2e JAARGANG
NUMMER 11

NOVEMBER
1935

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

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. Ch. F. van Haeften,
P. J. Graaff.

Commissie van Redactie:
Voorzitter: prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh;
Leden: ir. E. E. Hens,
dr. ir. Tan Sin Hok.

Prijs per jaargang: *f* 20,— Afzonderlijke nummers: *f* 2,—
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Hoogeschoolweg 3, Bandoeng.
Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng.
Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Redactiewisseling, door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh. — Beschouwingen over de knikzekerheid en de plastische vervormingen van de aardkorst in verband met de geologie van den Oost-Indischen Archipel, door prof. ir. P. P. Bijlaard. — Zevende Ned.-Ind. Natuurwetenschappelijk Congres: autoreferaten van voordrachten, gehouden in de Wis- en Natuurkundige sectie. — *Berichten van allerlei aard:* Stichting voor materiaalonderzoek. — Normalisatie. — *Boekbespreking.* — *Personalia.* — *Kon. Inst. van Ingenieurs:* Bestuursmededeelingen.

Redactiewisseling.

Zooals onder de officieele mededeelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs is vermeld, is dr. ir. L. J. C. van Es als redacteur voor het gedeelte Mijnbouw en Geologie van ons tijdschrift afgetreden en werd overeenkomstig het voorstel van de Vereeniging van Ingenieurs en Geologen bij den Dienst van den Mijnbouw in Ned.-Indië, in zijn plaats als redacteur benoemd dr. ir. Tan Sin Hok, palaeontoloog bij den Dienst van den Mijnbouw.

De Redactie betreurt het heengaan van dr. ir. van Es zeer. Bij de oprichting van *De Ingenieur in Ned.-Indië* had van Es een krachtig aandeel in de fusie voor wat het tijdschrift *De Mijningenieur* betrof, en als redacteur van het gedeelte Mijnbouw en Geologie heeft hij auteurs weten te vinden voor en de opname weten te bewerkstelligen van waardevolle en gevarieerde bijdragen, waarvoor dikwijls ook buiten den lezerskring der vaklieden belangstelling bestond.

Als leider der Geologisch Technische Onderzoekingen bij den Dienst van den Mijnbouw, werd van zelf door van Es ook de noodige aandacht besteed aan de technische geologie, waarvoor hij meerdere malen persoonlijke bijdragen leverde.

Verder heeft van Es als correspondent der Koninklijke Academie van Wetenschappen te Amsterdam en lid van den Natuurwetenschappelijken Raad voor Ned.-Indië meerdere malen zijn invloed aangewend, om belangrijk geologisch onderzoek in Ned.-Indië en de publicatie der resultaten te bevorderen, hetgeen indirect mede ten goede kwam aan den inhoud van ons tijdschrift.

Voor al zijne medewerking moge te dezer plaatse aan van Es veel dank worden gezegd.

prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh.

Beschouwingen over de knikzekerheid en de plastische vervormingen van de aardkorst in verband met de geologie van den Oost-Indischen archipel *)

door

prof. ir. P. P. BIJLAARD.

Zusammenfassung.

Durch die Schwerkraftmessungen von Prof. Dr. Ir. Vening Meinesz wurde festgestellt, dass im ostindischen Archipel lange schmale Streifen bedeutend minderer Schwerkraftintensität vorkommen *(Abb. 1)*. Vening Meinesz sieht die Ursache in einem Ausbeulen der leichteren Erdrinde nach dem schwereren Substratum *(Abb. 2)*, obwohl er auch die Möglichkeit örtlicher plastischer Formänderung *(Abb. 3)* nicht ausschliesst. Beim Ausbeulen der Erdrinde müssten aber die Falten (siehe Kapitel *2b)* senkrecht zur Richtung der Druckkraft stehen, was der Annahme eines durch den asiatischen Kontinentalblock auf den ostindischen Archipel ausgeübten in süd-südöstlicher Richtung wirkenden Druckes widerspricht. Diese Streifen sind dagegen gut zu erklären als örtliche, plastische Formänderungen. In den tieferen Schichten der Erdrinde herrscht ein grosser allseitiger Druck

*) In het kort medegedeeld op het zevende Ned.-Indisch Natuurwetensch. congres te Batavia.

ρ_o, sodass als Folge eines superponierten tangentiell in der Erdrinde wirkenden Flachspannungszustandes ρ_1 ρ_2 0 der Gleitwiderstand der Kristalliten überwunden wird, ehe die (vagabundierenden) Zugspannungen die Kohäsionsfestigkeit erreichen. Der allseitige Druck ρ_o, der nirgends Schubspannungen entstehen lässt, beeinflusst die plastischen Formänderungen nicht, sorgt nur dafür, dass nirgends die Kohäsionsfestigkeit überschritten wird. Unter der Einwirkung des auf den allseitigen Druck superponierten Flachspannungszustands ρ_1 ρ_2 0 verhält sich die Erdrinde genau wie eine Flusstahlplatte unter dem Flachspannungszustand ρ_1 ρ_2 0.

Wie früher vom Verfasser [2]) gezeigt wurde, wird eine solche Platte den mindesten Widerstand einer plastischen Formänderung bieten in den senkrecht zur spannungslosen Fläche stehenden Schnitten, dargestellt durch die Berührungspunkte des Spannungskreises ρ_1 ρ_2 an der vom Verfasser eingeführten Hüllkurve [23]) aller kritischen Flachspannungszustände ρ_1 ρ_2 0. Diese Flächen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie parallel an der spannungslosen Fläche eine plastische Dehnung $\varepsilon_p = 0$ aufweisen, wodurch die örtliche plastische Formänderung nicht durch das umgebende noch nicht plastisch deformierte Material gehindert wird. Bei einachsigem Druck bilden diese Flächen einen Winkel von 55° mit der Druckrichtung. Zeichnet man diesen Winkel von 55° in die Formänderungsstreifen südlich *Java*, *Timor* und ebenso in die Streifen *Banggai-Arch.* — *Obi* und *Talaud-inseln* — *Soela-inseln* ein, so läuft die gefundene Kraftrichtung (D_p in *Abb. 1)* tatsächlich im selben Sinne wie eine durch den asiatischen Kontinentalblock ausgeübt gedachte Druckkraft, allerdings in süd-südöstlicher Richtung divergierend.

Daraus könnte man den Schluss ziehen, dass die Erdrinde nicht ausgebeult, sondern örtlich plastisch deformiert ist. In Kapitel *2* wurde daher der Widerstand gegen Ausbeulen betrachtet. In Kapitel *2a* wurde gezeigt, dass der allseitige Druck ρ_o dem Ausbeulungsprozess gegenüber indifferent ist *(Abb. 4* und *5)*. In Kapitel *2b* wird die Erdrinde als eine unendliche ausgedehnte flache Platte angenommen, die auf dem Substratum schwimmt, und es wird untersucht, bei welchen Spannungen sie bei einem auf den allseitigen Druck ρ_o superponierten Flachspannungszustand ρ_1 ρ_2 0 ausbeulen würde. Es zeigte sich, dass, wenn ρ_1 eine grössere Hauptdruckspannung bedeutet als ρ_2, die Platte stets in senkrecht auf ρ_1 gerichteten Falten ausbeulen würde und in der Richtung auf ρ_2 gerade bleiben würde *(Abb. 6* bis *9)*. ρ_2 übt weder einen Einfluss aus auf die Ausbeulungsspannung ρ_1, noch auch auf die Wellenlänge *a*, in welcher die Platte ausbeult *(Abb. 9)*. In Kapitel *2c* wurde errechnet, dass die Krümmung der Erdrinde, die eigentlich als eine Kugelschale aufgefasst werden kann, bei der Berechnung der Ausbeulungsspannung unberücksichtigt bleiben kann *(Abb. 10, 11, 12)*. Auch die Tatsache, dass die belastete Platte sich nicht ins Unendliche ausstreckt, hat praktisch keinen Einfluss (Kapitel *2d)*. In Kapitel *2e* wurde die Grösse der Ausbeulungsspannung in einfacher Weise abgeleitet *(Abb. 13)*. In Kapitel *2f* wurde der Einfluss einer eventuellen Schichtung der Erdrinde untersucht, die ebensowenig die Ausbeulungsspannung beeinträchtigt *(Abb. 13, 16)*. Die Erdrinde ist ebenso widerstandfähig gegen Ausbeulung wie ein Prisma gemäss *Abb. 14* gegen Knickung. In Kapitel *2g* wird der Einfluss ursprünglicher Faltungen *(Abb, 17)* der Erdrinde betrachtet *(Abb. 17 — 21)*. In Kapitel *2h (Abb. 22 — 24)* folgt die Konklusion, dass die Erdrinde der Ausbeulung grösseren Widerstand bietet als der örtlichen plastischen Formänderung. Diese geschieht, wenn das ungefähr wie in *Abb. 22* angenommene $\sigma - \varepsilon$ — Diagramm horizontal verläuft oder plötzlich zurückläuft. Aus den vielen Erdbeben, die von den Formänderungsstreifen ausgehen, wird der Schluss gezogen, dass ein Zurücklaufen des Diagramms vielfach vorkommt *(Abb. 22)*. Nur bei einem Verlauf des Diagramms wie in *Abb. 23* würde die Ausbeulung theoretisch möglich sein, nämlich wenn der Modul der gesamten Formänderungen 80 mal so klein wäre wie im elastischen Gebiet, nämlich 10 Ton/cm² statt 840 Ton/cm². Durch Schlussfolgerung wird gezeigt, dass ein Verlauf gemäss *Abb. 23* unwahrscheinlich ist und dass ausserdem in diesem Falle praktisch viel mehr Aussicht besteht auf eine örtliche plastische Formänderung.

In Kapitel *3 (Abb. 25 — 31)* wird die Gültigkeit der Fliessbedingung von Huber — v. Mises — Hencky für die tieferen Schichten der Erdrinde gefolgert. Der Winkel $90 - \alpha$, den die Formänderungsstreifen mit der Richtung der Hauptspannung ρ_1 bilden, wird durch die Bedingung bestimmt, dass die plastische Dehnung in der Längsrichtung des Streifens 0 ist *(Abb. 30* und Gleichung **(43))**. Die Richtung in der sich zwei auf gegenüberliegenden Seiten eines Formänderungsstreifens gelegene Teile der Erdrinde hinsichtlich einander bewegen, bildet dann wie schon früher vom Verfasser berechnet wurde [23]), einen Winkel α mit der Richtung ρ_1 *(Abb. 31)* und wird wiedergegeben in Gleichung **(44)**.

In Kapitel *4 (Abb. 1, 32, 33)* werden gemäss Gleichung **(43)** und **(44)** die Richtungen der *primären* Hauptspannung ρ_1 bezw. Druckkräfte D_p und die dazu gehörigen Fliessrichtungen für die Streifen *Sumatra*, *Java* und *Timor* entlang und für die Streifen *Banggai Arch.* — *Obi* und *Talaud-inseln* — *Soela-inseln* bestimmt *(Abb. 1)*. Infolge der Bewegung in der Fliessrichtung der an die drei erstgenannten Streifen grenzenden Teile der Erdrinde wird eine ost-westlich gerichtete *sekundäre* Druckkraft D_s erweckt, die schliesslich den Formänderungsstreifen *Tanimber-inseln* — *Kei-inseln* — *Ceram* entstehen lässt. Infolge früherer Berechnungen [26]) [23]) des Verfassers würden die symmetrisch hinsichtlich der Richtung der Druckkraft D_p gelegenen Streifen *Banggai-Arch.* — *Obi* und *Talaud-inseln* — *Soela-inseln* nicht viel Aussicht gehabt haben zu entstehen, wenn die Endrinde nicht auf beiden Seiten dieser Streifen ebenfalls plastisch deformiert wäre, um so eine Bewegung der beiderseits jedes Streifens gelegenen Teile hinsichtlich einander möglich zu machen. Wenn diese Möglichkeit nicht besteht, muss nämlich wegen der Symmetrie und der Kompatibilität der beiderseits des Streifens gelegenen Teile der Erdrinde das Fliessen in der Richtung der Druckkraft D_p geschehen, zu der sich die Kräfte *K* auf den verschiedenen Streifen divergierend einstellen werden *(Abb. 32)*. Dadurch bekommen solche Schnitte eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen örtliches Fliessen als senkrecht auf die Kraftrichtung gelegene Querschnitte *(Abb. 29)*. Die Bewegung der an den Gegenseiten der Streifen gelegenen Teile in ihren Fliessrichtungen *(Abb. 1)* würde möglich sein, wenn die Streifen an dem Punkt *S (Abb. 32)* vorbei weiterliefen *(Abb. 33)*, was aber nach den Schwerkraftmessungen von Vening Meinesz nicht der Fall ist. Eine andere Möglichkeit besteht aber, dass eine Abscherung in der Fliessrichtung stattgefunden hat und wohl die Flächen *SA* und *SB* entlang *(Abb. 32)*. Eine Abscherung der Fläche *SA* entlang hat wirklich stattgefunden, denn die Geologen nehmen an, dass die Inseln *Boeroe* und *Ceram*, zwischen denen gerade die Linie *SA* durchläuft *(Abb. 1)* hinsichtlich einander verschoben sind. Für eine Abscherung die Fläche *SB* entlang, sind keine Anhaltspunkte zu finden. Der Streifen, der über die süd-östliche Halbinsel von *Celebes (Abb. 1)* läuft, ist als eine Folge der Bewegung in der Fliessrichtung der beiderseits des Streifens *Banggai-Arch.* — *Obi* gelegenen Teile der Erdrinde zueinander zu erklären.

Der Streifen *Obi* — *Banggai-Arch.* — *Celebes* — *Boeton* ist identisch mit dem Streifen *Timor* — *Tanimber-inseln* — *Kei-inseln* — *Ceram*. Die Teile *Obi* — *Banggai-Arch.* und *Timor* — *Tanimber-inseln* sind *primär*, die Fortsetzungen *sekundär* entstanden als Folge plastischer Formänderung der primär entstandenen Streifen.

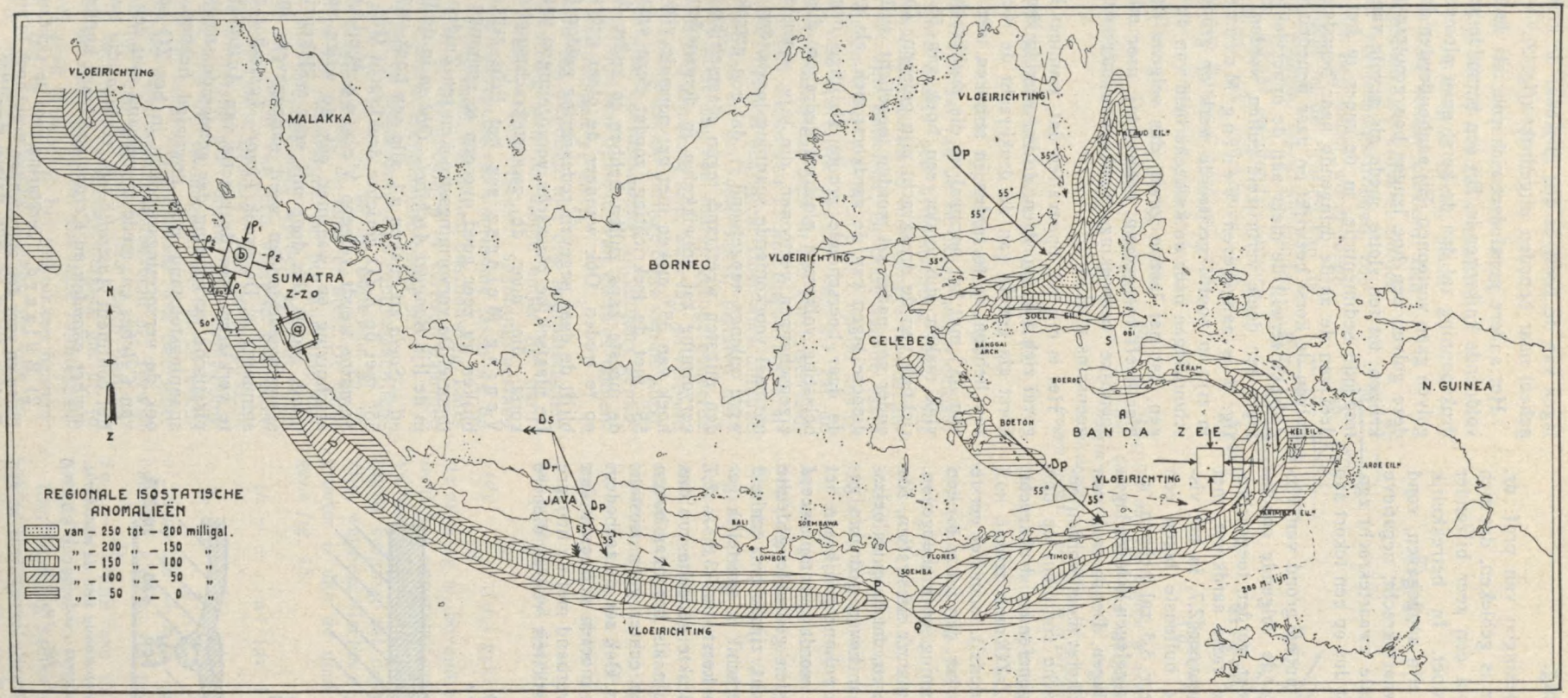


Fig. 1. De Oost-Indische Archipel met de door Vening Meinesz bepaalde tekorten aan zwaartekracht, waarmee de strooken van plaatselijke plastische vervorming (fig. 2) samenvallen. Met getrokken pijlen zijn aangegeven de op grond van deze vervormingen volgens verg. (43) *berekende krachtrichtingen. De gestippelde pijlen geven de volgens verg.* (44) *berekende richtingen aan waarin een deel van de aardkorst ten opzichte van het aan de andere zijde van een vervormingsstrook gelegen deel zal bewegen.*

De richting van de primair genoemde, door het Aziatische continent uitgeoefend gedachte drukkracht Dp wijst op een divergentie van de krachtlijnen naar het Zuid-Oosten, zooals in fig. 11. is aangegeven, hetgeen in overeenstemming is met de ligging van het Aziatische continent t.o.v. den Oost-Indischen Archipel. De vloeirichtingen bij de langs Sumatra, Java en Timor gelegen strooken wijzen erop, dat behalve een translatie ook een rotatie in negatieven zin plaats heeft. De secundair genoemde drukkracht Ds ontstaat als gevolg van de door de primaire drukkracht Dp gegeven plastische vervorming.

1. Inleiding.

Uit de belangrijke onderzoekingen van prof. dr. ir. F. A. Vening Meinesz is gebleken, dat zich in den Oost-Indischen Archipel een zeer bijzonder geologisch verschijnsel voordoet. In betrekkelijk smalle strooken, die in *fig. 1* zijn aangegeven, vond hij n.l. sterke tekorten aan zwaartekracht, negatieve afwijkingen dus van de normale zwaartekracht zgn. negatieve anomalieën. Dit wijst dus op een tekort aan massa daar ter plaatse.

Vening Meinesz komt nu op grond van verschillende overwegingen [1]) tot de volgende conclusies: Het tekort aan massa moet worden toegeschreven aan het indringen van de vaste aardkorst, met een soortelijk gewicht van ongeveer 2,7, in het visqueuze substratum, dat in de buitenste lagen een soortelijk gewicht van ongeveer 3,3 zal hebben, althans van oorspronkelijk hooger gelegen lichtere lagen in dieper gelegen zwaardere lagen. De oorzaak van deze vervormingen van de aardkorst moet worden gezocht in een door het Aziatische continent op den Oost-Indischen Archipel uitgeoefende drukkracht, waarvan de richting ongeveer Z-ZO moet zijn.

Er zijn nu twee mogelijkheden [1]). Is in het eerste geval de korst voldoende knikzeker, dan zal ze bij een bepaalde gemiddelde drukspanning gaan meegeven. Daar de korst drijft op het visqueuze substratum, zou het isostatisch evenwicht vorderen, dat de extra belasting, uitgeoefend door het naar boven gedrukte gedeelte, zijnde per eenheid van volume gelijk aan het soortelijk gewicht daarvan, wordt gecompenseerd door de, door het naar beneden gedrukte gedeelte veroorzaakte opwaartsche kracht, zijnde per eenheid van volume gelijk aan het verschil in soortelijk gewicht tusschen substratum en korst, dus 3,3 — 2,7 = 0,6. Het naar beneden gedrukte gedeelte zou dus 4 à 5-keer zoo dik moeten zijn als het naar boven gedrukte. In dat geval zouden echter geen isostatische anomalieën gevonden zijn. Ook zou de zeebodem ter plaatse een grooteren bult moeten vertoonen dan uit loodingen is gebleken. In verband met de hoogere temperatuur, dus grootere plasticiteit, van de diepere lagen van de korst, is dus blijkbaar de korst vrijwel geheel naar beneden uitgedrukt (*fig. 2*).

Het andere geval doet zich voor als de korst niet voldoende knikzeker is. Bij een bepaalde gemiddelde drukspanning zal dan de korst gaan plooien, zal dus golven gaan vertoonen. Bij aanhoudenden druk zullen deze golven een hoe langer hoe grootere amplitude krijgen, tot ten slotte, mede als gevolg van daar optredende sedimentatie, in de meer in het warmere deel van de aarde dringende naar beneden gebogen golven de korst bezwijkt en naar beneden wordt uitgedrukt, terwijl de meer aan de oppervlakte gelegen lagen ten deele verbrijzeld zullen worden, zooals in *fig. 3* is aangegeven. Vening Meinesz neemt in zijn in noot 1 geciteerde werk op grond van beschouwingen over de knikzekerheid van de aardkorst aan, dat het laatste geval, dus volgens *fig. 3*, zich hier heeft voorgedaan, hoewel hij, naar mij uit persoonlijke bespreking bleek, ook het eerste geval geenszins uitsluit.

Het is mij n.l. opgevallen dat, wanneer het eerste geval zich zou voordoen, de vervorming van de aardkorst als gevolg van de drukkracht de meeste kans zou hebben op te treden in strooken, die een hoek van 35° met het normaal op die drukkracht gelegen vlak maken, dus onder een hoek van 55° met de richting van de drukkracht zijn gelegen. Zooals hieronder nog nader zal worden toegelicht, zullen n.l. de diepere lagen van de aardkorst zich, als gevolg van de daar heerschende groote alzijdige drukken, bij belasting volkomen *plastisch* gedragen, dus dezelfde eigenschappen vertoonen, die bijv. vloeistaal bij de normaal voorkomende spanningstoestanden bezit. Nu werd onlangs aangetoond [2]), dat een getrokken plaat den minsten weerstand tegen plaatselijke plastische vervorming zal ontwikkelen in doorsneden, die een hoek van 35° maken met het normale vlak, dus van 55° met de trekrichting, zoodat deze vervormingen de meeste kans zullen hebben in zulke doorsneden op te treden. Ook wanneer de plaat gedrukt wordt, blijft de daar gegeven redeneering gelden (zie later). De plaatselijke *plastische* vervormingen van de aardkorst, die door de zwaartekrachtsmetingen van Vening Meinesz aan het licht zijn gekomen, blijken nu zeer goed overeen te stemmen met deze theorie. De vervormingsstrooken ten Zuiden van *Java*, in de lijn *Banggai Archipel—Obi* en in de lijn *Talaud eil.—Soela eil.* maken n.l. alle een hoek van ongeveer 55° met de Z-ZO gerichte drukkracht (*fig. 1*). Langs *Sumatra* treedt volgens Vening Meinesz meer afschuiving op, waarmee ook de wijze van vervorming, zooals die door mij voor willekeurige vlakke spanningstoestanden werd aangegeven, in overeenstemming is. De strook *Timor—Tanimber eilanden* is te verklaren door de reactie van *Australië*. Door de plastische vervorming der genoemde strooken zal de spanningstoestand zich gewijzigd hebben, waardoor ook de vervormingsstrooken in het ZO schiereiland van *Celebes* en, mede in verband met den vorm van het continent *Australië—N. Guinea*, die tusschen *Tanimber eilanden* en *Ceram* verklaard kunnen worden,

Fig. 2.

Fig. 3.

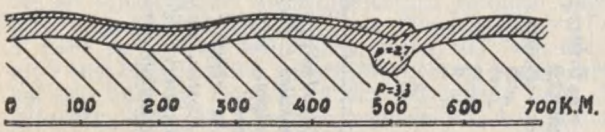


Fig. 2. Plaatselijke plastische vervorming van de aardkorst.
Fig. 3. Plooien van de aardkorst volgens Vening Meinesz litt. noot 1, fig. 19, blz. 119.

1) Vening Meinesz. Gravity expeditions at sea 1923—1932. Vol. II, blz. 116 e.v.

2) Bijlaard. Verklaring voor de richting der vloeilijnen en voor den optredenden breukhoek in stalen platen. *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1935.

evenals de verschuiving van *Boeroe* ten opzichte van *Ceram*.

Op grond van deze beschouwingen zou men dus tot de conclusie moeten komen, dat het eerste geval, plastische vervorming zonder knikken, zich heeft voorgedaan. Bij knikken zouden immers de vervormingsstrooken, zooals hieronder nog nader wordt toegelicht, loodrecht op de richting van de drukkracht moeten staan en zouden bijv. twee elkaar snijdende vervormingsstrooken, als voorkomen volgens de lijnen *Banggai Archipel—Obi* en *Talaud eil.—Soela eil.*, zonder meer niet mogelijk zijn (zie later). We zullen daarom eerst de kwestie van de knikzekerheid nader beschouwen.

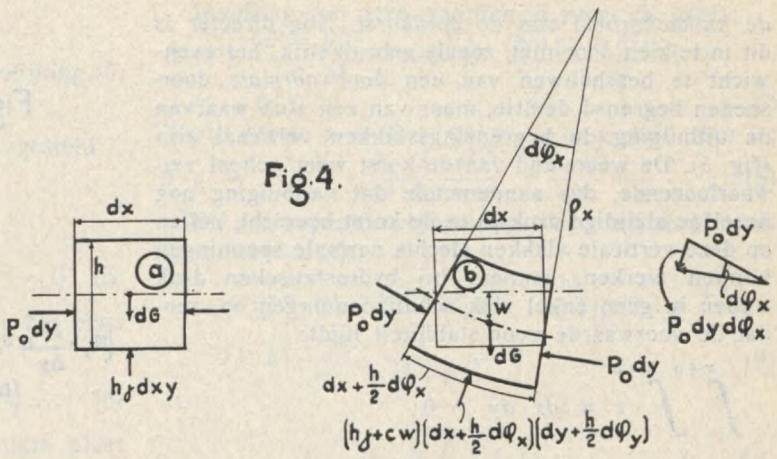


Fig. 4. Belasting van een deeltje $h \cdot dx \cdot dy$ van de aardkorst voor het geval, dat daarin alleen een alzijdige druk ρ_0 heerscht. De door den buigin-sweerstand van de aardkorst gegeven krachten zijn buiten beschouwing gelaten; fig. a in normalen stand, fig. b in uitgebogen stand. (In fig. a is inplaats van h dxy te lezen $h\gamma dxdy$).

2. Knikzekerheid van de aardkorst.

2a. Invloed van den hydrostatischen druk.

Toen het materiaal van de aardkorst nog vloeibaar was, heerschte daarin een hydrostatische druk, dus een ruimtespanningstoestand met gelijke hoofdspanningen ρ_0, een zgn. boltensor. De dikte van de vaste korst is volgens Vening Meinesz op 30 km te stellen. Bij een soortelijk gewicht van 2,7 zal de gemiddelde hydrostatische druk in het korstmateriaal, optredend op een diepte van 15 km, dus 40 500 t/m^2 = 4,05 t/cm^2, hebben bedragen. Door verschillende werkingen zal nu in de vaste korst, behalve deze hydrostatische druk, nog een daarop gesuperponeerde spanningstoestand aanwezig zijn, waarvan, in verband met de t.o.v. den aardstraal geringe dikte van de korst, de radiaalgerichte hoofdspanning ρ_3, althans gemiddeld, klein zal zijn ten opzichte van de twee tangentieele hoofdspanningen ρ_1 en ρ_2.

We kunnen dus rekenen met een hydrostatischen druk ρ_0, evenredig met de diepte onder het aardoppervlak, waarop een vlakke spanningstoestand ρ_1, ρ_2, 0 is gesuperponeerd. Voorloopig laten we de kromming van de aardkorst buiten beschouwing. Later zullen we zien of het noodig is in verband daarmee nog correcties aan te brengen (zie onder *2c*).

Heeft nu van de totaal aanwezige ruimtespanningstoestand $\rho_0 + \rho_1$, $\rho_0 + \rho_2$, ρ_0 de boltensor ρ_0 invloed op de stabiliteit van de korst of niet? De aardkorst drijft op het substratum, dat bij langzame verplaatsingen als vloeistof mag worden opgevat. We hebben hier het geval van een veerend gesteunde plaat. Bij een soortelijk gewicht c van het substratum bedraagt de weerstand per eenheid van verplaatsing in de richting van het middelpunt der aarde eveneens c. Toen de korst nog vloeibaar was heerschte daarin reeds de ruimtespanningstoestand ρ_0. Terwijl ze dus absoluut geen weerstand had tegen buiging, vertoonde ze toch niet de minste neiging om uit te knikken. Bij de vaste korst zal dus deze ruimtespanning ook wel geen invloed op het uitknikken hebben. Om ons hiervan te overtuigen, nemen we een oneindig kleine uitbuiging w aan van de korst, waarin alleen de ruimtespanning ρ_0 wordt gedacht te werken. Een deeltje ter dikte van de korst met afmetingen dx en dy in het vlak van de korst, zal in niet uitgeknikten stand (*fig. 4a*) van het substratum een tegendruk ondervinden ter grootte van zijn gewicht $dG = h \cdot \gamma \cdot dx \cdot dy$, als h en γ resp. de dikte en het soortelijk gewicht van de korst voorstellen. Het deeltje is zoo in evenwicht. In uitgeknikten stand (*fig. 4b*) zal er een kracht bij komen, die de uitwijking w van het deeltje zal trachten te vergrooten. Blijkens *fig. 4b* heeft deze kracht een grootte $P_0 \cdot dy \cdot d\varphi_x$ tengevolge van de kromming van de korst in X-richting. Door de kromming in Y-richting is ze $P_0 \cdot dx \cdot d\varphi_y$. Hierin beteekent P_0 de totale druk in een normale doorsnede van de korst met een breedte gelijk aan de eenheid, zoodat, daar ρ_0 van het aardoppervlak tot onderkant korst rechtlijnig van 0 tot $h \cdot \gamma$ toeneemt, $P_0 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \rho_0 = \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \gamma$ is. Daar staat echter direct tegenover, dat door de kromming van het deeltje, het benedenvlak daarvan een grootte $(dx + \frac{h}{2} \cdot d\varphi_x) \cdot (dy + \frac{h}{2} \cdot d\varphi_y)$ gekregen zal hebben, waarop, door de zakking w, bovendien een grootere druk per eenheid van oppervlak werkt, n.l. $h \cdot \gamma + c \cdot w$. Ook al verwaarloozen we geheel de stijfheid van de korst tegen buiging, zal dus van uitknikken geen sprake zijn, wanneer slechts de naar boven werkende kracht grooter is dan de naar beneden werkende, dus volgens *fig. 4b*:

$$(h \cdot \gamma + c \cdot w) \cdot (dx + \frac{h}{2} \cdot d\varphi_x)\ (dy + \frac{h}{2} \cdot d\varphi_y) >$$

$$> dG + \frac{1}{2} \cdot h^2 \cdot \gamma \cdot (dy \cdot d\varphi_x + dx \cdot d\varphi_y) \quad \ldots \quad (1)$$

of, daar $dG = h \cdot \gamma \cdot dx \cdot dy$, na verwaarloozing van oneindig kleinen van meer dan de derde orde (dx en $d\varphi_x = \frac{dx}{\rho_x}$ zijn resp. oneindig klein van de eerste en tweede orde): $c \cdot w \cdot dx \cdot dy > 0$ ..... (2)

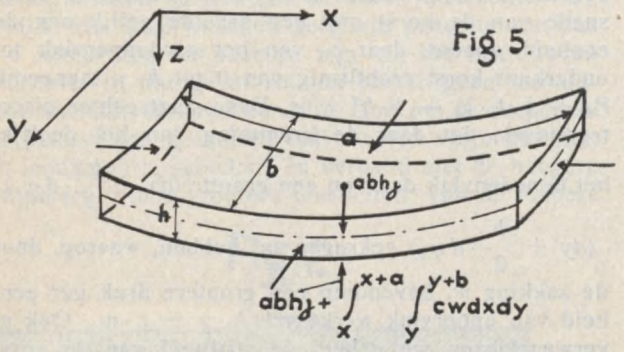
Een oneindig kleine grootte van c zou dus reeds voldoende zijn om de korst op haar plaats te houden. *De hydrostatische druk ρ_0 heeft dus geen invloed op*

de knikzekerheid van de aardkorst. Nog directer is dit in te zien door niet, zooals gebruikelijk, het evenwicht te beschouwen van een door *normale* doorsneden begrensd deeltje, maar van een stuk waarvan na uitbuiging de begrenzingsvlakken verticaal zijn (*fig.* 5). De weerstand van de korst weer geheel verwaarloozende, dus aannemende dat na buiging nog dezelfde alzijdige druk p_0 in de korst heerscht, zullen op deze verticale vlakken slechts normale spanningen kunnen werken, immers bij hydrostatischen druk treden in geen enkel vlak schuifspanningen op, zoodat de voorwaarde voor stabiliteit luidt:

$$\int_x^{x+a}\int_y^{y+b} c \cdot w \cdot dx \cdot dy > 0$$

2b. Invloed van den gesuperponeerden spanningstoestand bij een vlakke plaat.

Onderzocht behoeft dus slechts te worden de invloed van den vlakken spanningstoestand p_1, p_2, waarvan p_1 en p_2 resp. volgens de *X*- en *Y*-richting worden gedacht te werken en als drukspanningen worden aangenomen. De invloed van het eigengewicht van de plaat werd reeds in vergelijking (**1**) ingevoerd, dus moet nu ook buiten beschouwing blijven. Wordt weer een door normale vlakken begrensd oneindig klein deeltje $h \cdot dx \cdot dy$ beschouwd, dan blijkt, dat bij een oneindig kleine uitbuiging w, als gevolg van de hoofdspanning p_1, daarop een kracht zal werken, die de uitbuiging wil vergrooten, die volgens *fig.* 6 een grootte heeft van $P_1 \cdot d\varphi_x = h \cdot p_1 \cdot dy \cdot d\varphi_x$.



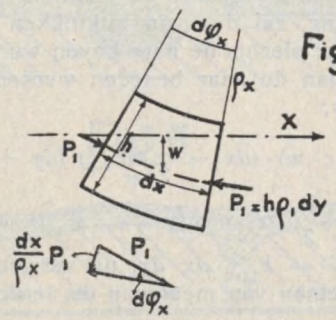


Fig. 5. Belasting van een in uitgebogen stand door verticale vlakken begrensd deel van de aardkorst onder dezelfde condities als in fig. 4.

Fig. 6. Bepaling van de op een uitgebogen deeltje $h \cdot dx \cdot dy$ tengevolge van de gesuperponeerde hoofdspanning p_1 werkende uitbuigende kracht.

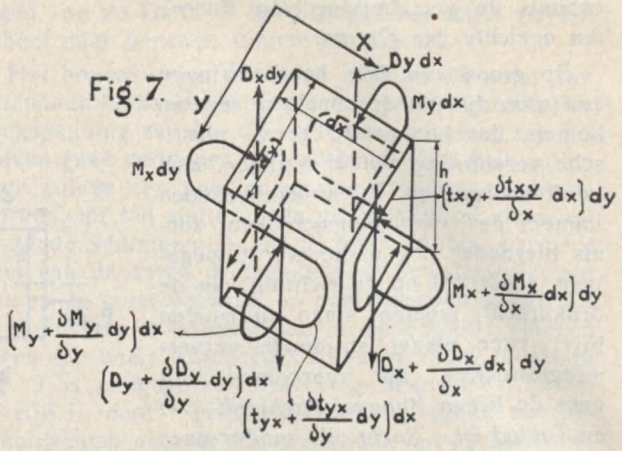


Fig. 7. Belasting van een deeltje $h \cdot dx \cdot dy$ als gevolg van de buigingsstijfheid van de aardkorst. D, M en t stellen resp. de dwarskracht, het buigend moment en het wringmoment per eenheid van breedte voor.

Evenzoo zal p_2 een uitbuigende kracht leveren van $P_2 \cdot d\varphi_y = h \cdot p_2 \cdot dx \cdot d\varphi_y$.

Als weerstand tegen de uitbuiging treedt als gevolg van de stijfheid van de plaat op het verschil der langs het deeltje werkende dwarskrachten, blijkens *fig.* 7 een naar boven gerichte kracht leverend van $-\frac{\delta D_x}{\delta x} \cdot dx \cdot dy - \frac{\delta D_y}{\delta y} \cdot dy \cdot dx$, als D_x en D_y de dwarskrachten per eenheid van breedte voorstellen. Verder levert de weerstand van het substratum nog een naar boven gerichte kracht $c \cdot w \cdot dx \cdot dy$, zoodat de plaat zal kunnen uitplooien wanneer:

$$h \cdot p_1 \cdot dy \cdot d\varphi_x + h \cdot p_2 \cdot dx \cdot d\varphi_y =$$

$$= -\left(\frac{\delta D_x}{\delta x} + \frac{\delta D_y}{\delta y}\right) \cdot dx \cdot dy + c \cdot w \cdot dx \cdot dy \ldots (3)$$

Volgens *fig.* 6 is voor $d\varphi_x$ te schrijven $\frac{dx}{\rho_x} = -dx \cdot \frac{\delta^2 w}{\delta x^2}$. Het min-teeken is hier noodig, omdat bij de in *fig.* 6 geteekende vervorming $\frac{\delta^2 w}{\delta x^2}$ negatief is. Evenzoo is $d\varphi_y = -dy \cdot \frac{\delta^2 w}{\delta y^2}$.

De door de dwarskrachten geleverde weerstand volgt direct uit de differentiaalvergelijking van de op buiging belaste plaat [3]), waarbij ze evenwicht moet maken met de belasting $p \cdot dx \cdot dy$. Deze differentiaalvergelijking is als volgt te schrijven:

$$\frac{m^2 \cdot E \cdot h^3}{12 \cdot (m^2-1)} \cdot \left(\frac{\delta^4 w}{\delta x^4} + 2 \cdot \frac{\delta^4 w}{\delta x^2 \cdot \delta y^2} + \frac{\delta^4 w}{\delta y^4}\right) \cdot dx \cdot dy =$$

$$= p \cdot dx \cdot dy \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

zoodat het eerste lid den door de dwarskrachten geleverden weerstand:

3) Klopper II. 3e druk blz. 319.

$-\left(\frac{\delta D_x}{\delta x} + \frac{\delta D_y}{\delta y}\right) \cdot dx \cdot dy$ voorstelt [4]).

Invulling der gevonden waarden in vergelijking (3) geeft, als

$$\frac{m^2 \cdot E \cdot h^3}{12 \cdot (m^2-1)} = \frac{m^2 \cdot E \cdot I}{m^2-1} = N \text{ wordt gesteld:}$$

$$N \cdot \left(\frac{\delta^4 w}{\delta x^4} + 2 \cdot \frac{\delta^4 w}{\delta x^2 \cdot \delta y^2} + \frac{\delta^4 w}{\delta y^4}\right) +$$

$$+ h \cdot \rho_1 \cdot \frac{\delta^2 w}{\delta x^2} + h \cdot \rho_2 \cdot \frac{\delta^2 w}{\delta y^2} + c \cdot w = 0 \quad (5)$$

We zien direct dat de vergelijking voor het elastische vlak:

$$w = w_0 \cdot \cos \frac{\pi}{a} x \cdot \cos \frac{\pi}{b} y \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

die bij een niet veerend gesteunde gedrukte plaat aan de diff. verg. voldoet [5]), ook hier zal voldoen [6]), althans wanneer we de onder den homogenen spanningstoestand $\rho_1 \cdot \rho_2$ staande korst oneindig uitgestrekt denken. De randvoorwaarden komen onder *2d* ter sprake.

Om de kleinste plooispanningen te vinden moeten we a en b voorloopig nog willekeurig aannemen.

Volgens verg. (6) is:

$$\frac{\delta^2 w}{\delta x^2} = -\frac{\pi^2}{a^2} \cdot w, \quad \frac{\delta^2 w}{\delta y^2} = -\frac{\pi^2}{b^2} \cdot w$$

$$\frac{\delta^4 w}{\delta x^4} = \frac{\pi^4}{a^4} \cdot w, \quad \frac{\delta^4 w}{\delta y^4} = \frac{\pi^4}{b^4} \cdot w \text{ en}$$

$$\frac{\delta^4 w}{\delta x^2 \cdot \delta y^2} = \frac{\pi^4}{a^2 \cdot b^2} \cdot w.$$

4) De door de dwarskrachten geleverde weerstand wordt ook dikwijls op andere wijze afgeleid dan in K l o p p e r II is aangegeven, n.l. direct uit de spanningsmomenten. Uit het evenwicht van het in *fig. 7* aangegeven deeltje $h \cdot dx \cdot dy$ volgt nl.:

$$D_x \cdot dy \cdot dx = \frac{\delta M_x}{\delta x} \cdot dx \cdot dy - \frac{\delta t_{yx}}{\delta y} \cdot dy \cdot dx \quad \ldots \quad \text{(a)}$$

Vult men in verg. (a) de waarden van de buigende momenten M_x en de wringmomenten t_{yx}, die o.a. in het in noot 5 aangegeven artikel werden afgeleid, in, nl.

$$M_x = -N \cdot \left(\frac{\delta^2 w}{\delta x^2} + \frac{1}{m} \cdot \frac{\delta^2 w}{\delta y^2}\right) \text{ en } t_{yx} = \frac{1}{6} \cdot G \cdot h^3 \cdot \frac{\delta^2 w}{\delta x \cdot \delta y}$$

dan vindt men:

$$D_x = -N \cdot \left(\frac{\delta^3 w}{\delta x^3} + \frac{\delta^3 w}{\delta x \cdot \delta y^2}\right) \text{ en } \frac{\delta D_x}{\delta x} = -N \cdot \left(\frac{\delta^4 w}{\delta x^4} + \frac{\delta^4 w}{\delta x^2 \cdot \delta y^2}\right) \quad \ldots\ldots \quad \text{(b)}$$

Door in verg. (b) x en y te verwisselen vindt men $\frac{\delta D_y}{\delta y}$, zoodat bij optelling wordt gevonden:

$$-\left(\frac{\delta D_x}{\delta x} + \frac{\delta D_y}{\delta y}\right) = N \cdot \left(\frac{\delta^4 w}{\delta x^4} + 2 \cdot \frac{\delta^4 w}{\delta x^2 \cdot \delta y^2} + \frac{\delta^4 w}{\delta y^4}\right) \quad \ldots\ldots \quad \text{(c)}$$

5) B i j l a a r d. Een nieuwe methode voor het berekenen van platen en de toepassing daarvan op het plooien van de wanden van gedrukte staven. *De Ingenieur* No. 26 — 1934, vergelijking (11).

6) Verg. (5) werd via hun „Algemeene theorie der elastische stabiliteit" in een nog algemeeneren vorm, waaraan verg. (6) niet voldoet, ook door B i e z e n o en H e n c k y afgeleid. Kon. Akademie van Wetenschappen Amsterdam. *Proceedings*. Vol. XXXI. No. 6. On the general theory of elastic stability.

Invulling van deze waarden in verg. (5) geeft:

$$N \cdot \pi^4 \cdot \frac{(a^2+b^2)^2}{a^4 \cdot b^4} - h \cdot \pi^2 \cdot \frac{b^2 \cdot \rho_1 + a^2 \cdot \rho_2}{a^2 \cdot b^2} + c = 0 \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Wordt hierin $\rho_2 = \beta \cdot \rho_1$ en $b = \varepsilon \cdot a$ gesteld, dan is:

$$h \cdot \rho_1 = \frac{\pi^2 \cdot N}{a^2} \cdot \frac{(1+\varepsilon^2)^2}{\varepsilon^2 \cdot (\varepsilon^2+\beta)} + \frac{c \cdot a^2}{\pi^2} \cdot \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2+\beta} \quad \ldots (8)$$

Bij een bepaalde verhouding β en ε zal nu ρ_1 minimum worden als

$$\frac{\delta h \cdot \rho_1}{\delta a} = -2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot N}{a^3} \cdot \frac{(1+\varepsilon^2)^2}{\varepsilon^2 \cdot (\varepsilon^2+\beta)} + 2 \cdot \frac{c \cdot a}{\pi^2} \cdot \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2+\beta} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

of

$$a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}} \cdot \sqrt{\frac{1+\varepsilon^2}{\varepsilon^2}} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

waarbij inderdaad $\frac{\delta^2 h \cdot \rho_1}{\delta a^2}$ positief wordt.

Voor de plooikracht $h \cdot \rho_1$ is dus te schrijven door invulling van vergelijking (10) in (8):

$$h \cdot \rho_1 = \frac{1+\varepsilon^2}{\varepsilon^2+\beta} \cdot \sqrt{N \cdot c} + \frac{1+\varepsilon^2}{\varepsilon^2+\beta} \cdot \sqrt{N \cdot c} =$$

$$= 2 \cdot \frac{1+\varepsilon^2}{\varepsilon^2+\beta} \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

Om de allerkleinste plooikracht $h \cdot \rho_1$ te vinden is nu de verhouding ε nog zoo ongunstig mogelijk te kiezen, dus zoo dat

$$\frac{\delta h \cdot \rho_1}{\delta \varepsilon} = \frac{4 \cdot \varepsilon \cdot (\beta-1)}{(\varepsilon^2+\beta)^2} \cdot \sqrt{N \cdot c} = 0 \ldots\ldots \quad (12)$$

aan welke verg. voldaan wordt bij

$$\varepsilon = 0 \text{ en } \varepsilon = \infty$$

Verder wordt

$$\frac{\delta^2 h \cdot \rho_1}{\delta \varepsilon^2} = 4 \cdot (\beta-1) \cdot \frac{\beta - 3 \cdot \varepsilon^2}{\varepsilon^2+\beta} \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad (13)$$

Opdat $h \cdot \rho_1$ minimum worde moet verg. (13) een positieve waarde geven. Voor $\varepsilon = 0$ en $\varepsilon = \infty$ wordt volgens verg. (13) resp.

$$\frac{\delta^2 h \cdot \rho_1}{\delta \varepsilon^2} = 4 \cdot (\beta-1) \cdot \sqrt{N \cdot c} \text{ en } \frac{\delta^2 h \cdot \rho_1}{\delta \varepsilon^2} =$$

$$= -12 \cdot (\beta-1) \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

Uit verg. (14) is te zien, dat $h \cdot \rho_1$ minimum wordt voor $\varepsilon = 0$ als $\beta > 1$, en voor $\varepsilon = \infty$ als $\beta < 1$ is. Eerst het geval $\beta > 1$, dus $\rho_1 < \rho_2$ beschouwende, volgt uit verg. (10), dat in dat geval, waarvoor $\varepsilon = 0$ is:

$$a = \infty \quad \text{en} \quad b = \varepsilon \cdot a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}} \quad \ldots\ldots \quad (15a)$$

terwijl volgens verg. (11) de plooikracht

$$h \cdot \rho_1 = \frac{1}{\beta} \cdot 2 \cdot \sqrt{N \cdot c} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot 2 \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad (16a)$$

en

$$h \cdot \rho_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot h \cdot \rho_1 = 2 \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad \ldots\ldots \quad (17a)$$

Is $\beta < 1$, dus $\rho_1 > \rho_2$ en $\varepsilon = \infty$, dan geeft verg. (10)

$$a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}} \quad \text{en} \quad b = \varepsilon \cdot a = \infty \quad \ldots\ldots \quad (15b)$$

en volgens verg. (**11**) is

$$h \cdot \rho_1 = 2 \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17b)$$

zoodat

$$h \cdot \rho_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot 2 \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16b)$$

Uit de verg. (**15a**), (**16a**) *en* (**17a**), *die eigenlijk hetzelfde zeggen als de gelijkgenummerde verg.* (**15b**), (**16b**) *en* (**17b**), *volgt dat plooien bij een in twee richtingen oneindig uitgestrekte korst bij een homogenen vlakken spanningstoestand* ρ_1, ρ_2 *steeds optreedt volgens de richting van de algebraïsch grootste hoofdspanning (drukspanning positief gerekend) en wel met een golflengte* $\pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}}$, *terwijl in de richting van de andere hoofdspanning geen plooien optreedt. Plooiing treedt op, wanneer de algebraïsch grootste hoofdspanning de waarde* $2 \cdot \sqrt{N \cdot c}$ *heeft bereikt, zoodat de algebraïsch kleinste hoofdspanning absoluut geen invloed heeft op golflengte of grootste hoofdplooispanning* [7]).

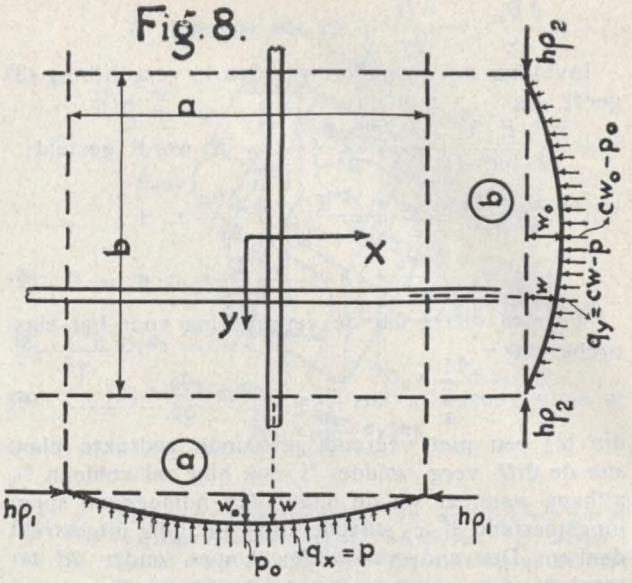


Fig. 8. Belasting van een X- en Y-strook van de aardkorst in uitgeplooiden stand, a en b zijn de golflengten, waarin de aardkorst wordt gedacht te plooien, resp. in X- en Y-richting.

Wordt in het vervolg de algebraïsch grootste drukspanning ρ_1 genoemd, dan zal dus, bij voldoende uitgestrektheid van de plaat, de andere hoofdspanning ρ_2 niet ter zake doen en zal bij plooiing ρ_1 even groot zijn als wanneer ze slechts alleen aanwezig was, als bij lijnspanning dus.

De plooikracht $h \cdot \rho_1 = 2 \cdot \sqrt{N \cdot c}$ is inderdaad dezelfde als de door de formule van Engesser gegeven knikkracht voor een veerend ondersteunde rechte staaf [8]).

Immers hij vond $\psi \cdot S = 2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot A}{l}}$ of $h \cdot \sigma = 2 \cdot \sqrt{E \cdot I \cdot c}$. Alleen wordt bij buiging van een plaat de contractie in dwarsrichting verhinderd, waardoor de stijfheidsfactor $E \cdot I$ overgaat in $\frac{m^2}{m^2-1} \cdot E \cdot I = N$. Door Vening Meinesz werd ook alleen het geval van een veerend ondersteunde staaf onderzocht, echter van een kromme staaf met een kromtestraal gelijk aan den straal van de aarde. De kromming bleek geen invloed te hebben op de knikkracht, zoodat hij eveneens vond $\sigma_0 = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{3 \cdot E \cdot T \cdot \rho}$ of $h \cdot \sigma = 2 \cdot \sqrt{E \cdot I \cdot c}$. Vening Meinesz wijst er echter op, dat de kromming van de aarde dwars op de richting van de drukkracht, die door hem niet in rekening werd gebracht, wel invloed zal kunnen hebben [9]).

---

7) Volgens de, in mijn in noot 5 genoemde publicatie, aangegeven nieuwe methode voor het berekenen van platen is het vraagstuk nog eenvoudiger op te lossen, zooals in aansluiting daarop in het kort zal worden aangegeven. In een willekeurig punt is de som van de belastingen op de daar kruisende X- en Y-strooken $q_x + q_y = c \cdot w$ ..... (**d**)

Evenals in het vroeger behandelde geval (noot 5) wordt $q_x = p$ gesteld, zoodat $q_y = c \cdot w - p$. Ook worden p en w weer gedacht in X- zoowel als in Y-richting sinusvormig te verloopen. De voorwaarde $M_{xv} = M_{yv}$ geeft dan, aangezien, zooals vroeger reeds werd toegelicht, een sinusvormige belasting q, als in *fig. 8* voor X- en Y-strooken is aangegeven, in balken met resp. overspanningen a en b in elke doorsnede momenten geeft van $\frac{a^2}{\pi^2} \cdot q$ resp. $\frac{b^2}{\pi^2} \cdot q$:

$$M_{xv} = M_{yv} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (e)$$

of $h \cdot \rho_1 \cdot w - \frac{a^2}{\pi^2} \cdot p = h \cdot \rho_2 \cdot w - \frac{b^2}{\pi^2} \cdot (c \cdot w - p)$ ... (**f**)

waaruit

$$p = \frac{\pi^2}{a^2 + b^2} \cdot \left\{ h \cdot (\rho_1 - \rho_2) + \frac{b^2}{\pi^2} \cdot c \right\} \cdot w \quad \ldots \quad (g)$$

De vroeger afgeleide verg.

$$M_{xv} = -N \cdot \left(\frac{\delta^2 w}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 w}{\delta y^2} \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (h)$$

geeft, daar w ook nu volgens verg. (**6**) wordt aangenomen:

$$h \cdot \rho_1 \cdot w - \frac{a^2}{\pi^2} \cdot p = N \cdot \left(\frac{\pi^2}{a^2} + \frac{\pi^2}{b^2} \right) \cdot w \quad \ldots\ldots \quad (i)$$

Bij invulling van p volgens verg. (**g**) valt w weg, zoodat verg. (**6**) inderdaad voldoet. Na rangschikking gaat verg. (**i**) over in de ook uit de diff. verg. verkregen verg. (**7**). Verder kan dan de berekening op dezelfde manier geschieden.

Het voordeel van de nieuwe methode is, dat volstaan kan worden met uitwerking van de verg. (**e**) en (**h**) en dus niet eerst de diff. verg. (**5**) behoeft te worden afgeleid. Toch komt het voordeel van de nieuwe methode meer tot uiting bij die gevallen, waarin de oplossing van de diff. verg. bij de gegeven randvoorwaarden niet mogelijk is, zooals bij de berekening van op buiging belaste rechthoekige platen, waarvoor verwezen wordt naar mijn artikelen in *De Ingenieur* No. 23, — 1935, en in de volgende nummers van dit tijdschrift.

8) Bleich, „Theorie und Berechnung der eisernen Brücken", blz. 190. Hier wordt als doorbuigingslijn een sinuslijn aangenomen, doch wordt niet de juistheid van deze aanname bewezen. Vgl. berekening onder *2 e.*

9) Vening Meinesz, zie noot 1, blz. 47 en blz. 52 bovenaan.

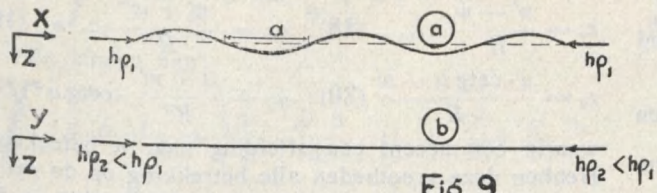


Fig. 9.

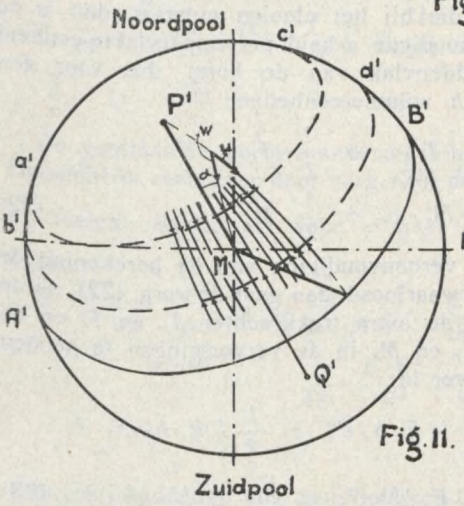


Fig. 11.

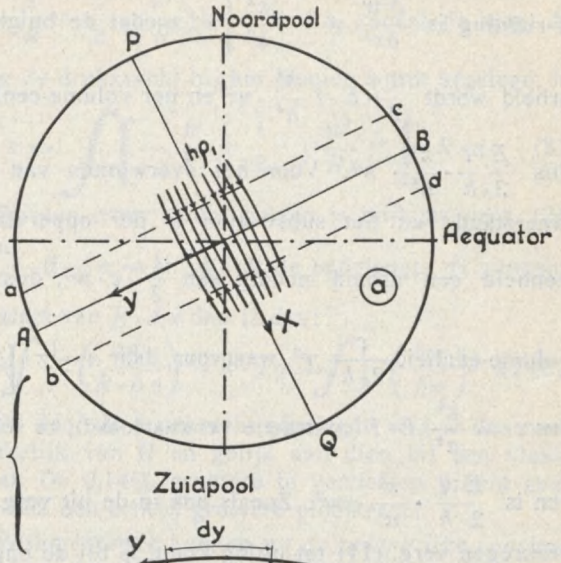


Fig. 10.

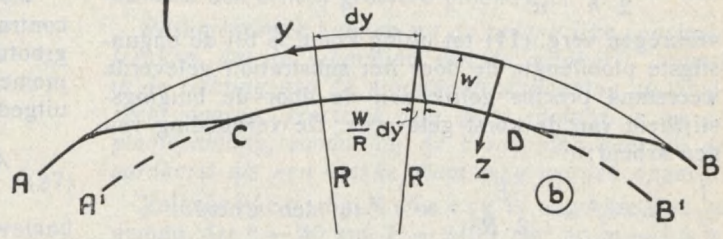


Fig. 9. Plooivorm van X- en Y-strooken, waarbij de kleinste plooispanningen optreden. Fig. a en b gelden resp. voor X- en Y- strooken.

Fig. 10. Aardbol, waarop de op den Oost-Indischen Archipel werkende ongeveer Z-ZO gerichte drukkrachten zijn aangegeven, in de onderstelling, dat de krachtlijnen loopen volgens groote cirkels, die elkaar in P en Q snijden (fig a), fig. b stelt de uitbuiging voor van een deel van den grooten cirkel AB bij het plooien.

Fig. 11. Op den Oost-Indischen Archipel uitgeoefende drukkrachten, in de onderstelling, dat de krachtlijnen loopen volgens groote cirkels, die elkaar in P' en Q' snijden.

2c. Invloed van de kromming van de aardkorst.

We zullen nu den invloed van de kromming van de plaat, die eigenlijk een bolschaal is, onderzoeken. Zooals even verder berekend wordt, bedraagt de golflengte $a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}}$, waarin de vlakke plaat zou knikken, ongeveer 170 km in de richting van ρ_1 (*fig. 9a*), terwijl ze in de richting van ρ_2 recht blijft (*fig. 9b*). Beschouwen we het concrete geval van de Z-ZO gerichte drukkracht, dat zich bij den Oost-Indischen Archipel voordoet (*fig. 10a*), dan is de invloed van de kromming van de korst dwars op de richting van de drukkracht gemakkelijk globaal te berekenen. Denken we de drukkrachten ongeveer te werken volgens groote cirkels, die elkaar in de punten *P* en *Q* snijden, dan moet de aardkorst, daar waar ze gesneden wordt door een vlak *AB*, door het middelpunt loodrecht op *PQ* (*fig. 10b*) voor het geval de druk zich over den heelen ring *abcd* zou uitstrekken, een constante verplaatsing *w* ondergaan, waardoor ze in *A' B'* zou komen. Uit *fig. 10b* is direct te zien, dat een deeltje *dy* (gebogen coördinaatassen *Y* en *X* resp. langs den grooten cirkel *AB* en een daarbij behoorenden door *P* en *Q* gaanden meridiaan aannemende) daardoor een afstand $\frac{w}{R} \cdot dy$ korter zou worden, als *R* den straal van den aardbol voorstelt, zoodat de specifieke rek $\varepsilon_y = -\frac{w}{R}$ wordt. Dit zal de plooikracht $h \cdot \rho_1$ verhoogen, want er is arbeid voor noodig. Het feit, dat de druk zich wellicht alleen over het in *fig. 10a* volgens de richting der drukkrachten geharceerde gebied uitstrekt, waardoor in de buurt van *C* en *D* de korst weer zijn normalen stand zou innemen, heeft op ε_y weinig invloed. De extra arbeid, die voor de verlenging ε_y moet worden verricht, geeft een maat voor de daardoor veroorzaakte verhooging van de plooikracht. De zijdelingsche contractie buiten beschouwing latend, wordt in *Y*-richting een trekspanning $E \cdot \varepsilon_y$ opgewekt, die per volume-eenheid een arbeid verricht van $\frac{1}{2} \cdot E \cdot \varepsilon_y^2 = \frac{E}{2 \cdot R^2} \cdot w^2$. Voor het plooien in *X*-richting is voor een deeltje ter dikte van de aardkorst *h*, dat van het middenvlak van de korst een deel ter grootte van de eenheid van oppervlak bevat, een arbeid noodig van $\frac{1}{2} \cdot M_x \cdot \varphi_x$, waarin de specifieke hoekverdraaiing $\varphi_x = -\frac{\delta^2 w}{\delta x^2}$ en $M_x = -E \cdot I \cdot \frac{\delta^2 w}{\delta x^2}$, zoodat $\frac{1}{2} \cdot M_x \cdot \varphi_x = \frac{1}{2} \cdot E \cdot I \cdot \left(\frac{\delta^2 w}{\delta x^2}\right)^2$. Bij sinusvormig verloop van de golven in

X-richting is $\frac{\delta^2 w}{\delta x^2} = -\frac{\pi^2}{a^2} \cdot w$, zoodat de buigingsarbeid wordt $\frac{1}{2} \cdot E \cdot I \frac{\pi^4}{a^4} \cdot w^2$ en per volume-eenheid dus $\frac{E \cdot I}{2 \cdot h} \cdot \frac{\pi^4}{a^4} \cdot w^2$. Voor het overwinnen van den weerstand van het substratum is per oppervlakte-eenheid een arbeid noodig van $\frac{1}{2} \cdot c \cdot w^2$, dus per volume-eenheid $\frac{c}{2 \cdot h} \cdot w^2$, waarvoor, daar $a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}}$, dus $c = \frac{\pi^4}{a^4} E \cdot I$ (contractie verwaarloosd), te schrijven is $\frac{E \cdot I}{2 \cdot h} \cdot \frac{\pi^4}{a^4} \cdot w^2$. Zooals ook in de uit verg. (8) verkregen verg. (**11**) tot uiting komt, is bij de ongunstigste plooilengte de door het substratum geleverde weerstand precies gelijk aan de door de buigingsstijfheid van de korst geleverde. De verhouding van den arbeid:

$\frac{1}{2} \cdot E \cdot \varepsilon_y^2 = \frac{E}{2 \cdot R^2} \cdot w^2$ tot den arbeid:

$2 \cdot \frac{E \cdot I}{2 \cdot h} \cdot \frac{\pi^4}{a^4} \cdot w^2$, zijnde:

$\frac{h \cdot a^4}{2 \cdot \pi^4 \cdot R^2 \cdot I} = \frac{6 \cdot a^4}{\pi^4 \cdot R^2 \cdot h^2}$, omdat $I = \frac{1}{12} \cdot h^3$ is,

geeft dus aan met welk gedeelte de plooispanning door de kromming van de plaat in Y-richting vermeerderd wordt. Want, zooals hierna bij de behandeling van het meer algemeene geval nog nader zal worden verklaard, is bij een even aantal golven de verplaatsing der drukkrachten, die de arbeid moet leveren, dezelfde. Daar, zooals verderop is aangegeven, $h = 30$ km, $E = 840$ t/cm^2, $R = 6\,400$ km en $a = 170$ km, blijkt deze vermeerdering zeer gering te zijn, n.l. slechts 0,0014 of 0,14%, een resultaat dat niet direct te verwachten was.

Voor het meer algemeene geval, dat de drukkrachten ongeveer volgens groote cirkels loopen, die elkaar b.v. in de in *fig. 11* aangegeven punten P' en Q' snijden, zal de berekening nu iets nauwkeuriger worden uitgevoerd. Voor het middengedeelte van de belaste strook zal het vrijwel hetzelfde zijn als wanneer de druk zich over den geheelen ring tusschen de parallelcirkels $a'c'$ en $b'd'$ zou uitstrekken. De invloed van de randvoorwaarden wordt trouwens straks nog besproken. Het plooien in de richting van drukkrachten zal ook nog kleine momenten in de andere richting opwekken, terwijl ook de verplaatsing in de meridiaanrichting invloed heeft. Worden de specifieke rekken en hoekverdraaiingen in de meridiaanrichting resp. ε_r en φ_r genoemd, die in de richting van een parallelcirkel resp. ε_t en φ_t, de elastische verplaatsingen van een willekeurig punt in radiale en meridiaanrichting resp. w en u (*fig. 11*), terwijl α den hoek voorstelt, dien de normaal in dat punt maakt met de normaal in P', welk punt voor den geschetsten belastingstoestand als pool fungeert, dan bestaan tusschen deze grootheden de volgende betrekkingen [10]).

$$\varepsilon_r = \frac{u' - w}{R} \quad \ldots\ldots (18) \qquad \varphi_r = \frac{u' + w''}{R^2} \quad \ldots\ldots (19)$$

$$\varepsilon_t = \frac{u \cdot \operatorname{cotg} \alpha - w}{R} \quad (20) \qquad \varphi_t = \frac{u + w'}{R^2} \cdot \operatorname{cotg} \alpha \quad (21)$$

waarin een accent een afleiding naar α beteekent. Hebben deze grootheden alle betrekking op de *extra* vervorming, die bij het plooien ontstaat, dan is de daarvoor benoodigde arbeid per oppervlakte-eenheid van het middenvlak van de korst, dus voor een deeltje van h volume-eenheden, [10a])

$$A = \frac{1}{2} \cdot T_r \cdot \varepsilon_r + \frac{1}{2} \cdot T_t \cdot \varepsilon_t + \frac{1}{2} \cdot M_r \cdot \varphi_r + \frac{1}{2} \cdot M_t \cdot \varphi_t \quad \ldots\ldots (22)$$

Wordt ter vereenvoudiging van de berekening de contractie verwaarloosd, dan gaat de verg. (**22**), na de grootten van de extra trekkrachten T_r en T_t en de momenten M_r en M_t in de vervormingen te hebben uitgedrukt, over in:

$$A = \frac{1}{2} \cdot E \cdot h \cdot \varepsilon_r^2 + \frac{1}{2} \cdot E \cdot h \cdot \varepsilon_t^2 + \frac{1}{24} \cdot E \cdot h^3 \cdot \varphi_r^2 + \frac{1}{24} \cdot E \cdot h^3 \cdot \varphi_t^2 \ldots (23)$$

Daar we reeds berekend hebben, dat de kromming van de korst weinig invloed heeft, kunnen we de plooivorm, die voor de plaat het ongunstigst was hier als virtueele verplaatsing aannemen, dus stellen:

$$w = w_0 \cdot \sin \frac{\pi}{\psi} \alpha \quad \ldots\ldots (24)$$

waarin $\psi = \frac{a}{R}$, terwijl a door verg. (**15b**) bepaald is.

Daar bij het plooien de druk in meridiaanrichting, aannemende, dat deze van zoodanigen aard is, dat hij statisch bepaald is, niet verandert, zal $\varepsilon_r = 0$ zijn, zoodat uit verg. (**18**) volgt:

$$u' = w \text{ of } u = \int w_0 \cdot \sin \frac{\pi}{\psi} \alpha \cdot d\alpha =$$

$$= -w_0 \cdot \frac{\psi}{\pi} \cdot \cos \frac{\pi}{\psi} \alpha + C \quad \ldots\ldots (25)$$

In verband met het periodische verloop van deze functie en de onzekere randvoorwaarden kan $C = 0$ gesteld worden.

Verg. (**24**) en (**25**) kunnen nu in verg. (**18**) tot en met (**21**) worden ingevuld en deze weer in verg. (**23**). We kunnen dan b.v. over een afstand $2 \cdot \psi \cdot R$ in meridiaanrichting integreeren, waarbij tg α constant en gelijk 1 is gesteld. Ook is het voldoende nauwkeurig de breedte van de strook, waarover geïntegreerd wordt, constant gelijk aan de eenheid aan te nemen. Verder is te bedenken, dat

$$\int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + 2 \cdot \psi} \sin^2 \frac{\pi}{\psi} \alpha \cdot d\alpha = \psi, \qquad \int_{\alpha_1}^{\alpha_1 + 2 \cdot \psi} \cos^2 \frac{\pi}{\psi} \alpha \cdot d\alpha = \psi$$

10) F ö p p l. Drang und Zwang. Deel II blz. 19 e.v.

10a) M_r en M_t pos. rekenend, als ze de kromming vergrooten.

en $\int_{\alpha_1}^{\alpha_1+2\cdot\psi} \sin\frac{\pi}{\psi}\alpha\cdot\cos\frac{\pi}{\psi}\alpha\cdot d\alpha = 0$

We vinden dan:

$$\int_{\alpha_1}^{\alpha_1+2\cdot\psi} A\cdot R\cdot d\alpha = \left\{\frac{1}{2}\cdot\frac{E\cdot h}{R^2}\cdot\left(1+\frac{\psi^2}{\pi^2}\right)+\right.$$

$$+\frac{1}{24}\cdot\frac{E\cdot h^3}{R^4}\cdot\left(1-\frac{\pi^2}{\psi^2}\right)^2+\frac{1}{24}\cdot\frac{E\cdot h^3}{R^4}\cdot$$

$$\left.\cdot\frac{\psi^2}{\pi^2}\cdot\left(1-\frac{\pi^2}{\psi^2}\right)^2\right\}\cdot R\cdot\psi\cdot w_0^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

De gemiddelde vormveranderingsarbeid per volume-eenheid, verkregen door verg. (26) door $2\cdot\psi\cdot R\cdot h$ te deelen, wordt, als voor ψ weer $\frac{a}{R}$ geschreven wordt:

$$A_{vk} = \left\{\frac{1}{4}\cdot\frac{E}{R^2}\cdot\left(1+\frac{a^2}{\pi^2\cdot R^2}\right)+\frac{1}{48}\cdot\frac{E\cdot h^2}{R^4}\cdot\right.$$

$$\cdot\left(1-\frac{\pi^2\cdot R^2}{a^2}\right)^2+\frac{1}{48}\cdot\frac{E\cdot h^2}{R^4}\cdot\frac{a^2}{\pi^2\cdot R^2}\cdot$$

$$\left.\cdot\left(1-\frac{\pi^2\cdot R^2}{a^2}\right)^2\right\} w_0^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Hierbij komt dan nog de arbeid om den weerstand van het substratum te overwinnen, zijnde volgens het voorgaande gemiddeld per volume-eenheid:

$$A_{sk} = \frac{1}{2\cdot\psi\cdot R}\cdot\int_{\alpha_1}^{\alpha_1+2\cdot\psi}\frac{E\cdot I}{2\cdot h}\cdot\frac{\pi^4}{a^4}\cdot w^2\cdot R\cdot d\alpha =$$

$$= \frac{E\cdot h^2}{48}\cdot\frac{\pi^4}{a^4}\cdot w_0^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

Bij de vlakke plaat was bij het plooien de arbeid A_{vp}, benoodigd ter overwinning van den buigingsweerstand van de plaat, gelijk aan dien voor het overwinnen van den weerstand van het substratum A_{sp} en gemiddeld per volume-eenheid:

$$A_{vp} = A_{sp} = \frac{1}{2\cdot a}\cdot\int_{x_1}^{x_1+2\cdot a}\frac{E\cdot I}{2\cdot h}\cdot\frac{\pi^4}{a^4}w^2\cdot dx =$$

$$= \frac{E\cdot h^2}{48}\cdot\frac{\pi^4}{a^4}\cdot w_0^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

De percentsgewijze vermeerdering van den te verrichten arbeid is dus:

$$100\cdot\frac{(A_{vk}+A_{sk})-(A_{vp}+A_{sp})}{A_{vp}+A_{sp}} =$$

$$= 100\cdot\frac{A_{vk}-A_{vp}}{2\cdot A_{vp}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

Ook hier vinden we, na invulling der verg. (27) en (29) in verg. (30) en van de waarden van h, R en a (E valt weg), toch slechts een vermeerdering van 0,14%. Dit is ook de vermeerdering van de plooikracht.

Volgens *fig. 12* is n.l. door de uitbuiging w van een even lang blijvend stuk van een meridiaan ter lengte $R\cdot d\alpha$ de verplaatsing [11]) in meridiaanrichting $\left[-\frac{w}{R}+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{w'}{R}\right)^2\right]\cdot R\cdot d\alpha$, zoodat de weg, die door de drukkracht bij het plooien wordt afgelegd, is:

$$s = \int\left[-\frac{w}{R}+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{w'}{R}\right)^2\right]\cdot R\cdot d\alpha \quad (31)$$

Bij een even aantal golven is blijkens verg. (24) $\int\frac{w}{R}\cdot R\cdot d\alpha = 0$. Wordt de booglengte dx genoemd inplaats van $R\cdot d\alpha$ dan is dus:

$$s = \int\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\delta w}{R\cdot\delta\alpha}\right)^2\cdot R\cdot d\alpha = \int\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{\delta w}{\delta x}\right)^2\cdot dx \quad (32)$$

De door de drukkracht afgelegde weg is dus onafhankelijk van R en gelijk aan dien bij een vlakke plaat. De 0,14% grootere te verrichten arbeid geeft dus ook een 0,14% grootere plooikracht.

Resumeerende kunnen we de belangrijke conclusie trekken, dat de kromming van de aardkorst, zoowel in de richting van de grootste drukspanning als loodrecht daarop, practisch van geen invloed is op de plooispanning, zoodat bij de berekening daarvan de aardkorst als een vlakke plaat mag worden opgevat.

Volgens Vening Meinesz is ongeveer aan te nemen, dat $h = 30$ km, $E = 840$ t/cm^2 en $m = 4{,}5$ is. Dit geeft $N = 2\cdot 10^{24}$ kgcm. Wat den weerstand tegen uitwijking betreft doet zich m.i. het ongunstigste geval voor bij den zeebodem. Bij 1 cm uitwijking naar beneden wordt de opwaartsche druk door het substratum 0,0033 kg/cm^2 grooter, de benedenwaartsche druk van de zee ongeveer 0,001 kg/cm^2 grooter, zoodat de weerstand tegen uitwijking bedraagt $c = 0{,}0023$ kg/cm^3. Bij uitwijking naar boven wordt de opwaartsche druk door het substratum 0,0033 kg/cm^3 kleiner, de benedenwaartsche druk van de zee 0,001 kg/cm^3 kleiner, zoodat ook dan $c = 0{,}0023$ kg/cm^3 is. Hieruit volgt volgens verg. (15b) en (17b)

$$a = 170 \text{ km} \quad \text{en} \quad \rho_1 = 45 \text{ t/cm}^2.$$

De waarde van ρ_1 ligt ver boven de breukgrens van het materiaal.

2d. Invloed van de randvoorwaarden.

Doordat de druk in de aardkorst als regel slechts over een betrekkelijk klein gebied aanwezig zal zijn, kan $\varepsilon = \frac{b}{a}$ niet oneindig groot worden, zooals voor een minimum plooispanning vereischt is, wat de plooispanning zal verhoogen. In den Oost-Indischen Archipel strekt het gedrukte gebied zich blijkens de gegevens echter in de richting van de Z-ZO gerichte drukkracht voldoende ver uit om een groot aantal golven (golflengte 170 km) mogelijk te maken, zoodat in die richting de vervorming weinig van het verloop bij oneindig uitgestrekte plaat zal afwijken. In de richting dwars op de drukkracht strekt het gebied zich misschien uit over 3 000 km, zoodat voor den afstand b bijvoorbeeld 2 500 km kan worden aangenomen, daar b zoo dicht mogelijk tot oneindig moet naderen, dus zoo groot mogelijk moet worden. Als b is vastgelegd, volgt uit verg. (10), daar nu $\varepsilon = \frac{b}{a}$

11) In verg. (18) komt de term $\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{w'}{R}\right)^2$ niet tot uiting, omdat hij oneindig klein van de tweede orde is.

$$a = a_0 \cdot \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{a^2}} = a_0 \cdot \sqrt{\frac{b^2}{b^2 - a_0^2}} \quad \ldots \quad (33)$$

waarin $a_0 = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}}$ de golflengte bij oneindig groote homogeen belaste plaat voorstelt. Uit verg. (**11**) volgt dan na invulling van $\beta = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 0$ en $\varepsilon = \frac{b}{a}$ volgens verg. (**33**):

$$h \cdot \rho_1 = \frac{b^2}{b^2 - a_0^2} \cdot h \cdot \rho_{10} \quad \ldots \quad (34)$$

waarin $h \cdot \rho_{10} = 2 \cdot \sqrt{N \cdot c}$ weer voor een oneindige uitgestrektheid van plaat en spanningstoestand geldt.

Invulling van $b = 2\,500$ km doet zien, dat de weerstand van de plaat door het feit, dat de druk slechts plaatselijk optreedt, slechts onbelangrijk wordt verhoogd. Merkwaardig is nog dat bij $\beta = 1$, dus $\rho_2 = \rho_1$, de grootte van b, dus van ε, de plooispanning heelemaal niet beïnvloedt, want dan gaat verg. (**11**) over in:

$$h \cdot \rho_1 = 2 \cdot \sqrt{N \cdot c} = h \cdot \rho_{10} \quad \ldots \quad (35)$$

2e. Eenvoudige afleiding voor de plooikracht $h \cdot \rho_1$.

Nu we eenmaal weten, dat de plaat bij een willekeurigen vlakken spanningstoestand, waarbij $\rho_1 > \rho_2$, alleen in de richting van ρ_1 zal plooien (*fig. 9*), zoodat ρ_2 de grootte van de plooispanning ρ_1 niet beïnvloedt, is het mogelijk ρ_1 op eenvoudige wijze te berekenen, waardoor een beter inzicht in de krachtwerkingen verkregen wordt. Het is een bijzonder geval van het meer algemeene geval van de gedrukte staaf, die op gelijke afstanden veerend ondersteund is [12]). Het is gemakkelijk te bewijzen, dat de plaat volgens een sinuslijn zal uitknikken. Immers in dat geval verloopt ook de belasting $c \cdot w$ sinusvormig (*fig. 13*), dus ook de druklijn, want de druklijn bij een sinusvormige belasting is weer een sinuslijn [12]), daar ze verloopt volgens het moment, dus als de tweede integraalkromme bij de sinusvormige belasting, die weer een sinuslijn is en affien verloopend met de doorbuiging tevens aan de randvoorwaarden voldoet. Het moment M_u, dat de plaat wil doen uitknikken is dan $h \cdot \rho_1 \cdot \triangle w$, als $\triangle w$ den afstand tusschen druklijn en plaat voorstelt (*fig. 13*). Deze afstand tusschen plaat en druklijn verloopt dus ook sinusvormig. Het inwendig moment $M_i = -E_1 \cdot Iw''$ van de plaat, dat met M_u evenwicht moet maken, is evenredig met de kromming, dus bij de beschouwde oneindig kleine uitbuigingen, met de tweede afgeleide van de sinusvormige doorbuigingslijn, dus verloopt eveneens sinusvormig. Daar M_u en M_i affien verloopen, is dus bij knikken in elk punt evenwicht mogelijk, wat de voorwaarde is, waaraan het doorbuigingsvlak van de plaat moet voldoen. Daar de sinusvormige belasting $c \cdot w$ in elke doorsnede een moment [13]) zal geven van $\frac{a^2}{\pi^2} \cdot c \cdot w$, terwijl voor een sinuslijn $w'' = -\frac{\pi^2}{a^2} \cdot w$ is, luidt de voorwaarde, dat bij knikken in elke doorsnede het uitwendig moment M_u gelijk moet zijn aan het inwendig moment M_i, als $E_1 \cdot I = N$ wordt gesteld [14])

$$M_u = M_i$$

$$\text{of} \quad h \cdot \rho_1 \cdot w - \frac{a^2}{\pi^2} \cdot c \cdot w = -N\,w'' = \frac{\pi^2}{a^2} N \cdot w$$

$$\text{of} \quad h \cdot \rho_1 = \frac{\pi^2}{a^2} \cdot N + \frac{a^2}{\pi^2} \cdot c \quad \ldots \quad (36)$$

Voor de kleinste knikkracht moet nu [15])

$$\frac{d(h\,\rho_1)}{da} = -2\,\frac{\pi^2}{a^3} \cdot N + 2 \cdot \frac{a}{\pi^2} \cdot c = 0$$

$$\text{of} \quad a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}} \quad \ldots \quad (37)$$

welke vergelijking gelijkluidend is met verg. (**15b**) en welker invulling in verg. (**36**) geeft:

$$h \cdot \rho_1 = \sqrt{N \cdot c} + \sqrt{N \cdot c} = 2 \cdot \sqrt{N \cdot c} \quad (38)$$

Deze verg. is weer identiek met verg. (**17b**).

Uit verg. (**38**) volgt, dat de door den buigingsweerstand van de plaat en door den weerstand van het substratum geleverde tegenwerkende momenten gelijk zijn, zoodat de druklijn, of liever het drukvlak, van de uitgebogen plaat, ordinaten zal hebben van $\frac{1}{2} \cdot w$.

2f. Invloed van de gelaagdheid van de aardkorst.

De aardkorst bestaat soms uit verschillende lagen, waartusschen de wrijving kleiner is dan de schuifvastheid van het materiaal. Dit behoeft echter de grootte van de plooikracht niet te beïnvloeden. Het is hetzelfde geval, dat zich voordoet bij door koppelplaten verbonden staafprofielen. Invloed op de knikkracht heeft daar alleen de *stijfheid tegen verschuiving* van de profielen t.o.v. elkaar [16]). Deze stijfheid tegen verschuiving, waarvan de vormverandering door dwarskracht afhangt, wordt echter door de gelaagdheid van de aardkorst hoegenaamd niet beïnvloed, althans zoolang de wrijvingsweerstand nog niet overwonnen is. Wanneer de drukkracht volkomen centrisch werkt, zou, om aan dezen eisch te voldoen, een oneindig kleine wrijvingscoëfficiënt voldoende zijn. In verband met eventueele excentriciteit stelt men echter, b.v. in de Duitsche Voorschriften voor het berekenen van stalen spoorwegbruggen, den

12) B ij l a a r d. Knikzekerheid van den bovenrand van open wandbruggen. *De Ingenieur* No. 4 — 1932.

13) Zie ook noot 5 en 7.

14) Dat $E_1 \cdot I$ inderdaad gelijk is aan N, volgt uit het feit, dat bij de buiging van de plaat over den afstand a, in X-richting dus, de kromming in de Y-richting nul is (*fig. 8* en *9*). Daardoor is immers:

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\sigma_x}{m \cdot E} = 0, \text{ zoodat } \sigma_y = \frac{1}{m} \cdot \sigma_x \text{ en dus}$$

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\sigma_y}{m \cdot E} = \frac{m^2 - 1}{m^2} \cdot \frac{\sigma_x}{E} = \frac{\sigma_x}{E_1}$$

Het is dus alsof voor de plaat de elasticiteitsmodulus gelijk is aan:

$$E_1 = \frac{m^2}{m^2 - 1} \cdot E, \text{ zoodat } E_1 \cdot I = \frac{m^2}{m^2 - 1} E \cdot I = N.$$

15) Verg. ook litt. noot 8.

16) B ij l a a r d. Knikzekerheid van door koppelplaten verbonden profielen. *De Ingenieur* No. 7 — 1933.

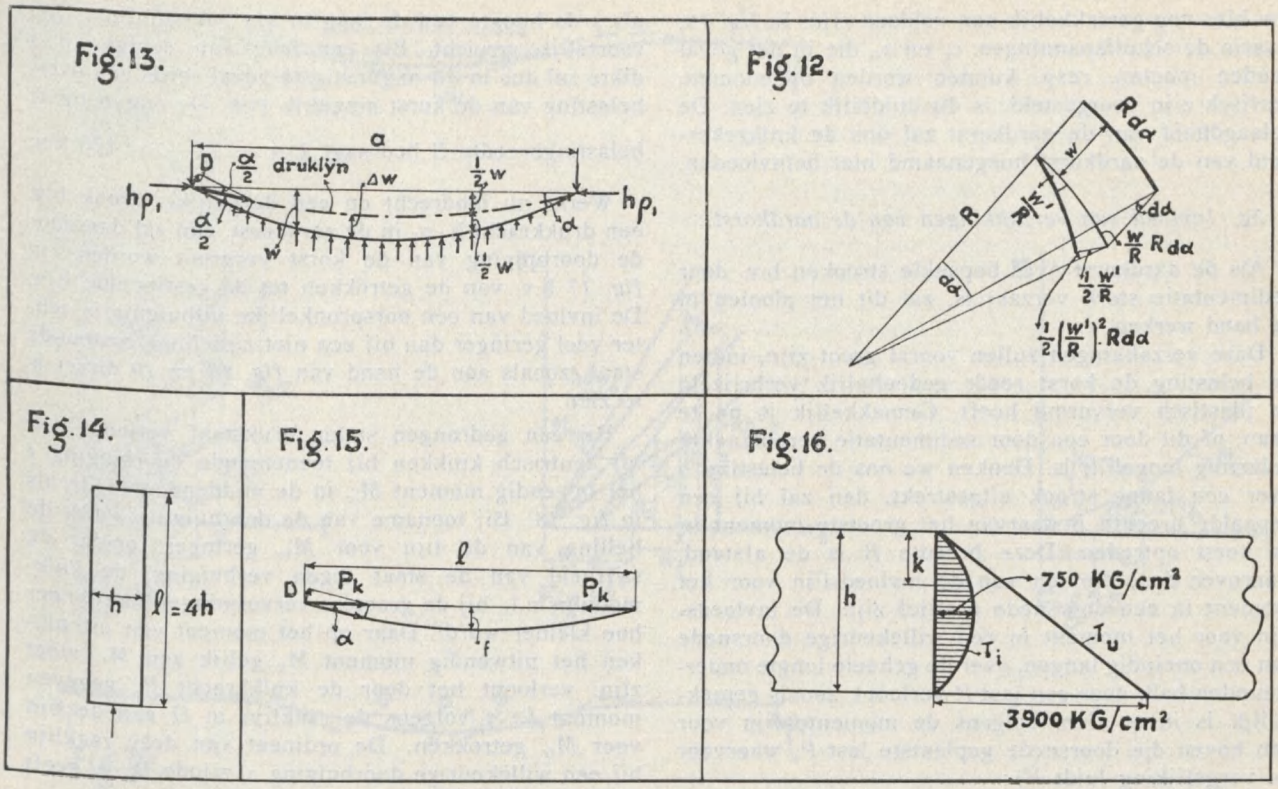


Fig. 12. Uitbuiging van een even lang blijvend deel R.dα van een meridiaan bij de plooiing.
Fig. 13 Belasting van een zijdelings gesteunde staaf bij uitknikken.
Fig. 14. De aardkorst is even stijf tegen knik als dit prisma.
Fig. 15. Bepaling van de bij uitknikken optredende dwarskracht D.
Fig. 16. Schuifspanning τ_i, die een gelaagde aardkorst, wat de gelaagdheid betreft, kan opnemen. Er behoeft slechts τ_u opgenomen te worden. (In de figuur zijn τ_i en τ_u te verwisselen).

eisch, dat bij staven met een slankheid [17]) kleiner dan 40, een dwarskracht moet kunnen worden opgenomen van $\frac{1}{100}$ van de knikkracht.

Volgens *fig. 15* is bij sinusvormig verloopende excentriciteit $\alpha = \frac{\pi}{l} \cdot f$, zoodat de max. optredende dwarskracht D gelijk is aan $\alpha \cdot P_k = \pi \cdot \frac{f}{l} P_k$. De eisch, dat de op te nemen dwarskracht $\frac{1}{100} \cdot P_k$ moet bedragen, komt dus overeen met het aannemen van een toevallige excentriciteit van $f = \frac{1}{100 \cdot \pi} \cdot l \cong \frac{1}{300} \cdot l$. In het onderhavige geval is volgens *fig. 13* bij eenzelfde excentriciteit de afwijkingshoek tusschen druklijn en staafas twee keer zoo klein, zoodat bij dezelfde aanname hier slechts een dwarskracht van $\frac{1}{200} \cdot P_k = \frac{1}{200} \cdot h \cdot \rho_1$ zou behoeven te worden opgenomen. Bij een gemiddelde drukspanning van $\rho_1 = 10\,000$ kg/cm² zal de aardkorst reeds sterk plastisch vervormd zijn. Opdat niet eerder plooiïng optrede, zou dus een dwarskracht van $\frac{1}{200} \cdot 10\,000 \cdot h$ kg/cm² $= 50\ h$ kg/cm² moeten kunnen worden opgenomen, gevende een max. schuifspanning in het middenvlak van $\tau_u = \frac{3}{2} \cdot \frac{D}{h} = \underline{75}$ kg/cm².

Bij een soortelijk gewicht van 2,7 bedraagt de radiale druk op een diepte van k cm 0,0027 k kg/cm². Als wrijvingscoëfficiënt tusschen de verschillende lagen kan toch zeker minstens $\frac{1}{2}$ aangenomen worden, zoodat de schuifspanning, die — wat althans den schuifweerstand tusschen de lagen betreft — kan worden opgenomen, bedraagt $\tau_i = 0{,}0013\ k$ kg/cm², dus op een diepte van $\frac{h}{2} = 15$ km, waar de max. schuifspanning optreedt, 1 950 kg/cm². Zelfs wanneer een *tien* keer zoo zware eisch gesteld zou worden als bij een vakwerkbrug, dus geëischt zou worden, dat in het middenvlak een schuifspanning τ_u van $\underline{750}$ kg/cm² zou moeten kunnen worden opgenomen,

17) De slankheid $\frac{a}{i}$ van de aardkorst is, daar $a = 170$ km en $i = \sqrt{\frac{I}{F}} = 0{,}29\ h = 8{,}7$ km, slechts 20. Volgens het voorgaande hoofdstuk is echter bij een doorbuiging w het de doorbuiging tegenwerkend moment twee keer zoo groot als bij een niet zijdelings gesteunde plaat, dus even groot als bij een plaat met een $\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2}$ maal zoo groote plooilengte, dus met een slankheid van $10 \cdot \sqrt{2} = 14$. De aardkorst heeft dus evenveel neiging om beneden de elasticiteits-grens uit te knikken als een vierkante staaf met een traagheidsstraal $i = 0{,}29\ h = 1/14$ van de lengte l, dus een dikte h van 1/4 van de lengte, in *fig. 14* voorgesteld, waaraan wel direct te zien is, dat uitknikken beneden de elasticiteitsgrens niet zal plaats hebben.

zou hier nog gemakkelijk aan voldaan zijn. In *fig. 16*, waarin de schuifspanningen τ_u en τ_i, die in dat geval zouden moeten, resp. kunnen worden opgenomen, grafisch zijn voorgesteld, is dit duidelijk te zien. De gelaagdheid van de aardkorst zal dus de knikzekerheid van de aardkorst hoegenaamd niet beïnvloeden.

2g. Invloed van verzakkingen van de aardkorst.

Als de aardkorst over bepaalde strooken b.v. door sedimentatie sterk verzakt is, zal dit het plooien in de hand werken.

Deze verzakkingen zullen vooral groot zijn, indien de belasting de korst reeds gedeeltelijk verbrijzeld en plastisch vervormd heeft. Gemakkelijk is na te gaan, of dit door een door sedimentatie veroorzaakte belasting mogelijk is. Denken we ons de belasting q over een lange strook uitgestrekt, dan zal bij een bepaalde breedte B daarvan het grootste moment in de korst optreden. Deze breedte B is de afstand, waarover de ordinaten van de invloedslijn voor het moment in een doorsnede positief zijn. De invloedslijn voor het moment in een willekeurige doorsnede van een oneindig langen, over de geheele lengte ondersteunden balk door een last P verloopt, zooals gemakkelijk is in te zien, volgens de momentenlijn voor een boven die doorsnede geplaatste last P, waarvoor de vergelijking luidt [18]):

$$M = \frac{P}{4 \cdot \beta} \cdot e^{-\beta x} \cdot (\cos \beta x - \sin \beta x)$$

zooals ook bij directe afleiding van de verg. voor de invloedslijn blijkt [19]). Hierbij is $\beta = \sqrt[4]{\frac{c}{4 \cdot E \cdot I}}$, in ons geval (vgl. noot 14) gelijk aan $\sqrt[4]{\frac{m^2-1}{4\,m^2} \cdot \frac{c}{E \cdot I}} = \sqrt[4]{\frac{c}{4 \cdot N}}$. De ongunstigste breedte B is, daar $M = 0$ wordt voor $\beta . x = \frac{\pi}{4}$, gelijk aan $2 \cdot x = \frac{\pi}{2 \cdot \beta}$. Het moment bij $x = 0$ wordt dus:

$$M = 2 \cdot \int_0^{\frac{\pi}{4 \cdot \beta}} \frac{q}{4 \cdot \beta} e^{-\beta x} \cdot (\cos \beta x - \sin \beta x) \cdot dx =$$

$$= \frac{q}{2 \cdot \beta^2 \cdot \sqrt{2}} \cdot e^{-\frac{\pi}{4}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (39)$$

Invulling der waarden van c en N geeft voor een 1 cm breede strook $M = 956 \cdot 10^{10}\, q$ kgcm. Hierbij is $W = \frac{1}{6} \cdot h^2 = 150 \cdot 10^{10}$ cm^3, zoodat voor de randspanningen wordt gevonden:

$$\sigma = \frac{M}{W} = 637 \cdot s \cdot \gamma \text{ kg/cm}^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (40)$$

als s de hoogte van de laag in km voorstelt en γ het soortelijk gewicht. Bij een laag van eenige km's dikte zal dus in dit ongunstigste geval reeds een overbelasting van de korst mogelijk zijn. De ongunstigste belastingbreedte B bedraagt $2 \cdot x = \frac{\pi}{2 \cdot \beta} = 120$ km.

Werkt nu loodrecht op een dergelijke strook b.v. een drukkracht $h \cdot \rho_1$ in de aardkorst, dan zal daardoor de doorbuiging van de korst vergroot worden; in *fig. 17* b.v. van de getrokken tot de gestippelde lijn. De invloed van een oorspronkelijke uitbuiging is echter veel geringer dan bij een niet zijdelings gesteunde staaf, zooals aan de hand van *fig. 18* en *19* direct is te zien.

Bij een gedrongen stalen drukstaaf verloopt b.v. bij centrisch knikken bij toenemende doorbuiging f het inwendig moment M_{ic} in de middendoorsnede als in *fig. 18*. Bij toename van de doorbuiging wordt de helling van de lijn voor M_{ic} geringer, omdat de stijfheid van de staaf tegen verbuiging, de knikmodulus n.l., bij de grootere vervormingen hoe langer hoe kleiner wordt. Daar op het moment van uitknikken het uitwendig moment M_u gelijk aan M_{ic} moet zijn, verloopt het door de knikkracht P_c gegeven moment $P_c \cdot f$ volgens de raaklijn in O aan de lijn voor M_{ic} getrokken. De ordinaat van deze raaklijn bij een willekeurige doorbuiging z, zijnde $P_c \cdot z$, geeft op een schaal van $1 : \frac{1}{z}$ de grootte van de knikkracht P_c bij centrisch knikken. Heeft de staaf een oorspronkelijke uitbuiging f_1 en verloopt bij vergrooting van de uitbuiging door de drukkracht het inwendig moment M_{icx} b.v. als in *fig. 18* is aangegeven, dan zal de staaf uitknikken bij een drukkracht P_{cx}, waarbij de lijn voor het uitwendig moment M_u de lijn M_{icx} nog juist raakt [19a]). De ordinaat van deze raaklijn bij $f = z$ geeft op een schaal van $1 : \frac{1}{z}$ de grootte van de knikkracht P_{cx} bij excentrisch knikken. Dit heeft plaats bij een doorbuiging $f_1 + f_2$.

Bij de aardkorst bestaat echter het moment, dat het uitplooien tegenwerkt, uit het moment M_s door het substratum, dat volgens verg. (**36**) en de daaraan voorafgaande verg. steeds gelijk is aan $\frac{a^2}{\pi^2} \cdot c \cdot w$, dus evenredig met de doorbuiging verloopt en het moment door den buigingsweerstand van de staaf geleverd, M_b. Bij de ongunstigste plooilengte zijn volgens verg. (**36**) en (**38**) deze twee momenten op het oogenblik van plooien gelijk. In *fig. 19* stelle M_{tc} het verloop van het totale tegenwerkend moment $M_s + M_b$ voor bij centrisch knikken en $h \cdot \rho_{1c}$ de centrische plooikracht, in de veronderstelling, dat deze inderdaad bereikt zou kunnen worden. Is er nu een oorspronkelijke uitbuiging w_1 aanwezig, dan zullen we aannemen dat, als er nog geen drukkracht werkt, de door de bovenbelasting q, het substratum en de buigspanningen geleverde momenten in evenwicht zijn. Bij de verdere redeneering kunnen we deze dus buiten beschouwing laten. Bij aangrijpen van de drukkracht zal nu de doorbuiging grooter worden, waar-

18) Timoshenko-Lessels. Festigkeitslehre. Blz. 119. De normaalspanningen, die bij de doorbuiging in de neutrale as zullen ontstaan, als gevolg van de wrijving tusschen balk en onderlaag, zijn hier verwaarloosd.

19) Vreedenburgh. Bepaling van invloedslijnen met behulp van de methode der fictieve verbindingen. *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1934, blz. I. 57.

19a) Vergl. Ros. Mechanicacongres, Zürich, blz. 373.

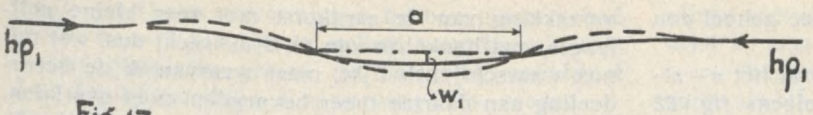


Fig. 17.

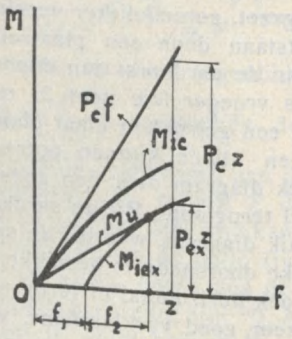


Fig. 18.

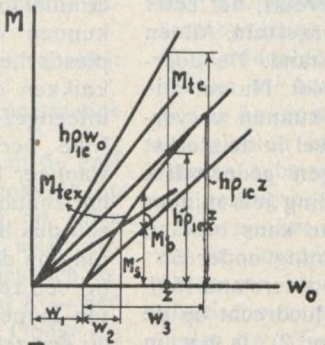


Fig. 19.

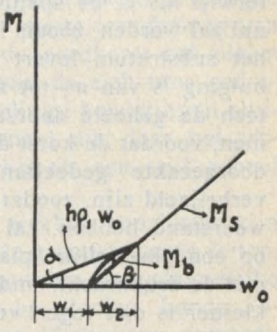


Fig. 20.

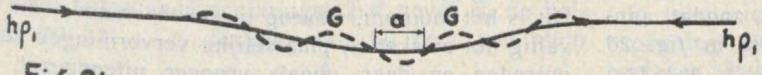


Fig. 21.

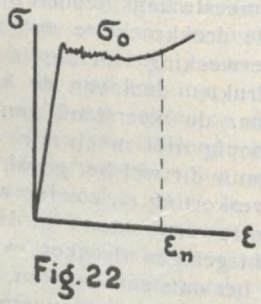


Fig. 22.

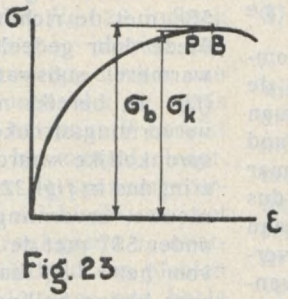


Fig. 23.

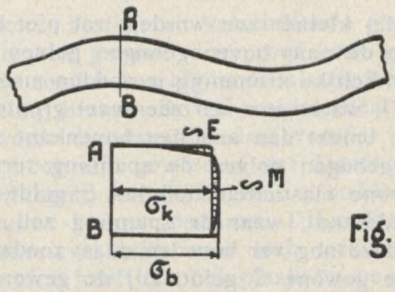


Fig. 24.

Fig. 17. Vervorming van de aardkorst door drukkrachtten $h\rho_1$ (stippellijn) bij reeds aanwezige verzakkingen (getrokken lijn).
Fig. 18. Verloop van uit- en inwendig moment bij centrisch en excentrisch gedrukte staven.
Fig. 19. Verloop van uitbuigend en terugbuigend moment bij centrisch en excentrisch gedrukte zijdelings gesteunde aardkorst.
Fig. 20. Verloop van uitbuigend en terugbuigend moment bij excentrischen druk, wanneer de drukspanning ρ_1 oploopt tot de vloeispanning σ_0 (fig. 22).
Fig. 21. Eventueele plooiing van een verzakte aardkorst in veel korte golven.
Fig. 22. Waarschijnlijk σ–ε–diagram van de aardkorst.
Fig 23. Hypothetisch σ–ε–diagram van de aardkorst.
Fig. 24. Spanningsverdeeling in doorsnede AB van de aardkorst, wanneer deze bij een spanning σ_k (fig. 23) zou plooien.

bij het door het substratum geleverde moment M_s rechtlijnig zal toenemen. Hebben b.v. de extra doorbuigingen een plooilengte a gelijk aan de ongunstigste plooilengte bij centrisch plooien, dan zal de tangens van den hellingshoek van M_s half zoo groot zijn als die van de lijn $h \cdot \rho_{1c} \cdot w_o$. Hierbij komt nog het door de buigspanningen geleverde moment M_b, dat b.v. affien verloopt met M_{iex} in *fig. 18*, waarmee dan het verloop van het totale tegenwerkend moment M_{tex} wordt verkregen. Bij zeer groote doorbuigingen zal hier de gelaagdheid wel eenigen invloed op het verloop van M_b kunnen hebben. De ordinaat van de raaklijn aan M_{tex} bij $w_o = z$ geeft dus nu de plooikracht $h \cdot \rho_{1ex}$ op en schaal: $\frac{1}{z}$. Zooals bij vergelijking van *fig. 19* en *18* blijkt, is de verhouding $\frac{\rho_{1ex}}{\rho_{1c}}$ voor de aardkorst veel gunstiger dan de verhouding $\frac{P_{ex}}{P_c}$ voor een niet zijdelings gesteunde staaf. Bij een drukkracht $h \cdot \rho_1$, die $\frac{P_{ex}}{P_c}$ keer zoo groot is als de plooikracht $h \cdot \rho_{1c}$, krijgt de aardkorst slechts een extra uitbuiging w_2 (*fig. 19*), terwijl bij eenzelfde verhouding tusschen drukkracht en centrische knikkracht

bij de niet gesteunde staaf (*fig. 18*) deze geheel zou doorknikken.

Zooals onder *2h* beredeneerd wordt, zal het $\sigma - \varepsilon -$ diagram van de aardkorst ongeveer volgens *fig. 22* verloopen. Is bij de verzakking de korst reeds plastisch vervormd, dan zal bij de verdere uitbuiging w_2 (*fig. 19* en *20*) als gevolg van de drukkracht $h \cdot \rho_1$ het buigend moment slechts weinig toenemen, terwijl als ρ_1 de spanning σ_0 heeft bereikt, het zelfs nul zal worden, zooals in *fig. 20* is voorgesteld. Alleen het substratum levert dan nog weerstand. De doorbuiging is van w_1 tot $w_1 + w_2$ vergroot. Nu zal dus toch de geheele doorsnede plastisch kunnen vervormen, voordat de korst doorknikt. Hoewel in de sterkst doorgezakte gedeelten de bovenlagen gedeeltelijk verbrijzeld zijn, zoodat die in verhouding iets minder weerstand hebben, zal toch de meeste kans bestaan op een plaatselijke plastische vervorming onder 55° met de drukkracht, omdat daartegen de weerstand 15% kleiner is dan tegen vervorming van loodrecht op de drukkracht gelegen strooken (vgl. noot 2). Is b.v. in *fig. 17* de afstand $a = 170$ km, dan is volgens *2c* en *2e* alleen de weerstand van het substratum in staat een centrische drukkracht van $h \cdot \rho_1 = \frac{1}{2} \cdot h \cdot 45$ t/cm $= 22{,}5\ h$ t/cm in evenwicht te houden, zoodat, aannemende, dat σ_0 ongeveer 10 t/cm² is, in *fig. 20* $\operatorname{tg} \beta = 2{,}25 \cdot \operatorname{tg} \alpha$ zal zijn, en daar $(w_1 + w_2) \cdot \operatorname{tg} \alpha = w_2 \cdot \operatorname{tg} \beta = 2{,}25 \cdot w_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha$ is, $w_1 + w_2 = 1{,}8 \cdot w_1$ wordt. Neiging tot uitknikken in veel kleinere golven, waardoor a kleiner, dus ook $M_s = \frac{a^2}{\pi^2} \cdot c \cdot w$ (zie onder *2e*) kleiner zou worden, zal niet bestaan, omdat dan de naar boven gebogen golven G tegen de oorspronkelijke kromming in zouden moeten ontstaan (*fig. 21*), waartegen een zeer veel grooter weerstand bestaat, omdat dan aan den bovenkant van de naar boven gebogen golven de spanning terugloopt, dus de gewone elasticiteitsmodulus E geldt, terwijl aan den onderkant, waar de spanning zou worden vergroot, deze nog ver beneden σ_0 is, zoodat daar eveneens de gewone E geldt. Bij de gewone $E = 840$ t/cm² is volgens hoofdstuk *2c* bij $a = 170$ km, de plooikracht $45\ h$ t/cm, bij kleinere a nog veel grooter, zoodat op een uitknikken volgens *fig. 21* geen kans is. Alleen als de oorspronkelijke kromming een zeer kleine golflengte heeft, kleiner dan 100 km, zou de lijn $h \cdot \rho_1 \cdot w_0$ in *fig. 20* de lijn M_s niet meer snijden, zoodat de korst zou kunnen doorknikken. Ook wanneer de oorspronkelijke verzakkingen verloopen volgens strooken, die niet loodrecht op de drukkracht staan, is hier natuurlijk, hoewel minder, kans op.

De richting van de plooien wordt dan geheel bepaald door de richting der oorspronkelijke verzakkingen.

2h. Conclusie.

In de voorgaande hoofdstukken werd een zoo volledig mogelijk theoretisch onderzoek ingesteld naar de knikzekerheid van de aardkorst. Rekenend met de door Vening Meinesz gebruikte constanten, n.l. $h = 30$ km en $E = 840$ t/cm², komen we tot de conclusie dat, tenzij het onder *2g* behandelde geval zich heeft voorgedaan, een oorspronkelijke sterke verzakking van de aardkorst met zeer kleine golflengte, onafhankelijk van de drukkracht dus, wat mij niet waarschijnlijk lijkt, maar waarvan ik de beoordeeling aan daartoe meer bevoegden moet overlaten, de aardkorst een zeer groote knikzekerheid heeft. Dit zou dus in overeenstemming zijn met de richting der door Vening Meinesz bepaalde strooken van negatieve anomalieën (*fig. 1*), die, zooals reeds in de inleiding werd uiteengezet, gereedelijker verklaard kunnen worden als ontstaan door een plaatselijke plastische vervorming van de aardkorst dan door uitknikken daarvan. Zooals vroeger (zie noot 2) reeds uiteengezet is, zullen bij een getrokken plaat plaatselijke vervormingsstrooken alleen kunnen optreden, wanneer het spanning-rek diagram over een gedeelte horizontaal blijft dan wel terugloopt. Bij de aardkorst zou dus het spanning-stuik diagram, waarbij de spanning op de oorspronkelijke doorsnede te betrekken is, bij een zekere spanning ook horizontaal of terug moeten loopen. Dit is ook zeer goed verklaarbaar, want bij een zekere verkorting zullen o.a. de bovenste lagen, die niet onder hoogen alzijdigen druk staan, dus bros zijn, verbrijzeld worden, waardoor de gemiddelde spanning ρ_1 in de aardkorst terug zal loopen (*fig. 22*). Dit is het moment, waarop in een doorsnede, die toevallig het zwakst is, plaatselijke vervormingen zullen optreden en daar, zooals vroeger uiteengezet, een doorsnede onder 55° met de richting van de drukkracht daartegen den minsten weerstand heeft, zal deze vervormingsstrook de meeste kans hebben onder 55° met de richting van de drukkracht te ontstaan. Mede door gedeeltelijke verweeking van het in het warmere substratum gedrukte deel van de korst (*fig. 2*), bereikt nu blijkbaar de weerstand van de vervormingsstrooken voorloopig niet meer zijn oorspronkelijke waarde. Zoo gauw dit wel het geval zou zijn, dus in *fig. 22* bij een verkorting ε_n, zouden weer nieuwe vervormingsstrooken te verwachten zijn. In de onder 55° met de drukkracht gelegen strooken, waarvoor het $\sigma - \varepsilon -$ diagram, na het ontstaan daarvan, een zeer kleine helling zal vertoonen, zouden eventueel, zooals hieronder nog zal blijken, plooiverschijnselen kunnen optreden, maar dit maakt voor het karakter van het verschijnsel geen verschil.

Om de twee mogelijkheden, knik en plastische vervorming, zoo onbevooroordeeld mogelijk naast elkaar te plaatsen, moet nog het volgende worden opgemerkt. Volgens verg. (**17b**) en (**38**) is knik (voor een plaat als regel plooien genoemd) mogelijk bij een drukkracht per eenheid van breedte van $h \cdot \rho_1 = 2 \cdot \sqrt{N \cdot c}$, waarbij dan volgens verg. (**15b**) en (**37**) een golflengte optreedt van $a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}}$. Nu neemt Vening Meinesz een breukspanning van 10 t/cm² voor de aardkorst aan. Aannemende, dat hiermede de op den hydrostatischen druk gesuperponeerde spanning is bedoeld, is, daar in verg. (**17b**) ook c bekend is, daaruit de waarde van N, waarbij knik mogelijk zou zijn, onmiddellijk te berekenen, n.l.:

$$N = \frac{h^2 \cdot \rho_1^2}{4 \cdot c} = 98 \cdot 10^{21} \text{ kgcm.}$$

Aannemende, dat bij deze kleine stijfheid reeds

groote plastische vervormingen hebben plaats gehad, zoodat $m = 2$ zou zijn te stellen, volgt hieruit, daar in het plastische gebied de elasticiteitsmodulus E door den knikmodulus T te vervangen is, zoodat

$$N = \frac{m^2 \cdot T \cdot h^3}{12 \cdot (m^2-1)}$$, een knikmodulus $T = \underline{33}$ t/cm^2. Zooals bekend, is voor een rechthoek $T = \frac{4 \cdot E \cdot M}{(\sqrt{E} + \sqrt{M})^2}$, waarin M den vervormingsmodulus op het oogenblik van knikken voorstelt $\left(M = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}\right)$, waarmede de bij plooien ontstaande extra druk-spanningen aan de holle zijde van de golf evenredig zijn, terwijl E de elasticiteitsmodulus op het oogenblik van knikken is, waarmede de extra spanningen aan de bolle zijde van de golf, waar ontlasting plaats heeft, dus de vervorming elastisch teruggaat, evenredig zijn [20]). Aannemende, dat $E = 840$ t/cm^2 is, volgt hieruit $M = \underline{10{,}25}$ t/cm^2. Opdat bij de toch zeer hooge spanning van 10 t/cm^2 plooien mogelijk zij, zou de aardkorst dus 80 keer zoo slap geworden moeten zijn tegen indrukking als bij de normaal optredende spanningen het geval is, de helling van het $\sigma - \varepsilon$ – diagram dus 80 keer zoo klein zijn. De plooilengte $a = \pi \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{c}}$ zou dan zijn 80 km, dus nog geen 3 keer de korstdikte. Het $\sigma - \varepsilon$ – diagram zou dus ongeveer volgens *fig. 23* moeten verloopen, waarbij dan bij P kans op plooien zou zijn. In verband met de ongelijkmatige sterkte van de korst zal echter op datzelfde oogenblik en reeds eerder in verschillende gedeelten het punt B bereikt worden, waarbij het diagram horizontaal loopt. Zooals in *fig. 24* is te zien, waar de spanningsverdeeling bij plooien geteekend is, zal hierbij vrijwel over de geheele doorsnede de breukgrens σ_b overschreden worden, zoodat de mogelijkheid van plooien alleen daaruit voortvloeit, dat dit over een heele kleine strook aan de bolle zijde nog niet het geval is. De drukkracht zal nog maar weinig behoeven aan te groeien om over de geheele doorsnede de breukgrens σ_b te doen bereiken, waardoor dan plaatselijke plastische vervorming kan ontstaan, onder 55° met de richting van de drukkracht. De viscositeit van het substratum zal n.l. het plooien veel meer bemoeilijken dan plaatselijke plastische vervorming, zoodat punt B bereikt kan worden vóór belangrijke plooiing mogelijk is geweest, n.l. bij betrekkelijk snel aangroeien van de drukkracht. Theoretisch zouden bij een diagram als in *fig. 23* beide gevallen, plooien loodrecht op de drukkracht en plaatselijke plastische vervorming onder 55° daarmee, mogelijk zijn. Het lijkt mij echter zeer onwaarschijnlijk, dat bij een uit zoo heterogeen materiaal bestaande plaat als de aardkorst het $\sigma - \varepsilon$ – diagram volgens *fig. 23* zou kunnen verloopen. Vóórdat plooien zou optreden, zou de aardkorst eerst geleidelijk ingedrukt moeten zijn tot ze als het ware zoo slap als koek zou zijn geworden. De talrijke aardbevingen wijzen veel meer op telkens plotseling meegeven, wat wijst op een telkens plotseling terugloopen van het $\sigma - \varepsilon$ – diagram volgens *fig. 22*, op een dergelijke wijze als bij een stalen staaf dus. Dr. C. E. A. Harloff, geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, met wien ik deze kwestie besprak en die evenals Dr. Ch. E. Stehn, leider van het Vulcanologisch onderzoek, zoo welwillend was mij verschillende andere geologische gegevens te verstrekken, bevestigde deze opvatting volkomen. Het eerste terugloopen van de gemiddelde spanning in de aardkorst zal plaats hebben bij het verbrijzelen van de zich bros gedragende bovenste lagen. Plotselinge bewegingen sluiten plooien natuurlijk heelemaal uit, daar het visqueuze substratum zich daarbij als een stijf geheel zal gedragen.

De uit het voorgaande te trekken conclusies zijn dus in overeenstemming met de geconstateerde feiten, die meer wijzen op het optreden van plaatselijke plastische vervormingen dan op plooien. Langs *Sumatra* b.v. (*fig. 1*), waar meer afschuiving optreedt, zouden bij een verloop van het $\tau - \gamma$ – diagram volgens *fig. 23* en als gevolg daarvan ontstane plooiing, de golven loodrecht op de ongeveer onder 45° met de lengterichting van *Sumatra* gerichte hoofddrukspanning moeten staan, zoodat daar op korten afstand gelegen afwisselend positieve en negatieve anomalieën onder ongeveer 45° met de lengterichting van *Sumatra* zouden moeten zijn geconstateerd.

3. Plastische vervormingen van de aardkorst.

De aardkorst bestaat uit verschillende gesteenten, die zich bij een gewone drukproef bros gedragen, d.w.z. dat ze zonder voorafgaande plastische vervorming plotseling breken. De cohaesievastheid van het materiaal wordt dus overschreden, voordat de spanningen zoo hoog zijn geworden, dat daardoor plastische vervormingen, dus glijdingen c.q. omklappingen, in de kristallen kunnen ontstaan. Dit overschrijden van de cohaesievastheid, waar toch trekspanningen voor noodig zijn, heeft dus ook plaats bij een gewone drukproef, waarbij, wanneer het materiaal isotroop was, toch in geen enkel vlak trek op zou treden. Roš geeft hiervoor de volgende verklaring [21]). Door de elastische anisotropie der kristallen zal in een normale doorsnede AB van een gedrukte staaf (*fig. 25*) de drukspanning niet overal gelijk zijn, daar de kristallen in alle mogelijke richtingen georiënteerd zijn en in de richting van de drukkracht over het algemeen alle een verschillende stijfheid zullen hebben. De drukspanning zal volgens de in *fig. 25* aangegeven gekartelde lijn verloopen. De afwijkingen tusschen de gemiddelde spanning σ_m en de werkelijke spanningen noemde Roš de vagabondeerende spanningen. Evenzoo zal nu ook in een spanningsloos vlak CD de spanning niet overal nul zijn, doch zullen vagabondeerende normaalspanningen (en ook schuifspanningen) optreden, die bij voortschrijding langs het vlak tusschen trek en druk wisselen (*fig. 25*). Door die vagabondeerende trekspanningen zullen nu bij overschrijding van de cohaesievastheid van

20) Zie b.v. Bleich. Theorie und Berechnung der eisernen Brücken, Blz. 126 e.v.

21) Roš. Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr. E. M. P. A. Zürich. Diskussionsbericht No. 28.

het materiaal kleine scheurtjes ontstaan, zoodat tenslotte bij aangroeien van de belasting, mede door de wijziging van den spanningstoestand door de ontstane scheurtjes, ook de weerstand tegen afschuiving overwonnen wordt en een zoogenaamde verschuivingsbreuk ontstaat. De proportionaliteitsgrens zal samenvallen met de gemiddelde drukspanning, waarbij de eerste scheurtjes S beginnen te ontstaan. De spanningstoestand waarbij de proportionaliteitsgrens (bij een bepaald materiaal b.v. marmer te definieeren als de spanning waarbij $\varepsilon = 2^0/_{00}$ wordt) bij zuiveren druk wordt bereikt, wordt b.v. aangegeven door den spanningscirkel 2 in *fig. 26*. Bij een zuiver getrokken staaf van hetzelfde materiaal wordt natuurlijk, daar nu in alle vlakken ook de gemiddelde spanning een trekspanning is, de proportionaliteitsgrens reeds bij een veel lagere spanning bereikt, die zal samenvallen met de breukgrens, n.l. bij den door den spanningscirkel 1 in *fig. 26* aangegeven spanningstoestand. Treedt echter in alle vlakken druk op, b.v. bij een volgens de as door een spanning ρ_a gedrukten cylinder, waarop ook in radiale richting drukspanningen ρ_r werken, dan zal, als de radiaal gerichte spanningen ρ_r maar hoog genoeg zijn, ondanks de vagebondeerende spanningen de trekspanning nergens de cohaesievastheid overschrijden, zoodat de proportionaliteitsgrens eerst bereikt wordt als de schuifweerstand in de kristallen wordt overwonnen. Zijn, zooals in dit geval, de twee kleinste radiaal werkende drukspanningen ρ_r gelijk, dan geeft de maximum schuifspanning een maat voor de werkzame schuifspanningen in de kristallen. De maximum schuifspanning zal dus nu veel grooter kunnen worden alvorens de proportionaliteitsgrens wordt overschreden dan bij zuivere drukspanning, zooals in *fig. 26* door den spanningscirkel 3 is aangegeven. Daar de schuifweerstand in de kristallografische vlakken onafhankelijk is van de daarin werkende drukspanningen, zal bij verdere stijging van den radialen druk de maximum op te nemen schuifspanning niet meer toenemen (cirkel 4). In het gebied van de cirkels 3 en 4 gedraagt het materiaal zich dus volkomen plastisch en zal de omhullende volgens Mohr, die om alle critische spanningscirkels is te trekken (*fig. 26*) horizontaal loopen. Volgens proeven van v. Karman is dit b.v. bij marmer met een drukvastheid van 1 360 kg/cm² reeds bij een radiaalgerichten druk van 2 500 kg/cm² het geval, waarbij de maximum schuifspanning aan de proportionaliteitsgrens 1 700 kg/cm² bedroeg.

Bij deze groote alzijdige drukken gedragen gesteenten zich dus precies op dezelfde wijze als vloeistaal bij de normaal voorkomende vlakke spanningstoestanden (cirkels 1 en 2 in *fig. 27*). Omgekeerd zullen echter bij vloeistaal, wanneer daarop grootere alzijdige trekspanningen werken, deze, in combinatie met de vagabondeerende trekspanningen, de cohaesievastheid van het materiaal kunnen overwinnen, waardoor, als ook hier weer cylindrische spanningstoestanden worden beschouwd en de volgens de as gerichte trekspanning de kleinste is, een dergelijke toestand ontstaan kan, als reeds voor zuivere drukspanning bij steenachtig materiaal werd geschetst (cirkel 3 in *fig. 27*). Tenslotte zal er, evenals bij steenachtig materiaal, een maximum trekspanning σ_c bestaan, die niet overschreden kan worden, zoodat hier de omhullende der bij de proportionaliteitsgrens gelegen spanningscirkels een dergelijk verloop zal hebben als bij gesteenten, alleen is ze naar rechts verschoven ten opzichte van de τ – as (*fig. 27*).

In de 30 km dik gedachte aardkorst varieert de alzijdige druk ρ_o bij een soortelijk gewicht van 2,7

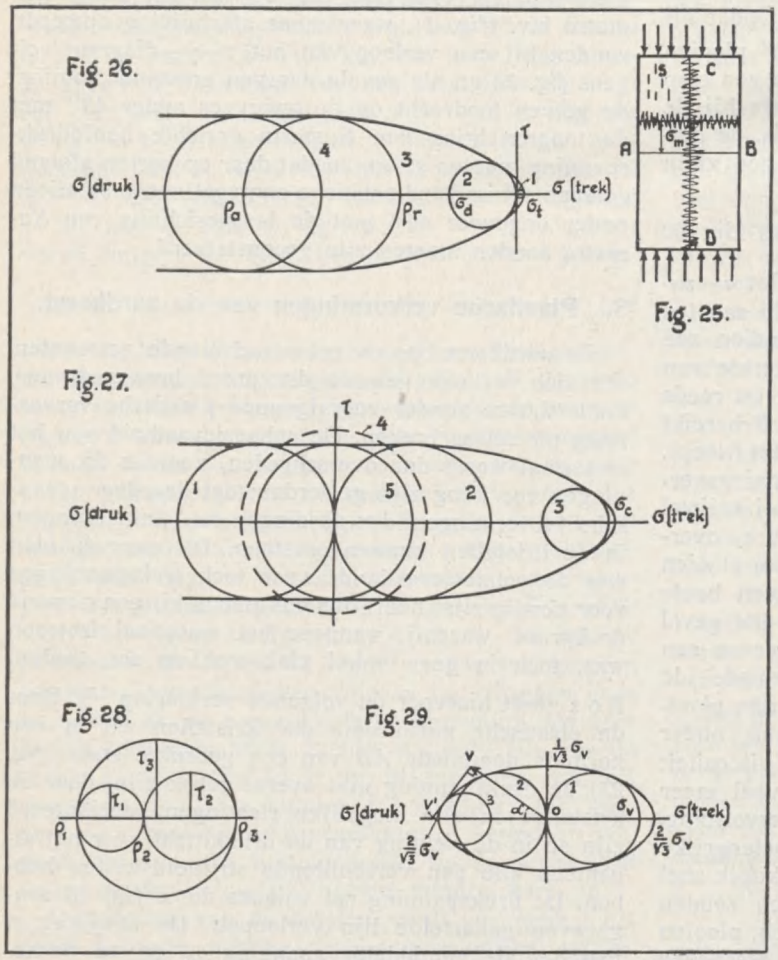


Fig. 25. Vagabondeerende spanningen in een gedrukt prisma.

Fig. 26. Omhullende van de buitenste spanningscirkels voor bij de proportionaliteitsgrens ($\varepsilon = 2^0/_{00}$) gelegen cylindrische spanningstoestanden voor steenachtig materiaal.

Fig. 27. Omhullende van de buitenste spanningscirkels voor bij de proportionaliteitsgrens ($\varepsilon = 2^0/_{00}$) gelegen cylindrische spanningstoestanden voor vloeistaal.

Fig. 28. De drie hoofdschuifspanningen τ_1, τ_2 en τ_3.

Fig. 29. Omhullende van de spanningscirkels ρ_1 ρ_2 van alle bij de vloeigrens gelegen vlakke spanningstoestanden ρ_1 ρ_2 o voor vloeistaal (St. 37). Eveneens geldig voor de aardkorst (met uitzondering van de bovenste lagen), waar de spanningstoestanden ρ_1 ρ_2 o op een alzijdigen druk ρ_o gesuperponeerd zijn.

van de oppervlakte tot de diepste lagen van 0 tot 8,1 t/cm², zoodat ze zich, behalve in de bovenste lagen, onder den *sub 2b* beschouwden, op den alzijdigen druk ρ_o gesuperponeerden spanningstoestand $\rho_1\ \rho_2$, plastisch zal gedragen, dus precies als vloeistaal bij vlakke spanningstoestanden. Worden niet alleen cylindrische spanningstoestanden, waarbij dus steeds twee hoofdspanningen gelijk zijn, beschouwd, dan is voor vloeistaal geen omhullende volgens Mohr mogelijk. De werkzame schuifspanning in de kristallografische vlakken, die voor het optreden van glijdingen, dus plastische vervormingen, maatgevend is, hangt n.l. niet alleen af van de maximum schuifspanning τ_3, maar ook van de andere twee hoofdschuifspanningen τ_1 en τ_2 (*fig. 28*). Zooals vroeger op grond van de proefondervindelijk bepaalde vervormingswetten werd aangetoond [22]), zal bij vloeistaal de gedaanteveranderingsarbeid voor de plastische vervorming maatgevend zijn, dus de plasticiteitshypothese van Huber-v. Mises-Hencky gelden, wat er op neerkomt, dat ze niet wordt bepaald door de maximum schuifspanning τ_3 maar door de som van de kwadraten van de hoofdschuifspanningen τ_1, τ_2 en τ_3 (*fig. 28*). Voor het overschrijden van de vloeigrens luidt de voorwaarde, uitgedrukt in de hoofdspanningen:

$$(\rho_1 - \rho_2)^2 + (\rho_2 - \rho_3)^2 + (\rho_3 - \rho_1)^2 = 2 \cdot \sigma_v^2$$

waarin σ_v de vloeigrens bij de gewone trekproef aangeeft. De buitenste critische spanningscirkel voor zuivere schuifspanning, dus voor het geval, dat $\rho_1 = -\rho_3$ en $\rho_2 = \frac{1}{2} \cdot (\rho_1 + \rho_3)$, cirkel 4 in *fig. 27*, valt nu b.v. buiten de omhullende — bij vloeistaal zal de proportionaliteitsgrens, indien aangenomen bij $\varepsilon = 2^0/_{00}$, zie *fig. 27*, practisch met de vloeigrens samenvallen —, terwijl toch de concentrische cirkel 5, die aan de omhullende raakt en waarvoor $\rho_2 = \rho_3 = -\rho_1$ is, en die dus een cylindrischen spanningstoestand voorstelt, ook juist bij de vloeigrens ligt. Bepalen we ons echter tot vlakke spanningstoestanden dan is, zooals vroeger werd uiteengezet [23]), wel een omhullende mogelijk van de spanningscirkels $\rho_1\ \rho_2$, aangevende de spanningen in de loodrecht op het spanningslooze vlak gelegen vlakken, n.l. de ellips.

$$3 \cdot \sigma^2 + 12 \cdot \tau^2 - 4 \cdot \sigma_v^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (41)$$

die in *fig. 29* is voorgesteld, terwijl daar tevens de cirkels 1 en 2 zijn aangegeven voor zuiveren trek en druk. Eenigen tijd geleden toonde ik aan, dat bij een willekeurigen vlakken spanningstoestand $\rho_1\ \rho_2$ de vlakken, die worden aangegeven door het raakpunt van den spanningscirkel $\rho_1\ \rho_2$ aan de omhullende, den geringsten weerstand tegen plaatselijke plastische vervorming zullen vertoonen, hetgeen daarop berust, dat bij de plastische vervorming de in die vlakken gelegen, evenwijdig aan het spanningslooze vlak loopende lijnen, een specifieken rek „nul" zullen ondergaan, zoodat de plastische vervorming door het omliggende, nog niet plastisch vervormde materiaal niet wordt belemmerd (zie noot 2).

Hetzelfde is nu uit te breiden tot ruimtespanningen $\rho_1\ \rho_2\ \rho_3$. Daar een alzijdige druk nergens schuifspanningen doet ontstaan, dus de plastische vervormingen niet beïnvloedt, zullen bij constante grootte van ρ_3, de spanningen in alle vlakken ρ_3 grooter mogen worden dan bij een vlakken spanningstoestand, zoodat de omhullende dus in zijn geheel in de richting van de σ-as zal opschuiven over een afstand ρ_3 en in verband met verg. (41) dus gegeven zal worden door de verg.:

$$3 \cdot (\sigma - \rho_3)^2 + 12 \cdot \tau^2 - 4 \cdot \sigma_v^2 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (42)$$

Hierin is σ_v de éénassige druk of trek, die op den alzijdigen druk ρ_3 gesuperponeerd moet worden om plastische vervorming te geven. σ is positief te rekenen als druk.

Nu hebben we onder 2 den oorspronkelijk aanwezigen alzijdigen druk ρ_o, en den daarop gesuperponeerden vlakken spanningstoestand $\rho_1\ \rho_2$ genoemd, en voorts de hoofdspanningen positief gerekend als het drukspanningen waren, zoodat voor den gesuperponeerden spanningstoestand $\rho_1\ \rho_2$ de omhullende der cirkels $\rho_1\ \rho_2$ weergegeven wordt door de verg. (41), in overeenstemming met het feit, dat de alzijdige druk ρ_o geen invloed heeft op de plastische vervorming. Ze zorgt er alleen voor, dat de aardkorst zich plastisch gedraagt, de cohaesievastheid dus niet wordt overschreden. Ook hier zullen plaatselijke plastische vervormingen dus optreden in de door de raakpunten van de spanningscirkels $\rho_1\ \rho_2$ aan de omhullende aangegeven vlakken, waarin ε bij de plastische vervorming nul is. Werkt in de aardkorst in een willekeurig verticaal vlak V (*fig. 30*) de spanning σ en in het daar loodrecht op staande verticale vlak V' de spanning σ', dan is van in het vlak V gelegen horizontale lijnen de plastische rek $\varepsilon_p = \frac{1}{E_p} \cdot (\sigma' - \frac{1}{2} \cdot \sigma)$.

Opdat deze rek nul worde, moet $\sigma' = \frac{1}{2} \cdot \sigma$ zijn. In *fig. 30* is dus $\rho_s = \frac{1}{2} \cdot (\rho_1 + \rho_2) = \frac{3}{4} \cdot \sigma$ en

$$\cos 2\alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}, \text{ of } \operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{\rho_1 - 2 \cdot \rho_2}{2 \cdot \rho_1 - \rho_2}}.$$

De plastische vervormingen treden dus op onder een hoek α met het vlak, waarin ρ_1 werkt, en dus onder een hoek:

$$90° - \alpha = \operatorname{bg}\operatorname{cotg} \sqrt{\frac{\rho_1 - 2 \cdot \rho_2}{2 \cdot \rho_1 - \rho_2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (43)$$

met de richting van ρ_1. Vroeger (zie noot 23) werd reeds berekend, dat de richting, waarin de twee deelen ter weerszijden van de plastisch vervormde strook zich ten opzichte van elkaar bewegen, die de vloeirichting werd genoemd (*fig. 31*), een hoek α maakt met de richting van ρ_1, zoodat de hoek tusschen de vloeirichting en de richting van ρ_1 is:

22) Bijlaard. De plastische vervorming van vloeiijzer en de berekening van ijzerconstructies. *De Ingenieur* No. 23 — 1933. Prof. dr. ir. F. K. Th. van Iterson wees er mij op, dat mijn beschouwingen blijkens *Engineering* van 12 Juli 1935 p. 44 prachtig bevestigd worden door recente proeven van het National Physical Laboratory, waardoor de geldigheid van de vloeivoorwaarde van Huber-v. Mises-Hencky voor uitgegloeid staal (0,1% C) ook bij vermoeidheidsproeven werd bewezen. Daar de vermoeidheidsbreuk wordt voorafgegaan door plastische vervormingen neemt prof. v. Iterson aan, dat de breuk hierbij ook zal optreden volgens de door mij als *gevaarlijk* gesignaleerde vlakken [23]) [2]).

23) Bijlaard. Weerstand van een verzwakte scheeve doorsnede van een getrokken plaat, berekend volgens de hypothese van Huber-Hencky. *De Ingenieur* No. 37 — 1931.

$$\alpha = \text{bg tg}\sqrt{\frac{\rho_1 - 2\cdot\rho_2}{2\cdot\rho_1 - \rho_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (44)$$

Bij zuiveren druk, als ρ_2 dus nul is, is volgens verg. (43) en (44):

$$90° - \alpha = 55° \quad \text{en} \quad \alpha = 35° \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (45)$$

Bij zuivere schuifspanning, als $\rho_2 = -\rho_1$ is, wordt:

$$90° - \alpha = 45° \quad \text{en} \quad \alpha = 45° \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (46)$$

Is $\rho_2 = \frac{1}{2}\cdot\rho_1$, dan is:

$$90° - \alpha = 90° \quad \text{en} \quad \alpha = 0° \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (47)$$

Is $\rho_2 > \frac{1}{2}\cdot\rho_1$, dan wordt volgens verg. (43) en (44) hoek α imaginair, wat in overeenstemming is met het feit, dat dan in geen enkel vlak $\varepsilon_p = 0$ is en dat de spanningscirkel ρ_1 ρ_2 dan ook niet aan de omhullende raakt, waarvoor naar mijne vorige publicatie verwezen moge worden.

4. Verklaring van de plastische vervormingen der aardkorst in den Oost-Indischen Archipel.

In verband met het reeds in de inleiding en onder *2h* opgemerkte, zijn nu de in den Oost-Indischen Archipel opgetreden plastische vervormingen van de aardkorst duidelijk te verklaren.

Westelijk van *Sumatra* treedt, behalve druk, ook afschuiving op, zooals in *fig. 1* door het blokje *a* is aangegeven. De hoofdspanningsvlakken zullen dus ongeveer volgens de zijden van het blokje *b* zijn gelegen. Daar ρ_2 zal liggen tusschen nul en $-\rho_1$, zal de plastische vervorming optreden volgens een vlak *V* onder een hoek $90° - \alpha$ met de richting van ρ_1, waarvan de grootte het midden houdt tusschen de waarde van $90° - \alpha$ volgens verg. (45) en (46), dus ongeveer 50° zal zijn (*fig. 1*).

De strooken ten Zuiden van *Java* en de strooken *Banggai Arch. — Obi* en *Talaud eil. — Soela eil.*, waar de ongeveer Z-ZO gerichte drukkracht werkt, staan inderdaad onder ongeveer 55° op de richting van die drukkracht D_p (in *fig. 1* dik getrokken), overeenkomstig verg. (45). Bij de strook *Timor — Tanimber eil.* is de drukkracht door den weerstand van het *Australische* continent blijkbaar iets meer oostelijk gericht geweest, zooals in *fig. 1* is aangegeven. Ook de West-Oost gerichte vervormingsstrook over *Ceram* kan een gevolg van de ongeveer Z-ZO gerichte drukkracht zijn.

De tot nu toe besproken strooken kunnen *primair* ontstaan gedacht worden als gevolg van de Z-ZO gerichte drukkracht D_p. Met gestippelde pijlen is daarbij de vloeirichting volgens verg. (44) aangegeven. Doordat de aan weerskanten van de plastisch vervormende strooken gelegen deelen nu volgens de vloeirichting t.o.v. elkaar willen bewegen, zal de spanningsverdeeling in de korst gewijzigd worden. De korst ten Noorden van de strooken langs *Java* en *Timor* zal b.v. niet zonder meer in de vloeirichting t.o.v. de korst ten Zuiden van deze strooken kunnen bewegen. In het begin van de beweging zal hiertegen nog weinig weerstand zijn, doordat de korst ten Noorden der strooken in oostelijke richting elastisch kan worden samengedrukt, maar bij verdere beweging zal deze West-Oost gerichte *secundaire* druk D_s hoe langer hoe grooter worden tot tenslotte bij het oostelijk uiteinde van de strook over *Timor*, waar de druk D_s het grootst moet zijn, plastische vervorming optreedt. Dit is dan ook de verklaring van de strook *Tanimber eil. — Kei eil. — Ceram*. Doordat daar plastische vervorming optreedt, wordt de verdere beweging van de korst ten Noorden en ten Zuiden van de strooken langs *Java* en *Timor* t.o.v. elkaar mogelijk. Dat

Fig. 30.

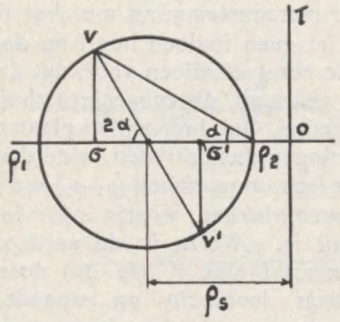


Fig. 32.

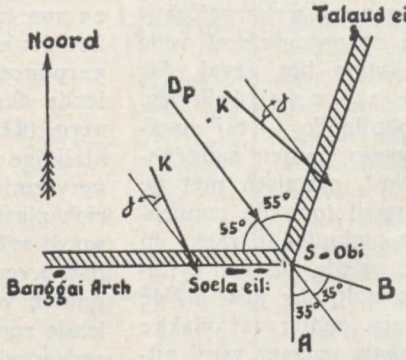


Fig. 31.

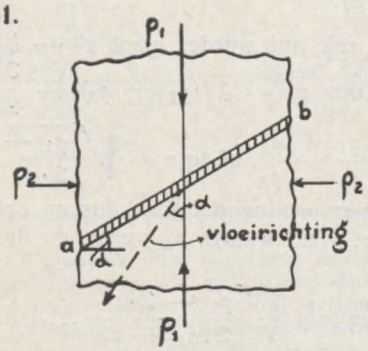


Fig. 33.

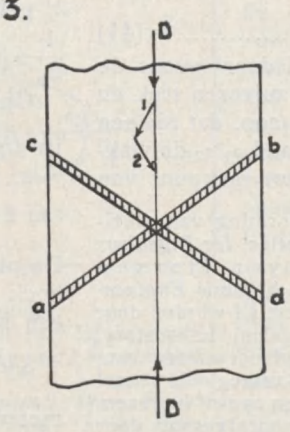


Fig. 30. Bepaling van het vlak V met den minsten weerstand tegen plaatselijke plastische vervorming.
Fig. 31. Vloeirichting bij plaatselijke plastische vervorming van een doorsnede a - b.
Fig. 32. Vervormingsstrooken Banggai Arch.—Obi en Talaud eil.—Soela eil. SA is het tusschen Boeroe en Ceram liggend schuifvlak.
Fig. 33. Bij twee elkaar kruisende vervormingsstrooken kan de vloeirichting samenvallen met de krachtrichting.

de door de secundaire drukkracht D_s ontstane strook bij de *Kei eil.* loodrecht op de richting van deze West-Oost gerichte drukkracht staat, wijst op een ongeveer 0,5 maal zoo groote hoofdspanning in noord-zuidelijke richting daar ter plaatse (zie blokje), die haar ontstaan te danken kan hebben aan de primaire Z-ZO gerichte drukkracht D_p dan wel aan boogwerking als gevolg van den vorm van het continent *Australië — Nieuw Guinea* (zie de 200 m lijn). De vervorming is dan in overeenstemming met verg. (**47**).

Als de Noord-Zuid gerichte hoofdspanning ρ_2 half zoo groot is als de West-Oost gerichte hoofdspanning ρ_1, raakt de spanningscirkel ρ_1 ρ_2 precies op de σ-as aan de omhullende volgens verg. (**41**) (cirkel 3 in *fig. 29*), zoodat de vloeispanning dan $\frac{2}{\sqrt{3}}$ maal zoo groot is als bij lijnspanning. Als de strook bij de *Kei eil.* gevloeid is, zal op de primaire drukkracht D_p dus nog een te berekenen Oost-West gerichte secundaire drukkracht D_s gesuperponeerd zijn. Omgeslagen over de strooken ten Zuiden van *Java* en *Timor,* die gemeten in de richting loodrecht op D_p totaal ongeveer 6 keer zoo lang zijn als de Noord-Zuid loopende strook over de Kei eil., zal D_s per lengte-eenheid daarvan $\frac{1}{6} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} \backsimeq \frac{1}{5}$ keer zoo groot zijn als D_p. De resultante D_r van D_p en D_s, in *fig. 1* aangegeven [24]), zal nog steeds een vloeirichting geven met een ontbondene evenwijdig aan de strooken langs *Java* en *Timor* [25]), zoodat inderdaad vloeiïng van de strook over de *Kei eil.* als gevolg van de plastische vervorming der eerst genoemde strooken mogelijk is geweest.

Daar blijkens verg. (**45**) de vloeirichting slechts een hoek van $55° - 35° = 20°$ met de vervormde strook maakt, is ook de onderbreking van de strooken langs *Java* en *Timor* bij *Soemba* gemakkelijk te verklaren. Er zal daar gewoon een afschuiving plaats gehad hebben volgens een vlak *PQ* evenwijdig aan de vloeirichting.

Typisch zijn vooral de symmetrisch t.o.v. de primaire drukkracht D_p gelegen vervormingsstrooken *Banggai eil. — Obi* en *Talaud eil. — Soela eil.* Optreden van deze strooken zonder nevenverschijnselen zou lastig te verklaren zijn. Immers werd vroeger gevonden [26]), dat de weerstand van dergelijke symmetrisch t.o.v. de krachtrichting gelegen doorsneden tegen plastische vervorming juist groot is, als gevolg van het feit, dat door de symmetrie de vloeirichting met de krachtrichting zal moeten samenvallen, wat alleen mogelijk is als de krachten K op de afzonderlijke doorsneden een hoek γ afwijken van de resulteerende krachtrichting. Zooals vroeger werd berekend zal, alvorens plaatselijke plastische vervorming optreedt, de ontbondene van de schuine spanning μ op die doorsneden in de richting van de resulteerende kracht, hier D_p (*fig. 32*), moeten aangroeien tot de voetpuntskromme van de omhullende volgens verg. (**41**), in ons geval dus tot OV (*fig. 29*), wat overeenkomt met een spanning op de normaal op de kracht staande doorsnede van $\frac{OV}{\cos \alpha} = OV'$. Volgens *fig. 29* is OV' grooter dan de spanning $\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_v$, die voor plaatselijk vloeien van een normale doorsnede vereischt wordt (waarbij zich dan de door cirkel 3 gegeven spanningstoestand instelt). Kans op ontstaan van de symmetrisch onder 55° met de drukkracht gelegen vervormingsstrooken bestaat dus alleen als de verplaatsing in de vloeirichting, die bij een enkel voorkomende vervormingsstrook zou willen ontstaan, niet te sterk belemmerd wordt. Dat zou b.v. zoo zijn, als de strooken bij hun kruispunt S (*fig. 32*) doorliepen (*fig. 33*). Door de vervorming der strooken *a b* en *c d* zou in *fig. 33* het bovenste deel zich t.o.v. het onderste deel resp. in de richtingen 1 en 2 bewegen met als resulteerende richting een verplaatsing in de krachtrichting.

De strook *Talaud eil. — Soela eil.* loopt zeker niet door. Er is echter nog een andere mogelijkheid, behalve voortzetting der strooken voorbij het kruispunt, die niet in de zwaartekrachtmetingen tot uiting zal komen, althans niet direct, n.l. dat ten Zuiden van het punt S (*fig. 32*) de korstdeelen volgens in de resp. vloeirichtingen loopende vlakken *SA* en *SB* langs elkaar afgeschoven worden. Trekt men de lijn *SA* in *fig. 1,* dan loopt ze ongeveer tusschen *Boeroe* en *Ceram,* die dus t.o.v. elkaar verschoven zouden moeten zijn. Dit is inderdaad in overeenstemming met de geologische gegevens, zoodat met het bovenstaande deze verschuiving verklaard is. Ook het zwaartekrachtsveld daar ter plaatse wijst op een (na het ontstaan van de vervorming bij *Ceram* ontstane) afschuiving. Het zou interessant zijn te weten of, teneinde de verplaatsing van de korstdeelen ter weerszijden van de strook *Banggai eil. — Obi* t.o.v. elkaar mogelijk te maken, ook een afschuiving langs de lijn *SB* (*fig. 32*) is opgetreden.

De vervormingsstrook over het zuid-oostelijk schiereiland van *Celebes* is gereedelijk te verklaren als een gevolg van de verplaatsing van de ter weerszijden van de strook *Banggai eil. — Obi* gelegen deelen t.o.v. elkaar in combinatie met de door de plastische vervorming der strooken ten Zuiden van *Java* en *Timor* opgewekte West-Oost gerichte secundaire drukkracht D_s.

Aanname van een afschuiving in de vloeirichting ten N van de *Talaud eil.* voert tot een schuifvlak volgens de *Mindanao trog,* waar, op grond van andere overwegingen, ook Vening Meinesz afschuiving aannam.

De strook *Obi — Banggai eil. — Celebes — Boeton* is wat haar ontstaan betreft, precies te vergelijken met de strook *Timor — Tanimber eil. — Kei eil. — Ceram.* De deelen *Obi — Banggai eil.* en *Timor — Tanimber eil.* zijn primair ontstaan, de voortzettingen daarvan zijn secundair ontstaan als gevolg van de plastische vervorming van de primair ontstane strooken.

24) In *fig. 1* is de secundaire drukkracht D_s door een dunne pijl met twee punten voorgesteld, de resultante D_r als een dunne pijl met drie punten.

25) Voor de vloeirichting raadplege men de in noot 22 en 23 aangegeven litteratuur.

26) Zie litt. noot 23 en Bijlaard: Weerstand van de doorsnede van een plaat tusschen nagels in een scheeve rij, berekend volgens de hypothese van Mohr. *De Ingenieur* No. 8 — 1931.

Geen geoloog zijnde, heb ik er mij toe moeten bepalen, het volgens de in het bovenstaande gegeven theorie in den Oost-Indischen Archipel optredende krachtenspel in groote trekken aan te geven, hetgeen dank zij de zwaartekrachtmetingen van Vening Meinesz mogelijk was. Ik wil eindigen met de hoop uit te spreken dat het de geologen in Ned.-Indië gelukken moge, op deze gegevens met succes voort te bouwen.

Zevende Nederlandsch-Indisch Natuurwetenschappelijk Congres[1]).

Autoreferaten van voordrachten, gehouden in de Wis- en Natuurkundige Sectie.

ELECTRISCHE METHODE TER BEPALING VAN STROOMINGSBEELDEN BIJ GRONDWATER-STROOMEN

door

prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh en
ir. O. Stevens.

Zooals reeds elders werd uiteengezet (1 en 2) [2]), kan voor de bepaling van het stroomingsbeeld van een waterstroom door een homogene grondmassa met isotropische doorlaatbaarheid, worden gebruik gemaakt van de wiskundige analogie, die bestaat in de bewegingsvergelijkingen voor dit geval en die voor een electrischen stroom door een geleidende stof. Bij het door ons geconstrueerde toestel wordt gebruik gemaakt van een vloeistoflaag (verdunde zoutoplossing) met overeenkomstige randbegrenzingen als de te onderzoeken grondwaterstroom. Tot dusver werden uitsluitend vlakke grondwaterstroomen onderzocht. Ter plaatse van de grenzen, waar de grondwaterpotentiaal (de stijghoogte van het water in een piëzometrisch buisje, gemeten boven een aangenomen horizontaal vlak) dezelfde is, worden dan koperen electroden geplaatst, terwijl de overige grenzen van het electrolyt overeenkomen met de randstroomlijnen van het te onderzoeken stroomingsveld.

Heeft men te doen met twee grondmassa's met verschillende doorlaatbaarheidscoëfficiënten k_1 en k_2, zooals bijv. voorkomt bij een aarden dam van dicht materiaal gelegd op een ondergrond met een grootere porositeit, zoo moet men bij de electrische analogie, indien gebruik wordt gemaakt van één electrolyt, de vloeistofdiepten in de beide gebieden verschillend kiezen en wel zoodanig, dat zij zich verhouden als k_1 en k_2. Een zoodanig geval werd door ons onderzocht, waarbij $k_2 = 7 \cdot k_1$. Teneinde ook ter plaatse van den diepte-overgang in het electrolyt zooveel mogelijk aan de voorwaarde eener vlakke electriciteitsstrooming te blijven voldoen, werd gebruik gemaakt van een „cascade", bestaande uit een groot aantal naast elkaar geplaatste koperen draden, waardoor de electriciteit als het ware onmiddellijk van de dunne vloeistoflaag in het eene gebied wordt overgeheveld naar de *volle* diepte der dikke vloeistoflaag in het andere gebied. Deze werkwijze voldeed in alle opzichten, zooals contrôlemetingen hebben aangetoond, terwijl het gevonden stroombeeld als geheel, bevredigend overeenstemde met dat, verkregen door onderzoek van hetzelfde geval aan een verkleind aarden model.

Ook de strooming in de capillaire zône kan men in het electrisch onderzoek betrekken. In verband met de proeven van van Mourik Broekman en Buisman (3) lijkt het zeer waarschijnlijk, dat ook in de capillaire zône een potentiaalstrooming plaats heeft, die een aaneengesloten geheel vormt met die in het phreatisch grondwater. Is de capillaire onderdruk van het grondmateriaal bekend, dan kan de capillaire zône op de waargenomen phreatische waterlijn worden gesuperponeerd en het totale stroomingsveld op de gewone wijze electrisch worden bepaald. Ook een dergelijk geval werd door ons onderzocht. Hierbij moet worden aangeteekend, dat het practisch onmogelijk is, aan de hand van een proef met een verkleind model uit aarde, het stroomingsbeeld te onderzoeken inclusief de capillaire zône. Is de grond homogeen anisotroop, d.w.z. is de doorlaatbaarheid in twee hoofdrichtingen, die loodrecht op elkaar staan verschillend (4), zoo kan eveneens de electrische methode uitkomst geven. In dit geval staan bij een vlakke strooming de stroomlijnen van het grondwater niet meer loodrecht op de lijnen van gelijke stijghoogte. Zijn de doorlaatcoëfficiënten in de twee hoofdrichtingen resp. k_1 en k_2, dan kan echter het stroomingsbeeld door eene lineaire transformatie worden omgezet in een potentiaalstrooming door een homogene isotrope grondmassa met een doorlaatcoëfficiënt $\sqrt{k_1 \cdot k_2}$ (5 en 6), welk stroombeeld weer electrisch is te bepalen. Door terugprojecteering verkrijgt men dan het gezochte stroombeeld in de anisotropen grond. Tenslotte kan worden medegedeeld, dat voor het electrisch onderzoek wisselstroom wordt gebruikt van 500 perioden, welke stroom ook den toon levert, waarvan de verdwijning met behulp van een koptelefoon, geplaatst in de brug der Wheatstone'sche schakeling, wordt waargenomen (1). De toon wordt van zijn bij het meten hinderlijke boventonen door een filter ontdaan, terwijl

1) Gehouden te Batavia van 23 t.m. 26 October 1935.
2) De cijfers tusschen haakjes hebben betrekking op de literatuurlijst.

het geheel verdwijnen van den toon wordt bereikt door opname van een variometer in het schakelschema. Uitvoerige publicatie van de bovenvermelde onderzoekingen zal t.z.t. geschieden in *De Ingenieur in Ned.-Indië*.

Literatuurlijst.

1. Vreedenburgh en Stevens. „Electrodynamisch onderzoek van potentiaalstroomingen in vloeistoffen, in het bijzonder toegepast op vlakke grondwaterstroomen".
2. Vreedenburgh en Stevens. „Elektrodynamische Untersuchung von Potentialströmungen in Flüssigkeiten, insbesondere angewendet auf ebene Grundwasserströmungen". Handelingen 1er Congrès des Grands Barrages. Stockholm 1933. Volume IV. Question 2b.
3. van Mourik Broekman en Buisman. „Waterspanningen in dijken en dammen". *De Ingenieur* No. 32 — 1934.
4. Versluys. „De onbepaalde vergelijking der permanente beweging van het grondwater". Verhandelingen van het Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën. Geologische Serie. Deel I. blz. 349-360. Februari 1915.
5. Schaffernak en Dachler. „Erforschung der physikalischen Gesetze, nach welchen die Durchsickerung des Wassers durch eine Talsperre oder durch den Untergrund stattfindet". *Die Wasserwirtschaft*. No. 30 — 1933.
6. Vreedenburgh. „Over de stationnaire waterbeweging door grond met homogeen-anisotropische doorlaatbaarheid". Zal verschijnen in *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 11 — 1935 [3]).

3) Zie onder Deel VI. Waterbouwkunde van dit nummer. Red.

DE PLASTICITEITSVOORWAARDE VOOR VLOEISTAAL EN ANDERE KRISTALLIJNE MATERIALEN IN VERBAND MET DE GEOLOGIE VAN DEN OOST-INDISCHEN ARCHIPEL

door

prof. ir. P. P. Bylaard.

Zooals schrijver door het bepalen van de vloeirichting van verzwakte schuine doorsneden van een getrokken staaf aantoonde, geschiedt bij vloeistaal (St 37) de plastische vervorming, macroscopisch beschouwd, quasi-isotroop, t.w. op dezelfde wijze als de elastische, doch met een contractiecoëff. $m = 2$ en varieerenden plasticiteitsmodulus E_p. Hieruit wordt geconcludeerd tot de juistheid van de plasticiteitsvoorwaarde van Huber-v. Mises-Hencky, die de specifieke gedaanteveranderingsarbeid maatgevend stelt voor plastische vervorming 1).

Bij een niet homogenen spanningstoestand treedt bij de spanningsspitsen een zeer belangrijke verhooging van de elasticiteitsgrens op. Een mogelijke verklaring hiervoor acht schrijver, dat de vagebondeerende spanningen *), die ontstaan als gevolg van de elastische anisotropie der kristallen, bij de spanningsspitsen lager zullen zijn dan voor het geval de daar heerschende spanning zich over de geheele doorsnede zou uitstrekken. Treedt in een stalen plaat een vlakke spanningstoestand: ρ_1, ρ_2, 0 op, dan zullen bij de vloeigrens vloeilijnen optreden in de vlakken, die worden afgebeeld door het raakpunt van de spanningscirkel: ρ_1 ρ_2 aan de door schrijver ingevoerde omhullende: $3 \cdot \sigma^2 + 12 \cdot \tau^2 - 4 \cdot \sigma_v^2 = 0$ van alle volgens de vloeivoorwaarde van Huber-v. Mises-Hencky critische spanningscirkels: ρ_1 ρ_2 [2]) [3]). Het zijn de vlakken, die evenwijdig aan het breede vlak van de plaat een plastischen rek: $\varepsilon_p = 0$ vertoonen. In de diepere aardlagen van graniet en bazalt, waar zoo'n groote alzijdige druk aanwezig is, dat ook bij vervorming in geen enkel kristalvlak trek kan optreden, zoodat de cohaesievastheid van het materiaal nooit overschreden kan worden, zullen blijvende vervormingen alleen door glijdingen c.q. omklappingen in de kristallen plaats hebben. Hieruit is te concludeeren tot quasi-isotrope plastische vervorming en geldigheid van de plasticiteitsvoorwaarde van Huber-v. Mises-Hencky. Bij een radiaal gerichte drukhoofdspanning: ρ_3, wordt de omhullende der critische spanningscirkels: ρ_1 ρ_2 gegeven door de ellips: $3 \cdot (\sigma - \rho_3)^2 + 12 \cdot \tau^2 - 4 \cdot \sigma_v^2 = 0$. Hierin is σ_v de eenassige druk of trek, die op den alzijdigen druk: $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3$ gesuperponeerd moet worden om plastische vervorming te geven. Werkt zoo'n éénassige extradruk in tangentieele richting in de aardkorst dan zullen, indien deze, zooals waarschijnlijk is, niet reeds bij een extra druk $< \sigma_v$ uitplooit, plastische vervormingsstrooken moeten optreden onder: $90° - \alpha = 55°$ met de richting van dien extradruk, terwijl de bewegingsrichting der niet plastisch vervormde gedeelten ter weerszijden van deze strooken t.o.v. elkaar een hoek van: $\alpha = 35°$ met de drukrichting maakt. Bij een tangentieel werkenden extra-spanningstoestand: ρ_1 ρ_2 zijn deze hoeken, ingesloten met ρ_1, resp. $90° - \alpha = \text{bgcotg} \sqrt{\frac{\rho_1 - 2 \cdot \rho_2}{2 \cdot \rho_1 - \rho_2}}$ en $\alpha = \text{bgtg} \sqrt{\frac{\rho_1 - 2 \cdot \rho_2}{2 \cdot \rho_1 - \rho_2}}$. Vening Meinesz [4]) concludeerde tot een druk op den O.-I. Archipel in ongeveer: Z.-Z.O. richting. De vervormingsstrooken ten Z. van *Java*, in de lijn *Banggai eil. — Obi* en in de lijn *Talaud eil. — Soela eil.* blijken nu alle een hoek van ongeveer 55° met deze drukrichting te maken. Langs *Sumatra* treedt volgens Vening Meinesz meer afschuiving op, waarmee ook de wijze van vervorming volgens de bovengegeven theorie in overeenstemming is. De strook *Timor—Tanimber eil.* is te verklaren door de reactie van *Australië*. Door de plastische vervorming der genoemde strooken, waarvan de weerstand door smelting der naar beneden gedrukte lagen waarschijnlijk niet door diktevermeerdering is toegenomen, maar integendeel door gedeeltelijke ver-

Litt. 1) Bijlaard. „De plastische vervorming van vloeiijzer en de berekening van ijzerconstructies". *De Ingenieur* No. 23 — 1933.

2) Bijlaard. „Weerstand van een verzwakte scheeve doorsnede van een getrokken plaat, berekend volgens de hypothese van Huber-Hencky". *De Ingenieur* No. 37 — 1931.

3) Bijlaard. „Verklaring voor de richting der vloeilijnen en voor den optredenden breukhoek in stalen platen". *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 6 — 1935.

4) Vening Meinesz. „Gravity expeditions at sea 1923-1932".

*) Zie *fig. 25*, blz. I. 152.

drijzeling der niet onder hoogen alzijdigen druk staande bovenste lagen is afgenomen, zal de spanningstoestand zich gewijzigd hebben, waardoor ook de vervormingsstrooken in het Z.O. schiereiland van *Celebes* en tusschen *Tanimber eil.* en *Ceram* te verklaren zouden zijn, evenals de verschuiving van *Boeroe* t.o.v. *Ceram*.

EENIGE THEORETISCHE BESCHOUWINGEN OMTRENT DE THURSTON ROTOR COWL VOOR LUCHTGEKOELDE MOTOREN

door

dr. ir. G. Otten,

kapitein bij de Militaire Luchtvaartafdeeling te Bandoeng.

In den strijd tusschen lucht- en vloeistofkoeling bij vliegtuigmotoren, is de thans bijna geheel bevochten overwinning van de eerste, voor een niet gering gedeelte een gevolg van de toepassingen van de N.A.C.A.-cowling en den Townend-ring. Hiermede gelukte het den weerstand van de stervormige luchtgekoelde motoren tot een zeker minimum terug te brengen, terwijl tevens het ter beschikking komen van brandstoffen, die hooge cylinderwandtemperaturen toelaten, het gebruik van cowlings en ringen vergemakkelijkt.

Dit sluit evenwel niet uit, dat bij de ontwikkeling van de luchtgekoelde motoren, voor wat betreft die van zeer groot vermogen, bij een zoodanigen luchtweerstand, dat deze of gelijk is aan, of slechts een fractie meer bedraagt dan den weerstand van de vloeistofgekoelde motoren met koelinstallaties, het vraagstuk, om voldoende koeling te krijgen, den constructeur veel zorgen baart.

Het is dan ook vanzelf sprekend, dat de proeven van Dr. Thurston, waarbij bleek, dat met behulp van een roteerende cowl de koeling van den motor kan worden verbeterd, zonder tot een hoogeren luchtweerstand te geraken, groote belangstelling ondervindt bij de constructeurs. Het lijkt mede gewenscht, ook langs theoretischen weg te trachten tot een verklaring te komen van althans een gedeelte van de verschijnselen, welke zich bij de Thurston Rotor Cowl voordoen.

Hierbij moet evenwel worden opgemerkt, dat over slechts zeer weinig experimenteele gegevens kan worden beschikt, zoodat een toetsing van de theorie aan het experiment in vele gevallen nog niet kan worden verkregen.

Daar tegenover staat echter, dat de cowl, beschreven in de Journal of the Royal Aeronautical Society van Mei 1935, in wezen niets anders is, dan een Townend-ring, waarin gleuven aangebracht zijn, en waarvan de overgebleven grootere gedeelten een weinig geprofileerd zijn met het oog op de rotatiebeweging, waaruit volgt, dat, zooals mede reeds door Thurston werd opgemerkt, de eigenschappen van de cowl in vele gevallen overeen moeten stemmen met de eigenschappen van den Townend-ring. Aansluitende op de theorie van dezen ring worden op theoretische gronden enkele eigenschappen afgeleid, die voornamelijk betrekking hebben op het verband tusschen de kracht, waarmede de cowl zich tegen den windstroom in zal trachten voort te bewegen, en de hoeksnelheid bij autorotatie.

EEN NIEUWE METHODE VOOR HET BEREKENEN VAN PLATEN

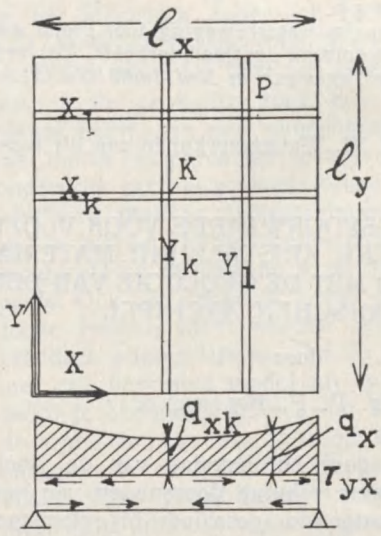
door

prof. ir. P. P. Bylaard.

Op buiging belaste stijve platen vinden in de techniek een uitgebreide toepassing, voornamelijk als platen in gewapend beton. De randvoorwaarden zijn hier vrijwel steeds van dien aard, dat een directe oplossing van de diff. verg.

$$\nabla^2 \nabla^2 w = \frac{p}{N}$$

niet mogelijk is, o.a. voor het meest voorkomende geval van de rechthoekige op vier zijden opgelegde platen. Er zijn echter verschillende methoden gevonden, die voor bepaalde gevallen een voldoende nauwkeurige berekening mogelijk maken. Deze methoden, gebruik makend van differentierekening (Marcus), dan wel enkele (Nadai) of dubbele (Lewe) reeksen van Fourier, worden echter in de practijk niet gebruikt, omdat *1°* de meeste ingenieurs niet in de gelegenheid zijn zich in de theorie in te werken en *2°* de berekening veel te bewerkelijk is. De nieuwe methode heeft het voordeel eenvoudiger te zijn, een goed inzicht te geven in de dragende werking van de plaat en bovendien te leiden tot *eenvoudige eindformules*. Voor rechthoekige op vier zijden vrij opgelegde platen, (zie *figuur*), zoowel als voor platen, die aan een of meer zijden zijn ingeklemd, wordt bij willekeurige belasting als algemeene formule voor de maximum veldmomenten gevonden [1] [3]):



$$\left.\begin{aligned} M_{xm} &= m_v \cdot q'_x \cdot l^2_x \\ M_{ym} &= n_v \cdot q'_y \cdot l^2_y \end{aligned}\right\} \text{ (I), waarin:}$$

$$\left.\begin{aligned} q'_x &= \beta \cdot \frac{\varepsilon^4}{\varepsilon^4 + \gamma \cdot \varepsilon^2 + \alpha'} \, q \\ q'_y &= \beta \cdot \frac{\alpha}{\varepsilon^4 + \gamma \cdot \varepsilon^2 + \alpha'} \, q \end{aligned}\right\} \text{ (II)}$$

en evenzoo voor de max. inklemmingsmomenten:

$$\left.\begin{aligned} M_{xi} &= m_i \cdot q'_{xi} \cdot l^2_x \\ M_{yi} &= n_i \cdot q'_{yi} \cdot l^2_y \end{aligned}\right\} \text{ (IV), waarin:}$$

$$\left.\begin{aligned} q'_{xi} &= \lambda_x \cdot \frac{\varepsilon^4 + \omega_x \cdot \varepsilon^2 + \varrho_x}{\varepsilon^4 + \gamma \cdot \varepsilon^2 + \alpha'} \, q \\ q'_{yi} &= \lambda_y \cdot \frac{1 + \omega_y \cdot \varepsilon^2 + \varrho_y \cdot \varepsilon^4}{\varepsilon^4 + \gamma \cdot \varepsilon^2 + \alpha'} \, q \end{aligned}\right\} \text{ (V)}$$

Hierin is $\varepsilon = \frac{l_y}{l_x}$

De coëfficiënten m_v, n_v, m_i en n_i hangen van de randvoorwaarden af en niet van ε. De met Grieksche letters aangeduide coëfficiënten (behalve ε) zijn wel eenigszins afhankelijk van ε, maar bij de tot nu toe onderzochte gevallen, n.l. volbelasting en driehoekig verloopende belasting, worden voldoende nauwkeurige uitkomsten verkregen door deze coëfficiënten constant aan te nemen en gelijk aan hun waarde voor $\varepsilon = 1$. Door een kunstgreep is het nog mogelijk met hun waarde bij andere ε rekening te houden en toch met constante coëfficiënten te rekenen, die voor $\varepsilon = 1$ weer dezelfde max. momenten geven; deze coëfficiënten zijn dan echter voor $\varepsilon < 1$ en $\varepsilon > 1$ verschillend. De coëfficiënten werden voor verschillende gevallen berekend [3]) [4]).

In de practijk heeft men dus slechts deze coëfficiënten in de vergelijkingen (**I**), (**II**), (**IV**) en (**V**) in te vullen, benevens de grootte van ε. De op deze wijze berekende max. momenten zijn van denzelfden graad van nauwkeurigheid als de volgens de veel bewerkelijker methoden van Marcus, Lewe en Nadai gevonden waarden. De momenten in een ingeklemde plaat met driehoekige belasting (gronddruk, waterdruk), van zeer veel belang voor waterbouwkundige werken, waarvoor volgens de nieuwe methode eveneens de coëfficiënten werden berekend, waren b.v. tot nu toe nog niet bekend, zooals Lewe zelf opmerkt (zie: Lewe, Handbuch für Eisenbetonbau, Band IX, 1934, blz. 242). Het principe van de nieuwe methode is het volgende:

Een willekeurige X-strook, met een breedte gelijk aan de zeer klein gedachte eenheid X_1 (zie *figuur*), draagt een verticale belasting q_x, zijnde de algebraïsche som van de direct erboven staande belasting en de door de verticale schuifspanningen τ_{yz} op de zijvlakken geleverde belasting. Verder werken op de zijvlakken nog horizontale schuifspanningen n.l. de wringspanningen τ_{yx} (zie *figuur*). Het moment, dat door de belasting q_x in een willekeurige dwarsdoorsnede van de strook, bijv. bij P, ontstaat, wordt M_{xv} genoemd. Het werkelijke moment M_x in die doorsnede is echter kleiner als gevolg van de ontlasting door de wringspanningen τ_{yx}. Bij vrij opgelegd gedachte strook en een contractiecoëfficiënt m, blijkt nu, dat $M_x = \frac{m+1}{m} \cdot M_{xv} - M_y$, waarbij M_y het moment voorstelt, dat bij P in de door P gaande Y-strook Y_1 optreedt. Voor een poreus materiaal als beton is m gevoegelijk $= \infty$ te stellen, zoodat $M_x = M_{xv} - M_y$ en dus het door de wringspanningen geleverde moment $- M_y$ bedraagt [2]). Is echter de X-strook aan één of beide zijden ingeklemd, dan zullen door de wringspanningen ook inklemmingsmomenten worden opgewekt, waardoor dat moment tot $- \varphi_x \cdot M_y$ verminderd wordt, zoodat voor het kruispunt K der meest belaste strooken X_k en Y_k volgt: $M_{xk} = M_{xv} - \varphi_x \cdot M_{yk}$ (**1a**) en $M_{yk} = M_{yv} - \varphi_y \cdot M_{xk}$ (**1b**). Komen in K de gedeelten q_{xk} en q_{yk} van de erboven staande belasting q_k voor rekening van X_k resp. Y_k, dan zullen bij bekend verloop van q_x en q_y langs X_k resp. Y_k, M_{xv} en M_{yv} in q_{xk} en q_{yk} zijn uit te drukken, zoodat $M_{xv} = f_a(q_{xk}, q_{yk})$ (**2a**) en $M_{yv} = f_b(q_{xk}, q_{yk})$ (**2b**). Verder is $q_{xk} + q_{yk} = q_k$ (**3**). Het verloop van q_x en q_y is n.l. bekend, doordat bewezen kon worden, dat men voor de tot nu toe beschouwde gevallen mag aannemen dat q_x verloopt als de werkelijk boven X_k staande belasting, verminderd met 1° een belasting, die affien verloopt met het moment M_x in X_k en 2° een belasting, die affien verloopt met de doorbuiging van X_k, terwijl de verhouding tusschen de onder 1° en 2° genoemde belastingen in K berekend kon worden. Verder bleek, dat het door de wringspanningen in X_k opgewekte moment ook ontstaan gedacht kan worden door een affien met en tegengesteld aan M_x verloopende fictieve belasting. Met deze gegevens is het mogelijk φ_x en φ_y te berekenen en ook de verhouding tusschen M_{xk} en M_{yk} vast te stellen, dus $M_{yk} = f(M_{xk})$ (**4**). Uit de 6 verg. (**1a**) t/m (**4**) zijn nu de onbekenden q_{xk}, q_{yk}, M_{xv}, M_{yv}, M_{xk} en M_{yk} op te lossen. De berekening van de inklemmingsmomenten is dan verder eenvoudig [3]). Ook de vergelijking van het elastische vlak is met groote benadering aan te geven. Voor een volbelaste vrij opgelegde vierkante plaat is b.v. zeer snel te vinden:

$$w = \frac{8}{104175} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \cdot (24 \cdot \xi - 65 \cdot \xi^3 + 75 \cdot \xi^4 - 51 \cdot \xi^5 + 17 \cdot \xi^6) \cdot (24 \cdot \eta - 65 \cdot \eta^3 + 75 \cdot \eta^4 - 51 \cdot \eta^5 + 17 \cdot \eta^6),$$

waarin $\xi = \frac{x}{l}$ en $\eta = \frac{y}{l}$ en waaruit voor elk punt de doorbuiging en het moment ongeveer op 1% resp. 3% nauwkeurig te berekenen zijn. Voor gevallen waarvoor de diff. verg. wel direct is op te lossen, zooals b.v. voor cirkelvormige op buiging belaste platen of voor het berekenen van de plooispanning van rechthoekige platen, belast door een vlakken spanningstoestand met hoofdspanningsrichtingen evenwijdig aan de rechthoekszijden, leidt de nieuwe methode zeer vlug tot een exact resultaat [4]).

Litt.: 1) Bijlaard. „Factoren, die het materiaalverbruik in draagconstructies beïnvloeden". Rede 1934. blz. 62-65 en 79-80. Zie ook *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 9 — 1934. Blz. I. 97, 98 en 101.

2) Bijlaard. „Een nieuwe methode voor het berekenen van platen en de toepassing daarvan op het plooien van de wanden van gedrukte staven". *De Ingenieur* No. 26 — 1934.

3) Bijlaard. „Afleiding van eenvoudige formules voor de berekening van rechthoekige op vier zijden opgelegde platen in gewapend beton voor gelijkmatige volbelasting". *De Ingenieur* No. 23 — 1935.

4) Bijlaard. Ook de berekening voor rechthoekige platen met driehoekige belasting, voor ronde platen etc., wordt binnenkort in *De Ingenieur*, c.q. in *De Ingenieur in Ned.-Indië* gepubliceerd.

GEVALLEN VAN BEELDVORMING

door

drs. V. Esbach.

Voorgedragen door prof. dr. H. R. Woltjer.

De hoofdas van een dunne lens is dubbel belegd met 2 puntrijen: de voorwerpspunten en de beeldpunten. Deze puntrijen zijn projectief verwant. Bijzondere punten zijn: Voorwerpspunten: 1. Optisch middelpunt: O; 2. Brandpunt F_v; 3. Punt op dubbele brandpuntsafstand D_v; 4. Oneindig ver punt V_∞.

Beeldpunten: 1. Optisch middelpunt O; 2. Brandpunt F_b; 3. Punt op dubbele brandpuntsafstand D_b; 4. Oneindig ver punt B_∞.

De puntgroepen (O, F_v, D_v, V_∞) en (O, B_∞, D_b, F_b) zijn in deze volgorde homoloog.

Voer nu de volgende notatie in:

Geef aan het segment OF_v den index 1; aan het segment F_vD_v den index 2; aan D_vV_∞ den index 3 en aan $V_\infty O$ den index 4.

Evenzoo: aan OF_b den index 1; aan F_bD_b den index 2; aan D_bB_∞ den index 3 en weer aan het segment $B_\infty O$ den index 4.

Men kan nu aantoonen, dat voor elk willekeurig beeldgeval de som der indices invariant is en wel $= 5$.

Bovendien, als we den index van de voorwerpsruimte noemen n_v en van de beeldruimte n_b, terwijl wij de lineaire vergrooting noemen T_{lin}, kan men bewijzen:

als $n_b > n_v$ of $\frac{n_b}{n_v} > 1$ ook $T_{lin} > 1$

als $n_b < n_v$ of $\frac{n_b}{n_v} < 1$ ook $T_{lin} < 1$

Het bovenstaande levert een zéér simpele en practische methode om de beeldgevallen snel te overzien, evenals hun combinaties tot optische toestellen.

DE VOLGORDE VAN BEHANDELING IN DE ELECTRODYNAMICA

door

drs. V. Esbach.

Voorgedragen door prof. dr. H. R. Woltjer.

De thans veel gebruikte methode stelt de formule van Biot en Savart *onbewezen* aan de spits van de behandeling van den electrischen stroom. De stroomsterkte-eenheid en de fundamenteele wetten worden zoodoende op een onbewezen formule gebaseerd. Deze methode heeft ernstige wetenschappelijke en didactische bezwaren.

Deze bezwaren zijn van zoodanig ernstigen aard, dat een breken met de traditie volkomen gerechtvaardigd is.

Gezocht moet worden naar een behandelingswijze, waartegen geen, of althans minder ernstige, bezwaren zijn aan te voeren.

DE ONTWIKKELING VAN HET RADIO-TELEFOONVERKEER IN NEDERLANDSCH-INDIË

door

ir. W. F. Einthoven.

Door de ontwikkeling van de korte-golf-zenders is het telefoonverkeer over groote afstanden mogelijk geworden. De verbinding van het Moederland met Indië is de eerste radio-telefoon-verbinding geweest over dergelijke groote lengten. Daardoor heeft men aan beide kanten een groote ervaring kunnen opdoen. Aanvankelijk, in het begin van 1928, was men reeds met een matige kwaliteit van het gesprek tevreden, herhalen van woorden en zinnen kwam vaak voor, en ook waren er wel dagen, dat geen bruikbare gesprekken konden worden gevoerd. Het duurde echter niet lang of de wensch werd steeds dringender om ook de kwaliteit te verbeteren. Vooral toen geheiminstallaties in gebruik genomen werden, bleek, dat veel hoogere eischen aan de kwaliteit van de radioverbinding moesten worden gesteld. In de eerste plaats kwam de verbetering van de zenders en van de ontvangers aan de orde en toen de kwaliteit hiervan bevredigend was kon een studie worden gemaakt van de fouten, die ontstonden bij de overbrenging. De hoofdzaken zijn: fading en het Doppler-effect. Er zijn eigenlijk twee soorten van fading. Bij de eerste wordt een groep frequenties gelijktijdig hard of zacht. Zoo'n groep kan b.v. de draaggolf en zijbanden van een telefoniezender zijn. Bij de tweede worden een of enkele frequenties zwak of geheel nul, terwijl de vlak ernaast gelegen frequenties hun volle sterkte behouden. Deze laatste soort wordt selectieve fading genoemd. De eerste soort fading is bevredigend te bestrijden door fading-regelaars, die in den ontvanger de versterking automatisch vergrooten als de intensiteit van de draaggolf van het ontvangen signaal verzwakt. Veel moeilijker wordt echter de zaak door de selectieve fading, daar het mogelijk is, dat uitsluitend de draaggolf op een bepaald oogenblik verzwakt, terwijl de zijbanden nog op normale sterkte blijven. Hierdoor treedt een verschijnsel op, dat aan sterke overmodulatie van den zender doet denken. Een andere moeilijkheid is een verschijnsel, dat bij de geluidoverbrenging Doppler-effect wordt genoemd. De weg, dien de radiogolven nemen door de Heavisidelaag is niet altijd even lang, maar verandert voortdurend van lengte, zoodat hierdoor tijdelijke frequentie-veranderingen van kleine bedragen of faseveranderingen plaats vinden. Daar deze wijzigingen niet voor alle frequenties gelijktijdig optreden is het faseverband tusschen de beide zijbanden niet altijd meer aanwezig. Zoo kan het voorkomen, dat op bepaalde momenten enkele frequenties van de eene zijband na de detectie die van de andere tegenwerken. Om hierin verbetering te brengen is het noodig, dat slechts met één zijband wordt gewerkt en dat de draaggolf, die zoo sterk aan selectieve fading onderhevig is, niet wordt gebruikt voor de detectie. Het is dus nu noodig, een nieuwe draaggolf van constante amplitude te gebruiken voor de detectie. Bij de uitzendingen van normale zenders, die dus met draaggolf en twee zijbanden werken, kan van de hierboven beschreven verbeteringen toch geprofiteerd worden door in den ontvanger deze uitzeving te doen plaats vinden. De nieuw te gebruiken draaggolf moet echter niet meer dan enkele perioden afwijken van de oorspronkelijke, zoodat hier een nauwkeurigheid van ongeveer 1 op 10^7 vereischt wordt. Om dit te verwezenlijken, is er een automatisch werkende regelinrichting geconstrueerd aan den ontvanger. De volgende stap is nu geweest om bij de zenders de draaggolf gedeeltelijk te onderdrukken en maar één band uit te zenden. Met deze soort zenders en ontvangers is het gemakkelijk om meerdere telefoon-kanalen en telegraaf-kanalen gelijktijdig te verwerken. Ook bij de oude zenders is men in Indië reeds van 1929 af met succes hiermee bezig. Het geeft een groote besparing aan zenders, daar nu veel meer verkeer kan worden afgehandeld over één zender.

Voor het interinsulaire verkeer worden deze zenders en ontvangers te ingewikkeld. Wij blijven daarom bij het oude type, waarbij echter wel de mogelijkheid bestaat om telegraaf- en telefoonverkeer over één zender te leiden.

ZEND- EN ONTVANGSTPROBLEMEN BIJ DE ONTWIKKELING VAN HET OMROEPNET DER NED.-INDISCHE RADIO OMROEP MIJ. (NIROM) IN NEDERLANDSCH-INDIË

door

ir. W. D. P. Stenfert.

De golflengte-keuze voor een tropisch gebied (den Ned.-Indischen Archipel) wordt hoofdzakelijk bepaald door de aanwezigheid van hevige atmosferische storingen op de, voor een dergelijk project gebruikelijke omroepgolven (1 500—2 000 m). De sterkte der atmosferische storingen neemt af met de golflengte, naar reeds lang globaal bekend was. Het gedrag der golven voor den Archipel werd onderzocht en het bleek, dat voor golven beneden 100 m een bruikbare verhouding tusschen atmosferische storingen en signaal-sterkte bestond. Vervolgens werd aan de hand van een uitgebreide serie proefnemingen de bruikbaarheid der golven tusschen 19 en 100 m, in verband met het gebruik voor omroepdoeleinden, nagegaan. Bij de eerste serie proefnemingen, welke onder leiding van den ontwerper van het omroepnet, ir. W. A. J. Liebert, werden genomen, bleek uit de talrijke ontvangstrapporten, dat de golflengte van omstreeks 50 m een goede zendgolf zou zijn voor den centralen zender, welke te Tandjong Priok zou worden opgericht.

Na het gereedkomen van den zgn. Archipelzender, werden de golflengteproeven nog eens herhaald op verschillende antenne-systemen.

In den golflengteband van 50—100 m bleek de 50 m-golf voor het beoogde doel, — dat is een zoo groot mogelijk gebied te bestrijken en hoofdzakelijk binnen den Archipel te stralen —, als daggolf aangewezen. De golven van 74 tot 100 m leenden zich het best voor de vroege ochtend- en de avonduren.

Deze golflengtekeuze blijkt vrijwel in overeenstemming met de geldende theorieën over de eigenschappen van de Heaviside-laag, waarbij de reflecteerende laag lager ligt dan in de koelere gebieden, tengevolge van de sterke ionisatie, welke met de intense zonbestraling gepaard gaat. De ontvangst in een gedeelte van het luistergebied der 13 westersche en 7 oostersche Nirom-zenders, dat valt binnen de directe straling der zenders, is fadingvrij en vereischt aan de ontvangzijde geen bijzondere voorzorgen. De ontvangst in het overige gebied is onderhevig aan de, met de indirecte transmissie verbonden fadingsverschijnselen. Deze verschijnselen zijn aan de zenderzijde door een goede golflengtekeuze reeds zoo veel mogelijk onschadelijk gemaakt.

Aan de ontvangstzijde kan door het gebruik van een ontvangtoestel met automatische fading-regeling, de zoogenaamde „trage fading", practisch geheel onschadelijk worden gemaakt. Bij de snelle of selectieve fading ondergaat een enkele frequentie een snelle sterkte-variatie. Bij het snel wegzakken der draaggolf ontstaat een hevige, niet lineaire vervorming.

Een ontvangtoestel moet daarom een dusdanige trage fading-regeling bezitten, dat in dit korte moment de gevoeligheid van den ontvanger niet omgekeerd evenredig kan toenemen met de draaggolfamplitude, waardoor de bestaande vervorming extra zou worden geaccentueerd.

Algemeen: Het Nirom-luistergebied strekt zich thans uit over Java en Madoera. In samenwerking met de P. T. T. worden thans met een tweetal, van dezen dienst gehuurde zenders, op golven van 27-29 m en met den 1½ kW Nirom-zender te Soerabaja op 31,3 m, proeven gedaan om te zamen met het bestaande net van Nirom-zenders den geheelen Archipel zoo spoedig mogelijk te bestrijken.

Het aantal ingeschreven luisteraars bedroeg op 30 Aug. 1935 ongeveer 22 000 na een bedrijf van 17 maanden. Dagelijks is ongeveer 1 200 km telefoonlijn in gebruik.

Bij de ontwikkeling van het omroepnet werd van de zijde der P. T. T., zoowel als van talrijke luisteraars, de grootst mogelijke medewerking ondervonden, hetgeen op deze plaats nog eens dankbaar wordt gememoreerd.

LUCHTELECTRISCHE METINGEN VERRICHT TE BANDOENG IN HET BOSSCHA-LABORATORIUM

door

dr. A. J. Leckie.

Deze metingen vormen een voortzetting van metingen, die door prof. Clay in het Bosscha-Lab. begonnen zijn „ter verkrijging van nauwkeurige, gelijktijdige registraties van de belangrijkste factoren, die den electrischen toestand van de atmosfeer bepalen". Over deze metingen heeft prof. Clay eene mededeeling gedaan op het „Fourth Pacific Science Congres" in Febr. 1929 (zie aldaar pg. 141), waarin hij de resultaten opgeeft van een registratie van een jaar (Juli-Aug. 1926—Sept., Aug. 1927) van de luchtpotentiaal, het polair geleidingsvermogen en het aantal kleine ionen van de atmosfeer. *Luchtpotentiaalgradiënt:* Mededeeling wordt gedaan van de uitkomsten van de registratie van de luchtpot., verkregen met behulp van een Benndorff-electrometer, welke verbonden is aan een radiothoriumcollector, geplaatst boven een kunstmatig aardveld van ijzergaas op een groot open terrein van het Lab. In April 1930 werd met de opstelling begonnen en werden voorloopige registraties verricht. De bewerkte registraties, waarover mededeeling wordt gedaan, loopen vanaf Aug. 1930 tot Juli 1935. Door metingen van den reductiefactor is hieruit afgeleid het verloop van den luchtpotentiaalgradiënt voor dit tijdvak. De fotografische registraties van de luchtpot. met behulp van een Binant-electrometer, waarover door prof. Clay bericht is, zijn voortgezet; aanvankelijk werd een water-, later een radiothoriumcollector gebruikt. Het verloop van de aldus geregistreerde luchtpot. bleek in hoofdzaak overeen te stemmen met dat der Benndorff-registratie. Van een volledige bewer-

king moest voorloopig worden afgezien. *Polair geleidingsvermogen:* In 1930 werd aangevangen met een voortzetting van de registraties van prof. Clay van het polair geleidingsvermogen met een Benndorff-electrometer. Daar vele registraties, vooral gedurende den nacht, door spinrag niet betrouwbaar bleken, werd begin 1932 begonnen met bouw en opstelling van een toestel voor fotografische registratie van het polair geleidingsverm. volgens de methode Gerdien. Gebruik wordt hierbij gemaakt van een tweedraadselectrometer van Wulff. Aanvankelijk konden slechts registraties gedurende den dag worden gedaan, sedert Nov. 1932 wordt er dag en nacht geregistreerd. Mededeeling wordt gedaan van de verkregen resultaten van Nov. 1932-Oct. 1935. De registraties met den Benndorff-electrometer zijn steeds zooveel mogelijk voortgezet. De overeenstemming met de fotografische registraties is bevredigend. Van een bewerking dezer Benndorff-registraties is voorloopig afgezien. *Verticaalstroom:* Uit de registraties van luchtpot. en polair geleidingsverm. zijn grafieken afgeleid voor het verloop van den verticaalstroom in het tijdvak Nov. 1932-Juli 1935.

Aantal kleine ionen: Begin 1932 werd het toestel, dat prof. Clay voor deze metingen gebruikt had, na het aanbrengen van kleine veranderingen, weer opgesteld. Hierbij wordt het aantal kleine ionen van beide teekens fotografisch geregistreerd volgens de oplaadmethode, afwisselend positief en negatief. Eens per uur wordt het eigen lek geregistreerd. (Zie mededeeling van prof. Clay. Fourth Pacific Science Congres. 1929). Medegedeeld worden de resultaten verkregen van Aug. 1932-Oct. 1935.

Aantal langzame (Langevin) ionen: Begin 1934 werd begonnen met den bouw van een toestel voor registratie van de Langevin-ionen. Het aantal dezer ionen wordt afwisselend voor die van het pos. en neg. teeken fotografisch geregistreerd met behulp van een Compton-electrometer. Gedurende 3 minuten wordt de electrometer opgeladen door de ionen van één teeken, tien minuten later door die van het tegengestelde teeken. Eens per uur wordt het eigen lek geregistreerd. Aanvankelijk werd veel moeite ondervonden om het toestel onafgebroken bedrijfszeker te houden. Sedert eind Maart 1935 worden doorloopende registraties verkregen. De eerste registraties loopen van April 1934 af. Medegedeeld worden eenige der verkregen uitkomsten sedert Juli 1934. Het verloop der langzame ionen bleek steeds tegengesteld te zijn aan dat der kleine ionen. In aansluiting hieraan worden er sedert kort kernentellingen gedaan, 2 maal 's daags, om 7 u. v.m. en om 12 u. Binnenkort zal worden begonnen met metingen betreffende den levensduur der kleine ionen en hopelijk ook over het aantal intermediaire ionen. *Meting v.h. teeken en de grootte der regenlading:* Einde 1932 werd begonnen met de opstelling van een toestel voor het meten van teeken en grootte der regenlading. Gebruikt wordt een fotografische registratie met Binantelectrom. van Dolezalek. De registraties vingen aan eind Dec. 1932. Mededeeling wordt gedaan van eenige resultaten, die verkregen zijn sedert Aug. 1933. In verband met deze metingen werd midden 1932 een 2e Benndorff-electr. opgesteld, ter registr. van de luchtelectr. pot. ged. den regen. Hierover worden mededeelingen gedaan.

DRIE JAAR LUCHTPOTENTIAALMETINGEN TE SOERABAJA

door

dr. J. P. H. de Kruyff.

Van de 1 October 1929 aan de N.I.A.S. aangevangen en tot op heden voortgezette metingen, zijn thans de eerste drie jaren uitgewerkt. De jaargemiddelden der normale potentiaalvervallen bewegen zich in dalende lijn en bedragen: 178, 170 en 160 volt/meter. De jaarvariatie heeft een minimum in October (gem. 112 v/m), dus tegen het einde van den drogen tijd, en een maximum, dat in den regentijd valt (Februari 217 v/m). In de dagvariatie zijn duidelijk een Oostmoessontype en een Westmoessontype te onderscheiden. Beide hebben een (in den O.M. meer) uitgesproken ochtendmaximum, het W.M. type bovendien een avondmaximum, lager dan het ochtendmax. Negatieve potentiaalgradiënten treden in den O.M. vrijwel niet op, komen practisch uitsluitend voor in den W.M., n.l. bij bewolking en regen.

Volgens Mauchly is de ongestoorde dagvariatie een enkelv. harm. oscillatie met een overal gelijktijdig max. (ongeveer 19 u. Gr. T. of 2½ u. Javatijd) en een kleine amplitude. In dit verband moet men den ochtendtop en in den W.M. het avondmax. beschouwen als de belangrijkste te Soerabaja optredende storingen in het dagverloop, veroorzaakt door een sterke vermeerdering van het aantal kernen in de onderste lagen der atmosfeer. De belangrijkste bron van kernen is de kampong, waar gedurende eenige uren tegen zonsopgang en omstreeks zondsondergang veel rook verwekt wordt. Dat het avondmax. niet in den O.M. optreedt, moet het gevolg zijn van den in dezen tijd van het jaar 's middags harden N.O. wind, die speciaal in Aug., Sept. en Oct. tot laat in den avond aan kan houden, zelf lucht van boven zee aanvoert en de vorming van een groote concentratie van kernen in de onderste luchtlagen belet.

Tot de vorming van het avondmax. in den W.M. draagt nog een tweede oorzaak bij, n.l. de fijne waterdruppeltjes, die na regen in de onderste luchtlagen achterblijven en ook wellicht bij sterke zenithbewolking voor den regen reeds daarin aanwezig zijn en de kleine ionen absorbeeren. Mogelijk is dit laatste een oorzaak van de vervroegde potentiaalstijging 's middags in den W.M., die gemiddeld reeds om 12 u. aanvangt. De langzame daling van de potentiaalgradiënt in den W.M. na het avondmax. is het gevolg van de zuivering der atmosfeer door de uitzakkende waterdruppeltjes. In verband hiermede valt bovendien op te merken, dat de verdeeling van het aantal regenuren over den dag in den vooravond een max. heeft.

Bauer neemt aan, dat in de jaarvariatie (ongestoorde-) overal ten tijde van het Perihelium (Januari) een max. zou moeten optreden als gevolg van een samenhang tusschen potentiaalvariatie en zonnewerkzaamheid. Het klimaat te Soerabaja zou dan de oorzaak moeten zijn van de verschuiving van het min. van Juli naar October. In plaats van een stijging van de pot. grad. gedurende deze maanden, die men

volgens Bauer zou moeten verwachten, wordt een fiksche daling waargenomen (het gem. over het weinig gestoorde gedeelte van de dag van 10 tot 3½ u. bedraagt voor de maanden Juli tot en met October ongeveer: 140, 125, 103 en 93 v/m). De krachtige N.O. wind zou misschien ook hiervoor als oorzaak kunnen worden aangewezen.

In overeenstemming met de meening van Bauer is de dalende lijn, waarin zich de jaargemiddelden bewegen; het relatieve zonnevlekkengetal was gedurende deze drie jaren ook afnemend.

Voor wat betreft de bij bewolking en regen optredende negatieve, zeer kleine en zeer groote positieve potentiaalvervallen moet voorloopig worden volstaan met een verwijzing naar een vroegere beschouwing (diss. A'dam 1933).

METINGEN VAN DE INTENSITEIT DER ZONNESTRALING IN NED.-INDIË GEDURENDE DE LAATSTE JAREN

door

dr. H. P. Berlage, Jr.

Van 1915–1925 werden te Batavia en ook elders metingen van de intensiteit der zonnestraling door oogaflezing verricht met behulp van een zilverschijfpyrheliometer volgens Abbot en een pyrheliometer volgens Michelson. De resultaten daarvan werden ten deele reeds eerder door Boerema gepubliceerd.

Sinds 1927 werd met zelfregistreerende thermoelementen volgens Moll waargenomen. Te Batavia zijn zoowel de intensiteit der straling van de zon alleen, als de intensiteit der totale straling van zon en hemel op het horizontale vlak gemeten; te Tjibodas, op den top van de Pangerango en op de onderneming Somobito in Oost-Java slechts de totale straling.

De gemiddelde ongereduceerde middagwaarden der directe zonnestraling op wolkenlooze dagen schommelt te Batavia tusschen 1,39 cal/cm² min. in December en 1,22 cal/cm² min. in Augustus. Het absolute maximum der directe straling te Batavia bedroeg 1,52 cal/cm² min. op 8 Februari 1935 om 12u40, tegenover een intensiteit buiten den dampkring van 2,00 cal/cm² min. De grootste doorlaatbaarheid van den dampkring bedroeg te Batavia 79% op 16 Juni 1935 om 11u35. In doorsnee wordt de 70% niet overschreden. De geringste doorlaatbaarheid treedt tegen het einde van den oostmoesson op, tengevolge van de heiigheid der atmosfeer.

Wat de totale straling betreft, wint Somobito het met ongeveer 4% van Batavia. Daarentegen wint Batavia het van Tjibodas met niet minder dan 25%. Van de Pangerango zullen pas ten tijde van het congres cijfers gedurende een vol jaar beschikbaar liggen.

HET HELIUMGEHALTE VAN AARDGASSEN

door

dr. A. J. Leckie en prof. dr. H. R. Woltjer.

Zooals bekend, zijn de aardgassen uit enkele Amerikaansche petroleumvelden bijzonder rijk aan helium. Van een bron in Kansas bedraagt het heliumgehalte zelfs 1,84 vol. %.

Het is om verschillende redenen van veel belang het heliumgehalte van de Indische aardgassen te onderzoeken.

In 1924 is dan ook door Clay een onderzoek ingesteld naar het voorkomen van helium in aardgassen uit de petroleumbronnen. Het gehalte bleek zeer gering te zijn. Het hoogste door Clay als bovenste grens vermelde bedrag is 0,0033%.

Verschillende omstandigheden waren aanleiding opnieuw een dergelijk onderzoek ter hand te nemen.

Vooreerst was door Paneth een nieuwe uiterst gevoelige methode van heliumonderzoek uitgewerkt, waarbij slechts geringe hoeveelheden gas beschikbaar behoefden te zijn, en voorts was onze aandacht gevestigd op andere aardgassen dan die der petroleumbronnen.

Door hier verder niet ter zake doende oorzaken is van dit laatste niets gekomen, maar wel zijn talrijke gasmonsters, door de B.P.M. ons welwillend ter beschikking gesteld, onderzocht.

Het heliumgehalte varieert, naar de plaats van herkomst, van ca. 0,0003 % tot ca. 0,015% (afkomstig van Boela), (het heliumgehalte van lucht bedraagt ca. 0,0004%).

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Stichting voor Materiaalonderzoek.

Van bovengenoemde Stichting, gevestigd te 's Gravenhage, Prinsessegracht 23, zijn als Mededeelingen No. 9 en No. 10 verschenen resp. het Tweede Verslag van de Commissie voor het onderzoek van Vuurvast Materiaal en het Tweede Verslag van Corrosie Commissie II voor de bestudeering van Buisaantasting door Bodeminvloeden (onderwerp: Aantasting van buizen).

Deze mededeelingen worden franco aan belangstellenden toegezonden tegen storting van *f* 2,— resp. *f* 2,50 op de postrekening van de Stichting, No. 164188, 's Gravenhage.

Normalisatie.

Bij het Secretariaat van den Normalisatieraad — Bragaweg 38, Bandoeng — zijn verkrijgbaar gesteld de nieuw verschenen normaalbladen:

N 191: Benamingen van electrotechnische artikelen. Doosschakelaars.
N 623: Gietijzeren schuifafsluiters met flenzen voor gas- en waterleiding voor druktrap I—2,5 en II—2.
N 624: Idem voor druktrappen I—6, II—5 en I—10, II—8.
N 625: Idem voor druktrappen I—10, II—8 en I—16, II—13.
N 626: Idem met moffen voor druktrappen I—6, II—5 en I—10, II—8.

alsmede de ter critiek gepubliceerde ontwerp-normaalbladen:

V 540: Laschwerk. Algemeene bepalingen.
V 541: Laschstaven. Beproevingseischen en keuring.
V 542: Laschwerk. Bekwaamheidseischen voor laschers aan ketels en reservoirs (Reparatiewerk).

V 543: Idem. Bekwaamheidseischen voor lasschers aan ketels, reservoirs en tanks (Nieuw werk).
V 544: Laschstaven. Neergesmolten materiaal van laschstaven voor ketels en reservoirs. Beproevingseischen en keuring.
V 545: Laschwerk. Voorbewerking en vorm van de laschnaden.
V 546: Idem. Bekwaamheidseischen voor lasschers aan bruggen en staalconstructies.
V 858 t/m 874: Borstelwerk, kwasten en penseelen.
V 796: Scheepsonderdeelen. Keerkleppen.

BOEKBESPREKING.

Vom Wasser. Ein Jahrbuch für Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik.
Uitgave der „Fachgruppe für Wasserchemie des Vereins deutscher Chemiker E.V.", IX Band 1935, 94 bldz. Prijs R.M. 7.—
Verlag Chemie G.m.b.H., Berlin W. 35.

De uitgave is een verslag van de op de jaarvergadering 1935 der bovengenoemde Fachgruppe te Leipzig gehouden voordrachten, die alle gewijd zijn aan de bezorging van afvalstoffen en afvalwater in dien zin, dat alle daarin voorkomende stoffen, die eenige waarde vertegenwoordigen, tot profijt worden gebracht.

In de inleiding wordt erop gewezen, dat men zich bij deze onderzoekingen niet voor oogen heeft gesteld om van de zuivering van afvalwater een of ander rendabel bedrijf te maken, doch dat hier de leidende gedachte geweest is om het uit gezondheidsoogpunt *noodwendige* proces der onschadelijkmaking van afvalstoffen zoodanig in te richten, dat daarbij ook nog zooveel mogelijk nut verkregen wordt voor de volkshuishouding.

Vier artikelen, resp. van Kreuz, Schonnopp, Weise en Haase, behandelen de zuivering van huis- en industrieafvalwater door landbevloeiïng en verregening, waarbij het nevenoogmerk der zuivering is bemesting van de bevloeide gronden.

Een volgend bericht van Schillinger behelst belangrijke mededeelingen over de afvalwaterreiniging in de bekende vischvijvers van München. In een vischvijvergebied van 200 ha oppervlakte worden aldaar jaarlijks 250 000 kg visch gekweekt.

Heilmann behandelt vervolgens de verwerking van olie- en vethoudend afvalwater, waarbij producten gewonnen worden, die leiden resp. tot smeerolie, zeep en margarine.

Haupt brengt verslag uit over onderzoekingen aangaande de zuivering van afvalwater van suiker- en celstof-(papier en textiel) fabrieken; Wiegmann bespreekt het winnen van poederkool uit kolenslik en van der Leeden besluit de reeks voordrachten met een verhandeling over afvalwater van leerlooierij en slachthuisafvalwater.

Wie zich op de hoogte willen stellen van den huidigen stand der wetenschap en practijk van een der hiervoor genoemde onderwerpen, kan dit jaarboek zeer worden aanbevolen.

C. P. Mom.

Messgeräte für die Fernmeldetechnik 1935.
Uitgave van de Siemens en Halske A.G. te Berlijn — Siemensstadt.

Hoewel de bovenaangegeven uitgave, ons toegezonden door de vertegenwoordiging van de uitgevende firma hier te lande, gedeeltelijk als prijscourant beschouwd moet worden, is het technisch-wetenschappelijke gedeelte ervan belangwekkend genoeg, om daar in dit blad de aandacht van belanghebbenden op te vestigen.

Hiervoor bestaat te gereeder aanleiding, wijl het aantal dier belanghebbenden steeds grooter wordt. Immers breiden zich de toepassingen van de moderne zwakstroommeettechniek ook in Ned.-Indië steeds verder uit. Tot voor een vijftiental jaren kon van een scherpe scheiding tusschen de meetmethoden in de sterk- en de zwakstroomtechniek niet gesproken worden. Eerst de invoering van de versterker-lamp met de daarop gevolgde ontwikkeling van zoowel de radio- als de lange-afstandstelefoontechniek, heeft een zoodanigen ommekeer teweeggebracht, dat de zwakstroommeettechniek deel van de electrotechnische meettechniek beschouwd moet worden. Het is dan ook als juist te achten de tot die meettechniek behoorende instrumenten in een apart boekwerk te catalogiseeren.

Ook het tijdstip van algemeene introductie dezer uitgave hier te lande lijkt juist gekozen. Immers heeft de moderne versterkertechniek hier pas sinds betrekkelijk korten tijd haar intrede gedaan, zoodat het daarbij benoodigd meetinstrumentarium nog in een ontwikkelingsstadium verkeert, terwijl van de ontwikkeling der draaggolffrequentiesystemen voor de lijntelefonie, van den radio-omroep en te zijner tijd van de televisie-inrichtingen nog veel te verwachten valt, zoodat dus de toepassingsmogelijkheden dezer instrumenten zich steeds meer zullen uitbreiden.

Het boekwerk opent met een kort, doch duidelijk overzicht der bij de telefoontechniek gebruikelijke eenheden. Vermeld kunnen daarbij worden, de nieuwvoorgestelde eenheden nano- en piko-farad, respectievelijk een waarde vertegenwoordigende van 10^{-9} en 10^{-12} farad (o.a. gebruikt voor het aangeven van de koppeling tusschen kabeladers). Vervolgens worden de gebruikte meetmethoden aan een summiere bespreking onderworpen en daarna een overzicht gegeven van de in de vierpool-theorie gebruikelijke teekens voor de onderlinge demping en koppeling der vierpoolgeleiders. Het overige en grootste deel van den catalogus wordt verder ingenomen door een, voor elk instrument, van schema en fotografische afbeelding voorziene beschrijving der verschillende meettoestellen, waarbij tevens voor elk instrument de graad van nauwkeurigheid, bij elke te gebruiken frequentie en ook bij de andere bepalende meetfactoren, is aangegeven.

De meeste der instrumenten zijn bovendien in verschillende uitvoeringsvormen t.w. stationnair of verplaatsbaar en direct-afleesbaar of registreerend uitgevoerd. Ook de bijbehoorende hulpinstrumenten als generatoren voor verschillende frequenties, filters, weerstanden enz. zijn in ruime keuze opgenomen. Een en ander geeft een goed denkbeeld van den

omvang en de ontwikkeling van dezen tak van de zwakstroomtechniek en bewijst tevens, dat de uitgevende firma ook op dit gebied toonaangevend genoemd mag worden.

Hr.

Korte statistiek van de openbare electriciteitsbedrijven in Nederlandsch-Indië over het jaar 1934.

Uitgave van het Departement van Verkeer en Waterstaat, formaat 21 × 29 cm, 13 blz. met 3 uitslaande tabellen. Prijs *f* 1.—.

Verschenen is bovengenoemde statistiek, samengesteld door de afdeeling Electriciteitswezen van het Dep. van V. en W.

Op overzichtelijke wijze zijn in tabelvorm voor 95 plaatsen (electriciteitsbedrijven) op *Java* en *Madoera,* 37 op *Sumatra,* 10 op *Borneo,* 10 op *Celebes* en 4 in de *Molukken* en op de *Kleine Soenda-eilanden* gegevens bijeengebracht, omtrent resp. het aantal kWh, dat opgewekt is of van andere centrales afgenomen, de maximale belasting in kW en het aantal verbruikers volgens verschillende tarieven, terwijl in drie uitslaande tabellen voor een 35-tal plaatsen nog diverse bijzondere gegevens zijn verwerkt, zooals de jaarinkomsten, gespecificeerd naar de verschillende tarieven, het aantal lampen in gebruik bij verbruikers enz.

Ongetwijfeld is het hier samengebrachte materiaal zeer waardevol, in het bijzonder voor de bestudeering der fluctuaties in de algemeene electriciteitsbehoefte van Nederlandsch-Indië.

In verband hiermede zie men ook: *De Ingenieur* No. 28 — 1935, blz. E-99, Economische aspecten van de electriciteitsvoorziening van Ned.-Indië, door C. D. V.

Vr.

Jaarboek der Technische Hoogeschool, Bandoeng 1935 (Lustrumuitgave).

Ter gelegenheid van het 3de lustrum van de Technische Hoogeschool te Bandoeng heeft de Faculteit van Technische Wetenschap een boekwerk doen verschijnen, aangezien het, gelijk de Redactiecommissie ervan in haar voorbericht opmerkt, naar haar meening „zijn nut kan hebben, juist in dezen tijd van economische ontwrichting, in meer uitvoerigen vorm een beeld te geven van de ontwikkeling der eerste instelling van hooger onderwijs hier te lande, ten einde door meerdere bekendheid met het wezen en de beteekenis der Technische Hoogeschool de belangstelling voor haar werk levendig te houden."

Gezien de in alle opzichten grondige en toegewijde behandeling van de in deze Lustrumuitgave behandelde onderwerpen, kan aan dit bovenbedoelde nut niet getwijfeld worden. Het boekwerk geeft een duidelijke en overzichtelijke beschrijving van het ontstaan en den groei van de T. H., verlucht met talrijke meerendeels zeer goede foto's. Een gedetailleerde behandeling ondervinden ook de diverse aan de hoogeschool verbonden laboratoria, terwijl daarna aan de bibliotheek en het 3-tal fondsen de noodige aandacht is gewijd.

Een uitgebreide afdeeling personalia, waarin o.m. een alfabetische naamlijst van de sedert de oprichting der T. H. gewoon en buitengewoon ingeschrevenen, vormt het vóórlaatste gedeelte, waarna een 3-tal bladzijden statistische gegevens bevat omtrent de bevolking van de T. H. in haar bestaansperiode.

Het slot geeft een chronologisch overzicht van uitgesproken redes en algemeene voordrachten, gehouden onder de auspiciën der T. H., en de in extenso opgenomen overdrachtsrede van den afgetreden voorzitter der Faculteit bij den 15den jaardag der Hoogeschool.

Alles bijeengenomen een welverzorgde uitgave, die op waardige en uitnemende wijze een beeld geeft van deze instelling van Technisch Hooger onderwijs hier te lande en haar groei in het afgeloopen tijdvak.

G. M.

PERSONALIA.

Aan ir. P. W. Godefroy, hoofdingenieur bij 's Lands Waterstaat, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 1 October 1936.

Aan irs. F. Klay, W. H. Steenaart, J. Regeer en F. H. Wouters, ingenieurs bij 's Lands Waterstaat, idem, idem, ing. resp. 16 Juli 1936, 16 Nov. 1935, 16 Aug. 1936 en 17 Aug. 1936.

Aan ir. G. Pott, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, idem, idem, ing. 2 Juli 1936.

Dipl. Ing. N. J. de Geest, chef T. D. bij de Ned. Kol. Petr. Verkoopmij., is na ommekomst van buitenl. verlof wederom te Batavia geplaatst.

Ir. P. C. Feekes, ingenieur 1e kl. b.d. Zustermijen, is overgeplaatst van Semarang naar Tegal.

Ir. R. A. A. Loven is herbenoemd tot ingenieur bij de S.S. en belast met de functie van hoofd der nevenwerkpl. te Sigli.

Ir. S. van Braam, ingenieur bij de S.S., is eervol ontheven van bovengenoemde functie en geplaatst op het departement van Verkeer en Waterstaat.

Irs. R. Engelberts en W. W. Kalis, ingenieurs bij de B.P.M., zijn van Tjepoe overgeplaatst naar resp. Pangkalan Brandan en Balikpapan.

Ir. C. A. Bauduin, idem, is geplaatst te Tjepoe.

Aan ing. J. Zorn, irs. A. J. van Staalen en M. Ulrich, ingenieurs bij 's Lands Waterstaat, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. resp. 4 Mei, 16 April en 21 Januari 1936.

Ir. J. F. W. Bosma is herbenoemd tot ingenieur bij de S.S. en geplaatst bij den Techn. Dienst te Bandoeng.

Aan ir. V. L. A. Lincklaen Arriëns, wnd. leeraar bij de H.B.S.-A.M.S. (afd. B) te Semarang, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 5 Juli 1936.

De eerste luitenants der genie T. van Strien en J. A. J. Elders zijn overgeplaatst resp. van Tjimahi naar Magelang en van Tarakan naar Tjimahi.

Ir. W. A. Veenstra, ambt. op non-act., is benoemd tot ingenieur bij 's Lands Waterstaat en geplaatst te Medan.

Ir. A. N. P. de Wit, ambt. van buitenl. verlof teruggekeerd, is herbenoemd tot ingenieur bij de S.S. en geplaatst te Bandoeng.

Ir. F. de Bruyn is met ing. van 30 Sept. 1935 eervol ontheven van zijn werkzaamst. als volontair bij de S.S.

Ir. E. Krijthe, ingenieur bij de S.S., is overgeplaatst van Bandoeng naar Batavia.

Ir. Th. Aussems, volontair bij de S.S., is van de Exploitatie der Westerlijnen overgeplaatst naar het Kantoor van den Dienst van Verkeers- en Handelszaken.

Aan ir. P. K. Termijtelen, ingenieur bij 's Lands Waterstaat, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof verleend naar Europa, ing. 19 Maart 1936.

Ir. A. v. d. Berg, ambtenaar op non-act., is herbenoemd tot ing. bij 's Lands Waterstaat en geplaatst op het Departement.

De eerste luitenant der genie R. H. W. van Iterson is overgeplaatst van Tjimahi naar het det. van de zoeklichtcomp. te Soerabaia.

Ir. J. B. Scheltema, ambt. buiten werk. dienst, is herbenoemd tot inspecteur bij de Arbeidsinspectie en geplaatst te Kisaran.

Ir. H. P. Hijmans van Anrooy is met ing. van 16 Sept. 1935 eervol ontheven van het beheer van de Hoofdwerkplaats der S.S. te Bandoeng.

Ir. C. Ch. Barentz, hoofd van de expl. der werkplaatsen, is, nevens zijn eigen werkzaamheden, met bovenbedoeld beheer belast.

De kapitein der artillerie ir. P. A. Blieck, thans gedetacheerd bij het Dept. van Koloniën, is bevorderd tot majoor.

Ir. S. A. Blok, ingenieur bij 's Lands Waterstaat t/b van de provincie W.-Java, is tijdelijk belast met de functiën van Hoofd van het IVe District, met standplaats Soekaboemi.

Ir. A. C. Nieuwenhuyzen Kruseman, directeur van de haven Belawan, is benoemd tot lid van den plaatselijken raad van het cultuurgebied der Oostkust van Sumatra.

Aan ir. J. D. Prins, ingenieur van het Veiligheidstoezicht, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 4 Oct. 1936.

Aan irs. A. J. Beauchez en A. van de Wijer, ingenieurs bij 's Lands Waterstaat, is wegens zesjarigen dienst acht maanden verloof naar Europa verleend, ing. resp. 16 Juli en 2 Sept. 1936.

Ir. H. Vlugter, ambt. op non-act., is herbenoemd tot ingenieur bij 's Lands Waterstaat en ter besch. gest. van de Prov. O.-Java.

Aan ir. J. de Vries, ingenieur bij de S.S., is wegens overcompleet eervol ontslag verleend uit zijn betrekking, ing. ult. Oct. 1935.

Aan ir. A. van der Hoek, ingenieur bij den Dienst v.d. Mijnbouw, is wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa verleend, ing. 16 Mei 1936.

Aan ir. J. van Wely, ingenieur bij de S.S., idem, idem, ing. 16 Juni 1936.

Ir. Ph. H. te Winkel is werkzaam gesteld als hoofdingenieur bij den Prov. Waterstaatsdienst van W.-Java en belast met de functiën van Hoofd van het IIIe District, met standplaats Cheribon.

Ir. W. H. Elsman, hoofdingenieur bij den Prov. Waterstaatsdienst van W.-Java, is op verzoek eervol ontslagen uit den vasten dienst der Prov. W.-Java, met ing. van ult. December 1935.

De eerste luitenant der genie W. P. Gerharz, van buitenl. verlof terugverwacht, is geplaatst bij het Techn. Bat. te Tjimahi.

Ir. H. A. M. van den Dungen, ingenieur bij de B.P.M., is van Pladjoe met Europeesch verlof vertrokken.

KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS.
Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEDEDEELINGEN.

Redactiewisseling.

Medio October is dr. ir. van Es afgetreden als redacteur van het tijdschrift; in zijn plaats is, overeenkomstig het voorstel van de Vereeniging van Ingenieurs en Geologen bij den Dienst van den Mijnbouw, als redacteur benoemd dr. ir. Tan Sin Hok, palaeontoloog bij voornoemden Dienst.

Het Bestuur van de Groep betuigt hierbij den heer van Es gaarne zijn erkentelijkheid voor hetgeen door hem in het belang van het tijdschrift is verricht.

Voorgestelde en aangenomen nieuwe leden.

De in nummer 9 van dezen jaargang genoemde candidaatleden zijn aangenomen.

Als *gewoon lid* wordt voorgesteld:

P. K. W. Trapp, ingenieur bij den Provincialen Waterstaat van W.-Java te Tasikmalaja.

Eventueele bezwaren tegen deze candidaatstelling worden voor 10 December a.s. ingewacht bij het secretariaat, Bragaweg 38, Bandoeng.

2e JAARGANG
NUMMER 11

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

NOVEMBER
1935

III. ELECTROTECHNIEK EN WERKTUIGBOUW.

INHOUD: De ontwikkeling van het radio-omroepnet van de N. I. R. O. M. in Nederlandsch-Indië, door ir. W. D. P. Stenfert.

De ontwikkeling van het radio-omroepnet van de N.I.R.O.M. in Nederlandsch-Indië

door

ir. W. D. P. STENFERT,

vertegenwoordiger van de Directie van de N. I. R. O. M.

Lezing, gehouden voor Kring II (Bandoeng) op 16 Sept. 1935 en voor Kring I (Batavia) op 4 Oct. 1935.

Inleiding.

De Nederlandsch-Indische Radio Omroep Maatschappij aanvaardde in Maart 1933 de concessie, welke haar o.m. de verplichting oplegde om het grondgebied van Nederlandsch-Indië van een behoorlijken omroep te voorzien.

Het probleem om omroep te brengen in een tropengebied was vóór de aanvaarding der concessie nog nergens elders tot oplossing gebracht. Waar de omroep in de gematigde en koude streken reeds op een hoog peil stond, en er reeds klaarheid was gekomen in de problemen van de keuze der golflengte, vermogen en plaats van het zendstation, waren voor de tropen nog weinig technische gegevens of ervaringen beschikbaar voor het ontwikkelen van een omroep.

Als men, westersch georiënteerd, aan omroepverzorging voor een land denkt, dan doen zich bij vergelijking met den Nederlandsch-Indischen Archipel spoedig eenige belangrijke verschilpunten gelden, n.l. de uitgestrektheid van het gebied en het zeer groote verschil in bevolking en bevolkingsdichtheid, terwijl het verschil in klimaat vrijwel het geheele technische probleem beheerscht.

Bij het ontwerpen van een radio-omroep komen de volgende hoofdpunten naar voren:

a. de zendgolflengte(n);
b. de plaats, het aantal en het vermogen der zenders;
c. de distributie van omroepstof naar de zenders.

Wij zullen achtereenvolgens de bovengenoemde punten nader toelichten en vaak in onderling verband moeten behandelen, omdat de verschillende problemen ten nauwste met elkaar samenhangen.

De keuze der golflengte.

Uitgaande van de omroep-zend-ervaring b.v. in Europa, maar geen rekening houdende met het tropische klimaat en uitsluitend zich bepalend tot het probleem:

welke golflengte te kiezen voor een omroepzender voor den Archipel;

zou men wellicht met succes een golflengte van 1 800 — 1 900 meter gekozen hebben. Stellen wij dan het draaggolfvermogen van den centralen zender op b.v. 500 kW en wordt de zender te Tandjong Priok opgesteld, dan zou wellicht deze enkele zender voldoende zijn voor een goeden omroep over dit groote en uitgestrekte gebied. Maar ..... juist het tropische klimaat zorgt er voor, dat de lange golven, die voor omroep over een groot gebied zoo geschikt zijn, slechts beperkte geschiktheid bezitten tengevolge van het zeer hevige luchtstoringenniveau op deze frequenties.

Daar de intensiteit der luchtstoringen afneemt met de golflengte, komen voor het gestelde doel slechts de korte golven in aanmerking, aangezien bij deze het luchtstoringenniveau voldoende laag is om met redelijke zendvermogens behoorlijke ontvangstcondities te scheppen.

Waar de keuze der korte golven dus niet vrijwillig plaats vond op zuiver radio-technische overwegingen, maar men hiertoe gedwongen werd door het bestaan van de hevige tropische luchtstoringen, stond de Nirom thans voor de opgave:

het gedrag der korte golven in ons tropisch gebied nader te onderzoeken.

Onder leiding van ir. W. A. J. Liebert, den ontwerper van het Nirom-omroepnet, werden eind 1930 proeven genomen op de navolgende zend-frequenties:

6 060 kp/sec (49,5 m)
9 580 kp/sec (31,3 m)
15 340 kp/sec (19,56 m).

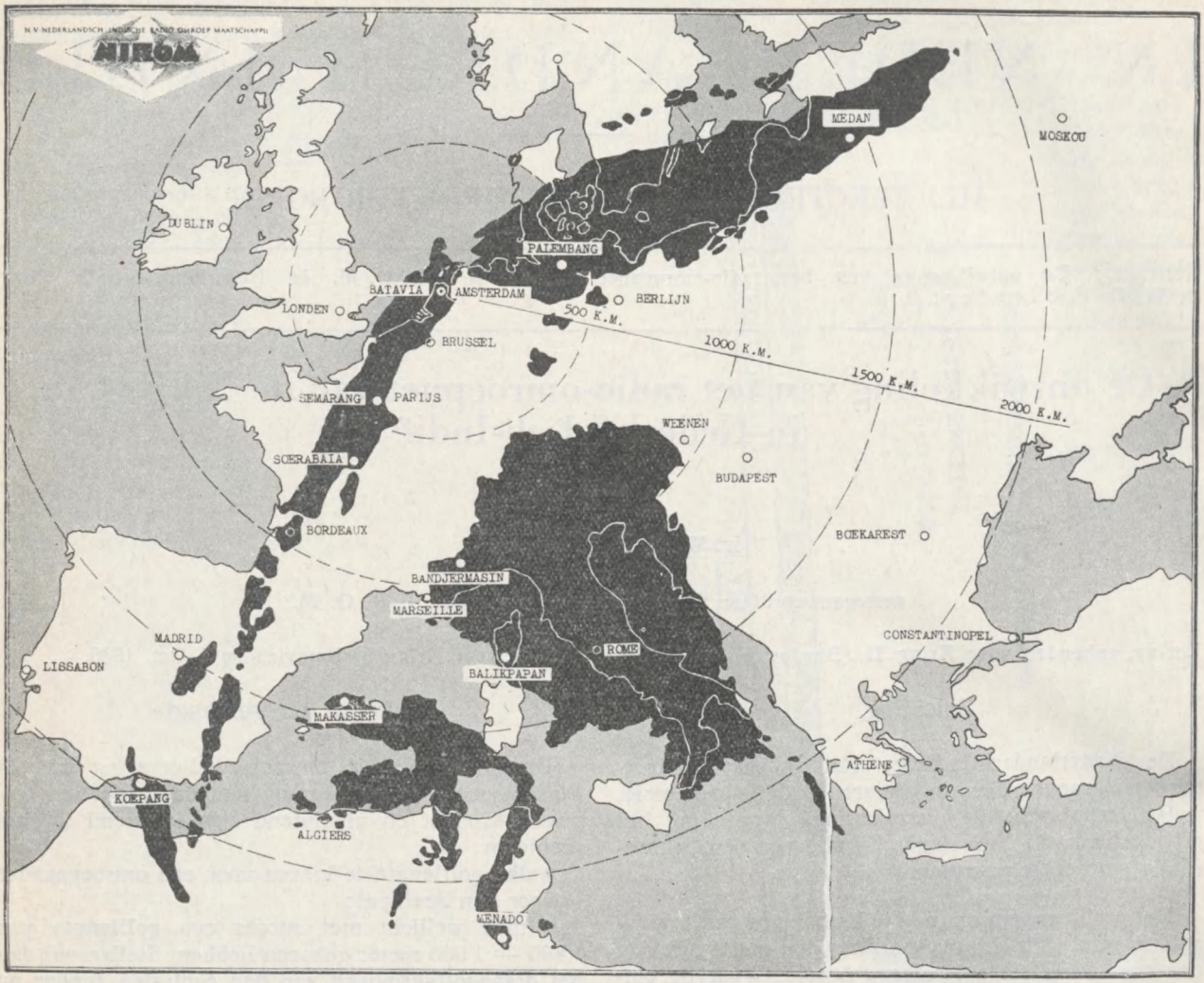


Fig. 1. Overzicht van de afstanden in den Archipel vergeleken met die in Europa.

Voor dit doel werd gebruik gemaakt van een N. S. F.-Philips-proefzender met een draaggolfvermogen van 1 kW.

Uiteraard moest de medewerking van de radioluisteraars worden ingeroepen, die in grooten getale hebben medegewerkt tot het verstrekken van de noodige ontvangstgegevens. Ter vergemakkelijking van hun taak verstrekte de Nirom gedrukte luisterrapport-kaarten, welke regelmatig door 210 vaste waarnemers werden ingezonden.

De verkregen gegevens over geluidssterkte, fading, luchtstoringen, antennes, werden in grafieken verwerkt en toonden dusdanige regelmatige en onderling overeenstemmende resultaten, dat aan de hand van deze krommen de conclusie kon worden getrokken:

> Golflengten in de buurt van 50 meter (6 000 kp/sec) zijn geschikt voor dichtbij en veraf, waarbij er weinig verschil bestaat tusschen de dag- en avondtransmissie.

Bij de verdere ontwikkeling van het omroepnet, waarbij aanvankelijk als richtsnoer deze conclusie diende, bleek, dat de resultaten verkregen van goedgezinde luisteraars in een tijd, dat er nog maar weinig omroep in Indië was te hooren, sterk beïnvloed waren door de sympathie van de waarnemers. De ontvangst werd gaarne „goed" gevonden, verschillen „niet zoo erg" aangemerkt, kortom de toegekende beoordeelingscijfers werden geen exacte afspiegeling van de ontvangstwerkelijkheid. Dit is dan ook wel één der redenen, dat deze rapporten geen compleet inzicht gaven in de werkelijkheid en dat bij de proefnemingen, die de Nirom nam van October tot einde December 1934 met een 10 kW omroepzender te Tandjong-Priok, diverse nieuwe gezichtspunten aan het licht kwamen. Behalve uit de binnengekomen ontvangstgegevens der talrijke luisteraars werd nu ook door het Bureau Radio-omroep en door den Radiodienst van den P.T.T.-dienst elke proef met groote nauwkeurigheid beoordeeld. Het is merkwaardig, dat ditmaal de luisteraars, waarvan wij vele honderden rapporten ontvingen, veelal zeer goede technische rapporten gaven, en dat in tegenstelling met de periode van 1930 thans hun ontvangstgegevens volkomen overeenstemden met de uiteraard radiotechnisch volledige rapporten van den P.T.T.-dienst.

Het resultaat dezer proefnemingen is geweest, de definitieve bestemming van de 50 meter golflengte voor de middaguitzendingen, en voor den vroegen

morgen en den avond de langere golflengte van 99 meter, zoodat voor het omroep-programma door den zgn. Archipelzender te Tandjong-Priok van twee golflengten wordt gebruik gemaakt. Deze golflengtekeuze en de bijbehoorende antenne-systemen zullen nader worden toegelicht.

Eigenschappen der gebruikte korte golflengten.

Bij een omroepzender werkende met de zgn. korte golven kan het hoorbaarheidsgebied worden verdeeld in een gebied, waar de ontvangst practisch uitsluitend wordt verkregen van de directe straling en het overige gebied, waar de ontvangst alleen plaats kan vinden door reflectie over de zgn. Heaviside-laag.

Het directe gebied is bij een kortegolfzender, tengevolge van de zeer sterke absorptie van korte golven door den bodem, slechts beperkt tot eenige tientallen kilometers rondom de zend-antenne, waarbij de vorm van dit gebied o.m. sterk van het gebruikte antennesysteem afhangt.

Waar bij het in den aanvang genoemde voorbeeld van een zender op 1 800 — 1 900 meter de oppervlaktegolf van dezen zender een groot gedeelte van den Archipel zou omvatten, komt bij een kortegolfzender echter vrijwel uitsluitend het indirecte stralingsgebied voor ontvangst in aanmerking.

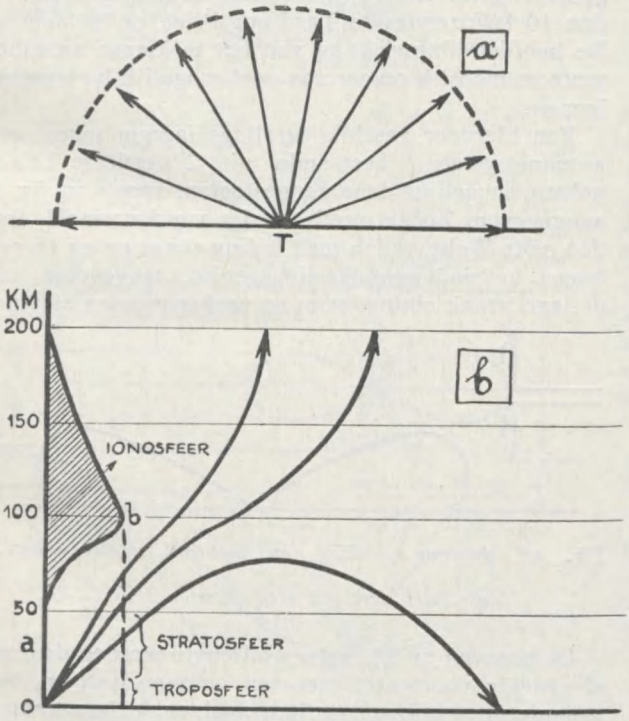


Fig. 2.

Stel dat een kortegolfzender in alle richtingen energie uitstraalt en dat *fig. 2a* het verticale stralingsdiagram voorstelt.

In een volkomen homogeen medium zouden deze stralen zich rechtlijnig voortplanten en voor het grootste gedeelte voor de ontvangst op het aardoppervlak verloren gaan.

De atmosfeer om onze aarde is echter niet-homogeen, zoodat voor stralen bij overgang naar lagen van verschillende dichtheid reflecties en brekingen plaats vinden, waardoor het onder omstandigheden mogelijk wordt, dat een straal de aarde weer bereikt.

Het medium, waarin de electromagnetische stralen hun buigingsproces in hoofdzaak volbrengen, is de sterk geïoniseerde Ionosfeer. In *figuur 2b* is schetsmatig de samenstelling der atmosfeer aangegeven. De eerste laag, de Troposfeer, en de tweede laag, de Stratosfeer, zijn betrekkelijk zwak en gelijkmatig geïoniseerd, zoodat hier practisch rechtlijnige voortplanting optreedt. Vanaf ongeveer 50 km komt een laag van geleidelijk toenemende ionisatie tot 100 à 150 km hoogte om daarna weer vrij snel in ionisatie af te nemen. Deze geïoniseerde laag, in de radio-techniek meestal Heaviside-laag genaamd, treedt op van ongeveer 50 km tot 200 km hoogte. Hoewel er volgens Appleton minstens twee lagen zijn, de *E*- en *F*-laag en b.v. prof. Elias nog een derde laag waarnam, nemen wij voor de navolgende beschouwingen eenvoudigheidshalve slechts één geïoniseerde laag aan.

De ionisatie van de zgn. Heaviside-laag is in sterke mate afhankelijk van de zonbestraling, zoodat dag en nacht en de seizoenen gepaard gaan met sterke ionisatie-verschillen, welke van grooten invloed zijn op het gedrag der gebezigde golflengten.

Invloed van straalhoek, golflengte, dag en nacht op de reikwijdte.

De horizontale straal Th (fig. 3a) komt op aarde terug op een afstand *TH*, waarbij *TH* slechts weinig varieert met de golflengte of de condities van de Heaviside-laag, daar de weglengte in deze laag klein is t.o.v. het geheele transmissiepad.

Bij toenemenden straalhoek (α_1 tot α_2) neemt de reikwijdte, aanvankelijk snel, af van *TA* tot *TB*.

Bij den kritischen straalhoek α_0 wordt de minimum reikwijdte bereikt. Deze minimum reikwijdte wordt in zeer sterke mate beïnvloed door de golflengte, welke de doordringing in de laag, en de zonbestraling, welke de ionisatie-dichtheid der laag bepaalt.

Voor stralen met een grooteren hoek tot 90° toe heeft geen voldoende straalbuiging plaats om den straal naar de aarde terug te doen brengen. Dit is bij niet te grooten hoek wellicht nog mogelijk *na* een rondloop om de aarde, maar bij verdere hoektoename tot verticale stralen dringen deze voornamelijk door de laag heen en komen in de wereldruimte terecht m.a.w. vrijwel alle energie, uitgestraald onder grootere hoeken dan den kritischen straalhoek α_0, is voor het doel als verloren te beschouwen.

Rekening houdende met de bovengenoemde beschouwingen, moet nu voor de gewenschte golflengte een antenne-systeem worden ontworpen, dat de beschikbare stralingsenergie onder dusdanige hoeken uitzendt, dat het gewenschte gebied wordt bestreken.

Tusschen het directe stralingsgebied *TD* en het begin *K* van het indirecte gebied ligt een zône, die men gewoonlijk de skip-out noemt. De overgang van het directe op het indirecte gebied is voor de gebruikte golven in de tropen niet sterk uitgesproken, daar het indirecte gebied reeds spoedig optreedt. De oorzaak hiervan ligt in hoofdzaak in de omstandig-

heid, dat, waar de kritische straalhoek toeneemt met de golflengte, bij de golven van 50 — 100 m een vrij steile opstraling kan worden gebruikt en tevens de reflectie tengevolge van de sterke ionisatie op geringe hoogte plaats vindt.

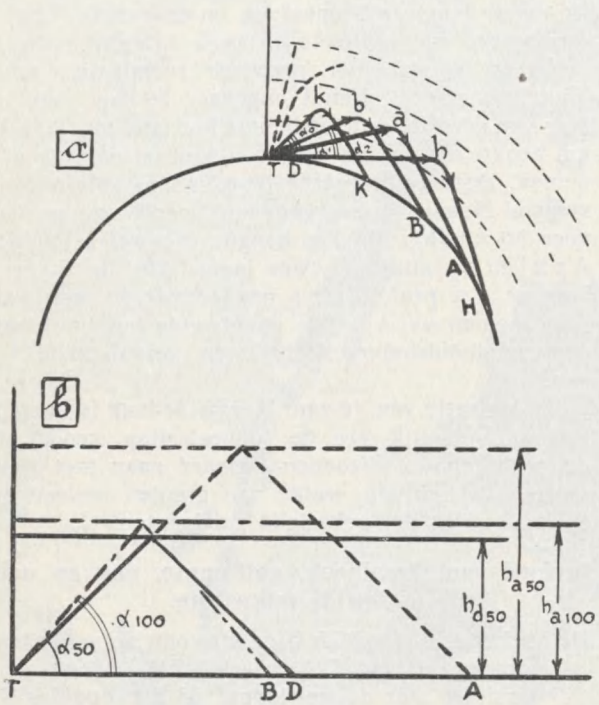


Fig. 3.

Het is een gelukkige omstandigheid, dat waarschijnlijk tengevolge van de zeer sterke ionisatie in de tropen, de skip voor golven van 50 — 100 meter nog minder uitgesproken is dan op grond van het voorafgaande kon worden verwacht.

Er is reeds op 15 à 20 km afstand, — in het hier beschouwde geval betreffende den Archipelzender — te Weltevreden eenige fading te constateeren, hetgeen erop wijst, dat reeds indirecte transmissie plaats heeft. Deze vorm van indirecte transmissie, welke niet ontstaat op de normale wijze, maar waarbij allerlei onregelmatige botsingen tegen geleidende media medewerken, draagt vrij zeker ook bij tot het overbruggen der zgn. skip-distance.

Keuze van dag- en avondgolf.

Voor de volgende beschouwingen nemen wij eenvoudigheidshalve aan, dat er inplaats van de vele brekingen over diverse lagen, slechts reflectie plaats vindt tegen één reflecteerende laag. De kortere golven moeten dieper in de Ionosfeer indringen dan de langere golven, voordat een straalbuiging plaats vindt. Wij kunnen dit verschijnsel interpreteeren door voor toenemende golflengte de reflecteerende laag in hoogte te doen afnemen.

Voor een bepaalde golflengte, waarbij weer een bepaalde hoogte hoort van de reflecteerende laag, wordt de reikwijdte ook sterk beïnvloed door den kritischen straalhoek α_0. Daar de hoogte der laag varieert met de zonbestraling, zal 's nachts door de afname der ionisatie de laag hooger liggen en hierdoor zal voor een bepaalde golflengte ook op het luistergebied groote invloed ontstaan.

Als h_{a50} (*fig. 3b*) de hoogte der laag is gedurende den dag voor een golflengte van 50 meter, dan zal bij den kritischen straalhoek α_{50} het indirecte gebied beginnen bij *D*. Daar gedurende den avond en nacht de laag hooger optrekt tot h_{a50}, zal dan het indirecte gebied eerst veel verder bij *A* optreden. Dit verschijnsel werd dan ook spoedig geconstateerd, waarna voor de avonduitzendingen proeven werden gedaan met langere golven, nml. 67 meter, 74 meter, 80 meter en 100 meter. Voor de 80 en de 100 meter golflengte werden vrijwel dezelfde gunstige ontvangstresultaten verkregen; immers, voor deze golven kan een steilere straalhoek worden genomen en de reflectie-laag ligt lager (h_{a100}) dan voor de 50 meter golf, zoodat het indirecte gebied des avonds vrijwel op denzelfden afstand *TB* reeds begint als des daags voor de 50 meter golf.

Rest ons nog te vermelden, dat het gedrag van de Heaviside-laag ook varieert met den tijd van het jaar.

Antenne-proeven.

Aanvankelijk lag het in de bedoeling om, zoo mogelijk, Weltevreden in het directe stralingsgebied van den 10 kW zender te Tandjong-Priok op te nemen. De hoofdstralingsrichting van het te kiezen antennesysteem moest hiervoor zoo veel mogelijk horizontaal loopen.

Een hiervoor geschikt stralingsdiagram levert een antenne-systeem, bestaande uit 2 verticale halvegolven, in gelijke fase aangestooten, zooals in *fig. 4* aangegeven. Zooals reeds eerder werd vermeld, traden er te Weltevreden toch fading-zônes op en tevens begon het indirecte stralingsgebied, tengevolge van de lage straalrichting, eerst op veel te grooten afstand.

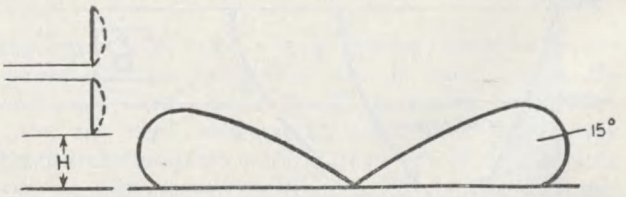


Fig. 4. Antenne-opstelling en verticaal stralingsdiagram voor twee verticale elementen en $H = \frac{1}{10} \cdot \lambda$.

De proeven op 50 meter golflengte werden daarom al spoedig voortgezet met een antenne-systeem, bestaande uit 4 horizontale halve-golven in fase aangestooten, volgens *fig. 5a*. De hoofdstraal-richting verschilt hier wel niet veel met het eerste verticale systeem, maar de bodem-verliezen in de directe omgeving zijn veel geringer. De aanwezigheid van een bijlus op ± 55° droeg er waarschijnlijk toe bij om het gebied, tot op ± 200 km van den zender verwijderd, nog een vrij goede veldsterkte te leveren. Op grooten afstand (Medan, Makasser, Menado) was de ontvangst door de lage hoofdstralingsrichting vrij goed.

De golflengte proeven op 67, 74, 80 en 100 meter werden voortgezet op het verticale systeem van *figuur*

4 en gaven hiermede goede resultaten, zoodat, in verband met den beschikbaren tijd, tenslotte in December 1934 werd besloten de 100 meter uitzendingen op de verticale antennes te geven en de 50 meter uitzendingen op de horizontale.

In den loop van Maart 1935 werd het verticale systeem vervangen door twee horizontale halve-golven (*fig. 5b*) en vervolgens door één horizontale halve-golf (*fig. 5c*).

De ontvangstresultaten bleken hierdoor, tengevolge van de geringe bodem-verliezen en de toegenomen opstraling, voor de zône van 100 km tot 500 km, over het algemeen beter geworden.

Toen eenigen tijd hierna bleek, dat de veldsterkte der 50 meter uitzendingen in het gebied van 100—500 km niet de mogelijk geachte waarde had, besloten wij ook hiermede tot een steilere opstraling over te gaan. Te dien einde werden de bovenste 2 halvegolven afgeschakeld (*fig. 6*), hetgeen een stralingsdiagram geeft, als in de *figuur* aangegeven. Door deze wijziging nam de veldsterkte inderdaad in het bedoelde gebied toe.

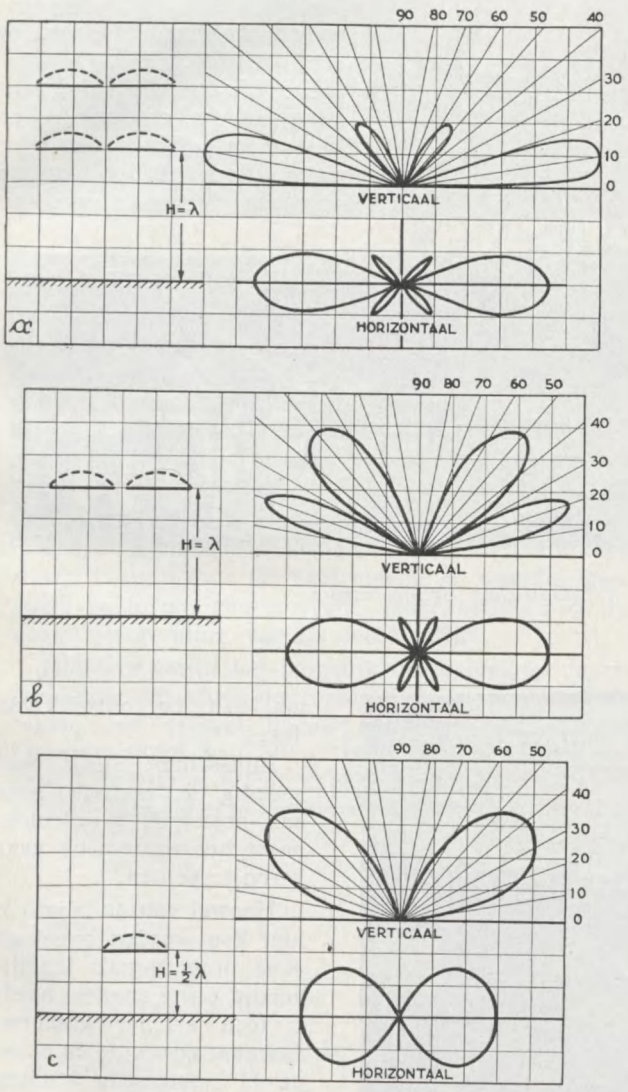


Fig. 5. Antenne-opstelling en verticaal stralingsdiagram voor :
a) vier horizontale elementen en $H = \lambda$;
b) twee horizontale elementen en $H = \lambda$;
c) een horizontaal element en $H = \frac{1}{2} \cdot \lambda$.

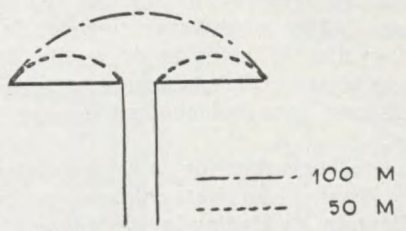


Fig. 6. Tegenwoordige werkwijze met een antenne voor twee golven.

Aangezien de 2 zendgolven ongeveer in harmonisch verband staan, bleek het mogelijk het 50 meter antenne-systeem ook voor de 100 meter uitzendingen te gebruiken (*fig. 6*). Dit geeft voor het bedrijf een groot gemak en is ook t.o.v. eventueel meeslingeren van niet gebruikte antennes een voordeel.

In hoeverre de resultaten der bovengeschetste draaiïng der hoofdstralingsrichting, welke voor de horizontale polarisatie geldt, nog wordt ondersteund door verandering van het diagram der verticale polarisatie, zal nog nader worden onderzocht.

Ontvangstproblemen.

Met het gebruik der korte golven gaat samen een betrekkelijk klein gebied, waar practisch alleen de directe straling optreedt. Naar gelang van het zendervermogen strekt zich dit gebied uit met een straal van 10 à 20 km om den zender en omvat voor de plaatselijke zenders, welke voor dit doel op de langere golven van 90 — 200 m werken, dus steeds de geheele plaats met de directe omgeving. De verkregen veldsterkte is zóó groot, dat geen hinder van atmosferische storingen wordt ondervonden. Tevens treedt ten gevolge van de directe straling geen fading op.

In het luistergebied van den Archipelzender is de veldsterkte door de P.T.T. voor de gebruikte golven aan een minimum waarde van 300 μ V/m gebonden, waardoor een redelijke storingsvrije ontvangst wordt gewaarborgd. Waar in het indirecte stralingsgebied de ontvangst beïnvloed wordt door het optreden van fading, willen wij met een enkel woord hierop ingaan. Men kan het karakter der fading in hoofdzaak in twee soorten verdeelen, nml. de langzame fading en de snelle of selectieve fading.

Bij de langzame fading varieert de sterkte van draaggolf met zijbanden in een langzaam tempo. Van de ontvangzijde kan een toestel, waarbij de versterking omgekeerd evenredig varieert met de draaggolfsterkte, dezen vorm van fading voor een groot gedeelte onschadelijk maken.

Bij de selectieve fading wordt de draaggolf plotseling verzwakt, waarbij de zijbanden op de oorspronkelijke sterkte blijven. Op dit moment treedt door intermodulatie der zijbanden een sterke, niet-lineaire vervorming op. Indien het ontvangtoestel is uitgerust met een snelwerkende anti-fading inrichting, zal op het moment, dat de draaggolf snel weg-

zakt, de gevoeligheid van het ontvangtoestel snel toenemen, waardoor de aanwezige vervorming nog eens extra wordt versterkt, hetgeen uiteraard niet in de bedoeling ligt. Daarom zou het voor gevallen van selectieve fading wenschelijk zijn, dat de anti-fading-inrichting niet in staat is de snelle draaggolffluctuaties te volgen. Dit is een punt, waaraan de toestelbouwers nog geen voldoende aandacht hebben besteed.

Van de ontvangzijde kan ook door geschikte keuze van het antenne-systeem een gedeelte van de fading-invloeden worden bestreden.

Teneinde zooveel mogelijk aan de bovengenoemde invloeden tegemoet te komen, werd bij de golflengte keuze ook t.o.v. het fadingkarakter de beste toestand gezocht. Een gunstige omstandigheid is de gelijktijdige werking van het net van Nirom-zenders, waardoor op een plaats steeds meerdere zenders op het zelfde moment hoorbaar zijn. Hierdoor kan gedurende het programma, zoo noodig, steeds die zender gekozen worden, waarbij de fading het geringst is.

Aantal en plaats der omroepzendstations.

In verband met de in de concessie vastgestelde data, waarop de omroep over geheel Java hoorbaar moest zijn en het feit, dat het bestellen en aanmaken van den centralen 10 kW zender te Tg. Priok meer tijd vergde dan beschikbaar was, werd de omroep op 1 April 1934 begonnen met een 1½ kW zender te Soerabaia en met zenders van 150 Watt te Batavia en Semarang en een van den P.T.T.-radiodienst gehuurden 1½ kW zender te Bandoeng.

Reeds spoedig werd het aantal plaatselijke zenders sterk uitgebreid, zoodat het westersche omroepprogramma met 11 plaatselijke zenders en 2 centrale zenders (te Priok en Soerabaia) wordt uitgezonden.

Bij het verleenen van deze concessie bestonden hier te lande plaatselijke omroepvereenigingen, die alle een westersch programma uitzonden. Van behoefte aan een oostersch programma was nooit iets gebleken.

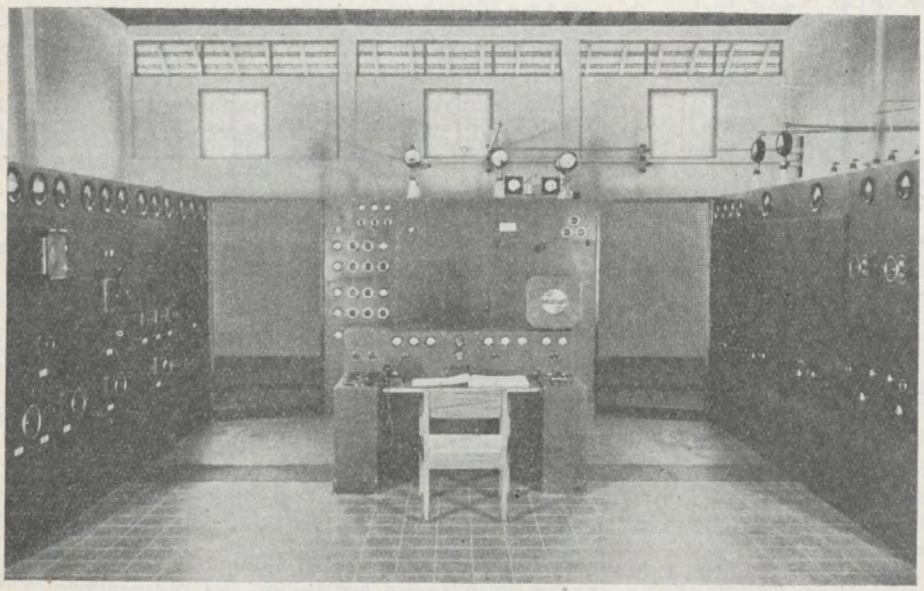
De N i r o m, die in den aanvang van de bestaande groep luisteraars afhankelijk was, vatte allereerst den omroep van een westersch programma aan en ontwikkelde deze.

Opstelling Archipelzender.

Intusschen bleek vrij spoedig de wensch naar een oostersch programma naast het westersche naar voren te komen.

Hoewel aan de N i r o m niet kon worden opgelegd twee programma's tegelijkertijd uit te zenden, heeft zij toch naar hare krachten daarnaar gestreefd en naast de 11 westersche zenders bestaan thans reeds 6 plaatselijke oostersche N i r o m-zenders op Java.

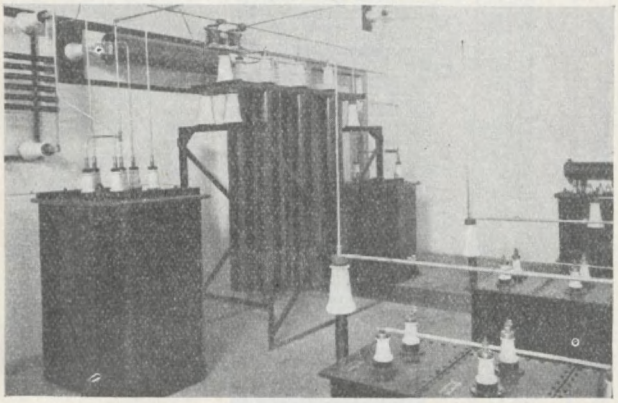
Gelet op de verhouding der luisteraars, is de verzorging van den omroep vrijwel met deze verdeeling in overeenstemming.



10 kW zendinstallatie te T. Priok.

In verband met de omstandigheid, dat de telefoonlijn-verbinding Batavia—Soerabaia toen ten tijde geen voldoende waarborgen bood voor een goede overdracht der omroepstof uit de centrale Batavia-studio, werd voorloopig ook te Soerabaia een zelfstandig omroepcentrum opgericht met studio's, orkest enz.

Bij belangrijke gebeurtenissen werd echter ook toen reeds centraal vanuit Batavia over alle stations omgeroepen, waarvoor de telefoonlijn Batavia—Cheribon—Semarang werd ingeschakeld.

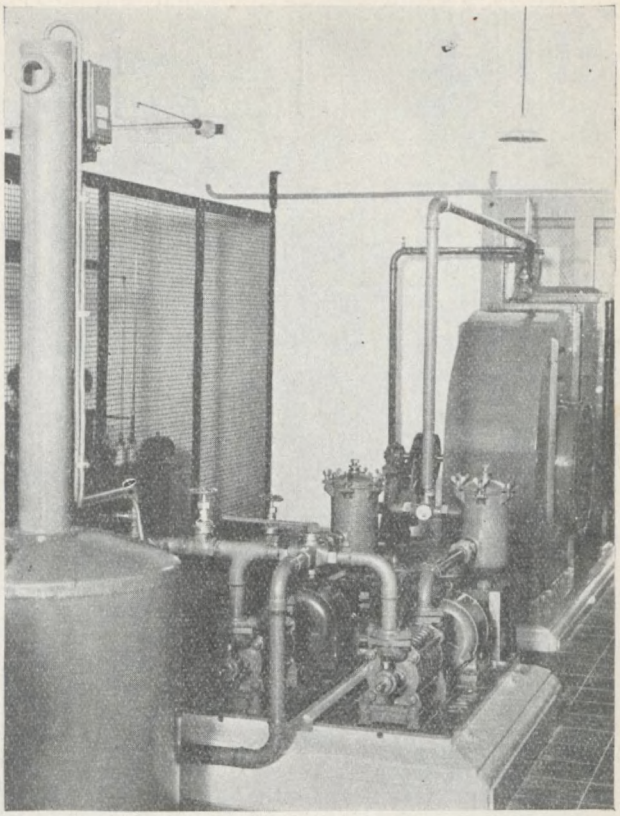


Hoogspanningsruimte Archipelzender.

Inmiddels kocht de Nirom een aantal telefoonversterkerinstallaties aan en bestudeerde in samenwerking met den Telefoondienst de mogelijkheden om met het bestaande, hoofdzakelijk bovengrondsche telefoonnet de centrale verbinding Batavia—Soerabaia geschikt te maken voor de voortgeleiding en de distributie van omroepstof.

Door de versterkers te Cheribon, Pekalongan, Semarang, Tjepoe en Soerabaia wordt het sterkte-niveau telkens weer tot de normaal toegelaten waarde opgehaald en tevens een correctie aangebracht op de lineaire vervorming van de telefoonlijn.

Hierdoor wordt het mogelijk om overal op de aftakpunten en achter den eindsplitsversterker te Soerabaia een vrijwel lineaire karakteristiek voor de toonfrequenties van 50 — 8 000 Herz te verkrijgen. Zoo is dan thans bij de dagelijks vanuit de Batavia-studio uitgezonden programma's 1 200 km bovengrondsche muzieklijn in gebruik voor omroepdoeleinden, hetgeen naar ons bekend nog nergens ter wereld plaats vindt. Bedenken wij, dat het vaak noodig is om gedurende het programma de geheele verbinding om te schakelen, zoodat de Soerabaia studio de uitzending verder vervolgt, dan is een woord van respect voor een telefoondienst, die deze omschakeling in minder dan 30 sec volbrengt, hier zeker op zijn plaats.



Gesloten koelsysteem Archipelzender.

Algemeen.

Bij de ontwikkeling van het Nirom-omroepnet werd van de zijde van den P.T.T.-dienst zoowel als van vele luisteraars veel medewerking ondervonden, hetgeen wij hierbij nog eens dankbaar memoreeren.

2e JAARGANG
NUMMER 11

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

NOVEMBER
1935

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR"

INHOUD: Bijdragen tot de geologie van Borneo No. 1: Voorloopige mededeeling over het Tertiair ten W. van het Merengebied in de Wester-afdeeling van Borneo, door dr. ir. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven en ir. G. ter Bruggen; No. 2: Het Eoceen ten Z. van S. Kerijau in het O. deel van het Centrale Müllergebergte (Wester-afdeeling van Borneo), door dr. ir. C. P. A. Zeijlmans van Emmichoven. — De grondwinning bij de Boekit-Asam Mijnen, door ir. W. J. R. Lanzing. — Economische mededeelingen. — Personalia.

Bijdragen tot de geologie van Borneo

1. Voorloopige mededeeling over het Tertiair ten W. van het Merengebied in de Wester-afdeeling van Borneo

door

dr. ir. C. P. A. ZEIJLMANS VAN EMMICHOVEN en ir. G. TER BRUGGEN [1]),

geologen bij den Dienst van den Mijnbouw, Bandoeng.

Vooruitloopende op een meer omvattende dienstpublicatie van den eerste van ons beiden en een binnenkort te verschijnen dissertatie van den tweede van ons wordt hier reeds het een en ander over het Tertiair ten W van het Merengebied meegedeeld.

Een klein gedeelte van het hier behandelde gebied valt binnen de omgrenzing van de geologische kaart 1 : 750 000 van Molengraaff (3). Het is gebleken, dat hierop de Danauformatie van Na. Badau te ver naar het ZW is aangegeven; in de omgeving van Bt. Besar en in het strookje ten ZW er van dient zij te vervallen en vervangen te worden door Tertiair.

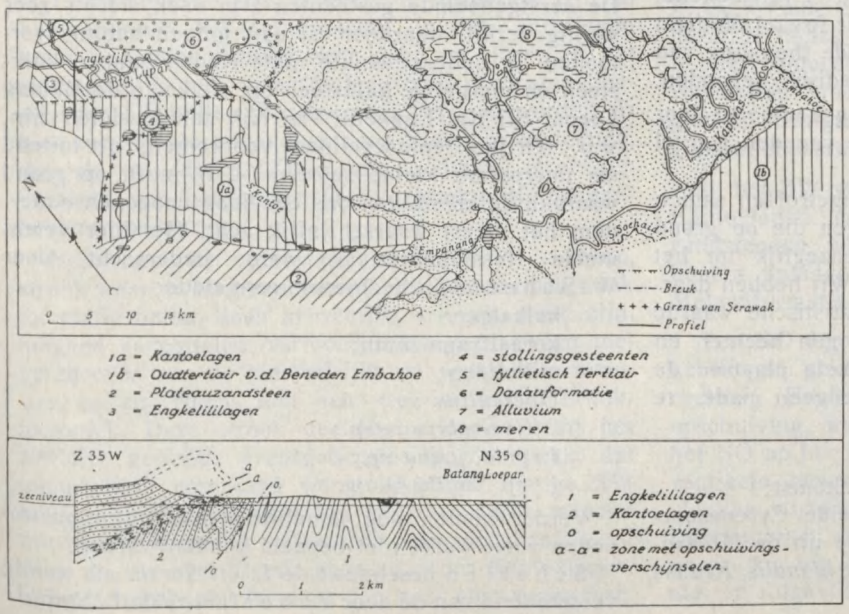
Voor het hier behandelde Tertiair werd de volgende stratigrafie opgesteld.

Engkelililagen	Neogeen
Plateauzandsteenen Kantoelagen (aequivalent der Melawiformatie)	Palaeogeen

Dit is het eenige gebied in de Westerafdeeling van Borneo waar de aanwezigheid van Neogeen op grond van fossielen bewezen werd.

De Kantoelagen vormen een NW-ZO gerichte, zich naar het NW verbreedende strook. Zij bestaan uit kleisteenen, die meestal conchoïdaal brokkelig zijn en arkosezandsteenen, welke vaak verkoold plantenhaksel en verkoolde bladresten bevatten. In ondergeschikte mate komen dunne lagen voor van meest sterk door anorganisch materiaal verontreinigde glanskool met een vrij laag vochtgehalte (2,8 tot 7,5%).

De Kantoelagen zijn gekenmerkt door een opvallende, aan individuen rijke, doch aan soorten arme fauna van lamellibranchiaten en gastropoden, welke over het geheele door dit sedimentcomplex ingenomen gebied verspreid werd aangetroffen. De gastropoden, vnl. Melania- en Cerithium-achtigen, konden niet nader worden bepaald. Het omvang-



1) Het veldwerk werd uitsluitend verricht door den tweede van ons.

rijke van de zeer talrijke vindplaatsen verzamelde materiaal is meestal gekenmerkt door 1 of 2 soorten van Cyrena, die vaak enkele dm dikke lumachellebanken vormen; op enkele plaatsen zijn zij goed geconserveerd en konden daar herkend worden als *C. (Batissa) borneënsis Böttg.* en *C. (Corbicula) pengaronensis Böttg.*, welke beide soorten door Böttger (1., pp. 35, 36; Taf. VI, fig. 52-55 en Taf. VII, fig. 57, a, b) uit het Eoceen α van Pengaron (ZO Borneo) beschreven werden. Het voorkomen van de eerste dezer beide soorten in W Borneo werd reeds vermeld door Krause (2., p. 191), die in materiaal door Molengraaff verzameld in de Beneden Embahoe (linker zijtak van de Kapoeas) enkele steenkernen vond, die hij zonder voorbehoud gelijk stelde aan *C. (B.) borneënsis Böttg.* Krause wees reeds op het interessante feit dat dus de α-étage van het Eoceen van Pengaron in dezelfde brakwaterfacies in Midden W Borneo werd teruggevonden.

Wij kunnen hieraan toevoegen, dat deze étage van het Eoceen in dezelfde facies zich over nog minstens 100 km (tot voorbij de grens met Serawak) naar het NW uitstrekt en bovendien, dat de meening van Krause, slechts gebaseerd op enkele steenkernen van één der Cyrenasoorten van Pengaron, thans bevestigd kan worden op grond van op verschillende plaatsen gevonden goed geconserveerde exemplaren der beide Cyrenasoorten van Pengaron.

Naast deze 2 stratigrafisch belangrijkste fossielen worden hier nog de 3 volgende genoemd, die, hoewel niet nader gedetermineerd, voor het besproken gebied in tweeërlei opzicht wel van eenig belang zijn.

1°. Een lamellibranchiaat, behoorende tot de familie der mytilidae, waarvan hij verm. een nieuw genus vormt; wij zullen hem voortaan aanduiden als *mytilidae (gen. nov.?)*.

2°. Een kleine, mutsvormige gastropode, een capulide of amaltheïde.

Deze beide mollusken werden door den eerste van ons reeds in het Melawigebied in de Melawiformatie gevonden. De op talrijke plaatsen aangetroffen *mytilidae (gen. nov.?)* was ook aan Krause (2.) bekend, zij het slechts als steenkernen, die dit fossiel *Modiola sp.* noemde. De capulide of amaltheïde (bepaling van Tan Sin Hok) werd slechts sporadisch gevonden.

3°. Een kleine lamellibranchiaat gekenmerkt door een opvallende, diepe depressie, die van den wervel naar den onderrand loopt.

Dit fossiel werd herhaaldelijk aangetroffen samen met de 4 vorig genoemde of in lagen die op grond hunner geologische positie ontegenzeglijk tot het complex der Kantoelagen behooren. Wij hebben daarom gemeend aan dit fossiel een statistische waarde van slechts lokale beteekenis te mogen hechten en het te mogen gebruiken om op enkele plaatsen de grens tusschen Kantoelagen en Neogeen nader te preciseeren.

Op grond van

a) een groote lithologische overeenkomst;

b) de nauwe verwantschap der beide Cyrenasoorten van de Kantoelagen met die uit de Melawiformatie, nl. *C. (Batissa) subtrigonalis Krause* en *C. subrotundata Krause;*

c) het terugvinden in de Kantoelagen van 2 opvallende mollusken uit de Melawiformatie

meenen wij de Kantoelagen met de Melawiformatie te mogen paralleliseeren.

De Kantoelagen worden in het ZW begrensd door concordant opvolgende zandsteenen, welke den oostrand vormen van de basis van het groote, O-W gestrekte Ketoengaubekken (niet op het kaartje aangegeven), waar uit onderzoekingen van F. Krekeler gebleken is, dat deze basale zandsteenen met de Plateauzandsteenen geparalleliseerd moeten worden. De bovenste Kantoelagen zijn gekenmerkt door tusschengeschakelde banken van een opvallenden, paarsrooden, grijsgroen gevlekten, dichten kleisteen, die ook tusschen de Plateauzandsteenen voorkomt. Vooral hierdoor komt een geleidelijke overgang van Kantoelagen stratigrafisch naar boven in Plateauzandsteenen tot uiting, welke volkomen analoog is aan den zonder uitzondering in het Melawigebied geconstateerden overgang van de Melawi- naar de Plateauzandsteenformatie. Ook dit feit vormt dus een steun voor de parallelisaties van Kantoelagen met Melawiformatie en van de zandsteenen ten ZW er van met Plateauzandsteenformatie.

De door het optreden van den paarsrooden, grijsgroen gevlekten kleisteen gekarakteriseerde bovenste afdeeling der Kantoelagen komt ook verder noordoostelijk, ongeveer in het midden van het gebied der Kantoelagen, nog voor; de opvolgende Plateauzandsteenen blijven echter beperkt tot ten ZW van S. Empanang, welk riviertje ongeveer de ZW grens der Kantoelagen volgt.

De Plateauzandsteenen bestaan, zooals overal elders, uit lichtkleurige, meest sterk poreuze en dan ook zeer rulle, veldspaathoudende kwartszandsteenen, welke plaatselijk grindig tot conglomeratisch ontwikkeld zijn.

De Kantoelagen worden in het NO begrensd door de Engkelililagen; deze bestaan vnl. uit arkosezandsteenen, zandige kleisteenen en conchoïdaal brokkelige kleisteenen, waarin zich enkele conglomeratische lagen bevinden, plaatselijk met mergelig bindmiddel. De eerstgenoemde gesteenten zijn vaak slechts zeer weinig verkit, waardoor zij een jongen habitus vertoonen. In ondergeschikte mate treden banken kalksteen en mergelige kalksteen op, welke in de Batang Loepar bij Kg. Engkelili vrij rijk aan fossielen zijn, w.o. talrijke lepidocyclinen voorkomen, uitsluitend als microsfere kleine soorten ($<$ 7 mm), op grond waarvan de eerste van ons een jong neogenen ouderdom het meest waarschijnlijk acht. Het hier verzamelde fossielmateriaal werd onderzocht door W. Scheffen, die hieruit vermeldde:

kalkalgen;
koraalfragmenten;
milioliden;
Operculina sp.;
? Cycloclypeus sp.;
Lepidocyclina sp.;
L. cf. Smithi Douv.

Verder komen nog lamellibranchiaten en gastropoden voor, welke niet bepaald konden worden.

Scheffen beschouwt de *L. cf. Smithi* als weinig verschillend van de door Yabe afgebeelde *L. Smithi?*

uit kalksteenen van ondermiocenen of oudmiddenmiocenen ouderdom van het Klias-schiereiland (Br. N. Borneo), op grond waarvan hij den Engkelililagen denzelfden ouderdom toekent. Daar *L. Smithi* een zeer vaag beschreven soort voorstelt en hierdoor zoo goed als niet te herkennen is (door Van der Vlerk (4) werd deze soort dan ook geschrapt) en daar bovendien nog een „cf" vorm vergeleken wordt met een van een vraagteeken voorziene determinatie is Scheffen's conclusie wel wat vlug getrokken. Wij willen er daarom van afzien den ouderdom der Engkelililagen nader te preciseeren dan op Neogeen.

Hoewel nog op talrijke plaatsen fossielen werden gevonden, zijn gidsforaminiferen uitsluitend van deze eene vindplaats bij Engkelili bekend geworden. Onder de andere fossielen komen bijna steeds operculinen voor, terwijl verder veelvuldig werd aangetroffen een kleine, opvallende lamellibranchiaat gekenmerkt door scherp gekerfde slotranden. Daar deze beide fossielen nooit werden gevonden in gesteenten, die op grond hunner overige fauna of van hun geologische positie tot de Kantoelagen behooren, kan aan hen, hoewel zij op zich zelf beschouwd zonder stratigrafische waarde zijn, wel een lokale beteekenis worden toegekend. Wij hebben gemeend de operculina en de laatstgenoemde lamellibranchiaat, evenals de lamellibranchiaat met sterke dwarsdepressie uit de Kantoelagen, te mogen gebruiken ter nadere preciseering van de grens tusschen Engkelili- en Kantoelagen.

Het Neogeen vormt een vrij smalle, wisselend breede, NW-ZO gerichte strook, die in het NO wordt begrensd door Danauformatie en zwak fyllietisch Tertiair. Hierop zal thans niet nader worden ingegaan; hiervoor wordt verwezen naar de binnenkort te verschijnen dissertatie van den tweede van ons.

De 3 hier behandelde tertiaire formaties, doch verreweg overwegend de Kantoelagen, worden doorbroken en meestal ook contactmetamorf beïnvloed door stollingsgesteenten; ook hiervoor wordt verwezen naar de bovengenoemde binnenkort te verschijnen dissertatie.

Tectoniek. De 3 tertiaire formaties zijn in het algemeen NW-ZO geplooid. In de Kantoelagen komt deze plooirichting zeer goed tot uiting in het zuidwestelijk deel, waar de laagstanden constant matig naar ZW hellen. Zooals reeds vermeld worden zij hier concordant opgevolgd door Plateauzandsteenen, die als een dikke, ZW-waarts hellende tafel den oostrand van het groote O-W gestrekte Ketoengaubekken vormen.

Naar het NO volgt een, eveneens vrij breede, strook waar de laagstanden in het algemeen ook zwak tot matig hellen doch in richting vrij wisselend zijn, hetgeen gedeeltelijk vermoedelijk moet worden toegeschreven aan de hier talrijke en vrij groote intrusies en anderdeels aan een vrij intensieve breuktectoniek. Deze strook der Kantoelagen vormt het NW-ZO gerichte grensgebergte met Serawak, dat topografisch getypeerd wordt door een matige ZW helling, terwijl het naar het NO met steile wanden trapvormig afbreekt. Ten NO van den hoofdwand volgt de ± 1 km breede grenszone der Kantoelagen, tectonisch gekenmerkt door een zeer sterke plooiïng. In het ZW wordt deze grensstrook gescheiden van het zwak geplooide gedeelte der Kantoelagen door een vrij smalle zone, waarin fraaie opschuivingsverschijnselen werden waargenomen, gebonden aan matig ZW hellende vlakken (zie profiel). Tenslotte volgt de neogene strook die over haar geheele breedte, doch vooral in het ZW, eveneens intensief geplooid is en waarschijnlijk ook nog door enkele opschuivingsvlakken wordt doorsneden.

Een opvallend feit is dat aan de grens tusschen Palaeo- en Neogeen niet alleen de Plateauzandsteenformatie geheel ontbreekt doch ook de door de roode, groen gevlekte kleisteenen gekenmerkte bovenste afdeeling der Kantoelagen, welke niet ver ten ZW der sterk geplooide grenszone der Kantoelagen nog wel werd aangetroffen. Het is hierdoor duidelijk dat, hoewel de grens tusschen Kantoe- en Engkelililagen niet ontsloten is, tusschen deze beide formaties een verschuivingszone moet loopen. De intensieve samenpersing van dit Tertiair, zich uitend in de vorming van steile, ten deele naar het NO overhellende plooien en in differentiëele bewegingen in de Kantoelagen in NO richting langs matig ZW hellende vlakken, laat naar onze meening geen andere interpretatie toe dan die van een opschuiving, waarlangs de eocene Kantoelagen in NO richting op de neogene Engkelililagen zijn geschoven.

Deze groote lengtebreuk, die Eoceen en Neogeen scheidt, wordt beïnvloed door enkele dwarsbreuken met weinig van de N-Z richting verschillende strekkingen, welke dus van jongeren datum moeten zijn.

Samenvatting.

Het normale (niet fyllietische) Tertiair ten W van het Merengebied kan in 3 afdeelingen worden verdeeld. De onderste afdeeling, de Kantoelagen, kan op grond van goed geconserveerde exemplaren van *Cyrena (Batissa) borneënsis Böttg.* en *C. (Corbicula) pengaronensis Böttg.* geparalleliseerd worden met het Eoceen α van Pengaron (ZO Borneo). Reeds door P. G. Krause werd de aanwezigheid dezer étage in dezelfde facies vermeld in de Beneden Embahoe, d.i. in de zuidoostelijke voortzetting der Kantoelagen. Bovendien moeten de Kantoelagen wegens lithologische, stratigrafische en palaeontologische redenen geparalleliseerd worden met de Melawiformatie.

In het ZW worden de constant matig ZW hellende Kantoelagen concordant opgevolgd door Plateauzandsteenen, waarin zij geleidelijk overgaan op volkomen analoge wijze als in het Melawigebied de Melawiformatie in de Plateauzandsteenformatie.

Ten NO der Kantoelagen volgen de neogene Engkelililagen, gekenmerkt door kleine microsfere lepidocyclinen. Beide formaties zijn gescheiden door een opschuiving, waarlangs de eocene Kantoelagen naar het NO op het Neogeen geschoven werden. Op differentiëele bewegingen volgens matig ZW hellende vlakken wijzende opschuivingsverschijnselen werden waargenomen in de Kantoelagen in een zone ongeveer 1 km ten ZW van de opschuiving tusschen Kantoe- en Engkelililagen.

LITERATUUR.

1. O. Böttger — Die fossilen Mollusken der Eocänformation auf der Insel Borneo. Palaeontographica. Suppl. III., 1875.
2. P. G. Krause — Ueber tertiäre, cretaceïsche u. ältere Ablagerungen aus West-Borneo. Samml. d. Geol. R. Mus. in Leiden, V, p. 253.
3. G. A. F. Molengraaff — Geologische Verkenningstochten in Centraal Borneo.
4. I. M. van der Vlerk — Het genus Lepidocyclina in het Indo-pacifische gebied. Dienst v. d. Mijnb. in Ned.-Indië, Wetensch. Meded., no. 8.

2. Het Eoceen ten Z. van S. Kerijau in het O. deel van het Centrale Müllergebergte (Wester-afdeeling van Borneo)

door

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

geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, Bandoeng.

Inleiding. Op een tocht, in 1930 vanuit Samarinda ondernomen ter verkenning van het stroomgebied van de Boven Mahakam en aangrenzende gebieden ten N, W en Z er van, ontmoette schrijver dezes te Poetoes Sibau den toenmaligen Leider van het M.G.O. West-Borneo, wijlen ingenieur L. H. Krol, die mededeelde, dat door één zijner mantri's in S. Talai, een linker zijrivier van S. Kerijau foraminiferen, verm. nummulieten, waren gevonden. Nadat bij bezichtiging der monsters te Sintang Krol's vermoeden juist bleek te zijn, werd deze vondst — waarmee niet alleen voor het eerst in de Westerafdeeling de aanwezigheid van (niet fyllietisch) marien Palaeogeen met gidsforaminiferen was aangetoond, maar waarvan ook een waardevolle aanvulling van onze kennis over het Müllergebergte verwacht mocht worden — van voldoende belang geacht om den terugweg langs de Kerijau te kiezen ter verifiëering en aanvulling dezer mantri-waarnemingen.

Molengraaff's onderzoekingen. Molengraaff [1]) beschouwt het hier behandelde gebied als de oostelijke voortzetting in dezelfde ontwikkeling van het Mandaigebergte, waarmee hij het vereenigt tot een geologische eenheid, die hij aangeeft als het centrale gedeelte van het vulkanische Müllergebergte.

Uit de 3 hoofdstukken, aanvangende resp. op pp. 78, 255 en 463, waarin Molengraaff over het Müllergebergte schrijft, kan het volgende over den bouw en ouderdom van het centrale gedeelte van dit gebergte worden samengevat.

Discordant op Praetertiair volgt de basis van het Mandaigebergte, bestaande uit zand- en kleisteenen, waartusschen koollagen voorkomen, welke Molengraaff beschouwt als stroomafzettingen, waaruit dus volgt, dat hij aan deze sedimenten een zuiver continentalen (fluviatielen) oorsprong toeschrijft. Deze basale afdeeling gaat naar boven geleidelijk over in een vulkanische afdeeling, welker tegenwoordige dikte Molengraaff op 1200 m schat; zij bestaat uit dikke tufbanken, grootendeels van hyperstheenandesietisch materiaal, plaatselijk met nog rechtop staande verkiezelde boomstammen (Hertengrot van Bt. Liang Agang), nu en dan afwisselende met horizontale of nagenoeg horizontale stroomen van andesiet of basalt, vaak in slakkige modificaties. Dit vulkanische plateau is thans reeds in sterke mate door de erosie aangetast, waardoor het werd versneden tot de talrijke, geïsoleerde tafelbergen van een zeer opvallende morfologie.

De niet-vulkanische basis van het Mandaigebied beschouwt Molengraaff als de allerjongste, koolhoudende lagen van de tertiaire zandsteenformatie, waarschijnlijk jonger dan de zand- en kleisteenen van het Madiplateau. Het vulkanisme, beschouwd voor het geheele Müllergebergte, moet begonnen zijn in jongcretaceïschen of oudtertiairen tijd en lang hebben voortgeduurd doch niet tot het tegenwoordig tijdvak, dit laatste op grond van de groote ingrijpende wijzigingen, die de erosie reeds heeft teweeggebracht. Van het heele Müllergebergte — onder welken naam Molengraaff samenvat het gebied dat zich van de Embahoe oostnoordoostwaarts tot voorbij de waterscheiding met de Mahakam uitstrekt — wordt het centrale deel als het jongste opgevat, daar het hier de erosie nog niet gelukt is de vulkanische uitwerpselen weg te voeren, zooals dit in het O grootendeels en in het W reeds geheel is geschied. De mogelijkheid tot een nadere preciseering van den ouderdom wordt verwacht van een onderzoek der verkiezelde boomstammen, waarvoor toen (blijkbaar tot op heden) nog geen bewerker bereid gevonden was.

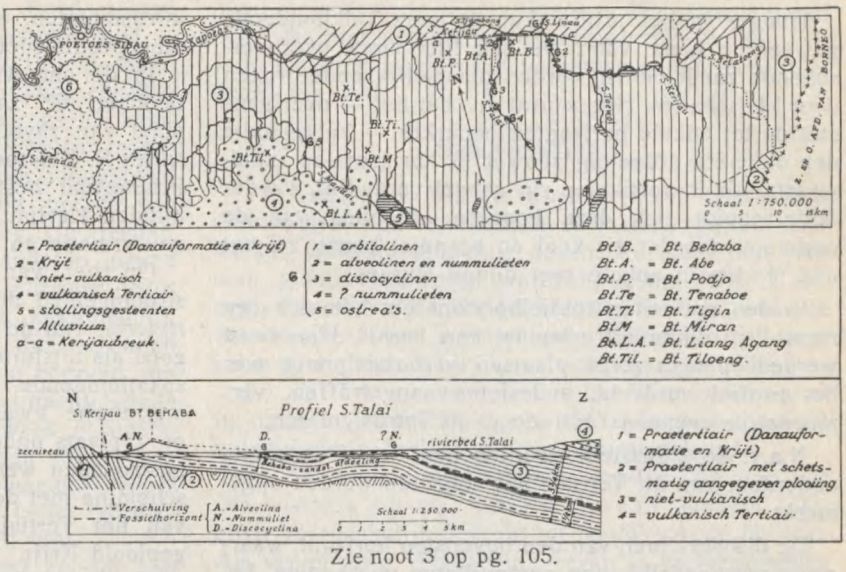
Molengraaff's beschouwingen over den samenhang van Mandai- en Kerijaugebieden (pp. 188-191) kunnen in het kort als volgt worden weergegeven.

Tusschen Poelau Sepan en Poelau Tjombon in de Kerijau, welke rivier Molengraaff van den mond tot het laatst genoemde eiland verkende, heeft hij uitzicht op de O-W gerichte reeks tafelbergen ten Z van de Midden Kerijau, waarvan het W deel bestaat uit Bt. Podjo en Bt. Ambe. Deze bergen waren vroeger reeds van den top van Bt. Liang Agang waargenomen, waar hun onmiskenbare samenhang bleek met Bt. Tenaboen, Bt. Tigin en Bt. Miran, gelegen even ten O van de Mandai, welke Molengraaff op grond hunner typische morfologie, geheel overeenkomstig aan die der tufbergen ten W van de Mandai, beschouwt eveneens uit tuffen te bestaan. Daar bij het uitzicht van de Beneden Kerijau ook Bt. Podjo en Bt. Ambe zich in precies dezelfde opvallende vormen voordoen, schrijft Molengraaff (p. 189), dat er voor hem niet de minste twijfel bestaat, dat ook

1) G. A. F. Molengraaff. Geologische verkenningstochten in Centraal Borneo.

deze tafelbergen uit vulkanische tuf zijn opgebouwd. Bt. Podjo en Bt. Ambe noemt hij de meest NW-waarts vooruitgeschoven posten van het uitgestrekte vulkanische terrein, waarin het stroomgebied van de Boven Kerijau grootendeels of misschien wel geheel gelegen is.

Op grond van het onderzoek van het rolsteenmateriaal van de Kerijau, dat belangrijke verschillen oplevert met dat uit de Mandai, rijst echter toch wel twijfel bij M o l e n g r a a f f over de juistheid zijner vorige conclusies, en voorziet hij de mogelijkheid dat latere onderzoekingen groote verschillen in samenstelling van Bt. Podjo en Bt. Ambe met de tufbergen van de Mandai zullen aantoonen.



Zie noot 3 op pg. 105.

De l a t e r e o n d e r z o e k i n g e n. Hier zullen in het kort de resultaten vermeld worden van de laatste onderzoekingen betreffende het Tertiair van het Kerijaugebied, dat zich uitstrekt van S. Talai oostwaarts tot de grens met de Z- en O. Afdeeling van Borneo.

Het Tertiair grenst noordwaarts aan het Praetertiair van de Boven Kapoeas, dat hier bestaat uit Krijt en Danauformatie in haar 2 kenmerkende gesteentegroepen: de poeloemelajoegesteenten en radiolarieten. Krijt en Danauformatie zijn intensief dooreen geplooid, tengevolge waarvan zij in sterk variëerend breede (overwegend NO-ZW gestrekte) strooken afwisselen.

De oudste afdeeling van het Tertiair, ontwikkeld als basaal conglomeraat, is langs de Kerijau tusschen Na. Talai en Poelau Linau ontsloten; het bevat rolsteentjes van wit kwarts en meer hoekige componenten van kiezellei en radiolariet. Hier dichtbij, even beneden P. Linau, bevindt zich aan den rechter oever een steile wand van cretaceïsche kleischalies met een verschuivingsbreccie, waarin tusschen de sterk verknede kleischalies groote brokken tertiaire conglomeraten en zandsteenen zijn ingeplooid. De cretaceïsche ouderdom der kleischalies wordt bewezen, doordat zij niet veel verder, bij P. Linau, banken kalksteen bevatten tjokvol met orbitolinen (reeds enkele maanden vóór schrijver dezes door ir. t e r B r u g g e n aangetroffen). In deze verschuivingsbreccie heeft men de sporen te zien van een O-W gerichte, steil Z hellende breuk (de Kerijaubreuk) die het relatief gedaalde Tertiair scheidt van het ten N van de Kerijau met een betrekkelijk steile terreinhelling opstijgend Praetertiair.

In S. Talai zijn even boven den mond de cretaceïsche kleischalies ontsloten, ook hier zuidwaarts begrensd door de zich op dezelfde wijze als in S. Kerijau demonstreerende Kerijaubreuk. Het even verder Z optredende Tertiair, waarvan het basale conglomeraat hier niet ontsloten is, begint met een zone bestaande uit zandsteenen, zandige mergels en kalksteenen, welke beide laatste gesteenten naast ondetermineerbare lamellibranchiaten en gastropoden talrijke foraminiferen bevatten, vnl. alveolinen en nummulieten.

Bovendien werd hier nog 1 ex. gevonden van een haaientand met opgelost dentine en opgevuld met een roode, okerachtige aarde, welke waarschijnlijk uit de radiolarieten der Danauformatie is ingespoeld.

Deze kalkhoudende fossielhorizont, ontsloten in een dikte van bijna 100 m, bevindt zich ter plaatse waar de Talai de O-W gerichte keten van tafelbergen doorbreekt, waarvan het W deel bestaat uit de bij de vermelding van M o l e n g r a a f f's opvattingen reeds meermalen genoemde Bt. Ambe en Bt. Podjo en welker oostelijk deel den naam Bt. Behaba draagt. Bt. Behaba werd door schrijver dezes beklommen. Op den fossielhorizont volgt, tot den top toe, een dik complex van lichtkleurige, rulle, veldspaathoudende zandsteenen, waartusschen in zeer ondergeschikte mate kleizandsteenen en kleischalies alterneeren. Op den top bleek dit zandsteencomplex een matig Z-waarts hellend plateau te vormen dat N-waarts met een ± 300 m hoogen wand steil afbreekt naar het dal van de Kerijau. Van efflata of effusiva geen spoor, waarmee dus M o l e n g r a a f f's laatst uitgesproken vermoeden, dat zijn oorspronkelijke meening betreffende de samenstelling dezer tafelbergen bij latere onderzoekingen niet juist zou blijken te zijn, bewaarheid werd.

S. Talai werd door schrijver dezes niet verder stroomop van den ondersten fossielhorizont verkend; het profielgedeelte ten Z hiervan berust dus uitsluitend op mantriwaarnemingen.

Het zwak geplooide, doch overwegend Z-waarts hellende Tertiair is in het Talaiprofiel in dezelfde niet-vulkanische ontwikkeling over een breedte van ruim 20 km ontsloten, overeenkomend met een profieldikte van 3¾ km. Op het zandsteenpakket van Bt. Behaba volgt een tweede kalkhoudende fossielhorizont van mergels en zandkalksteenen, waarin discocyclinen voorkomen. Tengevolge van de plooïing treedt vermoedelijk dezelfde fossielhorizont nog 6 km verder zuidelijk weer aan den dag. Hij is hier niet meer kalkhoudend; de foraminiferen zijn hier slecht geconserveerd, zoodat van deze vindplaats slechts twijfelachtige nummulieten vermeld kunnen worden.

Hooger in het profiel komen geen kalkhoudende gesteenten meer voor. De ook hier sterk overheerschende zandsteenen worden plaatselijk onderbroken door kleischalies. Het schijnt dus dat het — overigens slechts tot enkele horizonten beperkte — kalkgehalte der onderste afdeeling zoowel in horizontalen (zuidwaarts) als in vertikalen zin geheel verdwijnt. Verder onderscheidt zich deze hoogere afdeeling van de onderste, doordat zij kool en brandlei bevat, zij het ook slechts in enkele zeer dunne laagjes.

In den ondersten fossielhorizont bevindt zich een ruim 1 m dikke intrusieplaat van basalt. Hierboven werden op een viertal plaatsen, vrij regelmatig over het profiel verdeeld, andesieten aangetroffen, vermoedelijk eveneens optredend als intrusieplaten.

N.a.v. de 2 fossielhorizonten kan betreffende den ouderdom van dit Tertiair het volgende worden opgemerkt.

De discocyclinen van den bovensten horizont, waarnaast vermoedelijk nog nummulieten voorkomen, bepalen daar den ouderdom met zekerheid op Tb. Het ontbreken van assilinen en geflosculiniseerde vormen van alveolinen in den ondersten horizont, welke door den schrijver in een zestal ontsluitingen nauwkeurig werd onderzocht, maken een Ta-ouderdom hier zeer weinig waarschijnlijk.

Het niet-vulkanische Tertiair is dus in S. Talai ontwikkeld als een 3¾ km dikke concordante serie in een gemengd continentale en mariene facies, voor welker onderste ± 1¼ km dikke afdeeling de ouderdom door gidsforaminiferen op Tb wordt vastgesteld.

Dit niet-vulkanisch Tertiair wordt opgevolgd door een vulkanische afdeeling, beginnend met plagioliapariet en verder vnl. bestaande uit basalttuffen afwisselend met enkele platen basalt, waarnaast ook nog op 1 plaats dacieto-andesiet werd aangetroffen.

Bespreken we thans het Tertiair ten O van het Talaiprofiel.

In het noordwaarts stroomend gedeelte van S. Kerijau boven P. Linau blijkt de aanwezigheid van het basale conglomeraat uit de langs beide oevers verspreide talrijke groote blokken van dit gesteente.

De onderste fossielhorizont is over 1¾ km breedte ontsloten, overeenkomende met een dikte van ± 300 m. Hij bestaat hier uit bruine, zandige mergels met laagsgewijze gerangschikte, groote, bolle lenzen van kalksteen; daar bij de erosie de kalksteen in veel sterkere mate wordt aangetast dan de zandmergels, krijgen de ontsluitingen in dit gesteente een onregelmatig grof geperforeerd en hierdoor zeer opvallend uiterlijk. Het fossielgezelschap is volkomen analoog aan dat van S. Talai. Deze horizont wordt hier doorbroken door een ± 75 m breede gang diorietporfieriet; ten Z hiervan zijn enkele andesietische intrusieplaten tusschen de zandige mergels ingeschakeld; contactverschijnselen in vloer en dak bewijzen hun intrusieven aard.

Uit de onderzoekingen van ir. ter Bruggen verder oostwaarts langs de Kerijau tot Na. Belatoeng valt af te leiden dat over dit traject het Tertiair vertegenwoordigd is door het Behaba-zandsteencomplex, dat hier op talrijke plaatsen doorbroken wordt door dacieten, andesieten en basalten, waarschijnlijk als intrusieplaten, en diorietporfierieten welker geologische positie niet zeker is.

In de omgeving van Na. Belatoeng bevindt zich tusschen de zandsteenen een groote laccolietische plaat van rhyoliet. De noordgrens van het Tertiair snijdt S. Belatoeng 2 km ten O van haar mond. Het Praetertiair bestaat hier evenals in de Beneden- en Midden Kerijau uit intensief dooreen geplooide Danauformatie en Krijt.

Op het van S. Belatoeng zuidwaarts naar het stroomgebied der Boesang (één der 2 groote bronrivieren van de Barito) voerend voetpad werden zoo goed als uitsluitend de lichtkleurige, rulle, zwak veldspaathoudende, plaatselijk grindige tot fijn conglomeratische kwartszandsteenen aangetroffen, waarin op 1 plaats ondetermineerbare lamellibranchiaten en gastropoden werden gevonden. Even vóór de waterscheiding met de Boesang wordt de ZO grens bereikt van het Tertiair, dat hier transgredeert over steil geplooid Krijt.

Vergelijking van het Kerijaugebied met het Mandaigebergte en de ouderdom van het vulkanisme. Molengraaff geeft op zijn geologische kaarten de niet-vulkanische basis van het Mandaigebergte slechts als een betrekkelijk smalle strook langs S. Mandai aan, terwijl hij zich over haar dikte niet verder uitlaat. Uit de latere onderzoekingen is echter gebleken dat dit Tertiair zich veel verder noordwaarts, tot voorbij de Kapoeas, uitstrekt en over deze geheele breedte, dus van de Kapoeas tot Bt. Tiloeng, zuidwaarts helt, waaruit volgt dat hier het niet-vulkanisch Tertiair in ongeveer dezelfde dikte als in S. Talai aanwezig is. Molengraaff schrijft aan het *geheele* Tertiair een zuiver continentale facies toe. Hier zij echter vermeld dat in S. Mandai door een mantri in de koolhoudende zone banken met talrijke lamellibranchiaten (ostrea's) zijn gevonden, waaruit dus ook hier voor het niet-vulkanisch Tertiair, evenals in S. Talai, een gemengd continentale en mariene facies volgt.

Molengraaff constateerde een onmiskenbaren samenhang van Bt. Ambe en Bt. Podjo met de even ten O van de Mandai gelegen Bt. Tenaboen, Bt. Tigin en Bt. Miran. Voor al deze bergen neemt hij aan, uitsluitend op grond van hun morfologie, dat zij uit tuffen zijn opgebouwd. Waar nu voor de beide eerste gebleken is dat zij niet uit tuffen doch uit zandsteenen bestaan, wordt het waarschijnlijk, met het oog op den geconstateerden samenhang, dat ook de 3 overige bergen uit dezelfde zandsteenen zijn opgebouwd. Hierdoor wordt de aanname aanvaardbaar dat het Tertiair van S. Talai zich in dezelfde ontwikkeling en dikte ononderbroken naar WNW voortzet en als zoodanig de basis vormt van de vulkanische serie van het Mandaigebergte. Ook in S. Talai wordt het niet-vulkanische Tertiair opgevolgd door efflata en effusiva, analoog aan die van het Mandaigebergte, welke ook hier volgen op een door enkele koolafzettingen gekenmerkte afdeeling. Waar nog bovendien door Molengraaff, in het profiel van Bt. Liang Agang, een geleidelijke overgang van niet-vulkanisch in vulkanisch Tertiair werd waargenomen — waarmee dus een concordante opvolging van beide afdeelingen wordt vastgesteld — wordt een parallelisatie der vul-

kanische afzettingen van het Beneden Mandaigebied en van de Boven Talai volkomen gerechtvaardigd.

Daar in het Talaiprofiel op een reeds 1¼ km dikke afdeeling, welker ouderdom zeker Tb is, nog een 2½ km dik fossielloos complex volgt alvorens de basis der tufafdeeling wordt bereikt, mag worden aangenomen dat het vulkanisme hier niet vóór jongpalaeogenen tijd is aangevangen. In verband met de van elders (O Borneo) bekende dikte van het Oud-tertiair en gezien het ontbreken in het behandelde gebied van aanwijzingen op discordanties, is schrijver dezes van meening dat het vulkanisme ook inderdaad in jongstpalaeogenen of weinig lateren tijd begonnen is. Als steun voor deze meening zij nog vermeld, dat ook in O Borneo, in verschillende, ver uiteenliggende gebieden, een intensief vulkanisme werd geconstateerd in het overgangstijdperk tusschen Palaeo- en Neogeen of in het oudste Neogeen, plaatselijk reeds aanvangende in het Oudtertiair (Zie Jaarb. Mijnw., 1929, p. 58; 1930, p. 59 en 1931, pp. 61, 62).

Over de bovengrens dezer vulkanische periode kan niets met zekerheid gezegd worden. Molengraaff schrijft hierover (p. 467) dat dit vulkanisme waarschijnlijk vóór of in het begin van het Kwartair geëindigd is. Rutten [2]) (p. 204) neemt deze uitspraak over, doch voert hiervoor een ander feit als argument aan dan Molengraaff bedoelde. Molengraaff's meening (p. 466), dat vorm en verdeeling der dalen nog tijdens het vulkanisme in hoofdzaak reeds met de tegenwoordige overeenkwamen — op grond waarvan dus dit vulkanisme tot in vrij jongen tijd moet hebben voortgeduurd — is niet gebaseerd op den basalt van P. Laäp in S. Kapoeas (zooals Rutten schrijft), doch op waarnemingen in het brongebied van S. Boelit en S. Boengan (O deel van het Müllergebergte) (p. 235). Schrijver's onderzoekingen in dit gebied hebben echter Molengraaff's interpretatie zijner waarnemingen niet kunnen bevestigen. Het is gebleken, dat de eruptiva hier niet de rivierdalen volgende lavastroomen vormen, maar door de rivieren doorsneden intrusieplaten zijn, waarmee dus elk argument vervalt voor den vrij jongen datum waarop het vulkanisme hier pas uitgedoofd zou zijn.

2) L. M. R. Rutten — Voordrachten over de Geologie van N. O. Indië.

Samenvatting.

1. Langs de Midden Kerijau komt Oudtertiair voor in gemengd continentale en mariene facies, voor welker onderste afdeeling de eocene ouderdom (Tb) door gidsforaminiferen wordt bewezen. (Dit is het eenige gebied in de Wester-afd. van Borneo, waar de aanwezigheid van normaal (niet fyllietisch) Palaeogeen door gidsforaminiferen wordt aangetoond).

2. Dit Tertiair zet zich naar het W voort en vormt in dezelfde ontwikkeling en dikte de basis van de vulkanische afdeeling van het Mandaigebergte.

3. De vulkanische afdeeling strekt zich niet zoo ver oostelijk uit als Molengraaff aannam. Zij blijft hoofdzakelijk beperkt tot ten W van de Mandai. Als oostelijkste voortzetting ervan is te beschouwen een betrekkelijk klein bekken, aangetroffen in de Boven Talai.

4. Uit het vorige punt volgt niet, dat het vulkanisme tot deze gebieden beperkt is gebleven; het heeft zich waarschijnlijk over het geheele Kerijaugebied uitgestrekt, getuige de talrijke intrusieplaten (met contactverschijnselen in vloer en dak) in het niet-vulkanisch Tertiair. De eventueel ook hier afgezette vulkanische gesteenten zijn in dit tectonisch hooger gelegen gebied door de erosie verwijderd, terwijl zij in het Beneden Mandaigebied, dat tectonisch een bekken vormt, gespaard gebleven zijn.

5. De ouderdom der vulkanische afdeeling is onzeker. Molengraaff's meening, dat zij het jongste is van het geheele Müllergebergte kan bevestigd worden. Waarschijnlijk begon het vulkanisme in bovenpalaeogenen of weinig jongeren tijd.

3) In de figuur op pg. 103 moet gelezen worden:
Bovenste figuur, 1e kolom: 3 = niet-vulkanisch Tertiair.
„ „ *3e kolom:* Bt. A = Bt. Ambe.
Bt. Te = Bt. Tenaboen.
Onderste figuur: 3 = niet-vulkanisch Tertiair.

De Grondwinning bij de Boekit-Asam Mijnen

door

ir. W. J. R. LANZING,

ingenieur bij de Boekit-Asam Steenkolenmijnen.

Inleiding.

De voor opvulling benoodigde grond kan op het geheele concessieterrein worden gewonnen, met uitzondering van enkele strooken, welke moeten dienen als veiligheidspijlers voor de kabelbaan, diverse railbanen e.d.

De deklagen der vijf voor ontginning in aanmerking komende lagen komen in dit gebied alle aan de oppervlakte. De verweeringszone van deze lagen zoowel als het eigenlijke gesteente zijn geschikt om het spoelmateriaal te leveren.

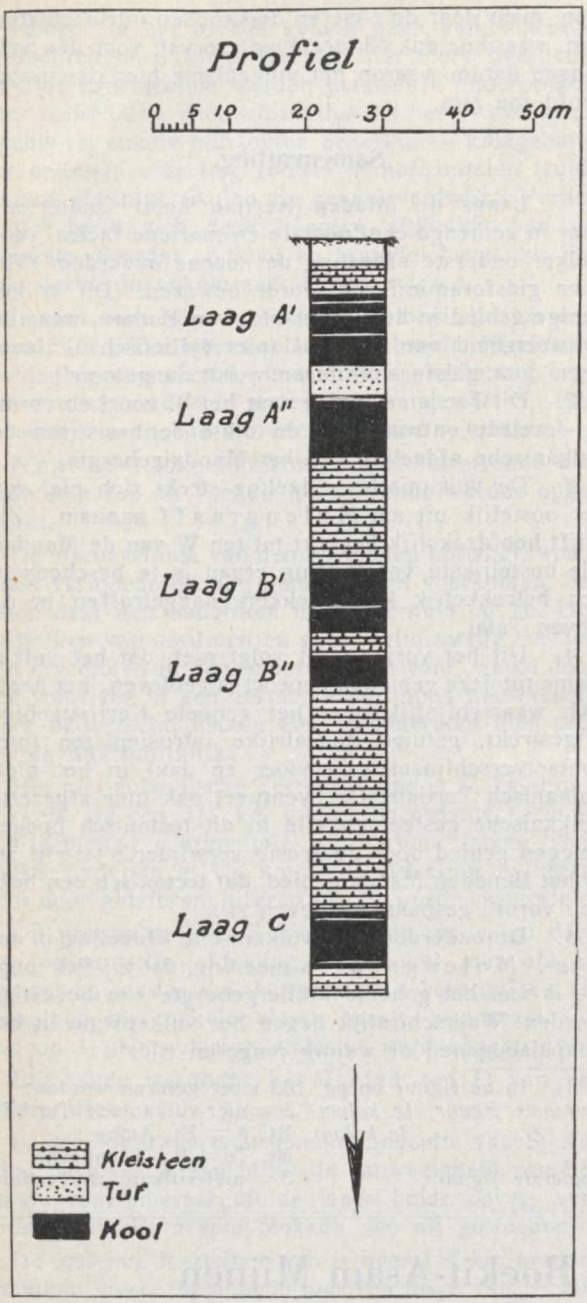
Humus is voor opvullingsmateriaal ongeschikt omdat deze grondsoort niet voldoende vastheid bezit. Op humusterreinen wordt deze dan ook zooveel mogelijk vooraf verwijderd.

Aan de hand van achterstaand profiel zullen de deklagen achtereenvolgens worden besproken.

Deklaag A[1].

Deze bestaat uit een vaste, blauwgrijze ongelaagde kleisteen, waarin talrijke kleiijzersteen concretie's voorkomen.

De concretie's hebben alle een plat ovalen vorm en moeten, wanneer ze grootere afmetingen bezitten, zorgvuldig worden verwijderd, aangezien zij anders pijpverstoppingen kunnen veroorzaken.



De verweeringszone is 3—4 m dik, de kleisteen verandert daarbij in een taaie roode klei, welke lastig te bewerken is.

De kleisteen zelf verweert zeer langzaam en valt daarbij uiteen in kleine knolletjes, welke prachtig spoelmateriaal opleveren.

Deklaag A^{II}.

Dit is een witte 3—4 m dikke tuflaag, welke gemakkelijk is te verwerken. In water valt de tuf snel uit elkaar en werd daarom vroeger ongeschikt geacht om als opvulmateriaal te dienen. Proeven hebben uitgewezen dat, mits gemengd met ander materiaal, de tuf zeer wel te gebruiken is.

Deklaag B^{I}.

Deze bestaat uit een goedgelaagde 15 m dikke laag, van grijze kleisteen. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door rhythmisch afgezet zeer fijnkorrelig wit zand ter dikte van hoogstens eenige millimeters. Bovendien zijn vele „pakken" ingeschakeld van 3—7 cm dik en bestaande uit verkiezelde kleiijzersteen.

Het materiaal uit de „pakken" moet, evenals dit het geval is met de concreties uit de deklaag A^{I}, zorgvuldig worden verwijderd.

Na een verweering van circa 7 dagen valt de grijze kleisteen reeds uit elkaar, waardoor de verkleining van het materiaal in de hand gewerkt wordt.

Deklaag B^{II}.

Dit is een 3 m dikke laag, bestaande uit een losse grijze kleisteen, waarin zeer veel bladafdrukken. Het gesteente is makkelijk te bewerken en moet direct worden ingespoeld, omdat het bij langer liggen teveel uiteen valt en dan in oplossing gaat. Ter halver hoogte in de laag loopt een aaneengeschakelde bank van verkiezelde zandsteenknollen, welke soms een diameter van 1 m kunnen verkrijgen.

De knollen veroorzaken bij de winning veel last, aangezien ze alle dienen te worden verwijderd.

Deklaag C. laag.

Deze is 30 m dik. Het bovenste gedeelte ter dikte van 20 m bestaat uit zeer fraai gelaagde zanderige kleisteen; laagjes wit zand en grijze kleisteen wisselen rhythmisch af, zoodat een spekstructuur ontstaat.

De koelies spreken van „batoe lapis". Dit materiaal is hard, moeilijk te bewerken, doch geeft een buitengewoon vaste opvulling, terwijl er zeer weinig van verloren gaat.

Het onderste gedeelte ter dikte van 10 m bestaat uit blauwgrijze kleisteen, soortgelijk aan die van de deklaag A^{I}.

De soortelijke gewichten der diverse gesteenten loopen uiteen van 2,1 tot 2,4.

Werkwijze.

Voordat de tegenwoordige werkwijze zal worden beschreven, zal eerst een kort overzicht worden gegeven der vroeger gebruikelijke methoden.

Nadat met de ondergrondsche koolwinning een begin was gemaakt, werd de methode der spoelende opvulling bij den driebankenafbouw ingevoerd.

Het hiervoor benoodigde materiaal werd aan de oppervlakte boven de in afbouw zijnde pijlers losgewerkt, en met een waterstroom naar een 5″ pijpleiding gespoeld, waardoor het ten slotte in den op te vullen pijler terecht kwam.

Vanzelfsprekend werden in het begin de zachtere verweerde zones bewerkt; deze raakten snel uitgeput en men moest zijn toevlucht nemen tot het onderliggende, onverweerde, doch hardere gesteente.

Dit geschiedde door in het gesteente te boren en het te doen springen; de losgeschoten stukken werden met pikhouweelen en patjols verder verkleind. In het algemeen was dit materiaal zwaarder en grover dan dat uit de verweeringszone en bleef daardoor in den waterstroom liggen.

Om dit te verhelpen werden halfronde goten gelegd, doch door onvoldoende verval en onregelmatige afwerking van het front was het noodig hierin steeds eenige koelies te werk te stellen, die tot taak hadden het materiaal verder te trekken.

Voordat het materiaal tot de spoelpijp werd toegelaten, moest het een staafzeef passeeren van ± 5 × 7 cm opening; de te groote stukken werden op de zeef kleingeslagen. Niettegenstaande dezen maatregel waren verstoppingen aan de orde van den dag. Werd de spoelleiding te lang, dan werd de grondwinning verplaatst in de richting van den afbouw.

Zooals reeds werd opgemerkt was het onverweerde gesteente lastig te bewerken, daardoor bestond feitelijk een voortdurend tekort aan opvullingsmateriaal.

Dit was niet te verhelpen door het front zwaarder te beleggen, aangezien bij dikker spoelen de leiding verstopt raakte. Om de koolwinning eenigszins bij te houden moesten de grondwinning en dus ook de opvulling ondergronds op drie ploegen worden belegd.

Naast de grondwinning voor opvulmateriaal bestonden nog andere grondwinningen en wel die, waarbij kool in dagbouw werd vrijgelegd. Gedeeltelijk was dit handverzet, waarbij de losgewerkte grond werd weggedragen, gedeeltelijk geschiedde het met pompen, waarbij de grond in naburige ravijnen werd gespoeld.

Nog in 1931 bestond de tegenstrijdigheid, dat aan den eenen kant niet voldoende opvulmateriaal voorhanden was, terwijl aan den anderen kant groote hoeveelheden grond werden „weg"-gespoeld.

De grondwinning kon dus op 3 punten worden verbeterd en wel:

1) door het grondwerkerseffect te verhoogen;
2) door materiaalverliezen te voorkomen;
3) door dikspoeling toe te passen.

De eerste twee punten zullen thans worden besproken, punt *3* zal in een apart artikel worden behandeld.

1) Verhooging van het grondwerkerseffect.

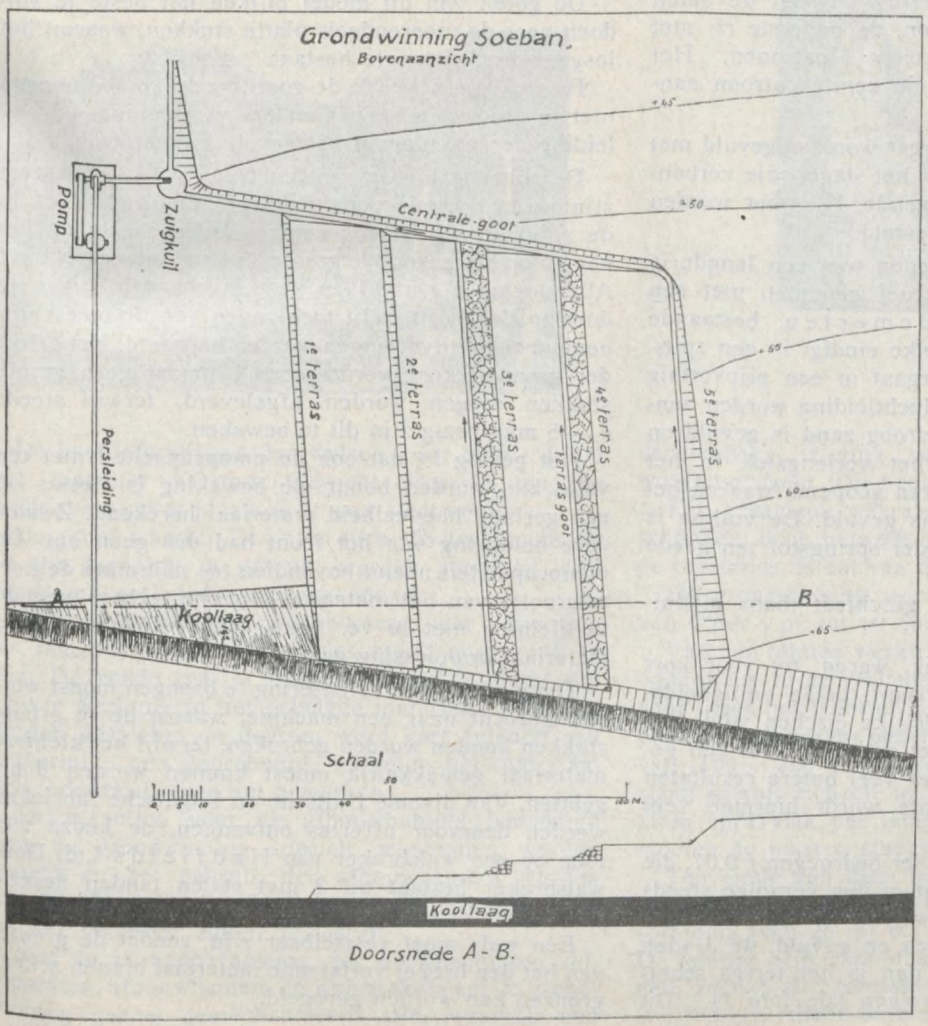
Onder grondwerkerseffect wordt verstaan het grondverzet in m^3 per man en per ploeg.

Het effect kon worden opgevoerd door:
1e. de grondwinning te mechaniseeren,
2e. het materiaal te doen verweeren,
3e. den afvoer van het materiaal op eenvoudige wijze te verzekeren.

Om aan het onder *sub 2* en *3* genoemde te kunnen voldoen, was het noodig over meerdere van elkaar onafhankelijke aangrijpingspunten (fronten) te kunnen beschikken.

Daartoe werd de methode der hellende terrassen ingevoerd en toegepast op de 15 m dikke deklaag der B^1, welke in 5 terrassen elk van ± 3 m hoogte werd verdeeld, zie onderstaande *figuur*.

Op ieder terras wordt een goot gelegd evenwijdig aan het front onder een zoodanige helling, dat het erin vallende materiaal door een waterstroom verder wordt gespoeld.



Staande op den te verwerken grond, hebben de koelies dus niets anders te doen dan den losgewerkten grond achter zich in de goot te werpen, waarna zij er verder geen omkijken meer naar hebben. De terrasgoten komen uit op een centrale goot, aan welker einde de zuigkuil van de grondpomp ligt.

Op elk terras kan aansluiting plaats vinden op de luchtleiding (6 at) en de waterleiding. De druklucht is benoodigd voor afbouwhamers e.d.; het water voor den spoelstroom.

De werkzaamheden welke achtereenvolgens worden verricht zijn:

a. afboren van het terras;

b. opschieten van het terras;

c. verwerken van het losgeschoten gesteente.

a. Afboren van het terras. Dit gebeurt met spiraalboren van 30 mm

doorsnede en 3 m lengte. In het ± 3 m hooge terras worden minstens 2 rijen gaten geboord. De onderste wordt aangezet op den vloer, de gaten worden loodrecht op het front, doch iets afloopend geboord. De boorgaten liggen ± 2 m uit elkaar. De 2e rij ligt 1,25 m boven de eerste. De boorgaten der 2e rij liggen midden tusschen die der onderste rij in en worden horizontaal geboord.

Doorloopend zijn 6 man aan het boren. Ten einde op de boorloonen te kunnen bezuinigen werd besloten machinaal te boren.

Met zekerheid kon worden gezegd, dat in het half plastische gesteente waterspoeling zou moeten worden toegepast om het boormeel te kunnen verwijderen.

Als proef werd besteld een Korffmann-boormachine, voorzien van een spoelkop en uitgerust met holle spiraalboren en verwisselbare snijkoppen (gewicht 10 kg).

De machine werd onlangs in gebruik genomen en voldoet zeer goed. De machine zal in den beginne door twee man moeten worden bediend, zoodat per dag 4 diensten worden bespaard à *f* 0,50 = *f* 2,—.

De aanschaffingskosten bedragen *f* 120, zoodat de machine na 60 dagen betaald zal zijn. Het ligt in de bedoeling in den vervolge gaten van 4 m te boren, door de fabriek werden daartoe medegeleverd boorijzers van 4 m lengte.

b. Opschieten van het terras. Nadat de gaten gereed zijn worden ze geladen, de onderste rij met circa 6, de bovenste rij met circa 4 patronen. Het slaghoedje wordt meestal in de eerste patroon aangebracht.

De vrije ruimte in het boorgat wordt opgevuld met kleipatronen en de draden van het slaghoedje verbonden met die van het naastliggende. Hiervoor werden slaghoedjes met 3 m draad besteld.

Het opvullen met kleipatronen was een langdurig werkje. Daarom werd een proef genomen met een vulapparaat fabrikaat Herdemerten, bestaande uit een kegelvormige bus, welke eindigt in een spitstoeloopend uiteinde, dat overgaat in een pijpvormig verlengstuk. Dit kan aan de luchtleiding worden aangesloten. Nadat de bus met droog zand is gevuld en hermetisch gesloten, wordt het verlengstuk in het boorgat geplaatst, de luchtkraan geopend, waarna het gat binnen 2—3 secunden is gevuld. De vulling is zeer vast, wat de uitwerking der springstof ten goede komt.

De vulling der boorgaten geschiedt thans uitsluitend met deze apparaten.

Springstoffen. In gebruik waren tot voor kort Ammoncahuciet en Favierbrisant, beide veiligheidsspringstoffen, welke aan redelijke eischen voldeden.

Gebleken is echter, dat met geligniet (met een gehalte van 60% nitroglycerine) veel betere resultaten worden bereikt, het gesteente wordt hiermee veel sterker verbrijzeld.

De kosten per m^3 voor Favier bedroegen *f* 0,07, die voor geligniet *f* 0,045, zoodat in den vervolge steeds met geligniet zal worden gewerkt.

Zijn alle boorgaten geladen en gevuld, de draden der slaghoedjes verbonden, dan is het terras schotvaardig en kan ontsteking volgen (zie *foto 2*). Dit gebeurt door een drukschakelaar op de 110 V leiding, de schakelaar is aangebracht in een kastje, waarvan de sleutel door den schietmeester wordt bewaard.

De lading, bestaande uit 300—400 patronen (elk wegende 110 gram), wordt dus ineens tot explosie gebracht, het geheele terras wordt daarbij opgelicht. Hoe het terras er na het schieten uitziet, toont *foto 3*. De knal is naar verhouding niet zwaar, doch in de naburige huizen worden lucht- en bodemtrillingen duidelijk gevoeld.

c. Verwerken van het losgeschoten gesteente. Na het schieten blijft het materiaal ongeveer een week liggen, de grootere stukken beginnen dan merkbaar uiteen te vallen, de kleine stukjes zouden bij langer wachten echter geheel vermodderen.

Het verkleinen gebeurt met afbouwhamers, pikhouweelen en patjols, de koelies staan op afstanden van 3—4 m, waarbij ieder een bepaald stuk heeft te verwerken. Het losgewerkte materiaal komt in de terrasgoot terecht, welke een ⊔-vorm bezit (zie *foto 4*). De gotenserie wordt in een rechte lijn evenwijdig aan het front gelegd met den lagen rand naar het front gekeerd (onder 5° helling).

De afmetingen der afzonderlijke goten bedragen: lengte 1 200 mm, breedte 800 mm, hoogte opstaande randen 50 mm en 350 mm. Materiaal: plaatijzer van 3 mm dikte.

De goten van dit model blijken het beste te voldoen voor de meerendeels platte stukken, waaruit het losgewerkte gesteente bestaat.

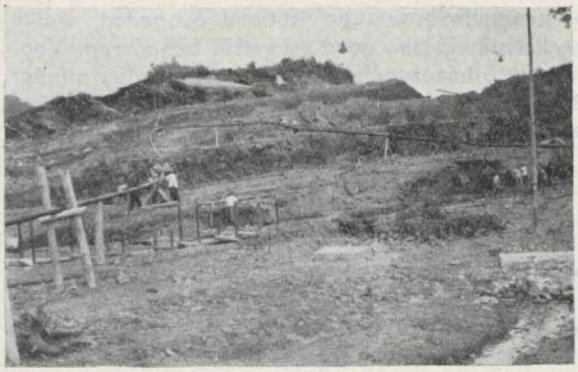
De stukken, welke in de goot terecht komen, mogen niet te groot zijn, omdat anders verstoppingen in de leiding der grondpomp het gevolg kunnen zijn.

De contrôle hierop aan het front is lastig, daarom zijn in de centrale goot vlak voor de zuigkuil en in de zuigkuil zelf steeds eenige koelies bezig op het oog en op het gevoel de groote stukken te verwijderen. Alle pogingen om dit op vast ingebouwde zeven te doen mislukten, terwijl toch zeven van de meest uiteenloopende uitvoeringen werden beproefd. Het effect der grondwerkers wordt geremd, omdat geen groote stukken mogen worden afgeleverd, terwijl steeds 4—5 man bezig zijn dit te bewaken.

Het gevolg is, dat ook de pompcapaciteit niet ten volle kan worden benut, de bewaking is slechts op een geringe hoeveelheid materiaal berekend. Zwaardere belegging van het front had dus geen nut. De pompcapaciteit neemt bovendien toe naarmate de korrelgrootte van het materiaal afneemt, echter mag de verkleining niet te ver gaan, omdat anders te veel materiaal in oplossing gaat.

Ten einde hierin verbetering te brengen moest worden gezocht naar een machine, waarin de te groote stukken konden worden gebroken, terwijl het kleinere materiaal gemakkelijk moest kunnen worden doorgelaten. Van diverse Duitsche en Engelsche fabrieken werden daarvoor offertes ontvangen, de keuze viel toen op een walsbreker van Hadfields Ltd. Deze walsbreker bestaat uit 2 met stalen tanden bezette walsen, welke in tegengestelde richting draaien.

Eén wals moet verstelbaar zijn, zoodat de grootte van het den breker verlatende materiaal binnen zekere grenzen kan worden geregeld.



1.

2.

3.

4.

5.

De hoofdafmetingen der walsen zijn: lengte 1 200 mm, diameter 600 mm. Gewicht circa 4,5 ton; de aandrijving vindt plaats door een electromotor.

De proef waarbij Flottmann-afbouwhamers op de grondwinning in gebruik werden genomen, kan uitstekend geslaagd worden genoemd.

Oorspronkelijk was men bevreesd voor vervuiling der machines, doch deze vrees bleek ongegrond te zijn. De ronde pen is evenwel niet het meest geschikte werktuig in het gelaagde materiaal. Dit moet worden gespleten en daarom werd kort geleden een wigvormige pen geprobeerd, waarmee het materiaal zich inderdaad beter liet bewerken.

Thans zullen voor de afbouwhamers benoodigd voor de grondwinning speciale wigpennen worden besteld en het gebruik der afbouwhamers worden uitgebreid, zoodat de pikhouweelen en patjols spoedig tot het verleden zullen behooren.

Met de in bedrijfneming der boormachines, vulapparaten, afbouwhamers en walsbrekers zal de grondwinning geheel gemechaniseerd zijn, waarvan een aanzienlijke stijging van het grondwerkerseffect wordt verwacht. Dit bedraagt thans circa 2,5 m^3.

Een vraagstuk waaraan weinig aandacht werd geschonken, doch hetwelk ook van groot belang is voor de prestaties, is dat van de verlichting.

De grondwinning wordt n.l. belegd op 2 ploegen van 6 uur v.m. tot 10 uur n.m.

Van den totalen werktijd vallen dus 4 uren na zonsondergang. In de verlichting werd tot nu toe voorzien door langs het front op bepaalde afstanden masten te plaatsen, waaraan onder een lichtkap gloeilampen van 100 — 200 W werden bevestigd. De koelies staan hierbij zichzelf in het licht, terwijl slechts een klein oppervlak per lamp wordt verlicht. Bovendien moeten de masten steeds worden verplaatst.

Ten einde aan deze bezwaren tegemoet te komen werden speciale lampen besteld met een langgerekte spreiding (van 25 m) bij een ophanghoogte van 5 m. De lampen zijn verrijdbaar over een kabel opgehangen, zoodat alle terrassen kunnen worden bestreken (zie *foto 1*). Alleen de masten, waartusschen de kabel

is opgehangen, behoeven af en toe te worden verzet. Door de lampen over den kabel te verhalen tot boven het terras, waar dit gewenscht wordt, kan op dat terras een gelijkmatige verlichting worden verkregen. Op deze manier kan met 3 lampen voor het geheele spoelterrein worden volstaan. Een proef met Zeiss-lampen is goed uitgevallen, zoodat aanschaffing van meerdere soortgelijke lampen overwogen wordt.

2) Voorkoming van materiaalverliezen.

Om hieraan te kunnen voldoen zou de grond, welke voor het vrijleggen der kool in dagbouw verzet wordt, naar de mijn gebracht moeten worden. Het handverzet moet dan geheel vervallen en in de plaats daarvan spoelend grondverzet worden ingevoerd.

Groote afstanden en niveauverschillen moesten echter overwonnen worden. Dit kon bereikt worden door meerdere pompen achter elkaar op te stellen. Thans zijn in bedrijf 2 series van 2 pompen en 1 serie van 3 pompen. Oorspronkelijk werd het materiaal van de eerste pomp bij de volgende gedeponeerd en hier opnieuw aangezogen en verder gespoeld.

Iedere zuigkuil was evenwel een bron van verstoppingen, zoodat vaak stagnaties optraden.

Toen werd getracht de leidingen direct te koppelen. Dit werd een groot succes, niet alleen verviel daardoor bij iedere tusschenpomp de zuigkuilbezetting, doch bedrijfszekerheid werd verkregen, doordat verstoppingen nog slechts sporadisch voorkwamen. De pompenwachters kunnen door electrische geluidssignalen elkaar in geval van storingen waarschuwen en daarnaar maatregelen nemen.

Van veel belang is ook de gelijkmatige helling in de stijgleiding, daarom worden waar noodig de pijpen op stellingen gelegd (zie *foto 5*).

De technische bezwaren voor den opvoer van den grond waren daarmee vervallen. Als grondpompen worden thans uitsluitend Banka-pompen gebruikt van 6″ en 8″, welke zeer goed hebben voldaan.

Voor eenige gegevens moge worden verwezen naar ondervolgenden staat.

	Pomp nummer	Lengte persleiding in m	Geometrische opvoerhoogte in m	Hoeveelheid verwerkte grond per uur in m³	Door pomp afgegeven vermogen in pk	Aantal omwentelingen per minuut der pomp
Serie I 8″	4	190	15	12	81	580
	3	260	18		81	644
	2	283	10		81	552
Serie II 6″	7	220	18	9	63	864
	5	230	8		54	785
Serie III 8″	11	200	0	50	76	525
	12	200	8		72	525

Thans is dus bereikt dat alle grond voor opvulmateriaal kan worden gebruikt. Aan de hand van een op het mijnkantoor opgemaakten kostprijs zal nu nog worden berekend welke besparing hiermee voor het schachtenveld werd verkregen.

De kostprijs berust op fictieve eenheden, welke de werkelijkheid zoo goed mogelijk benaderen. Voor een absolute beoordeeling zijn de cijfers dus minder geschikt, als vergelijkingsmateriaal voor de onderlinge mijnafdeelingen bezitten zij echter zeer zeker hun waarde.

Naast elkaar zullen worden vergeleken:

a. De kosten per ton, wanneer het opvulmateriaal van elders wordt aangevoerd, waarbij kool in dagbouw wordt vrijgelegd.

b. De kosten per ton, wanneer het opvulmateriaal boven het veld wordt gewonnen, hierbij wordt geen kool in dagbouw vrijgelegd.

Sub a. De kosten kunnen worden gesplitst in: de eigenlijke winningskosten (ondergronds) en de nevenkosten (bovengronds). De nevenkosten zijn die voor grondwinning, spoeling en opvulling.

De winningskosten bedroegen in de afgeloopen maanden *f* 1,32 per ton.

De nevenkosten *f* 0,83 per m³ ingespoelden grond. Aangezien 1 m³ grond wordt ingespoeld voor 1570 kg kool, wordt dit per ton *f* 0,53.

Totaal kosten *a*: *f* 1,32 + *f* 0,53 = *f* 1,85.

Hiervoor wordt kool in dagbouw vrijgelegd en wel in de volgende verhouding (welke grondverhouding zal worden genoemd):

5 m³ grond levert $3^1/_3$ m³ opvulmateriaal en 1 m³ kool in dagbouw.

1 m³ opvulmateriaal komt dus overeen met 0,3 m³ kool in dagbouw = 0,36 ton.

Per *ton* diepbouw kool komt in dagbouw vrij:

$$\frac{1}{1{,}57} \times 0{,}36 \text{ ton} = 0{,}23 \text{ ton (s.g. kool} = 1{,}2).$$

De winningskosten voor 1 ton dagbouw kool bedragen *f* 0,33.

Men verkrijgt dan:

1 ton	diepbouw kool	voor	*f* 1,85
0,23 „	dagbouw kool	voor	„ 0,07⁵
Totaal 1,23 ton		voor	*f* 1,92⁵
		of per ton	*f* 1,56.

Sub b. Op het oogenblik wordt nergens het benoodigde materiaal boven het afbouwveld gewonnen, zoodat van de kosten, welke zooals in geval *a* kunnen worden gesplitst in eigenlijke winningskosten en nevenkosten, de laatste moeten worden getaxeerd.

Deze zullen geringer zijn dan die onder *a*, voornamelijk, omdat wegens de geringe afstanden de materiaalkosten (pijpen, goten, pompen) veel geringer zullen zijn. De materiaalkosten maken thans circa 20% der totaalkosten uit, de nevenkosten zullen echter op 75% van die voor geval *a* getaxeerd worden.

Dit geeft den volgenden kostprijs:

Winningskosten	*f* 1,32	per ton
Nevenkosten 75% van *f* 0,53 = ...	„ 0,40	„ „
Totaal	*f* 1,72	per ton

De besparing bedraagt dus *f* 0,16 per ton en is een gevolg van de lage grondverhouding.

Tusschen welke grenzen mag de grondverhouding zich bewegen? Voor de bovengrens kan dit als volgt worden berekend.

Noemt men de minimum dagbouwproductie die per ton diepbouw nog mag worden vrijgelegd x, dan geldt:

$$a + x \cdot d = (1 + x) \cdot b,$$ waarin

a = kostprijs per ton voor sub a
b = „ „ „ „ „ b
d = „ „ „ dagbouwkool.

Worden hierin de reeds bekende waarden van a, b en d gesubstitueerd, dan wordt

$x = 0{,}093$ ton of rond 0,1 ton.

De correspondeerende grondverhouding kan hieruit berekend worden op 12,4. Deze verhouding komt op het bedrijf niet voor, zoodat het steeds mogelijk zal zijn gecombineerden dag- en diepbouw uit te oefenen.

Van meer belang is de bepaling der ondergrens, omdat beneden een bepaalde verhouding goedkoope dagbouw mogelijk wordt.

Daarvoor dienen bekend te zijn de kosten per m^3 grondverzet. Aangezien de methode als zoodanig nergens wordt toegepast, kunnen deze kosten alleen getaxeerd worden.

Zij zullen het meest die der nevenkosten van *sub a* benaderen, welke *f* 0,53 per ton bedroegen. Omgerekend op 1 m^3 losgewerkten grond wordt dit *f* 0,55.

Noemt men het aantal m^3, dat per ton dagbouwverzet mag worden y, dan geldt:

$$a = y \cdot b + d,$$ waarin

a = kosten per ton voor *sub a*.
b = „ „ m^3 grondverzet
d = „ „ ton dagbouw.

Substitueert men hierin de reeds bekende waarden voor a, b en d, dan wordt $y = 2{,}24$ m^3.

Omgerekend per m^3 kool wordt dit 2,7 m^3. Die koolvoorkomens, waarbij de grondverhouding $< 2{,}7$ is, dienen dus voor dagbouw gereserveerd te worden.

In het bovenstaande moge op globale wijze zijn uiteengezet, van welk een overwegend belang de grondwinning voor de Boekit-Asammijnen is, omdat hoofdzakelijk hierdoor de winningsmethode wordt bepaald.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productiecijfers van Aardolie in kgtonnen.

	1935		1934	
	Sept.	t/m Sept.	Sept.	t/m Sept.
Java en Madoera.	43 454,8	349 597,8	38 424,1	385 131,6
Noord-Sumatra..	74 175,9	703 170,1	85 566,4	760 759,–
Palembang	221 894,1	1 813 046,7	179 843,3	1 655 581,–
Djambi	28 200,7	245 134,–	26 172,3	228 089,6
Oost-Borneo.....	80 723,1	762 326,4	86 959,1	820 467,2
Tarakan.....	70 570,3	622 124,–	66 399,4	603 618,2
Boenjoe.....	251,3	4 767,4	665,4	7 033,8
Ceram.....	3 766,8	31 075,4	3 225,1	27 354,3
Nederlandsch-Indië.....	523 037,–	4 531 241,8	487 255,1	4 488 034,7

Productiecijfers van Steenkolen in kgtonnen.

	1935		1934	
	Sept.	t/m Sept.	Sept.	t/m Sept.
Gouvernements-mijnen	58 600,–	524 831,–	50 474,–	461 400,–
Steenkolen Mij. „Parapattan"	20 000,–	191 380,–	18 440,–	167 645,–
Oost-Borneo Maatschappij..	5 853,–	51 163,–	6 122,–	71 282,–

Mijnbouw Maatschappij Redjang-Lebong.

Gedurende de maand September werden:

7 800 tons erts vermalen van gemiddeld { 4,20 dwts goud per ton. / 24,60 „ zilver „ „
1 940 „ sands en
5 890 „ slimes behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 1 547 ozs. goud en ca. 8 251 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 86 000,—.

De bedrijfskosten over September bedroegen ± *f* 61 000,—, terwijl voor prospecteeren werd uitgegeven ± *f* 2 000,—.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand September werden:

7 483 tons erts vermalen van gemiddeld { 9,2 dwts goud per ton. / 120,– „ zilver „ „
2 850 „ sands,
4 355 „ slimes en
272 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 3 648 ozs. goud en ca. 41 066 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van ± *f* 221 000,—.

De bedrijfskosten over Sept. bedroegen ± *f* 107.000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven... ± *f* 4 000,— en voor prospecteeren der nieuwe vergunningen ..... ± *f* 4 000,—.

PERSONALIA.

Verleend wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa aan ir. A. van Hoek, ingenieur b.d. Dienst v.d. Mijnbouw, werkzaam gesteld b.d. Bangkatinwinning, ingaande 16 Mei 1936.

Idem wegens zes-jarigen dienst acht maanden verlof naar Europa aan ir. G. Pott, ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, ingaande 2 Juli 1936.

Idem wegens zeven-jarigen dienst negen maanden verlof naar Europa aan ir. D. Pronk, ingenieur bij de Afdeeling Electriciteitswezen v.h. Dept. van V. & W., werkzaam gesteld bij de Bangkatinwinning, ingaande 2 Mei 1936.

2e JAARGANG
NUMMER 11

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

NOVEMBER
1935

V. VERKEERSWEZEN.

INHOUD: Complicaties bij het onderzoek van vloeibare asphalten, door ir. L. Meulemans.

Complicaties bij het onderzoek van vloeibare asphalten (2e vervolg)

door

ir. L. MEULEMANS,

scheikundig-ingenieur bij de N.-I. Wegenvereeniging.

3. De destillatie van asphalt onder normalen druk.

Zooals in het vorige hoofdstuk is vermeld, zal men er toe moeten overgaan om een cutback-destillaat opnieuw te destilleeren, wil men een indruk hebben over de samenstelling van de daarbij toegepaste flux.

In dit verband zij hier herinnerd aan het feit, dat het destillatieproces van aardolie-producten over het algemeen veel gecompliceerder verloopt, dan men bij oppervlakkige beschouwing zou verwachten. Dit vindt zijn oorzaak in de chemische ontleding, die tijdens de destillatie kan plaats vinden. Men heeft hierbij immers te maken met koolwaterstoffen, die blootgesteld worden aan vrij hooge temperaturen, onder invloed waarvan splitsingen kunnen optreden in koolwaterstoffen van lagere orde en waterstof, terwijl de molecuulresten zich verder kunnen vereenigen onder vorming van onverzadigde complexen. Opbouw van grootere moleculen is meestal slechts als een tijdelijke tusschenreactie te beschouwen. Wordt de ontleding door sterke opvoering van de temperatuur zoo krachtig mogelijk doorgevoerd, dan kunnen daarbij koolstofrijke producten ontstaan met in laatste instantie zelfs cokes.

Al deze chemische omzettingen worden aangeduid met den naam: *„cracking"*. Cracking wordt vooral in de Vereenigde Staten op groote schaal toegepast, ter verhooging van het rendement aan lagere fracties, — zooals benzine —, ten koste van de hoogerkokende producten.

Bij het cracking-proces is de temperatuur wel een der voornaamste factoren, die invloed daarop hebben. Beneden 300°C is over het algemeen het cracken niet intensief, maar hoe hooger men de temperatuur daarboven opvoert, des te meer drijft men het ontledingsproces in de richting van koolstof en waterstof. Ook de duur der verhitting is een niet te verwaarloozen factor. Naarmate de temperatuur hooger is en de reactieduur langer wordt de uiterste grens vollediger bereikt.

Het verloop van het cracking-proces hangt voor een groot deel af van den aard der koolwaterstoffen. Bij de lichte- en middelzware koolwaterstoffen zijn steeds hooge temperaturen noodig om de uiterste grens zoo volledig mogelijk te bereiken. Geheel anders is dit bij de zeer zware, sterk gepolymeriseerde koolwaterstof-mengsels als asphalt, teer, pek of andere bitumineuze stoffen. Zeker is het, dat men bij dergelijke stoffen niet ver boven de 200°C al ontledings-reacties verwachten kan onder toename van de in die mengsels aanwezige zgn. „vrije koolstof". Bij 200°C is de snelheid der koolstoftoename echter nog uitermate gering, doch boven 350°C is de ontleding zoo intensief, dat deze zware koolwaterstoffen zeer snel totaal vercokest worden.

Een der meest karakteristieke eigenschappen der koolwaterstoffen is juist hun inertie om op elkander in te werken. Hydreeringen van zelfs sterk onverzadigde verbindingen hebben onder gewone omstandigheden niet anders dan onder zeer groote moeilijkheden plaats. Wordt echter een koolwaterstof gedurende langeren tijd op een boven haar kookgrens gelegen temperatuur gehouden, dan blijkt, dat na verloop van tijd zich een groot aantal nieuwe koolwaterstoffen gevormd hebben. Typeerend is daarbij bovendien, dat wanneer paraffine koolwaterstoffen beneden 500°C aan een pyrogene ontleding worden onderworpen, de reactie-producten tot de aliphatische blijven behooren. Er ontstaan hierbij, naast paraffinen van lagere orde, steeds onverzadigde verbindingen van het aethyleentype C_nH_{2n} (olefinen), doordat het uitgangs-product een tekort aan waterstof heeft, om bij splitsing opnieuw twee paraffinen te leveren [1]). Ringsluiting tot aromatische verbindingen heeft pas bij verhitting tot hoogere temperaturen plaats.

Reeds door Berthelot is de aandacht gevestigd op het feit, dat bij de destillatie van aardolie-producten, — met een enkele uitzondering bij de benzinerectificatie —, het waterstof-gehalte van het residu steeds daalt. Berthelot's verklaring voor dit verschijnsel was een trapsgewijs verloopen van het ontledings-proces, waarbij bij elken stap waterstof vrij komt, totdat tenslotte als eindproduct der ontleding, — hoewel dit onder uiterst moeilijke omstandigheden te bereiken is —, koolstof optreedt. Berthelot's theorie over de primaire afsplitsing van waterstof heeft echter in de laatste decennia plaats moeten ma-

1) Uytenbogaart — Dissertatie Delft — 1929.

ken voor een door Coward en Bone opgestelde hypothese, waarbij het optreden van hoogst reactieve koolwaterstof-*resten* (: CH_2 en ⋮CH) wordt aangenomen. Hunne opvattingen hierover hebben een geweldigen steun in de nieuwere inzichten over den atoombouw gevonden, waarbij aan deze groepen inderdaad een zelfstandig bestaan tijdens een reactie kan worden toegekend [1]). Weliswaar kunnen deze groepen bij de koolwaterstoffen in sterke mate tot een moleculair verband geassocieerd zijn, doch men moet onder alle omstandigheden en vooral bij verhoogde temperatuur met de aanwezigheid ervan als *dissociatie*-producten, rekening houden [2]).

Door Nellensteyn is er op gewezen, dat er energetisch geen reden voor is, om het ontstaan der methien- en methyleen-groepen van Bone niet uit een primaire verbreking der over het algemeen als stabiel opgevatte C-C-binding en een secundaire afsplitsing van waterstof, te verklaren. Hierdoor kwam hij tot een meer ongedwongen verklaring voor verschijnselen, welke door Bone, die toen nog steeds een primair verbreken der C-H-binding huldigde, niet gegeven is kunnen worden [3]).

Door de aanname van een primaire verbreking der C-C-binding, worden Nellensteyn's reactieve koolwaterstof-resten: · CH_3, : CH_2, ⋮CH en mogelijk zelfs ⋮C, welke onder alle omstandigheden als dissociatie-producten aanwezig blijven.

Als bevestiging van het inzicht, dat de dissociatie van koolwaterstoffen een algemeen verschijnsel is en niet allen tot de hoogere temperaturen beperkt blijft, moge het navolgende door mij onder Nellensteyn toentertijd te Delft gedane onderzoek dienen inzake de inwerking van HJ-gas op thiopheen.

Bij het inleiden van HJ-gas in zuivere thiopheen heeft er reeds bij kamertemperatuur een zoo heftige reactie plaats, dat de vijfring daarbij geheel uit elkander valt onder vorming van jodium, koolstof en stroomen zwavelwaterstof. Hieruit kan als meest waarschijnlijke reactie worden afgeleid:

$$C_4H_4S + 2\,HJ \longrightarrow -CH{=}CH{-}CH{=}CH- + H_2S + J_2$$

$$J_2 + 2\,CH \longrightarrow 2\,HJ + 2\,C$$

De reactie zou dus gedacht kunnen worden als te verloopen in twee phasen. Dat dit inderdaad het geval is, kon worden aangetoond door de tweede phase door toevoeging van gelen phosphor te verhinderen, waardoor de vrijgekomen jodium gebonden werd en dientengevolge ook de koolstof-afzetting wegbleef.

De beteekenis van deze reactie ligt voornamelijk in de vorming der labiele koolwaterstof-rest in tegenwoordigheid van jodium en die dus, onafhankelijk van het moleculaire verband, in reactie kan treden.

Door Nellensteyn is principieel de qualitatieve constitutie van asphalt tot klaarheid gebracht [3]). Hij toonde daarbij aan, dat asphalt beschouwd moet worden als te bestaan uit *elementaire, gestabiliseerde koolstof, welke colloïdaal is opgelost in een medium, dat gewoonlijk in hoofdzaak uit koolwaterstoffen bestaat.* De stabiliseering geschiedt door stoffen, die uit sterk onverzadigde koolwaterstoffen kunnen bestaan.

Dat asphalt door destillatie is te scheiden in een vluchtig- en een niet-vluchtig deel, was reeds eerder bekend. Het vluchtige deel is een groen-fluoresceerende roodbruine olie, die na eenige uren staan aan de lucht donkerder van kleur wordt. Zooals reeds eerder werd opgemerkt, heeft verhitting van bitumineuze stoffen even boven de 200°C, reeds vermeerdering van het „vrije koolstof"-gehalte ten gevolge. Dit wijst dus op een begin van ontleding bij betrekkelijk lage temperaturen. Om nu de vermeerdering der hoeveelheid „vrije koolstof" door pyrogene ontleding te kunnen nagaan, heeft Uytenbogaart verschillende typen van zware koolwaterstof-mengsels gedurende perioden tot 8 uren constant verhit op verschillende temperaturen [1]). De gevonden cijfers voor de door de verhitting uitgevlokte hoeveelheid koolstof K en den tijdsduur t der verhitting, heeft hij in een functioneel verband vereenigd en op grond van exterpolatie der zoo gevonden reeks, komt hij tot berekening van een tijdsduur waarop, indien de betrokken temperatuur onderhouden wordt, alle koolstof zou moeten zijn afgezet. Bij een door hem gebezigd Mexicaansch asphalt zou dit b.v. bij 250°C na 20 uren het geval moeten zijn. Waar zijn proefnemingen zich slechts uitstrekten over een verhittingsduur van maximaal 8 uren, is de tijdsduur waarover deze exterpolatie loopt, vrij aanzienlijk en m.i. zal het aan later onderzoek voorbehouden moeten zijn te constateeren of het experiment met de berekeningen van Uytenbogaart overeenstemming vertoont.

Uit al onze voorgaande beschouwingen moge echter blijken, dat de destillatie van koolwaterstoffen over het algemeen niet meer te beschouwen is als een eenvoudige physische scheiding, maar dat tal van chemische omzettingen het proces zeer gecompliceerd kunnen maken.

Bij het bestudeeren van de verschijnselen, die zich voordoen bij het destilleeren der cutbacks, valt het al dadelijk op, dat de destillaten over het algemeen geel tot zelfs roodbruin gekleurd zijn.

Waar komt nu deze kleuring vandaan?

Aangezien het onderzoek van de ontleding der zware koolwaterstoffen groote moeilijkheden met zich mede brengt door de gecompliceerdheid van de daarbij gevormde verbindingen, is de aangewezen weg, de herkomst der kleuring te bestudeeren bij een materiaal, waarvan de samenstelling ons volledig bekend is. Tenslotte kunnen dan de daarbij opgedane ervaringen op de voor ons van samenstelling onbekende cutbacks worden overgedragen.

Daartoe werd een „cutback", samengesteld uit 50 cc kroon-petroleum op 50 gram aardolie-asphalt van penetratie 40-50, aan een destillatie volgens het Asphalt Institute onderworpen. Hierbij bleek, dat het aanvankelijk kleurlooze destillaat successievelijk geler werd. Nadat de temperatuur daarbij tot ongeveer 300°C gestegen was, werd de geelkleuring bepaald intensief met een duidelijke groene fluorescentie. Bij de destillatie tot 390°C werden wisselende hoeveelheden van 98 tot zelfs meer dan 100% des-

2) Asfaltbitumen en Teer — Nellensteyn en Loman.

3) Dissertatie-Nellensteyn — Delft — 1923.

tillaat, berekend op de hoeveelheid toegevoegde flux, teruggekregen.

Hierin zien wij dus in eerste instantie het bewijs, dat de kleuring van het destillaat, afkomstig moet zijn van het daarbij gebezigde asphalt. Er gaat dus bij het destilleeren van een cutback onder normalen druk, behalve de flux, ook nog een deel van het asphalt zelf over. Dit is een onaangename omstandigheid, omdat hierdoor de eigenschappen van het residu onvergelijkbaar kunnen worden met die van het oorspronkelijke asphalt en met het eindproduct van het materiaal op den weg. Te dien aanzien hebben metingen uitgewezen, dat de hoogste temperatuur van den weg de 60°C niet overschrijdt. Op grond hiervan mogen wij derhalve dergelijke ingrijpende veranderingen bij het product op den weg dan ook niet verwachten.

Wij hebben reeds als algemeen verschijnsel opgemerkt, dat bij het toepassen van dergelijke werkwijzen op koolwaterstoffen in den regel de afbraakreacties op den voorgrond treden.

Terwijl wij uit het voorgaande hebben geconcludeerd, dat er bij de destillatie van cutbacks over het algemeen een splitsing van het asphalt zelf moet bestaan tot een vluchtig deel, dringt zich thans de vraag al dadelijk op, in hoeverre een herdestillatie van het verkregen destillaat ons een indruk zou kunnen geven over de samenstelling van de origineele flux. Het ligt voor de hand om aan te nemen, dat vooral wanneer als fluxmiddel middelzware en zware oliën gebezigd zouden zijn, het afbraak-proces zich ook hierop meer of minder zal doen gelden.

Daartoe werd het uit onze „cutback" verkregen destillaat opnieuw gedestilleerd. Over deze herdestillatie en de daarbij gebezigde apparatuur zal in het volgende hoofdstuk nog nader worden gesproken. De daarbij verkregen cijfers werden met die van de oorspronkelijke flux vergeleken (*fig.* 7).

Destill. oorspr. petroleum.		*Herdestill. destillaat.*	
167°C	eerste druppel	165°C	
1,5 vol%	tot 180°C	2,5 vol%	
15,5 „	„ 190 „	15,0 „	
23,5 „	„ 200 „	*32,0* „	
42,5 „	„ 210 „	*48,0* „	
58,0 „	„ 220 „	*62,0* „	
71,5 „	„ 230 „	71,0 „	
82,0 „	„ 240 „	79,5 „	(gelig)
90,0 „	„ 250 „	87,0 „	

Hierbij dient nog te worden opgemerkt, dat beide destillaties onder gelijke omstandigheden waren uitgevoerd. De snelheid bedroeg over het geheele traject in beide gevallen 50–60 druppels per minuut. De thermometer was daarbij in de damp-phase geplaatst.

Dezelfde petroleum, welke op bovengenoemde wijze twee malen achtereen werd gedestilleerd, gaf geen verschil in beloop der *d-t*-curve. Dit is dus een bevestiging van hetgeen wij in het voorgaande reeds hebben opgemerkt, dat crackings-verschijnselen over het algemeen pas boven 300°C merkbaar worden.

Uit deze proeven volgt echter als het meest belangrijke punt, dat bij de destillatie van cutbacks volgens de voorgedragen methoden, *beide componenten van het materiaal, — asphalt en flux —, aan „cracking" onderhevig kunnen zijn.*

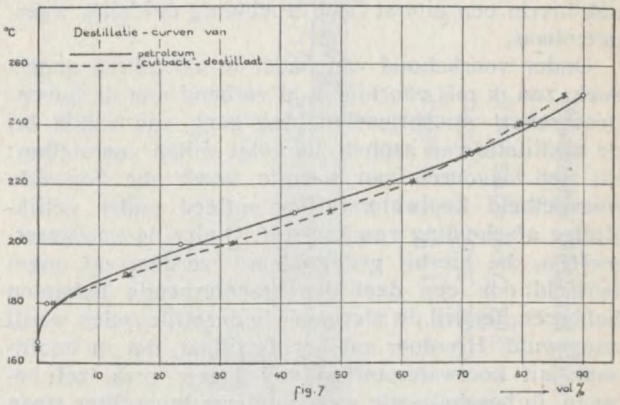


fig. 7

Geheel passend in het kader van het voorgestane onderzoek, ligt thans de bepaling van de temperatuur, waarbij enkele onzer Indische asphalten zich over het algemeen merkbaar (door destillaat-vorming) zullen beginnen te ontleden.

Daartoe werden twee asphalten van verschillende herkomst aan een destillatie onder normalen druk onderworpen.

Hierbij kwam vast te staan, dat verhitting tot op 390°C vloeistof-temperatuur, *geen destillaat* opleverde, behoudens een enkelen druppel kleurloos vocht, dat aan het in het product aanwezige water moet worden toegeschreven. De tijdsduur der verhitting bedroeg circa 40 minuten, d.i. de tijd, die voor de destillatie van een cutback benoodigd is.

Bij de destillatie volgens de „A.S.T.M." met den thermometer in de dampphase, trad daarentegen destillaat-vorming op bij ongeveer 250°C *damp*-temperatuur. Hieruit blijkt dus wel het groote verschil tusschen damp- en vloeistof-temperatuur bij asphalt. De destillatie-snelheid was aanvankelijk gering. Zij werd normaal, d.w.z. dat zij ruim 60 druppels per minuut bedroeg, toen er ongeveer 1 cc was overgegaan en de temperatuur daarbij tot 300°C gestegen was. Uit 100 gram asphalt werden tenslotte in beide gevallen circa 70 cc asphalt-olie verkregen.

Het vluchtige deel van het asphalt blijkt een groenfluoresceerende roodbruine olie te zijn, welke na eenige uren staan aan de lucht donkerder gekleurd wordt, vermoedelijk door afscheiding van koolstof. Wanneer de olie direct na de destillatie buiten luchttoetreding wordt bewaard, behoudt zij hare oorspronkelijke doorzichtigheid en kleur, een bewijs dus, dat de zwartkleuring moet worden toegeschreven aan de inwerking van lucht. Na enkele dagen staan vormt zich zelfs een aanslag tegen den kolfwand. Een microscopisch beeld van deze olie toont ons aaneengesloten „trosjes" van kleine, donker-gekleurde deeltjes. Wordt de donker-gekleurde olie met benzol of zwavelkoolstof bedeeld, dan blijkt het precipitaat daarin niet oplosbaar te zijn. Bij behandeling met normaal-benzine (60–80°) ontstaat een volumineus neerslag, dat den indruk wekt, alsof de hoeveelheid onoplosbaar deel door deze bewerking aanzienlijk vermeerderd is t.o.v. de in de onbehandelde olie aanwezige hoeveelheid. Daarentegen gaf het destillaat,

dat gedurende een 4-tal dagen buiten luchtinwerking was bewaard, *geen uitvlokking* met normaalbenzine, althans niet zoo spontaan, zooals dit bij het voorgaande het geval was. Den volgenden dag was echter ook hierin een uiterst fijne troebeling duidelijk waarneembaar.

Onder voorbehoud van nader te verrichten onderzoek, zou ik mij voorloopig in verband met de bovenbeschreven verschijnselen, den gang van zaken bij de destillatie van asphalt als volgt willen voorstellen: bij het toevoeren van warmte wordt een bepaalde hoeveelheid koolwaterstoffen ontleed onder gelijktijdige afscheiding van koolstof. Onder de koolwaterstoffen, die hierbij gedegradeerd worden, zal ongetwijfeld ook een deel der beschermende lichamen behooren, terwijl dit niet meer in dezelfde reden wordt aangevuld. Hierdoor zal het destillaat, dat in hoofdzaak uit koolwaterstoffen van lagere orde zal bestaan, in beschuttende werking verre ten achter staan bij het oorspronkelijke asphalt-medium. Heeft er nu door inwerking van de zuurstof der lucht een langzame oxydatie plaats onder afscheiding van koolstof, dan zal een gedeelte dezer koolstof colloïdaal in oplossing worden gehouden. De overmaat zal in het visqueuze medium vooreerst gesuspendeerd blijven, om na verloop van tijd zich daaruit af te zetten. Toevoeging van normaal-benzine heeft dan tengevolge, dat de aanvankelijk colloïdaal opgeloste koolstof mede wordt uitgevlokt. Het is natuurlijk ook mogelijk, dat alle beschermende lichamen reeds van den aanvang af vernietigd zijn, waardoor alle door oxydatie vrijgekomen koolstof in het visqueuze medium vooreerst gesuspendeerd blijft. Na verloop van tijd vereenigen deze fijn disperse koolstof-deeltjes zich tot grootere complexen. De z.g. vermeerdering van het neerslag door normaal-benzine zou dan slechts schijnbaar zijn, omdat door vermindering der viscositeit van het medium alle koolstof-deeltjes spontaan kunnen worden afgescheiden.

Indien wij nu nagaan, wat de bovenbeschreven proeven ons hebben geleerd, dan komen wij tot de slotsom, dat asphalt, hetwelk op zich zelf een vloeistoftemperatuur van practisch 400°C gedurende langer dan een half uur „verdragen" kan, zonder dat er een destillaat gevormd wordt, in combinatie met een flux, reeds bij temperaturen ver beneden de 400°C, meer of minder sterk gesplitst wordt. Hoe is hiervoor de verklaring?

Het antwoord hierop werd reeds gegeven in de in hoofdstuk 2 behandelde theorie der vloeibare oplossingen, zoodat het mij onnoodig lijkt, hier nader op terug te komen.

In dit verband valt het ook niet moeilijk in te zien, dat cutbacks, die met b.v. kerosine-fracties gefluxt zijn, destillaten zullen geven, welke meer asphalt-olie bevatten dan die, welke afkomstig zijn van met benzinen gefluxte materialen.

Uit alle voorgaande beschouwingen blijkt wel, dat er verschillende factoren zijn, die de identificatie van het fluxmiddel van een cutback door destillatie, bemoeilijken. Het is zelfs zeer waarschijnlijk, dat uit een chemisch standpunt bezien, voor bepaalde gevallen deze identificeering geheel onmogelijk zal blijken te zijn. In de eerste plaats is er de vrij hooge temperatuur gedurende de destillatie, waardoor de middelzware — en vooral de hoog-moleculaire koolwaterstoffen ontleed kunnen worden (cracking). Ten tweede heeft men, — voorloopig nog afgezien van bepaalde eigenschappen van het residu —, het medeovergaan van de asphalt-olie, waarvan de hoeveelheid in het destillaat niet op eenvoudige wijze is vast te stellen en die, wederom in bepaalde gevallen, door een herdestillatie niet volkomen van de ware flux is te scheiden. Tenslotte is er de mogelijkheid, dat bij de destillatie tot zelfs 390°C vloeistof-temperatuur, nog niet alle flux uit het residu verdreven is.

Resumeerend kan dus worden opgemerkt, dat door een herdestillatie van de cutback-destillaten wel in groote trekken is vast te stellen, waaruit de daarbij toegepaste flux is samengesteld, doch dat exacte gegevens daarmede niet zijn te bereiken en wel des te minder, naarmate het asphalt met zwaardere aardolie-fracties behandeld is geworden.

Tenslotte resteert nog wat cijfer-materiaal inzake de destillatie onzer beide asphalten.

Oorspronkelijke eigenschappen:

	Asphalt A	*Asphalt B*
smeltpunt B & R	51°C	51°C
ductiliteit 25°C	110+	110+
penetratie 25°C	44	51
verd. verlies (5 u; 163°)	1,1-1,3%	0,05-0,06%
penetratie na verd.	32	49
onopl. in N. B.	18,6%	5,6%
asch	0,2%	0,2%

Bij de destillatie van 100 gram dezer materialen, liep de damp-temperatuur op tot 380–390°C. Deze maximale temperatuur werd bereikt, nadat er circa 60 cc destillaat was overgegaan, waarna de temperatuur weder geleidelijk begon te dalen. De snelheid van verhitting werd tenslotte zoodanig geregeld, dat na 20–25 minuten de eerste druppel overging. De totale duur van de proef bedroeg 1 uur.

Destillatie-resultaten:

	Uit 100 gram:	
	Asphalt A	*Asphalt B*
gemidd. gew. destill.	66,1	63,5
„ residu	27,3	28,5
gas + verlies	6,6	8,0
cc destill.	70	72
s.g. destill.	0,94-0,96	0,87-0,89

	Uit 100 cc destillaat van:	
	Asphalt A	*Asphalt B*
eerste druppel	100°C	80°C
tot 170°C	3,5 vol%	9,5 vol%
„ 280 „	15,0 „	34,0 „

Het destillaat van Asphalt B verschilt dus in zijn samenstelling nog al belangrijk van dat van Asphalt A. Het bevat meer vluchtige bestanddeelen, terwijl het s.g. met dit feit ook in overeenstemming is. De reden hiervan zal ongetwijfeld gezocht moeten worden in het verschil in basis, waaruit beide asphalten bereid zijn.

(*Wordt vervolgd*).

2e JAARGANG
NUMMER 11

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH-INDIË

NOVEMBER
1935

VI. WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Waterbeheer en Waterschappen, door ir. P. L. E. Happé. — Over de stationnaire waterbeweging door grond met homogeen-anisotropische doorlaatbaarheid, door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh. — Varia.

Waterbeheer en Waterschappen[1])

door

ir. P. L. E. HAPPÉ,

hoofdingenieur bij den Provincialen Waterstaatsdienst van Midden-Java te Semarang.

Voordracht, gehouden voor den Kring Semarang van het Kon. Inst. van Ingenieurs op 17 September 1935.

Over het onderwerp, waarvoor ik Uw aandacht ga vragen, schreef ik omstreeks een jaar geleden reeds een artikel, dat ik op grond van zijn sociale strekking in het tijdschrift *Koloniale Studiën* publiceerde.

Aangezien echter ook irrigatiebelangen betrokken zullen zijn in de door mij gepropageerde verandering van het systeem van waterbeheer, was het mij aangenaam aan het verzoek van het bestuur van den Kring Semarang van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs gevolg te geven, om hedenavond dit onderwerp nogmaals voor onze vereeniging te behandelen.

Ik zal daarbij, speciaal omdat ik verwacht, dat wel bezwaren aangevoerd zullen worden tegen het voorgestelde systeem, meer in details afdalen, dan ik het in het gepubliceerde artikel deed en tevens ook de specifieke belangen van de suikercultuur, die in het stelsel ingepast moet worden, bespreken.

Daarna zal ik gaarne degenen onder U, die nadere inlichtingen wenschen, beantwoorden en trachten voor de eventueele bedenkingen een oplossing aan te geven, hopende dat aldus het vraagstuk, na zoo van verschillende zijden te zijn belicht, ons klaarder voor oogen zal staan.

In het begin van mijn diensttijd kwam bij de B. O. W. een verzoek binnen van den Resident van Bali, om technische hulp voor de inlandsche bevloeiing in zijn ressort. Ik had toen het voorrecht als ingenieur voor de irrigatie naar dat eiland gestuurd te worden.

Aangezien de rijstcultuur daar op een vrij hoogen trap stond, niet alleen technisch, maar ook wat betreft de organisatie van het beheer, kwam die gouvernementsbemoeienis met de irrigatie tenslotte enkel hierop neer, dat op verzoek van de belanghebbende sawahbezitters stuwdammen en soms ook andere werken werden uitgevoerd. De kosten van deze werken, welke na afbouw aan de bevolking in eigendom kwamen, werden door het Land voorgeschoten en moesten althans toentertijd, met naar ik meen *f* 4,— per bouw per jaar terugbetaald worden.

Alvorens ik een ontwerp indiende, moest dan ook een en ander eerst contractueel met de sawahbezitters vastgelegd worden.

Was een dam afgebouwd, dan had de gouvernementsirrigatiedienst er dus verder geen bemoeienis mede. Alleen wat betreft het onderhoud ervan werd nog hulp verleend.

Het geheele irrigatiepersoneel, in dien tijd tenminste, bestond dan ook slechts uit mijn persoon, een paar opnemers en teekenaars, een schrijver en verder eenige werkbazen voor de uitvoering der verschillende stuwdammen.

Hiermede was die irrigatiedienst wel tot zijn eenvoudigsten vorm teruggebracht, waarbij ik in het midden laat, of wij niet nog doeltreffender hulp hadden kunnen verleenen; n.l. niet door dure nieuwe werken volgens westersche eischen te bouwen, maar door de bestaande inlandsche werken te herstellen en te verbeteren op een degelijker manier dan waartoe de Balinees in staat is. Hiermede zouden we ons zeker zuiverder aan den bestaanden toestand hebben aangepast.

Hoe dan ook, de bemoeienis van Bestuur en Irrigatiedienst met het bevloeiïngswezen was zeer gering. Niettemin verliep alles, wat de rijstcultuur betrof, schitterend.

Ik moet daarbij opmerken, dat het zoo naar het Oosten gelegen Bali een geringeren regenval heeft dan Java, en dat men er per bouw sawah niet zooveel water uit de rivieren kan onttrekken als hier. Nochtans — en dat is des Pudels Kern — is de oogst daar gemiddeld precies 2 × zoo groot als hier.

1) Naar onze meening is de oplossing van de verschillende vraagstukken, welke zich in de practijk bij het waterbeheer voordoen, minder eenvoudig dan door ir. Happé wordt voorgesteld. Nochtans wordt, met het oog op het uit de gegeven beschouwingen blijkende streven naar vereenvoudiging, de toezending ter publicatie van dit verslag op veel prijs gesteld, in de verwachting, dat deze publicatie aanleiding zal geven tot vruchtdragende gedachtenwisseling tusschen terzake deskundigen over dit belangrijke, actueele onderwerp. Redactie.

Zelf maakte ik in Zuid-Bali proefsneden mede van meer dan 90 picols droge padi per bouw.

Met deze toestanden voor oogen heb ik me toen afgevraagd, of op Java, waar de omstandigheden in verscheidene opzichten zeker niet ongunstiger zijn, iets dergelijks niet bereikt zou kunnen worden.

Wij hebben hier een bevolking, die snel in zielental toeneemt en wier behoefte aan rijst jaarlijks stijgende is. Tot nog toe kon aan die grooter wordende behoefte tegemoet gekomen worden door uitbreiding van het bouwland en door irrigatie.

Aan verbetering door irrigatie is al zeker wel een 200 millioen uitgegeven. Maar een grootere rijstproductie verkrijgt men ook, wanneer men den oogst per bouw opvoert. Deze nu is op Java de laatste 50 jaren ongeveer even groot gebleven.

Kunnen we dus de bevolking inzake haar rijstcultuur op een hooger peil brengen, hetgeen zou resulteeren in een grooteren oogst per bouw, dan bereiken we met weinig kosten een effect, dat anders alleen maar verkregen zou kunnen worden door millioenen uit te geven aan ontginningen en nieuwe irrigatiewerken.

Zoo beschouwd is het onderwerp, dat ik heden hier behandel, er een van zeer groot sociaal belang, vooral wanneer men bedenkt, dat gronden voor nieuwe ontginningen vrijwel niet meer beschikbaar zijn en dat tenslotte ook irrigatie alléén geen uitkomst meer zal vermogen te brengen.

Wij *moeten* nu dus langzamerhand zien te komen tot betere cultuurmethoden en grootere opbrengsten per bouw. Zou het nu werkelijk zoo'n onmogelijkheid zijn daartoe te geraken?

Mijns inziens is inderdaad weinig verbetering te verwachten, zoolang men deze enkel zoekt in ruime bevloeiïng, wetenschappelijke grondbewerking, bemesting enz. Want aan de gunstige werking van deze factoren is, in verband met de groote kosten, spoedig een grens gesteld.

Er is echter nog een andere zeer voorname, maar vaak miskende factor, welke op de rijstcultuur invloed heeft, en dat zijn de persoonlijke eigenschappen van den tani. Weet men bij dezen initiatief, verantwoordelijkheidsgevoel en gemeenschapszin te prikkelen, waardoor hij inzake zijn padicultuur meer op eigen krachten zal kunnen steunen, dan zal hij de resultaten van eigen arbeid meer waardeeren en zich zelfstandiger en vrijer gaan voelen, ook tegenover zijn dorpshoofden. Ongetwijfeld zal zoo'n verbetering van het persoonlijk element tot verbetering van de cultuur leiden.

Heeft niet reeds 2 eeuwen geleden die groote Fransche schrijver de Montesquieu erop gewezen, „dat de opbrengst van den grond, meer nog dan van zijn vruchtbaarheid, afhankelijk is van de vrijheid zijner bewoners"?

Typisch worden deze woorden bewaarheid op Bali, in een landstreek, waar evenmin als op Java bemesting wordt toegepast en waar de bevloeiïngsomstandigheden zeker niet beter zijn. Hier toch heeft die vrijheid en zelfstandigheid geleid tot een gemiddelden oogst van ruim 40 picol droge padi per bouw.

Die ontplooiïng van persoonlijke eigenschappen heeft op Bali eerst recht goed kunnen plaats hebben door de instelling van bevloeiïngscorporaties. Tengevolge van dit samengaan in nauw verband, wordt immers het zelfstandigheidsgevoel ten zeerste geschraagd. Mede hierdoor heeft zich in de rijstcultuur een ontwikkeling kunnen voltrekken, analoog aan die, welke men ook andere instellingen ziet maken, welke niet meer onmondig worden gehouden.

Hoe heeft zich b.v. Semarang niet ontplooid, nadat het tot een zelfstandige gemeente was verheven.

Ontwikkeling van de betere cultuureigenschappen van den tani zal dan ook hier op Java slechts kunnen geschieden door aansluiting in nauwer verband. Aan de mogelijkheid van zoo'n nauwe aaneensluiting heb ik wel eens hooren twijfelen, waarbij mij dan gewezen werd op het verschil in geaardheid tusschen Baliër en Javaan.

Ik zou degenen, die zoo oordeelen, er dan echter op willen wijzen, dat zoo'n verschil meer schijn dan werkelijkheid is. Beide volken immers zijn loten van eenzelfden oosterschen stam, die zich wel is waar langs verschillende lijnen ontwikkeld hebben, maar bij wie dezelfde innerlijke waarden aanwezig zijn. Trouwens, er zijn vele aanwijzingen, waaruit afgeleid kan worden, dat vroeger hier op Java cultuurtoestanden hebben geheerscht, overeenkomende met die op Bali; aanwijzingen dus, dat de Javaan al op dien — niet mogelijk geachten — hoogeren trap heeft gestaan. In de eerste plaats dan op technisch gebied. Op Bali namelijk heeft zich een bewonderenswaardige primitieve bevloeiïngstechniek ontwikkeld. Bijna alle aftappingen geschieden daar door middel van dalafsluitingen, waarbij men aarden dammen opspoelt tot 40 meter hoogte toe; dat zijn dus dammen van de grootte van dam Gembong. Daarnaast komen lange tunnels voor, ter voortgeleiding van het water. Deze bouwt men door om de ± 100 meters schachten in den grond te graven en vanuit den bodem dier schachten de tunnels te graven.

Resten nu van dergelijke aarden dammen en tunnels met schachten treft men nog op Java aan, o.a. in de residentie Pasoeroean en op het Diëngplateau.

Wat verder die aanwijzingen op administratief gebied betreft, zoo kan men in het „eindresumé van het onderzoek naar de rechten van den Inlander op den grond" o.a. vermeld vinden, dat het op Java op vele plaatsen — o.a. in Pekalongan — gebruikelijk is om aan complexen, die uit eenzelfde leiding water ontvangen, ook al behooren die gronden tot verschillende dessa's vaste namen te geven.

Zulks zou erop wijzen, dat zoo'n complex vroeger als een éénheid werd beschouwd; een eenheid, welke dan op Bali tot een soebak is uitgegroeid.

Verder kan men in genoemd eindresumé vinden, dat in een dessa in Pasoeroean (dus juist daar waar die damresten voorkomen) gewag wordt gemaakt van bewijzen, pipil geheeten, welke het dessahoofd uitreikt en waarop de uitgestrektheid van den grond en den naam van den bezitter staan vermeld.

Dergelijke bewijzen, daar ook pipil geheeten, worden op Bali nog steeds aan de ingelanden van een bevloeiïngskring verstrekt.

Tenslotte moge ik vermelden, dat op Bali een waterbelasting — soewini — voorkwam, een instelling, die in hooge mate heeft bijgedragen tot de ontwik-

keling van het waterschapswezen. Deze soewini werd per bevloeiïngseenheid geheven en opgebracht aan den eigenaar der bevloeiïngswerken — meestal dus den vorst.

Een dergelijke waterbelasting nu moet ook op Java bekend zijn geweest. Althans in bijlage *O* van meergenoemd eindresumé vindt men vermeld, dat in Bagelen in den Javaanschen tijd een belasting voorkwam, genaamd „toembas tojo", d.i. een belasting voor het gebruik van het water.

Deze belasting werd uitbetaald aan de prijajies, die de dessa — en daarmede het water — in ambtelijk bezit hadden. Ook voor de verdeeling van het water betaalde men toen reeds aan den daarmede belasten persoon een retributie, genaamd „pamili tojo".

Uit hetgeen ik zoo juist heb medegedeeld, moge U blijken, dat de rijstcultuur in vroegeren tijd in vele plaatsen op Java op zeer veel hooger peil moet hebben gestaan dan thans. Aan de mogelijkheid om die cultuur uit zijn ingezonken toestand weer te doen opleven, behoeft m.i. derhalve niet getwijfeld te worden.

Het zal er alleen maar om gaan, de desbetreffende waarden, die bij den tani dus wel aanwezig zijn, maar welke sluimeren, weer te wekken.

Daartoe zal men hem in de eerste plaats de zelfstandigheid moeten hergeven, welke hij vroeger blijkbaar in meerdere mate bezeten heeft en dus moeten afstappen van het zoover doorgevoerde baboe-systeem bij de waterverdeeling en het waterbeheer. Dit systeem van „onmondig houden" maakt hem onverschillig, lijdelijk en onbekwaam en moet dus zoo spoedig mogelijk verdwijnen.

Vanzelf komt men dan verder tot de noodwendigheid, watergemeenschappen te vormen. Alleen in corporatief verband immers zal die zelfstandigheid van den tani tot haar recht komen en zullen ook de overige benoodigde eigenschappen zich bij hem kunnen ontwikkelen.

De vraag, hoe de grenzen van die gemeenschappen zullen moeten worden getrokken en welke grootte ze zullen moeten hebben, moet ik thans nog onbeantwoord laten, aangezien immers veel zal afhangen van plaatselijke omstandigheden en verhoudingen.

Vanzelfsprekend zullen de Balische toestanden niet gecopieerd kunnen worden, al ware het alleen al maar, omdat de dessagemeenschappen daar lang niet een zoo sectarischen geest bezitten en de tani daar veel vrijer tegenover zijn dorpshoofden staat dan hier op Java.

Bovendien heeft men het verschil in godsdienst. Toch moet men den godsdienst, hoewel ze in de Balische soebaks een prominente plaats inneemt, niet als een beletsel beschouwen tot het vormen van watergemeenschappen. Immers ook op Bali komen soebaks voor, waarvan de ingelanden nagenoeg uitsluitend uit Mohammedanen bestaan. Ook heeft men soebaks, die voor ongeveer de helft uit Mohammedanen en voor de helft uit Hindoe's bestaan. Tenslotte treft men onder de leden van een soebak ook wel Chineesche en Arabische sawahbezitters aan.

Uit dit alles moge blijken, dat een waterkring in haar organisatie soepel genoeg kan zijn. Evenwel is een Inlandsch waterschapswezen ook een zeer subtiele instelling.

In een artikel dat ik lang geleden in *De Indische Gids* publiceerde, wees ik er reeds op, hoe op Bali zelf verwording van het soebakwezen merkbaar was in die streken, waar men van gouvernementswege schijnbaar onbeteekenende wijzigingen in haar organisatie had aangebracht.

Bij nauwkeuriger bestudeering bleken die onbeduidendheden echter diep in het waterschapswezen in te grijpen.

Bij de invoering van watergemeenschappen op Java verwachte men dus niet dadelijk een goed resultaat. Aan die invoering zullen proeven moeten voorafgaan en die proeven zullen geleid moeten worden door kenners van land en volk, door personen, die geheel op de hoogte zijn van de sociale en psychische structuur van de Inlandsche maatschappij. Deze proeven zullen derhalve in de allereerste plaats een zaak zijn van het Binnenlandsch Bestuur, bij welken dienst trouwens, volgens een Staatsblad, de behartiging berust der landbouwbelangen van de Inlandsche bevolking uit algemeen economisch oogpunt.

Verder zal het noodzakelijk zijn, dat de leiders dier proeven daar niet sceptisch tegenover staan, maar dat bij hen juist een wil tot slagen bestaat. Men late zich bij eventueelen tegenslag in het begin niet direct ontmoedigen, maar spore geduldig de oorzaken van dien tegenslag op.

Schijnbare nietigheden immers — dit bleek reeds op Bali — kunnen de kiem der verwording en mislukking in zich dragen.

Men geve zijn pogingen derhalve niet te spoedig op. Tegenover al de gemaakte moeite staat immers, dat succes een voordeel beteekent, dat niet in de millioenen is te becijferen.

Voor de te vormen kringen zal de bevloeiïngskwestie de voornaamste factor zijn. De natuurlijkste toestand voor zoo'n onafhankelijke gemeenschap zou zijn, dat ze over een eigen prise d'eau in een rivier beschikte. Met een door hen zelf op te maken cultuurplan dienen de ingelanden zich dan aan het aftapbare debiet aan te passen.

Deze gang van zaken is voor een klein overzichtelijk gebied, waarin alle ingelanden elkander kennen, volkomen natuurlijk en mogelijk; hulp van de zijde van het Gouvernement is daarbij — behalve in het begin — zelfs niet eens gewenscht.

De belanghebbenden zelf immers, van hun jeugd af vertrouwd met hun land en hun bedrijf, zullen beter dan de ambtenaren kunnen beoordeelen, wat er gedaan kan worden.

Wat de verdeeling van het water in den kring betreft, deze zal in vaste verhoudingen moeten geschieden, zóódanig dat ieder ingeland, al naar gelang van de grootte en aard van zijn grondbezit het geheele jaar door een vast aandeel van het afgetapte debiet ontvangt. Alleen op deze wijze zal de tani zijn wateraandeel als zijn onvervreemdbaar rechtmatig bezit gaan beschouwen. Dit gevoel zal er in hooge mate toe bijdragen, dat willekeurige handelingen van dessagrooten inzake waterverdeeling tot het verleden zullen gaan behooren.

Het verdeelen van het water in vaste verhoudingen sluit echter natuurlijk de mogelijkheid niet uit, dat iemand, in onderlinge overeenstemming met zijn buurlieden, een beurtregeling zou kunnen instellen.

Bij ieder verdeel- en aftappunt in de kringleiding en ook in de sawahleidingen, zullen derhalve overlaat-verdeelwerkjes aangebracht moeten worden. Deze werkjes kunnen bestaan uit een eenvoudig blokje rond hout, waarin de kruinen voor de overlaten zijn uitgekeept.

Met dit uiterst eenvoudige en billijke systeem vervalt alle arbeid voor de waterverstrekking, ja is zelfs contrôle daarop niet eens meer noodig, aangezien de landbouwers bij dit systeem elkander onderling kunnen controleeren.

Heeft men nu een groot bevloeiïngsgebied, waarin meerdere watergemeenschappen voorkomen, dan is het logisch en tevens het allereenvoudigste om ook tusschen die gemeenschappen het water in een vaste verhouding te verdeelen. Zoo noodig kunnen die gemeenschappen in tijden van groote waterschaarschte dan onderling een beurtregeling treffen.

Ook de verdeelwerken tusschen de gemeenschappen zullen dan tot een eenvoudiger vorm teruggebracht kunnen worden. Het zullen gewone goedkoope overlaten of meetschotten kunnen zijn zonder schuiven. Zoo'n waterverdeeling, die voor de eenvoudigste tani begrijpelijk en controleerbaar is, bevredigt zijn rechtsgevoel en heeft het voordeel dat er practisch geen arbeid aan noodig is, zoodat dan daarmede een van de voornaamste tijd-, arbeid- en personeelroovende zorgen van den Irrigatiedienst zou kunnen verdwijnen. Tevens zal de tani, de geheele waterverdeeling zuiver overziende, het belang beseffen van een goed onderhoud van alle leidingen en verdeelwerken, waarlangs zijn aandeel water wordt aangevoerd.

Met het voorgaande heb ik in groote lijnen een toestand geschetst, zooals ik mij die als een mogelijke voorstel in een zuiver Inlandsch landbouwgebied op Java. Ze bezit de aantrekkelijkheid, dat de overheid daardoor van een groot deel van haar zorgen voor het waterbeheer ontlast zal kunnen worden. Maar ver uitgaande boven dit voordeel lijkt me dat van de te verwachten betere producties. Nogmaals, bij de snelle toeneming van Java's bevolking, welke neerkomt op een jaarlijksche consumptie-stijging van juist rond 1½ millioen picol padi, moeten we, willen we niet plotseling vast loopen, naar middelen omzien om de opbrengsten per bouw te vergrooten.

De vraag moge nu gesteld worden, hoe of in het aangegeven systeem de suikercultuur ingepast kan worden.

Om deze vraag te beantwoorden, moet ik eerst eenige stellingen voorop plaatsen.

1e) De suikercultuur mag door de toestandsverandering in geen enkel opzicht benadeeld worden.

2e) De watergemeenschappen mogen door de suikercultuur niet in haar ontwikkeling belemmerd of geschaad worden.

3e) Aan de overheid mogen geen bijzondere zorgen voor het waterbeheer worden gesteld; immers zou anders het voordeel, dat met het nieuwe systeem ten aanzien van het waterbeheer wordt beoogd, gedeeltelijk illusoir zijn.

Aan de 2 laatste dezer eischen zal nu volledig voldaan kunnen worden, indien men de suikerindustrie veroorlooft, waterkringen in hun geheel in te huren en haar gedurende de cultuur de volledige beschikking geeft over een vastgesteld aandeel water.

Immers, door het inhuren van een kring in zijn geheel wordt de suiker als het ware de eenige ingeland van den kring. Belangen-conflicten tusschen bevolking en suiker zullen daarmede geheel geëlimineerd zijn.

Ontvangt de suiker daarbij een vast aandeel water — natuurlijk niet minder dan de hoeveelheid, die ze tot nog toe kreeg — dan kan ze dit verdeelen zooals ze zelf verkiest.

Overheidsbemoeienis daarbij is volmaakt overbodig. Ze behoeft dus geen aanvragen om water meer in te dienen en geen opgaven meer te verstrekken omtrent uitgestrektheid van bibittuinen, plantriet, maalriet enz. Kortom, ze wordt baas in eigen huis.

Voegen we hier nog aan toe, dat de beplante oppervlakken groote aaneengesloten arealen zullen vormen, waardoor een belangrijke bezuiniging zal worden bereikt met riettransport, toezicht en administratie, dan meen ik, dat ook aan den eersten eisch, n.l. dat de toestandsverandering voor de suiker geen nadeelige gevolgen mag hebben, zal zijn voldaan.

De hierboven geschetste staat van zaken zal alzoo voor alle partijen n.l. tani, overheid en suiker, evidente voordeelen met zich medebrengen. Natuurlijk zullen zich ook bezwaren voordoen. Enkele dezer, m.i. wel de voornaamste, zal ik thans naar voren brengen en bespreken.

In de eerste plaats is daar de grondhuurordonnantie van 1918, welke zich ertegen verzet, wanneer gedurende den westmoesson meer dan 1/3 van het gebied van een dessa aan den landbouw van de Inlandsche bevolking wordt onttrokken en daarvan benadeeling van hare belangen wordt geducht.

Deze laatste restrictie maakt het mogelijk — en heeft het inderdaad vaak genoeg mogelijk gemaakt — dat meer dan 1/3 van een dessagebied wordt ingehuurd. Toch zal men, wanneer men een geheelen kring, waarin mogelijk alle gronden eener dessa gelegen zijn, ging inhuren, in het algemeen wel met die grondhuurordonnantie in conflict komen.

Wijziging van het bewuste artikel van de grondhuurordonnantie zou dus noodzakelijk zijn. Is dit nu mogelijk? Om dit te kunnen beoordeelen dienen wij de overwegingen na te gaan, welke tot het ontstaan van dit artikel hebben geleid.

Een bepaling van ongeveer gelijke strekking kwam reeds voor in de oude ordonnantie van 1895, van waaruit ze dus in 1918 is overgenomen. In het kort geleden uitgegeven werk „Agrarische regelingen" van Mrs. Maassen en Hens, vindt men nu, dat betreffende die oude bepaling van 1895 de overwegingen van de regeering de volgende waren:

1e) ze werd een waarborg geacht tegen tekort aan voedingsgewassen in de dessa;

2e) van meer waarde nog werd ze beschouwd als correctief tegen minder wenschelijke gevolgen, welke men van meerjarige verhuringen duchtte;

3e) bovenal echter werd ze noodig geacht om te voorkomen, dat in een dessa zooveel riet wordt geplant, dat voor rijstbouw onvoldoende water beschikbaar is.

Met deze laatste overweging is men er geheel naast geweest, aangezien door meer rietplanten in den westmoesson, juist meer water voor den rijstbouw beschikbaar komt. In de nieuwe ordonnantie van 1918 wordt over irrigatiebelangen dan ook niet gerept.

Wat verder de eerste overweging betreft, n.l. de waarborg tegen plaatselijk voedsel tekort, ook deze kan — volgens bovenaangehaald werk — thans, nu de communicatiemiddelen zooveel verbeterd zijn, niet meer gelden.

Alzoo rest slechts dat die geheele bepaling er is, enkel om ervoor te waken, dat de bevolking van een dessa van hare gronden vervreemdt door te veelvuldigen of langdurigen afstand van hare bouwvelden.

Dit vervreemdingsbezwaar geldt alzoo alleen bij langdurige of veelvuldige inhuringen. Huurt men dus op niet te lange termijnen in of huurt men dezelfde gronden niet te veelvuldig in, dan kunnen er, naar het voorkomt, geen bezwaren bestaan om desnoods alle gronden van een dessa in te huren.

Zonder aan den geest der ordonnantie te kort te doen, zou het dus aan particuliere ondernemers mogelijk gemaakt kunnen worden, geheele kringen in te huren, indien slechts waarborgen in het leven worden geroepen, dat groote complexen niet langdurig worden ingehuurd en dat bij de inhuringen de kringen regelmatig rouleeren.

Het is hier niet de plaats dit vraagstuk verder in detail uit te werken. Ik hoop slechts aangetoond te hebben, dat voor het bezwaar van die grondhuurbepaling wel een oplossing gevonden zal kunnen worden.

Een tweede bezwaar betreft het feit, dat er in een kring altijd wel gronden zullen voorkomen, die niet voor de suikercultuur geschikt worden geacht of die de bevolking niet wil verhuren.

De oppervlakten dezer gronden zullen in het algemeen niet groot zijn; gemiddeld zullen ze wel niet meer dan een 10 à 25% bedragen van het ingehuurde oppervlak. Doch hoe klein ook, hebben ze een andere waterbehoefte dan het riet. Zou dientengevolge de eenvoudige waterverdeeling toch nog in het gedrang worden gebracht?

Alvorens dit punt nader te beschouwen moeten we nagaan, hoe in het algemeen de waterverdeeling zal dienen te geschieden tusschen de suikerkringen en de bevolkingskringen.

Suikerriet heeft alleen gedurende den eersten oostmoesson bevloeiïngswater noodig en wel naar men algemeen als norm aanneemt 1½ × zooveel als polowidjo.

Gedurende den westmoesson is bijna geen water noodig, behalve voor eventueele bibittuinen. De suikerkring kan dan een groot gedeelte van haar aandeel water, zeg 4/5 gedeelte, afstaan aan de bevolkingskringen, daarmede deze kringen een groot voordeel bezorgende.

Ook in den 2en oostmoesson heeft het riet bijna geen water noodig. Opdat ze haar afgeoogste velden eventueel met 2e gewassen kan laten beplanten, zal ze echter per bouw moeten kunnen beschikken over het halve aandeel, dat de bevolkingskringen per bouw ontvangen.

In een streek, waar de suikercultuur intensief wordt gedreven met 3-jarigen wisselbouw, zullen we dus in een bevloeiïngsgebied, dat we ons eenvoudigheidshalve voorstellen te bestaan uit 3 kringen, dezen toestand hebben, dat gedurende den westmoesson steeds 2 kringen beplant zullen zijn met padi en 1 met suikerriet en dat gedurende den oostmoesson steeds 1 kring in bewerking zal zijn bij de bevolking en 2 kringen bij de suiker.

Van die 2 laatste kringen ontvangt dan de jongste 1½ × de hoeveelheid, die voor polowidjo noodig is, en de oudste kring ½ × die hoeveelheid.

Tezamen geeft dit bij onderling ongeveer gelijk oppervlak der kringen juist eenmaal de waterbehoefte van polowidjo. Derhalve zal de bevolkingskring precies haar rechtmatig aandeel water blijven behouden.

Voor den bevolkingskring zal de suikercultuur in de oostmoessonmaanden dus absoluut geen verandering te weeg brengen in de grootte van het aan dien kring komende wateraandeel.

In den westmoesson daarentegen zullen de bevolkingskringen enkel voordeel van die rietcultuur hebben, omdat deze van het haar rechtmatig toekomende kringaandeel 4/5 deel kan afstaan.

Iedere bevolkingskring zal daardoor 40% water meer ontvangen, dan wanneer er geen suikercultuur werd gedreven.

Bij deze eenvoudige en voor de bevolking toch zeker uiterst billijke waterverdeeling behoeft dus slechts 2 × per jaar, n.l. ongeveer half Mei en half October, een verandering in de verhouding der waterverdeeling aangebracht te worden.

Bestaan de verdeelwerken uit overlaten, dan kan die verhouding veranderd worden door enkel de lengten der overlaten volgens een bepaalden regel in te korten. Eenvoudiger kan het niet.

Komen nu in een suikerkring bevolkingsgronden voor, dan kan die eenvoudige waterverdeeling geheel behouden blijven, wanneer men aan die — in het algemeen kleine — oppervlakken, de navolgende waterbehoefte toemeet: n.l. in den oostmoesson gelijk die van riet en in den westmoesson gelijk die van padi.

Stel dat zoo'n stuk bevolkingsgrond 20% uitmaakt van het kringoppervlak.

Dan zal de suikerkring in den westmoesson niet meer 4/5 van haar wateraandeel kunnen afstaan, maar nu slechts 3/5, waardoor echter de bevolkingskringen toch nog ieder 30% meer water zullen ontvangen dan hun rechtmatig toekomt.

We krijgen dus dezen toestand, dat de in de suikerkringen gelegen bevolkingsgronden in den westmoesson hun rechtmatig aandeel water ontvangen, maar in den oostmoesson meer dan dat aandeel, terwijl juist omgekeerd de bevolkingskringen in den oostmoesson hun rechtmatig aandeel ontvangen en in den westmoesson méér dan dat aandeel.

Overal en ten allen tijde zal derhalve bij deze waterverdeeling, die berust op het eenvoudige principe van vaste wateraandeelen, de suikercultuur inzake bevloeiïng voordeel aan de bevolking brengen.

Met het bovenstaande heb ik getracht U een overzicht te geven van het nieuwe waterbeheerstelsel, waarbij U moge opgevallen zijn, dat daarbij de oplossing van vraagstukken steeds in het eenvoudige is gezocht. Inderdaad meen ik, dat in zoo'n primitief

land als Java, dit eenvoudige, dat zich harmonisch aanpast aan den stand van de ontwikkeling en de psyche der bevolking, het eenige juiste is.

Immers alleen dan pas, wanneer we met voor den tani volkomen begrijpelijke factoren werken, zal er kans bestaan dat een Inlandsch waterschapswezen, waarvan ik zoovele voordeelen verwacht, wortel zal schieten in de Javaansche maatschappij.

Een waterschapswezen, dat zoo goed zal passen in ons tegenwoordig koloniaal beleid, hetwelk tot grondslag heeft:

„Streven naar stabielen vooruitgang door opvoeding tot verantwoordelijkheid en het verleenen van verantwoordelijkheid door bevordering van vrije instellingen".

Over de stationnaire waterbeweging door grond met homogeen-anisotropische doorlaatbaarheid

door

prof. ir. C. G. J. VREEDENBURGH.

De uiteinden der snelheidsvectoren voor een stijghoogte-gradiënt = 1 zijn gelegen op de snelheidsellipsoïde. De richtingsellipsoïde geeft de stroomrichting ten opzichte van de vlakken van gelijke stijghoogte en bovendien den doorlaatcoëfficiënt in een willekeurige richting. Het stroombeeld kan door een lineaire transformatie worden omgezet in een potentiaalstrooming door grond met homogeen-isotropische doorlaatbaarheid. De doorlaatcoëfficiënt kan hierbij zoodanig worden gekozen, dat door overeenkomstige stroombuizen dezelfde waterhoeveelheden worden afgevoerd.

Beschouwt men een bepaald punt van een gegeven grondmassa, dan kan de waterdoorlaatbaarheid van den grond in alle richtingen dezelfde zijn. De doorlaatbaarheid is dan in dat punt *isotroop*. Is in *alle* punten der grondmassa de doorlaatbaarheid isotroop, terwijl bovendien de doorlaatcoëfficiënt k dezelfde is, dan is de grond *homogeen-isotroop*. In dit geval geldt bij een stationnaire strooming, dat voor een *willekeurig* rechthoekig assenstelsel $OXYZ$, de componenten der watersnelheid in een bepaald punt zijn:

$$\left.\begin{aligned} v_x &= k \cdot \frac{\delta h}{\delta x} \\ v_y &= k \cdot \frac{\delta h}{\delta y} \\ v_z &= k \cdot \frac{\delta h}{\delta z} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wanneer h de zgn. *stijghoogte* is van het grondwater in dat punt. Hieronder verstaat men de hoogte tot waar het water stijgt, gemeten in cm's ten opzichte van een willekeurig vast horizontaal vergelijkingsvlak, in een piëzometrisch buisje, dat met zijn open ondereinde in het beschouwde punt wordt geplaatst.

Is in een punt der grondmassa de waterdoorlaatbaarheid in alle richtingen niet dezelfde, dan is de doorlaatbaarheid daar *anisotroop*. Wanneer deze anisotropie in *alle* punten der grondmassa van *denzelfden aard* is, zoo is de grond *homogeen-anisotroop*. In het volgende wordt steeds homogene anisotropie verondersteld, terwijl alleen stationnaire stroomingen in beschouwing zullen worden genomen.

Zooals Versluys heeft bewezen (lit. 1) *), kan men anisotropischen grond steeds vervangen denken door een aequivalente poreuze massa met drie onderling rechthoekige stelsels poriënkanalen, welke fictieve massa in elke richting dezelfde doorstrooming geeft, indien de omstandigheden, wat betreft het verloop der stijghoogten in het stroomingsveld, dezelfde blijven.

*) Zie literatuurlijst achterin.

De richtingen dezer drie stelsels poriënkanalen noemt men de *hoofdstroomrichtingen* der grondmassa.

Zijn de doorlaatcoëfficiënten in de drie hoofdrichtingen resp. k_1, k_2 en k_3 ($k_1 > k_2 > k_3$) dan zijn de componenten der watersnelheid in een bepaald punt, volgens de assen van een vast rechthoekig assenstelsel $OXYZ$ waarbij OX, OY en OZ resp. evenwijdig loopen aan de richtingen van k_1, k_2 en k_3:

$$\left.\begin{aligned} v_x &= k_1 \cdot \frac{\delta h}{\delta x} \\ v_y &= k_2 \cdot \frac{\delta h}{\delta y} \\ v_z &= k_3 \cdot \frac{\delta h}{\delta z} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Het spreekt van zelf dat bij homogeen-anisotropischen grond, de hoofdstroomrichtingen en de hoofddoorlaatcoëfficiënten in alle punten dezelfde zijn.

Men beschouwe een bepaald punt P in den homogeen-anisotropischen grond met daar doorheen een vlak van gelijke stijghoogte h (h-vlak) en verder ook de stroomlijn door P. De assen van het rechthoekig coördinatenstelsel $OXYZ$ zijn volgens de hoofdstroomrichtingen georiënteerd. De normaal van het h-vlak in P make de hoeken a, b en c met OX, OY en OZ. Tenslotte beschouwe men nog een naburig vlak van gelijke stijghoogte $h + dh$, op een afstand dn van het eerste h-vlak gelegen, gemeten volgens evengenoemde normaal. Het maximale stijghoogteverval (de gradiënt) is dus:

$$p_n = \frac{dh}{dn} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

terwijl de stijghoogtevervallen in de hoofdstroomrichtingen blijkbaar zijn:

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= p_n \cdot \cos a \\ p_2 &= p_n \cdot \cos b \\ p_3 &= p_n \cdot \cos c \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Alzoo zijn de componenten der watersnelheid in P volgens (2)

$$\left.\begin{aligned} v_x &= k_1 \cdot p_n \cdot \cos a \\ v_y &= k_2 \cdot p_n \cdot \cos b \\ v_z &= k_3 \cdot p_n \cdot \cos c \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

en is de resulteerende snelheid:

$$v = p_n \cdot \sqrt{k_1^2 \cdot \cos^2 a + k_2^2 \cdot \cos^2 b + k_3^2 \cdot \cos^2 c} \quad (6)$$

Zet men de componenten der watersnelheid, voor een gradiënt van het stijghoogteverval $= 1$ ($p_n = 1$), in $OXYZ$ als coördinaten uit, dan wordt hierdoor een punt bepaald, waarvan de meetkundige plaats bij variatie van den stand van het h-vlak zeer eenvoudig is te bepalen. Bedenkt men n.l. dat:

$$\cos^2 a + \cos^2 b + \cos^2 c = 1$$

zoo volgt uit (5) met $p_n = 1$, dat deze meetkundige plaats een ellipsoïde is van de volgende vergelijking:

$$\frac{x^2}{k_1^2} + \frac{y^2}{k_2^2} + \frac{z^2}{k_3^2} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

De voerstraal van uit het middelpunt dezer *snelheidsellipsoïde* naar een bepaald punt van haar oppervlak getrokken, geeft dus de grootte der snelheid voor $p_n = 1$, indien de stroomlijn van het grondwater langs dezen voerstraal valt.

De hoeken α, β en γ, die de stroomrichting in P met de hoofdrichtingen (coördinaatassen) maakt, worden in verband met (5) en (6) bepaald door de volgende betrekkingen:

$$\left.\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{k_1 \cdot p_n \cdot \cos a}{v} \\ \cos \beta &= \frac{k_2 \cdot p_n \cdot \cos b}{v} \\ \cos \gamma &= \frac{k_3 \cdot p_n \cdot \cos c}{v} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Thans moge de volgende ellipsoïde worden beschouwd:

$$\frac{x^2}{k_1} + \frac{y^2}{k_2} + \frac{z^2}{k_3} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

die blijkbaar gelijk georiënteerd is met de snelheidsellipsoïde, doch waarvan de halve assen zijn: $\sqrt{k_1}$, $\sqrt{k_2}$ en $\sqrt{k_3}$. In deze ellipsoïde bepale men het *middelvlak*, dat *toegevoegd* is aan de stroomrichting: α, β, γ.

Zooals bekend is, is de vergelijking van dit vlak:

$$\frac{x \cdot \cos \alpha}{k_1} + \frac{y \cdot \cos \beta}{k_2} + \frac{z \cdot \cos \gamma}{k_3} = 0 \quad \ldots \quad (10)$$

Substitueert men in deze vergelijking voor $\cos \alpha$, $\cos \beta$ en $\cos \gamma$, de waarden volgens (8) zoo krijgt men het vlak:

$$x \cdot \cos a + y \cdot \cos b + z \cdot \cos c = 0 \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

dat zooals men dadelijk ziet, evenwijdig loopt aan het raakvlak aan het h-vlak in P.

In P zijn dus het raakvlak aan het h-vlak en de stroomrichting van het water, aan elkaar toegevoegd in de ellipsoïde (9). Deze ellipsoïde met behulp waarvan bij een gegeven h-vlak de stroomrichting kan worden bepaald, noeme men daarom de *richtingsellipsoïde*.

Duidelijk ziet men, dat in een bepaald punt van het stroomingsveld in anisotropischen grond, stroomlijn en h-vlak alleen loodrecht op elkaar kunnen staan, indien de stroomrichting met een hoofdrichting samenvalt.

In alle andere gevallen zullen stroomlijnen en h-vlakken elkaar onder een *zekeren hoek* snijden.

Men bepale nu eens den doorlaatcoëfficiënt in de richting van de stroomlijn door P.

Is δ de hoek tusschen de normaal van het h-vlak door P en de stroomrichting, dan is het stijghoogteverval *langs de stroomlijn:*

$$\begin{aligned} p_{\alpha\beta\gamma} &= p_n \cdot \cos \delta \\ &= p_n \cdot (\cos a \cdot \cos \alpha + \cos b \cdot \cos \beta + \\ &\quad + \cos c \cdot \cos \gamma) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12) \end{aligned}$$

Uit (8) vindt men:

$$\left.\begin{aligned} \cos a &= \frac{v}{k_1 \cdot p_n} \cdot \cos \alpha \\ \cos b &= \frac{v}{k_2 \cdot p_n} \cdot \cos \beta \\ \cos c &= \frac{v}{k_3 \cdot p_n} \cdot \cos \gamma \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Deze waarden in (12) gesubstitueerd geven:

$$p_{\alpha\beta\gamma} = v \cdot \left(\frac{\cos^2 \alpha}{k_1} + \frac{\cos^2 \beta}{k_2} + \frac{\cos^2 \gamma}{k_3} \right) \quad (14)$$

Daar krachtens definitie: $v_{\alpha\beta\gamma} = k_{\alpha\beta\gamma} \cdot p_{\alpha\beta\gamma}$ (15) vindt men met (14) voor den doorlaatcoëfficiënt in de stroomrichting $\alpha\ \beta\ \gamma$:

$$k_{\alpha\beta\gamma} = \frac{1}{\frac{\cos^2 \alpha}{k_1} + \frac{\cos^2 \beta}{k_2} + \frac{\cos^2 \gamma}{k_3}} \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

Men zette nu van uit O in de richting $\alpha\ \beta\ \gamma$ een lengte $OQ = r = \sqrt{k_{\alpha\beta\gamma}}$ uit. De coördinaten van Q zijn dan:

$$x = r \cdot \cos \alpha, \quad y = r \cdot \cos \beta \quad \text{en} \quad z = r \cdot \cos \gamma.$$

Uit (16) ziet men dan dadelijk, dat de meetkundige plaats der punten Q voor alle mogelijke stroomrichtingen ($\alpha\ \beta\ \gamma$) wederom een ellipsoïde wordt en wel:

$$\frac{x^2}{k_1} + \frac{y^2}{k_2} + \frac{z^2}{k_3} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

d.i. de richtingsellipsoïde (9)!

Trekt men in de richtingsellipsoïde van uit het middelpunt een voerstraal naar een punt op het oppervlak, dan is dus de lengte van dezen voerstraal, de *wortel* uit den doorlaatcoëfficiënt van den grond, in de richting van den voerstraal.

Men denke thans van een bepaalde ruimtestrooming door anisotropischen grond, de coördinaten van alle punten van het stroombeeld (h-vlakken en stroomlijnen) gegeven ten opzichte van $OXYZ$, waarvan de assen evenwijdig loopen aan de hoofdstroomrichtingen. Verder denke men om alle snijpunten S der stroomlijnen met de h-vlakken richtingsellipsoïden aanwezig van zeer kleine afmetingen, met de middelpunten in S en de assen georiënteerd volgens de hoofdrichtingen en verder in ieder van haar een vlakte-elementje dV van het door S gaande h-vlak als middelvlak, en een elementje ds van de door S gaande stroomlijn als daaraan toegevoegde richting.

Nu worde het geheele stroombeeld getransformeerd, door de coördinaten: x, y, z van *ieder* punt der h-vlakken en stroomlijnen èn van de elementaire

richtingsellipsoïden, te wijzigen in *nieuwe* coördinaten: x', y', z', zoodanig, dat:

$$\left.\begin{aligned} z' &= \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_1}} \cdot x \\ x' &= \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_2}} \cdot y \\ y' &= \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_3}} \cdot z \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

waarbij $\sqrt{k_o}$ een willekeurige constante is.

Men krijgt dan een ander stroombeeld, bestaande uit andere h-vlakken en stroomlijnen. In verband met (17) of (9) zal men echter gemakkelijk inzien, dat de elementaire richtingsellipsoïden van het eerste stroombeeld, nu elementaire *bollen* zijn geworden, in ieder waarvan het middelvlakje dV een vlakje dV' is geworden en het stroomlijnelementje ds een elementje ds', *echter zoodanig dat* ds' *nu loodrecht staat op* dV'; immers was oorspronkelijk in iedere elementaire richtingsellipsoïde, ds aan dV toegevoegd.

Het is duidelijk, dat in het getransformeerde stroombeeld de stroomlijnen alle loodrecht staan op de h-vlakken. Het nieuwe stroombeeld kan dus worden beschouwd *als een potentiaalstrooming door homogeen-isotropischen grond* (lit. 2).

Het is nu mogelijk voor den doorlaatcoëfficiënt van dezen isotropischen grond een zoodanige waarde te kiezen, dat bij behoud van dezelfde parameterwaarden der h-vlakken, door twee overeenkomstige vlakte-elementjes van beide stroombeelden, dezelfde waterhoeveelheid per tijdseenheid stroomt.

Men beschouwe daartoe in een willekeurig punt P van het stroombeeld in den anisotropischen grond, een volume-elementje, begrensd door drie onderling loodrechte vlakte-elementjes: V_x, V_y en V_z resp. rechthoekig op de hoofdstroomrichtingen: OX, OY en OZ, en een vierde vlakte-elementje V waarvan de normaal hoeken: α, β en γ met de coördinaatassen maakt. De oppervlakten der begrenzingsvlakjes van het aldus ontstane viervlakje zijn resp.: F_x, F_y, F_z en F.

Na de transformatie in het potentiaalstroombeeld, is dit viervlakje veranderd in een begrensd door de in P' onderling loodrechte vlakte-elementjes: V'_x, V'_y, V'_z rechthoekig op de hoofdrichtingen, en V' waarvan de normaal hoeken: α', β' en γ' met de coördinaatassen maakt. De oppervlakten der begrenzingsvlakjes zijn nu resp.: F'_x, F'_y, F'_z en F'.

Het is duidelijk, dat de waterhoeveelheid q, welke het volume-elementje bij P door het oppervlak F verlaat, kan worden berekend uit de som van de waterhoeveelheden, die het viervlakje door: F_x, F_y en F_z binnenstroomen.

Een soortgelijke opmerking geldt voor de berekening der waterhoeveelheid q', die het viervlakje bij P' door F' uitstroomt.

Blijkbaar gelden in verband met de transformatieformules (18) de volgende betrekkingen tusschen de oppervlakken: F'_x, F'_y en F'_z eenerzijds en de oppervlakken: F_x, F_y en F_z anderzijds:

$$\left.\begin{aligned} F'_x &= \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_2}} \cdot \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_3}} \cdot F_x \\ F'_y &= \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_3}} \cdot \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_1}} \cdot F_y \\ F'_z &= \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_1}} \cdot \frac{\sqrt{k_o}}{\sqrt{k_2}} \cdot F_z \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

Zijn de stijghoogtevervallen bij P in de richtingen: OX, OY en OZ resp.: p_1, p_2 en p_3 en bij P' in dezelfde richtingen resp.: p'_1, p'_2 en p'_3, dan heeft men verder ook:

$$\left.\begin{aligned} p'_1 &= \frac{\sqrt{k_1}}{\sqrt{k_o}} \cdot p_1 \\ p'_2 &= \frac{\sqrt{k_2}}{\sqrt{k_o}} \cdot p_2 \\ p'_3 &= \frac{\sqrt{k_3}}{\sqrt{k_o}} \cdot p_3 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

Gelijkstelling van de door de volume-elementjes stroomende waterhoeveelheden geeft dan, wanneer k de gezochte waarde van den doorlaatcoëfficiënt voor den isotropischen grond is:

$$k_1 \cdot F_x \cdot p_1 + k_2 \cdot F_y \cdot p_2 + k_3 \cdot F_z \cdot p_3 = k \cdot F'_x \cdot p'_1 + k \cdot F'_y \cdot p'_2 + k \cdot F'_z \cdot p'_3$$

en in verband met (19) en (20):

$$\begin{aligned} k_1 \cdot F_x \cdot p_1 + k_2 \cdot F_y \cdot p_2 + k_3 \cdot F_z \cdot p_3 &= \\ = k \cdot \frac{k_o}{\sqrt{k_2 \cdot k_3}} \cdot \frac{\sqrt{k_1}}{\sqrt{k_o}} \cdot F_x \cdot p_1 &+ \\ + k \cdot \frac{k_o}{\sqrt{k_3 \cdot k_1}} \cdot \frac{\sqrt{k_2}}{\sqrt{k_o}} \cdot F_y \cdot p_2 &+ \\ + k \cdot \frac{k_o}{\sqrt{k_1 \cdot k_2}} \cdot \frac{\sqrt{k_3}}{\sqrt{k_o}} \cdot F_z \cdot p_3 \quad \ldots\ldots & \quad (21) \end{aligned}$$

Men ziet dat het rechter lid van deze vergelijking gelijk wordt aan het linker lid, wanneer:

$$k = \frac{\sqrt{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}}{\sqrt{k_o}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Kiest men in het getransformeerde stroombeeld, voor den doorlaatcoëfficiënt van den isotropischen grond dus de waarde volgens (22), dan zal, bij behoud van dezelfde parameterwaarden der h-vlakken, door overeenkomstige-vlakte-elementjes dezelfde waterhoeveelheden stroomen, *dus ook door overeenkomstige stroombuizen.*

Blijkbaar is $\sqrt{k_o}$ niets anders dan de straal van den bol, waarin de richtingsellipsoïde met de assen $\sqrt{k_1}$, $\sqrt{k_2}$ en $\sqrt{k_3}$, door de transformatie volgens (18) overgaat. Kiest men k_o gelijk aan één der hoofddoorlaatcoëfficiënten bijv. k_3, dan wordt:

$$k = \sqrt{k_1 \cdot k_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Door de mogelijkheid het stroombeeld in homogeen anisotropischen grond te vervormen tot een in isotro-

pischen grond, is een belangrijk hulpmiddel verkregen om een anisotropisch stroomingsgeval met gegeven randbegrenzingen tot oplossing te brengen. Men heeft dan niets anders te doen, dan de buitenbegrenzing der *stroomingsruimte* in de drie hoofdstroomrichtingen zoodanig te vergrooten of te verkleinen, dat de richtingsellipsoïde van den grond daarbij een bol is geworden. In deze nieuwe ruimte wordt dan een potentiaalstroombeeld geconstrueerd welk stroombeeld na terugtransformatie het gezochte oplevert.

Is de strooming zoodanig, dat alle h-vlakken cylindervlakken zijn met de beschrijvende lijnen evenwijdig aan een hoofdrichting, dan heeft men te doen met een *vlakke strooming*, waarvan het stroomingsvlak evenwijdig loopt aan het vlak door de beide andere hoofdrichtingen.

Loopen de beschrijvende lijnen der h-vlakken bijv. evenwijdig aan OZ (richting k_3), dan is dus het vlak OXY (door k_1 en k_2) het stroomingsvlak. De snelheidscomponenten der waterdeeltjes in de richting OZ zijn dan alle $= 0$; de hoofddoorlaatcoëfficiënt k_3 heeft geen invloed op de strooming en deze laatste kan in een plat vlak worden voorgesteld, met behulp van h-lijnen en stroomlijnen. De richtingsellipsoïde wordt een richtingsellips van de volgende vergelijking:

$$\frac{x^2}{k_1} + \frac{y^2}{k_2} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

Een stroomlijn en een h-lijn snijden elkaar in het snijpunt S volgens twee toegevoegde richtingen in de richtingsellips, die volgens de hoofdrichtingen is georiënteerd. Maakt de stroomlijn in S een scherpen hoek α met OX en de h-lijn een scherpen hoek φ, dan geldt dus:

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi = \frac{k_2}{k_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

De doorlaatcoëfficiënt in de richting α met OX is de wortel uit de lengte van den voerstraal in deze richting, in de richtingsellips. Men vindt:

$$k_\alpha = \frac{1}{\frac{\cos^2 \alpha}{k_1} + \frac{\sin^2 \alpha}{k_2}} = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 \cdot \sin^2 \alpha + k_2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

Vervormt men de afmetingen van het stroombeeld in de hoofdrichtingen k_1 en k_2 zoodanig, dat deze vervorming op de richtingsellips toegepast, haar in een cirkel doet overgaan, zoo krijgt men een vlakke potentiaalstrooming. Door terugtransformatie krijgt men dan het gezochte anisotropisch stroombeeld.

Nu kunnen, zooals bekend is, vlakke potentiaalstroombeelden met willekeurige randbegrenzingen, op eenvoudige wijze langs graphischen of experimenteelen weg worden verkregen (lit 3 en 4).

De gang van zaken bij de oplossing van *vlakke* anisotropische stroomingsgevallen is dus als volgt.

De gegeven randbegrenzingen, gewoonlijk bestaande uit twee h-lijnen en twee stroomlijnen, worden in de twee hoofdrichtingen zoodanig uitgerekt of samengedrukt, tot de volgens deze hoofdrichtingen georiënteerde richtingsellips een cirkel is geworden. Hetzij graphisch, hetzij experimenteel wordt in de verkregen figuur dan een potentiaalstroombeeld geteekend met gelijke en dezelfde parameterverschillen tusschen potentiaal- en stroomfunctie. Door een vervorming in omgekeerde richting krijgt men dan het gezochte stroombeeld. Bij beide stroombeelden stroomt tusschen twee overeenkomstige stroomlijnen dezelfde waterhoeveelheid, wanneer men bij de potentiaalstrooming de doorlaatcoëfficiënt $\sqrt{k_1 \cdot k_2}$ stelt en de h-lijnen dezelfde parameterwaarden hebben.

Aanleiding tot dit opstel, was een studie van Dachler en Schaffernak over de *vlakke* strooming door grond, bestaande uit opvolgende lagen van dezelfde dikte, doch verschillende, regelmatig afwisselende doorlaatbaarheid (lit. 5 en 6). Door de lagen zeer dun te laten worden, werden dan zij het ook langs een wel wat moeizamen weg, de formules (**25**) en (**26**) verkregen, terwijl ook op de mogelijkheid werd gewezen, door een affine transformatie, het anisotropisch stroombeeld in een potentiaalstroombeeld om te zetten.

Vooral door invoering van de richtingsellipsoïde, kan echter, zooals boven is uiteengezet, op eenvoudige wijze een duidelijk en volledig inzicht worden verkregen in anisotropische stroomingsgevallen, *ook in de ruimte*.

Tenslotte moge worden gewezen op de analogie der gegeven behandelingswijze met de geometrische behandeling van ruimtespanningstoestanden in de toegepaste mechanica, waar, voor het geval de hoofdspanningen hetzelfde teeken hebben, met behulp der richtingsellipsoïde de richting van den spanningsvector in de spanningsellipsoïde wordt bepaald, voor een gegeven vlakte-elementje (lit. 7).

LITERATUUR.

1. Versluys. „De onbepaalde vergelijking der permanente beweging van het grondwater". Verhandelingen Geologisch-Mijnbouwkundig Genootschap voor Nederland en Koloniën. Geologische Serie. Deel I. Februari 1915.
2. Vreedenburgh. „Potentiaalstroomingen". Openbare werken 1933 Nos. 25 en 26 en 1934 No. 1.
3. Vreedenburgh. „Conforme afbeelding en de graphische oplossing van vlakke potentiaal-stroomingsbeelden". *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 3 — 1934.
4. Vreedenburgh en Stevens. „Electrodynamisch onderzoek van potentiaal-stroomingen in vloeistoffen in het bijzonder toegepast op vlakke grondwaterstroomen". *De Ingenieur* No. 32 — 1933. Zie ook: Handelingen 1er Congrès des Grands Barrages, Stockholm 1933. Volume IV. Question 2b.
5. Dachler. „Über Sickerwasserströmungen in geschichtetem Material". *Die Wasserwirtschaft* No. 2 — 1933.
6. Schaffernak en Dachler. „Erforschung der physikalischen Gesetze nach welchen die Durchsickerung des Wassers durch eine Talsperre oder durch den Untergrund stattfindet". *Die Wasserwirtschaft* No. 30 — 1933.
7. Klopper. „Leerboek der toegepaste mechanica". 3e druk 1935 Deel II. blz. 197.

VARIA.

IJzerdraadconstructies in de waterbouwkunde.

In de Indische waterbouwkunde vormen de ijzerdraadmatrassen en -brondjongs bouwelementen, welke in veelvuldigheid en veelzijdigheid van toepassing veel belangrijker zijn, dan in de Europeesche waterbouwkunde het geval is. Het loont daarom de moeite kennis te nemen van een in Maart 1935 verschenen studie (Heft 4 der Mitteilungen des Forschungs-Institutes für Wasserbau und Wasserkraft e.V., München) van de hand van Dr. Ing. Chr. Keutner, waarin deze de resultaten vastlegt van een onderzoek naar de meest doelmatige en economische toepassing van ijzerdraadconstructies. Een reisstipendium maakte het mogelijk, dat ook Oostenrijk in dit onderzoek betrokken kon worden.

Bij het onderzoek bleek, dat de meeningen over en de ervaringen met ijzerdraadconstructies in de waterbouwkunde zeer sterk uiteenliepen, hetzelfde als we ook op Java zien. Een objectief onderzoek, aangevuld met praktijk- en laboratoriumproeven, heeft in die omstandigheden een bijzondere waarde, ook al wordt niet dadelijk op alle onderdeelen van het onderzoek een bevredigend resultaat verkregen.

In de Europeesche landen vindt men ijzerdraadconstructies in hoofdzaak in de bovenloopen der rivieren, daar waar het steenmateriaal in voldoende hoeveelheid voor het gebruik gereed ligt. Toepassing op meer uitgebreide schaal dateert eerst van het begin dezer eeuw, nadat de Italiaansche ingenieur Serrazanetti patentrechten op deze bouwwijze had laten vallen. In Beieren b.v. werden deze constructies voor het eerst in 1908 toegepast.

Men onderscheidt den liggenden rolkussenvorm, den zakvorm, den matrassenvorm en den kistvorm. Ze vinden toepassing zoowel voor oeverbeschermingen als voor kribben, voorziening tegen kolkvorming, drempels, watervangen enz. Voor kribben en oeverbeschermingen worden de matrassen veelal op een laag rijshout gefundeerd. De matrassen zelf worden aan den bovenkant en de stroomzijde beschermd door zware steenstukken. Teneinde beschadiging van het draad te voorkomen, worden de matrassen dikwijls met een laagje grind bedekt, voordat men er de zware granietblokken op werpt. Wanneer de rivier drijfhout, takken, boomstammen, enz. meevoert, wordt er voor gezorgd, dat de matrassen door een betonlaag of een beplanking zoodanig beschermd worden, dat er geen gevaar bestaat voor het uiteenrukken der matrassen, doordat het drijvend vuil zich vasthecht in de mazen van het net, en het draad vernielt. Ten aanzien van kribconstructies kan nog worden opgemerkt, dat deze blijkbaar over het algemeen van zoodanig lichte constructie zijn, dat ze tegen afdrijven worden beschermd door een rij geheide palen. De manier, waarop de kop van de krib op Java als regel tegen ontgronding beveiligd wordt, vindt geen vermelding in de studie van Keutner. Dat ze evenwel toch wordt toegepast, blijkt uit Bd. II van „Der Wasserbau" van A. Schoklitsch.

Wat betreft het gebruik van ijzerdraadconstructies voor stuwdammen en drempels in rivieren, welke rolsteenen afvoeren, wordt vermeld, dat dit in geen enkel geval voldaan heeft. Het door hoog water meegevoerde drijvend vuil raakt verward in de mazen van de matrassen en vernielt deze, terwijl de overstortende rolsteenen het draad stukslaan. Met een matrassendam kan in dergelijke omstandigheden alleen een blijvend succes bereikt worden, wanneer de matrassen van een betondek voorzien worden. Vanzelfsprekend moet dan gezorgd worden voor een grondig onderhoud van de betonlaag. Hebben de meegevoerde rolsteenen grootere afmetingen (tot 0,70 m Ø en daarboven), dan is volgens Keutner alleen toepassing mogelijk van het in Oostenrijk veel gebouwde zgn. Schemelwehr, waarbij de matrassen overdekt zijn met een op een paalfundeering rustende beplanking. Op welke wijze de houten palen in de rolsteenbeddingen worden „aangebracht" is helaas niet vermeld.

Belangrijker dan de mededeelingen over de verschillende wijzen, waarop ijzerdraadconstructies in de waterbouwkunde toepassing vinden is het hoofdstuk over de onderzoekingen naar de vernielingsverschijnselen bij matrassen. Het is duidelijk, dat beschadigingen door drijfhout en door onkundige uitvoering ontsnappen aan een analytische beschouwing, zoodat in dit hoofdstuk alleen sprake is van mechanische vernieling door rolsteenen e.d. en in de tweede plaats van vernieling van het draad door corrosie.

Om een inzicht in de mechanische vernieling te verkrijgen stelde Keutner in een houten proefgoot verschillende soorten draad bloot aan een mengsel van water en grindzand, welke laatste voor 41 volumeprocent een korrelgrootte had van 2,1 tot 4 mm. De max. grootte was 6 tot 8 mm (4,4 vol. %). Het resultaat blijkt uit onderstaanden staat.

	Gewichtsverlies in mg/uur	Percentage gewichtsverlies t.o.v. het verzinkt ijzerdraad
1. Staaldraad	0,65	21,6
2. Blank ijzerdraad.....	1,21	40,2
3. Gegloeid ijzerdraad.	1,82	60,5
4. Koperdraad	2,71	90,0
5 Verzinkt ijzerdraad..	3,01	100,0

Bij deze proeven was de draaddiameter 2,5 mm en de lengte 400 mm, terwijl in een totalen omlooptijd van 21 h 2 min gemiddeld 32,92 g/sec grindzand meegevoerd werd.

Een volgende proef gaf weer andere cijfers, waarbij het blanke ijzerdraad ten opzichte van koperdraad een gewichtsverlies van 19% vertoonde en staaldraad slechts 12%.

In bepaalde omstandigheden kan het van belang zijn na te gaan, of het gebruik van staaldraad niet-

tegenstaande den hoogeren aanschaffingsprijs aanbeveling verdient in verband met den langeren levensduur.

Uit de proeven is wel gebleken, dat het algemeen gebruikelijk verzinkt ijzerdraad in een minmum van tijd zijn zinklaagje kan verliezen door de schurende werking van zand en grind.

Zeer uitvoerig wordt ingegaan op de tweede vernielingsoorzaak, de verschijnselen, welke aanleiding zijn tot de zgn. roestvorming en onder den verzamelnaam corrosie aangeduid worden.

De vroegere meening als zou het roesten van ijzer een zuiver chemisch proces zijn, is thans geheel verlaten. Een chemische corrosie is slechts mogelijk bij de inwerking van droge gassen op metaal. Daar nu bij onze ijzerdraadmatrassen steeds rekening valt te houden met contact met water of vochtige lucht, wordt de corrosie, de oplossing van het metaal, te voorschijn geroepen door electrochemische processen, waarbij de optredende electrische stroompjes uiteraard zeer klein zijn. Zooals bekend ontstaat een dergelijk stroompje als men twee verschillende, door een draad verbonden metalen in een electrolyt doopt, vooropgesteld dat tusschen de beide metalen, de electroden, een spanningsverschil bestaat. Zonder verder op de electrochemische theorie in te gaan kunnen we in het kort zeggen dat voornoemde stroom van de eene electrode (de anode) door de vloeistof heen positieve metaal-ionen naar het andere metaal, de kathode, zendt. Bij het ijzer nu gaat met het verliezen van deze ionen roestvorming gepaard.

Bij een combinatie ijzer-zink wordt het minder edele zink opgelost. Hebben we te doen met het geval, dat zich in de electrolyt, het water, slecht één enkel metaal bevindt, dan steunt de electrolytische corrosietheorie op het feit, dat de metaaloppervlakte niet homogeen van structuur is, zoodat tusschen de verschillende oppervlaktedeeltjes spanningsverschillen kunnen optreden. Dergelijke kleine oppervlakte-elementen, locaal-elementen geheeten, kunnen ook door andere oorzaken ontstaan, als verontreinigingen, uitwendige krachten en vooral ook door verschillende „Belüftung" van de oppervlakte van het metaal.

De corrosie van het metaal, veroorzaakt door dergelijke locaal-elementen, tracht men bij het ijzerdraad der matrassen op te heffen door het draad met een zinklaagje te bedekken. Hierbij gaat men uit van het standpunt, dat het spanningsverschil tusschen ijzer en zink zoo groot is, dat ze de spanningsverschillen der locaal elementen overheerscht en de stroom in hoofdzaak gaat tusschen het ijzer en het zink, waarbij slechts het zink in oplossing geraakt. Deze beschermende werking van het zinklaagje kan evenwel eerst optreden, als ze plaatselijk beschadigd is en er een elementvorming ijzer-zink kan ontstaan. We zullen nog zien, hoe het gesteld is met de volgens de ervaringen onvolkomen beschermende werking van het zinklaagje.

Hoewel het zinklaagje zelf ook blootstaat aan corrosie, wordt deze sterk vertraagd, doordat bij het aan de lucht blootstellen van zink zich hierop spoedig een oxyd- en carbonaathuidje vormt. Men moet er dan ook voor zorgen, dat dit huidje zich ontwikkelen kan, zoodat de toetreding van lucht niet belemmerd mag worden door het draad met olie of vet te verontreinigen. Niettegenstaande de beschermende werking van dit huidje, moet de eigen corrosie van zink niet onderschat worden. In gedestilleerd water verliest zink in 20 uur 0,35 mg/dm^2 aan gewicht. Proeven in rivierwater hebben aangetoond, dat het gewichtsverlies van verzinkt ijzerdraad in g/m^2/u in de eerste 90 tot 100 dagen tamelijk vlug toeneemt en daarna vrijwel constant blijft. Is de afsluiting van het ijzerdraad door het zinklaagje volkomen, dan corrodeert de draad dus even snel als het zink oplost. Niet voordat het zink op enkele plaatsen weggevreten is en het ijzer te voorschijn treedt, begint op die plaatsen de hiervoren bedoelde beschermende werking van het zinklaagje rondom het blootgelegde ijzeroppervlak. Hoewel werkelijk aanwezig, is deze werking zeer onvolkomen en het ijzer wordt op die plaatsen evenzeer aangetast en gaat roesten.

Proeven hebben aangetoond, dat dubbel verzinkt draad (250 tot 350 g/m^2) minder spoedig roestvorming vertoont op de blootgelegde ijzervlakjes dan enkel verzinkt ijzerdraad (90 tot 150 g/m^2). Overigens toont de opgedane ervaring, dat geen te groote waarde gehecht mag worden aan deze „kathodische Schutzwirkung". Bovendien neemt deze na verloop van tijd af, doordat het zink door oxydatie veredelt en dus het spanningsverschil tusschen ijzer en zink vermindert. Dezelfde corrosie-bevorderende werking van zuurstof ziet men ook op blankgeschuurd ijzer.

Wat betreft verzinkt ijzerdraad, merken we nog op, dat tusschen het ijzer en de zinkbedekking een laagje gemengde kristallen gevormd is, dat veel vlugger corrodeert dan zuiver zink, doordat deze tusschenlaag Fe Zn_8 edeler dan zink en ijzer is, zoodat zij bij het aan de oppervlakte treden werkt als negatieve pool der locaal elementen en als zoodanig de corrosie bevordert in plaats van zooals zink haar te vertragen.

Ook om deze reden is dubbel verzinkt draad te verkiezen boven enkel verzinkt draad, daar in het eerste geval het tusschenlaagje door een dikkere zinklaag afgesloten wordt.

Een snelle corrosie wordt bovenal bevorderd door mechanische beschadigingen, welke de tusschenlaag of wel het ijzer blootleggen. Vooral op de plaatsen waar het draad sterk gebogen wordt bij het vlechten en het zinklaagje scheurt of afbladert, vindt men de corrosieverschijnselen. Voor de buigzaamheid van het draad is niet de dikte van de zinklaag maatgevend, doch de dikte van de tusschenlaag van mengkristallen. Dit laagje dient dus zoo dun mogelijk te zijn en het verzinken van het ijzerdraad moet wel zeer slecht gebeurd zijn, als men scheurtjes in de zinklaag reeds kan constateeren, als het draad nog op de rol zit

Na het voorgaande zal het duidelijk zijn, dat het van belang is om het vlechtwerk zoodanig uit te voeren, dat het draad zoo weinig mogelijk te lijden heeft, dus geen scherpe veelvoudige ombuigingen zooals men vaak ziet gebeuren. Vooral de mooie vierkante of zeshoekige mazen, die verkregen worden door een flink aantal windingen te maken, zijn funest voor het behoud van het zinklaagje. De beste, in Duitschland voor zoover bekend nog niet gebruikelijke

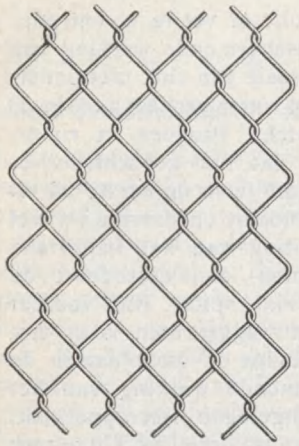


Fig. 1.

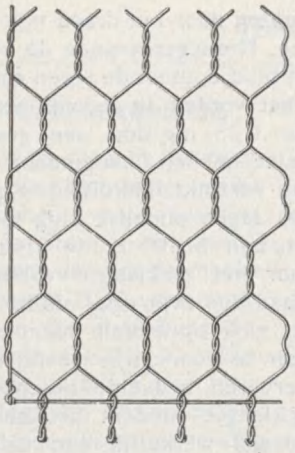


Fig. 2.

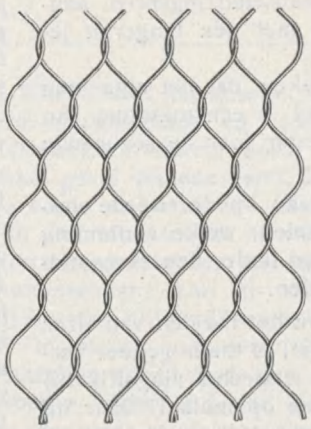


Fig. 3.

vlechting is die, waarbij de mazen gevormd worden als *fig. 3* aangeeft.

Ook op velerlei andere wijze kan het draad mechanisch beschadigd worden, zooals bij het transport, het sleepen van gevlochten matrassen over den kalibodem, doch vooral ook bij het vullen der matrassen, speciaal wanneer hierbij scherpkantige zware steenen gebruikt worden. Ook de naad, waar de gevulde matras dichtgebonden wordt is een zwak punt, omdat dit binden veelal niet met de noodige zorg, en wel met de noodige kracht gebeurt, waarbij het draad aan de oppervlakte beschadigd wordt. Naden corrodeeren om deze reden meestal vlugger dan de rest van de matras.

Terwille van een langeren levensduur dient de uitvoering van ijzerdraadconstructies derhalve met de uiterste zorgvuldigheid te geschieden.

Vermelden we terloops nog de proeven over het rekken van verzinkt ijzerdraad, waarbij bleek, dat enkel verzinkt ijzerdraad vlugger haarscheurtjes vertoont in de zinklaag dan dubbel verzinkt draad. Voorts bleek, dat de weerstand tegen het ontstaan der scheurtjes toeneemt met de dikte van den draad.

Uit het voorgaande is wel naar voren gekomen, dat men goed doet steeds de voorkeur te geven aan dubbel verzinkt ijzerdraad, daar de levensduur belangrijk grooter is dan van enkel verzinkt draad. De duurzaamheid van de matrassen kan men verder nog vergrooten door een zorgvuldige keuring van het geleverde draad en door een zorgvuldige behandeling bij het vlechten, het vullen en het binden.

Staan de matrassen bloot aan een sterk schurende werking van rolsteenen, grind en zand, dan schiet de zinklaag te kort en slijt spoedig af, waarmee de eenige bescherming tegen vernieling van het ijzerdraad verdwenen is.

In die gevallen doet men werkelijk beter om in plaats van verzinkt draad gewoon ijzerdraad van een grootere dikte of wel staaldraad te gebruiken. Onder gelijke omstandigheden constateerde K e u t n e r, dat het gewichtsverlies van staaldraad rond 80% en van blank ijzerdraad rond 60% minder was dan dat van verzinkt ijzerdraad.

K e u t n e r vermeldt, dat de levensduur van ijzerdraadconstructies bij deskundige toepassing en uitvoering gesteld kan worden op 40 tot 50 jaren. Intusschen deelt hij elders mede, dat de door hem op zijn reis aangetroffen constructies, welke ouder dan 10 jaar waren, reeds grootendeels onbruikbaar zijn.

Matrassen, welke voortdurend onder water zijn, bezitten veel meer corrosie-resistentie dan die, welke afwisselend aan lucht en water zijn blootgesteld.

De meest toegepaste draaddikte is 2,8 tot 3,0 mm, met minimum 1,9 en maximum 4,2 mm. De meest gebruikelijke maaswijdte was 6 cm, doch varieerde overigens naar de grootte der beschikbare steenen van 5 × 7 tot 15 × 18 cm.

We zullen hier niet ingaan op een opsomming van factoren, welke de keuze bepalen tusschen toepassing van metselwerk, beton of matrassen. Het is minder een technische kwestie, doch wordt in hoofdzaak door de kosten bepaald.

De meer voor Duitsche toestanden bedoelde economische beschouwingen van K e u t n e r over het gebruik van ijzerdraadconstructies zijn, hoewel interessant, voor het doel van dit opstel van minder belang, zoodat we willen eindigen met een korte samenvatting van de slotconclusies van het door K e u t n e r ingestelde onderzoek.

I. Bij het maken van ijzerdraadconstructies moet op het volgende gelet worden:

a) In de gevallen, dat men de matras gevuld op de plaats van bestemming neerwerpt, is een te stijve vulling dikwijls oorzaak van het breken van de matras. Bovendien bezit een te stijf opgevulde matras een onvoldoende bewegelijkheid om zich vooral bij kolkvullingen voldoende aan den ondergrond te kunnen aanpassen.

b) Bij een te slappe opvulling daarentegen kunnen de vulsteenen door het overstroomende water in beweging geraken en zoodoende van binnen uit het draad vernielen, of wel in bepaalde gevallen tusschen de mazen van het net doorvallen na opgetreden slijtage of breking. Het inwendig voeren der matrassen met jute of ander tijdelijk materiaal kan slechts als provisorische maatregel toegepast worden met de bedoeling fijner vulmateriaal te kunnen gebruiken. Vooral bij wisselende waterstanden verteert deze voering zeer spoedig. Als vulmateriaal moet men geen steenen gebruiken, welke gemakkelijk verweeren. De soms toegepaste cement-toediening heeft tot gevolg, dat de buigzaamheid van de matras verloren gaat.

c) In rivieren, waar hout gevlot wordt of waarin veel zwaar drijfhout voorkomt, zijn ijzerdraadmatrassen ongeschikt als oeverbescherming, tenzij ze door planken afgeschoten dan wel bepleisterd worden met beton teneinde beschadiging van het draad te voorkomen. In rivieren met veel afvoer van vaste stoffen verdient het aanbeveling, de

waterzijde der matrassen door steenstapelingen te beveiligen. Bij het afdekken van den bovenkant verdient het aanbeveling een grindlaagje als tusschenlaag aan te brengen.

d) Worden matrassen gebruikt voor het maken van kribben, dan moeten ze door palen of anderszins op hun plaats gehouden worden, wanneer ze niet door hun eigen gewicht weerstand bieden tegen afdrijven. De constructie kan hierdoor wel kostbaar worden. De matrassen moeten beveiligd worden tegen aantasting door rolsteenen en drijfhout. Over de toepassing als drempel of dam is reeds een en ander gezegd. In waterarme rivieren vinden matrassen, afgedekt met steenen of takken een zeer goede toepassing.

e) Voor kolkvoorzieningen en in alle andere gevallen, waarin de overige bouwelementen te kort schieten, zijn ijzerdraadconstructies zeer op hun plaats door de groote bewegelijkheid.

II. Algemeene voordeelen van ijzerdraadconstructies:

In dreigende gevallen kunnen met de grootste snelheid zoo noodig zeer omvangrijke bouwconstructies van matrassen samengesteld worden, b.v. voor het sluiten van doorbraken, oevervallen, ondersteuning van grondafschuivingen enz. In Oostenrijk wordt evenals op vele plaatsen op Java voortdurend ijzerdraadvlechtwerk gereed gehouden tot onmiddellijk gebruik. Een groot voordeel is gelegen in de omstandigheid, dat de toepassing van ijzerdraadconstructies onafhankelijk is van het jaargetijde. Een ander voordeel ligt in de groote bewegelijkheid der matrassen en in het zich kunnen schikken en aanpassen aan den ondergrond.

III. Nadeelen, welke niet onderschat moeten worden:

Het belangrijkste onderdeel der constructie, het ijzerdraad, staat bloot aan mechanische vernieling en aan corrosie. Meer weerstand biedend draad dan het gebruikelijke is als regel te duur in aanschaffing. Het materiaal moet gemakkelijk hanteerbaar zijn, zeer veel weerstand bieden, goedkoop zijn en niet van zoodanigen aard (koperdraad bijvoorbeeld), dat het gestolen wordt.

De toekomst van ijzerdraadmatrassen ligt in de eigenschappen van het draad. De hierin te bereiken mogelijkheden schijnen evenwel vooralsnog beperkt.

Ir. E. W. H. Clason.

ERRATUM:

No. 10 — 1935, deel VI; artikel: „Drukverlies in duikers", door ir. J. Verlinden.
pag. 123, 2e kolom, 15e en 16e regel van boven, lees:

zoodat $L \cdot i = \frac{L \cdot v^2 \cdot 4^{4/3}}{d^{4/3} \cdot K^2} = \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \frac{4^{4/3} \cdot 2 \cdot g}{d^{1/3} \cdot K^2}$

$= p \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$. De factor h_w in verg. (4) is dus $p \cdot \frac{L}{d}$.