dynamometamorfe schisten uit de epizone.
4°. Een lei van onzekere interpretatie.

**a. Beschrijving der gesteenten.**

α. Contactrotsen.

1792Me. Blauwzwarte, massieve epidootkwartsiet, geheel bestaande uit een microscopisch zeer fijnkorrelig aggregaat van ijzerarmen epidoot en kwarts met een enkel snoertje of laagje van dezelfde, doch aanzienlijk grover kristallijne mineralen.

1794Me. Grauwe, fijnkorrelige muscovietkwartsiet, geheel bestaande uit kwarts, muscoviet en oxydisch erts.

β. Regionaalmetamorfe schisten.

1786Me. Granaatglimmerschist met uitgesproken stengelig schisteuze textuur.

O.h.m. Kwartsrijke glimmerschist met duidelijke foliatie. Kwarts komt ook voor in groote oogen, waarin hij sterk unduleus uitdoovend en kataklastisch is. Als glimmers: muscoviet en biotiet, waarbij de laatste min of meer volledig is omgezet in chloriet, onder sageniet-vorming. Weinig granaat, waarvan een enkel kristal uit elkaar gescheurd is en doorsneden door volledig gechloritiseerden biotiet; hierdoor is een langgerekt granaatkristal ontstaan, dat aan de uiteinden verbrijzeld en niet gerekristalliseerd is. Deze granaat is volkomen identiek aan dien van fig. 176B van Harker (1932, blz. 333), welke doorsneden is door een schoofvormig amfiboolaggregaat en welke voorkomt in een schist uit de Ardennen bij Libramont, welk gebied dynamometamorf beïnvloed is. Vooral deze granaat — meer nog dan de unduleus uitdoovende en kataklastische kwarts en de

gechloritiseerde biotiet — wijst op een dynamometamorfose, die dit gesteente, nadat het reeds als granaatglimmerschist gevormd was, moet hebben ondergaan. Sporadisch zirkoon.

1787Me. Bruinroode, vlekkig zilverglanzende, zeer onregelmatig stengelig schisteuze, toermalijnhoudende glimmerschist. O.h.m. Kwarts (unduleus uitdoovend en kataklastisch), muscoviet en zeer veel oxydisch erts, grootendeels gelimonitiseerd. Sporadisch toermalijn.

1789Me. Zilvergrijze, fyllitische andalusietgranaatglimmerschist. Groote zuilen van andalusiet (0,5 cm groote dwarsdoorsnede); talrijke speldeknopgroote granaten. Uitgesproken stengelig schisteuze, fyllitisch gerimpelde textuur. O.h.m. overwegend fijnkorrelige kwarts en zeer fijnvezelige muscoviet in afzonderlijke lagen geconcentreerd (foliatie); de kwarts ook in oogen.

Talrijke groote kristalloblasten van biotiet (vrij sterk gechloritiseerd) in korte, breede zuilen, zoowel met de basis parallel aan de schistositeit, als ook onder grooten hoek of loodrecht op de schistositeit; in het laatste geval zijn de kristalloblasten min of meer oogvormig. Hierdoor wekt de biotiet den indruk als kristalloblasten, bijv. door contactmetamorfose, in een schist ontstaan te zijn en vervolgens door dynamometamorfose eenigszins te zijn uitgewalst. Vrij vele kristallen granaat.

Enkele zeer groote individuen andalusiet, zonder eenige kristalbegrenzing, bijna volledig omgezet in sericiet; meestal is echter nog een kern van andalusiet aanwezig (waardoor de bepaling als gesericitiseerde andalusiet mogelijk was), waarin hij uiterst sterk en fijn poikiloblastisch is, vermoedelijk door kwarts. De andalusiet is kennelijk beïnvloed door druk, getuige enkele breede, onregelmatig verloopende breuken.

De meest waarschijnlijke interpretatie van dit gesteente is als volgt. Oorspronkelijk een regionaalmetamorfe glimmerschist, al dan niet met granaat, waarin door de contactmetamorfose groote kristalloblasten ontstonden van andalusiet en biotiet, en eventueel ook van granaat. Door de jongste dynamometamorfose werd de rijk aanwezige muscoviet tot fijnvezelige aggregaten uitgewalst, waardoor het gesteente zijn fyllitisch uiterlijk kreeg, de biotiet werd gedeeltelijk gechloritiseerd en oogvormig uitgewalst, terwijl de andalusiet gesericitiseerd en verbroken werd; het gesteente onderging dus in zekere mate een diafthorese.

Bij den mond van de S. Tedari werd uit de bedding van dit riviertje nog een drietal rolsteenen van tot deze groep behoorende schisten verzameld.

761Me. Donkere, fyllitische andalusietgranaatglimmerschist met talrijke speldeknopgroote granaten.

O.h.m. Identiek aan 1789Me. Sterk bestoven door fijnkorrelig oxydisch erts. De andalusiet is hierin volledig gesericitiseerd en zou dus, in dit slijpplaatje op zich zelf beschouwd, niet meer als zoodanig te herkennen zijn. Ook hier is de andalusiet door den lateren druk gebroken en weer geheeld door kwarts, waartusschen ook biotiet voorkomt.

762Me. Grijze, fyllitische andalusietgranaatstaurolietglimmerschist, rijk aan speldeknopgroote granaten en groote kristalloblasten van andalusiet (macroscopisch niet herkenbaar).

O.h.m. Ook dit gesteente is identiek aan 1789Me. De biotiet is vaak poikiloblastisch door kwarts. De andalusiet is ook hier weer sterk gesericitiseerd, maar bevat nog groote onveranderde kernen. Hij is weer sterk poikiloblastisch door kwarts, terwijl hij verder ook biotiet, muscoviet en granaat ingesloten bevat. De andalusiet vormt langgestrekte oogvormige individuen, welke tengevolge der naar de randen toe toenemende intensiteit der sericitiseering ten opzichte van de omgeving zeer vaag begrensd zijn. Het is opvallend dat de kristallografische oriënteering van den andalusiet onafhankelijk is van de textuur; slechts plaatselijk valt de zuilrichting, aangegeven door de splijting, met de lengterichting der kristalloblasten samen, doch vormt meestal hiermee een meer of minder grooten hoek, die ruim 30° kan bedragen.

Verder komt in dit gesteente nog voor een enkel kristal van stauroliet in een fraaie doorkruisingstweeling.

763Me. Donkere, fijnschubbige, andalusiet (?) biotietglimmerschist van uitgesproken porfiroblastische textuur door zeer talrijke, groote, zuilvormige, witte kristalloblasten van enkele cm lengte en met een bijna vierkante, ruitvormige doorsnede waarvan de grootste diagonaal 1 cm lengte kan bereiken; zij zijn volledig omgezet in een fijnvezelig glimmermineraal; naar den omtrek te oordeelen vermoedelijk oorspronkelijk andalusiet.

O.h.m. Het bindweefsel bestaat uit niets anders dan uit vrij grofschubbigen muscoviet en biotiet, de laatste gedeeltelijk gechloritiseerd en beide zeer sterk geïmpregneerd met uiterst fijnkorrelig, gedeeltelijk gelimonitiseerd oxydisch erts.

De porfiroblasten bestaan geheel uit fijnschubbige muscovietaggregaten. In analogie met de overige schisten zijn ook deze zeer waarschijnlijk als volledig in muscoviet omgezette andalusiet te beschouwen.

### γ. Dynamometamorfe schisten.

1788Me. Grauwe arkosezandige biotietschist met onvolmaakte, doch duidelijk kenbare, vlakke en fijne schistositeit, vnl. veroorzaakt door laagvormig gerangschikte, kleine, papierdunne lensjes van fijnschubbigen biotiet; enkele mm lange, volgens de schistositeit gerangschikte oogen van kwarts en veldspaat. Uiterlijk doet het gesteente denken aan sterk gedrukten tot uitgewalsten, biotietrijken arkose.

O.h.m. Zeer talrijke, meest groote, doch ook kleinere, min of meer afgeronde kristalfragmenten van plagioklaas, bijna volledig omgezet in een grauwtroebele, saussuritische substantie (mogelijk vermengd met zeer fijn verdeeld oxydisch erts); hij bevat insluitsels van kwarts en ondergeschikt ook van groenen hoornblende, biotiet en chloriet.

Zeer veel biotiet in vrij groote aggregaten van parallel gerangschikte schubben; ondergeschikt hiertusschen epidoot en groene hoornblende met blauwe nuances.

Het bindweefsel bestaat uit kwarts en biotiet; het is wel duidelijk schisteus, doordat de biotietschubjes gericht zijn en golvend „stroomen" om de veldspaatkristallen, maar de beide mineralen biotiet en kwarts zijn nog in het geheel niet geconcentreerd in afzonderlijke lagen, zoodat van foliatie nog geen sprake is; hierdoor onderscheidt zich dit gesteente van een echten gneis.

Ongetwijfeld moet dit gesteente in verband gebracht worden met den tonaliet. Het is evenwel niet met zeker-

heid uit te maken of het educt bestond uit tonaliet dan wel uit een nagenoeg uitsluitend door tonalietdetritus samengestelden arkose. Het laatste wordt het meest waarschijnlijk geacht, want, indien het gesteente oorspronkelijk een tonaliet was, dan zou het een zeer sterken druk hebben moeten ondergaan ter verkrijging van de zoo duidelijk uitgesproken gelaagde textuur; dit op zich zelf is wel aanvaardbaar, doch dan was tevens een meer of minder duidelijke foliatie te verwachten. Waar deze laatste geheel ontbreekt, is het waarschijnlijker dat de gelaagde textuur niets anders is dan een door druk iets sterker geprononceerde oorspronkelijke gelaagdheid. Bovendien vormt deze laatste opvatting geen op zich zelf staande, slechts voor dit monster geldige interpretatie, doch is volkomen identiek aan die der basale zone van het dynamometamorfe sedimentcomplex van de Boven Mentatai, welke immers zonder twijfel uit sterk gedrukte tonalietarkosen bestaat.

1793Me. Gedrukte arkosezandsteen, verwant aan het vorige gesteente, echter grover korrelig en zonder de macroscopisch duidelijke, gelaagde textuur, waardoor dit gesteente in uiterlijk meer de gedrukte arkosen uit de Boven Mentatai nadert.

O.h.m. Meest groote, gedeeltelijk idiomorfe, gedeeltelijk ook scherfvormige, kristalfragmenten van intermediairen plagioklaas, gedeeltelijk frisch, overwegend echter gesericitiseerd met sliertjes biotiet; vlekkig undulеus uitdoovend, verbogen en verbroken en dan geheeld door kwarts waartusschen ook chloriet voorkomt.

Veel kwarts, meest fijnkorrelig, ook enkele grootere individuen; sterk unduleus uitdoovend. Veel biotiet, dikwijls in zoomen om den plagioklaas, waarbij de blaadjes zich zoowel geheel aan den omtrek van den veldspaat aanvlijen als ook met hun splijtvlakken onder meer of minder scherpen hoek op den veldspaat stooten; overigens is de biotiet gerangschikt in slieren.

Enkele partijtjes prehniet. Vrij veel oxydisch erts.

Verder enkele platte brokjes van zeer fijnkorreligen biotietkwartsiet, waarschijnlijk contacthoornrots.

Vooral door de brokjes hoornrots wordt de interpretatie van dit gesteente duidelijk. Het is een sterk gedrukt afbraakproduct, in hoofdzaak opgebouwd uit detritus van den tonaliet en in mindere mate van contactrotsen. Dit gesteente is dus volkomen identiek aan die uit de basale zone van het dynamometamorfe sedimentcomplex van de Boven Mentatai.

δ. Een schist van onzekere interpretatie.

1791Me. Lichtgrijze, lichtgroen gestreepte, satijnglanzende chlorietsericietlei („schiste lustré"); de lichtgroene strepen geven de oorspronkelijke gelaagdheid aan, welke onder ± 30° gesneden wordt door een dunen vlakplatige schistositeit.

O.h.m. Het gesteente wordt bijna geheel gevormd door kwarts en een lichtgroen chloritisch mineraal (pleochroïtisch van lichtgeel tot lichtgroen; rechte uitdooving; positief elongatie karakter en negatieve dubbelbreking; vrij hooge brekingsindex en zeer lage dubbelbreking). Regelmatig verspreid grootere schubjes biotiet, gedeeltelijk omgezet in denzelfden chloriet, welke overigens zoo'n rijk bestanddeel van het bindweefsel uitmaakt. Hierdoor rijst het vermoeden dat al deze chloriet uit biotiet ontstaan is.

Accessorisch zeer rijk aan fijnkorrelig oxydisch erts. Vrij veelvuldig verspreid zeer kleine, grootendeels idiomorfe zuiltjes van schörlachtigen toermalijn. Weinig zirkoon.

Sporadisch enkele onregelmatige korrels en partijtjes van een kleurloos, hoog brekend mineraal, dat niet nader bepaald kon worden.

De interpretatie van dit gesteente is niet zeker. Het onderscheidt zich van de regionaalmetamorfe kristallijne schisten door een veel geringeren metamorfosegraad. Door zijn uitgesproken schistositeit is het ook sterk verschillend van de in dit gebied bekend geworden contactrotsen. Toch wijzen echter de verhakte vorm van de biotietblaadjes en het vermoeden dat de chloriet geheel ontstaan is uit biotiet, zoodat dit gesteente vóór de chlorietvorming een biotietlei moet zijn geweest, op een contactmetamorfose, die dit gesteente moet hebben ondergaan. Op grond hiervan kan men dit gesteente opvatten als een oorspronkelijke kleizandsteen, met afwisselende klei- en kwartsrijkere laagjes, behoorende tot de jongste (dus niet regionaalmetamorfe), pre-tonalitische formatie. Het onderging een contactmetamorfose, die veel minder sterk was dan bij de twee contactrotsen 1792 en 1794Me, zoodat geen massieve contactrots, doch een toermalijnhoudende biotietlei ontstond, waarin de oorspronkelijke gelaagdheid (veroorzaakt door alterneering van sterk zandige en sterk kleïge lagen) goed geconserveerd kon blijven. Tenslotte ontstond bij de jongste dynamometamorfose een dun- en vlakplatige schistositeit en werd, diafthoretisch, de biotiet grootendeels omgezet in chloriet.

**b. Algemeene beschouwingen.**

α. Geologische bouw van het Tedari-complex.

Het schistcomplex van de S. Tedari vormt een 5 km breede strook tusschen de tonalieten der stroomgebieden van de S. Mentatai en van de Boven Lekawai, welke zeer waarschijnlijk geen afzonderlijke massieven vormen doch op eenigen afstand ten N van de Tedari samenhangen. De zuidrand van het tonalietmassief zou dan hier een scherpe inbochting vertoonen. Het is dan te verwachten, dat het starre tonalietlichaam bij de post-tonalitische orogenese in dezen smallen en betrekkelijk diepen inham den vorm der plooiing op zeer grillige wijze beïnvloedde, waardoor de drie hoofdgroepen der metamorfe gesteenten hier onderling intensief verplooid en verschubd werden. De beschikbare gegevens zijn niet voldoende om een nader inzicht te verkrijgen in den bouw van het Tedari-complex. Overigens is dit ook niet van groot belang, daar dit kleine gebied met zijn uitzonderlijke omstandigheden slechts een detail vormt van zuiver locale beteekenis.

De op de kaart aangegeven begrenzingen der drie hoofdgroepen der metamorfe gesteenten is dan ook vrij hypothetisch; zij geeft één van verschillende mogelijkheden weer.

β. Interpretatie der regionaalmetamorfe schisten.

De kristallijne schisten — vertegenwoordigd in 1786, 1787, 1789 en 1790Me (monsters van gesteenten in situ) en in de rolsteenen 761 t/m 763Me —

zijn te vergelijken met de kristallijne schisten uit de S. Ella-mahola en wel in de eerste plaats met 793Me. Voor deze schisten werden (blz. 82 e.v.) vier mogelijke verklaringswijzen genoemd, waarvan de eerste twee zeker te verwerpen zijn. Uit de laatste twee, hieronder herhaald, viel het moeilijk een keuze te doen.

1°. De schisten behooren tot dezelfde formatie als de overige contactgesteenten en verkregen hun afwijkenden schisteuzen habitus door een locaal sterk overheerschenden stress tijdens de contactmetamorfose.

2°. De schisten vertegenwoordigen een oudere formatie dan de overige contactgesteenten, welke reeds regionaalmetamorf was vóór de contactmetamorfose.

Behalve het bezwaar (hieronder vermeld sub 3°.), dat voor de schisten van de S. Ella-mahola tegen de eerste interpretatie geldt, leveren de schisten van de S. Tedari hiertegen nog twee andere argumenten op, zoodat de laatstgenoemde verklaringswijze als de eenig aanvaardbare overblijft.

De drie bezwaren, welke uit de gegevens van het Tedari-gebied tegen de eerste der twee bovengenoemde verklaringswijzen rijzen, zijn de volgende:

1°. De Tedarischisten zijn in nog veel sterkere mate schisteus ontwikkeld dan die van de S. Ella-mahola. De andalusietgranaatglimmerschist 1789Me bevindt zich op slechts ± 100 m afstand in het profiel van de volkomen richtingslooze epidootkwartsrots 1792Me. De eerste interpretatie zou dus vereischen het aanvaarden van de mogelijkheid, dat over een zoo geringen afstand de verhouding van den kaustischen tot den stressfactor tusschen twee uitersten kan wisselen.

2°. De biotiet vormt groote, zuilvormige kristalloblasten, vrij onafhankelijk van de schistositeit georiënteerd.

In dit opzicht vormt de biotiet dus een scherpe tegenstelling met den muscoviet, die in fijnvezelige, haast sericitische lagen is geconcentreerd. Indien dit gesteente een product zou zijn, in hoofdzaak beheerscht door een intensieven stress, dan zou ook de biotiet zeer zeker schubvormig zijn en volgens de schistositeitsvlakken zijn georiënteerd. Vooral door deze tegenstelling in vorm en rangschikking van den donkeren en den kleurloozen glimmer wordt de indruk opgedrongen, dat de eerste ontstaan is door een gesuperponeerde contactmetamorfose in een reeds regionaalmetamorf gevormde glimmerschist.

3°. Voor de schisten van de S. Ella-mahola werd het gehalte aan cordiëriet in één der monsters als bezwaar aangevoerd tegen de tweede interpretatie. Een analoog bezwaar geldt ook voor de S. Tedari, waar de schisten grootendeels gekenmerkt zijn door een groot gehalte aan het niet minder typische antistressmineraal andalusiet. Volgens de eerste interpretatie zouden immers deze schisten moeten worden opgevat als te zijn ontstaan onder invloed zoowel van hooge temperatuur (door de tonalietintrusie) als van intensieven stress, beide factoren welke kenmerken de mesozone bij regionaalmetamorfose. Aldus zou te verklaren zijn, dat niet de typische contactmetamorfe producten ontstaan, welker vorming beheerscht wordt door hooge temperatuur. Maar dan moeten ook producten ontstaan, welke van de typische mesozonaal regionaalmetamorfe schisten niet meer te onderscheiden zijn, zoodat dus in deze schisten geen andalusiet, maar distheen verwacht moet worden.

**Beschouwingen over andalusiet als een strikt anti-stressmineraal.**

Het is dus van groot belang te weten of andalusiet inderdaad uitsluitend als anti-stressmineraal moet worden opgevat, dat *slechts* bij contactmetamorfose kan ontstaan.

Aangezien men dit met verwijzing naar Harker's opvattingen zou kunnen bestrijden, is het gewenscht hierop uitvoerig in te gaan. Harker legt in het hoofdstuk „Mechanical generation of heat as a factor in metamorphism" (1932, blz. 330-338) nog sterk den nadruk op mechanische warmteontwikkeling als een metamorfose-factor, die volgens hem nog veel te veel verwaarloosd wordt. Voor deze opvatting steunt hij voor een belangrijk deel op de uit de Ardennen bekend geworden verschijnselen, naar aanleiding waarvan door schrijver dezes de oorspronkelijke literatuur over metamorfose in de Ardennen werd nagegaan.

Andalusiet in de Ardennen.

Het voorkomen van andalusiet in de Ardennen wordt het eerst vermeld door Dupont (1885). In dien tijd werd nog algemeen de opvatting van Dumont (1848, blz. 70-72) gehuldigd, die de metamorfe gesteenten in de Ardennen in hoofdzaak toeschreef aan contactwerking. Deze opvatting werd reeds in Dupont's tijd bestreden door Renard (1882, blz. 35-39), die concludeerde, dat alle metamorfose in de Ardennen door plooiing is veroorzaakt. Barrois, Dupont en Lasaulx bleven echter aanhangers van Dumont's meening. Eerst sinds het verschijnen van Gosselet's beroemde monografie over de Ardennen (1888), werd algemeen de oorspronkelijk door Renard verdedigde opvatting aanvaard, dat in de Ardennen — op enkele voorbeelden van zeer locale beteekenis na — uitsluitend dynamometamorfose heeft geheerscht. Gedurende langen tijd heeft Gosselet's werk de meeningen van zijn opvolgers beïnvloed.

Bij de bestudeering dezer literatuur vond schrijver dezes echter geen enkele aanwijzing, dat het door Dupont (1885) als andalusiet vermelde mineraal ooit onomstootelijk als zoodanig was bepaald. O.a. op grond hiervan rees twijfel over de juistheid der bepaling als andalusiet en stelde ondergeteekende zich in verbinding met Prof. M. E. Denayer, hoogleeraar in de Mineralogie aan de Universiteit van Brussel, en den Heer F. Corin, geoloog bij den Geologischen Dienst van België. Met groote bereidwilligheid — waarvoor hier nog

hartelijken dank betuigd zij — verschaften beide heeren monsters van de gewenschte steenen en deelden tegelijkertijd mede, dat inmiddels de bepaling als andalusiet niet juist gebleken was (waardoor dus het door schrijver dezes voorgenomen onderzoek niet meer noodig was). Volgens Schoep (1931) bestaat dit mineraal uit oligoklaas, tremoliet, zoïsiet, granaat en kwarts, zoodat het is op te vatten als een grof gesaussuritiseerde plagioklaas. Corin (1931) trekt de hieruit voortvloeiende conclusies en beschouwt deze merkwaardige (oorspronkelijk „roche mâclifère", later „roche dite à ouralite" genoemde) gesteenten niet meer als te zijn ontstaan door een locaal excessieve dynamometamorfose, doch als stollingsgesteenten en hun contactproducten.

De jaargang 1931 van dit tijdschrift (Bull. Soc. Belge Géol.) is eerst in 1932 verschenen, waardoor deze publicaties van Schoep en Corin niet meer door Harker verwerkt konden worden in zijn in 1932 verschenen werk „Metamorphism". Met deze publicaties is echter het belangrijke aandeel voor de ondersteuning van Harker's opvattingen, dat geput werd uit de Ardennen, vervallen.

### Andalusiet in Zuid-Afrika.

Een voorkomen van andalusiet, welks ontstaan men langen tijd gemeend heeft aan regionaalmetamorfose te moeten toeschrijven, bevindt zich in het gouddistrict van Marabastad in Transvaal. (Deze andalusiet is afgebeeld in Rosenbusch-Mügge, 1927, Taf. XX, fig. 1). De hier voorkomende andalusietottrelietschisten [4]) werden beschreven door Götz (1886, blz. 143-158). Daar geen stollingsgesteente, aan welks contactwerking de andalusiet kon worden toegeschreven, aan Götz bekend was, was dit voor hem de belangrijkste reden, om aan den andalusiet een regionaalmetamorfen oorsprong toe te schrijven.

Door Hall (1918, blz. 167-169) werd echter in de nabijheid dezer schisten de aanwezigheid van graniet („Older Granite") aangetoond, die volgens hem intrusief is in de serie, waartoe de andalusietottrelietschisten van Götz behooren. Verder vermeldt hij, dat de „Older Granite" intrudeerde tijdens een sterke orogenese, waardoor een metamorfosetype ontstond dat de resultaten van zuivere contact- en van zuivere dynamometamorfose combineert.

### Andalusiet in Zuid-Australië.

Tilley (1925) beschrijft chloritoïedandalusietschisten van het Eyre-schiereiland van Z.-Australië. Hij neemt aan, dat de hier voorkomende graniet intrudeerde tijdens een orogenetische periode. De chloritoïed is ontstaan na den toermalijn, die in deze schisten voorkomt, dus na de pneumatolytische fase van de granitische intrusie; verder is de chloritoïed, althans gedeeltelijk, ontstaan uit, dus na, den andalusiet. Hij acht het echter niet noodig, dat een groot tijdsinterval de vorming van den andalusiet en van den chloritoïed scheidt. Het eerste mineraal zou zijn ontstaan toen de temperatuursfactor nog overheerschend was en het tweede nadat het door den graniet geïntrudeerde gebied reeds grootendeels afgekoeld was, terwijl de plooiing nog voortduurde, dus in een periode dat de stressfactor verreweg overwoog. Hij meent dat dezelfde ontstaanswijze voor de chloritoïed-andalusietschisten van Z.-Afrika waarschijnlijk is. Later (hoofdstuk D, 1, b), zal hierop nog worden teruggekomen.

### Conclusies voor de Tedari-schisten.

Uit deze voorbeelden blijkt dus, dat ook aan den andalusiet van de Ardennen en van Z.-Afrika, waarvoor langen tijd een dynamo-, resp. regionaalmetamorfe ontstaanswijze werd aangenomen, volgens de huidige opvattingen een contactmetamorfe oorsprong moet worden toegeschreven. Andalusiet moet dus, volgens den huidigen stand van onze kennis, beschouwd worden als een zekere indicator op contactmetamorfose.

De andalusiethoudende glimmerschisten van de S. Tedari zijn dus zeker contactmetamorf beïnvloed. Zij kunnen worden vergeleken met contactmetamorfe glimmerschisten uit de omgeving van het granietmassief in het Reuzengebergte, voor het eerst beschreven door Müller (1891). Glimmerschisten, vnl. bestaande uit zilverwitten tot lichtbruinen kaliglimmer en kwarts, waarbij zich ook nog granaat kan voegen (deze zijn te vergelijken met de glimmerschisten 1786 en 1787Me), bevatten dicht bij den graniet talrijke, tot enkele cm lange andalusietzuilen, welke parallel aan de schistositeit zijn ingebed, en bovendien veel donkeren magnesiaglimmer, die dikwijls loodrecht op de schistositeit is gericht. Deze contactmetamorfe schisten van het Reuzengebergte vertoonen dus een treffende overeenkomst met onze andalusietglimmerschisten als 1789Me, die ook nieuw gevormden biotiet bevat, vaak loodrecht op de schistositeit gericht.

De interpretatie van de kristallijne schisten van de S. Tedari is dus als volgt.

De oudste groep der pre-tonalitische gesteenten zijn regionaalmetamorf in kristallijne schisten omgezet, nl. muscovietglimmerschisten, mogelijk met granaat en plaatselijk misschien ook stauroliet. Door de intrusie van den tonaliet werden zij contactmetamorf beïnvloed en hierdoor ontstonden in de eerste plaats andalusiet en nieuwe biotiet, zooals in 1789Me en de drie rolsteenen 761 t/m 763Me; eventueel ontstonden ook eerst thans de in deze monsters aangetroffen granaat en stauroliet. De monsters 1786 en 1787Me, welke geen andalusiet bevatten, zijn waarschijnlijk veel minder sterk contactmetamorf beïnvloed; aan de contactmetamorfose zijn waarschijnlijk toe te schrijven de granaat en biotiet in het eerste monster en in het tweede monster de toermalijn, die als pneumatolytisch mineraal ontstaan kan zijn op zoodanigen afstand van den tonaliet, waarop overigens geen contactmetamorfe beïnvloeding meer plaats had. Tenslotte werden deze gesteenten beïnvloed door de jongste dynamometamorfose. Hierdoor werd de nieuw gevormde biotiet zwak uitgewalst en gechloritiseerd, de andalusiet geheel of gedeeltelijk gesericitiseerd, terwijl op de oorspronkelijke schistositeit het effect van de nieuwe stresswerking werd gesuperponeerd, waardoor aan de glimmerschisten

4) Volgens Tilley (1925, noot blz. 313) is de door Götz op blz. 145 vermelde analyse van den ottreliet duidelijk die van een chloritoïed.

een meer fyllitisch uiterlijk werd verleend, terwijl de, vermoedelijk oorspronkelijk vlakplatig, schisteuze textuur zeer onregelmatig en uitgesproken stengelig werd.

### 5. Aanvullende verkenningen van 1938.

Bij de onderzoekingen van Sampit in 1938 werd de mantriverkenning van de Boven Ketingan noordwaarts voortgezet tot in de Boven Ella-mahola en bij den mond van haar rechter zijriviertje de S. Ellamati aangesloten met de vroegere opnamen van het M.G.O. West-Borneo. De hierbij verkregen gegevens, vallende binnen de Westerafdeeling, werden reeds in de kaart van het J. M. '39 verwerkt.

De post-tonalitische gesteenten worden even stroomop van den mond der S. Ella-mati gevolgd door een smalle strook der jongste pre-tonalitische formatie, waartusschen dunne zones van post-tonalitische sedimenten en van schisten, waarschijnlijk behoorende tot de oudste pre-tonalitische groep, zijn ingeplooid en ten ZW waarvan granodioritische gesteenten volgen.

#### a. Schisten, waarschijnlijk behoorende tot de oudste pre-tonalitische formatie.

228A. Zwak toermalijnhoudende, andalusietrijke biotietmuscovietschist, met twee generaties biotiet, vermoedelijk resp. door regionaal- en door een jongere contactmetamorfose ontstaan.

237A. Onregelmatig bladerig schisteuze, vermoedelijk contact- en daarna nog dynamometamorf beïnvloede („second cleavage") chloritoïed (?) cordiëriet (?) glimmerschist.

O.h.m. Zeer groote rijkdom aan biotiet. Minder muscoviet. Zeer talrijke, vaak rechthoekige en anders onregelmatig ronde velden van een sterk omgezet mineraal, dat niet meer te bepalen is, doch vermoedelijk cordiëriet is geweest. Enkele blaadjes van waarschijnlijk chloritoïed.

#### b. Contactrotsen; jongste pre-tonalitische groep.

227A. Grauwbruine, fijnkorrelige, cordiëriethoornrotslei.

O.h.m. Betrekkelijk weinig kwarts. Talrijke kleine en gelijkmatig groote korrels volledig gepinitiseerde cordiëriet. Evenveel of meer, verhakt schubbige, grauw gechloritiseerde biotiet. Minder en fijnschubbige muscoviet.

229A. Paarsiggrauwe andalusiethoornrots met nog vaag herkenbare gelaagdheid.

O.h.m. Zeer fijnkorrelige kwarts, biotiet en andalusiet in ongeveer even groote hoeveelheden. Minder, doch regelmatig verspreide muscoviet in grootere, grillig begrensde poikiloblastische blaadjes.

230A. Zwarte, dichte, biotiethoornrots met enkele vrij groote schubjes muscoviet.

232A. Bruingrauwe, door oxydisch erts fijn zwart gespikkelde, andalusiethoornrotslei.

233A. Bruingrauwe, zwak toermalijnhoudende andalusiethoornrotslei.

236A. Wit, vaag dun gelaagd, greisenachtig granulitisch gesteente met enkele aggregaten van een donkergroen glimmermineraal.

O.h.m. Overwegend zeer fijnkorrelige, vermoedelijk gedeeltelijk secundaire kwarts, die onder + nicols vaag een dunschisteuze textuur vertoont. Enkele groote blaadjes muscoviet. Veel toermalijn, meest in kleine, bijna kleurlooze zuiltjes en verder ook in enkele grootere, bruine zuiltjes. Hier en daar grilligkorrelige aggregaten van vermoedelijk topaas, vergroeid met muscoviet. Vrij veel oxydisch erts in staafjes en vrij groote kristallen en kristalskeletten.

Waarschijnlijk is het een imbibitiegesteente, ontstaan door injiceering door een pegmatitisch adertje van kwartsiet.

#### c. Granodioritische gesteenten.

231A. Grauwgroene kwartsdioriet.

O.h.m. Veel en vrij groote, vaak gebogen kristallen andesien met een begin van sericitiseering en epidotiseering. Zeer veel biotiet, volledig gechloritiseerd, waarbij vaak ook epidoot gevormd werd. Minder amfibool, een aktinolitisch gastalditische hoornblende; enkele kristallen zijn lichtgroen, doch de meeste vertoonen een sterk pleochroïsme van grasgroen tot fraai blauw (soms met een zwakke paarse nuance). Kwarts komt in aanmerkelijk geringere hoeveelheid dan de vorige mineralen, doch regelmatig verspreid in kleine korrels of in korrelige aggregaten voor; mogelijk zijn deze laatste sterk verbrijzelde en tot kleinere kristallen volledig gerekristalliseerde, oorspronkelijk grootere individuen. Accessorisch zijn titaanhoudend oxydisch erts, weinig apatiet, nog minder titaniet en sporadisch zirkoon.

234A. Kwartsglimmerdioriet.

O.h.m. Veel kwarts. Talrijke, meest groote, plaatselijk unduleus uitdoovende, zonaal gebouwde kristallen van zuur intermediairen plagioklaas, vaak grootendeels gesericitiseerd waarbij dikwijls ook groote schubben muscoviet gevormd werden. Veel biotiet, vaak in knoedels samengehoopt, gedeeltelijk volkomen fris, overigens geheel of grootendeels onder afscheiding van titaniet omgezet in chloriet; plaatselijk samen voorkomend met groote kristallen of grofkorrelige aggregaten epidoot. Accessorisch veel apatiet en weinig oxydisch erts en titaniet.

#### d. Post-tonalitische sedimenten.

235A. Dynamometamorfe arkosefylliet, met veel kwarts en biotiet en weinig muscoviet en veldspaat.

238A. Zilvergrijze chloritoïed (?) kwartsietnopjesfylliet.

O.h.m. Overwegend fijnkorrelige kwarts en sericietschubjes, die door hun streng onderling parallelle oriënteering een dunschisteuze textuur veroorzaken. Vrij talrijke blaadjes van vermoedelijk chloritoïed. De nopjes bestaan uit een concentratie vnl. van sericiet en verder van erts.

## II. Het gebied ten W van de S. Ella-mahola.

### A. DE S. NOEA.

In den middenloop van dit riviertje is over 3 km het Kristallinicum ontsloten, zoowel stroomaf- als stroomopwaarts gevolgd door het Oudtertiair in Melawifacies.

**1. Beschrijving der gesteenten.**

a. Jongste groep der pre-tonalitische gesteenten.

Chlorietmuscovietandalusietkwartsieten.

1087Me. Grijswitte, fijnkorrelige kwartsiet met fijn gedissemineerd sulfidisch erts.

O.h.m. De kwartskorrels zijn omhuld door een huidje lichtgroenen, bijna kleurloozen chloriet (?), die als het ware een netwerk vormt. Ondergeschikt muscoviet en korrelige tot kortstengelige aggregaten andalusiet. Regelmatig verspreid sulfidisch erts. Accessorisch rutiel en zirkoon. Mogelijk komt naast den rutiel ook brookiet voor en anataas in den kwarts.

1092 en 1096Me zijn identiek aan het vorige monster.

1102Me. Sneeuwwitte andalusietkwartsiet.

O.h.m. Enkele groote korrels kwarts in een fijner korrelige kwartsmassa. Hierin weinig lichtgroene tot kleurlooze chloriet (?) en enkele partijtjes andalusiet. Sporadisch rutiel.

Glimmerkwartsieten, ten deele met toermalijn.

1088Me. Onregelmatig grauwe, vuilgroengrauw gevlekte kwartsiet.

O.h.m. Het educt blijkt een polymikte zandsteen geweest te zijn. Naast de talrijke, vrij groote kwartskorrels zijn nog brokjes kwartsiet, kwartsietschist en kwartsrijke glimmerschist te herkennen. Enkele blaadjes muscoviet. Zeer veel biotiet in kleine, fijnvezelige aggregaten tusschen de kwartskorrels (waarschijnlijk nieuw gevormd). Sulfidisch erts, waaruit limoniet ontstaan is, dat het geheele gesteente impregneert.

1090Me. Uiterlijk als 1088Me.

O.h.m. Grillige, vaak splinterige kwartsscherfjes. Enkele brokjes kwartsiet en kwartsrijke glimmerschist in een oorspronkelijk kleïig bindmiddel, waarin veel biotiet en minder muscoviet gevormd werden.

1093Me. Grauwe, fijnkristallijne, glimmerhoudende kwartsiet.

O.h.m. In hoofdzaak kwarts. Vrij veel muscoviet. Zeer veel sulfidisch erts in enkele kristallen, geïmpregneerd in den muscoviet en als dunne huidjes om de kwartskorrels. Accessorisch toermalijn. Sporadisch zirkoon.

1089Me. Onregelmatig lichtgrijs en bruinrood gevlekte, topaashoudende chlorietglimmerkwartsiet.

O.h.m. Wederom hoofdzakelijk kwarts, waartusschen partijen en slieren van zeer lichtgroenen tot kleurloozen chloriet (?) en verder ook partijtjes gedeeltelijk gechloritiseerde biotiet en enkele muscovietschubjes voorkomen. Vrij veel sulfidisch erts, waaruit limoniet is ontstaan dat het gesteente vlekkig impregneert. Enkele groote korrels rutiel en enkele korrels topaas.

b. Oudste groep der pre-tonalitische gesteenten.

Glimmerschisten.

1091Me. Zilverwit glanzende glimmerschist met een zeer volmaakte, dun- en vlakplatige schistositeit.

O.h.m. Grano- tot zwak lepidoblastische, vlak- en dunschisteuze textuur. Overwegend kwarts en verder zeer veel glimmer, vnl. muscoviet in middelmatig groote blaadjes, minder biotiet in grootere blaadjes, vrij sterk gebleekt tot gechloritiseerd. Partijtjes sericiet. Enkele onregelmatige korrels andalusiet. Zeer veel sulfidisch erts, in groote kristallen. Regelmatig verspreid rutiel. Sporadisch toermalijn. De biotiet wekt door zijn voorkomen in grootere blaadjes, welker vorm en richting onafhankelijk zijn van de schistositeit, den indruk in het gesteente nieuw gevormd te zijn, evenals de andalusiet en het sulfidische erts.

1094Me. Gedeeltelijk grijze, gedeeltelijk zilverwit glanzende, kwartsrijke glimmerschist.

O.h.m. Veel kwarts. Zeer veel grofschubbige biotiet, waarnaast in even groote hoeveelheid voorkomt een grauwgroene chloriet, die mogelijk primair, althans niet uit den biotiet ontstaan is. Ook deze chloriet is vrij grofschubbig, maar zeer sterk poikiloblastisch vergroeid door kwarts. Minder en fijner schubbige muscoviet. Accessorisch toermalijn.

1095Me. Witte tot gele, zilverglanzende, kwartsrijke glimmerschist met stengelig schisteuze textuur.

O.h.m. Kwartsrijke, met ijzerhydroxyde zwak geïmpregneerde biotietmuscovietglimmerschist. Accessorisch veel rutiel en weinig toermalijn.

**2. Beschouwingen.**

Al deze gesteenten van de S. Noea vertoonen onmiskenbaar sporen van contactmetamorfose en behooren dus tot de pre-tonalitische gesteenten, welke ook hier in de beide groepen vertegenwoordigd zijn.

Die der oudste groep, vertegenwoordigd door de drie laatstbeschreven monsters, vallen door hun uitgesproken schisteuzen habitus onmiddellijk op t.o.v. de overige gesteenten, welke door hun massieve textuur echte hoornrotsen benaderen.

Door de regionaalmetamorfose, de oudste metamorfosefase in dit gebied, ontstonden uit deze groep waarschijnlijk vlak- en dunplatige glimmerschisten. Door de contactmetamorfose en pneumatolyse werden hierin nieuw gevormd biotiet, andalusiet, toermalijn en sulfidisch erts. Tenslotte werd òf door de orogenese tijdens de contactwerking òf door de jongste dynamometamorfose de biotiet gechloritiseerd en plaatselijk een stengelige textuur veroorzaakt.

Deze schisten vormen een smalle, WNW — OZO gerichte strook tusschen de jongste groep der pretonalitische gesteenten, vertegenwoordigd door de sub a beschreven monsters. Deze laatste gesteenten vertoonen, zooals reeds gezegd, een massieven habitus, waardoor de oorspronkelijke gelaagdheid, die zij ongetwijfeld hebben gehad, zelfs niet meer te herkennen is. Zij zijn contactmetamorf (andalusiet) en pneumatolytisch (toermalijn, topaas en sulfidisch erts) beïnvloed.

Bij de behandeling van het in hoofdstuk I beschreven gebied werd de groote waarschijnlijkheid afgeleid van een onderverdeeling der pre-tonalitische gesteenten in een regionaalmetamorfe en een jongere groep; strikt bewezen werd dit evenwel nog niet.

In enkele monsters van de S. Noea, nl. 1088 en 1090 Me, behoorende tot de niet-schisteuze, contactmetamorfe gesteenten, welke uit de onmiddellijke nabijheid der strook glimmerschisten verzameld werden, werd de aanwezigheid van detritus van kristallijne schisten aangetoond. Tegen de eventueel te opperen veronderstelling, dat dit detritus in den vorm van niet-metamorfe gesteenten werd afgezet, is in de eerste plaats aan te voeren, dat in het algemeen gesteentebrokjes veel minder gemakkelijk gemetamorfoseerd worden dan het bindmiddel, terwijl hier juist het omgekeerde het geval is, daar slechts deze brokjes en niet het bindmiddel, een schistositeit vertoonen. Bovendien zijn de schistositeitsrichtingen in de verschillende brokjes ook geheel verschillend.

Dit detritus mag dus worden beschouwd als een onmiddellijk bewijs voor de juistheid der opvatting, dat de contactmetamorfe, niet-schisteuze gesteenten jonger zijn dan de schisten, dat dus de pre-tonalitische gesteenten zijn onder te verdeelen in 2 verschillend oude groepen, van elkaar gescheiden door een periode waarin de oudste groep een regionaalmetamorfose onderging.

## B. S. ELLA-ILIR.

Ruim 1 km stroomop van Na. Kalan transgredeert het Oudtertiair over het Kristallinicum, hier vertegenwoordigd door contactmetamorfe leien en hoornrotsen, behoorende tot de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten, welke zich van hun ontsloten noordgrens over 11 km zuidwaarts langs de S. Ella-ilir uitstrekken.

### 1. Jongste groep der pre-tonalitische gesteenten.

Voor deze gesteentegroep kan in hoofdzaak volstaan worden met een verwijzing naar het J. M. '39 (blz. 29 en 30, sub „S. Ella-ilir").

Het belangrijkste monster hiervan is de fyllitische lei 444Me, waarin weer brokjes glimmerschist werden aangetroffen, waarmee het reeds door de gesteenten van de S. Noea geleverde bewijs voor een oudste formatie van schisten nog versterkt wordt.

Verder zij hieraan nog het volgende toegevoegd. Bij R. Batoeboelan [5]) worden de contactmetamorfe gesteenten doorsneden door NNW — ZZO gerichte aders van pegmatiet, die het nevengesteente hebben geïnjiceerd en tot hälleflintachtige gesteenten hebben veranderd. Even verder stroomop, bij R. Keraroe, bevinden zich concordant tusschen de contactmetamorfe gesteenten laagvormige lenzen van ijzererts, welke genetisch met de pegmatietaders in verband staan. Aan deze gesteenten zal in hoofdstuk VI een afzonderlijke, uitvoerige beschrijving gewijd worden.

### 2. Granodioritisch massief.

Even boven Kg. Empelak volgt na de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten een groot massief van het granodioritische dieptegesteente, dat zich langs de S. Ella-ilir en vervolgens langs haar linker zijtak de S. Inau tot bijna aan den oorsprong dezer laatste rivier over 20 km zuidwaarts uitstrekt.

Deze granodioriet is iets sterker wisselend van samenstelling dan in de S. Mentatai.

Een ruim 1 km breede, noordelijke strook bestaat uit echten tonaliet (1813Me). Hierna volgt een ± 3 km breede zone van dioriet (1814 en 1815 Me), gekenmerkt door een basischen plagioklaas (bytowniet) en het uitsluitend voorkomen van hoornblende als femisch mineraal. Ook hier bestaat de amfibool uit groenen hoornblende met blauwe nuances.

Het drietal ten Z dezer dioriet strook verzamelde monsters heeft een zuurdere samenstelling dan de gemiddelde tonaliet. 1817 en 1819Me zijn leukokrate kwartsglimmerdiorieten, terwijl het eveneens zeer leukokrate monster 1816Me door zijn groot gehalte aan orthoklaas een granititische samenstelling benadert.

Dit zuidelijk gedeelte van dit granodioriet massief wordt doorsneden door enkele kwartsgangen, gekenmerkt door een gelijkmatig en fijnkorrelig kwartsmozaïek, waardoor zij den habitus verkrijgen van kwartsieten. Mogelijk zijn zij ultra-zure aplitische splitsingsproducten, welke beresiet te noemen zijn. 1818Me, afkomstig van groote rolblokken, bestaat uitsluitend uit kwarts. 1820 Me, van dicht bij de zuidgrens van het massief afkomstig, vertoont in het handstuk vrij groote kristalaggregaten van sulfidisch erts (pyriet) en o.h.m. blijkt de kwarts doorzaaid te zijn met fijne rutielkorrels en in geringere hoeveelheid met kleine toermalijnzuiltjes.

### 3. Aanvullende verkenningen van 1938.

Tijdens de onderzoekingen van Sampit in 1938 werd de door ondergeteekende verrichte verkenning van de S. Seroejan tot in de Westerafdeeling langs de Boven Ella-ilir voortgezet tot Na. Inau, waar aansluiting verkregen werd met de opnemingen van het M.G.O. West-Borneo in 1931-'32.

De hierbij verkregen gegevens, reeds verwerkt in de kaart van het J. M. '39 en in het J. M. '39, blz. 44, zeer summier vermeld, zullen hier uitvoeriger besproken worden.

#### a. Granodioritisch massief.

Het granodioritische massief van overwegend tonalitisch-kwartsdioritische samenstelling zet zich boven Na. Inau langs de S. Ella-ilir voort tot voorbij de grens met de Z en O Afdeeling. Stroomop van halverwege Na. Inau en de waterscheiding nadert dit plutonische massief door verdwijnen van den hoornblende en afnemen van het orthoklaasgehalte de samenstelling van kwartsglimmerdioriet (598 en 599 Z).

5) R. = riam = stroomversnelling.
batoe = steen.
boelan = maan.

b. Intermediair tot basisch vulkanisch complex van waarschijnlijk tertiairen ouderdom.

Beginnende even boven Na. Inau strekt zich over $2\frac{1}{2}$ à 3 km een vulkanisch complex uit van intermediaire tot basische samenstelling, hetwelk op een tweetal plaatsen, nl. in het midden en dicht bij de zuidgrens, door de onderliggende tonalitische gesteenten onderbroken is.

Even boven Na. Inau begint het vulkanische complex met zeer zwak gechloritiseerden en geëpidotiseerden hoornblendebiotietdaciet (593 Z).

Twee km boven den mond bevinden zich langs den rechter oever, dicht bij elkaar, 2 vrij groote en hooge ontsluitingen. De noordelijkste hiervan vormt een 5 m hoogen, steilen wand in een fraai gebankt pakket, bestaande uit 10 à 15 cm dikke banken van hoornblendebiotietdaciet (594 Z), afwisselende met 5 à 10 cm dikke banken van sterk gechloritiseerde, waarschijnlijk dacitische tuf, die tot een lichtgele, tusschen de vingers verwrijfbare zandige klei is omgezet (595 Z). Deze tufklei is donkerbruin gevlekt door grillige en wormvormige holteopvullingen van een bruine, dichte tot aardachtige, sterk limonitische substantie. Dit gesteentepakket helt 10° naar NW.

Een paar honderd meter verder stroomop is weer een enkele meters hooge steile wand aanwezig, bestaande uit 5 à 10 cm dikke banken van afwisselenden, basischen hoornblendedaciet en hoornblendehyalobazalt (596 Z, beide gesteenten in contact); de bazaltbanken zijn onderling verbonden door vertikale aders, welke dus de dacietbanken doorbreken. Dit pakket ligt volkomen horizontaal.

Even verder is tonaliet ontsloten, die den ondergrond van het vulkanische complex vormt.

Boven Kg. Baras [6]) is weer hoornblendebiotietdaciet als 593 Z aanwezig.

Even beneden de R. Batoenetak [6]) (ruim 1 km stroomaf van Kg. Kenjoegoe [6]) gelegen) is holokristallijne hoornblendeandesiet (597 Z) ontsloten, gevolgd door hoornblendebiotietandesiet.

De R. Batoenetak bestaat uit sterk gedrukten tonalitischen kwartsglimmerdioriet (599b Z), doorsneden door verschillende, tot enkele m dikke gangen van intermediaire tot basische samenstelling (aan welke het ontstaan der stroomversnelling is toe te schrijven). De gangen strekken zich uit in richting N 40° tot 50° W. Aan den linker oever bevindt zich een minstens 5 m breede gang van hoornblendedaciet (598 Z). Aan den rechter oever zijn twee, 40 cm van elkaar verwijderde, resp. 0,5 m en 1 m dikke gangen ontsloten van gechloritiseerden en zwak geprehnitiseerden, geëpidotiseerden en getremolitiseerden olivijnhoornblendebazalt, die door zijn grooten rijkdom aan slanke zuiltjes van bruinen hoornblende een lamprofirisch uiterlijk toont (599a Z). Deze gangen zijn in tegenstelling met het kwartsdioritische nevengesteente in het geheel niet gedrukt.

Even boven de R. Batoenetak eindigt het vulkanische complex met hoornblendedaciet als 598 Z.

Betreffende de geologische positie kan het volgende worden opgemerkt.

Het vulkanische complex is uitgespreid over de granodioritische plutonen. De gangen van de R. Batoenetak behooren ongetwijfeld tot de toevoerspleten. Het ganggesteente is niet gedrukt, terwijl het nevengesteente zeer sterk gedrukt is. Waarschijnlijk zijn dus de toevoerspleten aan tectonische zones gebonden.

De post-tonalitische sedimenten, in de S. Eilamahola op 25 km afstand van dit vulkanische complex ontsloten, zijn intensief geplooid en sterk dynamometamorf veranderd. Het vulkanische complex daarentegen is, getuige zijn laaghellingen van 0° tot 10°, hoogstens slechts zwak geplooid en vertoont daarmee overeenstemmend niet de minste sporen van beïnvloeding door druk. Deze vulkanische gesteenten zijn dus zeker aanzienlijk jonger dan de Boventrias (waartoe, zie hoofdstuk IV, de post-tonalitische sedimenten behooren), waarvan zij in tijd gescheiden zijn door een periode van intensieve orogenese, gevolgd door een langdurige periode van denudatie, waarin de Boventrias nagenoeg geheel verwijderd werd. Hierdoor al wordt een ouderdom hooger dan Krijt moeilijk aanvaardbaar. Nemen we tenslotte nog in aanmerking, dat het naburige Tertiair doorbroken wordt door talrijke gangen van analoge samenstelling, dan is het alleszins gerechtvaardigd ook aan deze vulkanische gesteenten een tertiairen ouderdom toe te schrijven.

6) Niet op de kaart aangegeven.

## C. DE S. KALAN.

(linker zijrivier van de S. Ella-illir).

Inleiding.

De grens van het Tertiair met het „Kristallinicum" volgt ongeveer het ONO loopende stuk van den benedenloop van de S. Kalan.

In het oostelijke deel van dit stuk transgredeert het Tertiair over contactmetamorfe gesteenten, welke de onmiddellijke westelijke voortzetting vormen van die uit de S. Ella-ilir, en in het westelijke deel over tonaliet.

De tonaliet strekt zich langs de S. Kalan zuidwaarts over ± 12 km uit.

In het noorden wordt de tonaliet doorsneden door 2 smalle zones van kristallijne schisten en gneizen, welke worden opgevat als strooken van de oude, regionaalmetamorfe groep der pre-tonalitische gesteenten, die door „intrusion lit-par-lit" door den intrudeerenden tonaliet geïnjiceerd zijn. In enkele handstukken is deze laagsgewijze injectie door pegmatitische aders duidelijk waar te nemen. In de onmiddellijke nabijheid van de contacten bevat de tonaliet vaak sillimaniet en andalusiet en is de groene hoornblende geheel of gedeeltelijk vervangen door aktinoliet. Deze afwijkende mineralen, vooral de 2 eerstgenoemde, zijn toe te schrijven aan assimilatie van nevengesteente. Deze strook in het tonalietmassief, gekenmerkt door twee zones van kristallijne schisten, wordt beschouwd als een migmatietstrook. Hierin zijn geleidelijke overgangen te constateeren

van onveranderden tonaliet, via door assimilatie beïnvloede tonaliet gekenmerkt door sillimaniet, andalusiet en aktinoliet, in geïnjiceerde kristallijne schisten.

Stroomop van de migmatietstrook volgt over bijna 3 km uitsluitend tonaliet.

Ten Z van den tonaliet volgt een ruim 2 km breed gebied waar tonaliet afwisselt met contactgesteenten. Hier bestaat het nevengesteente echter uit de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten, zoodat hier niet voldaan is aan de laatste der 3 voorwaarden, welke voor „intrusion lit-par-lit" vereischt zijn, nl.:

1°. hooge vloeibaarheid van het intrudeerende magma;

2°. hooge temperatuur van het geïnvadeerde gesteente opdat de intrusie niet met snelle afkoeling gepaard ga;

3°. een anisotrope textuur van het nevengesteente, d.w.z. de aanwezigheid van vlakken van minimum cohaesie, die het binnendringen van het magma mogelijk maken (T i l l e y, 1925, blz. 312). Ook de modernste vertegenwoordigers der migmatietleer — zooals o.a. B a c k l u n d en W e g m a n n — welke zich de migmatitiseering veroorzaakt denken door agentiën, die afwijken van hetgeen men gewoonlijk onder „magma" verstaat, nemen aan dat een anisotrope textuur in hooge mate migmatitiseering bevordert, al is zij voor hen daarvoor geen vereischte meer. De tonalieten vertoonen hier weer dezelfde mineralogische afwijkingen (sillimaniet en andalusiet), getuigend voor assimilatie van nevengesteente, doch het nevengesteente werd slechts in massieve contactrotsen van hoogen metamorfosegraad omgezet, waarbij niet van migmatitiseering gesproken kan worden. Dit gebied is te beschouwen als de zuidelijke randzone, waar tonaliet en nevengesteente afwisselen tengevolge van een zuidwaarts geleidelijk in de diepte verdwijnen van een grillig contactvlak van het tonalietlichaam.

Ten Z van deze randzone volgen over 11 km contactgesteenten, behoorend tot de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten, welke tenslotte worden gevolgd, dicht bij den oorsprong van de S. Kalan, door granititischen tonaliet.

Voor de hierondervolgende uitvoerige bespreking van dit gebied geldt het volgende schema:

1. Metamorfe gesteenten ten N van den tonaliet.
2. De tonaliet in de Beneden Kalan.
3. Migmatietstrook in den tonaliet.
4. Zuidelijke overgangszone van den tonaliet in het contacthof.
5. Metamorfe gesteenten ten Z van den tonaliet.
6. Granititische tonaliet in het brongebied van de S. Kalan.

**1. Metamorfe gesteenten ten N van den tonaliet** (vnl. de jongste, ondergeschikt ook de oudste groep der pre-tonalitische gesteenten).

De twee noordelijkste ontsluitingen vertegenwoordigen een smalle strook van zwak contactmetamorfe en door de jongste dynamometamorfose (of (en) door de orogenese tijdens de contactmetamorfose) duidelijk beïnvloede gesteenten, de onmiddellijke westelijke voortzetting dus van gelijksoortige gesteenten uit de S. Ella-ilir. Hieruit is afkomstig 1401Me, een zwak fyllitische, gebiotitiseerde zandige kleischalie.

De chiastolietfylliet 1402Me, die in uiterlijk nog weinig het aspect van een contactgesteente vertoont, vormt een overgang van de overige gesteenten naar hoornrotsachtige contactrotsen, gekenmerkt door andalusiet, muscoviet en (gedeeltelijk gechloritiseerden) biotiet (1403 en 1405Me. In 1905Me vertoont de andalusiet, die hier overheerscht, een vlekkig verdeeld sterk pleochroïsme van kleurloos tot wijnrood; grootere kristallen dooven vlekkig unduleus uit, waarschijnlijk tengevolge van de jongste dynamometamorfose. Beide monsters bevatten oxydisch erts en zirkoon, het eerste ook toermalijn.

1404Me is een hälleflint, ontstaan door intensieve injiceering van het nevengesteente door een pegmatietader. O.h.m. blijkt het gesteente te bestaan uit zeer fijnkorreligen kwartsiet rijk aan fijne vezeltjes biotiet; hiertusschen parallelle laagjes, waarin de biotiet in grootere schubjes sterker geconcentreerd is of welke geheel uit biotiet bestaan. Verder nog enkele dunne laagjes, bestaande uit kwarts, veldspaat, biotiet en muscoviet, zeer waarschijnlijk dunne, volgens de laagrichting geïnjiceerde pegmatitische adertjes.

1407Me is een zilverwit glanzende, fijnkristallijne, duidelijk schisteuze glimmerschist, bestaande overwegend uit kwarts en fijnschubbigen muscoviet, waarnaast in geringere hoeveelheid gedeeltelijk gechloritiseerde biotiet voorkomt. Waarschijnlijk vertegenwoordigt dit monster de oudste (regionaalmetamorfe) groep, die hier dan in een smalle strook tusschen de jongste pre-tonalitische groep zou zijn ingeplooid.

**2. De tonaliet in de Beneden Kalan.**

De zuivere tonaliet, d.w.z. de niet door assimilatie van nevengesteente beïnvloede tonaliet, is vertegenwoordigd in de monsters 1406, 1408, 1410, en 1419 t/m 1423Me.

Dit tonalietmassief is volkomen te vergelijken met dat uit de S. Mentatai, zoodat hier met een beknopte beschrijving volstaan kan worden.

De habitus der zonder uitzondering zeer kwartsrijke gesteenten is steeds granitisch.

Met uitzondering van 1408Me, waarin als donker mineraal uitsluitend biotiet voorkomt en welk monster een zuurdere, kwartsglimmerdioriet te noemen, variëteit van den tonaliet vertegenwoordigt, bevatten alle monsters amfibool en biotiet als femische componenten; de amfibool bestaat uit groenen hoornblende met blauwe nuances.

De plagioklaas is in het algemeen iets basischer dan in de tonalieten van de Mentatai; hij bestaat hier overwegend uit labrador, plaatselijk uit andesien. In 1421Me werd de plagioklaas volgens de methode D u p a r c & R e i n h a r d 1924 bepaald als basische andesien van 42 à 48% An.

Alkaliveldspaat is hier minder algemeen verbreid dan in de tonalieten van de S. Mentatai; hij werd aangetroffen in 1419 (vrij weinig micropertitische orthoklaas), 1421 (vrij veel orthoklaas) en 1422Me (vrij weinig orthoklaas). De orthoklaas is steeds xenomorf. Verder komen in enkele monsters myrmekitische vergroeiingen van kwarts en veldspaat voor.

Als accessorische mineralen is steeds apatiet aanwezig, meestal ook oxydisch erts (waarnaast in nr. 1406Me ook sulfidisch erts voorkomt), dikwijls titaniet, verder zirkoon en in 1423 Me ook toermalijn.

Dit geheele tonalietmassief is vrij sterk gedrukt. De kwarts is unduleus uitdoovend, kataklastisch en plaatselijk gerekristalliseerd; de veldspaten zijn vlekkig unduleus uitdoovend, verbroken en verbogen. In enkele monsters (1408, 1422 en 1423Me) zijn deze mechanische drukverschijnselen zeer sterk, zich uitend in verbrijzelingszones, waardoor deze gesteenten een begin vertoonen van vorming van protogienen. Als chemische sporen der drukwerking ontstonden chloriet, sericiet en epidoot, waarbij in een enkel monster (1408Me) vrij grove blaadjes muscoviet in den plagioklaas en groote kristallen epidoot gevormd werden.

Hetzelfde als voor het tonalietmassief van de Mentatai betreffende de drukverschijnselen werd opgemerkt, is ook hier toepasselijk. De grofschubbige, secundaire muscoviet, de grofkorrelige epidoot, de verbrijzelingszones, de gerekristalliseerde kwarts en de vlekkig unduleus uitdoovende en verbogen veldspaatindividuen zouden volgens de opvattingen van Harker (1932) zijn toe te schrijven aan een orogenese tijdens de intrusie, dus aan piëzokristallisatie van den tonaliet. De chloritiseering, sericitiseering, de unduleus uitdoovende en kataklastische kwarts en de verbroken veldspaatkristallen zouden het gevolg zijn van een jongere dynamometamorfose, welke optrad lang na de stolling van den tonaliet.

### 3. Migmatietstrook in den tonaliet.

Inleiding.

De migmatietstrook, welker zuidgrens even ten Z van Kg. Nangahkia verloopt, is ruim 2 km breed.

Hierin kunnen worden onderscheiden 2 smalle zones van gesteenten met een uitgesproken schisteuze tot gneizige textuur, vertegenwoordigd door 1412Me in de noordelijke zone en 1414 en 1416Me in de zuidelijke zone. Deze beide zones worden gescheiden door een ± 1 km breede strook van tonalitisch gesteente, uiterlijk niet van zuiveren tonaliet te onderkennen, doch zich daarvan onderscheidend door zijn afwijkend mineraalgehalte, gekenmerkt door een aktinolitiseering van den hoornblende (1413Me). Hetzelfde gesteente (1411Me) werd aangetroffen bij de noordgrens, waar het den overgang vormt naar den zuiveren tonaliet. Het is tevens te verwachten bij de zuidgrens dezer migmatietstrook, doch van hier werd geen monster van dit gesteente verzameld.

Uit de zuidelijke gneiszone werden nog drie monsters verzameld (1415, 1417 en 1418Me), welke zoowel textureel als mineralogisch een overgangsstadium innemen tusschen de gneizen (1414 en 1416Me) en tonalieten als 1411 en 1413Me. Uiterlijk zijn het tonalieten met een onduidelijk schisteuze tot gneisachtige textuur. Het afwijkende mineraalgehalte is gekenmerkt door het voorkomen van sillimaniet en andalusiet naast aktinoliet, waaruit dus een sterkere beïnvloeding door assimilatie van nevengesteente blijkt dan in de tonalieten 1411 en 1413Me.

Deze migmatietstrook wordt dus samengesteld door overgangen, in verschillende stadia, van zuivere tonalieten (als vertegenwoordigd in 1410 en 1419Me) in gneizen. Zij zal volgens het volgende schema worden behandeld.

a. Door assimilatie van nevengesteente beïnvloede tonalieten (1411, 1413 en 1417Me).

Nog volkomen massieve textuur, waardoor zij zich in uiterlijk niet van de tonalieten onderscheiden.

Aktinolitiseering van den hoornblende, waardoor zij zich mineralogisch van de zuivere tonalieten onderscheiden.

b. Overgangsvorm tusschen schist en tonaliet (1415 en 1418Me).

Zij vertoonen reeds een, zij het nog zeer onvolmaakte, schisteuze textuur, waardoor zij ook in uiterlijk een overgang vormen naar de gneizen. Mineralogisch staan zij al geheel aan den kant der kristallijne schisten.

c. Injiceeringsgneizen (1412, 1414 en 1416Me).

Uitgesproken schisteus gneisachtige textuur, die ook o.h.m. duidelijk tot uiting komt.

a. Door assimilatie van nevengesteente beïnvloede tonalieten (aktinoliettonalieten).

1411Me. Dit monster onderscheidt zich van den normalen tonaliet uitsluitend in den amfibool, die hier geheel bestaat uit aktinoliet (van welk mineraal een primair voorkomen in stollingsgesteenten niet bekend is).

1413 en 1417Me. Deze gesteenten onderscheiden zich mineralogisch van normalen tonaliet slechts doordat de groene hoornblende hier gedeeltelijk is omgezet in aktinoliet. Dit is van belang voor 1411Me, waar uitsluitend aktinoliet voorkomt, waar dus de oorsprong van dezen amfibool onbekend is, terwijl in deze monsters blijkt dat hij uit den groenen hoornblende, die zeer algemeen is in de tonalieten in dit gebied, ontstaan is. Mineralogisch vormen deze gesteenten dus nog een tusschentrap tusschen den normalen tonaliet en 1411Me. Echter nadert 1417Me door zijn reeds kenbare schisteuze textuur in sterkere mate de gneizen.

b. Overgangsvorm tusschen schist en tonaliet.

In mineralogisch opzicht kristalijne schisten (sillimanietandalusietglimmerschisten), in uiterlijk nog weinig van stollingsgesteente verschillend.

1415Me. In uiterlijk lijkt dit gesteente op het eerste gezicht nog op een stollingsgesteente, doch bij nadere beschouwing blijkt het vrij rijk te zijn aan sillimaniet, die tot 2 cm lange zuiltjes vormt, waardoor reeds het afwijkende karakter blijkt.

O.h.m. Ook o.h.m. is nog geen aanduiding op schisteuze textuur waarneembaar.

Overwegend glimmer: vnl. muscoviet, minder biotiet. Veel kwarts. Minder veldspaat, nl. oligoklaas-andesien (25 à 30% An., bepaald volgens meth. Rittmann). Sillimaniet, in stengelige aggregaten, in breede zuiltjes, en verder ook als haarfijne naaldjes in kwarts en biotiet. Ondergeschikt andalusiet. Accessorisch vrij veel oxydisch erts.

Het samen voorkomen van sillimaniet en andalusiet wordt in de literatuur wel meer vermeld; het wordt door Harker (1932, blz. 325) beschouwd als typisch voor

eerst regionaal, vervolgens contactmetamorf beïnvloede schisten. Bij de regionaalmetamorfose ontstond sillimaniet in naald- tot haarvormige, vaak slierige, aggregaten; bij de contactmetamorfose werd andalusiet gevormd en bovendien ook nieuwe sillimaniet, thans echter in afzonderlijke, zuilvormige, individuen. Beide ontwikkelingsvormen van sillimaniet, door Harker afgebeeld in 1932, fig. 170 B en 172 B, komen ook in dit gesteente voor. Dit monster is dus volgens Harker typomorf voor eerst regionaal, vervolgens contactmetamorf beïnvloede schisten.

1418Me. In uiterlijk niet te onderscheiden van een donkeren, biotietrijken tonaliet of kwartsglimmerdioriet; het vertoont een zwakke aanduiding op schisteuze textuur.

O.h.m. Ook hier is een zwak schisteuze textuur kenbaar.

Vrij grof- en gelijkmatigkorrelige kwarts en andalusiet en verder grofschubbige biotiet bouwen in hoofdzaak het gesteente op. Verder nog vrij veel sillimaniet in harige tot fijnvezelige slieren. Accessorisch oxydisch erts, apatiet en zirkoon.

De contactmetamorfe ontwikkelingsvorm van sillimaniet ontbreekt hier, waartegenover staat het groote gehalte aan het typische contactmineraal andalusiet. Het ontbreken van plagioklaas verwijdert het verband met de tonalieten.

c. Schisten en gneizen.

α. Schisten (noordelijke zone).

De noordelijke zone bestaat uit dun- en vlakgelaagde, donkere schisten, vertegenwoordigd in 1412Me.

O.h.m. Een gelaagde textuur komt duidelijk tot uiting, vnl. door den parallel georiënteerden rijk aanwezigen, vrij grofschubbigen biotiet, die bovendien de tendens vertoont zich in lagen te concentreeren.

Verder overwegend kwarts in gelijkmatig groote korrels, waarvan hier en daar ook kleine porfiroblasten voorkomen. Regelmatig verspreid, doch in vrij geringe hoeveelheid andesien (30 à 35% An.; meth. Rittmann). Andalusiet, in slecht begrensde kristallen. Sillimaniet, uiterst fijnvezelig en sterk geconcentreerd in slierige lagen. Kleine korrels epidoot. Accessorisch veel sulfidisch erts.

Dit gesteente vertoont dus een zeer groote overeenkomst met het sub b. beschreven monster 1415Me. Het vertoont echter een volmaakt schisteuze textuur.

Volgens Harker zou de fijnvezelige sillimaniet ontstaan zijn tijdens de regionaalmetamorfose. De rijk aanwezige andalusiet bewijst een intensieve contactwerking.

β. Injiceeringsgneizen (zuidelijke zone).

De van hier afkomstige monsters 1414 en 1416Me zijn uitgesproken schisteus. Zij worden dooraderd door nagenoeg volkomen leukokrate, 1 à 2 cm dikke pegmatietaders (in nr. 1414Me met enkele groote biotietschubben). In het eerste monster doorbreekt de pegmatietader het gesteente dwars op de schistositeit; in het tweede monster volgt de pegmatietader de schistositeit en zendt apofysen dwars op deze richting uit, van waaruit weer smallere aders het gesteente volgens de schistositeit binnendringen. In beide monsters komt een injiceering door den pegmatiet zeer fraai tot uiting.

O.h.m. De macroscopisch zoo duidelijk gelaagde textuur komt hier veel minder scherp tot uiting. Overigens is het gesteente hier van een zuiver stollingsgesteente haast niet te onderscheiden. 1414Me bestaat overwegend uit kwarts en veldspaat. De veldspaat is vertegenwoordigd door orthoklaas en oligoklaas (± 15% An.; meth. Rittmann); de oligoklaas is gedeeltelijk gesericitiseerd waarbij sporadisch ook epidoot werd afgezet. Vrij weinig biotiet, die een begin van chloritiseering vertoont. Accessorisch vrij veel oxydisch erts in groote kristallen waarbij hier en daar titaniet gevormd werd. 1416Me heeft een grofkorrelige panidiomorfe structuur met een zwak schisteuze textuur door de parallel georiënteerde schubben biotiet. Kwarts en veldspaat overwegen; de veldspaat bestaat hier vnl. uit oligoklaasandesien, waarnaast ondergeschikt orthoklaas voorkomt. Accessorisch zirkoon.

d. Beschouwingen.

Deze gesteenten vertoonen alle mogelijke overgangen, zoowel in mineralogisch als in textureel opzicht, terwijl deze overgangen in beide opzichten niet parallel verloopen; hiermee wordt bedoeld dat een gesteente mineralogisch dichter bij den tonaliet doch textureel dichter bij een schist kan staan dan een ander monster en omgekeerd. Zoo is in 1411Me de groene hoornblende geheel vervangen door aktinoliet, doch in uiterlijk van den normalen tonaliet niet te onderscheiden. In 1417Me daarentegen is de groene hoornblende nog slechts gedeeltelijk vervangen door aktinoliet, waardoor dit gesteente mineralogisch iets dichter bij den normalen tonaliet staat dan nr. 1411Me; daartegenover staat dat het reeds een begin van schistositeit vertoont, in welk opzicht het dus verder van den tonaliet en dichter bij de schisten staat dan 1411Me.

Een ander voorbeeld wordt gevonden in de monsters 1412 en 1415Me, welke mineralogisch overeenkomstig zijn, terwijl het eerste een volmaakt schisteuze textuur bezit en het andere monster volkomen massief is. Deze gesteenten vormen dus echte migmatieten, menggesteenten, waarin zich steeds dergelijke geleidelijke en wisselende overgangen voordoen.

Deze migmatietstrook is als volgt te interpreteeren.

De noordelijke zone van schisten en de zuidelijke zone van gneizen en schisten vormen smalle, xenolitische strooken, mogelijk dakhangers, van kristallijne schisten — de regionaalmetamorfe, oudste groep der pre-tonalitische gesteenten — in het tonalietmassief. Een endomorfe beïnvloeding van den tonaliet, waarschijnlijk door geringe assimilatie van het nevengesteente, verraadt zich door de aktinolitiseering van den groenen hoornblende 1411 en 1417Me) De xenolieten konden echter niet geheel door het magma worden opgenomen, doch werden, waar zij bleven bestaan, door intensieve contactwerking beïnvloed. Waarschijnlijk bestonden zij grootendeels uit sillimanietglimmerschisten. Door de contactwerking ontstond mogelijk biotiet, doch zeker andalusiet (1412, 1415 en 1418Me), terwijl verder ook de zuilvormige sillimaniet (1415Me) volgens Harker een con-

tactproduct zou zijn; de plagioklaas in 1412 en 1414Me is waarschijnlijk door den tonaliet nieuw aangevoerd. Bij de contactmetamorfose bleef de schistositeit nog goed behouden in nr. 1412Me, doch ging in de 2 monsters 1415 en 1418Me grootendeels verloren.

In de zuidelijke xenolietstrook werd magma in aders volgens of dwars op de schistositeit der schisten ingeperst, dat van hieruit, door een, in de handstukken duidelijk zichtbare, „intrusion lit-par-lit" de schisten injiceerde en imbibeerde en het oorspronkelijke gesteente geheel verdrong, zoodat producten ontstonden, die van de oorspronkelijke schisten nog slechts de uitgesproken gelaagde textuur bewaarden, doch overigens, mineralogisch, van kwartsglimmerdiorieten, althans van zuivere stollingsgesteenten, niet te onderscheiden zijn.

Aldus ontstonden typische geïnjiceerde gesteenten, waarover Grubenmann-Niggli 1924, blz. 333, al. 3) schrijven: „Die typischen Injektionsgesteine gehören indessen vorwiegend tiefaufgeschlossenen Gesteinskomplexen mehrfacher Metamorphose an, wobei besonders kennzeichnend zu sein scheint, dass mit der Injektion sehr wasserreicher Lösungen eine Faltung verbunden war".

Deze uitspraak is voor ons van groot belang. In de eerste plaats wordt hierdoor in de migmatietstrook wederom een steun gevonden voor de reeds in het voorgaande afgeleide opvatting, dat de intrusie der tonalieten geschiedde tijdens een orogenese. Verder volgt hieruit de conclusie, dat in het gebied van het „Kristallinicum" ten Z van de Melawi in het algemeen, en in het gedeelte van de S. Kalan in het bijzonder, een diep gedeelte der aardkorst tijdens het intrudeeren der tonalieten ontsloten is.

Het zal wellicht op het eerste gezicht bevreemding wekken, dat in een over migmatieten handelende paragraaf verwezen wordt naar een werk van Grubenmann-Niggli (1924), waarin een afwijzende houding wordt aangenomen tegenover de migmatietleer der Scandinavische geologen (vnl. zij verwezen naar Wegmann, 1935 en 1936 en Backlund, 1936), zoodat dit nog eenige toelichting behoeft.

Volgens Backlund (1936) vormen migmatieten s. str. een stadium in het proces van ultrametamorfose, waarbij door de inwerking der „granitiseerende agentiën" („ichor" van Sederholm, „poriënmagma" van Eskola; „granitiseerende emanaties" van Holmes) op reeds regionaalmetamorfe gesteenten granitische of granodioritische gesteenten met isotrope textuur ontstaan. Backlund's oogengneizen en arterieten (te vergelijken met de hier geïnjiceerde schisten genoemde gesteenten) zijn overgangsstadia op den weg naar migmatieten s. str. Ultrametamorfose is uiteraard steeds beperkt tot diepe deelen der aardkorst; als bovenste grens wordt, ter bepaling van de gedachten, door Wegmann (1936, blz. 45, laatste al.) een bedrag van 5 à 6 km genoemd. Dicht bij deze bovenste grens komen voor ultrametamorfose slechts de meest voor granitiseering toegankelijke sedimenten in aanmerking; dit zijn gesteenten met uitgesproken anisotrope textuur, dus kristallijne schisten. Tusschen Niggli en de Scandinavische geologen bestaat er betreffende deze laatstgenoemde gesteenten in zooverre geen meeningsverschil, dat zij worden opgevat als „menggesteenten" van kristallijne schisten en van „granitiseerende agentiën"; het meeningsverschil komt slechts betreffende den aard dezer laatste tot uiting. Volgens Niggli bestaan de „granitiseerende agentiën" uit dun vloeibaar, onder hooge temperatuur en druk staand granitisch „magma", dat langs de voegvlakken der schisten wordt geïnjiceerd, waardoor geïnjiceerde schisten of injectiegneizen ontstaan; volgens de Scandinavische geologen bestaan zij uit het „ichor" of het „poriënmagma", waardoor oogengneizen of arterieten, bij verdere intensiveering van dit proces zelfs textureel isotrope granieten, ontstaan. Allen zijn het er over eens, dat dergelijke gesteenten slechts ontstaan in diepe deelen der aardkorst (onder het „migmatietfront" van Wegmann, 1935) en tijdens een orogenese.

**4. Zuidelijke overgangszone van den tonaliet in zijn contacthof.**

a. Beschrijving der gesteenten.

1424Me. Grauwgroen, massief, dicht gesteente.

O.h.m. Groote uitgewalste, slierige partijen van sterk gedrukten (eerst intensief verbrijzelden, vervolgens gerekristalliseerden) kwarts. Groote partijen sericiet, vermengd met calciet. Slierige partijen van grasgroenen chloriet. Verder sulfidisch erts in enkele groote kristallen, meest in kleine korrels gebonden aan de chlorietslieren.

De interpretatie van dit gesteente is slechts mogelijk door vergelijking met het, zich in de onmiddellijke nabijheid bevindende, monster 1423Me. Dit bestaat uit tonalitisch gesteente, dat intensief gesericitiseerd, gechloritiseerd en geëpidotiseerd en zwak gecarbonatiseerd is en bovendien nog toermalijn bevat. Vermoedelijk is ook 1424Me oorspronkelijk een tonaliet, waarin de pneumatolytisch-hydrothermale beïnvloeding en drukwerking, die bij 1423Me reeds zoo'n belangrijke rol gespeeld hebben, nòg intensiever gewerkt hebben, zoodat hier de biotiet, en ook de eventueel aanwezig geweest zijnde hoornblende, volledig gechloritiseerd en de veldspaat volledig gesericitiseerd en gecarbonatiseerd werden; door de drukwerking, waarschijnlijk veroorzaakt door de orogenese tijdens de plooiing, werd dit gesteente a.h.w. uitgewalst, hetgeen o.h.m. tot uiting komt.

1425Me. Onduidelijk gelaagde hoornrots.

O.h.m. Gelijkmatigkorrelig gesteente. Kwarts, plagioklaas en biotiet. Accessorisch vrij veel apatiet en fijnkorrelig erts; sporadisch zirkoon.

Contactmetamorf gesteente uit de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten. De onvolmaakte gelaagdheid is waarschijnlijk een relict van de oorspronkelijke gelaagdheid. De plagioklaas was vermoedelijk reeds aanwezig in het educt, dat een veldspaathoudende kleizandsteen geweest kan zijn.

1426Me. Grauwe, grofkristallijne sillimanietandalusietglimmerschist met een vlakke, volmaakte schistositeit. In het handstuk een pegmatitisch adertje.

O.h.m. Overwegend kwarts waartusschen sporadisch intermediaire plagioklaas. Zeer rijk aan glimmer, vnl. grofschubbige biotiet; muscoviet in kleinere blaadjes.

Veel sillimaniet, vnl. in dichte, haarfijn vezelige partijen en slieren; verder ook in afzonderlijke naaldjes en kleine partijtjes in den kwarts. Enkele korrels en zuiltjes andalusiet. Accessorisch sulfidisch erts en apatiet zijn regelmatig verspreid; sporadisch zirkoon.

Dit gesteente komt volkomen overeen met 1412Me uit de noordelijke schistzone der migmatietstrook. Hiermee is dus weer de oudste, regionaalmetamorfe, groep der pre-tonalitische gesteenten vertegenwoordigd.

1427Me. Grijze, grofkristallijne kwartsglimmerdioriet.

O.h.m. Overwegend kwarts en plagioklaas. De plagioklaas is een zure andesien (30 à 35% An.; meth. Rittmann). Deze beide mineralen komen zoowel in zeer groote als in kleinere individuen voor. Zij vertoonen de sporen van sterken druk: de kwarts is sterk unduleus uitdoovend, verbrijzeld en vervolgens gerekristalliseerd; de plagioklaas is vaak vlekkig unduleus uitdoovend en soms verbogen. De plagioklaas is nog nagenoeg volkomen frisch; slechts hier en daar werd sericiet gevormd, terwijl verder ook, zij het ook zeer sporadisch, sillimaniet hierin werd aangetroffen. Als femisch bestanddeel uitsluitend biotiet. Accessorisch vrij veel erts; groote kristallen apatiet; zirkoon.

Behalve de reeds genoemde sillimaniet in den veldspaat werd als vreemd mineraal ook andalusiet in enkele, vrij groote kristallen aangetroffen.

Dit gesteente is dus een gedrukte kwartsglimmerdioriet, beïnvloed door assimilatie van nevengesteente, waardoor andalusiet en sillimaniet ontstonden.

Het staat in onmiddellijk contact met de sillimaniet-andalusietglimmerschist 1426Me. Hiermee is in overeenstemming, dat het een veel sterkere (en hier onmiskenbare) beïnvloeding door assimilatie van nevengesteente vertoont dan de monsters 1411 en 1417Me uit de migmatietstrook, waarin zich de assimilatie slechts uit in aktinolitiseering van den hoornblende, en welke monsters dan ook van iets grooteren afstand van het nevengesteente afkomstig zijn.

1428Me. Grijze hoornrots.

O.h.m. Overwegend biotiet en sericiet (?), waarnaast veel kwarts en andalusiet. Ondergeschikt sillimaniet. Accessorisch erts en sporadisch zirkoon.

1429Me. Sterk gedrukte tonaliet afkomstig uit het onmiddellijke contact met de hoornrots 1428Me, met grootendeels geaktinolitiseerden hoornblende, waartusschen nog enkele kleine restjes van den oorspronkelijken groenen hoornblende aanwezig zijn. Verder enkele, zeer groote, onregelmatige kristallen van ijzerrijken toermalijn.

1430Me. Donkergrauwe, zeer onduidelijk gelaagde hoornrots, bestaande uit kwarts, biotiet en muscoviet en weinig fijnkorreligen pyriet.

1431Me. Lichtkleurige kwartsrijke tonalietporfiriet met enkele cm groote insluitsels van grauwe, zeer fijnkristallijne hoornrots.

O.h.m. Holokristallijne porfirische structuur. Fenokristen. Unduleus uitdoovend kwarts, in groote, sterk gecorrodeerde, verbroken kristallen. Andesien (30 à 35% An., meth. Rittmann), in verbogen en verbroken kristallen. Als donkere mineralen biotiet en lichtkleurige (Al-arme?), groene hoornblende, die wel in enkele, zelfstandige, groote individuen voorkomen, doch meestal zijn samengehoopt en innig met elkaar vergroeid.

De grondmassa bestaat uit dezelfde mineralen, doch kwarts en veldspaat overheerschen; hiertusschen kleine flarden biotiet en zuiltjes hoornblende.

Accessorisch zijn oxydisch erts en titaniet; de laatste in fijnkorrelige aggregaten.

1432Me. Grauwe, fijnkorrelige diorietporfiriet, gangvormig voorkomende in den zooeven beschreven tonalietporfiriet.

O.h.m. Holokristallijne, zwak porfirische structuur. De fenokristen bestaan uitsluitend uit bytowniet (80 à 85% An., meth. Rittmann).

De grondmassa vertoont een haast ofitische structuur door de idiomorfe plagioklaaslatjes (bytowniet): zij bestaat overwegend uit kort zuilvormige kristallen van lichtgroenen hoornblende en uit lichtbruinen biotiet, vaak innig vergroeid met den hoornblende.

Accessorisch fijnkorrelige aggregaten titaniet vaak met fijn oxydisch erts in de kern; vrij weinig sulfidisch erts.

Het gesteente is een diorietporfiriet, een overgang vormende naar vintliet (dus een overgangsstadium naar lamprofier).

Beide gesteenten (1431 en 1432Me) zijn te beschouwen als één apofyse van het tonalitische magma, dat gesplitst is in den zuurderen, naar een pegmatiet neigenden, buitenrand 1431Me) en een meer basische inwendige zone, welke een overgang vormt naar een lamprofier (1432Me). De brokjes hoornrots in 1431Me zijn uit het doorbroken nevengesteente opgenomen.

Ten Z van den zooeven beschreven apofyse volgen weer hoornrotsen over ruim 0,5 km, waarna de laatste tonalietontsluiting werd aangetroffen, waaruit 1433Me afkomstig is. Dit is een biotietrijke tonaliet, met accessorisch veel oxydisch erts en apatiet en weinig zirkoon en grofkristallijne partijen van epidoot.

b. Samenvatting.

De hier beschreven, onmiddellijk aan het tonalietmassief grenzende strook van nevengesteente is, òf door talrijke apofysen van den tonaliet doorbroken, òf men heeft hier te maken met het, in het groot geleidelijk zuidwaarts dalende, grillige bovencontactvlak van de tonalietintrusie. Op één plaats is echter het apofyse-karakter duidelijk; het stollingsgesteente bevat hier ingesloten brokjes van het doorbroken nevengesteente; verder vertoont het stollingsgesteente hier de structuur van een ganggesteente en is bovendien gesplitst in een zuurdere, een pegmatiet benaderende, buitenzone en een meer basische kernstrook, die een overgang vormt naar een lamprofier (1431 en 1432Me).

De tonaliet toont hier sporen van een endogene pneumatolytische werking, getuige de toermalijn in 1423 en 1433Me. In 1424Me is de veldspaat volledig omgezet, vnl. in sericiet en in mindere mate in carbonaat, terwijl de biotiet volledig is gechloritiseerd; het gesteente, op zich zelf beschouwd, zou hierdoor niet meer te herkennen zijn, hetgeen slechts mogelijk was door vergelijking met het dichtbij voorkomende monster 1423Me, waar deze processen niet zoo volledig zijn verloopen.

De tonalieten zijn sterk gedrukt; de duidelijkste sporen hiervan vertoont 1424Me, dat o.h.m. een uitgewalst aspect vertoont. De grofschubbige, secundaire muscoviet en grofkorrelige epidoot maken het, volgens Harker, waarschijnlijk dat de tonaliet intrudeerde tijdens een orogenese (piëzokristallisatie van Weinschenk) zooals voor het tonalietmassief uit de Mentatai reeds werd uiteengezet.

Het nevengesteente bestaat hier in hoofdzaak uit de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten. De hieruit ontstane contactrotsen vertoonen uiterlijk een hoogen graad van metamorfose; het zijn donkergrauwe, massieve gesteenten met den voor hoornrotsen typischen, zwakken glans, veroorzaakt door een grooten rijkdom aan fijnschubbigen glimmer. 1430Me bestaat uit kwarts, biotiet en muscoviet. 1925Me bevat kwarts, biotiet en plagioklaas, welk laatste mineraal vermoedelijk reeds aanwezig was in het educt. 1428Me staat in onmiddellijk contact met tonaliet (1429Me) en vertoont hiermee overeenkomstig ook mineralogisch, door zijn gehalte aan andalusiet en sillimaniet, een zeer hoogen metamorfosegraad.

Tusschen de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten is in ondergeschikte hoeveelheid ook de oudste, regionaalmetamorfe, groep aanwezig, vertegenwoordigd in de volmaakt schisteuze sillimaniet-andalusietglimmerschist 1426Me.

Waar de tonalieten in onmiddellijk contact staan met het nevengesteente, zijn zij, evenals in de migmatietstrook in het noorden, door assimilatie van het nevengesteente beïnvloed. Althans hieraan wordt toegeschreven de aktinolitiseering van den hoornblende in 1429Me. In 1427Me wordt de opvatting van beïnvloeding door assimileering nog gesteund (zoo niet bewezen) door het voorkomen van andalusiet en in zeer ondergeschikte mate waarschijnlijk ook van sillimaniet; daar dit gesteente een kwartsglimmerdioriet is, die in het geheel geen hoornblende bevat, komt hierin geen aktinoliet voor.

Dit laatste monster (1427Me) zou dus in te passen zijn in de overgangsreeks, die in de migmatietstrook werd opgesteld van tonaliet naar gneis, waarin dit gesteente een sterker door assimilatie van nevengesteente beïnvloed type zou vertegenwoordigen dan de tonalieten, waarin slechts de hoornblende geheel of gedeeltelijk geaktinolitiseerd werd.

**5. Metamorfe gesteenten, behoorende tot de jongste pre-tonalitische groep, ten Z der zuidelijke overgangszone.**

Van de 15 monsters, van hier afkomstig, zullen drie afzonderlijk worden behandeld, waarna een algemeene beschrijving van dit gebied volgt.

1438Me. Grauwe andalusiethoornrots.

O.h.m. Kwarts; zeer veel biotiet in kleine, flardenachtige schubjes; weinig muscoviet in automorfe en grootere schubjes dan de biotiet; veel andalusiet.

Het gesteente wordt doorsneden door enkele aders, bestaande uit innig vergroeide biotiet en andalusiet. De andalusiet heeft een opvallend sterk, vlekkig verdeeld pleochroïsme van kleurloos ( $\perp$ c) tot wijnrood (//c), waarbij de sterk pleochroïtische gedeelten een iets zwakkere dubbelbreking vertoonen dan de normaal pleochroïtische gedeelten.

Een biotietandalusietgang is zeldzaam. Rosenbusch-Mügge (1927, blz. 313) noemen het voorkomen van andalusiet in alkaligranulieten zeer merkwaardig. (Het artikel van Sjögren, Johannsen & Naima Sahlbohm, waarnaar zij verwijzen, stond schrijver dezes niet ter beschikking). Verder is gangvormige andalusiet bekend uit de Ardennen; twee vóór dien nog niet bekende gangen van kwarts, andalusiet en haematiet werden beschreven door Corin (1929 en 1934). In het eerste dezer beide artikels wordt een gang bij Ottrez beschreven, die bestaat uit andalusiet en pyrofylliet, welke dus al groote overeenkomst vertoont met onze gang, welke echter naast andalusiet een *donkeren* glimmer bevat. In het tweede artikel schrijft Corin (1934, blz. 403), dat in al deze gevallen (dus ook de pyrofyllietandalusietgang van Ottrez) de andalusietgangen zekere analogieën vertoonen met de vormingen die Michel-Lévy beschouwt als uiteinden van granulitische aders en dat hun mineraalgehalte behoort tot de paragenesen der katazone.

1440Me. Wit hälleflintachtig gesteente met een pegmatitisch adertje van veldspaat, biotiet en muscoviet, dat begeleid wordt door sneeuwwitte dichte zoomen, die overgaan in een lichtrose, zeer fijnkorrelig kwartsitisch gesteente.

O.h.m. Een pegmatitisch adertje bestaande uit vrij grofkristallijnen oligoklaas, waartusschen slieren en partijen van muscoviet en chloriet en zeer ondergeschikt kwarts voorkomen; de chloriet is ontstaan uit biotiet, waarbij zeer veel rutiel in haarfijne naaldjes werd afgescheiden.

Naar den rand toe wordt dit pegmatietadertje wat minder grofkorrelig en gaat over in even grofkristallijnen kwartsiet, die den overgang vormt naar zeer fijnkorreligen, zwak muscoviethoudenden kwartsiet.

1442Me. Grauw tot bruin, hälleflintachtig gesteente met een pegmatitisch adertje van veldspaat, kwarts en glimmer.

O.h.m. In hoofdzaak een zeer fijnkorrelige biotietkwartsiet met zeer kleine geïsoleerde schubjes van biotiet; verder rijk aan rutiel, meest in uiterst kleine zuiltjes.

Deze kwartsiet wordt doorsneden door talrijke, onregelmatige aders, bestaande overwegend uit grofschubbige muscoviet en chloriet, waartusschen vrij veel sulfidisch erts, groote onregelmatig begrensde korrels titaniet en ondergeschikt epidoot voorkomen.

Het pegmatietadertje werd in het slijpplaatje niet getroffen; de vermelde, overwegend uit glimmers bestaande snoeren stellen apofysen van het pegmatietgangetje voor.

Dit gebied bestaat uit contactmetamorfe gesteenten, welker educten als zandsteen, kleisteenen en kleizandsteenen meestal nog te herkennen zijn. Meerdere malen is nog de oorspronkelijke gelaagdheid te zien, die uiterlijk slechts in kleurverschillen doch niet in de textuur tot uiting komt. Textureel zijn het alle volkomen massieve, hoornrotsachtige gesteenten. Zij vertoonen niet de minste sporen van schistositeit; zij behooren dus ongetwijfeld tot de jongste groep der pre-tonalitische gesteenten.

Overwegend zijn het kwartsitische gesteenten, welker eductен slechts zwak kleihoudende zandsteenen waren. Aan nieuwe mineralen werden hierin meestal slechts gevormd biotiet, die min of meer volledig gechloritiseerd werd en, meest sericitisch fijne, muscoviet; hiernaast ontstond veelal ook andalusiet, waartoe vermoedelijk een sterker kleihoudend educt noodig was. Hieruit ontstonden de kwartsiethoornrotsen 1434, 1439, 1444, 1447 en 1448Me en de andalusiethoornrotsen 1436, 1438, 1441 en 1446Me, welke alle biotiet en sulfidisch erts en de twee eerste monsters ook muscoviet bevatten; het 2de monster, 1438 Me, is doorsneden met aders opgevuld met biotiet en andalusiet.

Een oorspronkelijke kleisteen werd slechts veranderd tot een harde, massieve contactvlekkleisteen (nr. 1437Me); een kleischalie in chlorietsericietlei (nr. 1445Me) en een zandige kleischalie in fyllitische kwartsietlei, rijk aan sericiet, welke bovendien toermalijn en oxydisch erts bevat (nr. 1435Me).

Een kwartsiethoornrots met een eigenaardig dicht, wit gevlekt uiterlijk, 1443Me, is waarschijnlijk ontstaan uit een polymikten kleizandsteen met brokjes kwartsiet.

Door intensieve injiceering door pegmatitische adertjes, bestaande uit plagioklaas, kwarts, muscoviet en chloriet, ontstonden dichte, hälleflintachtige gesteenten (1440, 1442Me).

Deze pegmatietadertjes, het voorkomen van toermalijn, het veelvuldig optreden van oxydisch en sulfidisch erts en waarschijnlijk ook de algemeene sericitiseering dezer gesteenten zijn toe te schrijven aan de pneumatolytisch-hydrothermale fase der contactmetamorfose.

**6. Granititische kwartsglimmerdioriet in het oorsprongsgebied van de S. Kalan.**

Ten Z van het sub 5 besproken contacthof volgt, dicht bij den oorsprong van de S. Kalan, granititische tonaliet (1449Me).

O.h.m. Overwegend sterk unduleus uitdoovende kwarts en verbogen en vlekkig uitdoovende veldspaten. Onder de veldspaten overheerscht intermediaire plagioklaas in groote, idiomorfe tot hypidiomorfe, zonaal gebouwde kristallen; hij bestaat gemiddeld uit andesien van 35 à 40% An., vaak bestaat hij uit een basische kern van 45 à 50% An., die naar den rand overgaat in oligoklaas van ± 20% An., (bepalingen volgens de methode R i t t m a n n). Kaliveldspaat (orthoklaas, micropertiet en microclien) komt veelvuldig, hoewel in aanmerkelijk geringere hooveelheid dan de plagioklaas, in groote, doch xenomorfe kristallen voor. Biotiet vormt talrijke, groote schubben, soms begeleid door epidoot. Muscoviet, zoowel primair samen voorkomend en vergroeid met den biotiet als ook secundair uit den plagioklaas ontstaan. Accessorisch veel apatiet in groote kristallen en sporadisch zirkoon.

Het gesteente is duidelijk gedrukt. De vorming van groote epidootkristallen en van groote schubben secundairen muscoviet wijst volgens H a r k e r op drukwerking tijdens de intrusie.

*(Wordt vervolgd.)*

## UIT DE LITERATUUR.

*The Mining Journal* van 17 Februari 1940 geeft onder het hoofd „Mammoth Dredges of Today" eenige afmetingen van moderne groote goudbaggermolens, benevens nog enkele bijzonderheden omtrent den bagger No. 6 van de Petaling Tin Co., waarover reeds een en ander in het vorige nummer van „De Ing. in Ned.-Indië" werd medegedeeld en waaraan thans het volgende kan worden toegevoegd.

De emmerladder heeft een lengte van 62,5 m, gemeten van het hart van den benedentuimelaar tot de bovenas. Het gewicht van den ladder alleen bedraagt 640 ton en compleet gemonteerd 1200 ton.

De emmers, geleverd door H a d f i e l d, zijn van mangaanstaal en wegen per stuk 2,8 ton; zij zijn voorzien van Hecla bekbanden en Kent patent opsluitwiggen. De emmerbouten van nikkel-chroommolybdeenstaal hebben een diameter van $8\frac{1}{4}$". De emmerketting wordt aangedreven door een 450 pk motor met behulp van V-riemoverbrenging, welke mede omvat een versnellingsbak, een vloeistofkoppeling en een compensatiekoppeling.

De opgegraven grond wordt gelost in een dubbelen zeeftrommel van ruim 22 m lengte, waarvan de binnenste een diameter van 2,70 m en de buitenste van 4,40 m heeft.

Omtrent grootte, vorm en aantal der gaten, zoomede de wijze van toevoeging van waschwater wordt niets vermeld.

Het grove afgezeefde materiaal wordt naar achteren gestort met behulp van een transportband, waarmede het op willekeurigen afstand tot maximaal 60 m ver kan worden gedeponeerd. Desgewenscht kan het ook door een goot tot op circa 6 m achter den molen worden gestort.

Het afgezeefde ertshoudende materiaal gaat via een verdeelbak naar 14 jigs met een dubbel bed; het product hiervan wordt geclassificeerd en gaat naar een serie secundaire jigs van het Harztype. Het hoogwaardige product hiervan gaat naar den wal en het laagwaardige wordt in Denverjigs verder behandeld. De tailings van de primaire jigs worden ingedikt en met den transportband verwijderd; die van de secundaire en tertiaire jigs worden op korten afstand achter den molen gedeponeerd.

De benoodigde energie wordt geleverd door een B. en W. stoomketel, welke met kolen wordt gestookt en stoom van 26 atm levert. Hiermede wordt een turbine gedreven, waaraan gekoppeld een 850 kW wisselstroom- en 250 kW gelijkstroomgenerator.

In totaal zijn er 59 motoren, varieerend van 1 tot 555 pk; wisselstroom wordt gebruikt voor constante snelheden en gelijkstroom, waar variabele snelheden worden gewenscht.

Het gekozen schakelsysteem geeft een groote besparing aan ruimte en maakt afstandsbediening der motoren mogelijk.

Een hulpdieselgenerator-combinatie is aanwezig benevens een volledig ingerichte werkplaats.

*

*Mining Journal* 9 Maart 1940 bevat de mededeeling, dat te beginnen met Mei de smelterij van Géomines maandelijks ongeveer 1000 ton metaal zal leveren, afkomstig van erts uit eigen mijnen en van andere Congoleesche mijnbouwmaatschappijen. Dit vertegenwoordigt het grootste gedeelte van het quotum voor de Congo op basis van 100%, groot 14 035 ton. De rest van het erts wordt verscheept naar Hoboken in België. Vroeger ging het overgroote deel der ertsen naar België om daar te worden versmolten.

*

Hetzelfde nummer geeft een beschrijving van proeven, welke door het U. S. Bureau of Mines werden genomen voor ontzwaveling van ruwijzer door middel van carbid. De resultaten zijn bemoedigend; de mate van ontzwaveling bleek afhankelijk te zijn van de korrelgrootte der carbid. Als voordeel van het procédé wordt genoemd, dat geen wederopname van zwavel door het ijzer plaats vindt, al blijft de calciumsulfideslak te lang met het metaal in contact, hetgeen bij de alkalibehandeling wel het geval is.

ir. A. Van Hoek.

## ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

**Mijnbouw Maatschappij Zuid-Bantam.**

Gedurende de periode van 2-6-1940 t/m 8-6-1940 werden 1480 tons erts vermalen van gemiddeld 12,4 gram goud en 590,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 9-6-1940 t/m 15-6-1940 werden 1340 tons erts vermalen van gemiddeld 7,6 gram goud en 410,— gram zilver per ton.

Gedurende de periode van 16-6-1940 t/m 22-6-1940 werden 1100 tons erts vermalen van gemiddeld 12,2 gram goud en 500,— gram zilver per ton.

Lage tonnage houdt verband met 2 dagen bedrijfsonderbreking voor periodiek onderhoud.

Gedurende de periode van 23-6-1940 t/m 29-6-1940 werden 1500 tons erts vermalen van gemiddeld 10,4 gram goud en 470,— gram zilver per ton.

## PERSONALIA.

Dr. J. M. Faddegon is benoemd tot tijdelijk waarnemend geoloog 2e klasse.

Dr. G. H. R. von Koenigswald, geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, is wegens redenen van Staatsbelang (interneering) in afwachting van nadere maatregelen de dienstuitoefening per 10 Mei 1940 ontnomen.

Dr. K. A. F. R. Musper, geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, is wegens redenen van Staatsbelang (interneering) in afwachting van nadere maatregelen de dienstuitoefening per 10 Mei 1940 ontnomen.

Dr. M. Neumann van Padang, geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, is wegens redenen van Staatsbelang (interneering) in afwachting van nadere maatregelen de dienstuitoefening per 10 Mei 1940 ontnomen.

Ir. N. A. A. Smets, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, is wegens redenen van Staatsbelang (interneering) in afwachting van nadere maatregelen de dienstuitoefening per 10 Mei 1940 ontnomen.

# *Mijn-ingenieur.*

*Mijnbouwonderneming zoekt voor spoedige indiensttreding ervaren mijningenieur.*
*Gunstige dienstvoorwaarden.*
*Uitvoerige sollicitaties vergezeld van pasfoto worden ingewacht onder No. 56 bij Reclamebureau „KOLFF", Batavia-C.*

*Discretie verzekerd.*

# OLVEH VAN 1879

**'s GRAVENHAGE-BATAVIA**

**VERZEKERD KAPITAAL**
Ruim **F 150.000.000**

**PREMIERESERVE**
Ruim **35 MILLIOEN**

**EXTRA-RESERVE**
Ruim **2 MILLIOEN**

## O. L. V. E. H.

**zorgt voor de toekomst:**

van **U ZELF,**
van **UW KINDEREN,**
van **UW NABESTAANDEN.**

# N.V. DE NEDERLANDSCH-INDISCHE INDUSTRIE

Machinefabriek SOERABAIA Constr. werkplaats

Door ons in 1938 voor het Gouvernement van Ned. Indië vervaardigde ophaalbrug over de Aer Komering bij Soengei Doea. (Onderbouw N.V. VOLKER AANN. MIJ. Bandoeng).