

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,—

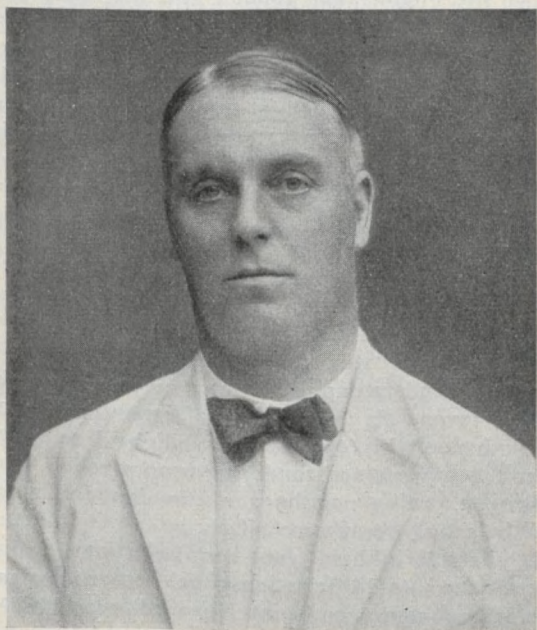
Redactie-adres (zonder vermelding van persoonsnamen): Hoogeschoolweg 3, Bandoeng.

Adres voor administratie en abonnementen: Bragaweg 38, Bandoeng.

Adres voor advertenties: Firma G. Kolff & Co., Batavia-Centrum.

I. ALGEMEEN GEDEELTE.

INHOUD: Ter herdenking † ir. A. C. Nieuwenhuysen Kruseman, door ir. A. van den Berg. —
Ingezonden: De zekerheid tegen vleugelbreuk bij moderne jagers en duikbommenwerpers, door dr. ir. A. van der
Neut met wederwoord van dr. ir. G. Otten. — *Berichten van allerlei aard*: Normalisatie. — *Boekbespreking*.
— *Uit inhoud van tijdschriften*. — *Personalia*. — *Kon. Instituut van Ingenieurs*: Bestuursmededeelingen.



Ter herdenking

Ir. A. C. NIEUWENHUYZEN KRUSEMAN †.
1885 — 1937.

Den 8en Januari van dit jaar overleed te Medan na een keeloperatie, waarvan het resultaat zich aanvankelijk niet ongunstig liet aanzien, plotseling ir. A. C. Nieuwenhuysen Kruseman, directeur der haven van Belawan.

Geboren te Gorinchem, den 7en Augustus 1885, behaalde Kruseman in 1913 te Delft het diploma van civiel-ingenieur. Daarna was hij tot 1914 werkzaam bij de Kölnische Baggergesellschaft te Hamburg, uit welken tijd zijn eerste bemoeienis met de uitvoering van baggerwerken stamt. Door den wereldoorlog genoodzaakt dezen werkkring te beëindigen en naar Holland terug te keeren, was hij achtereenvolgens directeur van de N. V. Elementenfabriek „Metrom” en van de N. V. Maatschappij voor Fundeeringswerken, beide te Amsterdam en daarna adjunct-directeur van de N. V. Kunstzandsteenfabrieken „Alba” te Apeldoorn. In 1922 trad hij in dienst bij 's Lands

Baggerdienst in Ned.-Indië. Zijn nieuwe werkkring nam een aanvang te Tandjong-Priok, waar in dien tijd groote baggerwerken, verband houdend met de uitbreiding der haveninrichting, in uitvoering waren. Hij bleef hier werkzaam tot na afloop der uitbreidingswerken en de daarop gevolgde inperking van den dienst, waarbij de intusschen ingetreden ongunstige tijdsomstandigheden mede hun eischen stelden. Vervolgens is hij voor den Baggerdienst werkzaam geweest bij de havens te Semarang en Soerabaja, zoo dat hij het materieel en personeel van 's Lands Baggerdienst grondig leerde kennen. Na een buitenlandsch verlof werd hij in 1931 wederom geplaatst te Tandjong-Priok en kort daarna op het hoofdbureau van den Baggerdienst. De eisch tot sterke beperking der uitgaven leidde er toe, dat in 1932 het hoofdbureau van den Baggerdienst volledig met dat van den dienst van het Havenwezen werd samengesmolten. Dientengevolge kwamen de werkzaamheden van Kruseman meer en meer op het gebied van het havenbeheer te liggen, hetgeen in 1935 leidde tot zijn benoeming tot directeur der haven van Belawan, welke functie hij helaas slechts kort heeft mogen bekleeden.

Kruseman was door zijn blijden aard en medegevoelend hart bij al zijn medewerkers ten zeerste gezeiden. Zij, die hem van nabij gekend hebben, kunnen getuigen, dat hij een eenvoudig en oprecht mensch en een trouw vriend was.

Bij zijn teraardebestelling te Medan zijn door velen hartelijke woorden van deelneming gesproken.

Ir. A. van den Berg.

INGEZONDEN.

De zekerheid tegen vleugelbreuk bij moderne jagers en duikbommenwerpers.

Door de N. V. Nederlandsche Vliegtuigenfabriek te Amsterdam werd de volgende bijdrage van de hand van dr. ir. A. van der Neut, ingenieur van den Rijksstudiedienst v/d Luchtvaart, ter opname aangeboden, welke bijdrage reeds eerder verscheen in *Luchtmacht* No. 4 — 1936.

In het hiervoor verschenen No. 3 van dit tijdschrift¹⁾ kwam een interessant artikel voor van dr. ir. G. Otten over bovengenoemd onderwerp, waarin uiting wordt gegeven aan een meening omtrent de eischen, die te stellen zijn aan militaire vliegtuigen, voor wat betreft het optrekken uit de duikvlucht. Zeer zeker heeft dr. Otten een actueele kwestie in bespreking gebracht, die voornamelijk zijn actualiteit ontleent aan de moderne praktijk van het optrekken uit een steile duikvlucht, nadat de bommenlast is afgeworpen. Inderdaad moet de vraag gesteld worden, of de sterktevoorschriften, welke weliswaar tot heden toe geen aanleiding tot bezwaren gaven, wel genoegzame veiligheid bieden onder deze nieuwe omstandigheden.

1) N.l. het tijdschrift *Luchtmacht*, zie ook *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 4 — 1936, blz. III-1 e.v.

Red.

In de eerste plaats moge ik ter geruststelling van dr. Otten er op wijzen, dat deze vraag de aandacht heeft van de „Commissie tot vaststelling van sterktevoorschriften voor militaire vliegtuigen”, in welke vertegenwoordigd zijn de luchtvaartafdeelingen der Nederlandsche Marine en der Landmacht, de Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart en de luchtvaartindustrie.

Vervolgens moge ik hem er aan herinneren, dat met de kennis van de voorschriften, waaronder een vliegtuig gebouwd is, geen voldoende beeld verkregen is van de sterkte van een vliegtuig. Er wordt namelijk van meer dan één zijde op gelet, of het niet noodig is de sterkte van een vliegtuig te onderzoeken voor andere belastingsgevallen dan de in de voorschriften veronderstelde. Zoo kan het gebeuren, en gebeurt het ook inderdaad, dat vliegtuigen aanzienlijk sterker gebouwd worden dan volgens de voorschriften vereischt is. Zulke toestanden komen vooral voor in een overgangstijd, waarin de behoefte aan nieuwe voorschriften zich doet gevoelen, doch uit de tijdroovende gedachtenwisseling nog geen definitief resultaat te voorschijn kwam.

Het ware dan ook juist geweest, indien dr. Otten, vóór hij zijn wantrouwen aan de voorschriften, tevens ten opzichte van de niet bij name genoemde, doch voldoende duidelijk aangeduide vliegtuigen in dit tijdschrift uitsprak, zich te bevoegder plaatse had vergewist of wellicht zijn bezwaren niet reeds ondervangen waren. Het kan, gezien het academisch karakter van zijn betoog, niet in de bedoeling van dr. Otten gelegen hebben om op onvoldoenden grond dit wantrouwen uit te spreken; en het is daarom te meer te betreuren, dat hij zijn onderzoek niet tevens in de aangeduide richting heeft uitgestrekt.

In de derde plaats moge ik dr. Otten er op wijzen, dat de veiligheidscoëfficiënt nog een andere taak heeft, dan hij in zijn betoog aanneemt.

Volgens dr. Otten is het onjuist om den veiligheidscoëfficiënt voor andere doeleinden te gebruiken dan voor de belastingen, die het gevolg zijn van trillingen en meer nog van verdraaiingen en wringen, en die ongunstiger zouden zijn dan de theoretisch berekende, vooral bij houten vleugels. Hiermee wordt ten onrechte de indruk gewekt, dat houten vleugels in dit opzicht gevaarlijker zouden zijn dan metalen vleugels. De zaak is eerder omgekeerd, daar juist hout veel minder vatbaar is voor vermoeiing dan metaal, en metaal toch ook vervormt bij belasting. Verder wordt in de Nederlandsche sterktevoorschriften voor militaire vliegtuigen verlangd, dat de veranderingen in de aerodynamische belasting, die als gevolg van de vervormingen optreden, in rekening worden gebracht, zoodat blijkbaar deze invloed buiten den veiligheidscoëfficiënt is gehouden.

De beteekenis van den veiligheidscoëfficiënt is dan ook een andere dan dr. Otten meent; zeer zeker dient hij tevens als „coëfficiënt of ignorance”, maar tegelijk bedoelt hij een zekere veiligheid te garanderen tegenover als uitzondering voorkomende hooge belastingen, welke nog hooger zijn dan de „mogelijke” belasting der voorschriften.

De uitzonderlijkheid van een belastingsgeval is grooter, naarmate dit belastingsgeval een grooter aantal zeldzame momenten bevat. Nu wordt overal bij het opstellen van voorschriften onder meer ook van deze

grondgedachte uitgegaan, dat in de belastingsgevalen, voor welke de veiligheid de normale waarde hebben moet, geen extreme waarden van twee of meer onafhankelijke grootheden moeten voorkomen, die als zoodanig zeldzaam zijn. In dit opzicht is het tekenend, dat de hooge versnelling, die de Deutsche voorschriften in het geval van optrekken uit de duikvlucht invoeren, gepaard gaat met een snelheid, die kleiner is dan de toegelaten duiksnellheid. Met evenveel recht zou men uit kunnen gaan van de duiksnellheid en een minder hooge waarde der versnelling kunnen kiezen, zooals in andere voorschriften is gedaan, wat ook blijkt uit de door dr. Otten gegeven *tabellen 5 en 6*. Het belastingsgeval, dat beide extremen combineert, namelijk het geval van hooge versnelling gepaard aan de toegelaten maximale duiksnellheid komt in deze voorschriften niet voor, en wordt dus aanvaard met een kleineren veiligheidscoëfficiënt dan de normale waarde.

Ter voorkoming van misverstand zij erkend, dat het in dit verband een vraag van veel belang is, of, bij de tegenwoordige practijk van het snel optrekken uit de duikvlucht, de snelheid tijdens het optrekken herhaaldelijk dan wel als uitzondering gelijk is aan de toegestane maximale duiksnellheid.

Ten slotte een enkel woord over de vergelijking van verschillende civiele voorschriften met de Nederlandsche militaire voorschriften, die dr. Otten in de *tabellen 5 en 6* geeft. Dr. Otten komt daarbij tot de conclusie, dat de Amerikaansche en Deutsche civiele voorschriften hooger zijn dan de Nederlandsche militaire voorschriften. Enkele omstandigheden worden hier uit het oog verloren, die nochtans van groote beteekenis zijn.

1e. Er wordt geen gewag gemaakt van het feit, dat de veiligheid tegenover breuk en knik volgens de Amerikaansche voorschriften 1,5 is, en dat de veiligheid tegenover knik volgens de Deutsche voorschriften 1,8 is, terwijl de Nederlandsche voorschriften een veiligheid 2,0 verlangen. Daarom moeten voor de zuiverheid van de vergelijking de belastingsfactoren tot eenzelfde veiligheidscoëfficiënt herleid worden; dit beteekent dat de Amerikaansche belastingsfactoren met 0,75 en de Deutsche met 0,9 vermenigvuldigd moeten worden.

2e. De tabellen maken den indruk of alleen in de Amerikaansche en Deutsche voorschriften het geval van „optrekken uit de duikvlucht” wordt beschouwd. De gevallen „lage inval” en „optrekken uit de duikvlucht” betreffen echter denzelfden toestand.

3e. De stuwdruk, waarbij het optrekken uit de duikvlucht beschouwd wordt in de Deutsche voorschriften, bedraagt wegens het bovengenoemde (1e) $0,9 \times 0,8 = 0,72$ maal den stuwdruk in de duikvlucht; in de Amerikaansche voorschriften is dit getal 0,75.

4e. De opgegeven factoren voor Deutsche civiele vliegtuigen betreffen in feite militaire vliegtuigen, omdat deze voorschriften stammen uit den tijd, toen Duitschland krachtens het verdrag van Versailles geen militaire luchtvaart was toegestaan en toch over vliegtuigen beschikte, die aan militaire eischen moesten voldoen.

Uit een en ander volgt, dat de genoemde Amerikaansche en Deutsche civiele voorschriften niet zwaarder zijn dan de Nederlandsche militaire voorschriften, en dat zelfs de Deutsche militaire voorschriften (1933) niet zwaarder zijn dan de Nederlandsche militaire voorschriften (1932). De beschouwing van de buitenlandsche voorschriften, voor zover bekend, geeft dus geen aanleiding tot meerdere bezorgdheid betreffende het al of niet voldoende zijn onzer militaire sterktevoorschriften.

Natuurlijk is het mogelijk, dat de buitenlandsche militaire voorschriften in verband met de gewijzigde omstandigheden in de laatste jaren veranderingen ondergaan hebben; deze zijn echter wegens de gebruikelijke geheimhouding, wanneer het militaire voorschriften betreft, niet bekend. De Commissie tot vaststelling van sterktevoorschriften voor vliegtuigen ziet zich daarom genoodzaakt de vragen over de noodige sterktevoorschriften zelfstandig in studie te nemen. Dat zij daarbij met de opmerkingen van dr. Otten rekening zal houden, is niet anders dan vanzelfsprekend.

Wederwoord aan dr. ir. A. vander Neut.

Hoewel er een vrij groote tijdruimte is gelegen tussen de publicatie van mijn voordracht en de beschouwing daarover van dr. ir. A. vander Neut stel ik het toch zeer op prijs door de Redactie van *De Ingenieur in Nederlandsch-Indië* in staat te zijn gesteld, genoemde beschouwingen aan een onderzoek te onderwerpen. Gaarne zal ik hierbij de publicatie van vander Neut op den voet volgen, hoewel, om herhalingen te voorkomen, een puntsgewijze behandeling niet algeheel kan worden doorgevoerd. Al dadelijk bij den aanvang kan ik echter niet nalaten op te merken, dat indien de indruk door vander Neut in zijn publicatie gevestigd, juist is, zij wel een min of meer teleurstellend beeld geeft van de werkwijze der instanties, welke voor een voldoende sterkte der Nederlandsche vliegtuigen moeten waken. Immers uit het geheele betoog, doch vooral uit de eerste en de laatste alinea, zoude volgen, dat de vraag, welke krachten op den vleugel werken bij den modernen duikbommenwerper of jager bij het optrekken uit de steile duikvlucht bij groote duiksnellheid, thans nog als actueel wordt beschouwd en in studie is. Afgezien van het feit, dat uit de gegevens van Amerikaansche en Engelsche proefnemingen, gehouden in de jaren 1924—1931 ook voor het moderne vliegtuig zeer goede conclusies te trekken zijn omtrent de grootte van de beschouwde krachten, lijkt het nog in onderzoek hebben van een belastingsgeval, een jaar nadat meerdere vliegtuigen zijn gebouwd, welke in de practijk van den afnemer aan dat belastingsgeval zouden moeten voldoen, zeer veel op het bekende achter den wagen spannen van de paarden. Hierdoor zou dan ook werkelijk het normaal groote vertrouwen, hetwelk in de „Commissie tot vaststelling van sterktevoorschriften voor Militaire vliegtuigen”, evenals in ieder andere Nederlandsche commissie wordt gesteld, wel eenigszins verzwakt worden, onverschillig welke tegenwoordigers de hier met name genoemde commissie vormen. De min of meer als verontschuldiging aangevoerde uitspraak, dat er tengevolge van tijd-

roovende gedachtenwisseling soms geen definitief resultaat kan worden bereikt, is mede zwak. Een ieder zal zich hier direct afvragen, wat er dan eigenlijk gebeuren moet als de commissie, die daarvoor is ingesteld, op een gegeven oogenblik niet tot een eindresultaat omtrent de sterkte-eischen van een te bouwen vliegtuig kan komen. De bouw van een vliegtuig zelve kan toch moeilijk worden uitgesteld wegens het ontbreken van een eindconclusie van de commissie? Indien deze voorstelling van zaken juist is, geef ik gaarne toe, inderdaad niet op de hoogte te zijn van de bij den bouw en de controle van een vliegtuig gevolgde werkwijze, hetgeen dan toch nog weder niet uitsluit, dat ik het verwijt van vander Neut als zouden mijn beschouwingen op onvoldoende gegevens berusten moet afwijzen, daar door mij de door den *Rijksstudie-dienst voor de Luchtvaart goedgekeurde berekeningen* van den in de voordracht beschouwden tweezitsjager geheel werden doorgewerkt en wel op een tijdstip, dat reeds enkele van deze vliegtuigen waren afgeleverd. Tot mijn spijt moet ik opmerken, dat in genoemde berekeningen geen enkele aanwijzing werd gevonden, dat, in afwijking van de betrekkelijke voorschriften — zoo dit al mogelijk is — hogere sterkte-eischen aan bedoeld vliegtuig waren gesteld.

De mededeeling van vander Neut dat de zekerheid tegen breuk, trillingen, niet te corrigeren verdraaiingen, fouten in de berekening enz., welke hier verder kortweg de zekerheid tegen breuk genoemd zal worden, ook mag worden gebruikt om, in extreme gevallen, de zekerheid tegen de bij manoeuvres optredende krachten aan te vullen, klinkt weinig technisch en vindt geen steun in de Nederlandsche voorschriften. Allereerst zoude hier zich de vraag voordoen, in hoeverre dan toch de ondergraving van de zekerheid tegen breuk toelaatbaar is. Hiervoor zouden dan ook klemmende voorschriften moeten worden gegeven. Maar wat wordt dan verder onder extreme gevallen verstaan? In de door mij gehouden voordracht werd op grond van Britsche proefnemingen aangetoond, dat bij verouderde vliegtuigen, in vollen vrede, de zekerheid tegen de mogelijke belastingen, welke aanwezig moet zijn volgens de Nederlandsche Militaire voorschriften, bij het optrekken van het moderne vliegtuig uit de duikvlucht in meer dan 25 van de 100 gevallen overschreden wordt, indien gedoken wordt met de maximaal *toelaatbare* duiksnelheid. Hier is van een combinatie van extreme gevallen geen sprake, hier zijn feiten! Neemt men in aanmerking dat in oorlogstijd zich ook wel gevallen zullen voordoen, waarbij de maximaal *toelaatbare* duiksnelheid een weinig zal worden overschreden, dat ook dan de piloot, al dan niet na het afwerpen van zijn bommen, zijn vliegtuig zoo snel mogelijk uit de gevaarlijke zone zal wegtrekken, dat in het algemeen de belastingen toenemen met het grooter worden der snelheden, dan kan het aantal gevallen, waarbij in oorlogstijd de onderwerpelijke zekerheid bij het moderne vliegtuig wordt overschreden, bij de grootste duiksnelheden, moeilijk op minder dan 50 van de 100 gevallen gesteld worden. Het komt mij voor, dat ook hier toch bezwaarlijk meer kan worden gesproken van „extreme” gevallen, welke dan maar door den zekerheidscoëfficiënt tegen breuk moeten

worden opgenomen, vooral ook, zooals mede bij een zeker vliegtuig is geschied, laatstgenoemde zekerheid toch al door een toegestane overbelasting van het vliegtuig verzwakt is.

In het verdere gedeelte van het artikel van vander Neut worden verschillen in de zekerheidscoëfficiënten — door hem veiligheidscoëfficiënten genoemd — van de Duitsche en de Amerikaansche voorschriften met die in de Nederlandsche aangevoerd.

Inderdaad bestaat er, vooral wat betreft de toepassing, eenige onzekerheid of deze coëfficiënten in elk der gevallen wel precies dezelfde zijn. Vergelijken we echter het Duitsche voorschrift, dat als volgt luidt:

„Die Lasten in den zugrunde gelegten Fällen sind „sog. „Sichere” Lasten, d.h. unter diesen darf in keinem Bauteile die durch Sicherheitsfaktoren s vorgeschriebene Sicherheit gegen Spannungsbruch ($s = 2,0$), Stabilitätsbruch ($s = 1,8$) und Erreichen der Streckgrenze ($s = 1,35$) unterschritten werden,” met de Nederlandsche voorschriften, welke voorschrijven dat voor de hoofddeelen, als vleugel, romp en onderstel, de totale veiligheidsfactor in den regel niet kleiner zal zijn dan 1,8, voor gevallen waar verwacht kan worden, dat de constructie bij overschrijding der toelaatbare belasting nog niet breekt, terwijl bij knikgevallen en bij gebruik van brozere materialen de totale coëfficiënt in den regel niet kleiner dan 2,0 zal zijn, dan mag worden aangenomen dat althans bij den vleugel het verschil in de gebruikte coëfficiënten niet groot zal zijn.

In de Amerikaansche voorschriften komt een paragraaf voor, waarin uitgedrukt wordt, dat de coëfficiënt tegen breuk van *eenig onderdeel* in een vliegtuig nimmer kleiner mag zijn dan 1,5. In *verscheidene* gevallen worden echter belangrijk hogere coëfficiënten geëischt, terwijl ter bepaling van de *toelaatbare spanningen* in de *liggers van den houten vleugel* een speciale grafiek wordt gegeven. Daar het bekend is, dat de spanningen, gevonden met behulp van deze grafiek, door den *Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart* ook in de *Nederlandsche* sterktebewijzen worden toegelaten, moet worden aangenomen, dat wat betreft den *houten* vleugel de Amerikaansche waarden voor de toelaatbare spanningen niet hoger en daarmede de zekerheidscoëfficiënten tegen breuk *niet lager* zullen zijn dan de Nederlandsche.

Hierdoor blijft, met de in mijn voordracht gegeven cijfers van de in de verschillende landen geëischte zekerheid tegen de mogelijke belastingen, het betoog dat de Engelsche, Duitsche en Amerikaansche voorschriften zwaarder zijn dan de thans verouderde Nederlandsche, ten volle gehandhaafd.

Het onderhavige vraagstuk kan echter door de invoering — enkele weken nadat de voordracht werd gehouden — van de reeds in 1934 opgestelde nieuwe Nederlandsche voorschriften voor civiele vliegtuigen, welke een sterke overeenkomst vertoonen met de Amerikaansche, verder buiten beschouwing blijven. De hoofdzaak is thans nog, dat ook de voorschriften voor de moderne militaire vliegtuigen verzwwaard worden. Hieraan doet de opmerking van vander Neut, dat de Nederlandsche militaire voorschriften

in 1933 zwaarder waren dan de Duitsche niets af. De moderne jagers en bommenwerpers met groote duiksnelheden werden pas na 1933 gebouwd en nu is toch uit de literatuur, niettegenstaande alle geheimhouding, voldoende bekend, dat bedoelde vliegtuigen *niet* gebouwd zijn op de eischen, die in 1933 als normaal golden, doch op veel zwaardere, terwijl tenslotte, in gevallen, waarin dit niet was gebeurd, alhoewel misschien nimmer erkend, de gevolgen in den vorm van vleugelbreuk, niet achterwege zijn gebleven.

Meen ik hiermede de bezwaren van van der Neut op een min of meer voldoende wijze weerlegt te hebben, zoo lijkt het toch nog gewenscht meer speciaal de aandacht te vestigen op het feit, dat de in mijn voordracht getrokken conclusies geenszins gebaseerd waren op een vergelijking van de Nederlandsche met de buitenlandsche voorschriften, doch langs mathematischen weg en met behulp van experimenteele gegevens uit een groot aantal proefnemingen werden afgeleid, zoodat ook een bestrijding van die conclusies op dezelfde gronden had moeten plaats hebben, daar langs den thans door van der Neut gevolgden weg hoogstens aangetoond zou kunnen worden, dat ook in andere landen civiele dan wel militaire voorschriften bestaan, die niet voldoen aan de eischen, welke aan den modernen jager of duikbommenwerper met groote duiksnelheden dienen te worden gesteld.

Nog wil ik dit wederwoord gaarne eindigen met op te merken, dat het groote vertrouwen, dat tot nu toe werd gesteld in onze bekwame Nederlandsche deskundigen op vliegtuigtechnisch gebied hierdoor geenszins behoeft te worden verminderd. Hoogstens zou kunnen worden vastgesteld, dat het gewenscht lijkt de tijd-roovende gedachtenwisselingen, waarvan van der Neut melding maakt, zooveel mogelijk te beperken, opdat in spoedeisende gevallen sneller gekomen kan worden tot definitieve resultaten.

Dr. ir. G. Otten.

BERICHTEN VAN ALLERLEI AARD.

Normalisatie.

De Normalisatieraad bericht, dat het Januarinum-mer van *Korte Mededeelingen* inhoudt:

Een artikel van den heer A. J. Wisse van het „Bureau voor Normalisatie bij het Departement van Financiën” handelende over het normalisatiewerk van zijn bureau en de behaalde resultaten. Het tweede artikel handelt over de werkzaamheden van commissie AC, Bliksemslagbeveiliging, met een résumé van de voor-beschouwingen — der professoren van Everdingen en van Staveren — over aard en wezen van bliksemslagen, welke beschouwingen aan de ontwerpvoorschriften voorafgaan.

Aangekondigd wordt de verschijning van de normaalbladen N 182, N 300, N 301, N 452, N 656 en N 876 en van de voorontwerpen V 364, V 365, V 697, V 877 en V 1011. Onze verffabrieken zullen belangstellen in de definities, die de ISA-commissie 35 — Grondstoffen voor de verfberijding — te Budapest gegeven heeft van de handelsaanduidingen van loodmenie, loodwit enz.

ISA-commissie 10, Technische teekeningen, eveneens te Budapest bijeen, belooft binnenkort een bulletin te laten verschijnen over de bereikte internationale overeenstemming i.z. formaten, kwaliteit papier, aanduidingen van bewerkingen, toleranties enz.

Op electrotechnisch gebied is een uiteenzetting gegeven van het standpunt, dat ingenomen zal worden door de N.E.C.-commissie 17-8B, t.a.v. een ontwerp-specificatie der I.E.C. 17 over wisselstroomolieschakelaars.

BOEKBESPREKING.

Dr. ir. L. J. de Ven en mr. dr. F. J. W. Sandbergen.

„De wegverkeersordonnantie” 2de druk.

Uitg. Bureau voor administratief-rechterlijke publicaties te Bandoeng.

Prijs: ingen. f 5,75, geb. f 6,50.

Ter recensie ontvingen wij een exemplaar van den 2den druk van „De Wegverkeersordonnantie” door wijlen dr. ir. L. J. de Ven en mr. dr. F. J. W. Sandbergen, welke druk is bewerkt door laatst genoemden schrijver.

Het is een verheugend feit, dat de bewerker nog vóór het in werking treden van de herziene wegverkeerswetgeving (1 Januari 1937) dezen tweeden druk het licht heeft doen zien.

Immers dit, de ingewikkelde wegverkeerswetgeving tot in bijzonderheden toelichtende boek heeft bewezen een onmisbare handleiding te zijn voor al diegenen, die met het wegverkeer iets meer dan uitsluitend als weggebruiker te maken hebben.

Het moge daarom hier in het bijzonder onder de aandacht worden gebracht van degenen, die met eenig wegbeheer zijn belast, en van hen, die met de vergunningsstelsels voor het openbare zoowel als het particuliere vervoer van personen en goederen iets uitstaande hebben.

Zoodra straks wordt overgegaan tot aanwijzing van trajecten, waarop het openbare vervoer van goederen per vrachtauto aan een vergunning wordt gebonden, beteekent dit tevens, dat ook het particuliere vervoer per vrachtauto op deze trajecten onder een vergunningsstelsel valt, zoodat ook de leiders van industriële en cultuurondernemingen alsdan met de wegverkeersvoorschriften op dit punt vertrouwd behooren te zijn.

Om tot het boek zelf terug te keeren, zij vermeld dat in den tweeden druk aan eenige praktische bezwaren tegen den opzet van den eersten druk volledig is tegemoetgekomen.

Het geheel is thans zeer overzichtelijk ingericht, terwijl een uitvoerig alphabetisch register dadelijk den weg wijst naar de plaats, waar het onderwerp, dat men zoekt, wordt behandeld.

Wij bevelen het werk gaarne aan.

Het is zoowel bij den boekhandel, als bij den uitgever verkrijgbaar.

Chalmers, B.

Micro-Plasticity in Crystals of Tin. Proceed. Roy. Soc. London 1936, A. 156, pp. 427-443. (Techn. Pub. International Tin Research Development Council, Ser. A, Nr. 44).

Vele vraagstukken, verband houdende met de fundamentele eigenschappen der metalen, kunnen het best worden nagegaan door experimenteel onderzoek met behulp van één-kristallen. In dit onderzoek werden de aard en de eigenschappen van de elasticiteitsgrens nagegaan, teneinde te weten te komen of de hiervoor verkregen waarde reëel is, of slechts een functie van de nauwkeurigheid van meting. Het verband tusschen spanning, lengte en tijd voor één-kristallen van zeer zuiver tin werd bepaald; hierbij werden de uiterst kleine verlengingen gemeten langs optischen weg, berustend op interferentie. Een aantal nieuwe verschijnselen werd opgemerkt o.a. het plastisch worden van het tin beneden de aangenomen elasticiteitsgrens, door den schrijver micro-plasticiteit genoemd. Tenslotte worden de verkregen resultaten besproken met betrekking tot glijding en vervorming van het kristalrooster.

Bertram, S. H.

The Retarding Effect of Stannous Salts on the Oxidation of Olein and Oils. Techn. Pub. International Tin Research Development Council, Ser. A, Nr. 45.

De auto-oxydatie van textiel-oleïnen en oliën heeft soms aanzienlijke verliezen veroorzaakt door het bederven van materiaal dat ermee behandeld wordt en zelfs door brand te veroorzaken. Om deze zelf-oxydatie tegen te gaan zijn verschillende organische reductie-middelen in gebruik, maar vele ervan zijn te verwerpen, omdat zij vlekken veroorzaken, ruiken en meestal giftig zijn.

Dr. ir. S. H. Bertram van de Nederlandsche Research Centrale te 's-Gravenhage, toont aan, dat de in olie oplosbare zouten van tweewaardig tin goede negatieve katalysatoren zijn, die de oxydatie vertragen en die de genoemde nadeelen niet bezitten. Het toevoegen van circa 0,1% stanno-oleaat, stearaat of benzoaat aan textiel-oliën houdt het begin van oxydeeren geruimen tijd tegen en vertraagt deze reactie sterk, wanneer ze eenmaal begonnen is.

Het mechanisme der vertraging door stanno-zouten werd onderzocht en men vond, dat er een direct verband bestaat tusschen de oxydeerbaarheid van de smeeroliën in de spinnerijen en hun gehalte aan peroxyden. De oxydatie-producten zijn waarschijnlijk de stoffen, die de reactie versnellen, de stanno-zouten werken remmend, omdat zij deze sterk katalytisch werkende oxydatie-producten kunnen reduceeren.

Exemplaren van deze beide publicaties zijn voor belangstellenden op aanvraag gratis verkrijgbaar bij de International Tin Research and Development Council, Prinsessegracht 21, 's-Gravenhage.

Ontvangen boekwerken.

„Stroomlijn verhaaltjes”, door dr. P. G. C. van Oort. Uitg. De Kon. Ned.-Ind. Motor Club te Semarang.

Deze nieuwste uitgave van de I. M. C. houdt een

verzameling van origineele schetsen in, welke oorspronkelijk verschenen in het weekblad *Het motorverkeer* onder de rubriek „Romantiek rond het motorverkeer”. Wij zijn overtuigd, dat de op boeiende en fijngevoelige wijze geschreven verhaaltjes den lezer eenige prettige uren zullen bezorgen.

UIT INHOUD VAN TIJDSCHRIFTEN.

Der Bauingenieur, Jhrg. 17 Heft 45/46, 13 November 1936.

Der Ausbau der Oder zum Grossschiffahrtsweg, von Reg. bauass. K. Böhler. — Der Anschluss Thüringens durch die Werra-Weser an den Mittellandkanal über Minden und nach dem Seehafen Bremen, von Wasserbaudir. Müller. — *Kurze technische Berichte*: Neue Methoden zum Schutz der Böschungen am unteren Mississippi, von Dipl. Ing. Ernst Bachus. — Ueberprüfung der Froude'schen Modellregel durch Vergleich zwischen Naturbeobachtung und Modellversuch, von Dr. Ing. habil. Schleiermacher. — Wasserversorgungsfragen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, von Dr. Rohde. — *Verschiedene Mitteilungen*: Dritte Jahrestagung 1936 der Deutschen Akademie für Bauforschung in Regensburg.

Der Bauingenieur, Jhrg. 17 Heft 47/48, 27 November 1936.

Ein experimenteller Beitrag zur Plastizitätstheorie, von Prof. Dr. E. Chwalla. — Zwei Stahlskelettbauten des Deutschen Gemeinschafts-Diakonie-Verbandes, von Obering. Otto Sudergath. — Gefährdung von Kohlensilos durch schwefelhaltige Kohle, von Prof. Dr. Rich. Grün. — Der geradlinige Trägeranlauf (Schräge), von Ing. Leopold Herzka. — *Kurze technische Berichte*: Amerikanische Versuche mit einbetonierten Stahlstützen, von K. Klöppel. — Die neue Markthalle von Gennevilliers (Seine), von Dipl. Ing. Föhringer. — *Verschiedene Mitteilungen*: Korrosionstagung 1936.

Der Bauingenieur, Jhrg. 17 Heft 49/50, 11 December 1936.

Neuere Wasserbauarbeiten in Ungarn, von Ing. A. Trummer. — Neuere amerikanische Erdbaugeräte, von Reg. Baurat Dr. Ing. W. Loos. — Die Beförderung des Baugerätes mit Traktoren, von Prof. Dr. Ing. Wilhelm Müller. — *Kurze technische Berichte*: Neuere französische Flugzeughallen, von Mehmel. — Beiträge zur praktischen Bodenmechanik, von Dr. Ing. H. Petermann. — Praktische Anwendung der Bodenmechanik im Gross-Erdbau, von Dr. Ing. H. Petermann. — *Verschiedene Mitteilungen*: Zweiter Kongress der Internationalen Vereinigung für Brückenbau und Hochbau, von Ferd. Schleicher.

Die Bautechnik, Jhrg. 14 Heft 48, 6 November 1936.

Ein überführungs- und Rampenbauwerk in Mainz-Süd (Schluss), von Ing. Wilhelm Maurer. — Umbau der Fähre Vegesack-Lemwerder, von Baur. R. Gewinner. — Eigenspannungen und Dauerfestigkeit, von Dr. Erich Gerold. — *Vermischtes*: Neuere Strassenwalzen. — *Beilage*: *Der Stahlbau*, Jhrg. 9 Heft 23: Die Beurteilung der Resonanzfähigkeit von Stab- und Fachwerken auf Grund von Modellversuchen, von Prof. Dr. Ing. Kaufmann. — Der Einfluss einer Ungleichartigkeit der Fehlerhebel auf die Tragfähigkeit aussermittigt gedrückter Stahlstützen, von Prof. Dr. techn. J. Fritsche. — Das Kreuzungsbauwerk der Nord-Süd-S-Bahn der Deutschen Reichsbahn Gesellschaft an den Weidendammer Brücke in Berlin (Schluss), von Ing. Fritz Hanebeck.

Die Bautechnik, Jhrg. 14 Heft 49, 13 November 1936.

Tätigkeit der staatlichen Flussbauverwaltung in Bayern im Jahre 1935 (Schluss), von Ministerialrat von Nitzsch. — Die neuen Talsperrendämme im Harz.

Erfahrungen bei Vorarbeiten, Gestaltung, Bau und Betrieb des Söse- und Oderwerkes der Harzwasserwerke (Fortsetzung), von Prof. Dr. Ing. Collorio. — Versuche mit Asphaltbauweisen im Wasserbau, von Dr. Ing. Otto Kirschmer.

Die Bautechnik, Jhrg. 14 Heft 50, 20 November 1936. Alte und neue Einpressdübel, von Prof. Dr. Ing. E. Gaber. — Flussquerschnitt und Profiltradius, von Prof. Dr. Ing. R. Winkel. — Ueber den Mustapha-Wellenbrecher im Hafen von Algier. — *Vermischtes*: Bauliche Massnahmen zur Korrosionsverhütung im Stahlbau. — *Beilage: Der Stahlbau*, Jhrg. 9 Heft 24: Versuche über die Längenänderungen und über die Tragfähigkeit von Nietverbindungen aus St 52 unter oft wiederkehrenden Wechseln zwischen Zug- und Druckbelastung, von Otto Graf. — Der Einfluss einer Ungleichartigkeit der Fehlerhebel auf die Tragfähigkeit aussermittig gedrückter Stahlstützen (Schluss), von Prof. Dr. techn. J. Fritsche. — Beitrag zur Schweissstechnik im Brückenbau, von Dipl. Ing. Ernst Bergfeld.

Beton und Eisen, Jhrg. XXXV Heft 21, 5 November 1936.

Die Reichsautobahn-Talbrücke am Rinderstall. Eine neue Brückenform, von Ing. H. Schlüter. — Baugrunduntersuchung. Nach einem Vortrag von Geh. Reg. Rat Prof. Dr. Ing. A. Hertwig vor der 65. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen. Bericht von A. Ramspeck und R. Müller. — Die Versuchspilzdecke in Baku. Einige Ergebnisse der Probelastung, von Prof. M. Steuermann. — *Vermischtes*: Die Verwendung der O-Balken bei Fabrikbauten.

Beton und Eisen, Jhrg. XXXV Heft 22, 20 November 1936.

Wiederherstellung der Mohammed Aly Moschee in Cairo, von Dr. Ing. W. Stross. — Die Versuchspilzdecke in Baku. Einige Ergebnisse der Probelastung (Schluss), von Prof. M. Steuermann. — Eisenbetonfahrbahnplatten nach DIN 1075, von Dipl. Ing. Kurt Leiser. — *Zuschriften an die Schriftleitung*: Das alte n-Verfahren und die neuen n-freien Berechnungsweisen des Eisenbetonbalkens.

Engineering News-Record, Vol. 117 No. 18, 29 October 1936.

Second steel-faced dam built for Colorado Springs. — Glass block windows aid functional design of factory. — Tunnels reduce slide hazard on cliffside road. — Long steel arches erected by falsework elevator. — Structural alloys and river control, discussed at Pittsburgh II. — Trench blasted from riverbed for gasoline line crossing. — Adjusting rough traverses, by Lawrence Pratt. — Multi-lens camera for aerial mapping. — *Letters to the Editor*: Discontinuous-web girder design outlined, by M. A. Drucker. — Stress in concrete beams, by C. A. P. Turner.

Engineering News-Record, Vol. 117 No. 19, 5 November 1936.

Achieving strength and tightness in cut-and-cover conduit, by D. B. Gumensky. — Cellular concrete bridges being built in Washington. — Harbor improvements at Dunkerque. — Recurfacing 29-year old streets at Lawton, Oklahoma. — Hodges Dam strengthened. — *Current Highway Problems VI*: Township roads, by Murray D. van Wagoner. — Timber roof trusses of 111-ft. span placed by crane after assembly. — Water pollution control discussed at public health meeting. — *Letters to the Editor*: Cloudburst flood formula, by John W. Pritchett and George C. Commons.

Engineering News-Record, Vol. 117 No. 20, 12 November 1936.

Special problems of hingeless arch erection, by W. K. Greene. — New filtration plant at Springfield, Ill. — Secondary treatment of sewage in an artificial lake, by F. E. Giesecke and P. J. A. Zeller. — Steep concrete face on rockfill dam in China. — Suro weir investigations furnish discharge coefficients, by E. Soucek, H. E. Howe and F. T. Mavis. — Freeway

design principles applied on a rural road, by Earle S. Draper. — Flow turbulence analyzed by means of photography. — *Current Highway Problems VII*: Intercity arterial roads, by E. C. Lawton. — Railway bridge maintenance discussed by engineers. — Cantilever bridge erected from one end, by S. M. Smith. — New stories of steel framing added to timber building.

Engineering News-Record, Vol. 117 No. 21, 19 November 1936.

Chicago's sewer tunnels. — Pumping grandstand concrete in cold weather, by Emory D. Roberts. — Midwest Sewage Meeting features research and design. — Venturi measurement of raw and digested sludge, by C. E. Keefer. — Concrete pavement and base embody latest research, by H. F. Clemmer. — Mountain water for Little Rock. — N. Y. current notes on sewage disposal, by Willem Rudolfs. — Old steel truss bridge moved to serve detour, by Bernard F. Perry. — *Letters to the Editor*: Better flow formulas, by George G. Commons.

Le Génie Civil, Tome CIX No. 20, 14 November 1936.

Electricité: La nouvelle centrale électrique de Fulham, à Londres, par Ing. Jacques Dumas. — *Matériaux de Construction*: Une méthode pratique pour fixer la composition des bétons, par R. Feret. — *Variétés*: Le percement des galeries de décharge du barrage de Fort Peck, sur le Missouri (Montana, Etats-Unis).

Le Génie Civil, Tome CIX No. 21, 21 November 1936.

Variétés: Pont métallique pour route et voie ferrée sur le Mississipi, à La Nouvelle-Orléans (Etats-Unis).

Le Génie Civil, Tome CIX No. 22, 28 November 1936.

Sciences: Mécanique et astronomie modernes, par prof. M. Albert Métal. — *Travaux Publics*: La construction des grandes écluses du Canal Albert, en Belgique, par A. Bijls. — *Congrès*: La troisième Conférence Mondiale de l'Energie et le deuxième Congrès de la Commission internationale des Grands Barrages (Washington, septembre 1936), par Pierre Lion. — *Variétés*: Les recherches du Comité anglais d'études sur la corrosion.

Le Génie Civil, Tome CIX No. 23, 5 December 1936.

Travaux publics: Le viaduc de San Francisco à Oakland, à travers la baie de San Francisco (Californie). — *Congrès*: La troisième conférence Mondiale à l'Energie (Washington, 7-12 septembre 1936), par Pierre Lion. — *Résistance des Matériaux*: L'expression algébrique de la ligne élastique de la pièce droite fléchie, par V.-A. Nicolsky.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 Nr. 21, 21 November 1936.

Die Deutschen Reichsautobahnen, von Walter Wirth. — Eindrücke vom Berliner Kongress der Internationalen Vereinigung für Brücken- und Hochbau, von Carl Jegher.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 Nr. 22, 28 November 1936.

Beitrag zur Berechnung des Stabbogens am Beispiel eines Entwurfes für die Kräzernbrücke, von Ing. O. Schubert. — Vom Ziegeldach.

Schweizerische Bauzeitung, Band 108 Nr. 23, 5 December 1936.

Berechnung nicht biegeungssteifer Rotationsschalen für Winddruck, von Ing. Arch. Erich Wiedemann. — Der Eisenbahnbau in Iran, von Prof. Robert Grünhut. — Das Schweizer Bundesbrief-Archiv in Schwyz, von Arch. J. Beeler. — Die Klimaanlage des Bundesbrief-Archivs, von Ing. M. Hottinger. — *Mitteilungen*: Wärmefluss als Korrosionsursache. — Berücksichtigung der Gurtsteifigkeit bei der Berechnung der „mittragenden Breite“.

Travaux, 20. année No. 47, November 1936.

Le pont sur le lac Malar, à Stockholm, par M. G. Balbachevsky. — Sur la normalisation des coffrages, par M. Lucien Cadet. — Le hangar en béton

armé de Lanveoc-Poulmic. — Isolants thermiques et beton armé à couche interne (béton stratifié), par le Professeur M. Steuermann. — Béton projeté et enduits de ciment. Une machine simple et française. — *Technique Municipale*: Traitement et épuration des eaux d'égout. — Un captage en bordure de mer. Application de la méthode Porchet pour le calcul du débit du puits, par M. Maurice Monte. — Egouts et curages d'égouts, par M. Robert Tournier. — Machine surfaceuse-finisserie „Cofral” pour routes et aires bétonnées.

Z — V D I, Band 80 No. 47, 21 November 1936.

Mathematische Geräte zum Integrieren. Planimeter, Integrimeter, Integraphen, von A. Walther. — Vielseitig verwendbare Prüfmaschine. — Uebertragung und Verteilung elektrischer Energie in den Vereinigten Staaten von Amerika, von Landesbaur. Dr. Ing. E. H. A. Menge. — *Aus der Ingenieurforschung*: Die Verteilung der Regenspenden in Deutschland, von Fr. Reinhold. — Die Bewegung der Schwerstoffe in flachgeneigten Röhren, von Dr. Chr. Keutner. — Biegebeanspruchung der rechteckigen Platte als Wand eines Flüssigkeitsbehälter, von H. Fritz. — Lärm- und Erschütterungsabwehr im Hochbau.

Z — V D I, Band 80 No. 48, 28 November 1936.

Prüfmaschinen zur Ermittlung der Dauerfestigkeit, von Dr. Ing. H. Oschatz.

Z — V D I, Band 80 No. 49, 5 December 1936.

Anstrichstoffe für Heeresgut und ihre Prüfung, von J. F. Peters. — *Aus der Ingenieurarbeit*: Tiefbohrtechnik, von Dr. Ing. R. v. Zwerger. — *Aus der Ingenieurforschung*: Fahrversuche an Kraftwagen mit Luft- und Vollgummireifen, von E. Gerlach. — Abhängigkeit der Wechselfestigkeit des Stahles von der Lastwechsel-frequenz, von M. Hempel.

Verkehrstechnik, Jhrg. 17 Heft 22, 20 November 1936.

Wirtschaftliche Steigerung der Reisegeschwindigkeit bei Strassenbahnen, von Reg. baum. a.D. Ernst Dozler. — Der Einfluss des Schleuderns auf die Fahrgeschwindigkeit und Ausgestaltung der Kraftwagenstrasse, von Prof. Ing. Fr. Müller. — Der Ausbau von Krümmungen in Luxemburg, von Prov. Baur. Dr. Ing. Renfert.

Verkehrstechnik, Jhrg. 17 Heft 23, 4 December 1936.

Die Zukunft des Personennahverkehrs, von Dir. Dipl. Ing. O. Willenberg. — Triebwagenbetrieb bei regelspurigen, nicht reichseigenen Schienenbahnen, von Reg. baum. a.D. M. Semke. — Vielstufen-Fahrschalter, von Dir. Dipl. Ing. H. von Buttlar. — Neue Gleichstrom-Doppeltriebwagen der Köln-Bonner Eisenbahnen, von Reg. baum. a.D. F. Kleuker. — Dieselmekanischer Triebwagen der Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft, von Baur. P. Mauck. — Neue Beiwagen in Ganzmetallbauart der Stuttgarter Strassenbahnen, von Oberbaur. H. Ling. — Die Verwendung von Quecksilberdampfstrom richtern in Bahnanlagen mit Nutzbrem-sung, von Reg. Rat Dipl. Ing. R. Spies.

PERSONALIA.

Ir. G. van Esch, ingenieur t/b van den Prov. Wat. van O.-Java, is overgeplaatst van Banjoewangi naar Kediri.

Ir. W. H. Oosten, administrateur bij de B.P.M., vertrok van Balikpapan met verlof naar Europa.

Ir. K. Scholtens, idem, is overgeplaatst van P. Brandan naar Balikpapan.

Ir. J. Over, ingenieur bij de B.P.M., is overgeplaatst van P. Bukom naar Balikpapan.

Ir. A. L. de Vost tot Nederveen Cappel, ingenieur 2e klasse bij de Zuster-Mijen, is na omme-komst van zijn Europ. verlof geplaatst te Tegal en ingaande 1 Jan. 1937 belast met de functie van Sectie-ingenieur van Weg en Werken.

Ir. P. K. Termijtelen is ter beschikk. gesteld van den Prov. Wat. van M.-Java en geplaatst te Tegal.

Ir. E. W. H. Clason, ingenieur t/b van idem, is overgeplaatst van Tegal naar Poerwokerto.

KON. INST. VAN INGENIEURS. Groep Ned.-Indië.

BESTUURSMEEDEDELINGEN.

Adresseering.

In verband met veelvuldig voorkomende, foutieve adresseering van poststukken, bestemd voor den *Groeps-Secretaris* of de *Administratie van het tijdschrift*, wordt de aandacht van leden en abonné's er op gevestigd, dat bedoelde stukken geadresseerd dienen te worden: Bragaweg 38, Bandoeng.

Voorgestelde en aangenomen nieuwe leden.

De in nummer 12 van den vorigen jaargang voorgestelde leden zijn aangenomen.

Voorgesteld worden als gewoon lid:

F. C. Vervooren, eerste luitenant der Genie te Balikpapan;

ir. J. G. H. Ubahghs, ingenieur b/d Dienst v/d Mijnbouw te Bandoeng;

ir. A. Poldervaart, wnd. secretaris v/d Normalisatieraad te Bandoeng;

ir. P. G. H. A. Fermin, ingenieur b/d Alg. Ind. Mijnbouw en Exploitatie Mij. te Bandoeng;

als junior lid:

dr. ir. J. H. Haspers, ingenieur b/h Dept. van V. en W. te Bandoeng;

ir. W. F. vander Kraats, ingenieur b/h A. I. A. Bureau-Sitzen en Louzada te Bandoeng;

R. Ng. P. Koesoedianto Hadinoto, student aan de T. H. te Bandoeng;

Kwee Tat Sam, idem.

Eventuele bezwaren tegen deze candidaatstelling worden vóór 10 Maart a.s. ingewacht bij den Secretaris, Bragaweg 38, Bandoeng.

IN NEDERLANDSCH-INDIË

II. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE.

INHOUD: Beschouwingen over axiaal-symmetrische potentiaalstromingen, door prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh. — *Uit de praktijk*: Ontwerp van een waterreservoir, door ir. J. F. Bish.

Beschouwingen over axiaal-symmetrische potentiaalstromingen

(met 12 figuren)

door

prof. ir. C. G. J. VREEDENBURGH.

Voor axiaal-symmetrische potentiaalstromingen bestaat, evenals bij vlakke stroomingen, naast een potentiaalfunctie ook een *stroomfunctie*. Deze functies voldoen echter *niet* aan de differentiaalvergelijking van Laplace, terwijl ze ook niet verwisselbaar zijn.

Voor de grafische oplossing van het stroombeeld in een meridiaanvlak, moet de methode, welke voor vlakke stroomingen geldt, worden gewijzigd.

Grafische superpositie van verschillende *co-axiale* stroomingen blijft evenwel mogelijk, mits de meridionale stroombeelden zijn geteekend met ook *onderling* gelijke parameterverschillen der potentiaal- en stroomlijnen.

Het een en ander wordt toegelicht aan de hand van eenige voorbeelden.

Het *ellipsoidisch* lijnfilter door de Glee toegepast, blijkt identiek te zijn met een *homogeen* lijnfilter van dezelfde lengte en capaciteit, bedoeld door Frey Samsioe.

1. De potentiaal- en stroomfuncties bij axiaal-symmetrische stroomingen.

Onder een axiaal-symmetrische strooming wordt verstaan een zoodanige strooming, waarbij alle stroomlijnen meridiaankrommen zijn van co-axiale omwentelingsoppervlakken, terwijl deze lijnen in een vlak door de omwentelingsas, symmetrisch ten opzichte van die as zijn gelegen.

Zij in *fig. 1*, *OY* de omwentelingsas (symmetrieas), dan zal in een willekeurig punt *P* van het stroomingsveld, de werklijn van den snelheidsvector *w* b.v. volgens *SP* zijn gericht. Echter zal dan in ieder punt van den parallelcirkel door *P*, met *M* als middelpunt en *MP* = ρ als straal, de snelheidsvector de as in het *zelfde* punt *S* moeten snijden, terwijl de snelheid zoowel in richting als in grootte met die in *P* overeenkomt. Daar het stroomlijnenbeeld in alle meridiaanvlakken dezelfde is, kan een *axiaal-symmetrische strooming* dus in een plat vlak worden voorgesteld.

Ontbindt men de snelheid *w* in de componenten *w_ρ* evenwijdig aan de as en *w_φ* loodrecht daarop, dan is het duidelijk dat men kan stellen:

$$\left. \begin{aligned} w_{\rho} &= f_1(\rho, y) \\ w_y &= f_2(\rho, y) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

Bij een *niet* wervelvrije strooming, kan men in het algemeen den wervelvector ε in *P* ontbinden in een component ε_y evenwijdig aan de as (*axiaal-wervel*), een component ε_{ρ} volgens ρ (*radiaal-wervel*) en een component ε_t volgens de raaklijn in *P* aan den parallelcirkel door *P* (*ring- of tangential-wervel*). Men zal gemakkelijk inzien, dat bij een axiaal-symmetrische strooming alleen de *ringwervel* kan

bestaan, waarvan de vector loodrecht staat op het meridiaanvlak; de wervel zelf dus *in* dat vlak is gelegen.

Een axiaal-symmetrische strooming is derhalve *wervelvrij*, wanneer in alle punten de *ringwervel* nul is.

In dit geval heeft men (lit. 6)¹⁾:

$$\varepsilon_t = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\partial w_{\rho}}{\partial y} - \frac{\partial w_y}{\partial \rho} \right) = 0 \dots\dots\dots (2)$$

waaruit het bestaan van een potentiaalfunctie $\phi(\rho y)$ volgt, zoodanig dat:

$$\left. \begin{aligned} w_{\rho} &= \frac{\partial \phi}{\partial \rho} \\ w_y &= \frac{\partial \phi}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

Immers door substitutie in verg. (2) blijkt, dat aan deze voorwaarde wordt voldaan.

De oppervlakken $\phi = \text{constant}$, stellen blijkbaar omwentelingsoppervlakken voor met *OY* als as, terwijl tevens geldt dat:

$$w = \left[\left(\frac{\partial \phi}{\partial \rho} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} = \text{grad. } \phi \dots\dots\dots (4)$$

De *continuïteitsvoorwaarde* der strooming kan op de volgende wijze worden afgeleid²⁾. Men beschou-

1) Beteekent No. 6 van de literatuuropgave aan het einde van dit opstel.

2) Voor een analytische afleiding, uitgaande van de algemeene voorwaarde $\text{div. } w = 0$, onder invoering van cylindercoördinaten, kan b.v. worden verwezen naar lit. 2 blz. 345 e.v.

we in P (fig. 1) een ruimte-elementje begrensd door twee omwentelingscilinders met OY als as en stralen van resp. ρ en $\rho + d\rho$; twee meridiaanvlakken die een hoek $d\varphi$ insluiten en twee parallelvlakken op een afstand dy van elkaar (fig. 2).

Bij een onsamendrukbare vloeistof stroomt het ruimte-elementje per tijdseenheid even veel vloeistof uit als in. Bedenkende, dat bij een axiaal-symmetrische strooming de snelheid alleen een axiale en een radiale componenten heeft, geldt dus de volgende voorwaarde:

$$(w_\rho + \frac{\partial w_\rho}{\partial \rho} \cdot d\rho) \cdot BCGF + (w_y + \frac{\partial w_y}{\partial y} \cdot dy) \cdot EFGH - w_\rho \cdot ADHE - w_y \cdot ABCD = 0 \quad (5)$$

Substitueert men in (5) voor de oppervlakten der begrenzingsvlakjes van het ruimte-elementje de waarden:

$$\begin{aligned} ABCD &= EFGH = (\rho + \frac{1}{2} \cdot d\rho) \cdot d\varphi \cdot dy \\ ADHE &= \rho \cdot d\varphi \cdot dy \\ BCGF &= (\rho + d\rho) \cdot d\varphi \cdot dy \end{aligned}$$

zoo krijgt men:

$$\begin{aligned} (w_\rho + \frac{\partial w_\rho}{\partial \rho} \cdot d\rho) \cdot (\rho + d\rho) \cdot d\varphi \cdot dy + (w_y + \frac{\partial w_y}{\partial y} \cdot dy) \cdot (\rho + \frac{1}{2} \cdot d\rho) \cdot d\varphi \cdot d\rho - w_\rho \cdot \rho \cdot d\varphi \cdot dy - w_y \cdot (\rho + \frac{1}{2} \cdot d\rho) \cdot d\varphi \cdot d\rho &= 0 \end{aligned}$$

of uitgewerkt met wegvalling der oneindig kleinen van de vierde orde ten opzichte van die der derde orde:

$$\left[\rho \frac{\partial w_\rho}{\partial \rho} \cdot d\rho + w_\rho \cdot d\rho \right] \cdot d\varphi \cdot dy + \rho \cdot \frac{\partial w_y}{\partial y} \cdot dy \cdot d\varphi \cdot d\rho = 0$$

Tenslotte vindt men na deeling van beide leden door $dy \cdot d\varphi \cdot d\rho$:

$$\frac{\partial w_\rho}{\partial \rho} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{w_\rho}{\rho} = 0 \quad (6)$$

hetgeen ook als volgt kan worden geschreven:

$$\frac{\partial (\rho \cdot w_\rho)}{\partial \rho} + \frac{\partial (\rho \cdot w_y)}{\partial y} = 0 \quad (7)$$

Beeldt men de strooming af in het XOY -vlak, dat blijkbaar ook een meridiaanvlak is, zoo worden bij vervanging van ρ door x , de vergelijkingen der axiaal-symmetrische strooming met OY als as, in verband met (2) en (7):

$$\frac{\partial w_x}{\partial y} - \frac{\partial w_y}{\partial x} = 0 \quad (2')$$

$$\frac{\partial (x \cdot w_x)}{\partial x} + \frac{\partial (x \cdot w_y)}{\partial y} = 0 \quad (7')$$

terwijl bij invoering van een potentiaalfunctie $\phi(xy)$, verg. (3) wordt:

$$\left. \begin{aligned} w_x &= \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ w_y &= \frac{\partial \phi}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (3')$$

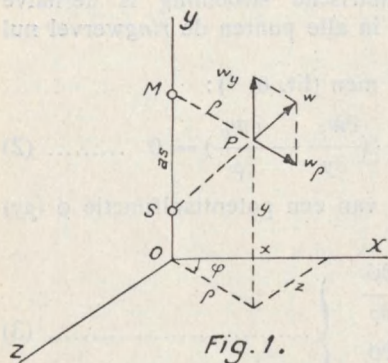


Fig. 1.

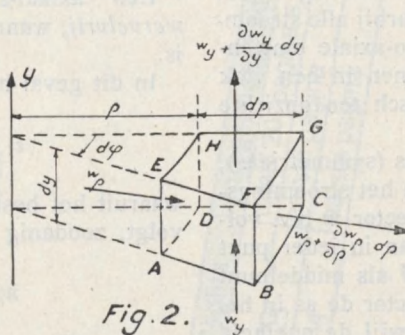


Fig. 2.

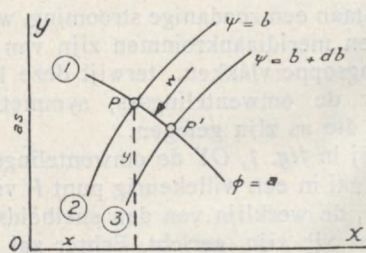


Fig. 3.

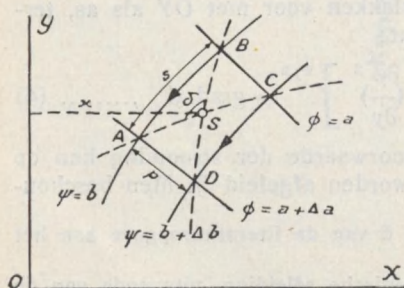


Fig. 4.

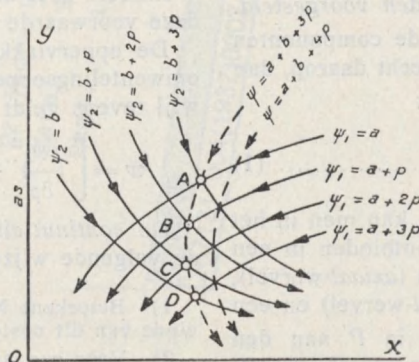


Fig. 5.

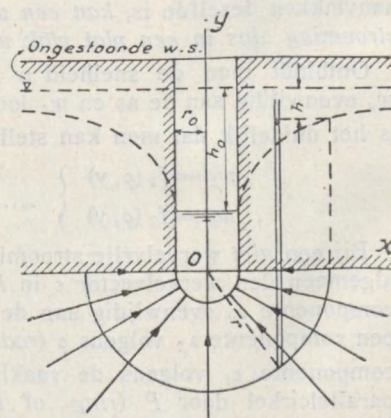


Fig. 6.

Uit verg. (7') volgt, dat men nog een functie $\psi(xy)$ kan invoeren zoodanig, dat:

$$\left. \begin{aligned} x \cdot w_x &= \frac{\partial \psi}{\partial y} \\ x \cdot w_y &= -\frac{\partial \psi}{\partial x} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

waarvan de juistheid door substitutie in (7') dadelijk blijkt.

In fig. 3 zij van het *meridionaal* stroombeeld in XOY, kromme 1 de lijn $\phi = a$ en kromme 2 de lijn $\psi = b$, waarbij a en b constanten zijn. Beide krommen snijden elkaar in P met de coördinaten x en y .

De tangens van den hoek, dien de raaklijn in P aan de kromme $\psi = b$ maakt met de positieve x -richting wordt in verband met (8) gegeven door:

$$m_2 = \frac{dy}{dx} = -\frac{\partial \psi}{\partial x} : \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{w_y}{w_x} \dots\dots\dots (9)$$

De *stroomsnelheid* in P valt dus volgens de raaklijn in P aan de kromme $\psi = b$. In het algemeen geldt dit voor ieder punt van een kromme $\psi = \text{constant}$. De krommen $\psi = \text{constant}$ zijn derhalve *stroomlijnen*, waarom $\psi(xy)$ de *stroomfunctie* wordt genoemd.

De tangens van den hoek, dien de raaklijn in P aan de kromme $\phi = a$ maakt met de positieve x -richting wordt gegeven door:

$$m_1 = \frac{dy}{dx} = -\frac{\partial \phi}{\partial x} : \frac{\partial \phi}{\partial y} = -\frac{w_x}{w_y} \dots\dots\dots (10)$$

Uit (9) en (10) volgt, dat de krommen $\phi = a$ en $\psi = b$ elkaar rechthoekig snijden. In het algemeen geldt dit natuurlijk voor een willekeurige stroomlijn en een willekeurige potentiaallijn ³⁾.

In fig. 3 is nog een tweede stroomlijn geteekend (kromme 3), waarvan de parameterwaarde een oneindig klein bedrag db verschilt van die van kromme 2.

Daar de potentiaallijn $\phi = a$ beide stroomlijnen rechthoekig snijdt, is $PP' = dn$ dus de oneindig kleine afstand tusschen de zeer dicht bij elkaar gelegen stroomlijnen 2 en 3.

Alzoo heeft men in P :

$$\text{grad. } \psi = \left[\left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{db}{dn}$$

of in verband met (8):

$$\left[(x \cdot w_y)^2 + (x \cdot w_x)^2 \right]^{1/2} = x \cdot w = \frac{db}{dn} \dots\dots (11)$$

Blijkbaar stroomt tusschen de beide stroomingsoppervlakken 2 en 3 per tijdseenheid een hoeveelheid:

$$dq = 2 \cdot \pi \cdot x \cdot dn \cdot w$$

hetgeen in verband met (11) geeft:

$$dq = 2 \cdot \pi \cdot db \dots\dots\dots (12)$$

3) Hierbij bedenke men, dat ruimtelijk beschouwd, men natuurlijk te doen heeft met potentiaal- en stroomingsoppervlakken, die beide omwentelingsoppervlakken zijn met OY als as. De hier beschouwde lijnen $\phi = \text{constant}$ en $\psi = \text{constant}$ zijn dan de snijkrommen van deze oppervlakken met het meridiaanvlak XOY.

Beschouwt men een oneindig aantal zeer dicht bij elkaar gelegen stroomingsvlakken tusschen de vlakken $\psi = b_1$ en $\psi = b_2$ ($b_2 > b_1$), dan volgt uit (12) voor den waterafvoer tusschen deze vlakken:

$$q = 2 \cdot \pi \cdot (b_2 - b_1) \dots\dots\dots (13)$$

Bij een axiaal-symmetrische strooming geldt dus, dat de waterafvoer tusschen twee stroomingsvlakken gelijk is aan $2 \cdot \pi$ keer het verschil der parameterwaarden der betrekkelijke stroomfunctie.

De potentiaal- en stroomfuncties eener axiaal-symmetrische strooming moeten aan bepaalde differentiaalvergelijkingen voldoen, die als volgt kunnen worden afgeleid.

De continuïteitsvergelijking (7') kan ook worden geschreven:

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{w_x}{x} = 0 \dots\dots\dots (14)$$

Substitueert men hierin de waarden (3') dan vindt men:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \phi}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots (15)$$

zijnde de vergelijking waaraan de *potentiaalfunctie* moet voldoen.

Substitueert men de waarden (8) in de vergelijking (2'), die de wervelvrijheid uitdrukt, zoo vindt men:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \cdot \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) &= 0 \\ \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{1}{x^2} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} - \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} &= 0 \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

zijnde de differentiaalvergelijking waaraan de *stroomfunctie* moet voldoen.

2. Vergelijking van het meridionaal stroombeeld eener axiaalsymmetrische strooming en het stroombeeld eener vlakke potentiaalstrooming.

Vergelijkt men het meridiaanstroombeeld eener axiaal-symmetrische strooming met dat eener vlakke potentiaalstrooming, zoo bestaat er wel eenige gelijkenis. Immers bij beide zijn stroom- en potentiaallijnen orthogonaal aan elkaar toegevoegd, terwijl de snelheid gelijk is aan den gradiënt van de potentiaal. Verder is het parameterverschil van twee stroomlijnen een maat voor den waterafvoer tusschen de twee stroomingsvlakken, echter met dien verstande, dat bij een axiaal-symmetrische strooming, dit parameterverschil volgens (13) met $2 \cdot \pi$ moet worden vermenigvuldigd.

Men bedenke echter vooral, dat de stroomfunctie bij een axiaal-symmetrische strooming van een andere aard is dan bij een vlakke strooming, hetgeen zijn oorzaak vindt in de continuïteitsvoorwaarde (7') of (14).

Geldt zooals bekend is voor een vlakke strooming:

$$\operatorname{div} w = \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} = 0 \quad (17)$$

zoo geldt voor een axiaal-symmetrische strooming:

$$\operatorname{div} w = -\frac{w_x}{x} \quad (18)$$

Hierdoor voldoen de potentiaal- en stroomfuncties bij een axiaal-symmetrische strooming volgens (15) en (16) aan *verschillende vergelijkingen* nl.

$$\left. \begin{aligned} \Delta\phi &= \frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\phi}{\partial y^2} = -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial\phi}{\partial x} \\ \Delta\psi &= \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} = +\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial\psi}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

terwijl, zooals bekend is, bij een vlakke strooming geldt:

$$\Delta\phi = \Delta\psi = 0 \quad (20)$$

Bij een axiaal-symmetrische strooming zijn in tegenstelling met een vlakke strooming de potentiaal- en stroomfuncties dus *niet verwisselbaar*.

Zooals in lit. 6 uitvoerig werd uiteengezet, kan een *vlakke* potentiaalstrooming met gegeven begrenzings grafisch tot oplossing worden gebracht. Is men er n.l. in geslaagd binnen deze begrenzings twee stelsels orthogonaal aan elkaar toegevoegde kromme lijnen te tekenen zoodanig, dat de krommen, die alle vloeiende diagonalen der bogenvierhoeken bevatten, eveneens orthogonaal aan elkaar zijn toegevoegd, zoo heeft men het stroomingsbeeld verkregen, gevormd door potentiaal- en stroomlijnen, met gelijke en voor beide stelsels ook dezelfde parameterverschillen.

Blijkbaar kan deze werkwijze voor het meridiaan-stroombeeld van een *axiaal-symmetrische* strooming niet meer worden toegepast. Immers het stroombeeld kan hier niet meer ontstaan door een conforme afbeelding van een net van vierkanten, omdat tusschen de potentiaal- en stroomfuncties niet meer de betrekkingen gelden van *C a u c h y-R i e m a n n* nl.:

$$\frac{\partial\phi}{\partial x} = \frac{\partial\psi}{\partial y} \text{ en } \frac{\partial\phi}{\partial y} = -\frac{\partial\psi}{\partial x}$$

Volgens (3') en (8) gelden voor een axiaal-symmetrische strooming de betrekkingen:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial\phi}{\partial x} &= \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial\psi}{\partial y} \\ \frac{\partial\phi}{\partial y} &= -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial\psi}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Wenscht men een regel voor de grafische constructie van het meridiaan stroombeeld eener axiaal-symmetrische strooming door opvolgende benaderingen, dan kan deze als volgt worden afgeleid.

In fig. 4 stelde *ABCD* een *elementair* rechthoekje voor, resp. gevormd door twee potentiaallijnen met parameterwaarden a en $a + \Delta a$ en twee stroomlijnen met parameterwaarden b en $b + \Delta b$.

De parameterverschillen Δa en Δb kiese men zoodanig dat:

$$\Delta b = x_0 \cdot \Delta a \quad (22)$$

waarbij x_0 de eenheidsabscis is, met behulp waarvan de abscissen x van punten van het gezochte stroombeeld worden gemeten.

Men stelle $x = \xi \cdot x_0$ en verder $AB = CD = s$ en $AD = BC = p$

De waterafvoer tusschen de beide stroomingsoppervlakken AB en CD is blijkbaar in verband met (13):

$$2 \cdot \pi \cdot x \cdot p \cdot \frac{\Delta a}{s} = 2 \cdot \pi \cdot \Delta b$$

hetgeen met (22) wordt:

$$\frac{s}{p} = \xi \quad (23)$$

De hoek δ , waaronder de diagonalen van het elementair rechthoekje elkaar in S snijden, wordt dus bepaald door de betrekking:

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} \delta = \frac{\frac{1}{2} \cdot s}{\frac{1}{2} \cdot p} = \xi \quad (24)$$

Uit het bovenstaande volgt, dat men de oplossing van het meridiaan stroombeeld eener axiaal-symmetrische strooming heeft verkregen, wanneer men er door opvolgende benaderingen in is geslaagd, om binnen de gegeven begrenzings twee stelsels orthogonaal aan elkaar toegevoegde kromme lijnen te tekenen, die aan de voorwaarde voldoen, dat de vloeiende diagonalen der bogenvierhoeken elkaar in ieder snijpunt zoodanig snijden, dat de naar de stroomlijn toegekeerde hoek gelijk is aan $2 \cdot \operatorname{bg} \operatorname{tg} \xi$. Hierbij

is $\xi = \frac{x}{x_0}$ als x de afstand is van het snijpunt tot

de as en x_0 een willekeurige eenheidsafstand.

Het parameterverschil tusschen twee opvolgende stroomlijnen is dan in het aldus verkregen stroombeeld x_0 keer het parameterverschil tusschen twee opvolgende potentiaallijnen.

Voor een vlakke strooming kunnen zooals bekend is, twee bij elkaar behorende potentiaal- en stroomfuncties worden gevonden, door $\phi + i\psi$ gelijk te stellen aan een willekeurige functie van $(x + iy)$ en in deze vergelijking de reële en imaginaire gedeelten aan elkaar gelijk te stellen (lit. 7). Het is duidelijk, dat dit voor axiaal-symmetrische stroomingen *niet meer geldt*, omdat men dan oplossingen krijgt, die aan (20) voldoen en niet aan (19).

Alleen wanneer $x = \infty$, d.i. dus practisch op zeer grooten afstand van de as , gaat betrekking (18) in (17) over en kan de axiale strooming als een vlakke strooming worden opgevat.

In alle andere gevallen zal men, indien de analytische weg wordt gekozen, oplossingen moeten vinden van de vergelijkingen (19), die aan de gegeven

randvoorwaarden van het stroomingsveld voldoen. Voor de methoden, die daarbij kunnen worden gevolgd, kan worden verwezen naar lit. 1, blz. 135 e.v. Geeft de exacte oplossing te veel moeilijkheden, zoo vergenoegt men zich dikwijls met een benadering (lit. 9).

Bij het theoretisch onderzoek van axiaal-symmetrisch grondwaterstromen met *vrijen waterspiegel*, heeft men evenals bij vlakke grondwaterstromingen, weer te doen met de moeilijkheid, dat het phreatisch oppervlak als begrenzing van het stroomingsveld niet a priori bekend is. Het eenige, dat men weet is, dat het phreatisch oppervlak (afgezien van capillaire strooming) door potentiaaloppervlakken met constante parameterverschillen (d.z. hier constante stijghoogteverschillen van het grondwater) wordt gesneden volgens parallelcirkels met gelijke hoogteverschillen.

Zooals bekend is, voldoet bij een vlakke strooming het parabolisch stroombeeld aan dezen eisch⁴⁾. Het is duidelijk, dat dit stroombeeld nimmer kan dienen voor de afbeelding van het meridionaal stroombeeld eener axiale strooming met vrijen waterspiegel, omdat dan *niet* aan de continuïteitsvoorwaarde zou zijn voldaan.

Het is veelal gebruikelijk om de gemiddelde snelheid langs een verticaal evenredig te stellen aan den tangens van den hoek, dien de raaklijn aan de phreatische waterlijn maakt met de horizontaal. Men bedenke echter hierbij, dat dit een *vereenvoudigde veronderstelling* is, die alleen geoorloofd is, wanneer het verhang der phreatische lijn zeer klein is, dan wel deze lijn een bepaalden vorm heeft.

Bij een horizontale benedenbegrenzing van het stroomingsveld, moet bij een *vlakke* waterstrooming de phreatische waterlijn blijkbaar voldoen aan de voorwaarde:

$$\frac{Q}{y} = k \cdot \frac{dy}{dx}$$

of geïntegreerd:

$$\frac{Q}{k} \cdot x = \frac{1}{2} \cdot y^2 + c \quad (25)$$

m.a.w. een parabolisch verloop hebben, terwijl bij een *axiale* strooming moet gelden:

$$\frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot x \cdot y} = k \cdot \frac{dy}{dx}$$

4) Dit kan als volgt worden bewezen (verg. lit. 7 form. 23). De phreatische waterlijn $\sqrt{c \cdot (r-x)} = b$ geeft met de potentiaallijn $\sqrt{c \cdot (r+x)} = a$ een snijpunt S_1 , waarvan de voerstraal r_1 en de abscis x_1 voldoen aan de vergelijking $c^2 \cdot (r_1^2 - x_1^2) = a^2 \cdot b^2$ of wel $\frac{a \cdot b}{c}$ waarvan de ordinaat y_1 gelijk is aan $\frac{a \cdot b}{c}$. Het snijpunt S_2 van dezelfde phreatische lijn met een andere potentiaallijn met parameterwaarde $a + \Delta a$, heeft dan een ordinaat $y_2 = \frac{b \cdot (a + \Delta a)}{c}$. Alzoo is het ordinaten-

verschil $y_2 - y_1 = \frac{b \cdot \Delta a}{c} = \text{constant}$, wanneer het parameterverschil Δa der potentiaallijnen hetzelfde blijft.

of geïntegreerd:

$$\frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k} \cdot \lg x = \frac{1}{2} \cdot y^2 + c \quad (26)$$

Voor zoover bekend, is men tot dusver er nog niet in geslaagd, de potentiaal- en stroomfuncties voor een axiale grondwaterstrooming met vrijen waterspiegel te vinden.

Wat de superpositie van *co-axiale* stroomingen betreft, kan het volgende worden opgemerkt. Men beschouwe eens twee axiale stroomingen om de Y-as. De strooming S_1 hebbe de potentiaal- en stroomfuncties ϕ_1 en ψ_1 en de strooming S_2 de functies ϕ_2 en ψ_2 .

In een punt x, y van het meridiaanvlak XOY vindt men dan in verband met (3') en (8) voor de totale componenten der snelheid:

$$\left. \begin{aligned} w_x &= w_{x1} + w_{x2} = \frac{\partial \phi_1}{\partial x} + \frac{\partial \phi_2}{\partial x} = \frac{\partial (\phi_1 + \phi_2)}{\partial x} = \\ &= \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi_1}{\partial y} + \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi_2}{\partial y} = \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial (\psi_1 + \psi_2)}{\partial x} \\ w_y &= w_{y1} + w_{y2} = \frac{\partial \phi_1}{\partial y} + \frac{\partial \phi_2}{\partial y} = \frac{\partial (\phi_1 + \phi_2)}{\partial y} = \\ &= -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi_1}{\partial x} - \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi_2}{\partial x} = -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial (\psi_1 + \psi_2)}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Voor de *resulteerende* strooming gelden dus met $\phi = \phi_1 + \phi_2$ en $\psi = \psi_1 + \psi_2$ de betrekkingen:

$$\left. \begin{aligned} w_x &= \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ w_y &= \frac{\partial \phi}{\partial y} \\ x \cdot w_x &= \frac{\partial \psi}{\partial y} \\ x \cdot w_y &= -\frac{\partial \psi}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

m.a.w. de resulteerende strooming is er een met potentiaal- en stroomfuncties, die de *som* zijn van die der samenstellende stroomingen.

Voor *co-axiale* stroomingen geldt dus evenals bij *vlakke* stroomingen, dat men voor het verkrijgen van de potentiaal- en stroomfuncties der resulteerende strooming, de betreffende functies der samenstellende stroomingen eenvoudig mag optellen.

Hieruit volgt, dat men de meridionaal stroombeelden van twee *co-axiale* stroomingen op dezelfde wijze *grafisch* kan superponeren als bij vlakke stroomingen, mits de *parameterverschillen voor beide stroomingen ook onderling gelijk zijn*.

Dit kan gemakkelijk worden ingezien aan de hand van fig. 5. Van ieder der beide stroomingen S_1 en S_2 met de stroomfuncties ψ_1 en ψ_2 zijn vier stroomlijnen geteekend. De parameterverschillen zijn voor beide stroomingen dezelfde $= p^5$.

5) In verband met (13) beteekent dit dus, dat tusschen twee opvolgende stroomingsvlakken, bij beide stroomingen een zelfde waterhoeveelheid stroomt n.l. $2 \cdot \pi \cdot p$. De stroomings-„ringbuizen” hebben dus dezelfde capaciteit.

Beschouwt men het snijpunt A van de stroomlijnen $\psi_1 = a$ en $\psi_2 = b + 3 \cdot p$, dan zullen de coördinaten x_a en y_a van dit punt, in $\psi_1(xy)$ gesubstitueerd, aan deze functie blijkbaar een waarde a geven, omdat dit punt op de stroomlijn $\psi_1 = a$ is gelegen. Omdat A echter ook op de stroomlijn $\psi_2 = b + 3 \cdot p$ is gelegen, is verder $\psi_2(x_a y_a) = b + 3 \cdot p$.

Alzoo heeft men voor de parameterwaarde van de stroomfunctie der resulterende strooming $\psi(x_a y_a) = a + b + 3 \cdot p$.

Men zal gemakkelijk inzien, dat de coördinaten van de snijpunten B , C en D in ψ gesubstitueerd aan deze functie eveneens de parameterwaarde $a + b + 3 \cdot p$ geven⁶⁾. De punten A , B , C en D zijn dus gelegen op de stroomlijn $\psi = a + b + 3 \cdot p$ van de resulterende strooming, zoodat de vloeiende stippellijn door deze punten getrokken, een stroomlijn voorstelt van deze strooming. Door ook de andere snijpunten der bogenvierhoeken in vloeiende lijnen te vereenigen, krijgt men dus het volledig stroomlijnenbeeld, waarbij het parameterverschil van ψ wederom p is.

Het is duidelijk, dat dezelfde werkwijze kan worden toegepast met de *potentiaal*lijnen der stroomingen S_1 en S_2 om het resulterend potentiaalstroombeeld te verkrijgen.

Blijkbaar is de grafische superpositie van stroomingsbeelden des te nauwkeuriger, naarmate de potentiaal- en stroomlijnen der samenstellende stroomingen met kleinere parameterverschillen zijn geteekend. Overigens zijn de snijpunten dezer lijnen, steeds *nauwkeurige* punten der resulterende potentiaal- en stroomlijnen⁷⁾.

Tenslotte moge er vooral op worden gewezen, dat het stroombeeld eener vlakke strooming als regel *niet* kan dienen om het meridionaal stroombeeld eener axiaal-symmetrische strooming voor te stellen.

Laat men b.v. het *vlakke* stroombeeld van een *cirkel* in een parallelstroom wentelen om een diameter van den cirkel evenwijdig aan den parallelstroom, dan zullen de omwentelingsoppervlakken, gevormd door de omwenteling der potentiaal- en stroomlijnen, *niet* voorstellen de potentiaal- en stroomingsvlakken rondom een *bol* in een parallelstroom, alhoewel deze vlakken toch orthogonaal aan elkaar zijn toegevoegd en aan de randvoorwaarden is voldaan (verg. toepassing c in het volgend hoofdstuk). Men bedenke hierbij, dat binnen een gegeven axiale stroomingsruimte een oneindig aantal stroomings- en potentiaaloppervlakken bestaan, die orthogonaal

aan elkaar zijn toegevoegd, waarvan echter slechts *één stelsel* de axiaal-symmetrische potentiaalstrooming kan voorstellen volgens de betrekkelijk voorwaarden van wervelvrijheid en continuïteit.

3. Eenige voorbeelden van axiaal-symmetrische stroomingen.

a. De ruimtelijke puntvormige bron of put.

Men stelde:

$$\left. \begin{aligned} \phi &= -\frac{c}{r} \\ \psi &= \frac{c \cdot y}{r} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (29)$$

waarbij $r^2 = x^2 + y^2$.

Om te bewijzen, dat deze functies aan de voorwaarden van wervelvrijheid en continuïteit voldoen, is het blijkbaar voldoende te bewijzen dat de betrekkingen (21) gelden. Uit (29) vindt men achtereenvolgens:

$$\begin{aligned} w_x &= \frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{c}{r^2} \cdot \frac{\partial r}{\partial x} = \frac{c \cdot x}{r^3} \\ w_y &= \frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{c}{r^2} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = \frac{c \cdot y}{r^3} \\ w_x &= \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{c}{x} \cdot \frac{r-y}{r^2} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = \frac{c}{x} \cdot \frac{r^2 - y^2}{r^3} = \frac{c \cdot x}{r^3} \\ w_y &= -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{c \cdot y}{x} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial r}{\partial x} = -\frac{c \cdot y}{x} \cdot \frac{x}{r^3} = -\frac{c \cdot y}{r^3} \end{aligned} \dots\dots (30)$$

zoodat inderdaad aan (21) is voldaan.

Verder heeft men:

$$w = \sqrt{w_x^2 + w_y^2} = \frac{c}{r^2} \dots\dots\dots (31)$$

Het is duidelijk, dat de lijnen $\phi = \text{constant}$ in het meridiaanstroombeeld cirkels voorstellen en de lijnen $\psi = \text{constant}$ rechte lijnen door O .

De totale capaciteit van de bron is in verband met (31):

$$Q_t = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot w = 4 \cdot \pi \cdot c \dots\dots\dots (32)$$

Beschouwt men alleen het stroomingsbeeld beneden de as OX , dan heeft men de oplossing verkregen van het bekende geval eener grondwaterstrooming rondom een *put* met bolvormigen bodem, welke door een waterdichte laag is geboord naar een watervoerende homogene grondmassa, die zich naar beneden en zijdelingsch oneindig ver uitstrekt (fig. 6). Stelt men $\phi = -k \cdot h$, waarbij k de doorlaatcoëfficiënt van den grond is en h de stijghoogte gemeten beneden die op grooten afstand van den put (ongestoorde water-

6) Dat bij de aangegeven stroomrichtingen de parameterwaarden van de stroomlijnen ψ_1 naar de x -as moeten *toenemen* en die van de stroomlijnen ψ_2 moeten *afnemen*, is gemakkelijk in te zien, door het tekenen van w_x en w_y na te gaan in verband met de betrekkingen (8).

7) Zie voor een meer elementair bewijs van de juistheid der grafische superpositie van stroomlijnen, B. Orgecius, Grondwaterbeweging in de omgeving van bronnen, *De Ingenieur* No. 49 — 1912.

spiegel), zoo heeft men bij een wateronttrekking Q in verband met (29) en (32)⁸⁾:

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot k} \\ \psi &= -\frac{Q \cdot y}{2 \cdot \pi \cdot r} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (33)$$

Volledigheidshalve moge nog in herinnering worden gebracht, dat voor een vlakke bron de volgende functies gelden (lit. 7):

$$\left. \begin{aligned} \phi &= c \cdot \lg r \\ \psi &= c \cdot \text{bg tg } \frac{y}{x} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (34)$$

b. De turbinezuigbuis van Prašil.

Men stelle:

$$\left. \begin{aligned} \phi &= A \cdot (\tfrac{1}{2} \cdot x^2 - y^2) \\ \psi &= A \cdot x^2 \cdot y \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (35)$$

Door de betrekkelijke differentiaties uit te voeren vindt men:

$$\left. \begin{aligned} w_x &= \frac{\partial \phi}{\partial x} = A \cdot x \\ w_y &= \frac{\partial \phi}{\partial y} = -2 \cdot A \cdot y \\ w_x &= \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} = A \cdot x \\ w_y &= -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = -2 \cdot A \cdot y \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (36)$$

zoodat aan (21) is voldaan.

Kiest men een der stroomingsvlakken $\psi = \text{constant}$ als een vaste begrenzing, dan krijgt men een buisvorm als in fig. 7 is aangegeven, die door Prašil voor een Francis-waterturbine werd aanbevolen (lit. 2, blz. 356 e.v.).

c. De strooming om een bol geplaatst in een parallelstroom van groote uitgestrektheid.

Men stelle:

$$\left. \begin{aligned} \phi &= c \cdot y \cdot \left(1 + \frac{a^3}{2 \cdot r^3}\right) \\ \psi &= \tfrac{1}{2} \cdot c \cdot x^2 \cdot \left(\frac{a^3}{r^3} - 1\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (37)$$

8) Door beschouwing van alleen de benedenste helft der strooming is in (32) blijkbaar $Q = \tfrac{1}{2} \cdot Q_t$ te stellen,

zoodat $c = \frac{Q}{2 \cdot \pi}$.

waarin $r^2 = x^2 + y^2$

Men vindt:

$$\left. \begin{aligned} w_x &= \frac{\partial \phi}{\partial x} = \tfrac{1}{2} \cdot c \cdot y \cdot a^3 \cdot -3 \cdot r^{-4} \cdot \frac{\partial r}{\partial x} = \\ &= -\frac{3}{2} \cdot c \cdot a^3 \cdot \frac{x \cdot y}{r^5} \\ w_y &= \frac{\partial \phi}{\partial y} = c + \tfrac{1}{2} \cdot c \cdot a^3 \cdot \frac{r^3 - 3 \cdot y \cdot r^2 \cdot \frac{y}{r}}{r^6} = \\ &= c + \tfrac{1}{2} \cdot c \cdot a^3 \cdot \frac{r^2 - 3 \cdot y^2}{r^5} \\ w_x &= \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} = \tfrac{1}{2} \cdot c \cdot x \cdot a^3 \cdot -3 \cdot r^{-4} \cdot \frac{\partial r}{\partial y} = \\ &= -\tfrac{3}{2} \cdot c \cdot a^3 \cdot \frac{x \cdot y}{r^5} \\ w_y &= -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{x} \cdot \left[\frac{r^3 \cdot 2 \cdot x - x^2 \cdot 3 \cdot r^2 \cdot \frac{x}{r}}{r^6} - c \cdot x \right] = \\ &= c - \tfrac{1}{2} \cdot c \cdot a^3 \cdot \frac{2 \cdot r^2 - 3 \cdot x^2}{r^5} = \\ &= c + \tfrac{1}{2} \cdot c \cdot a^3 \cdot \frac{r^2 - 3 \cdot y^2}{r^5} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (38)$$

zoodat aan (21) is voldaan.

Het stroomsvlak $\psi = 0$ valt volgens (37) uiteen in de lijn $x = 0$ en den bol $r = a$. Verder is op zeer grooten afstand van O ($r = \infty$) volgens (38) $w_x = 0$ en $w_y = c$.

De hier beschouwde strooming stelt dus voor die rondom een bol met het middelpunt in O en straal a , geplaatst in een stationnair parallelstroom van zeer groote uitgestrektheid evenwijdig aan de Y -as met de ongestoorde snelheid c (fig. 8).

Volledigheidshalve moge hier worden vermeld, dat de potentiaal- en stroomfuncties voor een vlakken parallelstroom evenwijdig aan de Y -as rondom een cirkel met straal a , zijn:

$$\left. \begin{aligned} \phi &= c \cdot y \cdot \left(1 + \frac{a^2}{r^2}\right) \\ \psi &= c \cdot x \cdot \left(\frac{a^2}{r^2} - 1\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (39)$$

Daar het stroomingsbeeld van een bol geplaatst in een parallelstroom behalve axiaal-symmetrisch ook symmetrisch is ten opzichte van het middelvlak loodrecht op de stroomrichting, is dit ook met alle vloeistofdrukkingen het geval, zoodat de bol bij een potentiaalstrooming geenerlei meeslepende kracht van het water ondervindt.

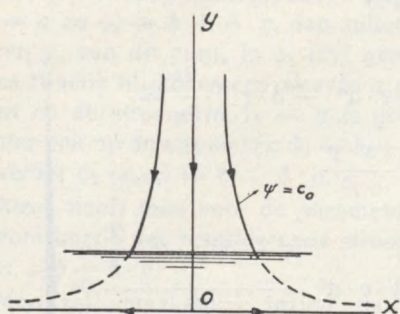


Fig. 7.

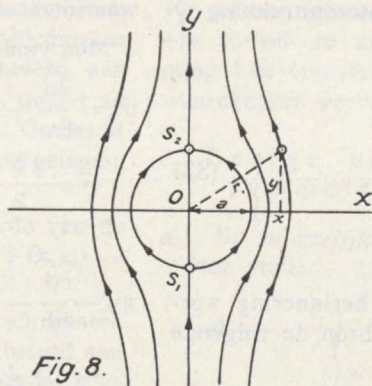


Fig. 8.

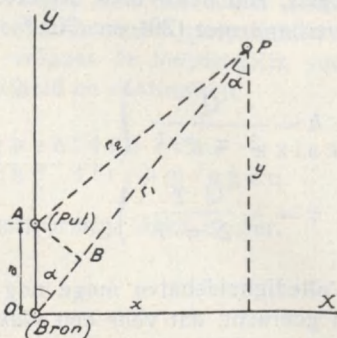


Fig. 9.

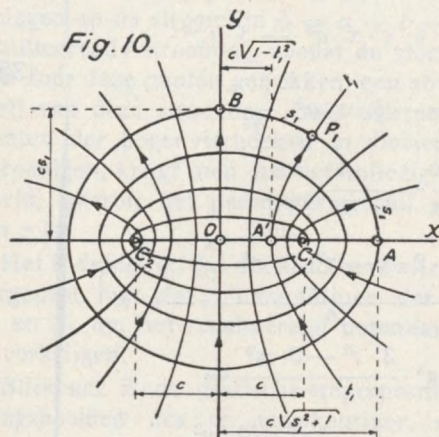


Fig. 10.

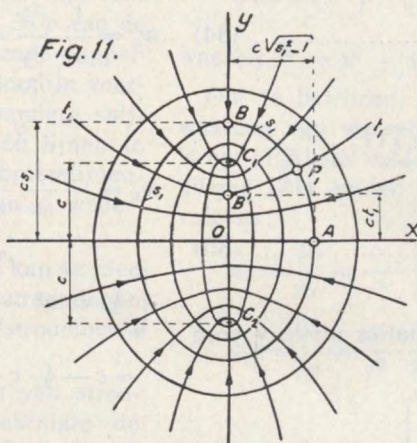


Fig. 11.

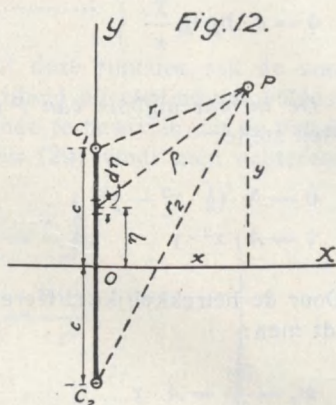


Fig. 12.

Omgekeerd zal een volkomen gladde bol, die in een stilstaande ideale vloeistof van groote uitgestrektheid zwevende is en een eenparige snelheid c heeft, geenerlei kracht behoeven om deze snelheid te behouden ⁹⁾.

Op een *versnelde* beweging van den bol heeft de omringende vloeistof, ook bij afwezigheid van alle wrijvingsinvloeden natuurlijk wel invloed, doordat het stroomingsveld rondom den bol niet meer stationnair is, de totale levende kracht der vloeistofdeeltjes nl. toeneemt.

De kracht, die op den bol moet worden uitgeoefend om hem een versnelling $\frac{dc}{dt}$ te geven, is dan *groter*

dan $m_0 \cdot \frac{dc}{dt}$, als m_0 de massa van den bol is.

Berekening leert dat door de omringende vloeistof de massa van den bol schijnbaar is vergroot nl. met $\frac{1}{2} \cdot m$, wanneer m de massa is van de door den bol verdrongen vloeistof (lit. 2, blz. 305).

9) Men zal gemakkelijk inzien, dat dit niet alleen voor een bol geldt, maar ook voor een *willekeurig* lichaam, zoodat omgekeerd ook een *willekeurig* lichaam in een parallelstroom eener ideale vloeistof geplaatst, daarvan geenerlei kracht zal ondervinden (hydrodynamische paradox). Zooals bekend is, wordt de weerstand c.q. kracht, die in werkelijkheid *wel* optreedt, veroorzaakt door wrijvingsinvloeden en de verschijnselen, die daarvan het gevolg zijn (wervels).

Zinkt een massieve bol door zijn eigen gewicht in een stilstaande ideale vloeistof, dan heeft men dus:

$$(m_0 - m) \cdot g = (m_0 + \frac{1}{2} \cdot m) \cdot \frac{dc}{dt}$$

of wel als γ_0 het soortelijk gewicht van den bol is en γ dat van de vloeistof:

$$\frac{dc}{dt} = \frac{\gamma_0 - \gamma}{\gamma_0 + \frac{1}{2} \cdot \gamma} \cdot g \quad \dots \dots \dots (40)$$

d. De ruimtelijke dipool geplaatst in een parallelstroom.

Als een eenvoudige toepassing van de analytische superpositie van axiale stroomingen moge een ruimtelijke *bron* en een ruimtelijke *put* worden beschouwd van *dezelfde* sterkte, op een afstand a van elkander geplaatst (fig. 9).

De potentiaal in een punt P kan dan worden gevonden door de potentiaalfuncties van bron en put eenvoudig bij elkaar op te tellen. In verband met (29) vindt men dus:

$$\phi = -\frac{c}{r_1} + \frac{c}{r_2} \quad \dots \dots \dots (41)$$

Evenzoo kan de stroomfunctie van het resulterend stroomingsveld worden gevonden door de stroom-

functies van bron en put te sommeeren, hetgeen in verband met (29) wordt ¹⁰⁾:

$$\psi = \frac{c \cdot y}{r_1} - \frac{c \cdot (y - a)}{r_2} \dots\dots\dots (42)$$

Wanneer men nu de put in A , de bron in O laat naderen (fig. 9), alzoo de afstand a kleiner laat worden, echter met dien verstande, dat het product $c \cdot a = M$ constant blijft, dan heeft men, wanneer A met O is samengevallen, een zgn. ruimtelijke *dipool* verkregen met het *moment* M .

Bedenkende, dat wanneer a zeer klein is geworden, $r_1 - r_2 = a \cdot \cos \alpha$ kan worden gesteld en tenslotte voor de dipool $r_2 = r_1 = r$ is geworden, vindt men met (41) voor de potentiaal van de dipool:

$$\phi = \lim \cdot \frac{c \cdot (r_1 - r_2)}{r_1 \cdot r_2} = c \cdot a \cdot \frac{\cos \alpha}{r^2} = M \cdot \frac{y}{r^3} \dots\dots (43)$$

Verder vindt men met (42) voor de stroomfunctie van de dipool:

$$\begin{aligned} \psi &= \lim \cdot \frac{c}{r_1 \cdot r_2} \cdot \left[a \cdot r_1 - y \cdot (r_1 - r_2) \right] = \\ &= \frac{c \cdot a}{r} \cdot \left[1 - \frac{y}{r} \cdot \cos \alpha \right] = \frac{c \cdot a}{r} \cdot \\ &\cdot \left[1 - \cos^2 \alpha \right] = \frac{M}{r} \cdot \sin^2 \alpha = \frac{M \cdot x^2}{r^3} \dots\dots (44) \end{aligned}$$

Voor een axiale *parallelstrooming* met een snelheid c evenwijdig aan de Y -as geldt:

$$\begin{cases} \phi = c \cdot y \\ \psi = -\frac{1}{2} \cdot c \cdot x^2 \end{cases} \dots\dots\dots (45)$$

Immers heeft men:

$$\begin{cases} w_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} = 0 \\ w_y = \frac{\partial \phi}{\partial y} = c \\ w_x = \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0 \\ w_y = -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = c \end{cases} \dots\dots\dots (46)$$

zoodat aan de verg. (21) is voldaan.

Superponeert men nu de *dipool*-strooming volgens (43) en (44) met $M = \frac{1}{2} \cdot c \cdot a^3$ op de *parallelstrooming* volgens (45) dan vindt men de potentiaal- en stroomfuncties:

$$\begin{cases} \phi = c \cdot y \cdot \left[1 + \frac{a^3}{2 \cdot r^3} \right] \\ \psi = \frac{1}{2} \cdot c \cdot x^2 \cdot \left[\frac{a^3}{r^3} - 1 \right] \end{cases} \dots\dots\dots (47)$$

welke identiek zijn met de verg. (37).

10) Men bedenke hierbij, dat de potentiaal- en stroomfuncties voor den *put* natuurlijk gelijk zijn aan die van de bron, echter voorzien van het minteken, terwijl in de stroomfunctie van den put in A , voor y is te substitueeren $y - a$.

Het stroomingsbeeld van een bol in een parallelstroom met de ongestoorde snelheid c is dus identiek met dat van een dipool met een moment $M = \frac{1}{2} \cdot c \cdot a^3$, geplaatst in den zelfden parallelstroom.

4. *Strooming door een cirkelvormige opening in een dunnen wand, welke twee onbegrensde gebieden scheidt.*

Men stelde:

$$\begin{cases} x = c \cdot \cosh \eta \cdot \cos \theta = c \cdot \sqrt{s^2 + 1} \cdot \sqrt{1 - t^2} \\ y = c \cdot \sinh \eta \cdot \sin \theta = c \cdot s \cdot t \end{cases} \dots\dots (48)$$

waarbij s en t parameters zijn met behulp waarvan x en y worden bepaald. Blijkbaar heeft men:

$$\begin{aligned} \frac{x^2}{(c \cdot \cosh \eta)^2} + \frac{y^2}{(c \cdot \sinh \eta)^2} &= \\ = \frac{x^2}{c^2 \cdot (s^2 + 1)} + \frac{y^2}{c^2 \cdot s^2} &= 1 \dots\dots\dots (49) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{x^2}{(c \cdot \cos \theta)^2} - \frac{y^2}{(c \cdot \sin \theta)^2} &= \\ = \frac{x^2}{c^2 \cdot (1 - t^2)} - \frac{y^2}{c^2 \cdot t^2} &= 1 \dots\dots\dots (50) \end{aligned}$$

De coördinaten x_1 en y_1 van een punt P_1 , bepaald door de parameters s_1 en t_1 , vindt men dus als het snijpunt van de s_1 -ellips (49) en de t_1 -hyperbool (50), die beide *denzelfden brandpuntsafstand* $2 \cdot c$ hebben m.a.w. confocaal zijn. In fig. 10 is dus $OC_1 = OC_2 = c$, $OA = c \cdot \sqrt{s_1^2 + 1}$, $OB = c \cdot s_1$ en $OA' = c \cdot \sqrt{1 - t_1^2}$. De grootheden s en t , die in de plaats kunnen treden van de coördinaten x en y , noemt men ook wel *ellipsoïd-coördinaten*. Blijkbaar kan s varieeren tusschen 0 en ∞ en t tusschen $+1$ en -1 .

Stelt men:

$$\begin{cases} \phi = -A \cdot \text{bg cot } s \\ \psi = A \cdot c \cdot t \end{cases} \dots\dots\dots (51)$$

dan heeft men de potentiaal- en stroomfuncties eener axiaal-symmetrische strooming, die eveneens aan de voorwaarden van wervelvrijheid en continuïteit voldoet, zooals uit het volgende moge blijken.

Uit (48) volgt:

$$\begin{cases} \frac{x}{c} = (s^2 + 1)^{1/2} \cdot (1 - t^2)^{1/2} \\ \frac{y}{c} = s \cdot t \end{cases} \dots\dots\dots (52)$$

Bedenkende, dat zoowel s als t functies zijn van x en y , vindt men door beide verg. (52) naar x te differentieeren:

$$\begin{aligned} \frac{s \cdot (1 - t^2)^{1/2}}{(s^2 + 1)^{1/2}} \cdot \frac{\partial s}{\partial x} + \frac{-t \cdot (s^2 + 1)^{1/2}}{(1 - t^2)^{1/2}} \cdot \frac{\partial t}{\partial x} &= \frac{1}{c} \\ t \cdot \frac{\partial s}{\partial x} + s \cdot \frac{\partial t}{\partial x} &= 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (53)$$

en door beide verg. (52) naar y te differentieëren:

$$\left. \begin{aligned} \frac{s \cdot (1-t^2)^{1/2}}{(s^2+1)^{1/2}} \cdot \frac{\partial s}{\partial y} + \frac{-t \cdot (s^2+1)^{1/2}}{(1-t^2)^{1/2}} \cdot \frac{\partial t}{\partial y} &= 0 \\ t \cdot \frac{\partial s}{\partial y} + s \cdot \frac{\partial t}{\partial y} &= \frac{1}{c} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (54)$$

Stelt men:

$$\Delta = \frac{s^2 \cdot (1-t^2)^{1/2}}{(s^2+1)^{1/2}} + \frac{t^2 \cdot (s^2+1)^{1/2}}{(1-t^2)^{1/2}} \dots (55)$$

zoo vindt men door oplossing der verg. (53) en (54) met behulp van den regel van Cramer:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial s}{\partial x} &= \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot s \\ \frac{\partial s}{\partial y} &= \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{t \cdot (s^2+1)^{1/2}}{(1-t^2)^{1/2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (56)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial x} &= -\frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot t \\ \frac{\partial t}{\partial y} &= \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s \cdot (1-t^2)^{1/2}}{(s^2+1)^{1/2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (57)$$

Met de betrekkingen (56) en (57) vindt men dan uit (51):

$$w_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{\partial \phi}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial x} = -A \cdot \frac{-1}{s^2+1} \cdot \frac{s}{c \cdot \Delta} = \frac{A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s}{s^2+1}$$

$$w_y = \frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{\partial \phi}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial y} = \frac{A}{s^2+1} \cdot \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{t \cdot (s^2+1)^{1/2}}{(1-t^2)^{1/2}} = \frac{A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{t}{(s^2+1)^{1/2} \cdot (1-t^2)^{1/2}}$$

$$w_x = \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{t}{c \cdot (s^2+1)^{1/2} \cdot (1-t^2)^{1/2}} \cdot A \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{A \cdot c}{c \cdot (s^2+1)^{1/2} \cdot (1-t^2)^{1/2}} \cdot \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s \cdot (1-t^2)^{1/2}}{(s^2+1)^{1/2}} = \frac{A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s}{s^2+1} \dots\dots\dots (58)$$

$$w_y = -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{c \cdot (s^2+1)^{1/2} \cdot (1-t^2)^{1/2}} \cdot A \cdot c \cdot \frac{\partial t}{\partial x} = -\frac{A \cdot c}{c \cdot (s^2+1)^{1/2} \cdot (1-t^2)^{1/2}} \cdot \frac{-t}{c \cdot \Delta} = \frac{A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{t}{(s^2+1)^{1/2} \cdot (1-t^2)^{1/2}}$$

zoodat inderdaad aan de verg. (21) is voldaan.

Voor de totale snelheid vindt men:

$$w = \frac{A}{c \cdot \Delta} \cdot \left[\frac{s^2}{(s^2+1)^2} + \frac{t^2}{(s^2+1) \cdot (1-t^2)} \right]^{1/2} = \frac{A}{c} \cdot \frac{1}{(s^2+1)^{1/2} \cdot (s^2+t^2)^{1/2}} \dots\dots\dots (59)$$

Daar voor $s = 0$ de ellips overgaat in de lijn C_1C_2 en voor $t = 0$ de hyperbool in de X -as, althans voor zoover deze *buiten* de brandpunten C_1 en C_2 is gelegen, heeft men hier blijkbaar de oplossing verkregen van het geval eener strooming door een cirkelvormige opening met straal $= c$ in een dunnen wand, die twee onbegrensde stroomingsvelden van elkaar scheidt. Men zal gemakkelijk inzien, dat de stroomingsvlakken eenbladige omwentelingshyperboloïden en de potentiaaloppervlakken afgeplatte omwentelingsellipsoïden zijn, beide met de Y -as als omwentelingsas.

Beschouwt men alleen de benedenste helft van het stroombeeld, dan heeft men de oplossing verkregen eener waterstrooming naar een put als in *fig. 6* is aangegeven, echter met dien verstande, dat de benedenbegrenzing van den put thans met OX samenvalt, alzo *vlak* is, terwijl de straal van den put $= c$.

Bedenkende, dat voor de stroomlijn langs OX , $t = 0$ is, dus ook $\psi = 0$ en voor de stroomlijn langs OY , $t = 1$ dus $\psi = A \cdot c$, vindt men in verband met (13) voor den waterafvoer:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot A \cdot c \dots\dots\dots (60)$$

Stelt men evenals in toepassing *a* van het vorig hoofdstuk $\phi = -k \cdot h$, waarbij $h = 0$ op zeer verren afstand van den put, dan vindt men met de 1e verg. van (51)

$$h = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \text{bg cot } s \dots\dots\dots (61)$$

Voor een punt op de X -as, op een afstand a van O ($a > c$) geldt blijkbaar:

$$x = a = c \cdot \sqrt{s^2+1} \dots\dots\dots (62)$$

Formule (61) gaat dan over in:

$$h = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \text{bg sin } \frac{c}{a} \dots\dots\dots (63)$$

Neemt men $a = c$, dan wordt h de waterspiegeldaling h_o in den put. Formule (63) geeft dan:

$$h_o = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{Q}{4 \cdot k \cdot c} \dots\dots\dots (64)$$

In verband met formule (33) kan men dus zeggen, dat door de bolvormige afwerking van den putbodem, bij overigens dezelfde omstandigheden (zelfde waarden h_o , k en c) de capaciteit van den put $\pm 1\frac{1}{2}$ keer (juiste waarde $\frac{2 \cdot \pi}{4}$) zoo groot wordt als bij vlakken bodem (verg. lit. 3, blz. 439 e.v.).

Tenslotte kan worden opgemerkt, dat de snelheidsverdeling langs den vlakken putbodem wordt gevonden door in (59) $s = 0$ te stellen en $A = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot c}$.

Men vindt:

$$w_o = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot c^2 \cdot t} = \frac{Q}{2 \cdot F \cdot t} \quad \dots\dots\dots (65)$$

als F de oppervlakte van den putbodem is.

In O wordt dus met $t = 1$, $w_o = \frac{Q}{2 \cdot F}$ en aan den omtrek van den putbodem met $t = 0$, $w_o = \infty$ (punten C_1 en C_2).

5. De lijnbron van eindige lengte geplaatst in een naar alle zijden onbegrensd stroomingsveld.

Een stroombeeld met confocale verlengde ellipsoïden en tweebladige hyperboloïden als potentiaal- en stroomingsvlakken, krijgt men door invoering der volgende ellipsoïd-coördinaten:

$$x = c \cdot \sinh \eta \cdot \sin \theta = c \cdot \sqrt{s^2 - 1} \cdot \sqrt{1 - t^2}$$

$$y = c \cdot \cosh \eta \cdot \cos \theta = c \cdot s \cdot t.$$

Thans heeft men:

$$\frac{x^2}{(c \cdot \sinh \eta)^2} + \frac{y^2}{(c \cdot \cosh \eta)^2} =$$

$$= \frac{x^2}{c^2 \cdot (s^2 - 1)} + \frac{y^2}{c^2 \cdot s^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (66)$$

$$\frac{y^2}{(c \cdot \cos \theta)^2} - \frac{x^2}{(c \cdot \sin \theta)^2} =$$

$$= \frac{y^2}{c^2 \cdot t^2} - \frac{x^2}{c^2 \cdot (1 - t^2)} = 1 \quad \dots\dots\dots (67)$$

Een punt P_1 , bepaald door de coördinaten s_1 en t_1 is dus het snijpunt van de s_1 -ellips (66) met de t_1 -hyperbool (67), die beide weer denzelfden brandpuntsafstand $2 \cdot c$ hebben.

In fig. 11 is dus $OA = c \cdot \sqrt{s_1^2 - 1}$, $OB = c \cdot s_1$, $OB' = c \cdot t_1$, terwijl $OC_1 = OC_2 = c$. Blijkbaar kan s nu varieeren tusschen 1 en ∞ en t wederom tusschen $+1$ en -1 .

Stelt men:

$$\phi = +A \cdot \lg \frac{s+1}{s-1} \left\{ \dots\dots\dots (68) \right.$$

$$\psi = -2 \cdot A \cdot c \cdot t \left. \right\}$$

dan heeft men het geval gekregen eener strooming naar een putfilter in den vorm eener verlengde ellipsoïde, met de Y -as als omwentelingsas.

Dat de potentiaal- en stroomfuncties volgens (68) inderdaad aan de voorwaarden eener axiaal-symmetrische strooming voldoen, moge uit het volgende blijken.

Men heeft:

$$\frac{x}{c} = (s^2 - 1)^{1/2} \cdot (1 - t^2)^{1/2} \left\{ \dots\dots\dots (69) \right.$$

$$\frac{y}{c} = s \cdot t \left. \right\}$$

Deze vergelijkingen eerst naar x en daarna naar y differentieerende vindt men:

$$\left. \begin{aligned} \frac{s \cdot (1 - t^2)^{1/2}}{(s^2 - 1)^{1/2}} \cdot \frac{\partial s}{\partial x} + \frac{-t \cdot (s^2 - 1)^{1/2}}{(1 - t^2)^{1/2}} \cdot \frac{\partial t}{\partial x} &= \frac{1}{c} \\ t \cdot \frac{\partial s}{\partial x} + s \cdot \frac{\partial t}{\partial x} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (70)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{s \cdot (1 - t^2)^{1/2}}{(s^2 - 1)^{1/2}} \cdot \frac{\partial s}{\partial y} + \frac{-t \cdot (s^2 - 1)^{1/2}}{(1 - t^2)^{1/2}} \cdot \frac{\partial t}{\partial y} &= 0 \\ t \cdot \frac{\partial s}{\partial y} + s \cdot \frac{\partial t}{\partial y} &= \frac{1}{c} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (71)$$

$$\text{Met } \Delta = \frac{s^2 \cdot (1 - t^2)^{1/2}}{(s^2 - 1)^{1/2}} + \frac{t^2 \cdot (s^2 - 1)^{1/2}}{(1 - t^2)^{1/2}} \quad \dots\dots\dots (72)$$

leveren de verg. (70) en (71) na oplossing:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial s}{\partial x} &= \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot s \\ \frac{\partial s}{\partial y} &= \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{t \cdot (s^2 - 1)^{1/2}}{(1 - t^2)^{1/2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (73)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial x} &= -\frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot t \\ \frac{\partial t}{\partial y} &= \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s \cdot (1 - t^2)^{1/2}}{(s^2 - 1)^{1/2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (74)$$

Met behulp van (73) en (74) vindt men dan door differentieeren der potentiaal- en stroomfuncties volgens (68):

$$w_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{\partial \phi}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial x} = A \cdot \frac{s-1}{s+1} \cdot \frac{(s-1) - (s+1)}{(s-1)^2} \cdot \frac{\partial s}{\partial x} = -\frac{2 \cdot A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s}{s^2 - 1}$$

$$w_y = \frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{\partial \phi}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial y} = A \cdot \frac{s-1}{s+1} \cdot \frac{-2}{(s-1)^2} \cdot \frac{\partial s}{\partial y} = -\frac{2 \cdot A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{t}{(s^2 - 1)^{1/2} \cdot (1 - t^2)^{1/2}}$$

$$w_x = \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{1}{c \cdot (s^2 - 1)^{1/2} \cdot (1 - t^2)^{1/2}} \cdot -2 \cdot A \cdot c \cdot \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s \cdot (1 - t^2)^{1/2}}{(s^2 - 1)^{1/2}} = -\frac{2 \cdot A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{s}{s^2 - 1}$$

$$w_y = -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{c \cdot (s^2 - 1)^{1/2} \cdot (1 - t^2)^{1/2}} \cdot -2 \cdot A \cdot c \cdot \frac{1}{c \cdot \Delta} \cdot t = -\frac{2 \cdot A}{c \cdot \Delta} \cdot \frac{t}{(s^2 - 1)^{1/2} \cdot (1 - t^2)^{1/2}}$$

zoodat aan de verg. (21) is voldaan.

De totale snelheid w wordt:

$$w = \frac{2 \cdot A}{c \cdot \Delta} \cdot \left[\frac{s^2}{(s^2 - 1)^2} + \frac{t^2}{(s^2 - 1) \cdot (1 - t^2)} \right]^{1/2} = \frac{2 \cdot A}{c} \cdot \frac{1}{(s^2 - 1)^{1/2} \cdot (s^2 - t^2)^{1/2}} \quad (76)$$

Inderdaad zijn in het hier beschouwde stroomingsgeval, de potentiaal- en stroomingsoppervlakken resp. verlengde omwentelingsellipsoïden en tweebledige omwentelingshyperboloïden met dezelfde brandpunten (fig. 11).

Daar voor $s = 1$ de ellipsoïde overgaat in de lijn $C_1 C_2$ heeft men tevens de oplossing verkregen voor de strooming om een *ellipsoïdische lijnbron* of *lijnputfilter* met een lengte $2 \cdot c$, geplaatst in een naar alle zijden onbegrensd stroomingsveld.

Bedenkende, dat de Y -as voorzoover deze buiten de brandpunten C_1 en C_2 is gelegen een stroomlijn is, waarvoor $t = 1$ geldt en evenzoo de X -as, waarvoor $t = 0$, is de parameterwaarde der eerste stroomlijn dus $= -2 \cdot A \cdot c$ en van de laatste $= 0$.

Volgens (13) heeft men dan, de totale capaciteit van het lijnfilter Q stellende:

$$\frac{1}{2} \cdot Q = 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot A \cdot c = 4 \cdot \pi \cdot A \cdot c \quad \text{of wel:} \\ Q = 8 \cdot \pi \cdot A \cdot c \quad (77)$$

Bij een grondwaterstrooming $\phi = k \cdot h$ stellende, geeft de eerste verg. van (68) voor de stijghoogte, gemeten beneden den ongestoorden waterspiegel, met

$$A = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot c} \quad \text{volgens (77):}$$

$$h = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \lg \frac{s+1}{s-1} \quad (78)$$

terwijl de snelheid volgens (76) wordt:

$$w = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot c^2} \cdot \frac{1}{(s^2 - 1)^{1/2} \cdot (s^2 - t^2)^{1/2}} \quad (79)$$

Van de beide laatste formules wordt door de Glee gebruik gemaakt in zijn belangwekkende studie over grondwaterstromen bij wateronttrekking door middel van putfilters (lit. 4).

Door toepassing der *spiegelingsmethode* worden verder door den schrijver nog eenige andere voor de practijk belangrijke stroomingsgevallen tot oplossing gebracht.

Ongeveer een jaar na bedoelde publicatie van de Glee verscheen echter van de hand van den Zweedschen hydroloog Frey Samsioe (lit. 5) een studie, waarbij eveneens wordt uitgegaan van het stroomingsveld eener lijnbron van eindige lengte. Deze wordt echter beschouwd als te bestaan uit een oneindig aantal puntbronnen van dezelfde sterkte (*homogene lijnbron*).

Helaas heeft deze auteur zich echter verschreven bij de opstelling van den betrekkelijken integraal voor de berekening der resulterende potentiaal. Ware dit niet geschied, zoo had hij precies dezelfde uitkomst gevonden als boven voor de ellipsoïdische lijnbron werd afgeleid, hetgeen uit het volgende moge blijken.

Volgens (29) en (32) geldt voor een puntbron met de capaciteit Q :

$$\left. \begin{aligned} \phi &= -\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r} \\ \psi &= \frac{Q \cdot y}{4 \cdot \pi \cdot r} \end{aligned} \right\} \quad (80)$$

In fig. 12 stelde $C_1 C_2$ de lijnbron voor met een lengte $2 \cdot c$ en eene capaciteit van q per lengteenheid. De potentiaal in P tengevolge van een elementje $d\eta$ met de capaciteit $q \cdot d\eta$ is dan in verband met (80):

$$d\phi = -\frac{q \cdot d\eta}{4 \cdot \pi \cdot \rho}$$

zoodat de totale potentiaal wordt:

$$\phi = \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \int_{-c}^{+c} \frac{d\eta}{\rho} = -\frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \int_{-c}^{+c} \frac{d\eta}{\sqrt{x^2 + (y - \eta)^2}} \quad (81)$$

Met $y - \eta = z$ wordt deze integraal:

$$\phi = \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \int_{y+c}^{y-c} \frac{dz}{\sqrt{x^2 + z^2}} = \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \left[\lg z + \sqrt{x^2 + z^2} \right]_{y+c}^{y-c}$$

en tenslotte:

$$\phi = \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \lg \frac{y-c + \sqrt{x^2 + (y-c)^2}}{y+c + \sqrt{x^2 + (y+c)^2}} \quad (82)$$

Stelt men bij een grondwaterstroom naar een filter weer $\phi = -k \cdot h$ (verg. toepassing a sub. 3) en bedenkt men, dat $q = \frac{Q}{2 \cdot c}$ dan wordt (82):

$$h = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \lg \frac{y+c + \sqrt{x^2 + (y+c)^2}}{y-c + \sqrt{x^2 + (y-c)^2}} \quad (83)$$

Stelt men verder:

$$\left. \begin{aligned} \sqrt{x^2 + (y+c)^2} &= C_2 P = r_2 \\ \sqrt{x^2 + (y-c)^2} &= C_1 P = r_1 \end{aligned} \right\} \quad (84)$$

dan kan (83) ook worden geschreven:

$$h = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \lg \frac{y+c + r_2}{y-c + r_1} \quad (85)$$

Op soortgelijke wijze als voor de potentiaal is geschied, kan ook de stroomfunctie voor de lijnbron worden berekend.

Men vindt in verband met de 2e verg. van (80):

$$\psi = \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \int_{-c}^{+c} \frac{(y - \eta) \cdot d\eta}{\sqrt{x^2 + (y - \eta)^2}} =$$

$$= -\frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \int_{y+c}^{y-c} \frac{z \cdot dz}{\sqrt{x^2 + z^2}} =$$

$$= -\frac{q}{4 \cdot \pi} \left[\sqrt{x^2 + z^2} \right]_{y+c}^{y-c}$$

en tenslotte:

$$\psi = -\frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \left[\sqrt{x^2 + (y-c)^2} - \sqrt{x^2 + (y+c)^2} \right] \dots\dots\dots (86)$$

De stroomlijn langs de Y-as ($x = 0$) heeft blijkbaar de parameterwaarde:

$$\psi_1 = -\frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \left[(y-c) - (y+c) \right] = \frac{2 \cdot q \cdot c}{4 \cdot \pi}$$

en die langs de X-as ($y = 0$) de parameterwaarde $\psi_2 = 0$.

De afvoer van de helft van de lijnbron (b.v. boven de X-as) is dus volgens (13):

$$2 \cdot \pi \cdot (\psi_1 - \psi_2) = 2 \cdot \pi \cdot \frac{2 \cdot q \cdot c}{4 \cdot \pi} = q \cdot c = \frac{1}{2} \cdot Q$$

hetgeen een contrôle geeft op de juistheid der berekening.

Met de notaties volgens (84) kunnen (82) en (86) ook als volgt worden geschreven:

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot \lg \frac{y-c+r_1}{y+c+r_2} \\ \psi &= \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot (r_2 - r_1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (87)$$

Met:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial r_1}{\partial x} &= \frac{x}{r_1}, & \frac{\partial r_2}{\partial x} &= \frac{x}{r_2} \\ \frac{\partial r_1}{\partial y} &= \frac{y-c}{r_1}, & \frac{\partial r_2}{\partial y} &= \frac{y+c}{r_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (88)$$

vindt men achtereenvolgens, indien gemakshalve

$$\frac{q}{4 \cdot \pi} = 1 \text{ wordt gesteld:}$$

$$w_x = \frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{y+c+r_2}{y-c+r_1} \cdot \frac{\partial r_1}{\partial x} - (y-c+r_1) \cdot \frac{\partial r_2}{\partial x} =$$

$$\frac{(y+c+r_2) \cdot \frac{\partial r_1}{\partial x} - (y-c+r_1) \cdot \frac{\partial r_2}{\partial x}}{(y+c+r_2)^2} =$$

$$= x \cdot \left[\frac{1}{r_1 \cdot (y-c+r_1)} - \frac{1}{r_2 \cdot (y+c+r_2)} \right] =$$

$$= \frac{1}{x} \cdot \left[\frac{r_1^2 - (y-c)^2}{r_1 \cdot (r_1 + y-c)} - \frac{r_2^2 - (y+c)^2}{r_2 \cdot (r_2 + y+c)} \right] =$$

$$= \frac{1}{x} \cdot \left[\frac{r_1 - y + c}{r_1} - \frac{r_2 - y - c}{r_2} \right] =$$

$$= \frac{1}{x} \cdot \left[\frac{y+c}{r_2} - \frac{y-c}{r_1} \right]$$

$$w_y = \frac{\partial \phi}{\partial y} = \frac{y+c+r_2}{y-c+r_1} \cdot \frac{\partial r_1}{\partial y} - \frac{(y+c+r_2) \cdot (1 + \frac{\partial r_1}{\partial y}) - (y-c+r_1) \cdot (1 + \frac{\partial r_2}{\partial y})}{(y+c+r_2)^2} =$$

$$= \frac{1 + \frac{y-c}{r_1}}{y-c+r_1} - \frac{1 + \frac{y+c}{r_2}}{y+c+r_2} = \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

$$= \frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{1}{x} \cdot \left(\frac{\partial r_2}{\partial y} - \frac{\partial r_1}{\partial y} \right) =$$

$$= \frac{1}{x} \cdot \left[\frac{y+c}{r_2} - \frac{y-c}{r_1} \right]$$

$$w_y = -\frac{1}{x} \cdot \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{1}{x} \cdot \left(\frac{\partial r_2}{\partial x} - \frac{\partial r_1}{\partial x} \right) =$$

$$= \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

$$= \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

$$= \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

$$= \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

hetgeen in verband met (21) een contrôle geeft op de juistheid der potentiaal- en stroomfuncties.

Welke lijnen stellen nu $\phi = \text{constant}$ en $\psi = \text{constant}$, volgens (87) voor?

Dat een lijn $\psi = \text{constant}$ of wel $r_2 - r_1 = \text{constant}$ een hyperbool voorstelt met de Y-as als reële as en C_1 en C_2 als brandpunten is duidelijk, daar immers een hyperbool de meetkundige plaats is van alle punten waarvoor het verschil der afstanden tot twee vaste punten (brandpunten) constant is, n.l. gelijk aan de reële as.

Verder kan gemakkelijk worden bewezen, dat de kromme $\phi = \text{constant}$ een ellips voorstelt met C_1 en C_2 als brandpunten.

Immers beschouwt men in *fig. 12* door P een ellips met C_1 en C_2 als brandpunten en de vergelijking:

$$\frac{y^2}{a^2} + \frac{x^2}{b^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (90)$$

dan heeft men achtereenvolgens met $\frac{c}{a} = e$, en

bedenkende, dat volgens een bekende eigenschap der ellips $r_1 = a - e \cdot y$ en $r_2 = a + e \cdot y$:

$$\begin{aligned} \frac{r_1 + y - c}{r_2 + y + c} &= \frac{a - e \cdot y + y - c}{a + e \cdot y + y + c} = \\ &= \frac{a^2 - c \cdot y + a \cdot y - a \cdot c}{a^2 + c \cdot y + a \cdot y + a \cdot c} = \\ &= \frac{a \cdot (a + y) - c \cdot (a + y)}{a \cdot (a + y) + c \cdot (a + y)} = \frac{a - c}{a + c} = \text{constant} \quad (91) \end{aligned}$$

De potentiaal- en stroomingsoppervlakken bij de homogene lijnbron zijn dus wederom *tweebladige hyperboloïden* en ellipsoïden, die confocaal zijn.

Bedenkt men, dat bij de ellipsoïd-coördinaten volgens (66) en (67) de halve lange as a van de ellips gelijk is aan $c \cdot s$, alzoo $s = \frac{a}{c}$, dan kan formule

(85) in verband met (91) ook geschreven worden:

$$h = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \lg \frac{a + c}{a - c} = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot k \cdot c} \cdot \lg \frac{s + 1}{s - 1}$$

welke formule identiek is met (78).

Daar verder bij deze ellipsoïd-coördinaten de halve reële as van de hyperbool gelijk is aan $c \cdot t$, kan men de 2e verg. van (87) ook schrijven:

$$\phi = \frac{q}{4 \cdot \pi} \cdot 2 \cdot c \cdot t \quad \dots\dots\dots (92)$$

welke formule weer identiek is met de stroomfunctie volgens (68), wanneer men bedenkt, dat (92) werd afgeleid door integratie van de stroomfunctie eener *puntbron*, alzoo voor een *filter* van het minteken

moet worden voorzien, verder $\frac{q}{4 \cdot \pi} = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot c}$ en A

volgens (77) ook gelijk is aan $\frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot c}$.

Het spreekt van zelf, dat de homogeniteit van de ellipsoïdische lijnbron ook rechtstreeks kan worden bewezen door beschouwing van de stroomfunctie:

$$\phi = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot c} \cdot 2 \cdot c \cdot t = \frac{Q}{4 \cdot \pi} \cdot t \quad \dots\dots\dots (93)$$

Men bepale daartoe den waterafvoer tusschen twee naburige stroomingshyperboloïden met de parameter-

$$\text{waarden } \psi = \frac{Q}{4 \cdot \pi} \cdot t \text{ en } \psi + d\psi = \frac{Q}{4 \cdot \pi} \cdot (t + dt)$$

Volgens (13) is deze afvoer:

$$dQ = 2 \cdot \pi \cdot d\psi = 2 \cdot \pi \cdot \frac{Q}{4 \cdot \pi} \cdot dt = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot dt$$

en daar voor de lijnbron (Y -as) $dy = c \cdot dt$ heeft men dus:

$$\frac{dQ}{dy} = \frac{Q}{2 \cdot c} = q = \text{constant}$$

Zooals reeds werd opgemerkt, is de kennis van het stroomingsveld van de lijnbron of het lijnfilter van eindige lengte, van groote beteekenis voor het onderzoek van den hydrologischen toestand bij wateronttrekking uit den bodem.

Is de doorlaatbaarheid van den grond niet isotroop, bestaat de bodem b.v. uit verschillende lagen, zoo kan, indien de anisotropie als homogeen mag worden beschouwd, het stroomingsbeeld worden gevonden door toepassing eener lineaire transformatie, zooals uitvoerig is uiteengezet in lit. 8 (zie ook lit. 5).

Tenslotte moge er op worden gewezen, dat wel is waar de stroomfuncties van axiaal-symmetrische stroomingen alleen mogen worden gesuperponeerd, wanneer de stroomingen co-axiaal zijn (verg. form. (27) en (28)), bekend is, dat de *potentiaalfuncties* van verschillende stroomingen *steeds* mogen worden opgeteld, om die van de resulterende strooming te verkrijgen.

Literatuurlijst.

1. Lamb, Lehrbuch der Hydrodynamik, 2. Auflage 1931 — Teubner, Berlin.
2. Lorenz, Technische Hydromechanik, 1910 — Oldenbourg, München, Berlin.
3. Forchheimer, Hydraulik, 1914 — Teubner, Leipzig, Berlin.
4. de Glee, Over grondwaterstroomingen bij wateronttrekking door middel van putten, 1930 — Waltman, Delft. (met uitgebreide literatuurlijst).
5. Frey Samsioe, Einfluss von Rohrbrunnen auf die Bewegung des Grundwassers, *Zeitschrift für Ang. Math. und Mechanik*, 1931 — Heft 2, blz. 124 e.v.
6. Vreedenburgh, Conforme afbeelding en de grafische oplossing van vlakke potentiaalstroomingsbeelden, *De Ingenieur in Ned.-Indië* No. 3 — 1934.
7. Vreedenburgh, Potentiaalstroomingen, *Openbare Werken*, 1933 — No. 25 en 26, 1934 — No. 1.
8. Vreedenburgh, On the steady flow of water percolating through soils with homogeneous-anisotropic permeability, *Proceedings Intern. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Cambridge, Mass., 1936, Vol. I blz. 222 e.v. Zie ook *De Ingenieur in Ned.-Indië* 1935 — No. 11.
9. Witoszynsky, Über Strahlerweiterung und Strahlablendung, Vorträge aus dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik, herausgegeben von v. Karman und Levi-Civita, 1924 — Springer, Berlin — blz. 248.

UIT DE PRACTIJK.

Ontwerp van een waterreservoir

door

ir. J. F. BISH,

ingenieur-volontair bij de S.S. te Bandoeng.

(met 9 figuren).

Tot nu toe zijn de waterreservoirs van de Gemeente Bandoeng steeds gemaakt volgens hetzelfde principe, n.l. geheel in gewapend beton, met cirkelvormigen zijwand, vlakken vloer en een koepel, welke bedekt is met een laag aarde van 0,50 meter.

Als eisch is gesteld, dat die deelen van het reservoir, die niet aan een doorlopenden wateroverdruk onderworpen zijn, niet dunner dan 15 cm mogen genomen worden, daar anders verontreiniging zou kunnen plaats hebben. De koepel had dus een minimum dikte van 15 cm. Nu zal als regel een afdekking van een cilindrische ruimte door middel van een koepel — ondanks de hogere eenheidsprijzen van het gewapend beton (duurdere bekisting) — wel de meest economische oplossing geven. Dit is echter niet meer het geval, wanneer men aan een minimumdikte van de koepel is gebonden. Hier blijkt

n.l. de paddestoelvloer te verkiezen te zijn boven de koepel.

Volgens de Deutsche voorschriften. (Gehlert's Erläuterungen) is voor den paddestoelvloer een minimum dikte van 15 cm vastgesteld, welke dikte ook aangehouden is. Door de belasting is nu de afstand tusschen de kolommen bepaald. In verband met den cirkelvormigen zijwand zijn de kolommen in driehoeksverband geplaatst.

Aangenomen is, dat de draagstroken (Gurtstreifen) een medewerkende breedte hebben van $2 \times \frac{1}{4} \cdot l = \frac{1}{2} \cdot l$.

Elke draagstrook heeft een driehoeksbelasting met

$$q_{\max} = \frac{l}{\sqrt{3}} \cdot q, \text{ waarbij } q = \text{belasting per m}^2.$$

Nu zijn uit deze waarden het positieve en negatieve

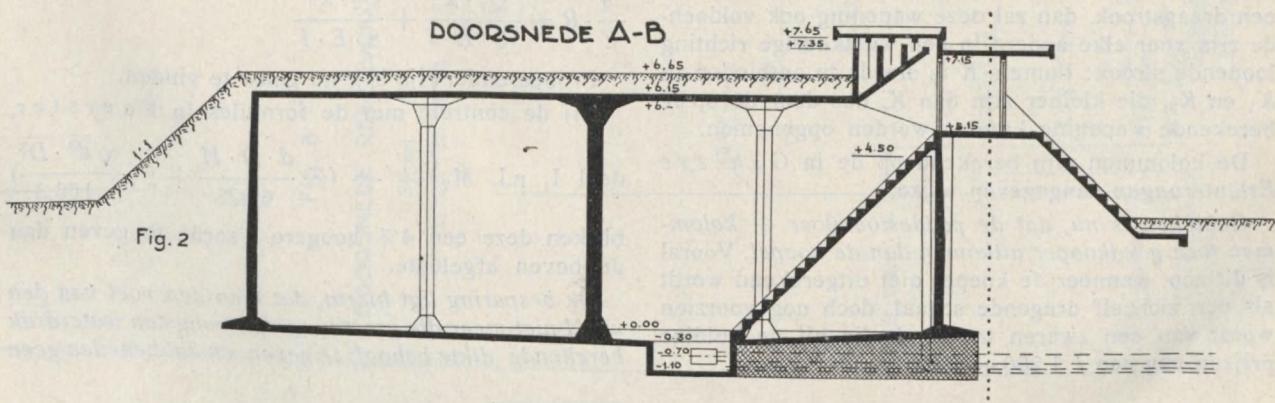
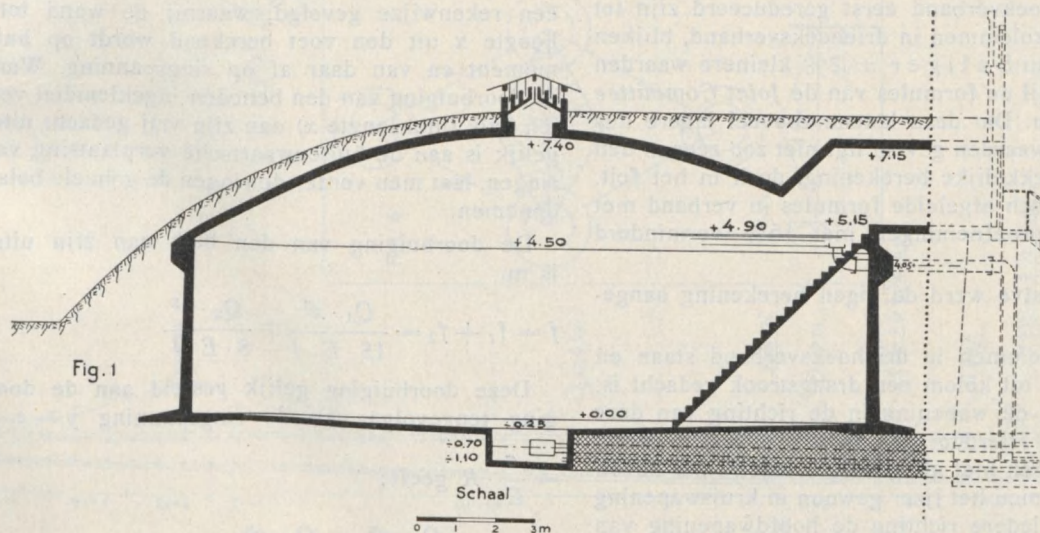
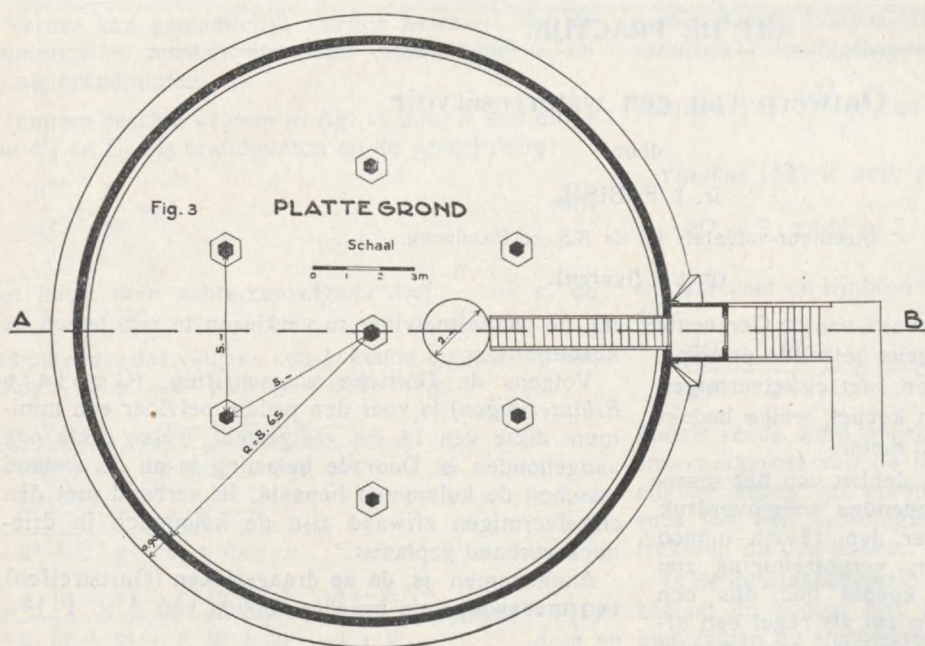


Fig. 1. Oud ontwerp.

Fig. 2. Nieuw ontwerp.



moment te berekenen, waarbij men dan voor de overspanning neemt $L = l - 2/3 \cdot D$ (D is kopbreedte van de kolom). Bij de controle met de formules van de *Joint Committee* en met die door *Saliger* aanbevolen, die evenwel, opgesteld zijnde voor kolommen in rechthoekverband eerst gereduceerd zijn tot het geval van kolommen in driehoeksverband, blijken de formules van *Saliger* $\pm 2\%$ kleinere waarden te geven, terwijl de formules van de *Joint Committee* 14% lager zijn. Dat deze laatste zooveel lagere dus economischer waarden geven, ligt niet zoo zeer in den opzet der betrekkelijke berekening, doch in het feit, dat de theoretisch afgeleide formules in verband met verschillende proefnemingen met 15% verminderd werden.

Veiligheidshalve werd de eigen berekening aangehouden.

Daar de kolommen in driehoeksverband staan en dus van kolom tot kolom een draagstrook gedacht is, moet eigenlijk de wapening in de richting van deze strook lopen. Hierdoor zou men evenwel 3 hoofd-richtingen krijgen met als gevolg 3 lagen ijzer boven elkaar. Neemt men het ijzer gewoon in kruiswapening en geeft men iedere richting de hoofdwapening van een draagstrook, dan zal deze wapening ook voldoende zijn voor elke andere in een willekeurige richting loopende strook; immers K is steeds te ontbinden in K_1 en K_2 , die kleiner zijn dan K , dus door de op K berekende wapening kunnen worden opgenomen.

De kolommen zijn berekend op de in *Gehlers Erläuterungen* aangegeven wijze.

Gebleden is nu, dat de paddestoelvloer + kolommen toch goedkoper uitkomen dan de koepel. Vooral is dit zoo, wanneer de koepel niet uitgerekend wordt als een zichzelf dragende schaal, doch nog voorzien wordt van een zwaren trekband, die bij de huidige prijzen nog een f 1 200,— kost.

De wand van het reservoir.

Wil men de elastische lijn, die de reservoirwand

vormt, nauwkeurig nagaan, dan heeft men, bij een overal gelijke wanddikte, reeds een differentiaal-vergelijking van de 4e orde op te lossen. Bij een varieerende wanddikte wordt het probleem nog ingewikkelder¹⁾. Vandaar, dat men in de practijk de geheele wand als regel verdeelt in mootten en elke moot op ringspanning berekent.

Toch is dit laatste minder juist. Immers, waar de voet en de top van den wand door een vloer vastgehouden worden, zal hier ter plaatse in den wand geen, althans een te verwaarloozen, ringspanning kunnen optreden en daar men toch, ter voorkoming

van scheurvorming de wand ter plaatse van zijn overgang in den benedenvloer op buigend moment moet bewapenen, is dus een berekeningsopzet als boven aangegeven, niet economisch verantwoord.

Ten einde aan dit bezwaar tegemoet te komen, is een rekenwijze gevolgd, waarbij de wand tot een hoogte x uit den voet berekend wordt op buigend moment en van daar af op ringspanning. Wanneer de doorbuiging van den beneden ingeklemde verticale balk (met lengte x) aan zijn vrij gedacht uiteinde gelijk is aan de buitenwaartsche verplaatsing van de ringen, laat men verder de ringen de geheele belasting opnemen.

De doorbuiging van den balk aan zijn uiteinde is nu

$$f = f_1 + f_2 = \frac{Q_1 \cdot x^3}{15 \cdot E \cdot I} + \frac{Q_2 \cdot x^3}{8 \cdot E \cdot I}$$

Deze doorbuiging gelijk gesteld aan de doorbuiging tengevolge van de ringspanning $y = \varepsilon \cdot R =$

$$= \frac{\sigma}{E} \cdot R \text{ geeft:}$$

$$\frac{\sigma}{E} \cdot R = \frac{Q_1 \cdot x^3}{15 \cdot E \cdot I} + \frac{Q_2 \cdot x^3}{8 \cdot E \cdot I}$$

Probeerenderwijs is x nu gauw te vinden.

Bij de controle met de formules in *Foerster*,

$$\text{deel I, n.l. } M_u = - \left(\gamma \cdot \frac{d \cdot D \cdot H}{6,928} + \gamma \cdot \frac{\sqrt{d^3 \cdot D^3}}{166,3} \right)$$

blijken deze een 4% hogere waarde te geven dan de boven afgeleide.

De besparing ligt hierin, dat men den voet van den wand niet meer die groote, op den hoogsten waterdruk berekende dikte behoeft te geven, en dat beneden geen

1) Zie b.v. *Lorenz*, Technische Elastizitätslehre, Band IV, blz. 615 e.v.

Fig. 8

DOORSNEDE RESERVOIR

Schaal

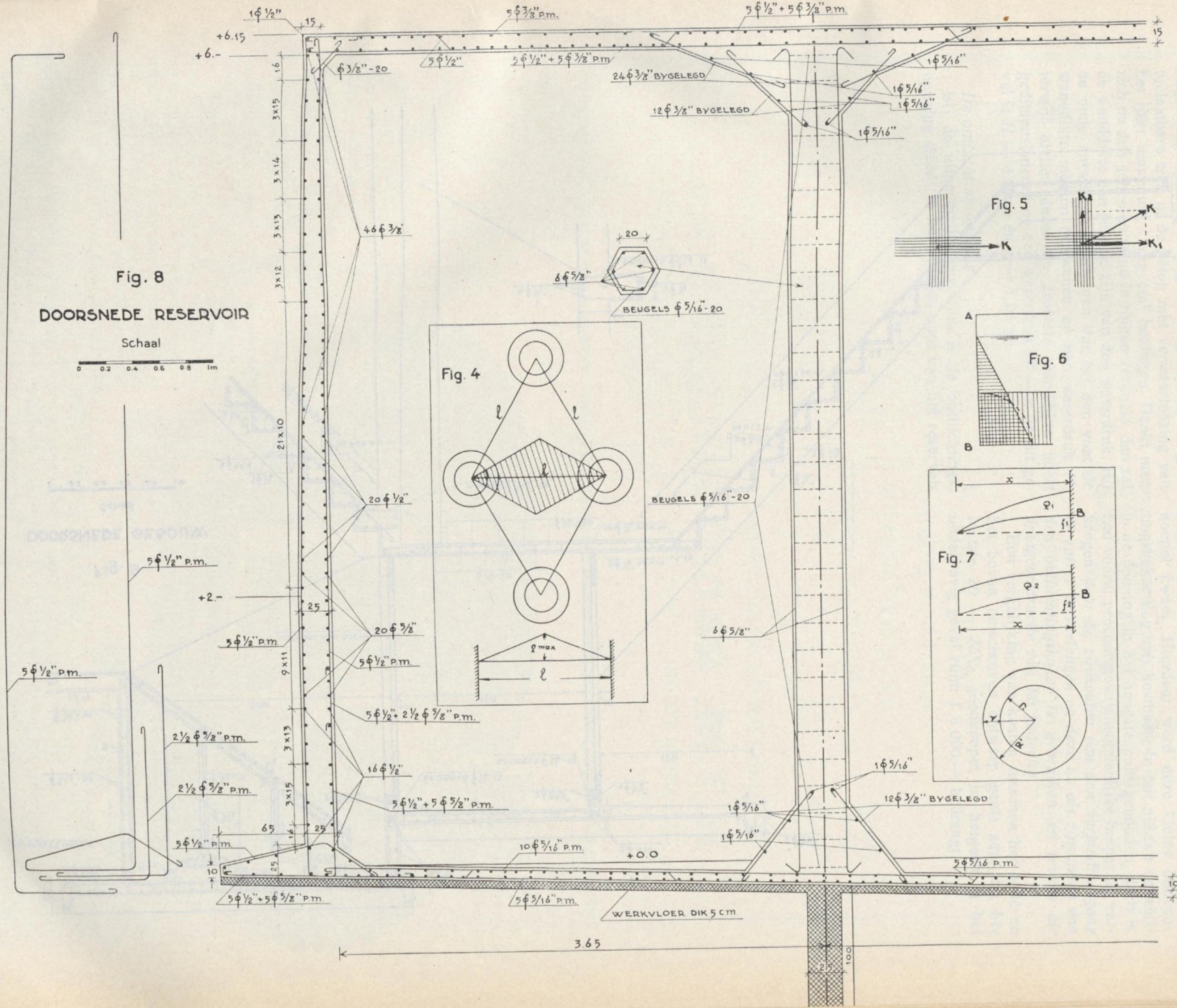
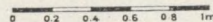


Fig. 5

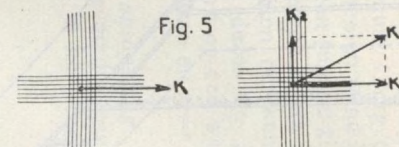


Fig. 6

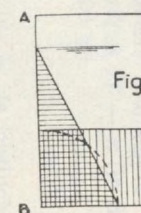
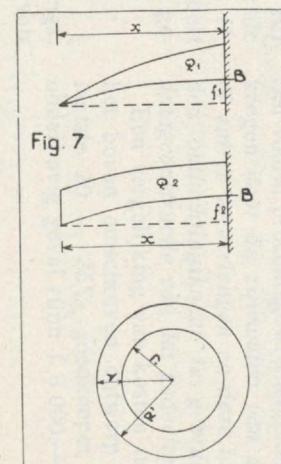


Fig. 7



zware ringwapening noodig is. Volgens eisch mag de toelaatbare trek in de beton met verwaarloozing van het ijzer maximum 12 kg/cm^2 bedragen. Denkt men zich nu den geheelen wand in ringen verdeeld, dan zal de wanddikte een functie zijn van den waterdruk. Bij de oude ontwerpen heeft men dus bij den voet de wanddikte moeten berekenen op een waterdruk H , terwijl steller dezès de grootste wanddikte heeft gedimensioneerd op een waterdruk $H - x$ (in dit geval is $H = 4,90 \text{ m}$ en $x = 1,20 \text{ m}$).

De ontluchtingsopening.

Bij de uitgevoerde reservoirs is de ontluchtingsopening steeds in het hoogste punt van het reservoir

geplaatst, waardoor deze opening in den top van de koepel kwam. Hierdoor werd deze kleine ontluchtingskoker nog vrij kostbaar. In het nieuwe ontwerp is de opening in het hoogste punt gehouden, doch is een vooral procentsgewijs aanzienlijke besparing verkregen door de zijwanden van den verbindingsgang of entree te verlengen en deze nu als zijwanden van den ontluchtingskoker te gebruiken en tevens als draagconstructie van dat gedeelte.

Een vergelijking van kosten tusschen het oude en het boven omschreven ontwerp geeft aan, dat het laatste 20 — 25% goedkooper is, hetgeen in het onderhavig geval ruim f 3 000,— bedraagt.



N.T.M. RADIO HOLLAND N.V.

TANDJONG PRIOK — BATAVIA — BANDJONG — SOERABAYA

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NED.-INDIË

BOHLER LASCH-ELECTRODEN

VARTA

STARTERBATTERIJEN

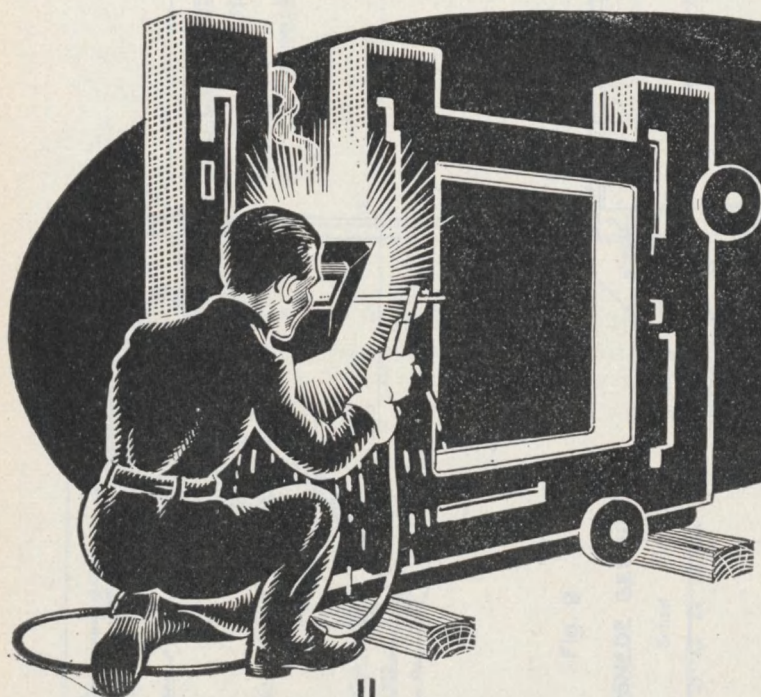
*Product van de
oudste en grootste
accumulatoren-
fabriek ter wereld*



ALLEENVERTEGENWOORDIGSTER VOOR NEDERL.-INDIË

N.T.M. RADIO HOLLAND N.V.

TANDJONG PRIOK — BATAVIA-C. — BANDOENG — SOERABAIA



*Voor snel en sterk
lasschen!*

Wanneer er op Uw onderneming in assen, frames, wielen of werkstukken een breuk voorkomt, dan zou het veel geld en tijd kosten, als zoo iets naar de fabriek ter reparatie moest worden gezonden. U laat dus zelf lasschen en voor deze werkzaamheden voldoen Böhlerelectroden wel bijzonder goed. De daarmee gemaakte lasschen houden uitstekend, zelfs als er groote druk op wordt uitgeoefend.

BOHLER LASCH-ELECTRODEN
LINDETEVES-STOKVIS



IN NEDERLANDSCH-INDIË

IV. MIJNBOUW EN GEOLOGIE.

„DE MIJNINGENIEUR”

INHOUD: De isostatische anomalieën in den Indischen Archipel, door dr. ir. R. W. van Bemmelen. — Over kruisende plooiën, door ir. H. Terpstra. — Note on *Miogypsina kotôï* Hanzawa, door dr. ir. Tan Sin Hok. — Economische Mededeelingen. — Personalialia — Ontvangen geschriften.

De isostatische anomalieën in den Indischen Archipel

(With English Summary).

door

dr. ir. R. W. van BEMMELEN,

geoloog bij den Dienst van den Mijnbouw, Bandoeng.

Inhoud:		pag.
Summary		9
Inleiding		10
Deel I: Algemeene beschouwingen		
1) De beteekenis van de physica en de mechanica voor de geologie.		10
2) De beteekenis van tektonische experimenten voor de geologie.		11
3) Beschouwingen over den weerstand van de aardkorst tegen deformatie.		12
4) Blijft door de verkleining in het experiment de analogie met de natuur behouden?		17
Deel II: Bezwaren tegen de samenpersingstheorieën.		
Inleiding.		18
1) Wanneer ontstonden de negatieve anomalieën?		20
2) Is een „super”-gebergte wortel, zooals Kuenen zich die voorstelt, waarschijnlijk?		21
3) Hoe moet men zich het „verdwijnen” van dezen „super”-wortel voorstellen?		
4) Waarom wordt geen rekening gehouden met den invloed van magmatische processen op de orogenese?		21
5) Het symmetrische inknikkingsmechanisme verklaart niet de asymmetrische structuur van den buitenboog.		23
6) Tijdens het mioceene diastrophisme van den buitenboog was de binnenboog door intrusie-tektoniek verzwakt en kon geen groote tangentele krachten van Azië naar den buitenboog overbrengen.		24
7) Waarom vertoonen de jonge dalingstroggen aan weerszijde van den buitenboog positieve isostatische anomalieën?		25
8) Waar moet de tangentele tektonische drukkracht van eenige duizenden kg/cm ² vandaan komen?		27
Conclusie.		28
Literatuur.		28

Summary:

The isostatic gravity anomalies in the Indian Archipelago.

Thanks to the great increase of geophysical and geological data in recent years the Indian Archipelago is becoming the centre and the touchstone of geotectonic theories (see Cloos, 1936, p. 473).

Among Netherlands geologists and geophysicists two different theories for the explanation of orogenesis and accompanying gravity anomalies have developed: One theory has been proposed by Vening Meinesz (buckling-theory) and altered by Bijlaard (theory of local plastic deformation of the earth's crust) and Kuenen („super”-mountain root theory). We call them „compression theories”. The compression theories try to explain the formation of a mountain root (such as the one which causes the negative isostatic anomalies below the outer Sunda- or Banda-arc) by lateral compression of the earth's crust. As the result of the tangential compression the crust buckles down or is locally plastically deformed along a distinct zone and here specifically light crustal material is pushed down into the heavier substratum. One could compare such a mountain root with the root of an artificial tooth, a so-called dowel crown.

The undation theory, as developed by the author, gives another explanation. According to this line of thought the mountain roots are formed by magmatic processes in the substratum (differentiation of the salsimatic parent magma layer and migmatitisation of the lower part of the sialic crust). According to the undation theory (and in contradistinction to the compression theories) the mountain roots grow by accumulation *from below*. One could compare such roots with those of organically grown teeth; they first grow in the depth and finally push up the mountain range.

In part I of this publication the physical meaning of the resistance of crustal material against stresses has been considered. The ultimate source of resistance against deformation are the inter-atomic forces and therefore the problem must be considered atomistic-statistic. There are two possible ways of yielding: The plastic yielding with the forming of sliding planes occurs after the accumulation of a certain amount of potential energy by elastic strain and therefore probably has a certain stress limit. The very slow, tough, (called "liquefivitrus" or "elastoviscous" by Jeffreys, 1935, p. 21, 5th, 4th line from below; "zähe" by Cloos 1936, Kienow 1933) yielding, however, is the result of inelastic wandering of atoms from one centre of equilibrium to the other. When very small stresses are applied, even far below the limit of elasticity, the average of these atom-displacements result in a distinct, inelastic strain, which may attain any amount if only enough time is available (*relaxation*) Becker (1936), Frenkel (1926), Kienow (1933), Cloos (1936). This tough yielding is aided by thermal and physico-chemical agitation.

In technique the upper limit of elasticity (plastic flow) is of importance. This limit is determined by laboratory tests of the strength of materials. In geology however the tough "elastoviscous" flow is also of great importance (see Kienow, 1933).

In part II of this publication a number of objections against the compression theories are formulated.

A serious deficiency is their complete neglect of the influence of magmatic processes on the orogenetic evolution.

Another serious objection is the following observation: According to the compression theories the mountain root under the outer arc of the Sundasystem should have come into existence during its miocene phase of diastrophism, by which its centrifugal overthrust structure was formed ("Wandertektonik" F. E. Suess).

During the same miocene orogenetic phase the inner arc of this system showed intensive volcanic activity and miocene batholithic intrusions ascended all along this arc up to a few kilometres below the surface. This inner arc was during the miocene orogenesis in the so-called stage of "Intrusionstektonik" (F. E. Suess) and it had a very high magma and migmatite level. Consequently, the strength of the crust in the innerarc was reduced to a minimum by magmatic processes in this period. According to the compression-theories, however, it should have been at least normal, for it should have had the power to transmit the tangential forces from Asia to the outer arc of the Sundasystem, where the mountain root was pressed down into the substratum.

This contradiction between the theoretical prognosis of the compression theories and the geological diagnosis is fatal to these theories and supports the correctness of the solution given by the undation theory (see fig. 5).

Inleiding:

Kort geleden verscheen over dit onderwerp een belangrijke studie van Kuenen („The negative isostatic anomalies in the East-Indies (with experiments)”. Leidsche Geol. Meded., 1936, VIII, 2, blz. 169—214). Kuenen bouwt voort op de inknikkings-theorie van Vening Meinesz en schaaft zich daarmee eenerzijds in de groep van hen, die samenpersing der aardkorst als oorzaak der orogenese en zwaarte-anomalieën beschouwen, anderzijds komt hij met zijn opvattingen in tegenspraak met die van Bijlaard, die geen inknikking maar locale plastische deformatie van de korst aanneemt.

De algemeene meening, zoowel van binnenlandsche als ook van buitenlandsche geologen is, dat de oplossing van tal van problemen der gebergtevorming en haar beteekenis voor de evolutie van de aardkorst te vinden zal zijn in den Indischen Archipel, waar de gebergtevorming in een actief stadium verkeert en daardoor het verband met de begeleidende vulkanologische, seismische, geodetische en gravimetrische processen voor waarneming toegankelijk is. Zoo zegt Cloos in zijn zoo juist verschenen werk (1936, p. 473): „Das Gebiet (n.l. de Indische Archipel) beginnt, dank der Untersuchungen und Synthesen H. A. Brouwers, G. A. F. Molengraaffs, Joh. Wanners, Vening Meinesz, L. M. R. Rutters, Umbgroves, Kuenens, Van Bemmelens und anderer und dank des rasch erweiterten Tatsachenschatzes immer mehr zu einem Mittel- und Prüfungspunkt der gesamten Geotektonik zu werden”.

Het verschijnen van bovengenoemde publicatie van Kuenen, die het vraagstuk der zwaarte-anomalieën nogmaals van de zijde der samenpersings-theorieën belicht, is derhalve een aanleiding om dit fundamenteele probleem der gebergtevorming, dat sinds het baanbrekende werk van Vening

Meinesz in het centrum der belangstelling staat, aan een nadere beschouwing te onderwerpen.

Deel I: Algemeene beschouwingen.

1) De beteekenis van de physica en de mechanica voor de geologie:

Het is met behulp der mathesis en vooral met de waarschijnlijkheidsrekening theoretisch wel mogelijk de processen der aardkorstevolutie te beschrijven, maar door de gecompliceerdheid van het natuurlijk gebeuren, waarbij met talloze factoren rekening gehouden moet worden, is het zelden mogelijk de integraties der opgestelde differentiaal-vergelijkingen uit te voeren, m.a.w. de premisses tot hun logische consequenties te vervolgen. Bovendien kent men de numerieke grootte der factoren meestal slechts bij benadering.

Men moet zich daardoor noodgedwongen behelpen met sterke vereenvoudigingen. De aangewezen weg daarbij is, dat men het natuurlijke proces splitst in een aantal ondergeschikte causaalreeksen, welke wel mathematisch te behandelen zijn. In de plaats van de totaliteit van het geologische evolutieproces krijgen we daardoor de som van een aantal mathematisch formuleerbare gebeurtenissen. Maar al zijn deze ondergeschikte reactieseries gescheiden bestaanbaar, zoo is toch het kenmerkende van een evolutieproces niet de som van een aantal causaalreeksen te zijn, maar juist het samenvattende, het wetmatig verband tusschen en het ineengrijpen van deze reactieseries (z.g. „Gesamtheitsbetrachtung”). We behoeven slechts aan het bekende woord van Schopenhauer te herinneren, dat de causiteit geen Fiaker is, die men naar willekeur kan laten stilhouden. De hoogste functie der evolutie, die alle gebeurtenissen tot één groot, samenhangend geheel doet samenvloeien, vindt haar uitdrukking in de statistische waarschijnlijkheidsrekening, die zegt, dat

alle processen naar evenwicht streven (*entropieverhoging*). Door mij werd dit het principe der „equilibrio-petaliteit” genoemd: *De natuurlijke evolutie is het gevolg van de wisselwerking tusschen evenwichtsverstorende (z.g. equilibrio-turbale) energiebronnen en evenwichtszoekende (equilibrio-petale) reacties.*

Door steller dezès werd getracht in samenwerking met den geophysicus Berlage (1934) door de toepassing van dit principe een nader inzicht in tektonische processen te verkrijgen, waarbij deze eveneens noodgedwongen in een aantal mathematisch formuleerbare onderdeelen gesplitst moesten worden. Ondanks de waardevolle inzichten, die in sommige opzichten verkregen werden, stuitten zij toen op het bovengenoemde bezwaar, dat door de sterke vereenvoudigingen in de premissen en de splitsing in ondergeschikte causaalreeksen essentiele zijden van de orogene evolutie niet in de vergelijkingen tot uitdrukking kwamen (l.c., p. 49 e.v.). Alleen het vervloeien van gevormde evenwichtsverstoringen werd door hen mathematisch vervolgd. Wanneer men ook de wisselwerking tusschen equilibrioturbale en de equilibriopetale factoren in de vergelijkingen zou willen vastleggen, komt men voor zeer groote mathematische moeilijkheden met differentiaalvergelijkingen van hogere orde te staan. De mathesis is niet in staat om dergelijke gecompliceerde processen als de geologische (cq. de tektonische) evolutie van de aardkorst in haar vollen omvang en samenhang in formules neer te schrijven en te vervolgen.

Het doel van de geologie is echter juist het *wezen* van de aardgeschiedkundige processen te leeren begrijpen en dit *wezen* is gelegen in het *historische, causale verband* tusschen evenwichtsverstorende en evenwichtsherstellende reactieseries, waardoor de geologische ontwikkeling der aarde tot een schakel in het algemeene kosmische evolutieproces wordt.

Om dit doel te bereiken moeten wij de natuur zelve bestudeeren, waar de gegevens van het éénmalige „experiment” der aardkorstevolutie in de archieven van steen gegrift staan. Deze gegevens vormen de zuivere bron van kennis in de natuurwetenschap (cq. de geologie); mochten mathematische berekeningen op grond van sterk vereenvoudigde premisses met de gegevens der natuur in conflict komen, dan hebben we de fout in onze premisses en niet in de natuur te zoeken. Het is zooals Jeffreys (1935, p. 25) zegt: „All we can do is to call attention to the variety of the combinations of properties that do occur: for their geophysical application we must ask the earth itself and trust its answer.”

Thiele en Beurlen (1936, p. 53) komen zelfs tot de conclusie: „.....dass die moderne Physik so, wie sie einmal ist, weder in ihrer Fragestellung, noch in ihrer Methode, noch in ihrer Zielstellung die tektonischen (geologischen) Vorgänge verständlich machen und erklären kann, da Frage und Zielstellung in Physik und Geologie grundsätzlich verschieden sind.” Zonder deze extreme uitspraak geheel te willen onderschrijven, zij hier toch wel gewaarschuwd tegen een overschatting van de beteekenis van typisch *ahistorische* wetenschappen als de mechanica en de physica voor het bereiken van een inzicht in het we-

zen en het verloop van het *historische* evolutieproces der aardkorst ¹⁾.

2) De beteekenis van tektonische experimenten voor de geologie.

Uit het bovenstaande volgt meteen, dat ook een tektonisch experiment, hoe instructief het ook moge zijn voor ons inzicht in bepaalde, ondergeschikte causaalreeksen, nooit beslissend of bewijzend kan zijn voor een historisch geologische evolutietheorie. Het toont ons slechts hoe het in de natuur geschied zou kunnen zijn, nimmer wat in werkelijkheid gebeurde.

Nu zal de proeven nemende tectonicus zeggen, dat hij zich daar van bewust is en dat het hem slechts te doen is om dat inzicht in de mogelijkheden of als illustratie van een bepaalden gedachtengang. Maar men loopt dan toch het gevaar dat de eenvoud van de experimenten of de premissen (waarin vele der in de natuur voorkomende, voor de afloop van het proces vaak essentiele factoren verwaarloosd zijn) sterker tot onzen geest spreekt dan de uitermate gecompliceerde causale wisselwerkingen tusschen evenwichtsverstorende en herstellende factoren die tijdens de geologische evolutie optreden. De experimenten krijgen daardoor groter invloed op onze concepties betreffende de geologische evolutie, dan zij in feite verdienen.

Om de beteekenis dezer uitspraken in hoofdstuk 1 en 2 aan te toonen, moeten wij eerst dieper ingaan op het karakter van de materiaalweerstand in het licht der waarschijnlijkheidsrekening (hoofdstuk 3) en de consequenties van de verkleining der dimensies in het tektonische experiment (hoofdstuk 4).

3) Beschouwingen over den weerstand van de aardkorst tegen deformatie.

Behalve dat de lengtematen in tektonische experimenten op een schaal van 1 : 100 000 of 1 000 000 (in Kuene's experimenten zelfs 1 : 5 000 000) verkleind moeten worden, dient men ook de andere factoren, die het verloop van het deformatieproces bepalen (zooals de weerstand van het proefmateriaal ten opzichte van den weerstand van de aardkorst) in gelijke mate te verkleinen. Dit is door Kuene ook inderdaad gepoogd (in zijn tweede serie experimenten), waarbij de drijvende korst die voor de experimenten gebruikt werd een consistentie had als die van zachte jam of boter (mengsel van parafine, vaseline en minerale olie). Kuene merkt echter terecht op, dat we de juiste waarde van den weerstand der aardkorst niet kennen. Hij heeft daarom getracht een analoge situatie bij zijn experimenten te bereiken, door er voor zorg te dragen, dat de bij zijn experimenten gebruikte korst een dusdanige consistentie had, dat de verhouding tusschen het maximum relief, dat bij de proefnemingen ontstond, en de korstdikte, ongeveer gelijk was als in de natuur; m.a.w., dat het hoogteverschil tusschen de hoogste en laagste deelen van de oppervlakte gedurende de compressie, belangrijk kleiner zouden zijn dan de

1) Zie hiervoor H. Rickert: „Die Grenzen der Naturwissenschaftlichen Begriffsbildung,” 3e en 4e druk, 1921, p. 185 e.v. en 325 e.v.

dikte van de korst. Hiermee voert K u e n e n echter al dadelijk een aantal onbekende of ongelijkwaardige factoren in zijn vergelijking in, zooals de korstdikte en het tempo van de deformaties tijdens de experimenten als gevolg van de energietoevoer, waardoor zoowel in de natuur als ook in het experiment de grootte van de relieffverschillen in hooge mate bepaald wordt.

We komen dan tot de vraag: „*Wat is het relief, dat de aardkorst blijvend verdragen kan*, dus dat alleen door exogene processen van erosie en sedimentatie vervlakt kan worden”?

Door herhaalde precisie-nivellementen is gebleken, dat de aardkorst bijna overal stijgende of dalende is. Zoo zegt C l o o s (1936, p. 178): „Immerhin bestehen gute gründe zu der Annahme, dass fast alle Teile der Erdkruste sich in Bewegung befinden, nur dass die Geschwindigkeit und der Charakter der Bewegungen in weiten Grenzen schwanken”.

In de Alpen zijn niveauveranderingen van 0,3 tot 1,7 cm/jaar vastgesteld (v o n S e i d l i t z, 1932, p. 104-105). De Alpenplooïngen en overschuivingen hadden in het Mioceen hun hoogtepunt en werden toen grootendeels afgesloten. Volgens de Helium-methode der geologische tijdrekening is dat ca. 6 miljoen jaren geleden. Een tempo van opheffing van 0,3 cm/jaar zou echter sedert de pliocene ijstijden in 600 000 jaren reeds een opheffing van 1800 m veroorzaakt hebben. Wanneer deze opheffing sinds het Mioceen werkzaam was geweest, zou zij thans een hoogte van 18 000 m bereikt hebben, dus het dubbele van de Mt. Everest hoogte. De stijging van 1,7 cm/jaar zou in 600 000 jaren een hoogte van 10 200 m leveren! We weten natuurlijk niet of deze opheffingen regelmatig verlopen. V o n S e i d l i t z (1932) wijst er echter met nadruk op, dat *er in ieder geval geen onmetelijke aardperiodes noodig zijn geweest, om de tegenwoordige gebergten te doen ontstaan. Hun opheffing geschiedt met voor geologische begrippen groote snelheid.* De Himalaya steeg in den jongsten (pliocenen) tijd sterk omhoog; de Mt. Everestgroep blijkt morfologisch een deel van de korst te zijn, dat nog weer extra hoog boven de „Gipfelflur” der overige Himalayaketen werd uitgedrukt. Ook het terugzakken en „vervloeien” van hooggebergten blijkt geologisch gesproken in slechts korten tijd te geschieden.

B i j l a a r d (1936 b, p. 160) meent, „dat uit het feit dat gebergtevorming optreedt reeds afgeleid kan worden, dat de korst in staat is groote spanningen op te nemen, ook bij kleine deformatiesnelheden”. De juistheid van deze opmerking hangt af van hetgeen men onder „kleine” deformatiesnelheden verstaat. *Van menselijk standpunt bezien is een gebergte een voorbeeld van stabiliteit door de eeuwen der cultuurgeschiedenis heen; van geologisch standpunt echter is een gebergte juist een voorbeeld van snelle vergankelijkheid in de aardgeschiedenis.*

Zoo berekent bijv. B i j l a a r d (l.c.) in navolging van J e f f r e y s (1935), dat voor het omhoogdrukken van het Himalayagebergte tangentieele drukspanningen in de korst van minstens 2600 kg/cm² noodig zijn geweest.

Ten eerste is deze berekening gebaseerd op de

premissie, dat het gebergte door tangentieele *samenpersing* van de korst zou zijn ontstaan, welke hypothese geenszins bewezen is. Wanneer wij ons houden aan hetgeen *waargenomen* is, n.l. dat het gebergte in den jongsten tijd *verticaal opgeheven* wordt, dus wanneer wij de daartoe benodigde kracht niet als de verticale component van een laterale samenpersing beschouwen, zijn de optredende spanningen in de korst veel geringer, n.l. slechts de spanningen die veroorzaakt worden door den opwaartschen druk van den wortel en den tegendruk van het opgeheven gebergte. Zoo komt zelfs K u e n e n (1936, p. 209) tot de conclusie, dat betrekkelijk geringe verticale krachten, door de negatieve anomalieën veroorzaakt, *een langzame plastische*²⁾ *deformatie van de korst te weegbrengen.*

Ten tweede blijkt uit bovenstaande cijfers over het tempo van de verticale bodembewegingen, dat men niet uit de momenteel bestaande relieffverschillen een maat mag afleiden voor den weerstand van de aardkorst tegen deformatie. *De bestaande relieffverschillen zijn het resultaat van het snelheidsverschil tusschen de gebergtevormende en de vervlakkende processen; zij beteekenen slechts een tijdelijk moment in het tektonisch evolutieproces en geven daardoor geen directe maat voor de vraag welke spanningen de aardkorst verdragen kan.*

Het antwoord op deze vraag is niet met een enkel cijfer te geven of door een tweedimensionale omhullende van M o h r voor te stellen, zooals B i j l a a r d (l.c.) dat op grond van zijn technische ervaringen meent. Hierbij moeten ook de invloeden van tijd, temperatuur, fysisch-chemische stoffdiffusies en toegevoerde energiehoeveelheid per tijdseenheid in aanmerking genomen worden.

Waardoor wordt de weerstand van materiaal tegen deformatie veroorzaakt? Becker (1926, p. 547) wijst er op, dat de moderne theorie der vaste lichamen ons leert, dat deze opgebouwd zijn uit enkelvoudige atomen of atoomgroepen, welke door wederkeerige (electrostatische) krachten quasi-elastisch aan bepaalde evenwichtsplaatsen gebonden zijn. Deze quasi-elastische verbindingen zijn de oorzaak van de elastische eigenschappen van het lichaam. De energie der ongeordende trillingen der atomen om de evenwichtsstanden is identiek met de warmteinhoud van het lichaam.

De weerstand tegen deformaties moet derhalve van het fysisch standpunt *atomistisch-statistisch* beschouwd worden. We verlaten daardoor het gebied der klassieke mechanica en komen in het gebied der *statistische mechanica*, die sinds de ontwikkeling van de kinetische gastheorie ontstaan is. De statistische mechanica verbindt de fundamenteele wetten der mechanica met die der waarschijnlijkheidsrekening en statistiek³⁾. Aangezien (volgens de kinetische opvatting der warmte als beweging de moleculen en atomen) de thermische energieinhoud een doorlopende bron van mechanische veranderingsoorzaken

2) Door geologen wordt de term *plastische deformatie* zoowel voor *plastisch* als *taai vloeien* gebruikt (zie pag. 15). In dit geval is *taai deformatie* bedoeld.

3) Zie R. F ü r t h: „Statistische Mechanik” in A u e r b a c h e n H o r t, Bd. 7, 1931, p. 339-386.

betekent, moeten alle mechanische grootheden bij voldoende verfijnde waarneming onregelmatige wisselingen ondergaan. Deze warmtebeweging der kleinste bouwsteen der materie bezit het karakter eener ongeordendheid en moet derhalve tot op zekere hoogte met behulp van de *waarschijnlijkheidsrekening* behandeld worden ⁴⁾.

De thermische amplitude der atomen wisselt en heeft eene van de absolute temperatuur afhankelijke gemiddelde waarde. Zoo nu en dan zullen er uitslagen optreden, die zoo groot zijn, dat het atoom spontaan in een nieuwe evenwichtsstand overspringt. De waarschijnlijkheid W van een dergelijke interatomaire plaatswisseling laat zich volgens Becker (1926, p. 511) als volgt uitdrukken:

$$W = \text{const.} \cdot e^{-\frac{U}{k \cdot T}}$$

waarin T = abs. Temp., k = Boltzmann's konstante = $1,37 \cdot 10^{-16}$ en U de hoogste waarde, die de potentieele energie van het atoom (gemeten vanuit den ouden evenwichtsstand) verkrijgen moet, om in den nieuwen evenwichtsstand over te springen. Wanneer geen bepaald gerichte spanningstoestand op het materiaal werkt, zal de som van deze interatomaire plaatswisselingen niet tot een bepaalde deformatie leiden. Wanneer dat echter wel het geval is, zullen de verplaatsingen een bepaalde voorkeurrechtiging hebben, waardoor hun som na verloop van tijd een deformatie van het materiaal onder invloed van den gerichten druk oplevert.

In den zoogenaamden gesmolten toestand, zijn de thermische trillingen zoo groot, dat de atomen vrij van den eenen evenwichtstoestand naar den anderen kunnen dwalen. Maar ook wanneer de thermische agitatie niet deze maat bereikt, dan nog bevordert het de blijvende, onelastische deformatie tengevolge van een bepaalden gerichten druk. Het tempo van de deformatie zal behalve van de grootte van den druk afhangen van de grootte der interatomaire krachten en de hoeveelheid energie die per tijdseenheid wordt toegevoerd. Het overspringen van atomen onder invloed van een mechanischen dwang naar een nieuwen evenwichtstoestand zal des te vaker optreden, naarmate de spanning grooter is en naarmate deze langer werkt.

Volgens deze voorstelling is derhalve voor de fysieke betekenis der plastische deformatie een nauwkeurige kennis der *vloeijsnelheid* in verband met de kracht en temperatuur van groot belang, terwijl de vloeijsnelheid tot dusver in de technische onderzoeken over plasticiteit slechts een ondergeschikte betekenis had. De praktikus wil in de eerste plaats weten *hoeveel* zijn materiaal door een bepaalde last gerekt wordt, de physicus (en ook de geophysicus) wil weten *hoe snel* het materiaal door die last gerekt wordt.

Het gevolg van dit beperkte technische standpunt is, dat de elasticiteitsgrens een vage, zoowel theoretisch als experimenteel moeilijk te bepalen grootte is en men allerlei nevenverschijnselen te defi-

nieren kreeg, zooals vermoeidheid, nawerking en hysteresis. Men behelpt zich ten slotte met allerlei afspraken over de toelaatbare grenzen van de afwijking der volkomen elasticiteit ⁵⁾.

De technische of toegepaste mechanica is een wetenschap, die werkt met constanten voor grove mechanische verschillen der materiaaleigenschappen, die door onze menselijke meetmethoden waarneembaar en voor de techniek van belang zijn. De quantentheorie heeft ons geleerd, dat afwijkingen van deze wetten en constanten optreden, wanneer wij ze zouden willen toepassen op de kleinste bouwsteen der materie, zooals de atomen en moleculen. Deze afwijkingen worden in de statistische mechanica behandeld, waarbij de waarschijnlijkheidsrekening haar intrede doet.

Het is door de quantentheorie gebleken, dat de problemen der elasticiteit en plasticiteit slechts met behulp der waarschijnlijkheidsrekening mathematisch te behandelen zijn. De spontane, diskrete sprongen, die de kleinste bouwsteen uitvoeren kunnen, zijn in het gebied der middelbare grootten (c.q. de techniek) soms slechts als afwijkingen der ideale elasticiteit (nawerking, hysteresis, vermoeidheid) en soms geheel niet meetbaar, daar de tijdsduur onzer menselijke experimenten daartoe te kort is.

Van groot belang voor geophysische beschouwingen is nu, dat deze afwijkingen van de wetten en constanten der technische mechanica, die in de kleinste bouwsteen der materie optreden, ook van belang worden in de wereld der grootste, bovenmenselijke dimensies, zooals in de geologische evolutie, waar voor het (door de natuur uitgevoerde) tektonische experiment zeer lange tijden ter beschikking stonden.

Reeds bij zeer kleine spanningen, die ver beneden de technische elasticiteitsgrens gelegen zijn, kunnen blijvende, onelastische deformaties ontstaan, wanneer slechts voldoende tijd ter beschikking staat.

Zoo wijst bijv. Kienow (1933, p. 213) erop ⁶⁾, dat voor plastische klei en ook voor gesteenten die met de snelheid der tektonische processen gedeformeerd worden in eerste benadering de Maxwell'sche wet geldt:

$$S_0 = 2 \cdot G \cdot E_0 - \frac{1}{\beta} \cdot \int_0^t S_0 \cdot dt \quad (1)$$

waarin S_0 de spanningsdeviator, G de schuifelasticiteitsmodulus, E_0 de vormveranderingsdeviator en β een materiaalkonstante is, die den zoogenaamden *relaxatietijd* voorstelt.

Wanneer de tijd, dat de spanning op het lichaam werkt, zeer groot wordt, krijgen we:

$$S_0 = 2 \cdot G \cdot \beta \cdot E_0 \quad (2)$$

dus een lineair verband tusschen spanning en deformatiesnelheid.

5) Zie hierover H. Fromm in Auerbach en Hort, 1931, Bd. 4, deel 1, p. 376: „Ersatz der Elastizitätsgrenze durch signierte Grenzen”.

6) Zie voor een overeenkomstige berekening F. Auerbach: „Hydrodynamika” in Auerbach en Hort, Bd. 5, 1931, p. 102. Auerbach wijst erop, dat het belang van deze beschouwingen groot is, daar zij voor alle aggregaatstoestanden gelden.

4) Zie R. Fürth: „Schwankungserscheinungen” in Auerbach en Hort, 1931, Bd. 7, p. 387.

De proportionaliteitsfactor tusschen spanning en deformatiesnelheid is de zogenaamde *taaiheid*:

$$\mu = G \cdot \beta = \lim_{\substack{\tau \rightarrow 0 \\ t \rightarrow \infty}} \frac{S_0}{2 \cdot E_0}$$

De relaxatietijd is een maat voor den tijd die verloopt, voor zich in het materiaal de door vergelijking (2) gekarakteriseerde toestand van de bij den spanningstoestand behorende deformatiesnelheid heeft ingesteld. *De grove verschillen der mechanische eigenschappen der verschillende materialen, die in het laboratorium gemeten worden, laten zich continuüm-mechanisch als verschillen der relaxatietijden interpreteren:* Is in het betreffende materiaal β zeer groot voor menschenlijke maatstaf, dan hangt de spanning niet meer met de snelheid samen. We kunnen

dan de invloed van de snelheid verwaarlozen en krijgen de *H o o k e s c h e* elasticiteitswet. De mathematische behandeling van dit geval en de hiertoe behorende stoffen behooren tot het gebied der elasticiteitstheorie, of de plasticiteitsleer, wanneer de vloei-grens voor plastische deformatie overschreden is (fig 1a).

Wanneer omgekeerd β zeer klein wordt, krijgen we een „*taai*” vloeistof (teer of lak). De bewegingsvergelijkingen van dergelijke stoffen worden in de hydrodynamica afgeleid en besproken. *Het is niet waarschijnlijk, dat hierbij een vloei-grens optreedt.* De spannings-ervormingsdiagrammen hebben de vorm van fig. 1b.

Het derde geval, dat β van de gelijke grootte orde is als de deformatiesnelheid, werd theoretisch nog weinig bestudeerd, daar de praktische interesse voor stoffen met deze eigenschap slechts gering is. Een indruk van het verloop der vastheidscurve geeft fig

1c. De tangent in het nulpunt stelt het schuifmodel voor en valt daardoor met curve 1a samen. Bij zeer groote snelheden nadert de curve asymptotisch aan die van een taai vloeistof. Een dergelijk beeld geven plastische klei, plastiline, Barietlied e.d. Volgens *K i e n o w* behooren tot deze groep ook de gesteenten, wanneer zij met de snelheid van tektonische processen vervormd worden.

Het is op grond van dit algemeene inzicht niet mogelijk om de resultaten van de proeven van *von Kármán* enz. op tektonische processen toe te passen, zonder ook de relaxatiefactor in aanmerking te nemen.

Welke beteekenis heeft de vloei-grens, die door deze laboratorium experimenten bepaald wordt? De ervaring leert, dat bij de belasting van metalen de plastische vervorming dan begint, wanneer de elastische vormveranderingsarbeid een bepaalde grens heeft bereikt. Ten gevolge van de door deze deformatie verrichte arbeid wordt de potentieele energie van het materiaal vergroot. Hierdoor veranderen de afstanden van de roosterpunten en het electrostatische evenwicht in de kristallen of aan de kristalgrenzen ondervindt storingen, waardoor atomen of atoomgroepen de neiging verkrijgen in andere evenwichtsstanden over te springen.

Becker (1926, p. 548) wijst er op dat hierbij een onderscheid gemaakt moet worden tusschen „kristallijne” en „amorphe” plasticiteit.

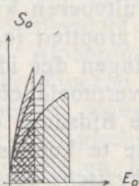


fig. 2

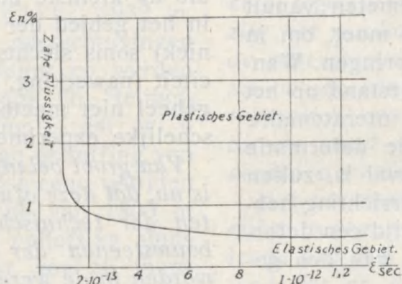


fig. 3

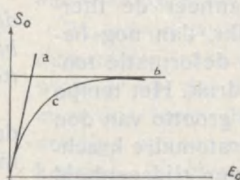


fig. 1

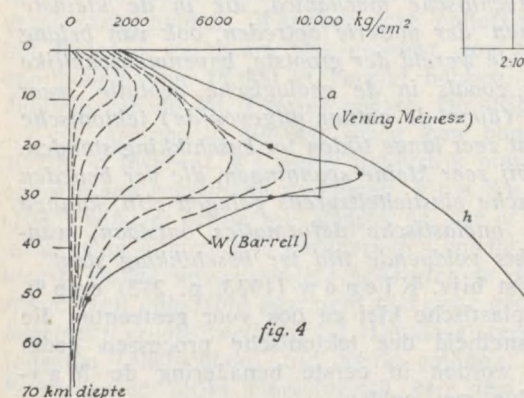


fig. 4

Fig. 1. Vormveranderingscurven van drie stoffen met verschillende relaxatietijd maar gelijke taaiheid bij gelijke deformatiesnelheid.

(Volgens *K i e n o w*, 1933, fig. 4) a) Ideaal elastisch lichaam
b) Ideale taai vloeistof.
c) Maxwell'sch lichaam

Fig. 2. Gelijke vormveranderingsarbeid (geharceerde gebieden) bij de deformatie van een Maxwell'sch lichaam met verschillende snelheden.

De vloei-grens ligt des te hoger, naar mate de snelheid toeneemt, terwijl de voor het intreden van plastisch vloeien benodigde vervorming naar rato afneemt. De grens is bereikt als de curve recht in de richting van de beginhoek loopt; dan geldt de elasticiteitswet. (*K i e n o w*, 1933, fig. 5).

Fig. 3. Taai en plastisch vloeien van gesteenten bij druk- en trekbelasting als functie der vervormingssnelheid onder 1700 atm. hydrostatische druk (overeenkomende met ca 6 km diepte). Het diagram toont dat bij een deformatiesnelheid, die kleiner is dan $0,9 \cdot 10^{-13}$ 1/sec. de grens van plastisch vloeien nooit bereikt wordt! *K i e n o w* berekent dat dit eerst mogelijk is, wanneer door de tektonische krachten van ca 2000 atm. een energie van 550 PK per kubieke kilometer geleverd wordt (*K i e n o w*, 1933, fig. 9).

Fig. 4. De weerstand tegen deformatie als functie van de diepte onder de aardoppervlakte: 1) Volgens curve h als alleen de toenemende hydrostatische druk in aanmerking genomen wordt. 2) a, volgens de aanname van *Vening Meinesz*. 3) W, curve volgens *Barrell* als ook de invloed van de toenemende temperatuur in rekening wordt gebracht. 4) Deze omhullende W wordt nog veel verder ingeknepen (volgens de gestippelde curven), wanneer ook rekening gehouden wordt met de relaxatietijd en de mogelijkheid van taai vloeien. Ook fysisch-chemische agitatie heeft een dergelijk effect.

De *kristallijne plasticiteit* treedt op, wanneer onder de werking van schuifspanningen een afglijden van materiaal langs bepaalde kristallografische vlakken plaats vindt, waarbij in enkele gevallen ook de glijrichting in deze vlakken bepaald is. De geringste voor het optreden van de glijding benodigde schuifspanning heeft de betekenis van de elasticiteitsgrens. Haar grootte is ook in hooge mate afhankelijk van een gelijktijdig werkende normaalspanning (zooals bijv. in de aardkorst door de naar de diepte toenemende hydrostatische druk geleverd wordt).

Berekeningen voor deze theoretische elasticiteitsgrens (S) geeft Frenkel (1926). Men moet echter niet vergeten, dat deze theoretische elasticiteitsgrens nooit direct gemeten kan worden. Men meet altijd de last, die een waarneembare blijvende rek veroorzaakt. De grootte van de inwendige schuifspanning, die tengevolge van deze last optreedt, beweegt zich tengevolge van de thermische trillingen om een gemiddelde waarde s . Bij het overschrijden van de grens S treedt een spontaan overspringen in een volgende evenwichtsstand op en de cohesiekrachten bewerken dan dadelijk weer een vastgrijpen der vlakken in de atomaire „vertandingen” der glijvlakken.

Fysisch beschouwd is de plasticiteit van een kristal onder invloed van een bepaalde schuifspanning het gevolg van thermische trillingen, welke tengevolge hebben dat zuiver toevallig nu eens deze, dan weer gene roosterdeelen langs glijvlakken verspringen. De vloeisnelheid is in wezen bepaald door het aantal keeren per tijdseenheid, waarmee spontane overschrijding der grensspanning S optreedt. Bepalend voor het aantal keeren dat dit geschiedt is de arbeid, welke men voor de isotherme en reversibele opwekking der grensspanning S aan te wenden heeft.

Deze arbeid is natuurlijk grooter voor de kristallijne plasticiteit, waarbij de verschuivingen van heele roosterdeelen langs glijvlakken op moet treden, dan voor de *amorphe plasticiteit*, waarbij slechts enkele atomen verspringen. De vlakken waarmede de kristallen in polykristallijne aggregaten aan elkaar grenzen, zijn plaatsen, waarlangs de amorphe plasticiteit kan optreden. De beschouwingen van Frenkel (1926) voeren tot het resultaat, dat ook in enkelvoudige kristallen een vloeien (dus viscositeit) mogelijk is door een dergelijke amorphe plasticiteit, welke met het zoogenaamde glijproces niets te maken heeft. Vervormingen van roostervlakken en fouten in den kristalbouw, welke in alle natuurlijke kristallen aanwezig zijn, bevorderen in hooge mate de interatomaire plaatswisselingen⁷⁾. Ook kristallijne stoffen zijn derhalve tot amorphe plastische deformatie in staat.

Deze twee manieren van plastisch deformeeren, n.l. kristallijne plasticiteit en amorphe plasticiteit

worden ook wel *plastische deformatie (sensu stricto)* en *taaië deformatie* genoemd, welke benamingen in deze publicatie gebruikt worden.

Wanneer een bepaalde maat van potentieele energie in een kristallijn lichaam wordt overschreden begint plastische vervorming in den vorm van verschuivingen van kristallieten langs de korrelgrenzen of van roostervlakken in de kristallen. H. Hencky vergeleek de vormveranderingsarbeid, die een lichaam wordt toegevoerd, met een vloeistof, die in een vat gegoten wordt. De inhoud van het vat komt overeen met het opnamevermogen van potentieele energie door het betreffende materiaal. Evenals het vat overloopt, wanneer het gevuld is, zoo zal ook de substantie zich plastisch deformeeren, wanneer een bepaalde maat van potentieele energie overschreden wordt. Deze maat kan bij verschillende deformatiesnelheden bereikt worden (zie fig. 2).

Aangenomen wordt, dat de benodigde spanning niet beneden een bepaalde grens kan komen door de verlaging van de deformatiesnelheid. Deze aanname kan voor technische doeleinden in de meeste gevallen bruikbaar zijn, maar volgens de beschouwingen van Becker is zij niet geheel juist. Becker (1926) neemt aan, dat de schijnbaar continue plastische deformatie uit aparte, discrete sprongen bestaat, waardoor telkens in een glijvlak een volledige ontspanning ontstaat. De tijdwet is thans door de waarschijnlijkheid $dW = S/\sigma \cdot xdt$ gegeven, waarmee zich een „eiland” in het materiaal met de voor dat eiland karakteristieke konstante x onder een spanning σ in den tijd dt spontaan ontspant. Bepalend voor het aantal keeren dat dit per tijdseenheid geschiedt, is (zooals we reeds hierneven zeiden) de arbeid, welke men voor de isotherme en reversibele opwekking der grensspanning S aan te wenden heeft. De oorzaak van de verschillende x waarden kan gelegen zijn in de verschillende oriëntering van de glijvlakken t.o.v. de krachtrichting of aan de meerdere of mindere volkomenheid van de roosterstructuren.

De aanname, dat een bepaalde minimum spanning noodig is, om plastische deformatie te leveren kan men derhalve statistisch mechanisch zoo opvatten, dat voor spanningen, welke ver onder de theoretisch benodigde schuifspanning S gelegen zijn, het bereiken van deze grens door thermische trillingen zeer onwaarschijnlijk is. Er moet een bepaalde arbeid per tijdseenheid verricht worden om de met belangrijke structuurveranderingen gepaard gaande plastische vervorming mogelijk te maken. Beneden een bepaalde deformatiesnelheid is de opgehoopte potentieele energie niet voldoende, om de vloeigrens der plastische vervorming te bereiken.

Dat wil echter niet zeggen, dat (zooals Bijlaard meent) dan ook geen blijvende (onelastische) deformaties kunnen ontstaan. Ook in dit geval kan de substantie sterk vervormd worden, echter zonder dat bepaalde glijvlakken optreden, namelijk door de amorphe plasticiteit, waarbij het de eigenschappen eener taaie vloeistof vertoont. (fig 3).

Zoo zegt bijv. Frenkel (1926, p. 577): „Und zwar verschieben sich die einzelnen Atome bei der Platzwechselforgang ganz unabhängig voneinander, weshalb diese Bewegung als eine Selbstdiffusions-

⁷⁾ Smekal (zie Auerbach en Hort, Bd. IV, deel 2, 1931) heeft waarschijnlijk gemaakt, dat een werkelijk kristal zich van een regelmatig gedacht „ideaal” kristal door het voorhanden zijn van talrijke bouwfouten onderscheidt; deze vormen z.g. „Lockerstellen” in het kristal, waardoor de technische cohesie slechts 1/100ste of 1/1000ste bedraagt van de „ideale” cohesie, welke volgens moleculair-theoretische overwegingen te verwachten is.

bewegung aufgefasst werden kann. Damit ist aber eine gewisse *Viscosität* verknüpft, die nicht nur in amorphen — festen oder flüssigen — Körpern, sondern auch in kristallinen sich durch ein (vielleicht sehr langzames) *Fliessen* unter Wirkung von beliebig kleinen Schubkräften äussern muss. Dieser *Fliessvorgang*, bei welchem die verschiedenen Atome sich ganz unabhängig voneinander nach verschiedenen Richtungen (die nur im Mittel mit der Fliessrichtung übereinstimmen) verschieben, hat aber nichts zu tun mit den von uns betrachteten *Gleitvorgang*, bei welchem zwei aneinander liegende Teile eines Kristalls als Ganzes verschoben werden.”

Op deze taaie, langzame vervorming onder de vloeigrens der plastische deformatie (= amorphe plasticiteit in den zin van Becker) werd door mij o.a. in 1936 b, p. 153 gewezen, waarbij ik Cloos (1936) citeerde, die zegt, dat ook onder de elasticiteitsgrens de deformaties elke grootte kunnen bereiken, wanneer slechts voldoende tijd ter beschikking staat.

In het door Henck y gegeven beeld zou men zich dat zoo kunnen voorstellen, dat om verbruik van de toegevoerde energie door deformatie te verkrijgen het niet noodig is, dat het vat overloopt. Op den bodem van het vat bevindt zich een gat, waardoor de vloeistof weg kan lopen. Er is nu een minimum snelheid nodig, waarmee de vloeistof in het vat gegoten moet worden, om dit te kunnen vullen en ten slotte te doen overloopen, waarmee de vloeigrens der *plastische* deformaties bereikt zou zijn. Wanneer de vloeistoftoevoer (cq. energietoevoer) echter niet die maat bereikt, wordt deze bovenste vloeigrens niet bereikt; de vloeistof stroomt weg door het gat in den bodem van het vat, d.w.z. de energietoevoer wordt ook dan voor deformatie gebruikt, in dit geval echter voor *zeer langzaam, taai vloeien*. Hoe groter de thermische en fysisch-chemische agitatie van het materiaal is, des te groter zal dit „lek” in het vat zijn. In de techniek (staal, beton, enz.) is meestal deze bovengrens, de vloeigrens der plastische deformatie van belang. Bij de technische experimenten voor het vaststellen van de materiaalkonstanten worden in korten tijd groote hoeveelheden energie toegevoerd, waardoor het lek onder in het vat niet opvalt⁸⁾.

Dit lek is voor technische vraagstukken meestal van ondergeschikt belang en vaak pas meetbaar bij tijden, die door de duur der menselijke proefnemingen zelfs niet benaderd kunnen worden. Dit is echter wel het geval, als het experiment niet door menschen

8) Bij vaste lichamen, bijv. bij de metalen, is men gewoon deformatiesnelheden van mm/sec. toe te passen. Dat echter metalen zich ook bij uiterst langzaam uitgevoerde deformaties als pek gedragen, toonen proeven met tin aan, zooals die bijv. onlangs door Chalmers uitgevoerd werden (Br. Chalmers: „Micro-plasticity in Crystals of Tin.” Proc. Royal Soc. London, 1936, A, 156, p. 427-443). Ook lood en zink vertoonen dit verschijnsel op voor menselijke meetmethoden waarneembare schaal; koper, brons, messing, ijzer en staal echter in veel geringer mate. Welke invloed de deformatiesnelheid op de benodigde spanning heeft toont een berekening van Henck y in Ztschr. d. Ver. Deutsch. Ing., 69, 1925, waarin hij nagaat, dat een taaie vloeistof, wier taaiheid met die van ijzer overeenkomt (= 1200 kg/cm²), als staaf van 10 cm lengte bij een reksnelheid van 1 cm/sec een trekspanning van 360 kg/cm² zou vereischen.

doch door de natuur wordt uitgevoerd, waarbij de zeer lange geologische tijden, hooge temperaturen en fysisch-chemische agitatie ter beschikking staan.

Uit het voorgaande volgt duidelijk, dat de laboratoriumexperimenten (als die van von Kármán) niet zonder meer op de geologische processen van toepassing zijn, maar dat daarbij ook de invloed van de geologische factoren in aanmerking genomen moet worden.

Wanneer men, zooals Bijlaard (1936 b) dat doet, de op geologische overwegingen gebaseerde uitspraak dat de aardkorst niet bestand is tegen lang aanhoudende spanningen, gaat inteeekenen in een tweedimensionale omhullende van Mohr, welke gebaseerd is op laboratoriumproeven, dan begaat men daarmee dezelfde fout, als wanneer men fysisch-chemische evenwichten van meerdere componenten zou willen projecteeren op het coördinatenvlak van slechts twee componenten.

Bijlaard rekent slechts met de wetten voor plastisch vloeien, maar ziet over het hoofd, dat er ook taai vloeien mogelijk is. Terwijl in de techniek meestal slechts de vloeigrens voor plastisch vloeien van belang is, spelen in de geologie beide wijze van deformeeren een groote rol. Zoo neemt bijv. Kienow (1933) aan, dat tijdens epirogenetische bewegingen vooral taai vloeien plaats vindt en tijdens orogenetische bewegingen ook plastisch vloeien. De term „vloeiiweerstand” heeft in de geologie derhalve niet de enge technische betekenis van weerstand tegen plastisch vloeien, doch hierbij wordt zoowel met plastisch als ook met taai vloeien rekening gehouden.

Het is duidelijk dat Bijlaard de dimensie tijd in de geologie, welke haar mathematische uitdrukking vindt in de *relaxatiefactor*, heeft verwaarloosd.

Zoo schrijft Bijlaard niet alleen in 1936a, No. 7, p. 97: „De dimensies hebben op mijn beschouwingen geen invloed”, maar ook nog in 1936b, No. 11, p. 161: „Hoewel ik reeds in dit tijdschrift No. 7 — 1936 er de aandacht op vestigde dat de wetten, die het optreden van plaatselijke plastische vervormingen beheerschen, door mij exact werden afgeleid, welke afleiding *onafhankelijk is van de dimensies* (cursiveering door Bijlaard) gaat Van Bemmelen door niet te spreken over mechanische experimenten, dië niet voor groote dimensies van de aardkorst gelden.”

Uit bovenstaande citaten blijkt duidelijk, dat Bijlaard een extrapolatie zijner technische deformatiewetten tot het gebied der geologische deformaties toelaatbaar acht zonder met de dimensie tijd rekening te houden.

Op grond van bovenstaande uiteenzettingen moet hiertegen ernstig bezwaar worden gemaakt, omdat de elasticiteits- en plasticiteitsberekeningen der toegepaste mechanica niet gelden voor geologische omstandigheden, die buiten het gebied van deze theorieën vallen.

Wanneer men den invloed van de geologische factoren, zooals lange tijden, hooge temperaturen, fysisch-chemische stoffdiffusies, ook in de omhullende van het verloop van den weerstand tegen deformatie der aardkorst naar de diepte in rekening zou willen brengen, dan volgt uit voorgaande beschouwingen, dat de door *Barrell* (1914) gegeven kromme slechts een bovengrens is, welke werd samengesteld door middel van extrapolatie van de materiaalweerstand, die in het laboratorium bij verschillende temperaturen gemeten werden, en waarbij de deformatiesnelheden en de toegevoerde energie steeds relatief groot zijn. Wanneer de deformatie echter onder geologische omstandigheden plaats vindt, d.w.z. uiterst traag, vaak bij relatief hooge temperaturen en onder den invloed van fysisch-chemische agitatie (omkristallisaties, stoffdiffusies, e.d.), dan wordt deze door *Barrell* gegeven omhullende nog verder ingeknepen, zooals dit in fig. 4 is aangegeven.

Een gevolg hiervan is, dat het inderdaad juister is de geotektonische processen volgens de wetten en regels der hydrodynamica voor zeer taai vloeistoffen te behandelen (zooals door Berlage en Van Bemmelen, 1934 geschiedde) en dat een behandeling volgens de wetten en regels der elasticiteits- en plasticiteitstheorie (zooals dat door de voorstanders der samenpersingstheoriën gebeurt) principieel minder juist is.

De uitspraak van *Jeffreys* (zie *Bijlaard*, 1936b, p. 163), dat als de aardkorst geen spanningen kon opnemen, de oceanen zich tot een uniforme diepte over de korst zouden uitspreiden en dat zulks ons menschenlot op aarde zou bezegelen is zeer zeker juist; maar het feit, dat het huidige relief spanningen in de korst veroorzaakt bewijst nog geenszins, dat deze spanningen permanent door de korst verdragen kunnen worden (omdat ze beneden bepaalde drempelwaarden zouden liggen).

Gelukkig bezit de aarde nog een bron van endogene energie, die voortdurend relief schept. Wij wezen er in het voorgaande reeds op, dat de aardkorst overal, doorlopend in zeer langzame beweging is en dat er een onafgebroken strijd gaande is tusschen dit voor ons menschenlot fatale (taai) vervloeien en de reliefscheppende endogene krachten. Wanneer eens deze endogene (equilibrio-turbale) krachtbron uitgeput zou raken, zou het inderdaad te verwachten zijn, dat in geologisch gesproken betrekkelijk korten tijd de verflakking der aardkorst en de zondvloed der oceanen het lot van menschelek leven op aarde zou bezegelen. Vermoedelijk zijn echter tegen dien tijd de menschen niets meer dan gidsfossielen voor het kwartaire tijdperk der geologische evolutie en dan wordt onze planeet door geheel andere specimen der biologische („futurontologische”) evolutie bewoond.

4) Blijft door de verkleining in het experiment de analogie met de natuur behouden?

Uit bovenstaande uiteenzettingen volgt, dat het vervormingstype (kristallijne of amorphe plasticiteit;

plastisch of taai vloeien) gebonden is aan bepaalde drempelwaarden van energietoevoer, weerstand van het materiaal en tijd. Wanneer bijv. in een bepaalde tijdspanne de energietoevoer een bepaalde maat overschrijdt, treden voornamelijk breuk- (resp. plastische) deformaties op en beneden die grens taai deformaties (pekproeven). Ook is bij gelijke tijdspanne bij slap materiaal een relatief hogere arbeidsprestatie noodig als bij sterk weerstandbiedend materiaal om breukdeformatie te krijgen. Dit heeft tengevolge, dat juist bij nauwkeurige verkleining der vastheidseigenschappen van het proefmateriaal, zooals dit door *Kuene* zoo veel mogelijk betracht is, veranderingen der vervormingscondities ontstaan, die noodzakelijk een ongelijkheid tusschen de natuur en het experiment veroorzaken moeten. (*Thiele* en *Beurlen*, 1936, p. 54).

Deze uitspraak krijgt een nog diepere beteekenis, wanneer nagegaan wordt, wat van fysisch standpunt beschouwd de verkleining van massa en ruimte voor de deformatie beteekent en welke gevolgen dit met zich brengt.

Hetgeen wij waarnemen en met het tektonische experiment nabootsen willen, zijn de vormveranderingen van een lichaam (cq. de aardkorst). Deze vervormingen berusten in laatste instantie op de verschuivingen en verplaatsingen van atomen en atoomgroepen of moleculen ten opzichte van elkaar. Zooals in het vorige hoofdstuk (sub 3, p. 12) reeds werd uiteengezet, is de weerstand van het materiaal het resultaat van de onderlinge bindingskrachten der atomen (moleculen) en de grootte van deze bindkracht varieert met den afstand tusschen de atomen. Daar het type der vormveranderingen van de materiaaleigenschappen van het vervormde lichaam afhangt, moet zij dus ook een functie der atoomafstanden zijn. Men kan nu bij het tektonische experiment het aantal valenties dat in het natuurobject aan de deformatie deelneemt, niet evenredig verkleinen. Want als de lineaire verkleining 1 : 1 000 000 bedraagt, gaat het aantal aan de beweging deelnemende atomen (moleculen) met de derde macht van het quotient in de verkleining over. *Der bestaat derhalve een enorm verschil tusschen experiment en werkelijkheid* ⁹⁾.

Gelijkwaardige deformaties zijn slechts dan te verkrijgen als bij gelijk materiaal in het experiment gelijke verschuivingen der atomen (moleculen) ten opzichte van elkaar optreden en ook het aantal der bij de vervorming betrokken valenties naar evenredigheid verkleind wordt. Geschiedt zulks niet, dan is de tektonische proef niets anders als de herhaling van een vervorming, die in de grootte van het experiment op een bepaalde plaats van het tektonische object kan hebben plaats gevonden; het doel, deformaties van een hogere orde van grootte na te bootsen, is dan echter niet bereikt.

Wanneer bij een experiment tektonische deformaties in een kleinere ruimte herhaald moeten wor-

9) Dit is niet te compenseeren door de keuze van stoffen met geringer atoom- of molecuulgrootte bij gelijke afstanden (gelijke vastheid). De atoomgewichten van de zwaarste en lichtste elementen verhouden zich ongeveer als 1 : 200. De radii verhouden zich in de zelfde orde van grootte.

den, is zulks slechts te bereiken door een sterkere verschuiving der atomen (moleculen) ten opzichte van elkaar, wat echter weer andere deformatieverschijnselen ten gevolge moet hebben. Men stelle zich bijvoorbeeld voor een rechte lijn als atoomketting in tektonische grootte en dan verkleind onder dezelfde hoekverhoudingen gebogen. De relatieve verschuivingen zijn in het tweede geval wezenlijk grooter. Deze moeilijkheid kan men niet ontwijken, door de atomen te verkleinen, zoodat in de verkleinde ruimte evenveel atomen zijn en daardoor ook de bedragen van de onderlinge verschuivingen gelijk blijven. Men tracht zich nu bij de tektonische experimenten te behelpen door een verkleining van de vastheidseigenschappen van het proefmateriaal toe te passen. Deze verkleining beteekent echter een vergroting van de atoom (resp. molecuul-) afstanden en daardoor een verhooging van hun bewegelijkheid bij gelijke belasting. Het gevolg is een verschuiving van de verhouding atoomgetal: ruimte.

Een indirect effect hiervan is dat de voor tektonische deformaties typische diepte-zones van de aardkorst en de groote beteekenis van de zwaartekracht voor alle tektonische bewegingen in de experimenten geheel verloren gaat. De factor zwaartekracht is voor het verloop van tektonische bewegingen van essentieel belang; dit te willen ontkennen beteekent de oogen sluiten voor hetgeen de natuur zelve ons leert; maar deze factor is afhankelijk van het absolute bedrag der beschikbare massa en kan derhalve nooit in een experiment op sterk verkleinde schaal tot uiting komen.

Thiele en Beurlen (1936, p. 57) komen dan ook tot de volgende conclusie: „Nicht das Ausmass der notwendigen Verkleinerung an sich macht alle „tektonischen Experimenten“ dem natürlichen Vorbild unähnlich, unähnlich werden sie vielmehr dadurch, dass wir den Träger der Bewegungen, die Bausteine der Materie, nicht gleichsinnig mit verändern können. Es ist daher grundsätzlich falsch, Verformungen an Verkleinerungen und verkleinerten Modellen zu untersuchen, denn gerade die Vorgänge der Verformung sind so eng, wie kaum ein anderer Vorgang, an die Stoffeigenschaften gebunden. Es dürfen daher auch nicht die Beobachtungen, welche wir heute bei Verformungen an Körpern mittlerer, vom Menschen überblickbarer Bereiche machen, auf die Verformungsabläufe an Körpern tektonischer Grössenordnung ohne weiteres verallgemeinert und übertragen werden¹⁰⁾”.

Deel II: Bezwaren tegen de samenpersings-theorieën.

Inleiding.

Na deze algemeene beschouwingen omtrent de waarde van physica en mechanica en van tektonische experimenten voor het verkrijgen van een inzicht in het wezen van de geologische (cq. tektonische) evolutie van de aardkorst, willen wij thans de diverse

10) Deze conclusie is van algemeene beteekenis en geldt ook voor modelproeven in de vliegtuig-, water- en scheepsbouwkunde, alhoewel hier de mate van verkleining veel geringer is dan bij tektonische experimenten en dus ook de genoemde bezwaren minder zwaar wegen.

samenpersingstheorieën ter verklaring van de zwaarte-anomalieën in den Indischen Archipel in het algemeen en die van Ku en en in het bijzonder nader beschouwen.

In Ku en en's experimenten wordt de aardkorst voorgesteld door een plastische laag, bestaande uit een mengsel van parafine, vaseline en minerale olie, welke in een aquarium op water drijft. Deze korst wordt door een met de hand bewogen blokje aan een zijdelingsche druk onderworpen. Het aquarium kan van onderen verwarmd worden tot temperaturen even beneden het smeltpunt van de korst (ca. 40°). De plaats waar de synklinale doorbuiging t.g.v. de zijdelingsche druk moest ontstaan, werd in de meeste gevallen gepredisposeerd door de korst daar te belasten met een dun strookje van hetzelfde of van nog plastischer materiaal. Wanneer op de korst een zijdelingsche druk werd uitgeoefend, ontstond op die plaats eerst een synklinale verbuiging, welke tenslotte naar beneden doorknikte, waardoor een wortel van licht materiaal gevormd werd.

Deze experimenten demonstreeren de theorie van Vening Meinesz, waarbij wordt verondersteld, dat de zone van negatieve anomalieën in den Indischen Archipel ontstond door het ter plaatse *inknikken* der aardkorst onder den invloed van tangentieele tektonische druk. Zij zijn echter niet in overeenstemming met Bijlaard's theorie der locale plastische deformatie der korst.

In het tweede deel van zijn publicatie tracht Ku en en de jongste isostatische geschiedenis van den Indischen Archipel volgens de inknikkings-theorie te verklaren. Het hoofddoel is daarbij aan te toonen, dat de negatieve anomalieën reeds tijdens de mioceene orogenetische phase ontstaan kunnen zijn en dat de recente verticale bewegingen te beschouwen zijn als een langzame aanpassing op de, wel is waar reeds aanmerkelijk verzwakte, maar toch nog steeds belangrijke, negatieve anomalieën uit mioceenen tijd.

In het volgende zullen eenige bezwaren tegen de samenpersingstheorieën in het algemeen en deze gedachtengang van Ku en en in het bijzonder naar voren gebracht worden:

1) Wanneer ontstonden de negatieve anomalieën?

Volgens de stratigrafische studie van Umbgrove vond in het Middenmioceen in den buitenboog van het Soendasysteem een phase van intensieve tektogenese plaats. De bewegingen waren centrifugaal van den binnenboog af gericht. Deze mioceene phase ging met een regressie der zee gepaard. Daarna werden slechts nog plio-pleistoceene mariene afzettingen op Timor tot een gezamenlijke dikte van 700 m (Rutten, 1926, p. 696) in een slenk volgens de lengteas van het eiland afgezet. Zwakke oscillatoire bewegingen maakten, dat deze mariene sedimenten van de centrale slenk soms een weinig over de randen van de slenk heen transgredeerden. In jongkwartairen tijd heeft tenslotte een algemeene opheffing van den buitenboog plaats, waarbij bijv. koraalriffen op Timor tot ruim 1280 m hoogte boven zee opgeheven werden.

De vraag die Ku en en stelt is thans deze: Ontstonden de negatieve anomalieën van den buitenboog

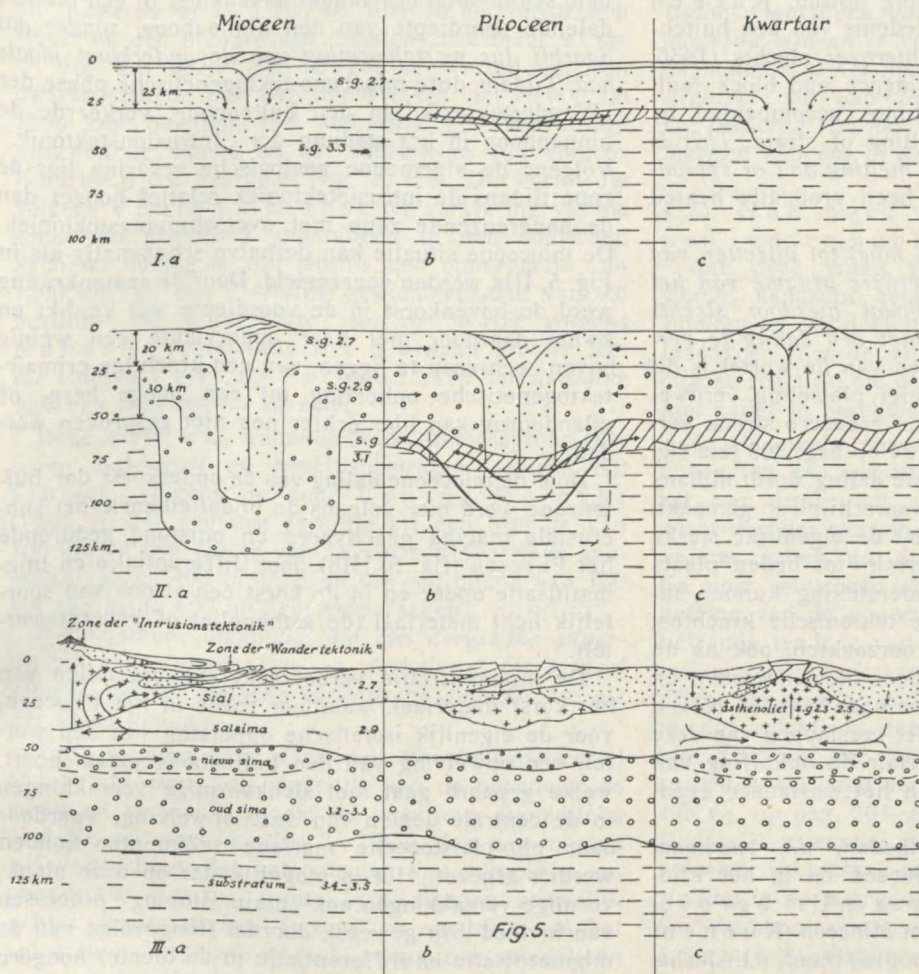


Fig. 5. De historisch-geologische evolutie van den buitenboog van het Soendasysteem:
 I Volgens Vening Meinesz en Umbgrove.
 II Volgens Kuenen.
 III Volgens van Bemmelen.

tijdens de mioceene tectogenese en bleven ze om de één of andere reden tot op heden, dus gedurende eenige millioenen jaren, niet gecompenseerd, of zijn de negatieve anomalieën die wij thans waarnemen niet tijdens en door deze mioceene tectogenetische fase ontstaan?

Vening Meinesz en Umbgrove (1934) zijn van meening dat tijdens het mioceene paroxysme wel is waar een wortel ontstond, die negatieve anomalieën veroorzaakte (fig. 5, Ia), doch de aardkorst reageert voor zoover wij weten te snel op afwijkingen van het isostatisch evenwicht, dan dat deze anomalieën thans nog aanwezig zouden kunnen zijn. Deze mioceene wortel zou volgens hen reeds lang verdwenen zijn door isostatisch evenwichtsherstel (opheffing, smelten en vervloeien van den wortel) (fig. 5, Ib). De huidige anomalieën zouden het gevolg zijn van hernieuwde samenpersing in het kwartair en de vorming van een nieuwen wortel op denzelfden plaats als de oude (fig. 5, Ic).

Kuenen is van meening, dat deze oplossing onbevredigend is, o.a. omdat de jongste tectogene-

tische fase in den buitenboog zich slechts uit door verticale opheffing (in den aanvang ook slenk-vorming) en scheefstelling van laagpakketten, hetgeen een magere evidentie is voor de vorming van een nieuwen wortel door samenpersing en inknicking van de aardkorst. Het zelfde bezwaar werd ook reeds door mij bijna twee jaar geleden in mijn studie over het probleem der gravitatie-anomalieën van den Indischen Archipel in de Geol. Rundschau 1935, p. 210 (bezwaar No. 7) naar voren gebracht.

Bovendien is het niet waarschijnlijk, dat tweemaal op dezelfde plaats een wortel ontstaat, want we zien meestal dat tijdens een orogenetische cyclus de zone van sterke tectogenese zich zijdelings verplaatst.

De compressietheorieën gaan uit van de veronderstelling, dat de plooiingen en overschuivingen het gevolg zijn van samenpersing der aardkorst. Het is dan waarschijnlijk dat de wortel tijdens de fase van sterkste plooiingen en overschuivingen ontstaat. In dit geval dus in het Mioceen. Kuenen ver-

onderstelt nu, dat in het Mioceen een 50 km dikke aardkorst inknikte en als wortel omlaaggeperst werd (fig 5, IIa). Deze korst bestaat aan de bovenzijde uit een 20 km dikke laag salisch materiaal en aan de onderzijde uit een 30 km dikke laag basaltisch materiaal. Het deel van deze mioceene wortel dat in het substratum geperst is, zal volgens Kuenen snel door smelten en vervloeien geannuleerd worden, maar dan blijft er in de vaste korst nog een wal van salisch materiaal tusschen het basaltische materiaal over, welke niet op die wijze verdwijnen kan. Deze wal vormt een negatieve anomalie, die volgens Kuenen wel millioenen jaren kan blijven bestaan, daar ze uit deze vaste korst niet evenals de diepere wortel in het substratum door vervloeien verdwijnen kan (fig. 19B² uit Kuenen, 1936 p. 204). Deze negatieve anomalie veroorzaakt echter wel een tendenz tot opstijgen van dit deel der korst, daar de korst op die plaats relatief te licht is. Hierdoor wil Kuenen de pleistoceene opheffing van den buitenboog verklaren.

Niet duidelijk is echter, waarom dan niet dadelijk vanaf het Mioceen een krachtige opheffing van den

buitenboog ten gevolge van de negatieve anomalieën geschiedde, maar integendeel in het Plio-pleistoceen in de centrale slenk een daling optrad. K u e n e n loopt over de plioceene geschiedenis van den buitenboog vluchtig heen en zegt hierover slechts (1936, p. 203): „Then followed subsidence and block faulting during upper tertiary times accompanied by very slight compression or tilting of strata. This is assumed to mark the stage of melting and or spreading of the root after it had been gradually heated up and rendered plastic.”

Maar smelten van de wortel moet tot uitzetten van het wortelmateriaal en nog verdere afname van het soortelijk gewicht leiden, zoodat hierdoor slechts een versterkte opheffing en niet een daling te verwachten is. Door het vervloeien van de wortel is dit soortelijk lichtere materiaal niet plotseling verdwenen; het wordt slechts over een bredere strook verdeeld, zooals K u e n e n's fig. 24 op pag. 209 (zie fig. 6) aangeeft. De plio-pleistoceene daling wordt althans door deze voorstelling niet waarschijnlijk gemaakt. Ter verklaring van het feit, dat de eigenlijke sterke rijzing pas in het jongkwartair tot heden plaats vindt, zou men de hulpveronderstelling kunnen invoeren, dat de samenpersende tektonische krachten, die den mioceenen wortel veroorzaakten, ook na de inknikking van de korst nog door bleven werken en de korst gedurende het Plioceen naar beneden bleven drukken (fig. 5, IIb). Pas na het verslappen van deze drukkrachten kon in het Kwartair de opheffing van den buitenboog tot herstel van het isostatisch evenwicht volgen (fig. 5, IIc).

Naast deze twee mogelijkheden, n.l. tweemaal wortelvorming, n.l. in het Mioceen en in het Plio-pleistoceen (V e n i n g M e i n e s z e n U m b r o v e) of slechts éénmaal en wel in het Mioceen (K u e n e n) bestaat echter nog een derde mogelijkheid, n.l. slechts éénmaal wortelvorming en wel in het Plio-pleistoceen. Deze mogelijkheid werd door mij reeds begin 1935 in de Geol. Rundschau gepubliceerd.

De mioceene tectogenetische fase met centrifugale overschuivingstektoniek in den buitenboog wordt door

mij toegeschreven aan secundaire tectogenetische samenkruiingen van de (voornamelijk uit geosynclinalen sedimenten bestaande) bovenkorst in een relatief dalende voordiepte van den binnenboog, zonder dat daarbij dus wortelvorming van de onderkorst plaats had. Tijdens deze mioceene tectogenetische fase der „Wandertektonik” in den buitenboog, verkeerde de binnenboog in het stadium der „Intrusionstektonik.” Volgens de algemeene geologische ervaring ligt de zone tijdens de intrusietektoniek relatief hoger dan de aangrenzende zone met overschuivingstektoniek. De mioceene situatie kan derhalve schetsmatig als in Fig. 5, IIIa worden voorgesteld. Door de samenkruiing werd de bovenkorst in de voordiepte wel verdikt en kwam daardoor met haar oppervlakte een weinig boven zeeniveau te liggen, van een krachtige primair-tectogenetische opheffing tot een hooge berg- of eilandenrug kan hier echter nog niet gesproken worden.

Door de mioceene daling van de onderkorst der binnenzone werd hier volgens de undatietheorie het subcrustale magma geactiveerd en ontstond gedurende het Plioceen (fig. 5, IIIb) door differentiatie en migmatitisatie onder en in de korst een strook van soortelijk licht materiaal (de asthenoliet of gebergte wortel).

De migmatitisatie veroorzaakt een opzwellen van het korst materiaal, waardoor reeds in het Plioceen, voor de eigenlijk isotatische opersing van den wortel, een opwelling van den buitenboog plaats heeft, welke gepaard gaat met slenkvormige verzakkingen in de centrale delen van deze opwelling, waardoor daar plio-pleistoceene mariene sedimenten konden worden afgezet. Het is mogelijk dat op deze slenkvormige verzakkingen ook „major stoping” processen van invloed zijn geweest, doordat (tengevolge van de migmatitisatie en differentiatie in de diepte) hogere delen van de korst soortelijk zwaarder werden dan hun substraat en daardoor omlaag zakten (zoogenaamde inversie der stabiele dichtheidsgelaagdheid, welk principe door mij werd uiteengezet in: „On the cause and the mechanism of igneous intrusion”,

Trans. Geol. Soc. Glasgow, 1937).

Ten slotte werd deze van binnenuit groeiende asthenolitische wortel zò groot en veroorzaakte een dermate groote verstoring van het hydrostatisch evenwicht, dat zij in het kwartair omhooggedrukt werd en de niet-vulkanische buitenboog van het Soenda-systeem ontstond (fig. 5, IIIc).

2) Is een „super” gebergte wortel zooals K u e n e n zich die voorstelt, waar schijnlijk?

Vele geophysici zijn van meening, dat de sterke

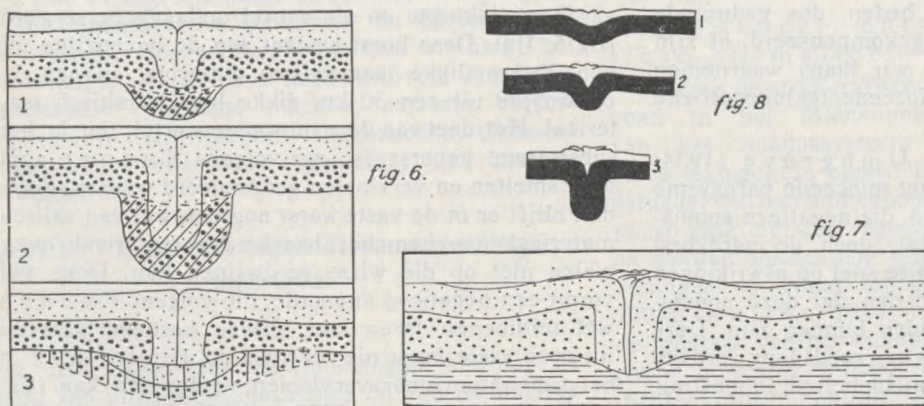


Fig. 6. Het effect van het inknikken en vervloeien van een uit twee lagen (sial en basalt) bestaande aardkorst volgens K u e n e n (1936, fig. 24).

Fig. 7. Langzame, locale deformatie van de korst na de verdwijning van den „super” wortel; volgens K u e n e n (1936, fig. 19 C₂).

Fig. 8. Successieve stadia van compressie van een drijvende korst met een zachte bovenlaag, volgens K u e n e n (1936, fig. 16B). Hierdoor ontstaat een symmetrische, vaaiervormige bovenbouw.

aardkorst niet 25 km dik is, zooals V e n i n g M e i n e s z aanneemt, doch 50 km dik. Wanneer een korst van dergelijke dikte inknikt zou een wortel ontstaan, die minstens tot 75 à 100 km diep in het substratum steekt en een breedte van minstens tweemaal 50 km = 100 km bezit. Een dergelijke wortel zou een dwarsdoorsnede met een oppervlakte van 10 000 tot 7500 km² bezitten. Het soortelijk gewichtsverschil tusschen de wortel en het substratum zou volgens K u e n e n 0,2 bedragen (fig. 5, IIa). De wortel die volgens V e n i n g M e i n e s z ter verklaring van de zone van negatieve anomalieën in den Indischen Archipel noodig is zou slechts een oppervlakte van 1200 km² en een soortelijk gewichtsverschil van 0,6 bezitten. *De oppervlakte van de wortel volgens K u e n e n's voorstelling is 6 à 8 maal groter dan die volgens V e n i n g M e i n e s z. Men kan derhalve van een superwortel spreken.*

Deze wortel zou, wanneer de dichtheidssprong tusschen sial-basalt en bazalt-substratum telkens 0,2 bedraagt, volgens de door V e n i n g M e i n e s z (1934, p. 24) gegeven formule bij een breedte van 100 km en een diepte van 75 km een negatieve anomalie van ca 400 milligal en bij een diepte van 100 km van bijna 600 milligal veroorzaken!

De negatieve anomalie, die een dergelijke superwortel zou veroorzaken, is derhalve 2 tot 3 maal groter, dan de grootste isostatische anomalieën, die wij thans kennen.

Zelfs wanneer men aanneemt, dat de superwortel tijdens de inpersing dadelijk aan de benedenzijde smelt en vervloeit, zoodat de negatieve anomalieën niet die extreme waarden bereiken, dan nog moeten wij verwachten, dat het ontstaan van dergelijke superwortels, waarbij groote hoeveelheden soortelijk lichter korstmateriaal (vooral na smelting!) in het substratum geperst worden, negatieve anomalieën veroorzaakt, die nog veel groter zijn, dan de toch reeds aanzienlijke afwijkingen van de isostasie, die thans op aarde waargenomen worden. Ook de anomalieën in de negatieve zone van den Indischen Archipel zouden volgens K u e n e n slechts een verzwakte restwerking der mioceene superwortel zijn. Zoo zegt hij op pag. 205: „..... we are still able to detect a negative anomaly, weaker than at the close of the tertiary but still prominent. The central belt still has to rise about 1000 meters to establish equilibrium”.

De vergelijkende ontologische methode leert ons, dat de verschillende ontwikkelingsstadia der orogene cyclus in de verschillende gebieden der aardoppervlakte tegenwoordig ook naast elkaar waarneembaar zullen zijn. Wanneer inderdaad in den aanvang der korstinknikking superwortels gevormd worden, dan moeten we verwachten dat thans ergens op aarde ook dit stadium der orogene evolutie optreedt, waarbij dus superwortels in de diepte door supernegatieve anomalieën aan de oppervlakte gekenmerkt worden, bijv. boven de Tonga-trog, of boven de Japanse trog. Daar is echter niets van bekend. Er is alle reden om aan te nemen, dat er juist in den Indischen Archipel zones zijn, die in de allerjongste stadia der gebergtevorming verkeerden. De negatieve anomalieën, die wij in dezen Archipel waarnemen, behooren

tot de allergrootste, die op aarde waargenomen zijn (-205 milligal voor de regionale isostatische anomalie bij Halmahera). *Te meenen, dat negatieve isostatische anomalieën van meer dan $2 \times$ deze grootte mogelijk zijn en te veronderstellen, dat zulke superanomalieën in het jongste Tertiair van den Indischen Archipel ook inderdaad opgetreden zijn, beteekent het invoeren van een oncontroleerbaar en zeer hypothetisch element in den gedachtengang.*

3) Hoe moet men zich het „verdwijnen” dezer superwortel voorstellen?

Aan deze vraag wordt door K u e n e n slechts weinig aandacht besteed. Hij spreekt slechts over smelten en vervloeien. Het vraagstuk van de warmteaanvoer voor de smelting en van de fysisch-chemische reacties, die daarbij te verwachten zijn, wordt niet nader in beschouwing genomen.

Zooals reeds opgemerkt werd, treedt bij smelten bovendien een uitzetting van het materiaal op. Dit zal ten eerste het verschil tusschen soortelijk gewicht van het wortelmateriaal en het substratum nog groter maken, wat de negatieve isostatische anomalie moet versterken en ten tweede wordt ook de opheffing van de oppervlakte erdoor vergroot. De opheffende tendenz van het gesmolten lichte korstmateriaal blijft werkzaam en bestaan ook al wordt dit effect ten gevolge van het vervloeien over een grooter oppervlakte verdeeld (fig. 6). Het is mij dan ook niet duidelijk hoe K u e n e n een dergelijke wortel spoorloos wil laten verdwijnen, zooals in zijn fig. 19, sub C₂, op pag. 204 verondersteld wordt (zie fig. 7). *Door de samenpersing van de korst en de daarop volgende inknikking werd volgens K u e n e n's voorstelling in de mioceene orogene phase 7500 à 10.000 km³ korstmateriaal per km aslengte van de orogene zone in het substratum geperst. Het is moeilijk aan te nemen, dat deze enorme hoeveelheid korstmateriaal in geologisch gesproken korte tijd door het substratum opgesmolten, en tenslotte volkomen verteerd werd, waardoor het thans spoorloos verdwenen zou zijn.*

4) Waarom wordt geen rekening gehouden met den invloed van magmatische processen op de orogenese?

Dit bezwaar geldt niet alleen tegen K u e n e n's voorstelling, maar tegen alle mechanische theorieën, die de orogenese door samenpersing van de korst verklaren willen (V e n i n g M e i n e s z, B i j l a a r d).

De invloed van het magma op de aardkorstevolutie blijkt duidelijk uit de historisch geologische studie der geotektoniek. A. B o r n wijst er reeds op in zijn voortreffelijke synthese der aardkorstevolutie in het Handbuch der Geophysik Bd. II, 1932: „Der geologische Aufbau der Erde.”, dat men de aardkorstevolutie moet zien als eene van de continentale „Keimkernen” uitgaande „Sammelkristallisation”. Hiermee typeert hij het groeiproces der salische korst, als een der fundamentele grondslagen der aardkorstevolutie.

Ook G u t e n b e r g (1933, p. 473) wijst er op, dat we de orogenese niet slechts als een mechanisch proces mogen beschouwen: „Wir wissen, dass die Geo-

synclinalen besonders starke Sedimentschichten enthalten, und können auch aus deren Lagerung schliessen, dass die Geosynclinalen während ihrer Sedimentationsperiode relativ besonders labil waren, dass sie schon damals vielfach vertikale Bewegungen ausgeführt haben, bis sie schliesslich aufgefaltet wurden und ihre Beweglichkeit verloren. Schon hieraus geht hervor, dass *es sich dabei nicht nur um einen mechanischen Vorgang handeln kann, sondern dass dabei auch physikalische Änderungen in der Substanz vor sich gehen, die ihrerseits vermutlich wieder von chemischen Vorgängen herrühren.*

Dass dies der Fall sein muss, zeigt die schon erwähnte Tatsache, dass nach den Untersuchungen von Washington über die Dichte der verschiedenen Teile der Erdkruste die Aufbaumaterialien im allgemeinen um so grösseres spezifisches Gewicht haben, je tiefer das Krustenniveau liegt. Da auch die aus Geosynclinalen aufgefalteten Teile der Erdkruste hiervon keine Ausnahme machen, *ist mit grosser Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen, dass diese bei der Auffaltung Veränderungen erlitten haben, die mit Änderung des spezifischen Gewichtes verbunden waren.*" (cursieveering van mij, v. B.).

Deze afhankelijkheid van de dichtheid van het korstmateriaal van het niveau blijkt duidelijk uit de volgende door Gutenberg (1933, p. 453) op grond van de onderzoeken van Washington samengestelde tabel:

Gebied	Hoogte in km	Dichtheid
Pacifische Oceaan.....	~4,5	3,09
Atlantische Oceaan.....	~4,1	2,89
Kontinenten.....	0,0-0,5	2,82
Kontinenten.....	0,5-1,1	2,77
Kontinenten (gebergten).....	1,1-2,1	2,77

De beteekenis der gebergtevorming voor dit groei-proces der salische korst (Born) en de dichtheidsveranderingen die daarbij optreden (Gutenberg) komt in de samenpersingstheorieën niet tot uiting. De beteekenis van dit bezwaar wordt nog duidelijker wanneer we wat dieper op het verband tusschen de magmatische processen en de orogenese ingaan.

Van de geosynclinalen, waaruit de gebergten ontstaan, zegt von Bubnoff (1936, p. 188): „Ohne auf Einzelheiten einzugehen möchte ich als Hauptmerkmal die ausgedehnte Beteiligung untermeerischer Ergüsse am Werdegang der Geosynclinalen ansehen“.

Hoe kan nu een deel van de aardkorst, dat onder extra grooten druk zou staan (echter zonder dat daarbij reeds andere dan elastische deformaties zouden optreden, zie bijv. de uiteenzettingen van Bijlaard in dit tijdschrift), op groote schaal door het magma doorbroken worden? Ook Bucher (1934, p. 219) ziet in de geosynclinale basische intrusies en effusies een ernstig bezwaar tegen de samenpersingstheorieën voor het ontstaan van geosynclinalen:

„But it (namelijk Vening Meinesz's theorie, dat de diepzeetroggen door omlaagpersen der aardkorst zouden zijn ontstaan) cannot be extended to

geosynclinal furrows. Basic intrusions, often extremely basic, occur so frequently (law 28a) in the geosynclinal sedimentary series laid down in furrows identical with „deeps” in the shape and in the depth to which their floors were depressed, that the method by which they were formed must make possible the introduction of such basic materials from below. This is impossible if the „deep” marks the line along which the acid portion of the crust is thickening”.

Nu zijn ophiolieten (metamorphe basische intrusiva) uit de geosynclinale sedimentseries van den buitenboog bekend (Nias, Timor), zoodat dit bezwaar van Bucher zeker ook tegen de samenpersingstheorieën van Vening Meinesz, Kuenen en Bijlaard spreekt. (Vooral tegen Kuenen, die de basaltlaag nog tot de vaste aardkorst rekent).

Ook de beteekenis van de verdere evolutie van het magma, gekenmerkt door de overgang van basische effusiva in het geosynclinaalstadium tot intermediaire en zure (granitische) intrusies in het stadium van opheffing tot gebergte, komt in deze samenpersingstheorieën niet tot uiting. Toch moet dit een voorname factor in de orogene ontwikkeling zijn, die evenals de hypothetische tangentieele drukkrachten verticale bodembewegingen en negatieve isostatische anomalieën veroorzaken kan — ja — misschien hebben we deze hypothetische drukkrachten heelemaal niet noodig ter verklaring van bovengenoemde verschijnselen en kan hun oorzaak geheel tot de fysisch-chemische evolutie van het magma herleid worden, zooals de undatietheorie dat doet.

Zoo schrijft bijv. Rittmann (1936, p. 173) over dit vraagstuk: „Im Geosynclinalstadium dringen noch kaum veränderte, undifferenzierte Basalte zutage. Der immer tiefer einsinkende Untergrund der Geosynclinalen bringt sialische Massen und tonige Sedimente in den Bereich des aufdringenden Magmas, das mit ihnen in Wechselwirkung tritt, wobei Assimilations- und Differentiationsvorgänge sich überlagern”.

En verder: „Einschmelzung und Mischgesteinsbildung (Migmatitisierung) im Verein mit der Differentiation führt zur Bildung grosser Mengen saurer, an juvenilen und resurgenten Gasen reicher Schmelzen (dat zijn de asthenolische gebergte wortels in den zin van de undatietheorie) die infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes einen starken Auftrieb haben.

Sie heben die im Sedimentationstrog der Geosynclinalen angehäuften und inzwischen gefalteten Gesteinsmassen, wobei sie zwischen denselben eindringen. Im Scheitel der Hebung kommt es zu vulkanischen Durchbrüchen, vorausgesetzt, dass nicht allzuviel Sedimente und alte Sialmassen übereinander lagern, wie dies bei Deckfaltengebirgen von alpinen Typus (zooals in ons geval de buitenboog van het Soendasysteem) der Fall ist.”

Rittmann sluit zich niet alleen in deze passages, maar ook in de overige deelen van zijn boek: „Vulkanen und ihre Tätigkeit” (1936) volkomen aan bij den gedachtengang die schrijver dezes in zijn Undatietheorie ontwikkeld heeft en nog onlangs in zijn publicatie over de oorzaken en het mechanisme der magmaintrusies in de Trans. Geol. Soc. Glasgow (1937), geschreven in 1935 nader uiteenzette.

*Deze beschouwingen doen zien hoe essentieel de betekenis van de magma-evolutie voor de orogenese is*¹¹⁾.

Aan deze fysisch-chemische, magmatische zijde der orogenese voorbij te gaan, beteekent derhalve een ernstig gebrek in deze mechanische theorieën der gebergtevorming; dit is één van die „loose ends”¹²⁾, die maken dat het verband met de fundamentele principes der aardkorstevolutie (zie deel I, hoofdstuk 1) verloren gaat.

Elke theorie zal zijn „loose ends” hebben, maar men dient ervoor te waken, dat dit niet de einden zijn, waarmee een natuurwetenschappelijke evolutietheorie met het algemeene kosmische ontwikkelingsproces verbonden dient te zijn.

5. Waarom is de overschuivings-tektoniek van den buitenboog af gericht (dus onsymmetrisch), terwijl volgens de zwaartekrachtmetingen de onderliggende wortel meestal loodrecht onder den buitenboog gelegen is (dus een symmetrisch profiel zou hebben)?

De eenzijdig gerichte op- of overschuivingstektoniek van den buitenboog teekent Kuenen ook schetsmatig in zijn profielen over Timor, maar de causale oorzaak tot een dergelijke eenzijdig gerichte structuur ontbreekt in het symmetrische inknikkings-mechanisme der korst, zooals dat aangegeven is in fig. 8. Toch is de eenzijdig gerichte deformatie van den bovenbouw van een gebergte een algemeen verschijnsel, dat bij een verklaring van de orogenese en tectogenese mede in beschouwing genomen dient te worden. Zoo zegt Bucher (1934, p. 493): „Law 27. The structure of all intensely folded orogenic belts is one sided, with folding and thrusting outward from the axial welt much stronger on one side than on the other.”

Deze onsymmetrische structuur werd door mij ook reeds als bezwaar tegen de samenpersingstheorieën van Vening Meinesz en Bijlaard aangevoerd (Geol. Rundschau, 1935, p. 209, bezwaar No. 6 en dit Tijdschrift, 1936, No. 11, p. 155).

Hieromtrent is Bijlaard (1936 b, p. 168) van meening: „Dat de geosynclinalen van ongeveer 200 km breedte meestal een onsymmetrisch profiel vertoonen, is volgens mijn voorstelling duidelijk, want ik stel me voor (cursiveering van mij, v.B.) dat de vervormingsstrooken zich naar de oceaanzijde uitbreiden. Aan de zijde van het continent is dus de korst reeds omhooggedrukt en door compressie en sedimentatie versterkt.”

Een dergelijke persoonlijke aanname, want méér is het niet, is echter in strijd met de waarnemingen, want volgens het principe der „Faltungsimmigration”

11) Bijlaard meent deze opvatting te kunnen „weerleggen” door een kritiek van Kuenen op de Undatietheorie van 1932 te citeeren, zonder daarbij ook mijn antwoord in de Proc. der Kon. Ac. v. Wetensch., 1933, No. 3 te noemen.

12) Het motto van Kuenen's publicatie (1936) is een citaat van Chester Longwell: „The field of tectonics is no place for a prim individual who likes everything orderly and settled and has a horror of loose ends.”

van Stille verplaatsen de deformatiestrooken zich juist meestal in de richting van het continentale voorland: De Molukkenbogen in de richting van Australië, de Himalaya in de richting van Britsch-Indië (Gondwana), de Alpen in de richting van het Europeesche en de Anden naar het Zuid Amerikaansche voorland.

Bovendien komt Bijlaard door bovengeciteerde opvatting in conflict met de premisse van zijn berekeningen: Want om het onsymmetrisch profiel van de deformatiestrook te verklaren, moet hij verschillen in de kortdikte aannemen; doch om het proces der geosynclinale doorbuiging van de korst te verklaren, heeft Bijlaard een „maagdelijke”, overal even dikke korst nodig (de premisse van zijn berekeningen) waarin onmerkbaar kleine, desnoods oneindig kleine verdikkingen reeds een geosynclinale verbuiging veroorzaken (1936b, I, p. 166, 2e kolom, regel 24-34 v.b. en pag. 167, 2e kolom).

Maar de aardkorst is niet maagdelijk! Het geologisch onderzoek heeft uitgewezen, dat zij overal, waar zij voor waarneming toegankelijk is, (en zeker in de gebieden die voor ons van belang zijn, n.l. de orogene gebieden langs de randen van de Pacifische Oceaan, op den overgang van de continenten en de oceaan) een lange evolutie van herhaalde gebergtevormingen doormaakte. Deze hebben allen hun sporen in de korst nagelaten. We zien, dat de korst steeds *meer of minder* relief heeft, wat door belastingsverschillen de deformatie weerstanden in de diepte beïnvloedt. Bovendien wijzen alle waarnemingen die ons ter beschikking staan op locale en regionale verschillen in de *geothermische gradient*. Ook de *verdeling van radioactieve mineralen* in en onder de korst is waarschijnlijk niet homogeen, waardoor Bailey Willis in zijn studie: „Radioactivity and theorizing” (1932, p. 225) zegt: „Thus we conclude that the distribution of radioactive elements could not have been uniform and it follows that hypotheses built upon the unreal assumption of uniformity must themselves lack reality.”

Het is derhalve niet te verwachten, dat de geothermen mathematische niveauvlakken zijn, doch integendeel, dat zij allerlei uitbuigingen vertoonen, *waardoor ook de weerstand van de korst, die sterk van de temperatuur afhankelijk is, van plaats tot plaats verschillen zal.*

Een schematische voorstelling van de dikten der diverse aardkorstlagen op grond van de voortplantingssnelheden der seismische golven geeft Gutenberg (Handb. der Geophysik, 1931, bd. II, fig. 154); zie fig. 9.

In Engeland schijnt volgens Jeffreys de dikte der lagen in de richting van de Atlantische oceaan af te nemen; K. Suda vond voor Japan een afname der laagdikte in de richting der Pacifische Oceaan. Onder de Pacifische Oceaan schijnt de salische korst zelfs geheel te ontbreken (Gutenberg).

Al deze waarnemingen maken, dat het een volkomen irreële voorstelling is, wanneer men aanneemt, dat de aardkorst een vlakke, homogene plaat is.

Het theoretisch middenvlak van de aardkorst vertoont tengevolge van bovengenoemde en voorts

nog magmatische invloeden allerlei afwijkingen van een mathematisch plat vlak; deze afwijkingen zijn veel grooter, dan de „onmerkbaar kleine” deformaties door elastische verdikking onder den invloed van zijdelingschen druk, die volgens Bijlaard (door het excentrisch aangrijpen der drukkrachten) de geosynclinale verbuiging der korst zouden moeten veroorzaken.

Wanneer op een dergelijke, niet overal even dikke korst tangentele drukspanningen gaan werken, en wanneer inderdaad de korst tot elastische verbuiging in staat is, dan zouden veeleer allerlei onregelmatige verwringingen te verwachten zijn: Er is dan geen sprake van dat zeer kleine elastische verdikkingen van de korst voldoende zouden zijn om door het excentrisch aangrijpen van de drukkrachten geosynclinale verbuigingen onder een bepaalde hoek met de drukrichting te veroorzaken.

Bijlaard meent, dat een maagdelijke korst een gerechtvaardigde premisse voor zijn berekeningen is en zegt (1936b, p. 166): „Er is geen reden om te veronderstellen, dat de dikte van de maagdelijke korst onder den oceaانبodem in een bepaald gebied, waar de vervormingsstrook optreedt, sterk zal wisselen, dus dat het temperatuursverloop zeer verschillend zou zijn, zoodat deze zeker als een vlakke plaat beschouwd mag worden”. Zooals uit boven-

staande waarnemingen blijkt is deze maagdelijke korst echter een fictie, welke in de natuur niet werkelijk bestaat. Misschien dat men de condities eener maagdelijke korst zou kunnen zoeken ergens in de centrale deelen der Pacifische oeroceaan, welke niet voor directe waarneming toegankelijk zijn; zij bestaan echter niet in de gebieden, waar het hier om gaat, n.l. de orogene gebieden langs de randen van de Pacifische Oceaan, op den overgang naar de continenten.

6) Hoe is het mogelijk, dat tijdens het mioceen diastrophisme door druk van Azië een inknikking van de aardkorst in den buitenboog plaats had, terwijl juist in diezelfde orogene phase de binnenboog door opdringend magma extra verzwakt was?

Het is een noodzakelijke consequentie van alle samenpersingstheorieën dat de aardkorst in staat moet zijn de drukkracht over groote afstanden naar de deformatiestrook over te dragen.

De studies van Wegmann hebben duidelijk gemaakt, dat de korst door het omhoogdringen van het migmatietfront zeer verzwakt kan worden. Zoolang derhalve in een orogene strook het migmatiet- en magmafront hoog ligt, zullen de tangentele krachten in deze strook tot deformaties leiden en zij kunnen niet via deze verzwakte strook naar een volgende strook voortgeplant worden. Bijlaard zegt dan ook in dit verband (1936b, I, p. 166): „Nadat nu de korst ter plaatse van de vervormingsstrook haar weerstand weer heeft herkre-

gen en door haar grooter geworden dikte zelfs sterker geworden is dan de ocaanzijde gelegen korst, zal aan de ocaanzijde een nieuwe vervormingsstrook ontstaan. In dit sterker geworden zijn is dus verdisconteerd, dat het migmatietfront weer voldoende is teruggedrongen. Zoolang dat nog niet het geval is, wordt — ook al zou de krachtrichting in-tusschen iets gewijzigd zijn — de oude strook verder in elkaar gedrukt”.

Het bovenstaande is dus de prognose volgens de samenpersingstheorie: de diagnose van het geologisch onderzoek komt echter tot juist tegenovergestelde resultaten. Ten eerste ver-

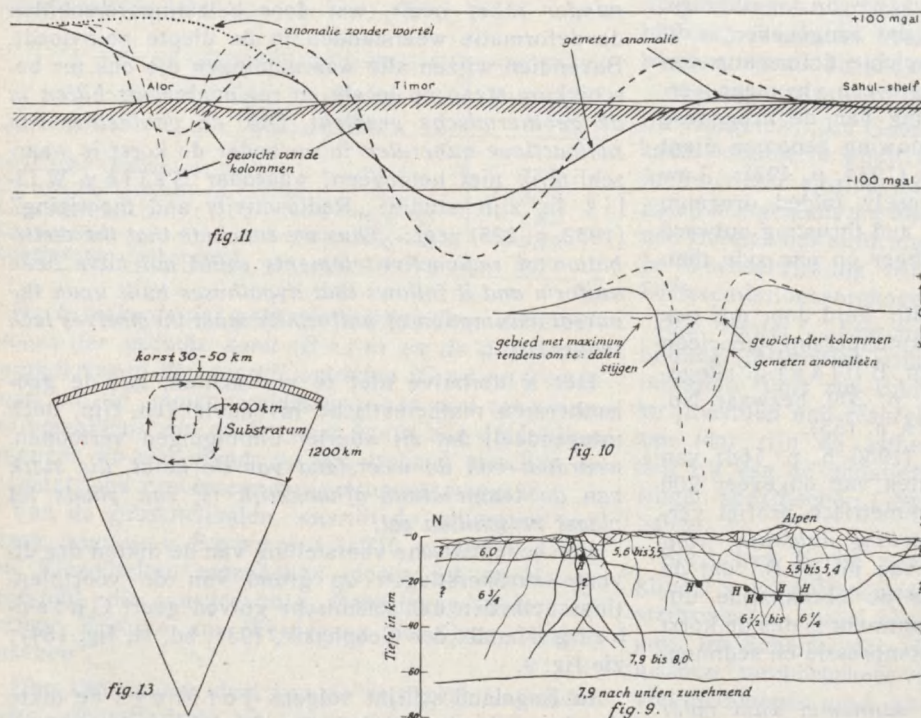


Fig. 9. Schematische voorstelling van de voornaamste laaggrenzen der tektonosfeer onder Europa op grond van de waarnemingen van seismische golven. De ingeschreven cijfers betekenende de snelheid van de long. golven in km/sec. H = aardbevingshaarden. Volgens Gutenberg (Hdb. Geoph., Bd. II, 1931, fig. 154, p. 456).

Fig. 10. Profiel, waarin het verband wordt aangegeven tusschen het gewicht der verticale kolommen en de anomalieën, die in dit profiel gemeten zouden worden. (K u e n e n, 1936, fig. 20).

Fig. 11. Topografisch profiel door Timor en omgeving met de gemeten zwaartekrachtsafwijkingen en de mogelijk daarmee corresponderende gewichten der kolommen. Volgens K u e n e n, 1936, fig. 21.

Fig. 13. Schematische voorstelling van convectiestroomingen in het substratum volgens V e n i n g M e i n e s z.

plaatsen de Molukkenbogen zich niet naar de oceaan, doch naar het Australische kontinent, zoodat een verplaatsing der vervormingsstrook in de richting van de oceaan niet als algemeen kenmerk gesteld kan worden (zie pag. 23). Ten tweede (en dit is het belangrijke, voor de samenpersingstheorieën fatale punt) blijkt dat het mioceene hoofddiastrophisme van den buitenboog, waarbij de korst als wortel in het substratum geperst zou zijn, valt in een tijd, dat de binnenboog in het stadium der intrusietektoniek verkeerde, waarbij het magma tot hoog in de korst omhoog drong en ook tot zeer actief vulkanisme aanleiding gaf. Men zie in dit verband de resultaten van de geologische Sumatra- en Java-kaartering en de Geol. Rundschau 1935, p. 220. *De binnenboog had in het Mioceen kennelijk een zeer hoog gelegen magma- en migmatietfront en was door deze verzwakking juist in die periode allerm minst in staat een tangentieelen druk van Azië naar den buitenboog over te brengen.*

7) Waarom vertoonen de troggen, die in den jongsten tijd aan weerszijden van den buitenboog door daling ontstonden, een positieve isostatische anomalie?

De jonge daling van deze troggen moet gepaard gaan met een wegvloeien van materiaal in den ondergrond (wet van constant volume). Dit heeft een *afname* van het gewicht der aardkolommen ter plaatse van deze troggen tengevolge. K u e n e n wijst er echter op (1936, p. 205), dat volgens de gravimetrische profielen van V e n i n g M e i n e s z de zwaarste kolommen juist onder het centrum van de troggen aan weerszijden van den buitenboog gelegen zijn (zie fig. 10 en 11, overgenomen van K u e n e n, 1936, fig. 20 en 21).

Men zou dit kunnen verklaren door de aanname, dat deze trogzônes vòór de daling nòg zwaarder waren en dat deze jonge daling juist tot doel heeft deze positieve anomalie te vereffen; m.a.w. dat deze zônes aanvankelijk door den opdrijvenden kracht van den lichten wortel mee omhoog gesleurd werden en dat zij thans door daling weer het isostatisch evenwicht trachten te herstellen.

Maar dan stuiten we op het reeds door K u e n e n zelf op p. 211 vermelde (door Mac Gillavry geopperde) bezwaar: De samenpersing tijdens de orogenetische activiteit moet een verdikking der korst veroorzaakt hebben. (De inknicking in de mioceene phase moet volgens K u e n e n's voorstelling 7500 à 10 000 km³ korstmateriaal per km aslengte van den buitenboog aangevoerd hebben!). Dit zou tot een opheffing van de korst als geheel moeten leiden. Zelfs de dalende troggen aan weerszijden van den wortel zouden boven zee moeten liggen, m.a.w. er zou een vrij hoog landgebied langs de zône van negatieve anomalieën te verwachten zijn. Het gebied in de omgeving van den buitenboog ligt echter 1000 à 2000 m onder zeeniveau.

De verklaring hiervan kan niet gezocht worden in een omlaagbuigen van de korst door tangentieelen druk, want in dat geval zou een groote negatieve anomalie over een uitgebreid veld te verwachten zijn,

in plaats van een gering positief gemiddelde dat voor Nederlandsch-Indië als geheel gevonden werd.

K u e n e n merkt voorts op, dat het evenmin mogelijk is, dat convectiestroomen in het substratum het lichte materiaal van den wortel hebben afgevoerd, want bij een snelheid van 1 cm/jaar zouden deze stroomen slechts 10 km per millioen jaren afgelegd hebben. Rek en daardoor dunner worden van de korst, zooals B u c h e r dit voor het ontstaan der geosynclinalen veronderstelt, is voor het gegeven gebied evenmin waarschijnlijk te achten. Misschien dat onder het betreffende gebied neerdalende convectiestroomen in het substratum zijn, welke een hoger s.g. hebben en daardoor het geheele gebied omlaag trekken. Deze oplossing is echter zeer vaag en heeft het karakter eener Deus ex machina.

Wanneer men de isostatische anomalieën beschouwt als het resultaat van het niveau en de dikte der korst, blijkt derhalve het surplus gewicht van de aardkolommen onder de dalende troggen aan weerszijden van den buitenboog een moeilijk te verklaren feit te zijn.

Door mij werd er echter herhaaldelijk op gewezen, dat de isostatische anomalieën niet alleen door het niveau en de dikte der salische korst, maar ook door wisselingen in het niveau en de dikte van den intermediairen basaltlaag en de simalaag beïnvloed worden (o.a. in de Geol. Rundschau, 1935). Hierdoor ontstaat een onafhankelijkheid tusschen de verticale bodembewegingen en de isostatische anomalieën. Hoe bijv. onder de dalende troggen aan weerszijden van een isostatisch opstijgende gebergte- of eilandboog toch positieve isostatische anomalieën door een te groot gewicht van de aardkolommen onder deze troggen te verwachten zijn, werd nog onlangs door mij ook in dit Tijdschrift (1936a, I, p. 91, fig. 5) in het kort uiteengezet.

Op het bezwaar, dat de isostatische anomalieën boven dalende troggen lang niet altijd in overeenstemming zijn met hetgeen volgens de samenpersingstheorieën te verwachten zou zijn (n.l. sterke negatieve anomalieën) wees ik ook B i j l a a r d (1936b I, p. 155, sub b). Laatstgenoemde meent echter (1936b, I, p. 168), dat wel degelijk de geosynclinale daling der smalle troggen meestal door een negatieve anomalie gekenmerkt wordt en zegt, dat bijv. de anomalieën ten Zuiden van Java door zijn theorie goed verklaard worden.

Wanneer men echter de gravimetrische profielen van V e n i n g M e i n e s z ten Zuiden van Java beschouwt (bijv. 1934, plaat II, profiel 15 en 16, zie fig. 12), dan ziet men, dat de negatieve anomalieën boven de submariene rug gelegen zijn, *maar dat de geosynclinale troggen aan weerszijden van deze rug positieve isostatische anomalieën vertoonen, dus juist tegengesteld aan datgene, wat volgens B i j l a a r d te verwachten zou zijn.*

Dit verschijnsel wordt nog sprekender, wanneer men zich realiseert, dat de invloed van de relatief te lichte aardkolom onder den rug zich als negatieve anomalie over een strook manifesteert, welke belangrijk breder dan de eigenlijke wortel is. K u e n e n wijst er dan ook op, dat de zwaarste kolom inderdaad

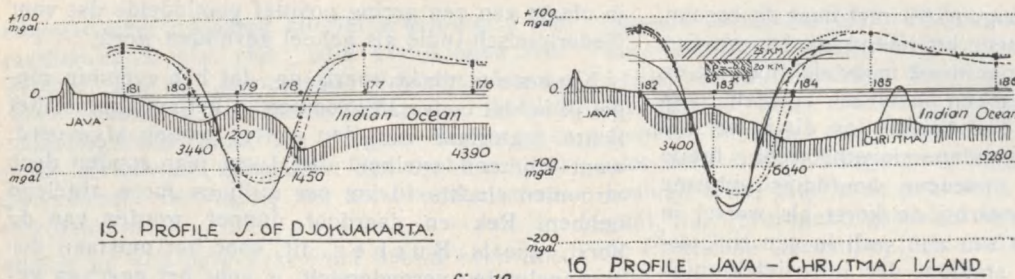


fig. 12

Fig. 12. Gravimetrische profielen ten Zuiden van Java. Volgens Vening Meinesz (1934, Plate II, sections 15—16).

juist ongeveer onder de diepste deelen van den trog gelegen is (zie fig. 10 en 11).

Verder merkte ik in dit verband op (1936b, p. 155), dat wanneer men aanneemt, dat de isostatische compensatie door diktewisselingen van de salische korst tot stand wordt gebracht, de vorm van het oppervlakterelief als 4 tot 10 maal versterkt spiegelbeeld in het verloop van den onderkant dezer korst afgebeeld zou zijn. Voor de Mindenaotrog zou men dan tot (imaginaire) negatieve korstdikten moeten concluderen.

De factor waarmee het oppervlakterelief vermenigvuldigd moet worden om den vorm van het spiegelbeeld aan den onderkant der salische korst te verkrijgen, wordt door de soortelijke gewichten van deze korst en de onderliggende aardlaag bepaald en is (wanneer de trog met water gevuld is, $\gamma_k =$ s.g. korst en $\gamma_s =$ s.g. onderlaag):

$$\frac{\gamma_k - 1}{\gamma_s - \gamma_k}$$

Nu zijn de soortelijke gewichten van de korst en onderlaag geen direct gemeten grootheden, maar indirect bepaald uit de voortplantingssnelheden der seismische golven. Deze grootheden kunnen derhalve tusschen vrij ruime grenzen varieeren. Een dichtheidsverschil tusschen korst en substratum van 0,6, waarmee Bijlaard in navolging van Vening Meinesz en Holmes rekent, is echter op grond van de seismische waarnemingen volgens Gutenberg, Jeffreys en andere seismologen onwaarschijnlijk (zie onderstaande tabel over de dichtheids-toename van de aarde naar de diepte, welke door Gutenberg (1933, p. 452) op grond van alle tegenwoordig ter beschikking staande gegevens werd samengesteld).

Diepte in km	Dichtheid onder:		
	Eurazie, Amerika	Atlantiek	Pacifiek
0	2,8	2,85	3,05
10	2,8	2,9	3,1
30	2,9	3,1	3,1
60		3,2	
200		3,4	
1000		4,5	
2000		5-6	
2900		6-8	
meer dan 2900		9-11	

Slechts tijdelijk en plaatselijk (tijdens actieve migmatitisatie, wanneer de korst aan den onderkant gesmolten en aan gassen verzadigd is) acht ik een dergelijke dichtheidssprong mogelijk. Slechts in dat geval zou de

factor der reliefoverdriving aan den onderkant der korst slechts 3 behoeven te zijn, zooals Bijlaard (1936b, p. 169), op grond van de cijfers van Vening Meinesz en Holmes, aanneemt. De aanname van een dichtheidssprong van 0,4 (2,8 voor de korst en 3,2 voor de onderlaag) is reeds aan den hoogen kant. Dit zou een viermalig vergroot spiegelbeeld geven (De door mij aangegeven ondergrens). Waarschijnlijk is de dichtheidssprong veel kleiner, nl. 0,2 of 0,15 (resp. 2,7 — 2,9 of 2,75 — 2,9 tusschen salische korst en basaltlaag en 2,9 — 3,1 of 3,0 — 3,2 tusschen basaltlaag en sima). Dit zou een $8\frac{1}{2}$ à $11\frac{1}{2}$ × vergroot spiegelbeeld geven, wat overeenkomt met de door mij aangegeven bovengrens van 10 × vergroot spiegelbeeld.

Bijlaard (1936b, p. 169) is van meening, dat de berekening voor de Mindenaotrog heelemaal niet tot een imaginaire negatieve korstdikte leidt, maar dat er een korstdikte van 14 km overblijft. Deze uitkomst is echter het resultaat van het gebruik van deels onwaarschijnlijke, deels onjuiste cijfers bij de berekening. Ten eerste neemt Bijlaard de onwaarschijnlijke korstdikte van 30 km onder de Pacifische Oceaan aan, waar volgens vele geophysici de salische korst over groote gebieden geheel ontbreekt en langs de randen der continenten in dikte afneemt (zie pag. 23) ¹³⁾. Ten tweede stelt Bijlaard de diepte van den Mindenaotrog op 4 in plaats van op 5 km (— 10 830 m resp. — 5 835 m voor trog- en oceaانبodem).

Wanneer men echter de dikte der salische korst ter plaatse op 20 km schat (de dikte, die bijv. Kueneen aanneemt) en met een diepte van 5 km onder den oceaانبodem rekening houdt, zou de onderkant van de korst onder de Mindenaotrog 4 à 10 maal 5 km hooger dienen te liggen dan onder den aangrenzende oceaانبodem om een isostatisch evenwicht te bereiken; de salische korst zou dan een (imaginaire) negatieve dikte van — 5 tot — 35 km moeten bezitten.

We zien derhalve dat de jonge dalingstroggen, zooals de troggen aan weerszijden van den buitenboog van het Soendasysteem en de Mindenaotrog, gravimetrische anomalieën vertoonen, welke niet in overeenstemming zijn met hetgeen volgens de samenpersingstheorieën te verwachten zou zijn

13) Dat we hier inderdaad met diktewisselingen van de salische korst en een omhoogbuigen van het grensvlak tusschen de salische korst en den basaltlaag rekening moeten houden volgt uit de waarneming, dat in de geosynclinalen als regel basaltisch magma in groote hoeveelheden tot uitvloeiing komt. Zie hierover pag. 22 van deze publicatie.

8) Waar moet de tangentele tektonische drukkracht van eenige duizenden kilogrammen per cm^2 vandaan komen?

In Kuenen's experimenten wordt een blokje met de hand tegen de parafinekorst in het aquarium geduwd, met een druk van 0,25 — 2,0 gr/cm^2 (Kuenen, 1936, p. 178). De vraag waar in de natuur de ca 5 000 000 maal grotere kracht, die voor de gebergtevorming door samenpersing van de korst nodig is, vandaan moet komen, laat Kuenen onbeantwoord.

Vening Meinesz meent de motor voor de aardkorstbewegingen in thermale convectiestroom van het substratum te mogen zoeken. De energie van deze motor zou door *frictiekoppeling* („viscous drag”) op de korst overgebracht moeten worden. In de Geol. Rundschau 1935 merkte ik op, dat tegen dit principe der frictiekoppeling vaak bezwaren zijn aangevoerd (Haarmann, Nölke, Van Bemelen) en dat het daarom jammer is, dat Vening Meinesz zonder nadere motiveering zegt, dat de helft van het drukverschil tusschen de opstijgende en de dalende kolom van de convectiestroom in het substratum op de korst overgebracht moet worden door „viscous drag”. Dit halve drukverschil zou volgens Vening Meinesz (1934, p. 61) 1270 kg/cm^2 per km hoogteverschil (h) tusschen de grens van de bovenzijde van het substratum bij stijgende en dalende kolom bedragen. Volgens Vening Meinesz bedraagt (h) meerdere kilometers en de druk die op de korst door „viscous drag” overgebracht zou moeten worden zou dus meerdere duizenden kg/cm^2 zijn.

Bijlaard (1936, No. 11, p. 169) vindt mijn bovengenoemde opmerking in de Geol. Rundschau „volkomen onbegrijpelijk”, daar volgens het krachtenevenwicht duidelijk zou zijn, dat $W = \frac{1}{2} \Delta P$ moet zijn.

Ten eerste moge opgemerkt worden, dat dit alleen een consequentie zou zijn van Bijlaard's aanneme, dat we hier met een Poiseullestrooming te maken hebben, waarin een parabolische snelheidsverdeling optreedt. Fig. 9 van Bijlaard (1936b, p. 167) geeft echter slechts een uit zijn verband gelicht onderdeel van een convectiestrooming in het substratum en het krachtenevenwicht kan derhalve niet hieruit gevonden worden. Wanneer wij een convectiestrooming, zooals Holmes en Vening Meinesz zich die denken, in haar geheel overzien (zie fig. 13), dan is het bijvoorbeeld niet direct noodig, dat de onderkant van den onderstroom uit fig. 9 van Bijlaard de andere helft van de ΔP zou kunnen leveren.

Een indruk omtrent de orde van grootte der wrijvingskoppeling verkrijgen we door na te gaan, welke kracht nodig is om een korstschol van 1000 km breedte en 30 km dikte met een snelheid van 1 cm/jaar over een plastische onderlaag van 400 km dikte, en een viscositeit van 10^{20} cgs te verschuiven. We

kunnen hiervoor schrijven $P = \mu \frac{V}{D}$, waarin μ de

viscositeitscoëfficiënt, V de snelheid en D de dikte van de plastische laag is.

Wanneer de druk, die voor de korstverplaatsing aangewend moet worden, regelmatig over de korstdikte verdeeld wordt zou deze druk slechts ca 3,3 kg/cm^2 bedragen. Omgekeerd is een andere orde van grootte voor den krachtoverdracht van een onderstrooming op de korst niet zeer waarschijnlijk, en behoeft het althans een nadere motiveering, wanneer men aanneemt, dat deze krachtoverdracht door frictiekoppeling minstens duizend malen groter is. Ten slotte hangt de krachtoverdracht af van de viscositeit en de snelheidsverdeling in den onderstroom.

Deze krachtoverdracht door wrijving is recht evenredig met de viscositeitscoëfficiënt. Wanneer μ bovendien door magmatische activiteit (differentiatie en migmatitisatie) lager wordt dan de extreem hoogste waarde van 10^{20} cgs, die wij bij bovenstaande berekening gebruikten, waardoor zich een „Ablösungszone” in den zin van Wegmann vormt, dan is de krachtoverdracht nog veel geringer en feitelijk volkomen verwaarloosbaar.

Het gaat hier niet om de vraag, wat in de natuur volgens een bepaald krachtenevenwicht op papier moet gebeuren; we dienen na te gaan, wat onder de gegeven geologische omstandigheden kan gebeuren en of een dergelijk groote krachtoverdracht, zooals de voorstanders der frictiekoppeling aannemen, ook wel waarschijnlijk is. Dit laatste wordt door mij op grond van bovenstaande overwegingen betwijfeld.

Maar gesteld dat we aannemen, dat convectiestroomen in het substratum tot 1200 km diepte (Holmes, Vening Meinesz, e.a.) inderdaad optreden¹⁴⁾, en dat door deze stroomen door middel van wrijvingskoppeling ook voldoende drukverschil in de korst kan worden opgewekt om de door de samenpersingstheorieën veronderstelde verschijnselen (elastische verbuigingen, inknikkingen, enz.) te doen plaats vinden; dan nog komen we in conflict met de geologische waarnemingen, zooals uit het volgende blijken zal:

Het is een algemeen bekende geologische regel, dat de orogenetische diastrophismen relatief kort-periodische processen zijn, die met veel langere epirogenetische periodes afwisselen. Zoo blijkt, dat tijdens de Pasadenische phase, welke niet langer dan 250.000 à 300 000 jaren geduurd kan hebben (Stille, 1935, p. 36—37), in Californië en op Java intensieve plooiingen, opschubbingen en overschuivingen van het Oudpleistoceen hebben plaats gehad.

De overschuivingen in den buitenboog zouden tijdens de mioceene orogenetische phase ontstaan zijn; dit mioceene diastrophisme heeft naar analogie met de Pasadenische phase en de snelheid van de tegenwoordig geconstateerde verticale bodembewegingen waarschijnlijk ook niet veel langer dan een paar honderdduizend jaren geduurd. Nu zou volgens de samenpersingstheorieën tijdens dit mioceene diastrophisme een gebergte wortel ontstaan zijn. Voor het vormen van deze wortel is het noodig dat de

14) Zie mijn bezwaar No. 1 tegen de mogelijkheid van thermodynamische convectiestroomen in het substratum in de Geol. Rundschau, 1935, p. 204-205.

heele Aziatische korst van het achterland zich over een afstand van eenige tientallen kilometers verplaatst (in het geval van een superwortel, zooals K u e n e n zich die voorstelt, zelfs over een afstand van 150 à 200 km!).

Nu kan de korstverplaatsing (z.g. „epeirophorese” van Salomon Calvi) niet sneller geschieden, dan de aandrijvende motor (cq. de subcrustale convectiestroom) loopt. Deze snelheid wordt door V e n i n g M e i n e s z (1934, p. 60) geschat op 1 cm/jaar per 40 milligal positieve anomalie boven de neerdalende stroom. Dit cijfer vertoont goede overeenkomst met de vastgestelde verticale bodembewegingen van Scandinavië, de Alpen, enz., zoodat we aan dit tempo van de subcrustale massaverplaatsingen wel eenige reële waarde kunnen toekennen.

De bewegingssnelheid van de subcrustale motor bedraagt derhalve slechts ca 10 km per miljoen jaren. Hoe kan deze motor dan korstverplaatsingen van vele tientallen kilometers in een fractie van een miljoen jaren veroorzaken?

We staan voor het dilemma, dat of de snelheid van de subcrustale convectiestroom (welke tot 1200 km diepte zouden gaan!) is vele tientallen malen grooter, dan V e n i n g M e i n e s z berekende, of deze hypothetische subcrustale convectiestroom kunnen niet de oorzaak zijn van de veronderstelde korstverplaatsingen.

Het eerste alternatief is niet waarschijnlijk, wegens de groote viscositeit van het materiaal tot diepten van 1200 km; het tweede maakt, dat de samenpersingstheorieën weer hun motor kwijt zijn en wat het krachtenprobleem betreft op losse schroeven komen te staan.

Volgens de undatietheorie hebben inderdaad de primaire verticale bodembewegingen een tempo van 0,1 tot 1 cm/jaar als orde van grootte. De secundair-tektonogenetische bewegingen, zooals plooiing en dekbladvorming kunnen daarentegen in een aanzienlijk sneller tempo plaats vinden. Hierbij kan namelijk de bovenbouw over den onderbouw glijden (eventueel langs een „Ablösungszône” in den zin van W e g m a n n). Hooger gelegen korstdeelen en sedimentpakketten kunnen zich (ten gevolge van het opgehoopte arbeidsvermogen van plaats, dat zij door de verticale bodembewegingen verkregen) tijdelijk sneller dan den ondergrond verplaatsen¹⁵⁾. De undatietheorie verklaart op logische en consequente wijze de waarneming, dat voor dergelijke diastrophismen (secundaire tektonogenesen) relatief veel korter tijden noodig zijn, dan de lange periodes van epirogenetische (= primair tektonogenetische) voorbereiding.

15) In de toelichting bij het door steller dezes bewerkte geologische kaartblad 66 (Karangkobar) van Middenjava (ter perse) worden *horizontale verschuivingen van groote schollen van vulkanische breccies en heele vulkaankegels vermeld*, welke door metingen van den Topografischen Dienst werden vastgesteld en 20 tot 40 cm per jaar bedragen. Dit is het tempo van bewegingen, dat we voor de orogenetische diastrophismen verwachten kunnen; dit is secundaire tektonogenese en dit bewegings-tempo heeft niets te maken met de snelheid van subcrustale massaverplaatsingen.

Conclusie:

De Indische Archipel vormt, dank zij de groote toename van het geophysische en geologische waarnemingsmateriaal in de laatste jaren, het middelpunt en den toetssteen der geotektoniek.

In de geologische literatuur is thans een strijd gaande tusschen twee principieel verschillende verklaringpogingen der gebergtevorming en de daarmee gepaard gaande isostatische anomalieën. De eene richting, die wij samenvattend de „samenpersingstheorieën” genoemd hebben, wil het ontstaan der gebergte wortels door samenpersing van de aardkorst en daaruit voortkomende inpersing van korstmateriaal in het substratum verklaren. Men zou deze wortel met die van een kunstmatigen tand (een stifttand) kunnen vergelijken, welke van boven af in het substratum gedrukt wordt.

De andere richting, die door steller dezes in zijn undatietheorie ontwikkeld werd, wil het ontstaan der gebergte wortels door magmatische processen in den ondergrond verklaren. Men zou deze wortel kunnen vergelijken met die eener organisch gegroeide kies, welke eerst in de diepte gevormd wordt en pas daarna de kies (cq. het gebergte) omhoog drukt.

In het voorgaande werden een aantal bezwaren (deel II, 1 t/m 8) tegen de samenpersingstheorieën geformuleerd, welke bezwaren de undatietheorie niet belasten.

Literatuur:

A u e r b a c h & H o r t (1931): Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik, 7 banden, 1931.

B e c k e r, R. (1926): Über Plastizität, Verfestigung und Rekristallisation. Ztschr. f. Techn. Physik, 1926 Nr. 11, p. 547.

B e m m e l e n, R. W. v a n & B e r l a g e, H. P. (1934): „Versuch einer mathematischen Behandlung geotektonischer Bewegungen unter besonderer Berücksichtigung der Undationstheorie” Gerl. Beitr. z. Geoph. 43, p. 19-55.

B e m m e l e n, R. W. v a n (1935): „Über die Deutung der Schwerkraftanomalien in Niederländisch-Indien”. Geol. Rundschau, 26, 3, p. 199-226.

B e m m e l e n, R. W. v a n (1936a): „Kritische beschouwingen naar aanleiding van Bijlaard's theorie over plastische deformaties der aardkorst”. Dit Tijdschrift, 1936, 7, Afd. I, p. 87-93.

B e m m e l e n, R. W. v a n (1936b): „Geologische contra mechanische analyse der geotektoniek. Dit Tijdschrift, 1936, No. 11, Afd. I, p. 150-160.

B e m m e l e n, R. W. v a n (1937): „Notes on the Cause and the Mechanism of Igneous Intrusion (with some Scottish Examples).” Trans. Geol. Soc. Glasgow, Vol. XIX, part 3 (geschreven herfst 1935, ter perse).

B o r n, A. (1932): „Der geologische Aufbau der Erde”. Handbuch der Geophysik, Bd. II.

B u b n o f f, S. v o n (1936): „Erdgeschichte und Bewegungsbild der Erde.” Zeitschr. für die gesamte Naturwiss., 1936, Heft, 5, p. 185-204.

B u c h e r, H. (1933): „The deformation of the Earth's Crust.”

B i j l a a r d, P. P. (1936a): „De verklaring voor het optreden van zwaartekrachtanomalieën, diepteetroggen, geosynclinalen, gebergtevorming en vulkanisme bij plaatselijke, plastische vervorming van de aardkorst.” Dit Tijdschrift, 1936, No. 7, Afd. I, p. 93-97.

B i j l a a r d, P. P. (1936b): „Nadere toelichting van mijn theorie der plaatselijke plastische vervormingen op de tektoniek.” Dit Tijdschrift, 1936, No. 11, Afd. I, p. 160-170.

C l o o s, H. (1936): „Einführung in die Geologie.”

F r e n k e l, J. (1926): Zur Theorie der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit kristallinischer Körper. Ztschr. f. Physik, 1926, 37, p. 572-609.

Gutenberg, B. (1933): „Geotektonische Hypothesen.” Handb. der Geoph., Bd. III.
 Haarmann, E. (1930): „Die Oszillationstheorie.”
 Jeffreys, H. (1935): „Earthquakes and Mountains.”
 Kienow, S. (1933): „Der Zusammenhang zwischen Spannung und Verformung bei tektonischen Vorgängen.” Zeitschrift für Geophysik 9, 4/5, p. 204-229.
 Kuenen, Ph. H. (1936): „The negative isostatic anomalies in the East Indies (with experiments). Leidse Geol. Meded., 8, 2, p. 169-214.
 Rittmann, A. (1936): „Vulkane und ihre Tätigkeit.”

Seidlitz, W. von (1932): „Der Bau der Erde.”
 Stille, H. (1935): „Der derzeitige tektonische Erdzustand.” Sitzungsber. Preuss. Ak. d. Wiss. Phys. Math. Kl., 1935, XIII, p. 179-219.
 Thiele & Beurlen (1936): „Das Experiment in der Tektonik und seine Bedeutung in der Geologie.” Zeitschr. f. die gesamte Naturwiss., Heft 2, 1936, p. 49-61.
 Vening Meinesz, Umbgrove & Kuenen (1934): „Gravity expeditions at sea”, Vol. II.
 Willis, Bailey (1932) „Radioactivity and theorizing. Am. Jo. of Sci., 23, Maart, p. 193-226.

Over kruisende plooien

door

ir. H. TERPSTRA,

ingenieur bij „Erdmann en Sielcken”, Batavia.

Samenvatting. De aandacht wordt erop gevestigd, dat elkaar kruisende plooien gelijktijdig kunnen zijn ontstaan.

Tijdens een 1½-jarige prospectie in Liberia, constateerde schrijver dezès, dat de oud-algonkische schubben, met hunne itabirieten, micaschisten, kwartsieten en amfibolieten (in West-Liberia zijn ook nog serpentijnen en talkschisten aanwezig) hoofdzakelijk 2 richtingen vertoonen, namelijk N. 70° O. en N. 20° O.

Speciaal in den N.O. punt van Liberia, ten N. en ten W. van de Kitumi- en Nimba-Gebergten was daardoor en tengevolge van het verschil in weerstand aan erosie der verschillende gesteenten een eigenaardige „parallelogram-topografie” ontstaan.

Nergens kon op de kruispunten der schubben overgangen der 2 richtingen worden ontdekt, omdat door het optreden van asduiking, of door het veel voorkomende dikke laterietpakket het critische punt aan de waarneming werd onttrokken. De vraag is nu of ook elders dergelijke „doorkruisingsstructuren” optreden en hoe ze verklaard moeten worden.

De literatuur der „Oude Schilden” van Afrika en Zuid-Amerika (2, 3, 4) laat dikwijls vermoeden, dat dergelijke structuren optreden, o.a. in de Ivoorkust (1), en Z. Rhodesia (5).

A priori is natuurlijk aan te nemen, dat in jongere gebieden het verschijnsel beter waarneembaar is. Dit is dan ook het geval!

Zoo beschrijft Krenkel een mooi voorbeeld van de Triadische gesteenten van het Groote Karroo-Bekken bij Barkly East, naar een opname van Dutoit (3, p. 569).

Soms schijnen bij het samentreffen van 2 plooibogen de doorkruisingsstructuren niet op te treden. Zoo worden van de scharing der Cederberg- en Kaapplooien slechts interferentieverschijnselen vermeld. (3, p. 609). In het Tertiair vindt men talrijke voorbeelden dezer structuren, o.a. in Californië (6, p. 10), Himalaya (Gröber, 7, p. 68—69), Burma (8) en ook in Ned.-Indië.

Zoo rapporteert van Bemmelen een doorkruising van anticlinen, nl. die der Gilas-anticline, met de Kepahiang-Nikam-anticlinen (11, p. 37), en een verdacht sterke ombuiging van de Sapoetoehoe-plooi. (12, p. 48). Ook het blad Praboemoelih laat kruisende anticlinen zien (13, p. 32) en ik kon indertijd op de eilanden Siberoet en Sipoera constateeren, dat de plooien niet parallel loopen aan de richting der eilanden reeks, noch aan die van den Barisan. In Zuid-Bantam karteerde Koolhoven „onverklaarbare” sterk gebogen plooibogen (15, p. 48—53) en de geologische kaart van de Vogelkop laat wel zeer merkwaardige sinussoidale plooien in het Tertiair zien (16, p. 30).

Hoe worden nu deze doorkruisingsstructuren verklaard?

Reed, Gröber, Chhibber, Pascoe en Zwierzycki geven verklaringen. De eerste 4 geologen nemen aan, dat het mogelijk is, dat in een gebied plooien in 2 verschillende richtingen ongeveer gelijktijdig kunnen ontstaan. Zoo schrijft

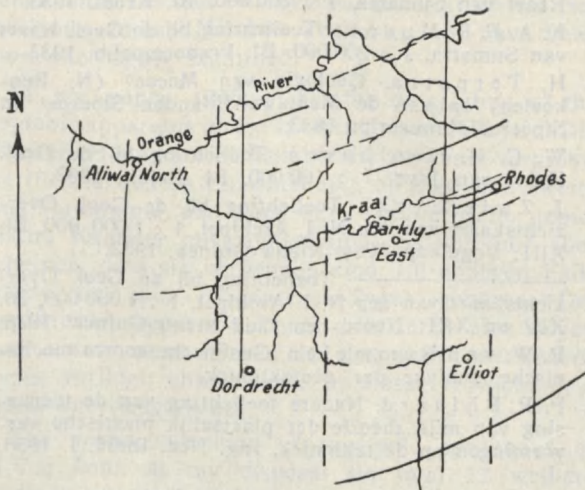


Fig. 1. De plooï-systemen aan de tusschen de West- en Oostvleugels van het Groote Karroo-Bekken (naar Dutoit uit Krenkel, Geologie Afrikas, Deel II, fig. 140).
 ————— anticlinen. - - - - - synclinen.

Reed (6, p. 10) naar aanleiding van de door hem zoo genoemde „cross-structures”: „One hypothesis suggests that the area underwent during Tertiary time a decreasing tendency towards deformation along the normal Coast Range trend, and an increasing tendency towards deformation along the east-west trend.

The problem deserves much additional study, both for its scientific and its economic importance”.

En Chhibber (8, p. 514): „The most important feature to be noticed about the tectonics of Burma is a system of more or less North-to-South folds, which have been apparently produced by lateral movements, operating from east to west, as is shown by the way in which the wave fronts have been disturbed and deflected by the Himalayan movements, which proceeded from north to south”.

Pascoe (9, p. 186) vermeldde dan ook reeds jaren geleden, S-vormige plooien op het eiland Ramri.

In tegenstelling met de bovengenoemde schrijvers verklaart Zwierzycki alle grilligheden en S-vormige bochten der plooien, door de aanname, dat de *richting der plooien bepaald is geworden door de vorm der oudere massieven*, o.a. van Sumatra (10, p. 358), van de Vogelkop (16, p. 31) en van Noord-Nieuw Guinea (17, p. 39). Wel accepteert hij voor Zuid-Sumatra een anders gerichte druk dan voor Noord-Sumatra, teneinde de ombuiging der coulissen naar het O. en ook het uiteenwijken van den primairren, parallelen coulissenbundel te verklaren (10, p. 360—361).

Met de nieuwere gegevens van Sumatra lijkt het mij wenschelijk, naast den invloed van den vorm der oudere massieven, met de mogelijkheid rekening te houden, dat in één en hetzelfde gebied (ook zonder dat zichtbare of onzichtbare oudere massieven optreden) elkaar kruisende plooien, welke niet meer verklaard kunnen worden door het snijden van sterk gekromde plooibogen, ongeveer gelijktijdig kunnen ontstaan.

Voor de verklaring der 2 verschillende richtingen der oud-algonkische schubben en plooien der „Oude Schilden”, in het bijzonder dan in Liberia, lijkt me de verklaring, zooals Chhibber c.s. die voor tertiaire gebieden accepteren, aannemelijk.

Verder is voor de ontwarring der tektoniek der tertiaire kwarts-(erts)-ganggebieden van Sumatra en Java bedoelde zienswijze van groot belang.

Te zijner tijd en te gelegener tijd hoop ik bij de verklaring van de tektoniek van een 50-tal ganggebieden daar nader op in te gaan, daarbij me baseerend op de resultaten van de bekende onderzoekingen van Cloos en Lundgren (Upsala).

Naschrift.

In een zeer recente tektonische beschouwing merkt van Bemmelen op, dat de Z.Z.O. gerichte drukkracht welke volgens Bijlaard het aziatisch continent op den oceaانبodem uitoefent, bijv. de Arakan-Yoma-keten in Burma, niet kan hebben doen ontstaan (18 p. 158).

Bijlaard schrijft dan ook: „De vorming van de Arakan Yoma..... staat met den Z.Z.O. gerichte bewegingstendens van Azië slechts in zijdelings verband, en is klaarblijkelijk, evenals de Himalaya veroorzaakt door een opdringen van Voor-Indië tegen het Aziatisch Continent” (18, p. 170). En voor het oostelijk deel van den Archipel neemt hij, naast de Z.Z.O. gerichte drukkracht nog een invloed van het Australisch Continent aan (18, p. 170). Bijlaard's zienswijze komt dus in principe met die van Chhibber c.s. overeen.

Het lijkt me overigens interessant om de theorie der plaatselijke plastische vervormingen op de tektoniek der „Oude Schilden” toe te passen.

Literatuur.

1. H. Hubert. Carte Géol. de l'Afrique Occidentale Française. 1 : 1 000 000. F. 10. Paris 1917.
2. E. Krenkel. Geologie Afrikas. Teil. I. Berlin 1925.
3. ——— Geologie Afrikas. Teil. II. Berlin 1928.
4. H. Gerth. Geologie Süd-Amerikas. Teil. I. Berlin 1932.
5. J. C. Ferguson. The Geology of the Country around Filabusi. G. S. Bull. S. Rhodesia. Salisbury 1934.
6. R. D. Reed. Geology of California. Tulsa 1933.
7. K. Leuchs. Zentral-Asien. Heidelberg 1916.
8. H. L. Chhibber. The Geology of Burma. London 1934.
9. E. H. Pascoe. The Oilfields of Burma. Mem. Geol. Survey India. Vol. XL, 1912.
10. J. Zwierzycki. Toelichting bij de Geotektonische Kaart van N.O.I. 1 : 5 000 000. Weltevreden 1930.
11. R. W. van Bemmelen. Toelichting bij de Geol. Kaart van Sumatra 1 : 200 000. Bl. Batoeradja. 1932.
12. ——— Toelichting bij de Geol. Kaart van Sumatra, 1 : 200 000. Bl. Kroëi. 1933.
13. K. A. F. R. Musper. Toelichting bij de Geol. Kaart van Sumatra, 1 : 200 000. Bl. Prabemoelih. 1933.
14. H. Terpstra. Geologie van Mocco² (N. Benkoelen) en van de Mentawai-Eilanden Siberoet en Sipoera. Manuscript 1933.
15. W. C. B. Koolhoven. Toelichting bij de Geol. Kaart van Java. 1 : 100 000. Bl. Bajah. 1933.
16. J. Zwierzycki. Toelichting bij de Geol. Overzichtskaart van den N. I. Archipel. 1 : 1 000 000, Bl. XIII: Vogelkop, West-Nieuw-Guinea. 1932.
17. ——— Toelichting bij de Geol. Overzichtskaart van den N. I. Archipel, 1 : 1 000 000, Bl. XIV en XXI: Noord- en Zuid-Nieuw-Guinea. 1928.
18. R. W. van Bemmelen. Geologische contra mechanische analyse der geotektoniek.
19. P. P. Bijlaard. Nadere toelichting van de toepassing van mijn theorie der plaatselijk plastische vervormingen op de tektoniek. Ing. Ned. Indië. I. 1936.

Note on *Miogypsina kotôï* Hanzawa

by

dr. ir. Tan Sin Hok,

paleontologist of the „Dienst van den Mijnbouw”, Bandoeng.

Summary. The nepionic apparatus and stolonsystem of *M.-ina kotôï* Hanz. from Inokosi, Honsyû, Japan, are described.

Prof. Shôshirô Hanzawa of the Tôhoku Imperial University, Sendai, kindly offered me specimens of *Miogypsina kotôï* Hanz. for examination. The sample derives from the locality Inokosi, Kôyamaiti, Koyama-mura, Kawakami-gun, Bittyû Province, on the isle of Honsyû, Japan (Rg. No. 21240; coll. H. Yabe & S. Matubi). Hanzawa described the specimen in 1935. In the same paper (p. 5) following dates about the occurrence are given: „The *Miogypsina* and *Operculina* rock..... crops out there almost horizontally along a road cutting two meters high, passing insensibly downwards into a conglomerate, with large round pebbles of igneous rocks, limestones, sandstones, and the shales of the Paleozoic Titibu system. Shells of the same foraminifera are also found in the cement of the conglomerate. The *Miogypsina* and *Operculina* rock, which is a light buff coloured calcareous tuffite, contains besides abundant tests of *Miogypsina*, a few of *Operculina*”.

From page 15 of the paper, we get the information that the beds may safely be assigned to the *Miogypsina* zone of the Misaka Series of the Kwantô Mountainland. Besides, Hanzawa is of opinion that they are to be correlated with stage f, zone 3 of the subdivision of the Netherlands Indian Tertiary as proposed by Leupold & van der Vlerk.

In this short paper I only intend to complete Hanzawa's description of *M.-ina kotôï* from Inokosi. Definite remarks concerning its phylogenetic relations to other species of *Miogypsina* will be postponed until the rich *Miogypsina*-material of the Netherlands Indian Miocene available, will have been more thoroughly examined.

In my paper 1936, p. 55, the description of the nepionic apparatus of the species runs as follows: „Die Figuren (Hanzawa's) sind leider zu wenig vergrößert für die sichere Entscheidung, ob hier eine zweite Auxiliarkammer und auch eine symmetrische nepionische Kammer ausgebildet sind. Es will mir aber scheinen, dass sie vorhanden sind. Im anderen Falle würde sie zum *ecuadorensis*-Typus gehören. Der nepionische Apparat zeichnet sich durch eine Asymmetrie aus; wenn hier in der Tat ein *indonesiensis*-Typus vorliegt, ähnelt jener in dieser Hinsicht dem *bifida*-Anordnungstypus”.

The median sections of topotypic specimens of *M.-ina kotôï* at my disposal (in total 12 well-cut sections are available) all show a nepionic apparatus possessing two auxiliary chambers (fig. 1-3). These are always of unequal size. The smaller one (fig. 3, chamber 1' is invariably nearer the apical border of the test. By this characteristic the vertical plane of

symmetry through the embryonic apparatus deviates more or less from that of the test. The other auxiliary chamber (fig. 3, chamber 1) is always conspicuous, it is the one visible on Hanzawa's figures (1935, Pl. 3, figs. 32-34). From each auxiliary chamber two nepionic spirals arise. In total four spirals are found, consequently. Two of them cover the outside of the protoconch (= proloculus), the other spirals are found on embryonic chamber II or deuterococonch. The former we will call the „protoconchal” spirals as opposite to the „deuterococonchal” spirals. (This designation holds true for cases with two or more nepionic spirals; the only nepionic spiral of e.g. *M.-ina borneensis* is a protoconchal one). These four spirals are differently developed, viz. only one of them attains a great distinctness. This one is the protoconchal spiral arising from the larger auxiliary chamber. It shows the largest chamberlets of the whole nepionic apparatus. Moreover, in most cases it contains the greatest number of chamberlets (viz. 2 to 4). The largest chamberlets of this spiral are the ones nearest the auxiliary chamber. Those approaching the symmetrical nepionic chamberlet are smaller. The other nepionic spirals show small chamberlets occurring, besides, in fewer numbers in general. This is invariably the case with the two spirals originating from the smaller auxiliary chamber (viz. developing 0 or 2 asymmetric nepionic chamberlets). The deuterococonchal nepionic spiral arising from the larger auxiliary chamber shows only one nepionic chamberlet in general, but exceptionally more chamberlets are found. Among the horizontal sections at my disposal only one specimen of this kind has been found (fig. 1).

The conspicuous protoconchal spiral is always situated at the frontal side of the embryonic apparatus; it is the base of the further development of the median layer. It is to be concluded that in the period of nepionic development, growth (the outflow of protoplasm from the stolons) principally takes place in the direction of one of the stolons of the embryonic chamber II, viz. stolon d₁ (fig. 3). This stolon together with the proloculus determines the direction in which later growth will happen.

It is to be mentioned that the three reduced spirals, due to their marginal situation and if such be the case, to a less favourable way of fossilization of the material, are not always clearly observable. Anyhow, from the material at my disposal, it can be accepted that the nepionic development described is characteristic.

The stolon between proloculus and embryonic

chamber II (protoconchal stolon) lies at the side of the smaller auxiliary chamber (fig. 3). The frontal protoconchal nepionic spiral being fully comparable with the single nepionic spiral of the *complanata*- or *borneensis*-nepionic type, it is to be inferred that the protoconchal stolon is situated dorsally too (vide Tan 1936, p. 90). This conclusion is based on 4 slides in which the stolon has been determined.

The two stolons of embryonic chamber II (deuteroconchal stolons = „Hauptstolonen” Tan 1936 p. 91) are differently built. (fig. 3). The one giving rise to the larger auxiliary chamber (d_1) does not differ from the deuteroconchal stolon found with specimens belonging to the *borneensis*-type, at least in a median section (vide Tan 1936, p. 98, fig. 7e, and p. 90). The other stolon (d_2), however, shows an inwardly bent upper edge, fully comparable with the appearances found with representatives of the *indonesiensis*- and *bifida*-types. This inwardly bent upper edge I observed in 9 of my slides. If the stolon itself is not preserved, the presence of this edge can be concluded from the fact that the separating wall between the two embryonic chambers is double at the side nearer to the small auxiliary chamber.

It appears that the protoconchal stolon is invariably situated at the side of the funnel-shaped stolon of embryonic chamber II, piercing the inwardly bent edge too.

The stolons of the nepionic and further median chamberlets are of the *borneensis*-type, at least in median sections. The distal stolon of the system is not or but slightly funnel-shaped. The stolons could not be studied in vertical sections.

Intramural canals could be found. The walls of the median chamberlets in median section are arcuate, distally more or less acuminate. The shape of the chamberlets is ogive or diamond-shaped, consequently. Hexagonal shapes are very exceptional.

Remarks. *M.-ina kotô* represents the *bifida*-type of nepionic arrangement. The species differs from *M.-ina bifida* in the ogive shape of the the equatorial chambers and in the flatness of the test.

In the javanese Neogene representatives of *M.-ina kotô* have been determined, e.g. figs. 4,5 represent specimens deriving from the „Oude Breccie Serie” in South Priangan (Sheet: Sagaranten). In some of the faunules in question an eulepidine *Lepidocyclina* has been found. This information does not agree with Hanzawa's statement, according to which the javanese occurrences of the species are to be attributed to „Tertiary f 3”; that is to say to the uppermost *Lepidocyclina*-bearing beds (vide Hanzawa p. 14). In the javanese Neogene *M.-ina kotô* seems to be an older species (Upper Aquitanien — Lower Burdigalien).

From new dates available it can be inferred that *M.-ina kotô* and *M.-ina bifida* Rut. may belong to the same lineage, and that *M.-ina indonesiensis* is not the direct fore-runner of *M.-ina bifida*. These informations are given without further proof, merely to show that at present the details of the different lineages are still unknown. These details can only be

settled from the examination of *Miogypsina*-populations of known stratigraphical sequence.

For comparison a sketch of a *Miogypsina* from Madoera showing an „*ecuadorensis*”-type of nepionic growth is given in fig. 6. This species will be described in the March-issue of this journal.

Literature.

Hanzawa, S. 1935. Some fossil *Operculina* and *Miogypsina* from Japan, and their stratigraphical significance. Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. Sendai (2nd Series), 19 Nr. 1.

Tan S(in) H(ok). 1936. Zur Kenntnis der *Miogypsina*-siniden. This Journal, 3, (IV), p. 45 et seq.

Explanation of plate.

Figs. 1 — 3: *Miogypsina kotô* Hanzawa. Loc. Inokosi, Kôyamati, Koyama-mura, Kawakami-gun, Bittiyû Province, Honsyû, Japan. Leg. H. Yabe & S. Matubi. Rg. No. 21 240.

Fig. 1: The small auxiliary chamber lies near the apex. $\times 80$.

Fig. 2: Normal specimen. $\times 80$.

Fig. 3: The sketch has been drawn from the specimen of fig. 2. $\times 85$.

Legend: I: protoconch.

II: deuteroconch.

I, I': auxiliary chambers.

Sy: symmetrical nepionic chamber.

p: protoconchal stolon.

d_1 : deuteroconchal stolon.

d_2 : funnel-shaped deuteroconchal stolon.

Figs. 4 — 5: *Miogypsina kotô* Hanzawa. Loc. Tjikaso, station 6 m, South Priangan, West Java, (Sheet: Sagaranten). Leg. Dr. O. Ludwig. Rg. No. 26A. 212.

Fig. 4. Median section. $\times 80$.

Fig. 5. External view. $\times 10$.

Fig. 6: *Miogypsina* aff. *kotô*. Loc. North slope of the Rantjah-Tandjoeng anticlines, north of Sampang, Madoera. Leg. Dr. Fr. Weber. $\times 85$.

The specimen shows a nepionic arrangement comparable with that of *Mioplepidocyclina ecuadorensis* Tan 1936. One single auxiliary chamber developing two nepionic spiral is present. It represents a transitional type from the *borneensis*- to respectively the *indonesiensis*- and the *bifida*- nepionic arrangement.

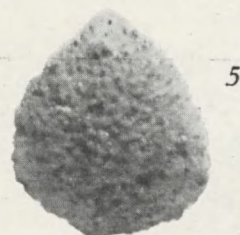
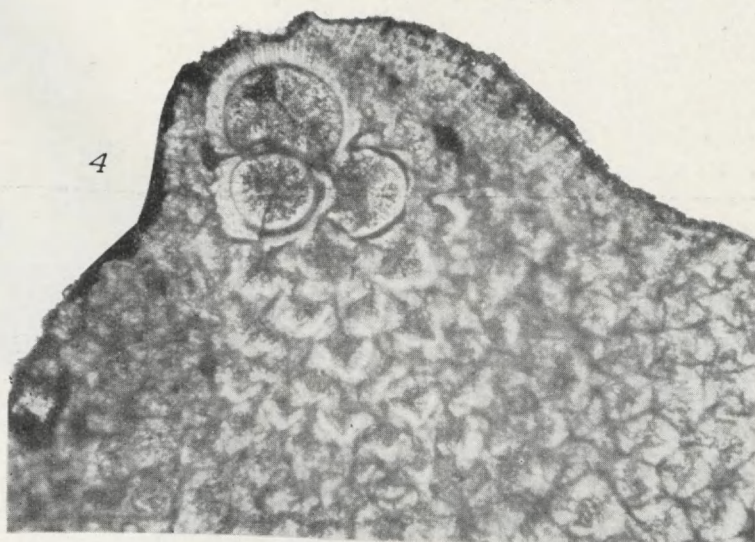
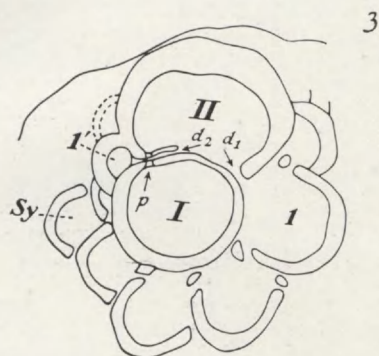
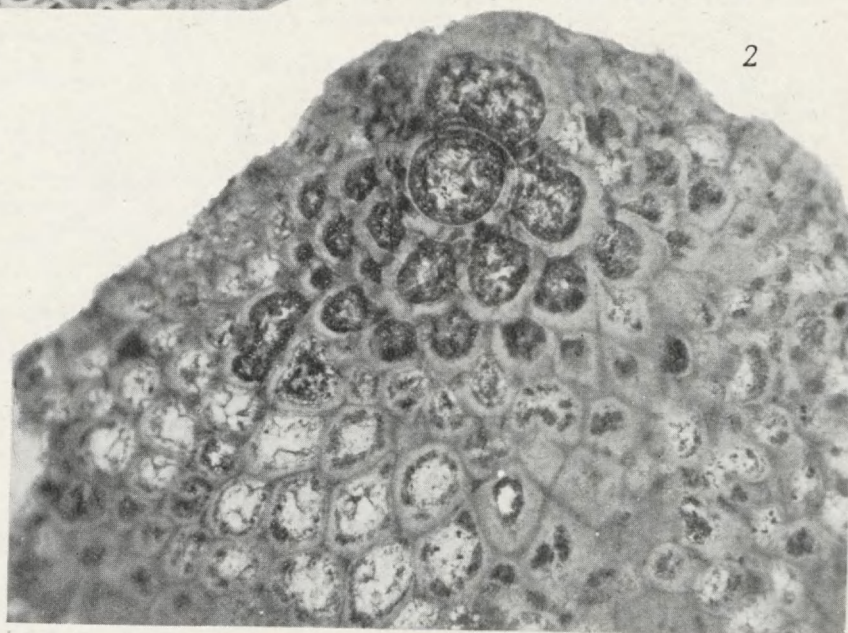
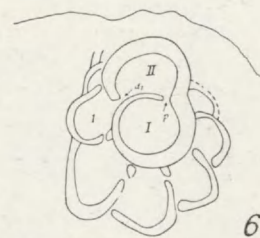
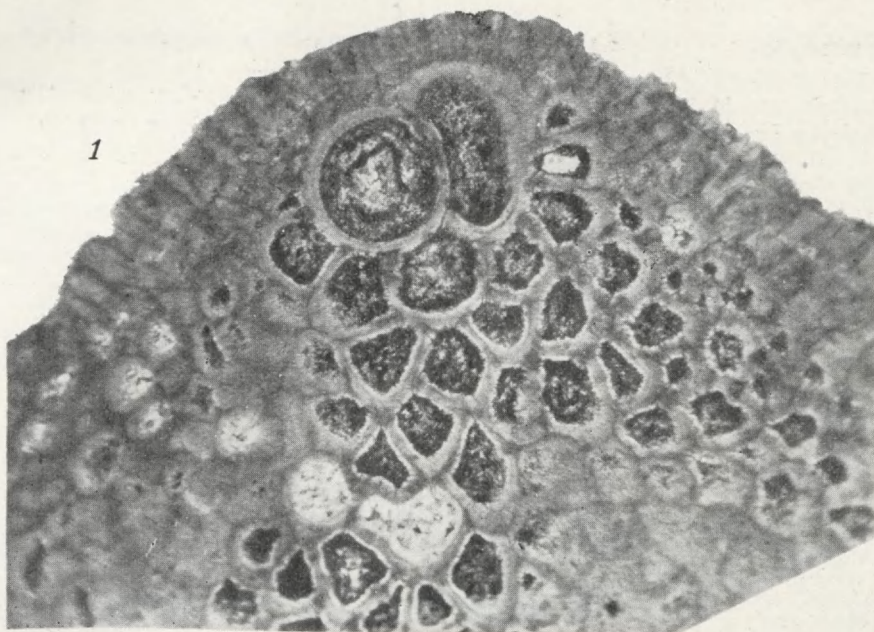
Same legend as fig. 3.

ECONOMISCHE MEDEDEELINGEN.

Productie-cijfers van Aardolie in kgtonnen.

	1936		1935	
	Dec.	t/m Dec.	Dec.	t/m Dec.
Java en Madoera.....	58 199,-	498 999,1	30 650,6	464 733,1
Noord-Sumatra.....	71 723,7	689 009,5	56 412,6	889 410,9
Palembang....	238 891,2	2 761 710,7	228 296,6	2 493 899,8
Djambi.....	70 286,3	663 053,8	46 938,-	375 695,4
Oost-Borneo....	91 435,-	1 028 506,-	83 932,9	1 008 965,4
Tarakan.....	62 521,6	740 003,1	65 768,1	801 000,3
Boenjoë.....	82,4	5 035,8	461,-	6 031,8
Ceram.....	5 514,4	50 564,3	3 546,4	41 862,3
Nederlandsch-Indië	598 653,6	6 436 882,3	516 006,2	6 081 599,-

*) Werkelijke productie November 1936 = 4 666,2 kg.



Productie-cijfers van Steenkolen in kgtonnen.

	1936		1935	
	Dec.	t/m Dec.	Dec.	t/m Dec.
Gouvernements-bedrijven....	57 862,—	739 482,—	47 592,—	690 546,—
Steenkolen Mij. „Parapattan”.	22 140,—	253 400,—	23 560,—	263 000,—
Oost Borneo Mij.	6 319,—	76 214,—	6 229,—	71 363,—
Loa-Boekit-kolenmijnen..	1 971,5 *)	29 936,—	2 035,5	36 682,5
Loa-Teboe-kolenmijnen..	—	20 378,—	—	27 877,4

*) Werkelijke productie:

September 1926	2 526,75 kgt.
October „	2 179,50 „
November „	1 890,— „

Mijnbouw Maatschappij Redjang Lebong.

Gedurende de maand December werden:

3 606 tons erts vermalen van { 5,84 dwts goud per ton.
gemiddeld { 34,1 „ „ „ „
2 200 „ sands en
3 172 „ slimes behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 1 274 ozs. goud en ca. 9 534 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van $\pm f$ 84 000,—.

De bedrijfskosten over Dec. bedroegen $\pm f$ 50 000,—, terwijl voor prospecteeren werden uitgegeven f nihil.

Mijnbouw Maatschappij Simau.

Gedurende de maand December werden:

7 043 tons vermalen van { 9,1 dwts goud per ton.
gemiddeld { 102,— „ „ „ „
2 725 „ sands,
4 074 „ slimes en
257 „ concentraten behandeld.

Geëxtraheerd werden ca. 3 254 ozs. goud en ca. 34 389 ozs. zilver ter gezamenlijke waarde van $\pm f$ 103 000,—.

De bedrijfskosten over Dec. bedroegen $\pm f$ 103 000,—, terwijl voor montage werd uitgegeven $\pm f$ 3 000,— en voor prospecteeren der vergunningsterreinen $\pm f$ 5 000,—.

PERSONALIA.

Benoemd tot ingenieur bij den Dienst van den Mijnbouw, ir. A. van Hoek, ambtenaar van buitenlandsch verlof terugverwacht, laatstelijk ingenieur bij genoemden dienst.

Benoemd tot ingenieur bij het Departement van Verkeer en Waterstaat en werkzaamgesteld bij het Landsbedrijf „De Bankatinwinning”, ir. P. J. C. Smoor, ambtenaar van buitenlandsch verlof terugverwacht, laatstelijk ingenieur b/h Dept. V.W.

Ontvangen geschriften:

Jansen, P. J. Rapport uitgebracht naar aanleiding van de gepubliceerde geologische rapporten van Dr. Max Müller, Dr. Ing. J. Kuntz en Dr. Ing. J. Zwierzycki, benevens beschouwing en literatuurlijst door Dipl. Ing. Dr. phil. nat. W. Stahl. Uitgave Mijnbouw Mij „Redjang Lebong”.

Verbeteringen. Art. „Over artesische putten en hun totstandkoming” door ir. Th. Nelissen. Dit Tijdschrift (IV) 1936, Dec.-nummer. pag. 211, linkerkolom 7de regel v.o. lees „ca. 1,8 m³” i.p.v. „18 m³”. pag. 212, linkerkolom 17de regel v.o. lees „drinkwaterleidingen c.q.-voorzieningen” i.p.v. „drinkwaterleidingen.”

VEREENIGING VAN WATERSTAATSINGENIEURS.

Bij den bibliothecaris, ir. G. Meesters, Dept. van Verkeer en Waterstaat, Bandoeng, zijn verkrijgbaar:

Losse nummers van het tijdschrift <i>De Waterstaats-Ingenieur</i>	f 1,50
Grafieken voor hydraulische berekeningen, door ir. J. M. Steevensz	„ 4,—
Grafieken, behorende bij het artikel „Een eenvoudige berekeningswijze voor leidingen en waterloopen” voorkomende in No. 9 — 1931	„ 0,50
Overdrukken van de belangrijkste verschenen artikelen, o.m. Geologisch overzicht van Java en Madoera, door dr. G. J. N. Hengeveld (1919 — 11)	„ 1,50
Afvoer van regens, door ir. A. Perelaer (1917 — 6)	„ 1,—
Bepaling van den afvoer van regens, door ir. J. E. de Meijer	„ 1,50
Springstoffen, door H. H. van Wijk (1921 — 2)	„ 1,—
Bandjirs in de rivieren van Java, door O. J. Herz (1922 — 12 en 1933 — 1)	„ 0,50
Aftapsluizen en meetinrichtingen voor bevoeiingswerken, door ir. P. de Gruyter (1925 — 2 en 3)	„ 2,—
Een nieuwe aftap- tevens meetsluis, door ir. P. de Gruyter (1926 — 12 en 1927 — 1)	„ 2,—
Pompvergunningen en pompstations, door ir. H. M. Verwey (1927 — 4)	„ 1,—
De inwendige organisatie van de Vorstenlandsche Waterschappen, door ir. J. Th. Rietveld	„ 1,—
De gyroscoop en zijne toepassingen in de techniek, door Prof. Ir. C. G. J. Vreedenburgh (1927 12)	„ 1,50
De tangentiele buigspanningen in groote drukbuizen, door Prof. Ir. C. G. J. Vreedenburgh en wijken Ir. W. Beyerinck (1929 — 5)	„ 1,50
Venturimeters voor secundaire aftapsluizen, door Ir. A. L. Verwoerd (1929 — 10)	„ 2,50
Een module venturimeter-inlaatsluis met groot meetbereik, door Ir. A. L. Verwoerd (1930 — 4) ..	„ 1,25
Electriciteit op bouwwerken, door Ing. L. A. Schmid (1930 — 7)	„ 0,50
Gespoelde dammen (hydraulic-fill dams), door Ir. S. A. Blok (1930 — 9)	„ 1,50
Toepassing van de waarschijnlijkheidsleer op hydrol. waarnemingen, door Ir. S. H. A. Begemann (1931 — 1, 2 en 3)	„ 4,—
Het Chlooronderzoek in de vlakte van Kedoeng Semat, door Ir. F. M. van Veen (1931 — 6)	„ 1,50
De onvolkomen overlaat, door Ir. H. Vlughter (1932 — 4)	„ 2,—
Een regelbare meetoverlaat als tertiaire aftapsluis, door Ir. D. G. Romijn (1932 — 9)	„ 1,—
Berekening overlaatlengte van reservoirs, door Ir. D. H. Arends (1933 — 6 en 7)	„ 2,—

Van de onderstaande overdrukken zijn nog enkele exemplaren verkrijgbaar, welke tegen zeer verminderten prijs worden opgeruimd.

Ir. C. A. E. van Leeuwen. Het huidige vraagstuk der watervoorziening van Batavia en Mr.-Cornelis (1917 — 3, 4, 7, 12 en 1918 — 1)	f 1,—
Ir. J. de Jonge. De Boschexploitatie op de Buitenbezittingen, speciaal die op het eiland Simaloer (1919 — 7)	„ 0,25
J. M. Beckman. De barometrische hoogtemeting in Indië (1922 — 6)	„ 0,25
Ir. W. C. D. Haarman. De economische grens van de wielkracht van vrachtauto's (1922 — 7) ..	„ 0,25
Ir. Ch. F. van Haften. Drukbuizen van gewapend beton (1922 — 7)	„ 0,50
P. H. W. Sitsen. Energie-vernietigers, (Kreuter-remmen) (1922 — 6)	„ 0,25
Dr. Ir. W. B. Peteri. De Indische wegen en de mechanische tractie (1922 — 10)	„ 0,25
Ir. Wouter Cool. Waar Oceaan en rail elkaar ontmoeten (1923 — 3)	„ 0,25
H. W. Jonkhoff. Het nieuwe motorreglement in verband met de railloze tractortrein (1923 — 8) ..	„ 0,25
Ir. B. J. K. Cramer. Ontwerp van een slacht- en koelhuis voor de gemeente Batavia (1923 — 1) ..	„ 0,50
Ir. P. de Gruyter. Aftap- tevens meetsluizen voor secundaire leidingen (1925 — 4)	„ 0,75
Ir. J. J. Baggelaar. De plannen van een zeehaven voor Semarang (1926 — 7)	„ 0,25
B. Hoff. Ervaren met tras, roode cement en kalkmortels op Java (1928 — 11)	„ 0,75
Ir. L. J. C. van Es. Stuwdammen (1928 — 8)	„ 0,50
Ir. F. D. Pigeaud. Schroef- en Kaplanturbines (1928 — 7)	„ 0,25
Dr. Ir. L. J. de Ven. De tijdstudie op het gebied van den civiel-ingenieur in Indië (1928 — 9) ..	„ 0,25
Ir. J. F. Graadt van Roggen. Bevoeiingswerken in de Landschappen in Z.-W. Celebes (1928 — 9)	„ 0,25
Mr. J. Meihuizen. Beschadiging van bevoeiingswerken, enz. en hare berechting (1929 — 6)	„ 0,25
Ir. W. C. D. Haarman. De ontwikkeling van den trolleybus (1929 — 6, 7, 8)	„ 0,50
L. A. Schmid. Toepassing electrischen stroom bij werkzaamheden op ijzerconstructies, e.d. (1930 — 11)	„ 0,25
Richard Baumgartner. Het nieuwe Post- en Telegraafkantoor te Batavia (1930 — 2)	„ 0,25
Prof. ir. C. G. J. Vreedenburgh. Berekening der spanningen in den wand van vlak belaste buisleidingen met grooten diameter onder overdruk met behulp der benaderingsformules voor samen- gestelde knik (1931 — 7)	„ 1,—
Ir. P. L. E. Happé. Wegbreedte in verband met de tegenwoordige verkeerseischen (1932 — 5) ...	„ 0,25
Ir. A. de Heer. De zware herstelling aan de van der Wijck-leiding (1932 — 5)	„ 0,25